

SKRIPSI
PERENCANAAN STRUKTUR BAJA BANGUNAN ATAS
GEDUNG *AIR TRAFFIC CONTROL TOWER*
BANDARA SAMARINDA BARU



Disusun Oleh:

AFIF

NIM. 14.21.910

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR BAJA BANGUNAN ATAS GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER BANDARA SAMARINDA BARU**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun oleh:

**AFIF
14.21.910**

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir. A. Agus Santosa, MT)

(Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc)

Malang, September 2016

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

(Ir. A. Agus Santosa, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR BAJA BANGUNAN ATAS GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER BANDARA SAMARINDA BARU**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun oleh:

**AFIF
14.21.910**

Disahkan Oleh:

Ketua

Sekretaris

(Ir. A. Agus Santosa, MT)

(Ir. Munasih, MT)

Anggota Penguji:

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

(Ir. Ester Priskarsari, MT)

(Ir. Eding Iskak Imananto, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016

LEMBAR PERNYATAAN

KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Afif

NIM : 14.21.910

Jurusan : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul “PERENCANAAN STRUKTUR BAJA BANGUNAN ATAS GEDUNG *AIR TRAFFIC CONTROL TOWER* BANDARA SAMARINDA BARU” adalah benar-benar tulisan saya dan bukan plagiasi. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Malang, September 2016

Yang membuat pernyataan

(Afif)

ABSTRAKSI

“PERENCANAAN STRUKTUR BAJA BANGUNAN ATAS GEDUNG AIR TRAFFIC CONTROL TOWER BANDARA SAMARINDA BARU” Oleh : Afif (NIM : 14.21.910), Pembimbing I : Ir. A. Agus Santosa, MT. Pembimbing II : Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam skripsi ini penyusun merencanakan balok baja menggunakan balok baja dan balok komposit dan sambungan *end plate* pada Pembangunan Gedung *Air Traffic Control Tower* Bandara Samarinda Baru. Dahulu sebelum ditemukan penghubung geser perencanaan balok komposit seringkali pelat lantai beton dengan gelagar baja dianalisa secara terpisah yang masing-masing bertindak independent dalam menahan beban. Namun dengan kemajuan teknik perencanaan dan teknologi tercipta suatu penghubung geser untuk menahan gaya geser yang terjadi. Penghubung geser tersebut mampu untuk menahan slip (gelincir) yang terjadi sehingga memberikan interaksi yang diperlukan bagi baja dan beton untuk bekerja sebagai suatu kesatuan dalam menahan beban. Sifat dari beton yang kuat menahan tekan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kekuatan dari balok baja khususnya pada daerah momen positif dimana beton mengalami tekan. Dari aksi komposit yang terjadi diharapkan akan mengurangi ukuran profil baja yang digunakan. Penyusun dalam skripsi ini menggunakan program bantu ETABS untuk perhitungan statika lalu dilanjutkan perhitungan dimensi balok dan kolom serta perencanaan sambungan dan *base plate*. Dari hasil analisa didapatkan dimensi profil baja yang dibutuhkan untuk balok non komposit adalah 350x175x7x11, WF 300x150x9x13 dan WF 200x150x6x9. Untuk Balok komposit adalah WF 450x200x9x14, WF 400x200x8x13, WF 350x175x7x11, WF 300x150x9x13 dan WF 200x150x6x9 serta dimensi profil baja untuk kolom menggunakan WF 600x300x12x20.

Kata Kunci : Struktur Baja ATC Tower, ETABS.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan karunia, rahmat, dan hidayah-Nya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyusun Skripsi ini yang berjudul “**Perencanaan Struktur Baja Bangunan Atas Gedung Air Traffic Control Tower Bandara Samarinda Baru**”.

Dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan serta saran-saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak **Ir. A. Agus Santosa, MT** selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang dan juga sebagai Dosen pembimbing I dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak **Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc** sebagai dosen pembimbing II yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini.
3. **Bapak dan Ibu Dosen** Institut Teknologi Nasional Malang yang telah memberikan ilmu pengetahuannya yang menunjang dalam penyusunan dan selesainya skripsi ini.
4. Rekan-rekan **Mahasiswa Teknik Sipil** Institut Teknologi Nasional Malang atas bantuan dan kerja sama untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Pihak-pihak yang telah membantu dalam mengumpulkan data dan informasi yang tidak dapat disebutkan satu –persatu.

Malang, September 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAKSI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	5

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pengertian Struktur	6
2.2 Sistem Pembebanan	6
2.2.1 Beban Vertikal.....	7
2.2.2 Beban Horisontal.....	8
2.2.3 Beban Hujan Rencana	10

2.3	Analisis Gaya Gempa	11
2.3.1	Ketentuan Umum Bangunan Dalam Pengaruh Gempa.....	12
2.4	Defleksi Lateral	18
2.4.1	Batasan Simpangan Antara lantai Tingkat	19
2.5	Baja	19
2.5.1	Sifat Mekanis Baja	19
2.5.2	Metode Desain Load and Resistance Faktor Design (LRFD).....	20
2.5.3	Kombinasi Beban dan Faktor	21
2.5.4	Batang Tekan LRFD	22
2.5.5	Batang Lentur	25
2.5.6	Tekuk Torsi Lateral	29
2.5.7	Batang Portal (Akial-Momen).....	31
2.5.8	Sambungan Baut	34
2.5.9	Sambungan Las Metode DFBK	40
2.5.10	Balok Komposit	46
2.5.11	Sambungan Pelat Ujung (<i>End Plate</i>)	51
2.5.12	Pelat Landasan (<i>Base Plate</i>).....	52

BAB III DATA PERENCANAAN

3.1	Data Perencanaan.....	59
3.2	Beban Pada Pelat lantai	59
3.3	Berat Air hujan	60
3.4	Menentukan Tebal Pelat	61
3.5	Profil Balok yang digunakan	62
3.6	Profil Kolom yang digunakan.....	65

BAB IV PEMBAHASAN

4.1	Perhitungan Pembebanan.....	66
4.1.1	Perhitungan Pembebanan Plat Lantai Atap.....	66
4.1.2	Perhitungan Pembebanan Plat lantai 2-8.....	66
4.1.3	Perhitungan Pembebanan Plat dak lantai 8	67
4.1.4	Perhitungan Berat Tangga.....	67
4.1.5	Perhitungan Beban Air Hujan	70
4.2	Pembebanan Pada Batang.....	71
4.3	Beban Angin	79
4.4	Menentukan Kategori Resiko Bangunan dan Faktor Keutamaan.....	82
4.5	Persyaratan Perancangan Untuk Kategori Desain Seismik A	85
4.5.1	Persyaratan Beban Gempa	85
4.5.2	Gaya Lateral	86
4.6	Perhitungan Gaya Gempa.....	87
4.7	Kontrol Drift	110
4.8	Nomor Batang.....	114
4.9	Perhitungan Penampang Balok WF.....	119
4.9.1	Balok Biasa	119
4.9.2	Perhitungan Penampang Balok WF Komposit Eksterior.....	125
4.9.3	Perhitungan Penampang Balok WF Komposit Interior.....	144
4.9.4	Perhitungan Balok Komposit Eksterior dan Interior.....	156
4.10	Perhitungan Lendutan Balok	181
4.11	Perhitungan Kolom.....	247
4.12	Perhitungan Sambungan	307
4.12.1	Sambungan Menggunakan Baja Siku	307

4.12.2 Sambungan Pelat Ujung / <i>End Plate</i>	319
4.12 Sambungan Pelat Landasan/ <i>Base Plate</i>	428
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	438
5.2 Saran.....	440
DAFTAR PUSTAKA	441
LAMPIRAN	
LEMBAR PERSEMBAHAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Spektrum respons desain	20
Gambar 2.2	Penentuan simpangan antar lantai	23
Gambar 2.3	Peta Wilayah di Indonesia untuk Ss.....	23
Gambar 2.4	Desain Respon Spektrum.....	26
Gambar 2.5	Penentuan bentang pelat l_y dan l_x	32
Gambar 2.6	Diagram Tegangan-Regangan Tulangan Tunggal Balok.....	35
Gambar 2.7	Diagram Tegangan-Regangan Tulangan Rangkap Balok.....	37
Gambar 2.8	Syarat lebar efektif T dan L	39
Gambar 2.9	Analisis dan Desain Balok T ($a < hf$).....	40
Gambar 2.10	Analisis dan Desain Balok T ($a > hf$).....	40
Gambar 2.11	Diagram Regangan Tegangan Kolom Kondisi Seimbang.....	42
Gambar 2.12	Zonasi Tulangan Geser.....	44
Gambar 2.13	Distribusi tegangan pada tingkat pembebanan yang berbeda.....	49
Gambar 2.14	Diagram tegangan regangan material baja.....	49
Gambar 2.15	Sambungan Kolom – Balok.....	51
Gambar 2.16	Sambungan Kolom – Balok Tampak Atas.....	51
Gambar 2.17	Tata letak baut.....	52
Gambar 2.18	Tebal efektif las sudut.....	58
Gambar 2.19	Pelat Landasan (Base Plate).....	61
Gambar 2.20	Penampang Melintang Deck Baja Gelombang.....	66
Gambar 2.21	Pelat beton komposit dengan tulangan deck baja bergelombang	67
Gambar 2.22	Denah lantai atap dengan steel deck.....	68
Gambar 2.23	Potongan A-A Pelat beton komposit dengan tulangan deck baja bergelombang.....	68
Gambar 3.1	Alur Penyelesaian.....	70
Gambar 3.2	Denah Lantai 1 Air Traffic Control Tower.....	71
Gambar 3.3	Potongan Portal A-A Air Traffic Control Tower.....	72
Gambar 3.4	Potongan Portal B-B Air Traffic Control Tower.....	73

Gambar 4.1	Tangga	67
Gambar 4.2	Bagian bangunan yang menerima tekan dan hisapan angin.....	77
Gambar 4.3	Bidang yang menerima tekanan angin dan hisapan angin.....	78
Gambar 4.4	Grafik Respons Spectra.....	82
Gambar 4.5	Acuan berat perlantai bangunan.....	87
Gambar 4.6	Luasan Pelat Lantai 2 dan Lantai	101
Gambar 4.7	Luasan Pelat Lantai 3, 4 dan 5	102
Gambar 4.8	Luasan Pelat Lantai 7	103
Gambar 4.9	Luasan Pelat Lantai 8	104
Gambar 4.10	Luasan Pelat Lantai 8 (balkon).....	105
Gambar 4.11	Luasan Pelat Lantai Atap	106
Gambar 4.12	Grafik Hasil Simpangan Struktur	113
Gambar 4.13	Grafik Simpangan Antar Lantai	113
Gambar 4.14	Panjang Bentang Profil	119
Gambar 4.15	jarak bentang yang diberi pengaku lateral	123
Gambar 4.16	(a)Panjang bentang Profil dan (b)jarak b_0	125
Gambar 4.17	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	126
Gambar 4.18	jarak bentang yang diberi pengaku lateral	129
Gambar 4.19	Letak tulangan pada pelat	130
Gambar 4.20	Diagram tegangan plastis daerah momen negatif	133
Gambar 4.21	Diagram tegangan plastis daerah momen positif	138
Gambar 4.22	Letak stud pada profil baja	143
Gambar 4.23	(a)Panjang bentang Profil dan (b)jarak b_0	144
Gambar 4.24	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	145
Gambar 4.25	jarak bentang yang diberi pengaku lateral	149
Gambar 4.26	Diagram tegangan plastis daerah momen positif	150
Gambar 4.27	Letak stud pada profil baja	155
Gambar 4.28	Panjang bentang Profil	156
Gambar 4.29	(a)Jarak b_0 Eksterior dan (b)jarak b_0 interior	157
Gambar 4.30	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	158

Gambar 4.31	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	159
Gambar 4.32	jarak bentang yang diberi pengaku lateral	162
Gambar 4.33	Letak tulangan pada pelat	162
Gambar 4.34	Diagram tegangan plastis daerah momen negatif	166
Gambar 4.35	Diagram tegangan plastis daerah momen positif	170
Gambar 4.36	Diagram tegangan plastis daerah momen positif	172
Gambar 4.37	Letak stud pada profil baja	180
Gambar 4.38	(a)Panjang bentang Profil dan (b)jarak b_0	181
Gambar 4.39	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	182
Gambar 4.40	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	216
Gambar 4.41	(a)Panjang bentang Profil dan (b)jarak b_0	218
Gambar 4.42	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	219
Gambar 4.43	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	245
Gambar 4.44	Kolom yang ditinjau	248
Gambar 4.45	Balok yang ditinjau	248
Gambar 4.46	Nomogram Portal Bergoyang	250
Gambar 4.47	Kolom yang ditinjau	265
Gambar 4.48	Balok yang ditinjau	265
Gambar 4.49	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	267
Gambar 4.50	Letak garis netral balok komposit.....	268
Gambar 4.51	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	269
Gambar 4.52	Letak garis netral balok komposit.....	270
Gambar 4.53	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	272
Gambar 4.54	Letak garis netral balok komposit.....	273
Gambar 4.55	Nomogram Portal Bergoyang sumbu x.....	274
Gambar 4.56	Nomogram Portal Bergoyang sumbu y.....	275
Gambar 4.57	Kolom yang ditinjau	289
Gambar 4.58	Balok yang ditinjau	289
Gambar 4.59	Pelat beton ditransformasikan keprofil baja	291
Gambar 4.60	Letak garis netral balok komposit.....	292

Gambar 4.61	Nomogram Portal Bergoyang sumbu y.....	294
Gambar 4.62	Jarak pengaku lateral pada kolom.....	305
Gambar 4.63	Rencana sambungan baut menggunakan siku	308
Gambar 4.64	Potongan A-A	308
Gambar 4.65	Rencana sambungan dan penempatan baut.....	315
Gambar 4.66	Potongan A-A	315
Gambar 4.67	Rencana sambungan End-Plate pada kolom miring.....	320
Gambar 4.68	Momen yang terjadi pada kolom	321
Gambar 4.69	Tata letak baut sambungan End-Plate	324
Gambar 4.70	Bagian yang di las pada End-Plate.....	329
Gambar 4.71	Tata letak baut sambungan End-Plate	335
Gambar 4.72	Sambungan End-Plate pada web kolom (tampak atas)	337
Gambar 4.73	Sambungan End-Plate pada web kolom (tampak samping)	338
Gambar 4.74	Bagian yang di las pada End-Plate.....	340
Gambar 4.75	Tata letak baut sambungan End-Plate	347
Gambar 4.76	Sambungan End-Plate pada web kolom (tampak atas)	349
Gambar 4.77	Sambungan End-Plate pada web kolom (tampak samping)	350
Gambar 4.78	Bagian yang di las pada End-Plate.....	352
Gambar 4.79	Tata letak baut sambungan End-Plate Balok Induk	361
Gambar 4.80	(a)Sambungan End-Plate pada web kolom (tampak atas) dan (b)tampak samping pada balok induk.....	364
Gambar 4.81	Tata letak baut sambungan End-Plate Balok Anak	366
Gambar 4.82	(a)Sambungan End-Plate pada web kolom (tampak atas) dan (b)tampak samping pada balok induk.....	369
Gambar 4.83	Sambungan End-Plate Setelah diberi pelat penyambung	377
Gambar 4.84	(a)Sambungan End-Plate pada web kolom (tampak atas) dan (b)tampak samping pada balok induk dan balok anak Setelah diberi pelat penyambung.....	378
Gambar 4.85	Bagian yang di las pada End-Plate Balok Induk.....	382
Gambar 4.86	Bagian yang di las pada End-Plate Balok Anak.....	384

Gambar 4.87	Tata letak baut sambungan End-Plate	391
Gambar 4.88	(a)Sambungan End-Plate Balok Induk pada Flens kolom (tampak Samping) dan (b)tampak atas pada balok induk dan kolom.....	394
Gambar 4.89	Bagian yang di las pada End-Plate Balok Induk.....	396
Gambar 4.90	Tata letak baut sambungan End-Plate Balok Induk	405
Gambar 4.91	(a)Sambungan End-Plate Balok Induk pada web kolom (Tampak Atas) dan (b)tampak samping pada balok induk dan web kolom..	407
Gambar 4.92	Bagian yang di las pada End-Plate Balok Induk.....	409
Gambar 4.93	Tata letak baut sambungan End-Plate Balok anak	412
Gambar 4.94	Sambungan End-Plate Balok Induk dan balok anak pada web kolom tampak atas.....	414
Gambar 4.95	Sambungan End-Plate samping tampak atas.....	414
Gambar 4.96	Bagian yang di las pada End-Plate Balok anak.....	416
Gambar 4.97	(a) Sambungan End-Plate Balok anak pada balok induk tampak atas dan (b)tampak samping.....	425
Gambar 4.98	Penempatan baut sambungan End-Plate Balok anak pada balok Induk	425
Gambar 4.99	Bagian yang di las pada End-Plate Balok anak.....	426
Gambar 4.100	Rencana Sambungan Base Plate.....	429
Gambar 4.100	Gaya-gaya yang bekerja pada base plate.....	432
Gambar 4.101	Distribusi tegangan yang	434
Gambar 4.102	Bagian yang di las pada Base-Plate	426

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beban hidup terdistribusi merata minimum L_0 dan bebanhidup tepusat minimum.....	8
Tabel 2.2	Faktor Arah Angin, K_d	10
Tabel 2.3	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk beban gempa.....	12
Tabel 2.4	Faktor Keutamaan Gempa.....	14
Tabel 2.5	Klasifikasi situs.....	15
Tabel 2.6	Koefisien situs F_a	16
Tabel 2.7	Kategori Lokasi F_v untuk menentukan Nilai S_1	16
Tabel 2.8	Katagori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Perioda pendek.....	17
Tabel 2.9	Katagori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Perioda 1.0 detik.....	18
Tabel 2.10	Simpangan antar lantai ijin $a^{a,b}$	19
Tabel 2.11	Sifat-sifat mekanis baja struktural.....	20
Tabel 2.12	Jarak Tepi Minimum.....	35
Tabel 2.13	Ukuran minimum las sudut.....	44
Tabel 2.14	Tipe Elektroda Las	46
Tabel 4.1	Berat Tangga	70
Tabel 4.2	Pembebanan	72
Tabel 4.3	Berat Balok dan Dinding	88
Tabel 4.4	Berat Kolom	100
Tabel 4.5	Berat Beban Mati total Perlantai	107
Tabel 4.6	Berat Beban gempa yang bekerja pada titik pusat massa.....	109
Tabel 4.7	Simpanga Horizontal Struktur.....	110
Tabel 4.8	Kontrol Simpangan Antar Lantai	112

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Samarinda merupakan ibu kota Provinsi Kalimantan Timur. Sebagai ibu kota Provinsi, Samarinda merupakan pusat kota pemerintahan yang dengan perkembangannya membutuhkan suatu bandara yang bertaraf internasional. Bandara tersebut dimaksudkan agar mempermudah urusan perjalanan transportasi udara di wilayah kota Samarinda. Bandara yang dimaksud adalah Bandara Samarinda Baru yang terletak di jalan Penghubung Samarinda-Bontang, Kec. Samarinda Utara, Kelurahan Sei. Siring, Kota Samarinda, Kalimantan Timur.

Diantara beberapa jenis pembangunan gedung di Bandara Samarinda Baru terdapat salah satu gedung penunjang yaitu gedung *Air Traffic Control Tower* pada Bandara Samarinda Baru. Gedung ini berbentuk segilima beraturan dengan panjang masing-masing sisi 5,4 m yang merupakan bangunan 8 lantai serta berfungsi sebagai pusat radar yang mengatur segala sesuatu tentang datang dan perginya pesawat terbang. Gedung *Air Traffic Control Tower* menggunakan struktur beton bertulang pada lantai ke satu sampai lantai ke tujuh, sedangkan lantai ke delapan menggunakan struktur rangka baja. Selain itu bangunan ini menggunakan atap dak dengan rangka baja, dan pada struktur bawahnya adalah konstruksi beton bertulang. Sarana dan prasarana yang berupa gedung tersebut sangatlah erat dengan bidang

perencanaan struktur, maksudnya adalah bangunan gedung *Air Traffic Control Tower* ini haruslah memiliki kemampuan yang maksimal dalam menahan berbagai macam beban secara keseluruhan yang ditimbulkan dari fungsi gedung tersebut. Seperti yang kita tahu *Air Traffic Control Tower* ini sangatlah erat dengan lalulintas udara, maka harus diperhatikan perhitungan pembebanannya. Pembebanan yang harus diperhatikan ialah pengaruh terhadap beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban terhadap gempa.

Perhitungan pembebanan harus disesuaikan dengan daya guna gedung tersebut, misalnya pada gedung *Air Traffic Control Tower* ini berfungsi sebagai tempat pusat radar yang mengatur segala sesuatu komunikasi tentang datang dan perginya pesawat terbang serta rute perjalanan udara pada pesawat terbang. Bangunan ini memiliki 8 lantai dan lantai pertama sampai keenam memiliki ketinggian 3,15 m, lantai ketujuh memiliki ketinggian 4,4 m serta lantai kedelapan memiliki ketinggian 5,3 m. Oleh karena itu perhitungan pembebanan harus disesuaikan agar tidak terjadi hal-hal yang dapat membahayakan dan merugikan. Dan juga hal tersebut dapat menjaga kondisi gedung dari segala kemungkinan kerusakan struktur yang ditimbulkan dimana hal ini dapat berakibat fatal untuk fungsi gedung tersebut. Sehingga dalam perencanaan suatu gedung diperlukan perhitungan struktur yang benar-benar akurat dan tepat. Khususnya pada perencanaan pada bagian-bagian struktur gedung yaitu pelat lantai, balok, dan kolom.

Gedung ini kembali direncanakan dengan menggunakan konstruksi Baja dari bawah sampai atas dengan metode LRFD (*Load Resisten Factor*

Design). Dalam hal ini, diperlukan dimensi baja serta jenis sambungan yang sesuai agar gedung tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Perhitungan analisa struktur yang dipakai ialah analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS v.2013 untuk menganalisa perhitungan strukturnya secara 3 dimensi dan aplikasi ini dapat membantu perhitungan sebuah struktur dari segi bentuk geometri, pembebanan, material, perletakan dan sebagainya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam Skripsi ini adalah :

1. Berapa dimensi Profil Baja WF yang dibutuhkan untuk balok non komposit, balok komposit dan Kolom pada gedung *Air Traffic Control Tower*?
2. Bagaimana desain sambungan pada hubungan balok – kolom, balok induk – balok anak dan pelat landasan pada gedung *Air Traffic Control Tower*?
3. Bagaimana gambar detail hasil perencanaan pada gedung *Air Traffic Control Tower*?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penyusunan Skripsi ini adalah untuk menghitung struktur bangunan gedung *Air Traffic Control Tower* pada proyek Bandara Samarinda Baru. Sedangkan tujuan dari penulisan Skripsi ini adalah:

1. Mengetahui dimensi Profil Baja WF yang dibutuhkan untuk balok komposit dan balok non komposit dan Kolom pada gedung *Air Traffic Control Tower*,
2. Mengetahui desain sambungan pada hubungan balok – kolom, balok induk – balok anak dan pelat landasan pada gedung *Air Traffic Control Tower*,
3. Mengetahui gambar detail hasil perencanaan pada gedung *Air Traffic Control Tower*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada Skripsi ini adalah:

1. Lokasi Proyek di Jalan poros Samarinda-Bontang Sungai siring, Kota Samarinda,
2. Perhitungan desain baja menggunakan metode LRFD.
3. Peraturan pembebanan menggunakan *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain SNI 1727-2013*
4. Perhitungan baja menggunakan SNI 03-1729-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung,
5. Peraturan beban gempa menggunakan SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung,
6. Perhitungan analisa struktur menggunakan aplikasi ETABS v.2013

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Struktur

Struktur adalah himpunan atau kumpulan elemen-elemen yang tersusun secara teratur, yang berfungsi untuk memikul dan meneruskan beban-beban yang ditanggungnya dengan aman ke tanah.

Di dalam struktur terdapat berbagai elemen. Elemen Struktur adalah bagian dari struktur yang memiliki fungsinya masing-masing. Berdasarkan fungsi beban yang dipikul, elemen struktur dibedakan menjadi 2, yaitu :

- Pelat dan balok adalah elemen struktur lentur
- Kolom adalah elemen struktur yang berfungsi untuk mendukung beban aksial tekan.

2.2 Sistem Pembebanan

Jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan gedung ini adalah beban vertikal dan beban horisontal. Pada analisa gaya-gaya dalam struktur utama dilakukan pembebanan dengan beberapa kombinasi pembebanan yang sesuai dengan ketentuan dalam SNI 1727-2013 *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain* dan SNI 1727-1989 *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG)*.

2.2.1 Beban Vertikal

a. Beban Mati (*PPURG 1989*)

BEBAN MATI ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung. Contoh berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung berdasarkan peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (*PPURG 1989*; tabel 1) yaitu:

1. Baja = 7.850 kg/m^3
2. Beton Bertulang = 2.400 kg/m^3
3. Pasir = 1.600 kg/m^3

Kemudian untuk berat sendiri komponen gedung yaitu:

1. Spesi per cm tebal = 21 kg/m^2
2. Kerammik per m^2 = 24 kg/m^2
3. Langit-langit = 11 kg/m^2
4. Dinding setengah batu per m^2 = 250 kg/m^2
5. Penggantung = 7 kg/m^2

b. Beban Hidup (*PPURG 1989*)

BEBAN HIDUP ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan

bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

Tabel 2.1 Beban hidup terdistribusi merata minimum L_0 dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Lb (kN)
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang computer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Atap	20 (0,96)	
Atap datar, berbubung, dan lengkung	100 (4,79)	
Atap digunakan untuk taman atap	Sama seperti hunian	
Atap digunakan untuk tujuan lain	layanan	
Tangga dan jalan keluar	100 (4,97)	300 ^f
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300 ^f

Sumber: SNI 1727-2013; Tabel 4-1 ; hal 25

2.2.2 Beban Horisontal

a. Beban Angin (*PPPURG 1989*)

BEBAN ANGIN ialah semua beban yang bekerjapada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-

bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 .

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727:2013 Tabel 27.2-1 halaman 64, dalam menentukan tekanan angin tipe SPBAU (Sistem Penahan Beban angin utama) adalah dengan melalui beberapa langkah, yaitu:

1. Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain.
2. Menentukan kecepatan angin dasar, V (m/s), untuk kategori risiko yang sesuai.
3. Menentukan parameter beban angin:
 - Faktor arah angin, K_d
 - Kategori eksposur
 - Faktor topografi, K_{zt}
 - Faktor efek tiupan angin, G
 - Klasifikasi tertutupan
 - Koefisien tekanan internal, G_{cpi}
4. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h
5. Menentukan tekanan velositas q , atau q_h (N/m^2)
6. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N
7. Hitung tekanan angin, p (N/m^2), pada setiap permukaan bangunan gedung

Tabel 2.2 Faktor Arah Angin, K_d

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin, K_d
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen Dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong Asap, Tangki, dan Struktur yang Sama	
Segi Empat	0,90
Segi Enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka isi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Sumber: SNI 1727-2013; Tabel 26.6-1 ; hal 50

b. Beban Gempa (*PPPURG 1989*)

BEBAN GEMPA ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan pada suatu analisa dinamik, maka yang diartikan pada beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

2.2.3 Beban Hujan Rencana

Setiap bagian di suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila system drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh

kenaikan air di atas lubang masuk system drainase sekunder pada aliran rencananya.

Dalam SI: $R = 0,0098 (ds + dh)$

Dimana:

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam lb/ft² (kN/m²). Apabila istilah atap yang tidak melendut' digunakan, lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan jumlah air hujan pada atap.

ds = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk system drainase sekunder apabila system drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam in. (mm)

dh = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas lubang masuk system drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam in. (mm)

Sumber: SNI 1727-2013; Pasal :8.3; hal: 38

2.3 Analisis Gaya Gempa

Analisis beban statik ekuivalen adalah suatu cara analisis struktur dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban statik horizontal yang diperoleh dengan hanya memperhitungkan respon ragam getar yang pertama. Biasanya distribusi gaya geser tingkat ragam getar yang pertama ini disederhanakan sebagai segitiga terbalik.

2.3.1 Ketentuan Umum Bangunan Dalam Pengaruh Gempa

Untuk perhitungan gaya geser akibat gempa digunakan analisis sebagai berikut:

- a. Menentukan nilai spektral percepatan gempa S_S dan S_I

Nilai spektral percepatan gempa untuk perioda pendek (S_S) dan spektral percepatan gempa untuk perioda 1 detik (S_I) didapat dari peta gempa dalam SNI 1726:2012 atau dapat diperoleh langsung dari http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011

- b. Menentukan kategori resiko bangunan (Tabel 2.3) dan faktor keutamaan gempa (I_e) Menurut SNI 1726:2012 pasal 4.1.2, pengaruh gempa rencananya harus dikalikan dengan faktor keutamaan (I_e) menurut Tabel 2.4.

Untuk berbagai kategori gedung bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur bangunan gedung selama umur gedung yang diharapkan. Pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung harus dikalikan dengan faktor keutamaan (I).

Tabel 2.3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan penkanaan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah iqa dan struktur kecil lainnya	I

<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko 1,111,1V,termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen / rumah susun - Pusat perbelanjaan / mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan</p>	III

<p>bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang periting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam katagori resiko IV.</p>	<p>IV</p>

Sumber: SNI 1726-2012; Tabel 1 ; hal 14

Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gempa

Katagori Resiko Bangunan	I_E
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.5

Sumber : SNI 1726 2012; Tabel 2 ; hal 15

c. Menentukan Klasifikasi Situs

Menurut SNI 1726 2012 pasal 5.3 klasifikasi kelas situs dibagi menjadi 6 diantaranya SA, SB, SC, SD, SE dan SF. Kelas situs tersebut meliputi batuan keras batuan, tanah keras, sangat padat dan batuan lunak, tanah sedang, tanah lunak, dan tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik dan analisis respon spesifik. Kelas situs tersebut didefinisikan seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Klasifikasi situs

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_n (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih ari 3 m tanah dengan karektristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w > 40\%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik sebagai berikut: Rawan dan beipotens gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3m$) Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5m$ dengan Indeks Plasitisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh		

	dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa
--	---

Sumber : SNI 1726 2012; Tabel 3 ; hal 17

d. Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v

Menurut SNI 1726 2012 pasal 6.1.2 koefisien situs F_a (faktor amplifikasi terkait percepatan pada getaran perioda pendek) dan F_v (faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik) harus mengikuti tabel 2.6 dan tabel 2.7.

Tabel 2.6 Koefisien situs F_a

Site Class	Parameter respon spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s = 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,2$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1.2	1.2	1.1	1,0	1,0
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS^b				

Catatan: Gunakan interpolasi linier untuk angka tengah S_s

Sumber : SNI 1726 2012; Tabel 4 ; hal 22

Tabel 2.7 Kategori Lokasi F_v untuk menentukan Nilai S_1

Site Class	Mapped Maximum Considered Earthquake Spectral Respon Acceleration Parameter at 1-s periode				
	$S_s = 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,2$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD	2.4	2	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SS^b				

Catatan: Gunakan interpolasi linier untuk angka tengah S_1

Sumber : SNI 1726 2012; Tabel 5 ; hal 22

- e. Menentukan percepatan spektral desain S_{DS} dan S_{D1} berdasarkan SNI 1726-2012 halaman 22.

$$S_{DS} = \frac{2}{3}(f_a S_s) \qquad S_{DS} = \frac{2}{3}(f_v S_s)$$

- f. Menentukan Kategori Desain Seismik

Menurut SNI 1726:2012 pasal 6.5 suatu struktur harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya sesuai pada tabel 2.8 dan tabel 2.9. Selain itu, menurut SNI 1726:2012 struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik (S_1) lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik (S_1) lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Tabel 2.8. Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko Bangunan	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
0.167 $S_{DS} < 0.33$	B	B
0.330 $S_{DS} < 0.50$	C	C
0.500 S_{DS}	D	D

Sumber : SNI 1726 2012; Tabel 6 ; hal 24

Tabel 2.9. Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Perioda 1.0 detik

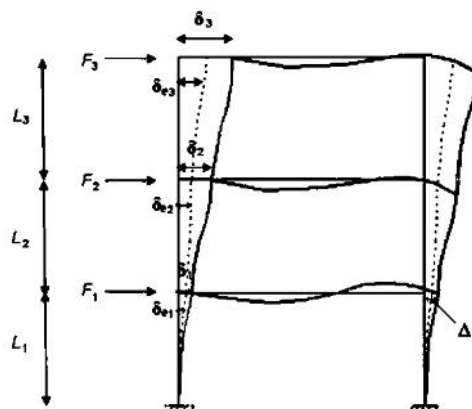
Nilai S_{DB}	Kategori Resiko Bangunan	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0.67$	A	A
0.067 $S_{D1} < 0.133$	B	B
0.133 $S_{D1} < 0.20$	C	C
0.200 S_{D1}	D	D

Sumber : SNI 1726 2012; Tabel 7 ; hal 25

2.4 Defleksi Lateral

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain, Δ , harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Seperti yang digambarkan pada gambar 2.2, Δ merupakan defleksi lateral dari suatu struktur portal.

Besarnya defleksi tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur misalnya beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa. Dengan ketinggian struktur yang sama, semakin besar defleksi maksimum yang terjadi semakin besar pula simpangan antar lantai yang terjadi. (SNI 1726 2012; hal:61)



Gambar 2.2 Penentuan simpangan antar lantai

2.4.1 Batasan Simpangan Antara lantai Tingkat

Simpangan antar lantai tingkat desain (z) seperti ditentukan dalam SNI 1726-2012 pasal 7.8.6, 7.9.2, atau 12.1, tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti didapatkan dan Tabel berikut:

Tabel 2.10 Simpangan antar lantai ijin $\Delta_a^{a,b}$

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Sumber : SNI 1726 2012; Tabel 16 ; hal 66

2.5 Baja

2.5.1 Sifat Mekanis Baja

Berikut merupakan sifat-sifat mekanis baja struktural secara umum:

- Modulus Elastisitas, E = 200.000 mPa
- Modulus Geser, G = 80.000 mPa
- Angka Poison (μ) = 0,30

Sumber: Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Erlangga, 2008; hal; 20

Sedangkan berdasarkan tegangan leleh dari dari regangan putusnya, mutu material baja dibagi menjadi 5 kelas mutu sebagai berikut:

Tabel 2.11 Sifat-sifat mekanis baja struktural

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum f_u (mPa)	Tegangan Leleh Minimum f_y (mPa)	Regangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber: Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga, 2008; hal; 20 dan SNI 1729-2002; hal: 11

2.5.2 Metode Desain Load and Resistance Faktor Design (LRFD)

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk Load and Resistance Factor design (LRFD) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban LRFD.

Desain harus dilakukan sesuai dengan persamaan:

$$R_u \leq \phi \cdot R_n \quad (\text{SNI-1729-2015; hal: 12})$$

Dimana:

R_u = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban.

= Faktor Ketahanan

R_n = Kekuatan Nominal

ϕR_n = Kekuatan desain

2.5.3 Kombinasi Beban dan Faktor

a. Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1729:2002 pasal 6.2.2; hal; 13, struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini:

- a. $1.4 D$
- b. $1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_a \text{ atau } H)$
- c. $1.2 D + 1.6 (L_a \text{ atau } H + (L L \text{ atau } 0.8 W))$
- d. $1.2 D + 1.3 W + L L + 0.5 (L_a \text{ atau } H)$
- e. $1.2 D \pm 1.0 E + L L$
- f. $0.9 D \pm (1.3 W + 1.0 E)$

D	=	Beban Mati
L	=	Beban Hidup
L_a	=	Beban Hidup Atap
H	=	Beban Hujan
W	=	Beban Angin
E	=	Beban Gempa

$$L = 0.5 < 5 \text{ kPa}$$

$$L = 1 > 5 \text{ kPa}$$

b. Faktor Reduksi

Faktor reduksi dalam perencanaan struktur berdasarkan SNI 03-1729-2002, sebagai berikut:

- a. Komponen struktur memikul lentur $w = 0,90$
- b. Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial
 - Kuat penampang $w = 0,85$
 - Kuat Komponen struktur $w = 0,85$
- c. Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial
 - Terhadap kuat tekan leleh $w = 0,90$
 - Terhadap kuat tarik fraktur $w = 0,75$
- d. Komponen struktur yang memikul aksi-aksi kombinasi
 - Kuat Lentur atau geser $w = 0,90$

- Kuat tarik $w = 0,90$
 - Kuat tekan $w = 0,85$
- e. Komponen struktur komposit
- Kuat tekan $w = 0,85$
 - Kuat Tumpu beton $w = 0,60$
 - Kuat lentur dengan distribusi tegangan plastik $w = 0,85$
 - Kuat lentur dengan distribusi tegangan elastik $w = 0,90$
- f. Sambungan baut
- Baut yang memikul geser $w = 0,75$
 - Baut yang memikul tarik $w = 0,75$
 - Baut yang memikul kombinasi geser dan tarik $w = 0,75$
 - Lapis yang memikul tumpu $w = 0,90$
- g. Sambungan las
- Las tumpul penetrasi penuh $w = 0,90$
 - Las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian $w = 0,75$
 - las pengisi $w = 0,75$

Sumber: SNI 03-1729-2002; Tabel 6.4-2; Hal: 18

2.5.4 Batang Tekan LRFD

Batang-batang tekan yang banyak dijumpai yaitu kolom dan batang-batang tekan dalam struktur rangka batang. omponen struktur tekan dapat terdiri dari profil tunggal atau profil tersusun yang digabungkan menggunakan pelat kopel.

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan, akibat beban terfaktor N_u , harus memenuhi:

$$P_u \leq \phi_c \cdot P_n \quad (\text{SNI-1729-2015, hal. 33})$$

Dengan:

$$c = 0.85$$

P_u = Beban terfaktor

P_n = Kuat tekan nominal komponen Struktur, $A_g \cdot f_{cr}$

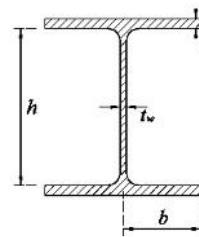
Parameter batas tidak langsing kolom, dituliskan sebagai berikut:

Pada bagian sayap:

$$\frac{b}{t} < \lambda = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Pada bagian badan:

$$\frac{h}{t_w} < \lambda = 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$



(Struktur Baja, AISC 2010, hal. 182)

(SNI,1729-2015, hal. 17)

Dimana:

= parameter batas tidak langsing pada Kolom

F_y = Tegangan leleh material, MPa

E = Modulus Elastisitas

Daya dukung nominal P_n , struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

Bila $\frac{K \cdot L}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$) maka nilai F_{cr} :

$$F_{cr} = \left| 0.685 \frac{F_y}{F_e} \right|$$

Bila $\frac{K \cdot L}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} > 2.25$) maka nilai F_{cr} :

$$F_{cr} = 0.877 F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K \cdot L}{r}\right)^2} \quad (\text{SNI,1729-2015, hal. 35})$$

Dimana:

A_g = Luas penampang bruto komponen struktur, mm²

F_{cr} = Tegangan kritis penampang, Mpa

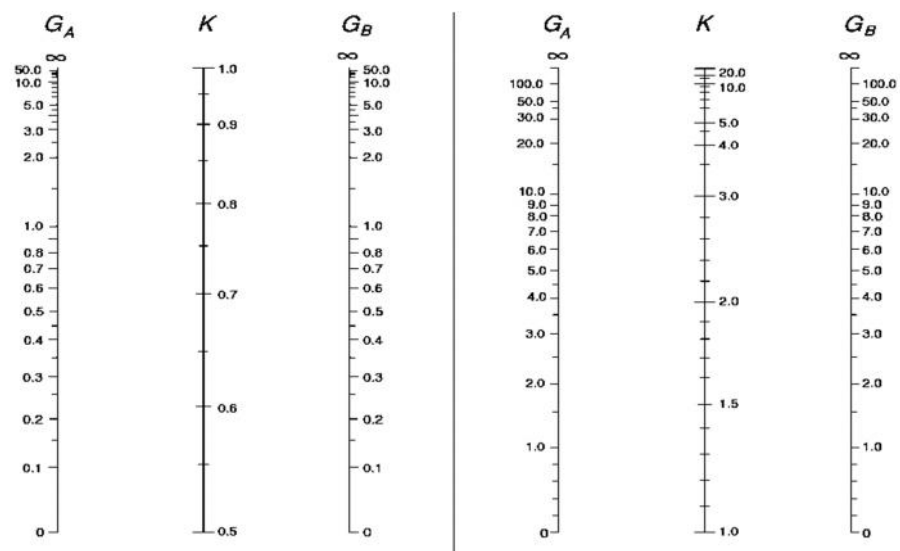
F_e = Tegangan tekuk kritis elastis, Mpa

F_y = Tegangan leleh material, MPa

K = Faktor Panjang efektif

L = Panjang Komponen struktur

Untuk menentukan faktor panjang efektif dapat digunakan *Alignment chart* di bawah ini:



Rangka tidak bergoyang

Rangka Bergoyang

Gambar 2.3 Nomogram untuk menentukan faktor tekuk

dimana:

$$GA = \frac{\sum EI/L_{kolom}}{\sum EI/L_{balok}} \dots\dots\dots \text{diujung kolom atas}$$

$$GB = \frac{\sum EI/L_{kolom}}{\sum EI/L_{balok}} \dots\dots\dots \text{diujung kolom bawah}$$

E = Elastisitas Baja

I = Inersia Baja

(Struktur Baja, AISC 2010, hal. 193)

2.5.5 Batang Lentur

Komponen struktur lentur memikul beban-beban gravitasi, seperti beban mati, beban hidup dan beban gempa. Komponen struktur ini merupakan kombinasi dari elemen tarik, sehingga konsep dari komponen struktur tarik dan tekan dikombinasikan. Komponen ini diasumsikan sebagai komponen tak tertekuk karena bagian elemen mengalami tekan, sepenuhnya terkekang baik dalam arah sumbu kuat, maupun sumbu lemahnya. *Sumber: Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Erlangga, 2008; hal; 80*

Persyaratan keamanan untuk balok pada *Load and Resistance Factor Design* (LRFD), dinyatakan sebagai berikut:

$$M_u \leq \phi \cdot M_n \quad (\text{Struktur Baja, AISC 2010, hal. 193})$$

(SNI,1729-2015, hal. 49)

Dimana:

= Faktor reduksi untuk lentur = 0,90

M_n = Kuat lentur nominal balok

M_u = Kuat lentur perlu atau momen maksimum hasil kombinasi beban sesuai ketentuan LRFD

Untuk menentukan M_n dapat dihitung dengan persamaan:

Momen Plastis

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x$$

Dalam perhitungan tahanan momen nominal dibedakan antara penampang kompak, dan tidak kompak, dan langsing seperti halnya pada batang tekan.

Batasan kompak, tidak kompak, dan langsing pada badan (*web*) adalah:

1. Penampang kompak : $\lambda < \lambda_p$

$$\text{Dengan batasan } p = 3.76 \frac{\overline{E}}{F_y}$$

2. Penampang tidak kompak : $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

$$\text{Dengan batasan } r = 5.70 \frac{\overline{E}}{F_y}$$

3. Penampang langsing : $\lambda > \lambda_r$

Sedangkan Batasan kompak, tidak kompak, dan langsing pada sayap (*flens*) adalah:

1. Penampang kompak : $\lambda < \lambda_p$

$$\text{Dengan batasan } p = 1.12 \frac{\overline{E}}{F_y}$$

2. Penampang tidak kompak : $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

Dengan batasan $r = 1.4 \frac{\overline{E}}{F_y}$

3. Penampang langsing : $\lambda > \lambda_r$

(Struktur Baja, AISC 2010, hal. 262)

(SNI,1729-2015, hal. 20)

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak:

Momen Plastis

$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x$ (Struktur Baja, AISC 2010, hal. 193)

(Struktur baja LRFD, hal. 84)

(SNI,1729-2015, hal. 49)

Dimana:

M_n = Tahanan momen nominal

M_p = Momen tahanan plastis

Z_x = Modulus plastis penampang terhadap sumbu kuat

F_y = Kuat leleh

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang tidak kompak:

Jika $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

(SNI,1729-2015, hal. 51)

Jika $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

Dengan nilai F_{cr}

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

(SNI,1729-2015, hal. 51)

dimana nilai C_b

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

(SNI,1729-2015, hal. 50)

Dimana:

S_x = Modulus penampang elastis

J = Konstanta torsi

h_o = jarak antara titik berat sayap (residu)

E = Modulus elastisitas Baja

L_b = Panjang antara titik-titik breising/ pengaku

C_b = faktor modifikasi tekuk torsi lateral untuk diagram momen tidak merata

r_{ts} = radius girasi efektif

c = 1 (untuk profil I simetris ganda)

M_{maks} = Momen maksimum pada bentang yang ditinjau

M_A = Momen pada $1/4$ bentang tak terkekang

M_A = Momen pada tengah bentang tak terkekang

M_A = Momen pada $3/4$ bentang tak terkekang

Tekuk lokal elemen sayap tekan

- penampang dengan profil sayap tidak kompak

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)$$

- penampang dengan profil sayap langsing

$$M_n = \frac{0,9Ek_c S_x}{\lambda^2} \quad (\text{SNI,1729-2015, hal. 53})$$

(Struktur Baja, AISC 2010, hal. 365)

Dimana :

$$= \text{Kelangsingan penampang balok } \left(= \frac{b}{2t_f} \right)$$

$\lambda_{pf} = \lambda_p$ = Batas kelangsingan sayap kompak

M_n = Tahanan momen nominal

M_p = Momen tahanan plastis

k_c = Koefisien untuk elemen langsing tak diperkaku = $\frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}}$

2.5.6 Tekuk Torsi Lateral

Tekuk torsi lateral adalah kondisi batas yang menentukan kekuatan sebuah balok. Sebuah balok mampu memikul momen maksimum hingga mencapai momen plastis, keruntuhan dari sebuah struktur balok adalah sebagai berikut:

1. Tekuk lokal pada flens tekan
2. Tekuk lokal dari web dalam tekan lentur
3. Tekuk torsi lateral

Berikut perilaku balok terhadap tekuk Torsi lateral

a. Bila $L_b < L_p$, Keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan. Dengan $L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

b. Bila $L_p < L_b \leq L_r$

$$\text{Dengan } L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}}$$

Maka momen nominalnya adalah

$$M_n = C_b \left| M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right| \leq M_p$$

c. $L_b > L_r$

Maka momen nominalnya adalah

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (\text{SNI-1729-2015, hal. 51})$$

Dimana:

L_b = Jarak antara breis/pengaku (mm)

L_p = Panjang komponen struktur utama (m)

L_r = Pembatas panjang tidak dibreis secara lateral untuk analisis plastis

M_n = Tahanan momen nominal

C_b = Faktor modifikasi tekuk torsi lateral untuk diagram momen tidak merata.

M_p = Momen tahanan plastis

S_x = Modulus penampang elastis pada sumbu x, mm³

f_{cr} = Tegangan kritis penampang, Mpa

2.5.7 Batang Portal (Aksial-Momen)

Suatu komponen struktur biasanya harus memikul beban aksial (tarik atau tekan) serta momen lentur. Apabila besarnya gaya aksial yang bekerja cukup kecil dibandingkan momen lentur yang bekerja, maka efek dari gaya aksial tersebut dapat diabaikan, dan komponen struktur tersebut dapat didesain sebagai komponen balok lentur. Sedangkan jika gaya aksial yang bekerja lebih dominan dari pada momen lentur, maka komponen struktur tersebut dapat di desain sebagai komponen tarik atau desai struktur tekan. Adapun hal yang perlu diperhitungkan dalam merencanakan Batang Portal yaitu:

- Faktor Pembesaran momen

Dimana kuat lentur perlu elemen adalah:

$$M_r = M_u = B_1 + M_{nt} + B_2 + M_{lt}$$

Sedangkan kuat aksial perlu elemen adalah:

$$P_r = P_{nt} + B_2 + P_{lt}$$

Faktor B_1 untuk P- (dielemen)

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1$$

Dimana $C_m = 1.0$ (diambil secara konservatif untuk semua kasus)

Faktor B_2 untuk P- (distruktur)

$$B_2 = \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{stroy}}{P_{e stroy}}} \geq 1$$

dimana

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{K_1 L^2}$$

$$P_{story} = P_u$$

$$P_{e story} = R_M \frac{HL}{\Delta H}$$

$$R_M = 1 - 0.15 \frac{P_{mf}}{P_{story}}$$

Persamaan Interaksi Aksial-Momen

Jika $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$ maka:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \leq 1.0$$

Jika $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$ maka:

$$\frac{P_r}{2P_c} + \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \leq 1.0$$

dimana:

B_1 = faktor Pengali untuk memphitungkan P- (P-delta) terhadap momen pada elemen struktur yang titik nodalnya tidak mengalami perpindahan

B_1 = faktor Pengali untuk memphitungkan P- (P-delta) terhadap momen pada elemen struktur yang titik nodalnya mengalami perpindahan (bergoyang)

M_{nt} = Kuat lentur perlu elemen, hasil analisis struktur elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya tidak mengalami perpindahan lateral (atau rangka tidak bergoyang)

M_{lt} = Kuat lentur perlu elemen, hasil analisis struktur elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya mengalami perpindahan lateral (atau rangka bergoyang)

P_{nt} = Kuat aksial perlu, hasil analisis struktur elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya tidak mengalami perpindahan lateral (atau rangka tidak bergoyang)

P_{lt} = Kuat aksial perlu, hasil analisis struktur elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya mengalami perpindahan lateral (atau rangka bergoyang)
= 1.0 (jika digunakan ketentuan LRFD, nilainya sudah pada level kondisi batas (ultimate))

C_m = Koefisien untuk elemen yang tidak bergoyang

P_{el} = Kapasitas tekuk kritis batang pada arah lentur yang ditinjau

$P_{story} = P_u$ = total beban vertikal

$P_{e\ story}$ = Kuat tekuk kritis elastis pada tingkat dalam arah perpindahan yang ditinjau

P_{mf} = Beban vertikal total pada kolom pada tingkat yang merupakan bagian rangka momen (portal), jika ada, pada

arah translasi yang ditinjau (= 0 untuk sistem rangka tertambat)

H = Gaya geser tingkat, arah translasi yang ditinjau hasil dari gaya lateral sewaktu menghitung H

H = Drift antar tingkat

L = panjang tekuk arah yang di tinjau

E = Elastisitas Penampang Baja

I = Inersia baja

P_r = P_u = Kuat aksial perlu elemen struktur, hasil analisa struktur rangka secara menyeluruh

P_c = Kuat rencana elemen struktur

M_r = M_u = Kuat lentur perlu elemen

M_c = $\phi \cdot M_n$ = Kuat rencana elemen struktur lentur sebagai balok lentur

(Struktur Baja, AISC 2010, hal. 450-458)

2.5.8 Sambungan Baut

Sambungan baut yang memikul beban terfaktor, R_u , sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi \cdot R_n \quad (\text{Struktur baja LRFD, hal. 108})$$

Dimana:

= Faktor reduksi

R_n = Kuat nominal baut

R_u = Beban terfaktor

- **Perencanaan sambungan Baut**

Kontrol jarak antar baut:

- Jarak baut ke tepi (S_1)

Tabel 2.12 Jarak tepi minimum

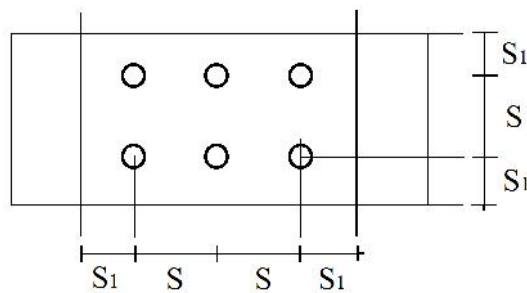
Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	1.25d

Sumber : SNI 1729-2015; Tabel J3.4M ; hal 128

- Spasi minimum (S)

Jarak antara pusat lubang baut harus, ukuran berlebih, atau lubang–lubang slot tidak boleh kurang dari $2 \frac{2}{3}$ kali diameter nominal, d , dari pengencang, jarak $3d$ yang lebih disukai.

Sumber: SNI 1729:2015, halaman 127



Gambar 2.3 Tata letak baut

- Jarak maksimum dari pusat setiap baut ke tepi terdekat dari bagian-bagian dalam kontak harus 12 kali ketebalan dari bagian yang disambung akibat perhitungan, tetapi tidak boleh melebihi 6

in. (150 mm). Spasi longitudinal *pengencang* antara elemen-elemen yang terdiri dari suatu pelat dan suatu profil atau dua pelat pada kontak menerus harus sebagai berikut:

1. Untuk komponen struktur dicat atau komponen struktur tidak dicat yang tidak menahan korosi, spasi tersebut tidak boleh melebihi 24 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 12 in. (305 mm).
2. Untuk komponen struktur tidak dicat dari *baja* yang berhubungan dengan cuaca yang menahan korosi atmosferic, spasi tidak boleh melebihi 14 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 7 in. (180 mm)

Catatan: Dimensi pada (1) dan (2) tidak berlaku untuk elemen-elemen yang terdiri dari dua profil dalam kontak menerus.

(Sumber : SNI 1726 2012; Tabel J3.4M ; hal 129)

- **Kuat nominal terhadap tarik dan geser:**

$$\phi \cdot R_n = F_n \cdot A_b \quad (\text{SNI-1729-2015, hal. 129})$$

dimana:

R_n = Kuat tarik nominal

= Faktor reduksi tarik (0.75)

f_n = Tegangan tarik nominal f_{nt} , atau tegangan geser, f_{nv} (MPa)

A_b = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir
(mm²)

- **Kuat nominal tumpu pada lubang-lubang baut:**

$$\phi \cdot R_n = 1,2 \cdot l_c \cdot t \cdot f_u \leq 2,4 \cdot d \cdot t_p \cdot f_u$$

(SNI-1729-2015, hal. 132)

(Struktur Baja, AISC 2010, hal. 500)

dimana:

R_n = Kuat tumpu nominal

= Faktor reduksi tumpu (0,75)

f_u = Kuat tarik putus terendah dari baut atau plat (MPa)

t_p = Tebal plat (mm)

d = Diameter baut nominal (mm)

l_c = Jarak bersih, dalam arah gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi dari baut atau plat (mm)

- **Kuat geser baut:**

$$\phi \cdot R_n = F_{nv} \cdot A_b \quad (\text{Struktur Baja, AISC 2010, hal. 501})$$

dimana:

= Faktor reduksi geser baut (0.75)

F_{nv} = Tegangan geser, (MPa)

- **Menentukan Jumlah Baut:**

$$n = \frac{Ru}{\phi \cdot R_n}$$

dimana:

n = Jumlah baut

R_n = Tahanan nominal baut

R_u = Beban terfaktor

- **Kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan Tipe tumpuan:**

$$\phi \cdot R_n = f'_{nt} \cdot A_b \quad (\text{SNI-1729-2015, hal. 129})$$

Di mana:

A_b = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm^2)

f'_{nt} = Tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser (MPa)

= Faktor reduksi(0,75)

- **Kuat Blok Pelat/ Geser Blok Pelat**

$$R_n = 0,60F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,60F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

(SNI-1729-2015, hal. 134)

(Struktur Baja, AISC 2010, hal. 502)

dimana:

F_u = Kuat Tarik minimum pelat sambungan

F_y = Kuat leleh minimum pelat sambungan

A_{nv} = Luas netto (dengan lubang) potongan yang mengalami gaya geser

A_{gv} = Luas utuh (tanpa lubang) potongan yang mengalami gaya geser

A_{nt} = Luas netto potongan (dengan lubang) yang mengalami gaya Tarik

U_{bs} = Untuk tegangan Tarik merata ($U_{bs} = 1.0$)

Untuk tegangan Tarik tidak merata ($U_{bs} = 0.5$)

• **Kontrol terhadap momen:**

$$\phi \cdot M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i$$

$$a = \frac{\sum T}{f_{yp} \cdot b}$$

$$T = A_b \cdot f_{ub}$$

Di mana:

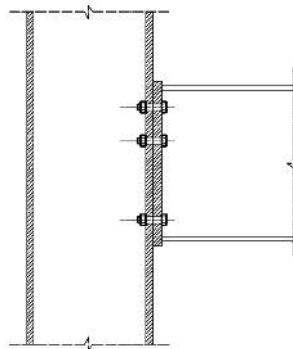
A_b = Luas penampang baut

b = Lebar balok pelat penyambung

a = Tinggi penampang tekan

f_{ub} = Kuat tarik nominal baut

f_y = Tegangan leleh



Gambar 2.4 Sambungan baut Kolom dan Balok (End-Plate)

2.5.9 Sambungan Las Metode DFBK

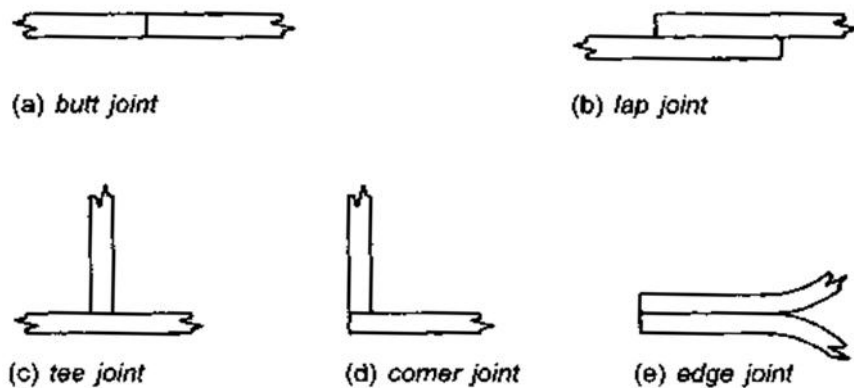
Pengelasan adalah suatu proses penyambungan bahan logam yang menghasilkan peleburan bahan dengan pemanasinya sehingga suhu yang tetap dengan atau tanpa pemberian tekanan. Meskipun pengetahuan tentang las sudah ada sejak ribuan tahun silam, namun pemakaian las dalam bidang konstruksi terbilang masih baru, hal ini disebabkan adanya pemikiran para ahli mengenai beberapa kerugian las yaitu las dapat mengurangi tahanan lelah bahan dibandingkan paku keeling dan merka juga berpendapat bahwa tidak mungkin untuk memastikan kualitas las yang baik.

Jenis-jenis sambungan las

Beberapa jenis sambungan yang sering ditemui dalam sambungan las adalah:

1. **Sambungan sebidang (butt joint)**, sambungan ini umumnya biasanya dipakai untuk pelat-pelat datar dengan ketebalan sama atau hampir sama.
2. **Sambungan lewatan (lap joint)**, jenis sambungan ini banyak dijumpai karena sambungan ini mudah disesuaikan keadaan di lapangan dan juga sambugannya relative mudah.
3. **Sambungan Tegak (tee joint)**, sambungan ini banyak dipakai terutama untuk membuat penampang tersusun seperti bentuk I, pelat girder dan lain-lain.

4. **Sambungan sudut (corner joint)**, dipakai untuk penampang tersusun berbentuk kotak.
5. **Sambungan sisi (edge joint)**, sambungan ini bukan jenis struktural dan digunakan untuk menjaga agar dua atau lebih pelat tidak bergeser.



Sumber: Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga, 2008; hal; 137

Gambar 2.5 Tipe-tipe sambungan las

Jenis-Jenis Las

1. **Las Tumpul (groove welds)**, las ini dipakai untuk menyambung batang-batang sebidang. Karena las ini harus menyalurkan secara penuh beban yang bekerja, maka las ini harus memiliki kekuatan yang sama dengan batang yang disambungnya. Las tumpul dimana terdapat penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang tebal penuh sambungan dinamakan las tumpul penetrasi penuh. Sedangkan bila tebal penetrasi lebih kecil dari pada tebal penuh sambungan, dinamakan las tumpul penetrasi sebagian.

Kuat las tumpul penetrasi penuh ditetapkan sebagai berikut:

- a. bila sambungan dibebani dengan gaya Tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif, maka:

$$\phi R_{nw} = 0.90 \cdot t_e \cdot f_y \quad (\text{bahan dasar})$$

$$\phi R_{nw} = 0.90 \cdot t_e \cdot f_{yw} \quad (\text{las})$$

- b. bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif, maka:

$$\phi R_{nw} = 0.90 \cdot t_e \cdot (0.6 \cdot f_y) \quad (\text{bahan dasar})$$

$$\phi R_{nw} = 0.80 \cdot t_e \cdot (0.6 \cdot f_{uw}) \quad (\text{las})$$

Dengan f_y dan f_u adalah kuat leleh dan kuat tarik putus,

Dimana:

t_e = Tebal efektif las

R_{nw} = Tahanan nominal per satuan panjang las

= Faktor reduksi (0,75)

2. **Las sudut** (*fillet welds*), tipe las ini paling banyak dijumpai dibandingkan tipe las yang lain, 80% sambungan las menggunakan tipe las sudut. Tidak memerlukan presisi tinggi dalam pengerjaannya. Kuat rencana per satuan panjang las sudut, ditentukan sebagai berikut:

$$\phi R_{nw} = 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \cdot f_y) \quad (\text{bahan dasar})$$

$$\phi R_{nw} = 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \cdot f_{uw}) \quad (\text{las})$$

Sumber: Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga, 2008; hal; 141

Dimana:

t_e = Tebal efektif las

R_{nw} = Tahanan nominal per satuan panjang las

= Faktor reduksi (0,75)

- Untuk LRFD-AISC beban terfaktor, P_u maka kuat nominal las sudut:

$$P_u < \phi R_n = F_{nw} \cdot A_{we}$$

$$A_{we} = t \cdot L$$

$$F_{nw} = 0.6 \cdot F_{exx}$$

Dimana:

t = Tebal efektif las

L = Panjang Las

F_{nw} = Kuat nominal Tarik kawat las

F_{exx} = Kuat Tarik kawat las

R_n = Tahanan nominal per satuan panjang las (mm)

= Faktor reduksi (0,75)

(Struktur Baja, AISC 2010, hal. 501)

- 3. Las baji dan pasak** (*slot and plug*), jenis las ini biasanya digunakan bersama-sama dengan las sudut. Manfaat utamanya adalah menyalurkan gaya geser pada sambungan lewatan bila ukuran panjang las terbatas oleh panjang yang tersedia untuk las sudut.

Kuat rencan bagi las baji dan pasak ditentukan:

$$\phi R_{nw} = 0.75 \phi (0.6 \phi f_{uw}) \phi A_w \quad (\text{Struktur baja LRFD, hal. 141})$$

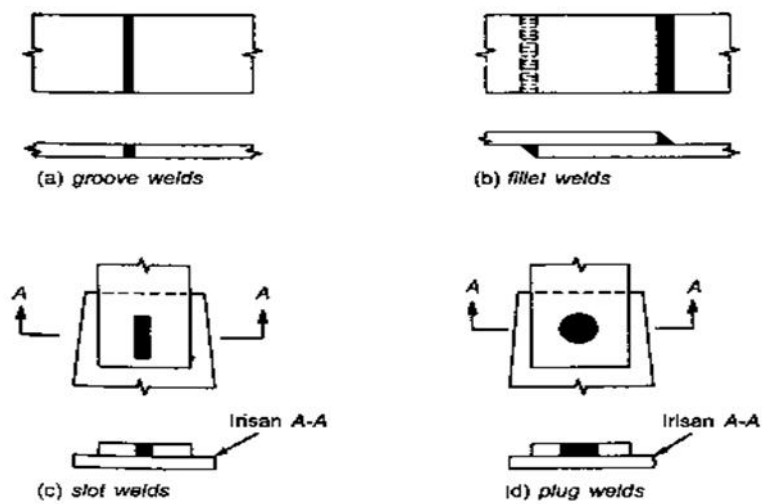
Dengan

A_w = luas geser efektif las

f_{uw} = kuat tarik putus logam las

R_{nw} = Tahanan nominal per satuan panjang las

= Faktor reduksi (0,75)



Gambar 2.6 Jenis-jenis sambungan las

Pembatasan Ukuran Las Sudut

Tabel 2.13 Ukuran minimum las sudut

Tebal plat (t) (mm)	Ukuran min. Las sudut (a) (mm)
$t \leq 6$	3
$6 < t \leq 13$	5
$13 < t \leq 19$	6
$t > 19$	8

Sumber : SNI 1729-2015; hal 130

Ukuran maksimum dari las sudut dari bagian–bagian yang tersambung harus:

- a. Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 6 mm, tidak lebih besar dari ketebalan material.
- b. Sepanjang tepi material dengan ketebalan 6 mm atau lebih, tidak lebih besar dari ketebalan material dikurangi 2 mm, kecuali las yang secara khusus diperlihatkan pada gambar pelaksanaan untuk memperoleh ketebalan throat penuh. Untuk kondisi las yang sudah jadi, jarak antara tepi logam dasar dan ujung kaki las boleh kurang dari 2 mm bila ukuran las secara jelas dapat diverifikasi.

Kontrol sambungan las

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad (\text{Struktur baja LRFD, hal. 140})$$

Di mana:

$R_u = P_u$ = Beban terfaktor las

R_{nw} = Tahanan nominal per satuan panjang las

= Faktor reduksi (0,75)

Tabel 2.15 Tipe elektroda las

Elektroda	Kuat tarik (f_u)	Kekuatan luluh	Perpanjangan
	(kg/mm^2)	(kg/mm^2)	(%)
E 6010	43.6	35.2	22
E 6011	43.6	35.2	22
E 6012	47.1	38.7	17
E 6013	47.1	38.7	17
E 6020	43.6	35.2	25
E 6027	43.6	35.2	25
E 7014	50.6	42.2	17
E 7015	50.6	42.2	22
E 7016	50.6	42.2	22
E 7018	50.6	42.2	22
E 7024	50.6	42.2	17
E 7028	50.6	42.2	22

Sumber: Modul ; Mengelas tingkat lanjut dengan proses Las busur metal manual; hal: 11

2.5.10 Balok Komposit

Kuat lentur dari suatu komponen struktur komposit (untuk momen positif), ditentukan sebagai berikut:

a. Untuk $\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\bar{f}_y}$

Mn kuat momen nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang komposit. ($\phi = 0,85$)

b. Untuk $\frac{h}{t_w} > \frac{1680}{\bar{f}_y}$

Mn kuat momen nominal yang dihitung berdasarkan superposisi tegangan-tegangan elastis yang memperhitungkan pengaruh tumpuan sementara (perancah). ($\phi = 0,90$)

Kuat lentur nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis, dapat dikategorikan menjadi dua kasus sebagai berikut:

- **Daerah Momen Positif**

1. Sumbu netral plastis jatuh pada pelat beton

Dengan mengacu pada gambar, maka besar tekan C adalah

$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_e$$

Gaya tarik T pada profil baja adalah sebesar:

$$T = A_s \cdot f_y$$

Dari keseimbangan gaya $C=T$, maka diperoleh:

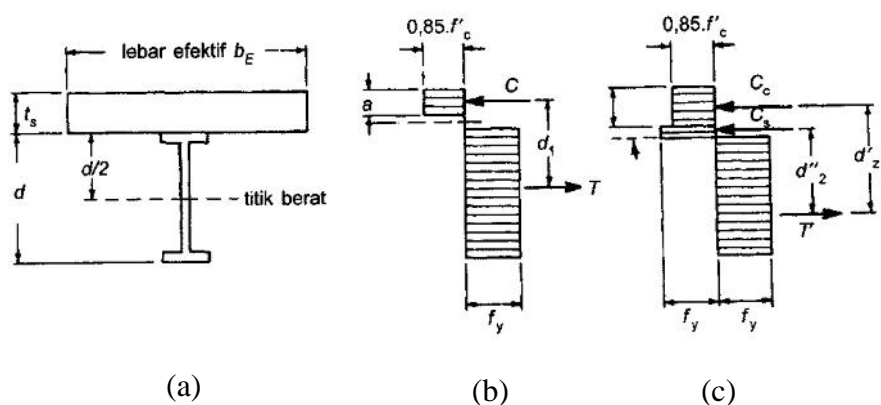
$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e}$$

Kuat lentur nominal dapat dihitung dari gambar 2.7:

$$M_n = C \cdot d_1$$

Atau:

$$M_n = T \cdot d_1 = A_s \cdot f_y \cdot \left(\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right)$$



Gambar 2.7 Kuat lentur nominal berdasarkan Distribusi Tegangan Plastis

Jika dari hasil perhitungan ternyata $a > t_s$, maka asumsi harus diubah. Hasil ini menyatakan bahwa pelat beton tidak cukup kuat untuk mengimbangi gaya tarik yang timbul pada baja.

2. Sumbu netral plastis jatuh pada profil baja.

Apabila ke dalam blok tegangan beton, a , ternyata melebihi tebal pelat beton. Maka distribusi tegangan dapat ditunjukkan seperti pada gambar 12.5. gaya tekan C_c , yang bekerja pada beton adalah sebesar:

$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot b_e \cdot t_s$$

Dari keseimbangan gaya, diperoleh hubungan:

$$T' = C_c + C_s$$

Besar T' sekarang lebih kecil daripada $A_s \cdot f_y$, yaitu:

$$T' = A_s \cdot f_y - C_s$$

Dengan menyamakan persamaan T' diperoleh:

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - C_c}{2}$$

Atau dengan mendistribusikan persamaan, diperoleh bentuk:

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - 0,85 \cdot f_c' \cdot b_e \cdot t_s}{2}$$

Kuat lentur nominal diperoleh dengan memperhatikan gambar 2.7.c:

$$M_n = C_c \cdot d_2' + C_s \cdot d_2'$$

- **Balok Komposit Daerah Momen Negatif**

Pada dasarnya prinsip perhitungan pada momen positif dan negative hamper sama, yang membedakan adalah nilai kuat nominal yang timbul dan dapat dihitung:

$$\text{Untuk } \mathbf{T} = \mathbf{T}_n = \mathbf{A}_{sr} \cdot f_{yr}$$

$$\text{Untuk } \mathbf{C} = \mathbf{C}_n = \mathbf{A}_s' \cdot f_{yr}$$

Dimana:

\mathbf{A}_{sr} = Luas total tulangan longitudinal pada tumpuan interior yang terletak di dalam lebar efektif *flens* b_E

\mathbf{A}_s' = Luas total tulangan tekan pada lokasi momen positif maksimum dan terletak di dalam lebar efektif b_E

f_{yr} = tegangan leleh minimum dari tulangan longitudinal

- **Lebar Efektif balok komposit**

Konsep lebar efektif sangat berguna dalam proses mendisain suatu komponen struktur (komposit). Besarnya lebar efektif dari suatu komponen struktur komposit dapat ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk balok-balok interior

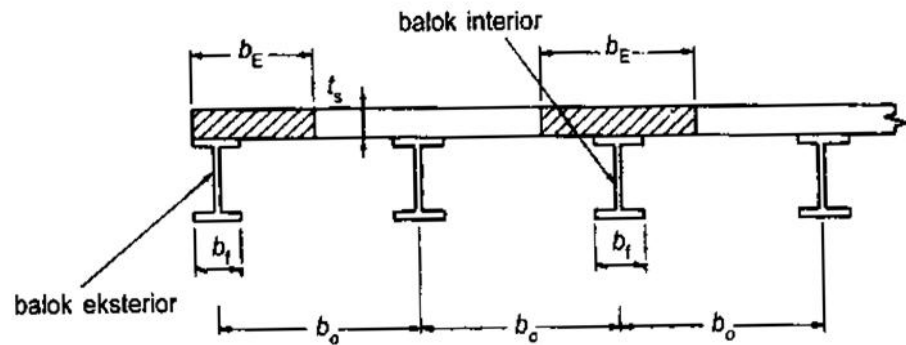
$$b_E \leq \frac{L}{4}$$

$$b_E \leq b_0$$

2. Untuk balok-balok eksterior:

$$b_E \leq \frac{L}{4} + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat})$$

$$b_E \leq b_0 + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat})$$



Gambar 2.8 Lebar efektif balok komposit

- Penghubung Geser

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada masa layan. Kuat nominal penghubung geser jenis paku yang ditanam dalam pelat beton yaitu sebagai berikut:

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot E_c \leq A_{sc} \cdot f_u$$

Dengan:

A_{sc} = luas penampang penghubung geser jenis paku, mm²

f_u = tegangan putus penghubung jenis paku

Q_n = kuat geser nominal untuk penghubung geser

Jumlah penghubung geser (shear connector) yang dibutuhkan yaitu:

$$N_1 = \frac{V_h}{Q_n}$$

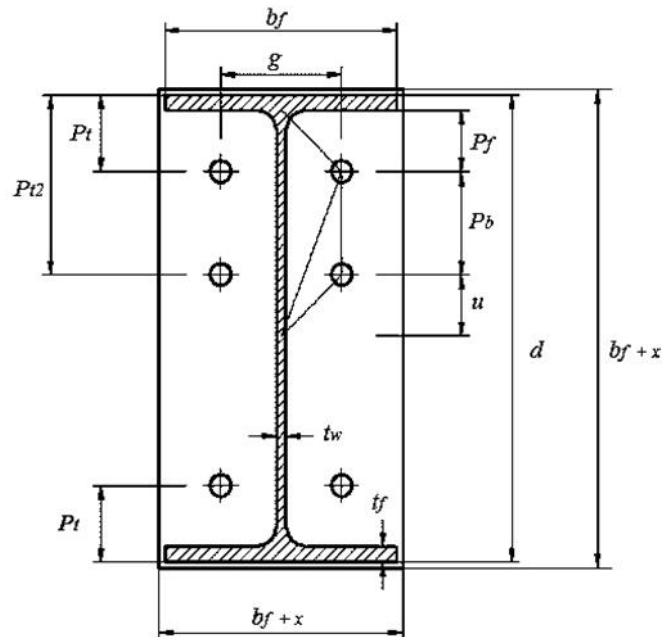
Dengan:

N_1 = Jumlah penghubung geser

V_h = Gaya geser horizontal

(Struktur baja LRFD, hal. 295)

2.5.11 Sambungan Pelat Ujung (End Plate)



Kuat sambungan pelat ujung terhadap kondisi batas leleh:

$$M_{pt} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot \frac{b_f}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2 [p_f + p_b + u] \left[\frac{d - p_t}{g} \right]$$

Dengan nilai u

$$u = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b_f \cdot g \cdot \left[\frac{d - p_{t2}}{d - p_t} \right]}$$

Dimana tebal pelat minimum dapat dihitung dengan persamaan:

$$t_p \geq \left[\frac{M_u / \phi F_{py}}{\frac{b_f}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2 [p_f + p_b + u] \left[\frac{d - p_t}{g} \right]} \right]^{1/2}$$

Dimana:

F_{py} = Tegangan leleh material pelat ujung, MPa

M_{pl} = Kapasitas momen plastis pelat ujung, MPa

M_u = Momen Batas sambungan pelat ujung/ momen terfaktor, MPa

= Keruntuhan lentur akibat leleh, = 0.9

Kuat sambungan didasarkan pada kekuatan baut tanpa efek prying/
congkel

$$M_{np} = 2 P_t (d_1 + d_2)$$

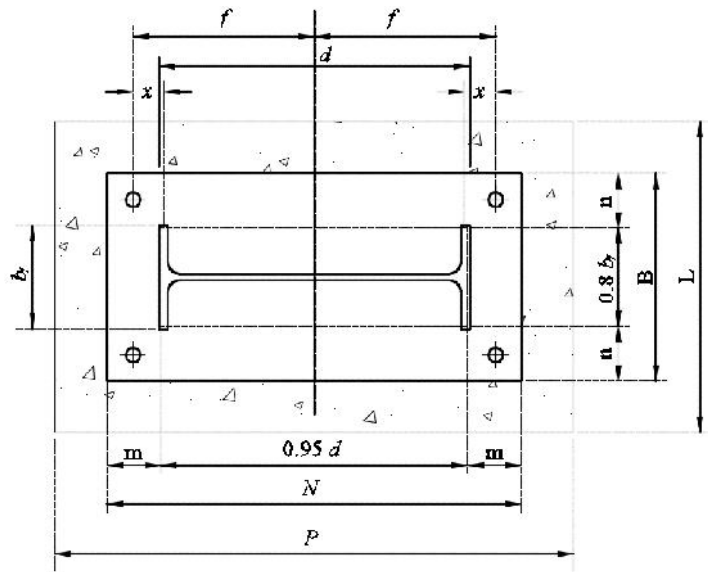
Dimana:

M_{np} = Kapasitas sambungan baut end plate didasarkan pada kekuatan
baut tanpa efek prying/ congkel, MPa

= Keruntuhan fraktur baut, = 0.75

2.5.12 Pelat Landasan (*Base Plate*)

Dalam perencanaan suatu struktur baja, bagian penghubung antara kolom struktur dengan pondasi sering disebut dengan istilah Pelat landasan (*base plate*). Pada umumnya suatu struktur base plate terdiri dari suatu plat dasar, angkur serta sirip-sirip pengaku (*stiffener*). Suatu struktur base plate dan angkur harus memiliki kemampuan untuk mentransfer gaya geser, gaya aksial dan momen lentur ke pondasi. Pada *Air Traffic Control Tower* ini teori *Base Plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dan kolom beton pada lantai ke 8.



Gambar 2.9 Pelat Landasan (*Base Plate*)

Dalam perencanaan suatu struktur base plate biasanya dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu tipe dimana base plate tanpa beban momen lentur, atau dalam bentuk idealisasi tumpuan, adalah tumpuan sendi. Dan base plate dengan beban momen lentur yang terjadi, angkur harus didesain agar dapat menahan gaya uplift serta gaya geser yang terjadi.

Kategori Sendi:

Dalam kasus ini suatu struktur base plate harus mampu memikul gaya aksial serta gaya geser. Karena tidak ada momen lentur yang bekerja, maka akan terjadi distribusi tegangan yang merata pada bidang kontak antara base plate dan beton penumpu. Sedangkan angkur yang terpasang ditujukan untuk menahan gaya geser yang terjadi.

Untuk kesetimbangan statis, reaksi tumpuan pada beton (P_p) harus sejaris dengan beban aksial yang bekerja.

$$P_u \leq \phi \cdot P_p$$

$$P_p = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c \cdot A_1 \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

$$\frac{A_2}{A_1} \leq 2$$

Di mana:

P_u = Gaya aksial terfaktor

P_p = Gaya aksial nominal

N = Panjang *base plate*

B = Lebar *base plate*

A_1 = Luas permukaan *base plate*

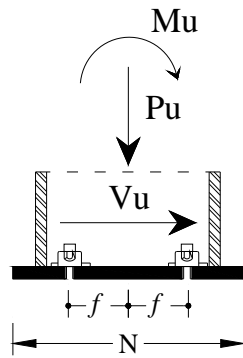
A_2 = Luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani.

= Faktor Reduksi (0.6)

f'_c = Kuat tekan beton

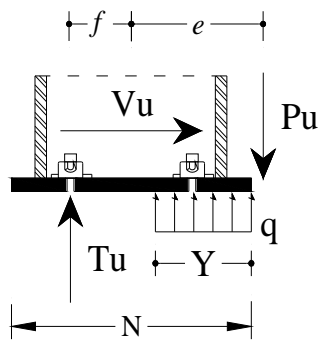
Kategori Jepit:

Dalam kasus ini suatu struktur base plate harus mampu memikul momen lentur yang terjadi. Sedangkan angkur harus didesain agar dapat menahan gaya uplift serta gaya geser yang terjadi. Dalam kasus ini ada dua variabel yang harus dihitung yaitu panjang Y dan gaya tarik pada angkur, T_u .



Gambar 2.10 Beban yang bekerja pada base plate

Perhitungan Eksentrisitas:



Gambar 2.11 Base plate dengan eksentrisitas beban

Untuk eksentrisitasnya

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

Di mana:

e = Jarak Eksentisitas (mm)

Mu = Momen yang terjadi (Nmm)

Pu = Gaya tekan yang terjadi (N)

Perhitungan Tegangan Tumpu pada Beton:

$$q = \phi_c \cdot 0,85 \cdot f_c \cdot B \frac{A_2}{A_1}$$

$$Y = f + \frac{N}{2} \pm \sqrt{\left(f + \frac{N}{2} \right)^2 - \frac{2Pu(f+e)}{q}}$$

$$Tu = q \cdot Y - Pu$$

Di mana:

ϕ_c = Faktor Reduksi (0,6)

f_c = Kuat tekan beton

B = Lebar *base plate*

Tu = Gaya tarik pada angkur

q = Gaya merata pada plat (N/mm)

A_1 = Luas *base plate*

A_2 = Luas maksimum *base plate* yang menahan beban konsentrik

Ukuran Pelat Dasar

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2}$$

$$n = \frac{(B - 0,8 \cdot b_f)}{2}$$

$$X = \frac{4db_f}{d + b_f} \frac{P_u}{\phi_c \cdot P_p}$$

Dimana:

B = Lebar *base plate*

N = panjang *base plate*

b_f = Lebar sayap/ *flens* kolom

d = tinggi kolom

f = jarak angkur ke sumbu *base plate* dan sumbu kolom

Perhitungan Tebal *Base Plate*

Perencanaan tebal *base plate* dilakukan seperti perencanaan komponen struktur lentur, dengan persyaratan:

$$M_{pl} \leq \phi_b \cdot M_n$$

$$M_n \leq M_p$$

Dimana:

M_{pl} = momen lentur terfaktor yang terjadi pada *base plate*, Nmm

M_n = momen nominal *base plate*, Nmm

M_p = momen lentur plastis dari *base plate*, Nmm

Besarnya momen lentur terfaktor dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_{pl} = \frac{1}{2} f_p \cdot l^2$$

Dimana:

f_p = tegangan tumpu yang timbul pada permukaan beton, MPa

c = diambil dari nilai ternbesar antara m , n dan n'

n' = panjang kantilever *base plate* dari muka kolom *flens* atau *web* berdasarkan teori garis leleh

untuk kondisi batas leleh, tebal minimum pelat landasannya adalah:

$$t_p \leq \frac{4 \cdot M_{pl}}{\phi \cdot f_y}$$

Momen nominal *base plate* dihitung dengan persamaan:

$$M_n = \frac{t_p^2}{4} \cdot f_y$$

Dimana:

t_p = tebal pelat, mm

Setelah menentukan parameter yang diperlukan, selanjutnya menghitung tebal *base plate* sesuai perencanaan mengikuti prosedur praktis perencanaan tebal *base plate* yang mengacu pada *Perencanaan Struktur Baja LRFD edisi II, Agus Setiawan, 2008*.

Panjang Angkur minimum

Panjang angkur yang ditanam minimum yang di perlukan (L) yakni:

$$L = \frac{f_y}{4 \cdot f'_c}$$

Sumber: <http://www.asat.staff.umy.ac.id/files/2012/05/>

BAB III

DATA PERENCANAAN

3.1 Data Perencanaan

- Lokasi Gedung	= Bandar Udara Samarinda Baru
- Fungsi bangunan	= Menara Kontrol Udara
- Jumlah Lantai	= 8 Lantai
- Jenis Struktur	= Beton Bertulang Dan Baja
- Tinggi Bangunan	= 28 m
- Bentang memanjang	= 8.737 m
- Bentang melintang	= 8.31 m
- Berat pemancar	= 500 kg (diasumsikan)
- Tebal Plat atap	= 15 Cm
- Tebal Plat Lantai	= 15 Cm

3.2 Beban pada plat lantai

a. Beban hidup (SNI 1727-2013)

Beban hidup lantai 1-8	= 4.79 kN/m ² → 479 kg/m ²
Beban hidup Atap	= 4.79 kN/m ² → 479 kg/m ²
Beban hidup pada tangga	= 4.79 kN/m ² → 479 kg/m ²

b. Beban mati (PPPURG 1989)

Beton Bertulang	= 2400 kg/m ³
Penutup lantai (keramik) per m ²	= 24 kg/m ²
spesi per cm tebal	= 21 kg/m ²
langit-langit	= 11 kg/m ²

dinding 1/2 batu per m ²	=	250	kg/m ²
penggantung	=	7	kg/m ²
pasir	=	1600	kg/m ³
Berat dinding kaca t = 0.8 cm	=	20	kg/m ²
Tinggi dinding kaca (lt. 8) t = 0.8 cm	=	4.4453	m
Berat Equipment	=	10	kg/m ²

3.3 Berat air Hujan

Menurut SNI 1727-2013, halaman 38.

$$R = 0.0098 (ds + dh) \text{ ,dalam KN/m}^2$$

ds = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam mm.

ds, diambil : 50 mm

dh = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut pada aliran air rencana (tinggi hidrolis), dalam mm.

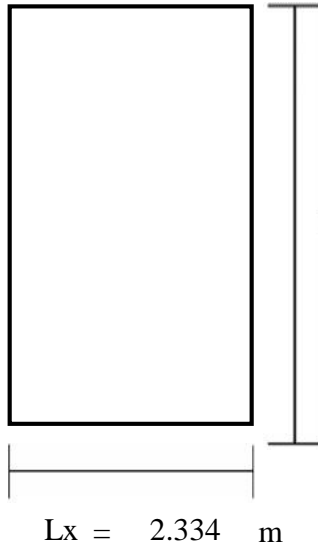
dh, diambil : 50 mm

$$\begin{aligned}
 R &= 0.0098 \times (ds + dh) \\
 &= 0.0098 \times (50 + 50) \\
 &= 0.980 \text{ kN/m}^2 = 98 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

maka, Berat air Hujan yang digunakan sebesar 98 kg/m²

3.4 Menentukan Tebal Pelat

Diambil ukuran bentang pelat terpanjang



Tebal pelat rencana = 15 cm
 Mutu pelat beton ($f'c$) = 25 Mpa
 L_n = Bentang terpanjang
 $L_n = L_y = 7.438 \text{ m}$

Balok WF induk = 400 x 200 x 8 x 13 $I_x = I_b = 23700 \text{ cm}^4$

Material baja = BJ 37 ; $f_u = 370$; $f_y = 240$

Modulus Elastisitas baja (E_{cb}) = 200000 Mpa

Modulus Elastisitas beton (E_{cs}) = $4700\sqrt{f'c} = 23500 \text{ Mpa}$

$$= \frac{L_y}{L_x} = \frac{7438}{2334} = 3.19 \quad \text{Tulangan 1 arah}$$

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} \quad (\text{SNI 2847-2013; Pasal 13.6.1.6; Hal: 133})$$

$$I_s = \frac{1}{12} \cdot 743.8 \cdot 15^3 = 209194 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} = \frac{200000 \cdot 23700}{23500 \cdot 209194} = 0.96$$

$$f_m = \frac{0.96 + 0.96 + 0.96 + 0.96}{4} = 0.96 < 2.00$$

Untuk α_{fm} Lebih Besar dari 0.2 tapi tidak lebih dari 2.0, h tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad \text{dan tidak boleh kurang 125 mm}$$

Sumber: SNI 2847-2013; Pasal 9.5.3.3; Hal: 72

$$h = \frac{7438 \cdot \left[0,8 + \frac{240}{1400} \right]}{36 + 5(3,19) \cdot (0,96 - 0,2)}$$

$$= 149,9792 \approx 150 \text{ mm}$$

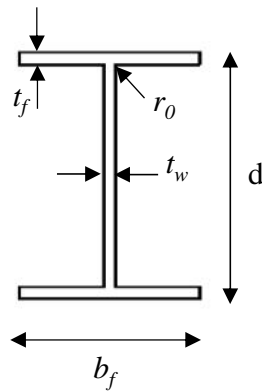
Maka tebal pelat yang digunakan yaitu 15 cm

3.5 Profil Balok yang digunakan

- Balok Induk 1

	<p>WF 400 x 200 x 8 x 13</p> <p>$d = 400 \text{ mm}$ $I_x = 23700 \text{ cm}^4$</p> <p>$b_f = 200 \text{ mm}$ $I_y = 1740 \text{ cm}^4$</p> <p>$t_w = 8 \text{ mm}$ $i_x = 16,8 \text{ cm}$</p> <p>$t_f = 13 \text{ mm}$ $i_y = 4,54 \text{ cm}$</p> <p>$r_o = 16 \text{ mm}$ $S_x = 1190 \text{ cm}^3$</p> <p>$A = 84,10 \text{ cm}^2$ $S_y = 174 \text{ cm}^3$</p> <p>Berat = 66 kg/m $Z_x = 1286 \text{ cm}^3$</p> <p style="text-align: right;">$Z_y = 266 \text{ cm}^3$</p>
--	---

- Balok Induk 2



WF 450 x 200 x 9 x 14

$d = 450 \text{ mm} \quad I_x = 33500 \text{ cm}^4$

$b_f = 200 \text{ mm} \quad I_y = 1870 \text{ cm}^4$

$t_w = 9 \text{ mm} \quad i_x = 18.6 \text{ cm}$

$t_f = 14 \text{ mm} \quad i_y = 4.4 \text{ cm}$

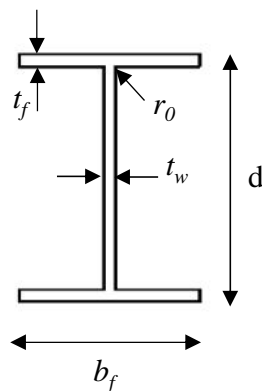
$r_0 = 18 \text{ mm} \quad S_x = 1490 \text{ cm}^3$

$A = 96.80 \text{ cm}^2 \quad S_y = 187 \text{ cm}^3$

Berat = 76 kg/m $Z_x = 1621.5 \text{ cm}^3$

$Z_y = 288.5 \text{ cm}^3$

- Balok Anak 1



WF 350 x 175 x 7 x 11

$d = 350 \text{ mm} \quad I_x = 13600 \text{ cm}^4$

$b_f = 175 \text{ mm} \quad I_y = 984 \text{ cm}^4$

$t_w = 7 \text{ mm} \quad i_x = 14.7 \text{ cm}$

$t_f = 11 \text{ mm} \quad i_y = 3.95 \text{ cm}$

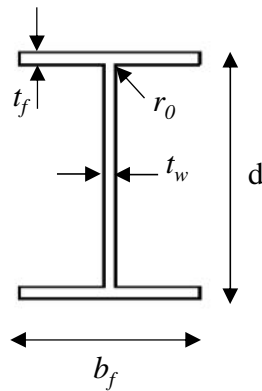
$r_0 = 14 \text{ mm} \quad S_x = 775 \text{ cm}^3$

$A = 63.14 \text{ cm}^2 \quad S_y = 112 \text{ cm}^3$

Berat = 49.6 kg/m $Z_x = 840.8 \text{ cm}^3$

$Z_y = 172.5 \text{ cm}^3$

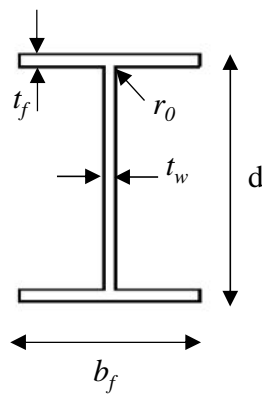
- Balok Anak 2



WF 300 x 150 x 9 x 13

d	=	300	mm	I_x	=	7210	cm ⁴
b_f	=	150	mm	I_y	=	508	cm ⁴
t_w	=	9	mm	i_x	=	12.4	cm
t_f	=	13	mm	i_y	=	3.29	cm
r_o	=	13	mm	S_x	=	481	cm ³
A	=	46.78	cm ²	S_y	=	67.7	cm ³
Berat	=	36.7	kg/m	Z_x	=	728.6	cm ³
				Z_y	=	151.8	cm ³

- Balok Anak 3

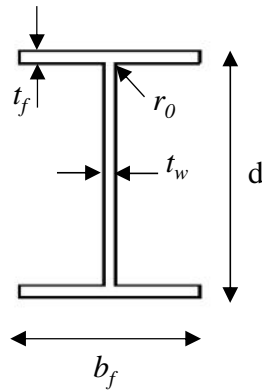


WF 200 x 150 x 6 x 9

d	=	200	mm	I_x	=	23700	cm ⁴
b_f	=	150	mm	I_y	=	1740	cm ⁴
t_w	=	6	mm	i_x	=	16.8	cm
t_f	=	9	mm	i_y	=	4.5	cm
r_o	=	16	mm	S_x	=	1190	cm ³
A	=	84.10	cm ²	S_y	=	174	cm ³
Berat	=	66	kg/m	Z_x	=	1286	cm ³
				Z_y	=	266	cm ³

3.6 Profil Kolom yang digunakan

- Kolom



WF 600 x 300 x 11 x 17

$$d = 600 \text{ mm} \quad I_x = 118000 \text{ cm}^4$$

$$b_f = 300 \text{ mm} \quad I_y = 9020 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 12 \text{ mm} \quad i_x = 24.8 \text{ cm}$$

$$t_f = 20 \text{ mm} \quad i_y = 6.85 \text{ cm}$$

$$r_0 = 28 \text{ mm} \quad S_x = 4020 \text{ cm}^3$$

$$A = 192.50 \text{ cm}^2 \quad S_y = 601.0 \text{ cm}^3$$

$$\text{Berat} = 151 \text{ kg/m} \quad Z_x = 4308.9 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 919.7 \text{ cm}^3$$

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Pembebanan

4.1.1 Perhitungan Pembebanan Plat Lantai Atap

Beban mati :

$$\begin{aligned} \text{Berat Equipment} &= 10.00 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat Langit-langit + Penggantung} &= 11 + 7 = \underline{18.00 \text{ Kg/m}^2} + \\ \text{qd} &= 28.0 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$\begin{aligned} \text{Berat beban hidup} &= \underline{479 \text{ Kg/m}^2} + \\ \text{ql} &= 479.0 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.1.2 Perhitungan Pembebanan Plat Lantai 2-8

Beban mati :

$$\begin{aligned} \text{Berat urugan pasir} &= 0.02 \times 1600 = 32.00 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat tegel keramik} &= 1.00 \times 24 = 24.00 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat Equipment} &= 10.00 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat spesi} &= 3.00 \times 21 = 63.00 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat Langit-langit + Penggantung} &= 11 + 7 = \underline{18.00 \text{ Kg/m}^2} + \\ \text{qd} &= 147.00 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$\begin{aligned} \text{Berat beban hidup} &= \underline{479 \text{ Kg/m}^2} + \\ \text{ql} &= 479 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.1.3 Perhitungan Pembebanan Plat dak/ balkon Lantai 8

Beban mati :

$$\text{Berat urugan pasir} = 0.02 \times 1600 = 32.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Berat tegel keramik} = 1.00 \times 24 = 24.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Berat spesi} = 3.00 \times 21 = 63.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Berat Langit-langit + Penggantung} = 11 + 7 = \underline{18.00 \text{ Kg/m}^2} +$$

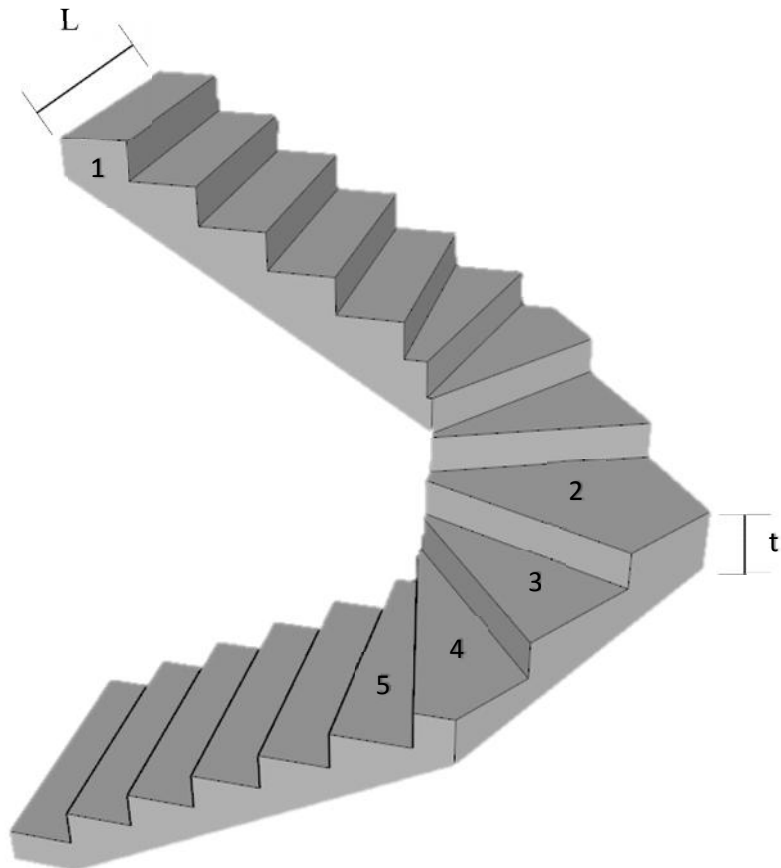
$$q_d = 137.00 \text{ Kg/m}^2$$

Beban hidup :

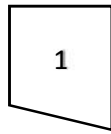
$$\text{Berat beban hidup} = \underline{479 \text{ Kg/m}^2} +$$

$$q_l = 479 \text{ Kg/m}^2$$

4.1.4 Perhitungan Berat Tangga

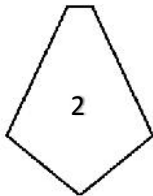


Gambar 4.1 Tangga



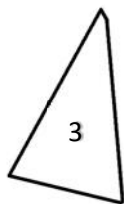
$$\begin{aligned} V1 &= A1 \times L \times \text{Bj Beton Betulang} \\ &= 0.0959 \times 1.10 \times 2400 \\ &= 253.25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vt1 &= \text{Jumlah anak tangga} \times \text{volume} \\ &= 10 \times 253.25 \\ &= 2532.5 \text{ kg} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} V2 &= A2 \times t \times \text{Bj Beton Betulang} \\ &= 0.4162 \times 0.18 \times 2400 \\ &= 174.8 \text{ kg} \\ &= V2 + 1/2 \times V2 \\ &= 174.8 + 1/2 \times 175 \\ &= 262.21 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vt2 &= \text{Jumlah anak tangga} \times \text{volume} \\ &= 1 \times 262.21 \\ &= 262.21 \text{ kg} \end{aligned}$$



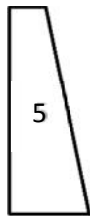
$$\begin{aligned} V3 &= A3 \times t \times \text{Bj Beton Betulang} \\ &= 0.3287 \times 0.18 \times 2400 \\ &= 138.05 \text{ kg} \\ &= V3 + 1/2 \times V3 \\ &= 138.05 + 1/2 \times 138.05 \\ &= 207.08 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vt3 &= \text{Jumlah anak tangga} \times \text{volume} \\ &= 2 \times 207.08 \\ &= 414.16 \text{ kg} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}V_4 &= A_4 \times t \times \text{Bj Beton Betulang} \\&= 0.3760 \times 0.18 \times 2400 \\&= 157.92 \text{ kg} \\&= V_4 + 1/2 \times V_4 \\&= 157.92 + 1/2 \times 157.92 \\&= 236.88 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{t4} &= \text{Jumlah anak tangga} \times \text{volume} \\&= 2 \times 236.9 \\&= 473.76 \text{ kg}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}V_5 &= A_5 \times t \times \text{Bj Beton Betulang} \\&= 0.4034 \times 0.18 \times 2400 \\&= 169.43 \text{ kg} \\&= V_5 + 1/2 \times V_5 \\&= 169.43 + 1/2 \times 169.43 \\&= 254.14 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{t5} &= \text{Jumlah anak tangga} \times \text{volume} \\&= 2 \times 254.1 \\&= 508.28 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{total}} &= V_{t1} + V_{t2} + V_{t3} + V_{t4} + V_{t5} \\&= 4190.9 \text{ kg}\end{aligned}$$

Beban mati :

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} & & V_{\text{total}} : 1 &= 4190.9 \text{ Kg/m} \\ \text{Berat tegel keramik} &= 1.00 \times 24 &= 24.0 \text{ Kg/m} \\ \text{Berat spesi} &= 3.00 \times 21 &= 63.0 \text{ Kg/m} + \\ & & \underline{\hspace{1.5cm}} & \\ & & q_d &= 4277.9 \text{ Kg/m}\end{aligned}$$

Beban hidup :

$$\begin{aligned} \text{Berat beban hidup} &= 1 \times 479 = 479.00 \text{ Kg/m} + \\ & \underline{\hspace{1.5cm}} \\ q_l &= 479.00 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Berat Tangga

No. Batang	Beban pada tangga	
	Mati (kg/m)	Hidup (kg/m)
175	2138.97	479
179	2138.97	479
183	2138.97	479
187	2138.97	479
191	2138.97	479
195	2138.97	479

4.1.5. Perhitungan Beban Air Hujan

Beban Air hujan:

$$\text{Berat Air Hujan} = 98.00 \text{ Kg/m}^2$$

4.2 Pembebanan Pada Batang

PEMBEBANAN BALOK LANTAI 2 No. Batang 37

Beban Mati

$$\text{Tinggi Dinding} = 0.65 \text{ m}$$

$$\text{Berat dinding (1/2 bata)} = 250 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Berat Dinding bata} = 250 \times 0.65 = 162.50 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Berat Dinding kaca} = 20 \times 2.15 = 43.00 \text{ Kg/m} +$$

$$\mathbf{qd} = 205.50 \text{ Kg/m}$$

PEMBEBANAN BALOK LANTAI 8 No. Batang 150

Beban Mati

$$\text{Berat Dinding bata} = 250 \times 4.00 = 1000 \text{ Kg/m}$$

$$\mathbf{qd} = 1000.0 \text{ Kg/m}$$

PEMBEBANAN BALOK LANTAI 8 No. Batang 187

Beban Mati

$$\text{Tinggi Dinding bata} = 1.10 \text{ m}$$

$$\text{Berat dinding (1/2 bata)} = 250 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tinggi Dinding kaca} = 4.4453 \text{ m}$$

$$\text{Berat dinding kaca} = 20 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Berat Dinding bata} = 250 \times 1.10 = 275.00 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Berat Dinding kaca} = 20 \times 4.4453 = 88.91 \text{ Kg/m} +$$

$$\mathbf{qd} = 363.9 \text{ Kg/m}$$

TABEL 4.2 PEMBEBANAN

Lantai	No. Batang	Tinggi dinding bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding batu 1/2	Berat dinding kaca	Berat Total beban mati (QD)
		m	m	kg/m	kg/m	kg/m
2	1	2.80	0.00	700	0	700.00
	2	2.80	0.00	700	0	700.00
	3	2.80	0.00	700	0	700.00
	4	2.80	0.00	700	0	700.00
	5	2.80	0.00	700	0	700.00
	6	2.80	0.00	700	0	700.00
	7	2.80	0.00	700	0	700.00
	8	2.80	0.00	700	0	700.00
	9	2.80	0.00	700	0	700.00
	10	2.80	0.00	700	0	700.00
	11	2.80	0.00	700	0	700.00
	12	0.00	0.00	0	0	0.00
	13	2.80	0.00	700	0	700.00
	14	0.65	2.15	162.5	43	205.50
	15	0.65	2.15	162.5	43	205.50
	16	2.80	0.00	700	0	700.00
	17	0.00	0.00	0	0	0.00
	18	2.80	0.00	700	0	700.00
	19	2.80	0.00	700	0	700.00
	20	2.80	0.00	700	0	700.00
	21	2.80	0.00	700	0	700.00
	22	2.80	0.00	700	0	700.00
	23	2.80	0.00	700	0	700.00
3	24	2.80	0.00	700	0	700.00
	25	2.80	0.00	700	0	700.00
	26	2.80	0.00	700	0	700.00
	27	2.80	0.00	700	0	700.00
	28	2.80	0.00	700	0	700.00
	29	2.80	0.00	700	0	700.00
	30	2.80	0.00	700	0	700.00
	31	2.80	0.00	700	0	700.00
	32	2.80	0.00	700	0	700.00
	33	2.80	0.00	700	0	700.00
	34	2.80	0.00	700	0	700.00
	35	0.00	0.00	0	0	0.00
	36	2.80	0.00	700	0	700.00
	37	0.65	2.15	162.5	43	205.50
	38	0.65	2.15	162.5	43	205.50
	39	2.80	0.00	700	0	700.00
	40	0.00	0.00	0	0	0.00
	41	2.80	0.00	700	0	700.00
	42	2.80	0.00	700	0	700.00
	43	2.80	0.00	700	0	700.00
	44	2.80	0.00	700	0	700.00
	45	2.80	0.00	700	0	700.00
	46	2.80	0.00	700	0	700.00
	4	47	2.80	0.00	700	0
48		2.80	0.00	700	0	700.00

Lantai	No. Batang	Tinggi dinding bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding batu 1/2	Berat dinding kaca	QD
		m	m	kg/m	kg/m	kg/m
4	49	2.80	0.00	700	0	700.00
	50	2.80	0.00	700	0	700.00
	51	2.80	0.00	700	0	700.00
	52	2.80	0.00	700	0	700.00
	53	2.80	0.00	700	0	700.00
	54	2.80	0.00	700	0	700.00
	55	2.80	0.00	700	0	700.00
	56	2.80	0.00	700	0	700.00
	57	2.80	0.00	700	0	700.00
	58	0.00	0.00	0	0	0.00
	59	2.80	0.00	700	0	700.00
	60	0.65	2.15	162.5	43	205.50
	61	0.65	2.15	162.5	43	205.50
	62	2.80	0.00	700	0	700.00
	63	2.80	0.00	0	0	0.00
	64	2.80	0.00	700	0	700.00
	65	2.80	0.00	700	0	700.00
	66	2.80	0.00	700	0	700.00
	67	2.80	0.00	700	0	700.00
68	2.80	0.00	700	0	700.00	
69	2.80	0.00	700	0	700.00	
5	70	2.80	0.00	700	0	700.00
	71	2.80	0.00	700	0	700.00
	72	2.80	0.00	700	0	700.00
	73	2.80	0.00	700	0	700.00
	74	2.80	0.00	700	0	700.00
	75	2.80	0.00	700	0	700.00
	76	2.80	0.00	700	0	700.00
	77	2.80	0.00	700	0	700.00
	78	2.80	0.00	700	0	700.00
	79	2.80	0.00	700	0	700.00
	80	2.80	0.00	700	0	700.00
	81	0.00	0.00	0	0	0.00
	82	2.80	0.00	700	0	700.00
	83	0.65	2.15	162.5	43	205.50
84	0.65	2.15	162.5	43	205.50	
85	2.80	0.00	700	0	700.00	
86	0.00	0.00	0	0	0.00	
87	2.80	0.00	700	0	700.00	
88	2.80	0.00	700	0	700.00	
89	2.80	0.00	700	0	700.00	
90	2.80	0.00	700	0	700.00	
91	2.80	0.00	700	0	700.00	
92	2.80	0.00	700	0	700.00	
6	93	2.80	0.00	700	0	700.00
	94	2.80	0.00	700	0	700.00
	95	2.80	0.00	700	0	700.00
	96	2.80	0.00	700	0	700.00
	97	2.80	0.00	700	0	700.00

Lantai	No. Batang	Tinggi dinding bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding batu 1/2	Berat dinding kaca	QD
		m	m	kg/m	kg/m	kg/m
6	98	2.80	0.00	700	0	700.00
	99	2.80	0.00	700	0	700.00
	100	2.80	0.00	700	0	700.00
	101	2.80	0.00	700	0	700.00
	102	2.80	0.00	700	0	700.00
	103	2.80	0.00	700	0	700.00
	104	0.00	0.00	0	0	0.00
	105	2.80	0.00	700	0	700.00
	106	0.65	2.15	162.5	43	205.50
	107	0.65	2.15	162.5	43	205.50
	108	2.80	0.00	700	0	700.00
	109	2.80	0.00	0	0	0.00
	110	2.80	0.00	700	0	700.00
	111	2.80	0.00	700	0	700.00
	112	2.80	0.00	700	0	700.00
	113	2.80	0.00	700	0	700.00
114	2.80	0.00	700	0	700.00	
115	2.80	0.00	700	0	700.00	
7	116	4.20	0.00	1050	0	1050.00
	117	4.20	0.00	1050	0	1050.00
	118	4.20	0.00	1050	0	1050.00
	119	4.20	0.00	1050	0	1050.00
	120	0.00	0.00	0	0	0.00
	121	3.95	0.00	987.5	0	987.50
	122	1.55	0.00	387.5	0	387.50
	123	3.95	0.00	987.5	0	987.50
	124	4.20	0.00	1050	0	1050.00
	125	3.95	0.00	987.5	0	987.50
	126	1.55	0.00	387.5	0	387.50
	127	1.55	0.00	387.5	0	387.50
	128	3.95	0.00	987.5	0	987.50
	129	0.00	0.00	0	0	0.00
	130	0.00	0.00	0	0	0.00
	131	3.95	0.00	987.5	0	987.50
	132	3.95	0.00	987.5	0	987.50
	133	1.55	0.00	387.5	0	387.50
	134	1.55	0.00	387.5	0	387.50
	135	4.20	0.00	1050	0	1050.00
136	0.00	0.00	0	0	0.00	
137	4.05	0.00	1012.5	0	1012.50	
138	0.00	0.00	0	0	0.00	
139	4.20	0.00	1050	0	1050.00	
140	0.00	0.00	0	0	0.00	
141	0.00	0.00	0	0	0.00	
142	0.00	0.00	0	0	0.00	
143	0.00	0.00	0	0	0.00	
144	4.20	0.00	1050	0	1050.00	
145	1.85	2.15	462.5	43	505.50	
146	4.20	0.00	1050	0	1050.00	

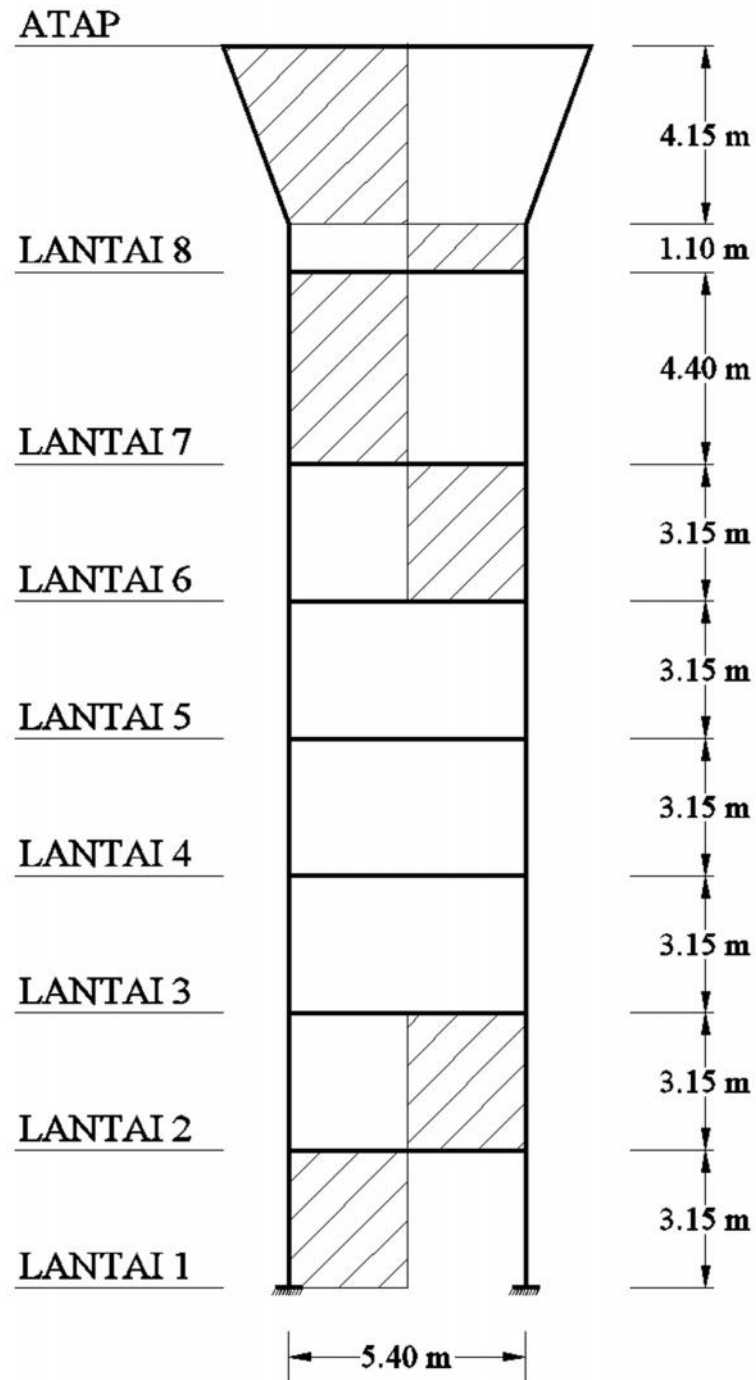
Lantai	No. Batang	Tinggi dinding bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding batu 1/2	Berat dinding kaca	QD
		m	m	kg/m	kg/m	kg/m
7	147	4.20	0.00	1050	0	1050.00
	148	0.00	0.00	0	0	0.00
	149	4.00	0.00	1000	0	1000.00
	150	4.00	0.00	1000	0	1000.00
	151	0.00	0.00	0	0	0.00
	152	4.20	0.00	1050	0	1050.00
	153	4.20	0.00	1050	0	1050.00
	154	3.95	0.00	987.5	0	987.50
	155	3.95	0.00	987.5	0	987.50
	156	4.20	0.00	1050	0	1050.00
	157	4.20	0.00	1050	0	1050.00
	158	4.20	0.00	1050	0	1050.00
	159	2.15	0.00	537.5	0	537.50
	160	2.20	0.00	550	0	550.00
	161	2.20	0.00	550	0	550.00
162	2.55	0.00	637.5	0	637.50	
		Berat				
		No. batang				
		Jarak	Berat	Jarak	Berat	
		141	2.3117	93	0.754	687.500
		142	2.3117	93	0.8	687.500

Lantai	No. Batang	Tinggi dinding bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding batu 1/2	Berat dinding kaca	QD
		m	m	kg/m	kg/m	kg/m
8	163	0.00	0.00	0	0	0.00
	164	0.00	0.00	0	0	0.00
	165	0.00	0.00	0	0	0.00
	166	0.00	0.00	0	0	0.00
	167	0.00	0.00	0	0	0.00
	168	0.00	0.00	0	0	0.00
	169	0.00	0.00	0	0	0.00
	170	0.00	0.00	0	0	0.00
	171	0.00	0.00	0	0	0.00
	172	0.00	0.00	0	0	0.00
	173	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	174	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	175	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	176	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	177	0.00	0.00	0	0	0.00
	178	0.00	0.00	0	0	0.00
	179	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	180	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	181	0.00	0.00	0	0	0.00
	182	0.00	0.00	0	0	0.00
183	0.00	0.00	0	0	0.00	
184	0.00	0.00	0	0	0.00	

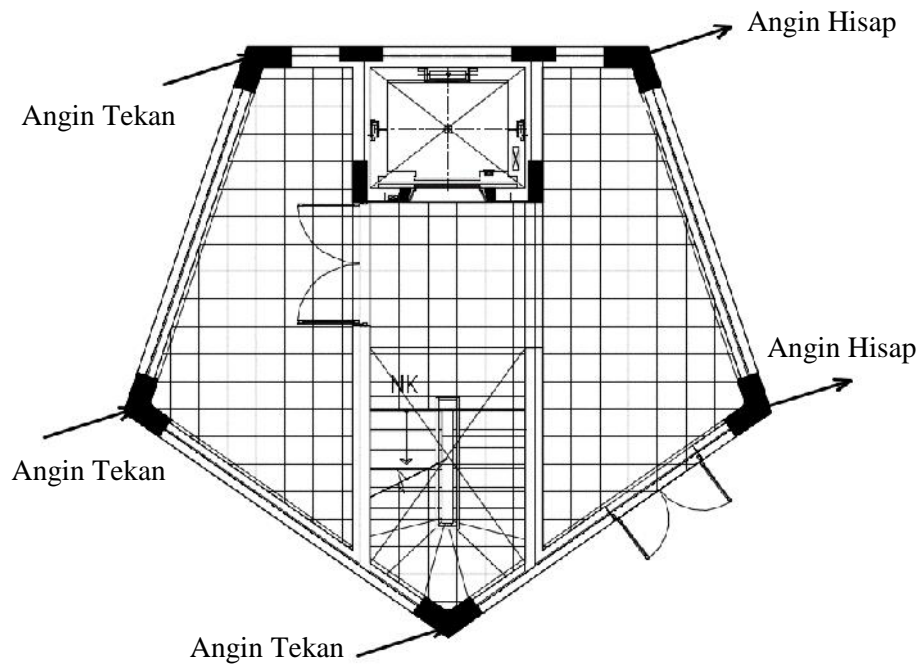
Lantai	No. Batang	Tinggi dinding bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding batu 1/2	Berat dinding kaca	QD
		m	m	kg/m	kg/m	kg/m
8	185	0.00	0.00	0	0	0.00
	186	0.00	0.00	0	0	0.00
	187	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	188	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	189	0.00	0.00	0	0	0.00
	190	0.00	0.00	0	0	0.00
	191	0.00	0.00	0	0	0.00
	192	0.00	0.00	0	0	0.00
	193	0.00	0.00	0	0	0.00
	194	0.00	0.00	0	0	0.00
	195	0.00	0.00	0	0	0.00
	196	0.00	0.000	0	0	0.00
	197	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	198	0.00	0.00	0	0	0.00
	199	0.00	0.00	0	0	0.00
	200	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	201	0.00	0.00	0	0	0.00
	202	0.00	0.00	0	0	0.00
	203	0.00	0.00	0	0	0.00
	204	0.00	0.00	0	0	0.00
	205	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	206	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	207	0.00	0.00	0	0	0.00
	208	0.00	0.00	0	0	0.00
	209	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	210	1.10	3.995	275	79.91	354.91
	211	0.00	0.00	0	0	0.00
	212	0.00	0.00	0	0	0.00
	213	0.00	0.00	0	0	0.00
	214	0.00	0.00	0	0	0.00
	215	0.00	0.00	0	0	0.00
	216	0.00	0.00	0	0	0.00

4.3 Beban Angin

Bagian struktur yang menerima beban anign



Gambar 4.2 Bagian bangunan yang menerima tekan dan hisapan angin



Gamba 4.3 bidang yang menerima tekanan angin dan hisapan angin

Menentukan Tekanan Angin Sesuai SNI 1727-2013 hal 64

Langkah 1 : Menentukan kategori resiko bangunan gedung yaitu struktur tambahan termasuk menara telekomunikasi dalam kategori resiko 4 (SNI 1726-2012; hal 15)

Langkah 2 : Tentukan kecepatan angin dasar , V , untuk kategori yang sesuai diambil V , sebesar : $80 \text{ km/jam} = 22.2 \text{ m/s}$
karena lokasi bangunan berada di bandara

Langkah 3 : Tentukan parameter beban angin

1. Faktor angin (K_d)

karena tipe struktur masuk dalam sistem penahan beban angin

utama maka : diambil $K_d = 0.95$

(SNI 1727:2013; pasal 26.6; hal; 50)

2. Kategori eksposur

Masuk dalam eksposur, C (SNI 1727:2013 pasal 26.7.2; hal; 51)

3. Faktor topografi (K_{zt})

karena kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan dalam pasal 26.8.1 maka, diambil $K_{zt} : 1.0$ (SNI 1727:2013 pasal 26.8.2; hal; 54)

4. Faktor efek tiupan angin (G)

Diambil $G : 0.85$ (SNI 1727:2013 pasal 26.9.1; hal; 54)

5. Klasifikasi ketertutupan

merupakan jenis bangunan gedung tertutup maka koef. tekanan internal diambil : $GC_{pi} = 0.18$

(SNI 1727-2013; Pasal 26.11.1; hal 60 dan Tabel 26.11-1)

Langkah 4 : Tentukan eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h :

$$Z = 28.55 \text{ m} \quad (\text{SNI 1727:2013 Tabel 27.3-1; hal; 65})$$

$$\text{Eksposur } C = 1.240 + \frac{[27.40 - 28.55]}{[30.50 - 28.55]} \times 1.240 - 1.260 = 1.25$$

$$= 9.5$$

(SNI 1727:2013 Tabel 26.9-1; hal; 57)

$$Z_g = 274.32 \text{ m}$$

$$K_z = 2.01 \times \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{2/9.5}$$
$$= 2.01 \times \left(\frac{28.55}{274.3} \right)^{2/9.5} = 1.25$$

Langkah 5 : Tentukan tekanan velositas, q atau qh

$$qh = 0.613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$= 0.613 \times 1.25 \times 1.00 \times 0.95 \times 22.2^2$$

$$= 359 \text{ N/m}^2 \quad (\text{SNI 1727:2013 pasal 27.3.2; hal; 66})$$

Langkah 6 : Tentukan koefisien tekan eksternal, C_p

$$C_{pt} \rightarrow q_z = 0.8$$

(SNI 1727:2013 tabel 27.4-1; hal; 68)

$$C_{ph} \rightarrow q_h = -0.5$$

Langkah 7 : Menghitung tekanan angin, p

$$\begin{aligned} p_{\text{tekan}} &= \left[q_z \times G \times C_{pt} \right] - \left[q_z \times \left(G_{cpi} \right) \right] \\ &= 359 \times 0.85 \times 0.80 - 359 \times 0.18 \\ &= 179 \text{ N/m}^2 \rightarrow 17.95 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{\text{hisap}} &= \left[q_h \times G \times C_{ph} \right] - \left[q_h \times \left(G_{cpi} \right) \right] \\ &= 359 \times 0.85 \times -0.50 - 359 \times 0.18 \\ &= -217 \text{ N/m}^2 \rightarrow 21.72 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

(SNI 1727:2013; 27.4.1; hal; 66)

- Beban Angin didistribusikan merata pada kolom tepi

Kolom Lantai 1 - 8

$$\begin{aligned} P_{\text{tekan}} &= \text{Lebar bidang} \times p_{\text{tekan}} \\ &= 2.1844 \times 17.95 \\ &= 39.2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hisap}} &= \text{Lebar bidang} \times p_{\text{hisap}} \\ &= 0.8344 \times 21.72 \\ &= 18.1 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Kolom Miring

$$\begin{aligned} P_{\text{tekan}} &= \text{Lebar bidang} \times p_{\text{tekan}} \\ &= 2.9338 \times 17.95 \\ &= 52.66 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hisap}} &= \text{Lebar bidang} \times p_{\text{hisap}} \\ &= 1.1206 \times 21.72 \\ &= 24.3 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Angin didistribusikan merata pada kolom tengah

Kolom Lantai 1 - 8

$$\begin{aligned} P_{\text{tekan}} &= \text{Lebar bidang} \times p_{\text{tekan}} \\ &= 4.3692 \times 17.95 \\ &= 78.425 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hisap}} &= \text{Lebar bidang} \times p_{\text{hisap}} \\ &= 3.5349 \times 21.72 \\ &= 76.774 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Kolom Miring

$$\begin{aligned} P_{\text{tekan}} &= \text{Lebar bidang} \times p_{\text{tekan}} \\ &= 5.8679 \times 17.95 \\ &= 105.33 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hisap}} &= \text{Lebar bidang} \times p_{\text{hisap}} \\ &= 4.7470 \times 21.72 \\ &= 103.1 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Distribusi beban angin pada arah sumbu x dan y (kolom tepi)**

Kolom Lantai 1 - 8

Angin Tekan

$$\begin{aligned} F_x &= 39.209 \times \cos 18 \\ &= 37.29 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= 39.209 \times \sin 18 \\ &= 12.12 \text{ kg} \end{aligned}$$

Angin Hisap

$$\begin{aligned} F_x &= 18.12 \times \cos 18 \\ &= 17.24 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= 18.122 \times \sin 18 \\ &= 5.60 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kolom Miring

Angin Tekan

$$\begin{aligned} F_x &= 52.66 \times \cos 18 \\ &= 50.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= 52.66 \times \sin 18 \\ &= 16.3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Angin Hisap

$$\begin{aligned} F_x &= 24.34 \times \cos 18 \\ &= 23.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= 24.34 \times \sin 18 \\ &= 7.52 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Distribusi beban angin pada arah sumbu x dan y (kolom tengah)**

Kolom Lantai 1 - 8

Angin Tekan

$$\begin{aligned} F_x &= 78.425 \times \cos 18 \\ &= 74.59 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= 78.425 \times \sin 18 \\ &= 24.23 \text{ kg} \end{aligned}$$

Angin Hisap

$$\begin{aligned} F_x &= 76.774 \times \cos 18 \\ &= 73.02 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= 76.774 \times \sin 18 \\ &= 23.72 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kolom Miring

Angin Tekan

$$\begin{aligned} F_x &= 105.33 \times \cos 18 \\ &= 100.17 \text{ kg} \end{aligned}$$

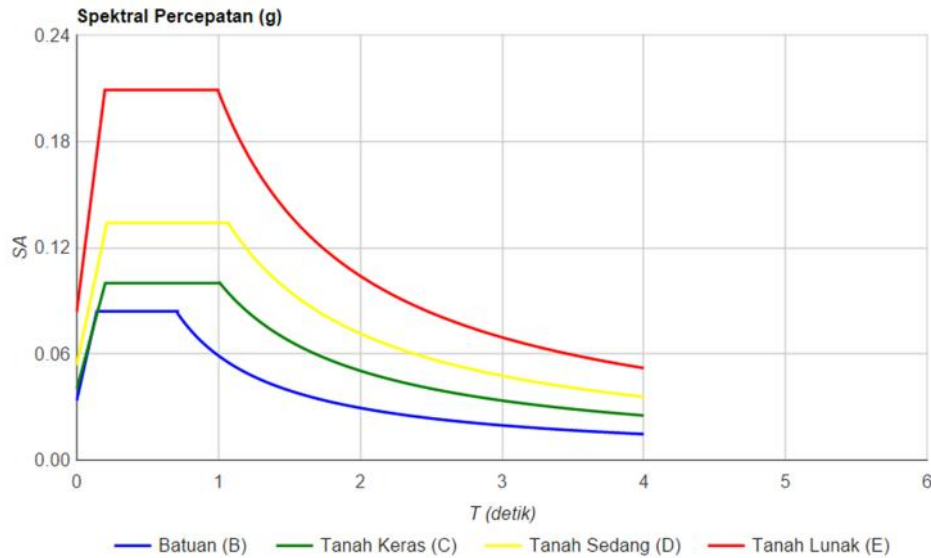
$$\begin{aligned} F_y &= 105 \times \sin 18 \\ &= 32.55 \text{ kg} \end{aligned}$$

Angin Hisap

$$\begin{aligned} F_x &= 103.1 \times \cos 18 \\ &= 98.053 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= 103 \times \sin 18 \\ &= 31.86 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.4 Menentukan Kategori Resiko Bangunan dan Faktor Keutamaan



Gambar 4.4 Grafik Respon Spectra

Sumber: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

Maka didapat:

$$S_s = 0.125 \text{ g}$$

$$S_1 = 0.089 \text{ g}$$

Kemudian menentukan kategori resiko bangunan (Kategori I samapai IV),
dari table berikut

Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

<p>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam katagori resiko IV.</p>	IV
--	----

Sumber : SNI 03-17s26-2012 (Hal : 15 dari 138)

Menentukan faktor keutamaan gempa (I_e) dari tabel berikut:

Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Kategori Resiko Bangunan	I_e
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.5

Sumber : SNI 03-1726-2012

Menentukan Kategori Desain Seismik, dimulai dengan Menentukan

Klasifikasi situs, Koefisien Situs F_a dan F_v :

Klasifikasi situs

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_n (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 4. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 5. Kadar air, $w > 40\%$ 6. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik sebagai berikut: Rawan dan beipotens gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

Sumber : SNI 1726 2012

Menentukan Koefisien Situs Fa dan Fv

Koefisien situs Fa

Site Class	Parameter respon spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pada periode pendek, T=0,2 detik, S _s				
	S _s 0,25	S _s = 0,5	S _s = 0,75	S _s = 1.0	S _s 1.2
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.2	1.2	1.1	1	1
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS ^b				

Sumber: SNI 1726 2012

Kategori Lokasi Fv untuk menentukan Nilai S₁

Site Class	Mapped Maximum Consideret Earthquake Spectral Respon Acceleration Parameter at 1-s periode				
	S _s 0,25	S _s = 0,5	S _s = 0,75	S _s = 1.0	S _s 1.2
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD	2.4	2	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SS ^b				

Sumber: SNI 1726 2012

Maka diperoleh nilai:

$$F_a = 1.6$$

$$F_v = 2.4$$

Menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1},

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} \times F_a \times S_s \\
 &= \frac{2}{3} \times 1.6 \times 0.125 \\
 &= 0.133 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &= \frac{2}{3} \times F_v \times S_1 \\
 &= \frac{2}{3} \times 2.4 \times 0.089 \\
 &= 0.142 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Mencari Kategori Design Seismik:

Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko Bangunan	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
0.167 $S_{DS} < 0.33$	B	B
0.330 $S_{DS} < 0.50$	C	C
0.500 S_{DS}	D	D

Sumber : SNI 1726 2012

Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Periode 1.0 detik

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko Bangunan	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0.067$	A	A
0.067 $S_{D1} < 0.133$	B	B
0.133 $S_{D1} < 0.20$	C	C
0.200 S_{D1}	D	D

Sumber : SNI 1726 2012

Maka Jenis tanah yang berada di Kota Samarinda, tepatnya di Bandara Samarinda Baru adalah Tanah Sedang dengan Ketegori Resiko IV A.

4.5 Persyaratan Perancangan Untuk Kategori Desain Seismik A

Bangunan gedung dan non gedung dengan kategori desain seismik A hanya perlu memenuhi ketentuan-ketentuan di bawah ini. Elemen non-struktural dalam kategori desain seismik A dibebaskan dan ketentuan-ketentuan desain seismik. (SNI 1726 2012 ; 6.6)

4.5.1 Persyaratan Beban Gempa

Beban gempa yang disyaratkan (dalam SNI 1726 2012 ; 6.6.2 – 6.6.5) harus dikombinasikan dengan beban mati dan beban hidup sesuai (SNI

1726 2012 ;4.2.2) untuk kombinasi beban ultimit dan (SNI 1726 2012 ;4.2.3) untuk kombinasi beban layan.

4.5.2 Gaya Lateral

Setiap struktur harus dianalisis untuk pengaruh gaya lateral statik yang diaplikasikan secara independen di kedua arah ortogonal. Pada setiap arah yang ditinjau, gaya lateral statik harus diaplikasikan secara simultan di tiap lantai. Untuk tujuan analisis, gaya lateral di tiap lantai dihitung sebagai berikut:

$$F_x = 0.01 W_x$$

Dimana :

F_x = Gaya lateral rencana yang diaplikasikan pada lantai x

W_x = Bagian beban mati total struktur, yang bekerja pada lantai x

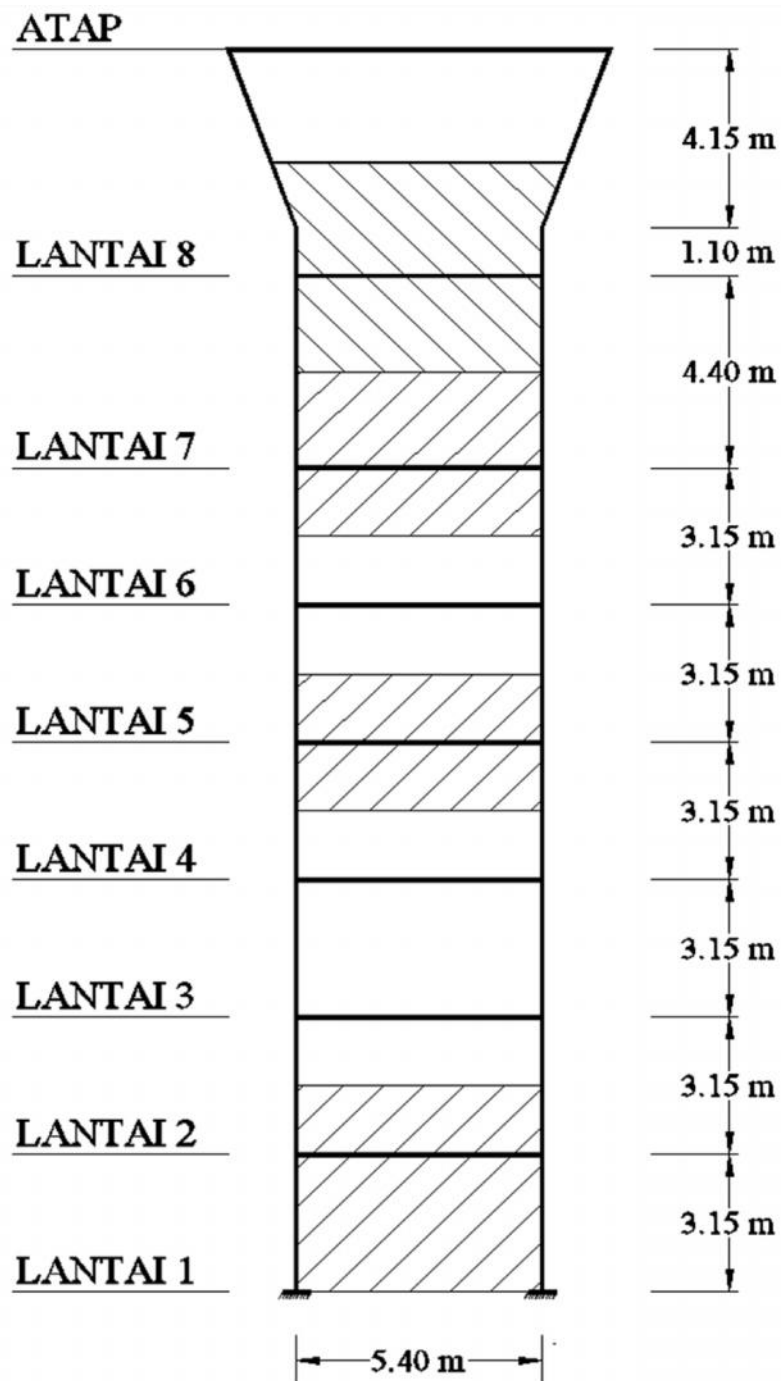
Tabel. 4.5 Yang harus dipenuhi dalam aplikasi tipikal

Komponen yang menahan pengaruh gempa, kecuali jika sebaliknya diberitahu	Kategori Desain Seismik			
	A (Tidak ada)	B (21.1.1.4)	C (21.1.1.5)	D, E, F (21.1.1.6)
Persyaratan analisis dan desain	Tidak ada	21.1.2	21.1.2	21.1.2, 21.1.3
Material		Tidak ada	Tidak ada	21.1.4- 21.1.7
Komponen struktur rangka		21.2	21.3	21.5, 21.6, 21.7, 21.8
Dinding struktru dan balok kopel		Tidak ada	Tidak ada	21.9
Dinding struktur pracetak		Tidak ada	21.4	21.4, [†] 21.10
Diafragma struktur dan rangka batang (<i>trusses</i>)		Tidak ada	Tidak ada	21.11
Fondasi		Tidak ada	Tidak ada	21.12
Komponen struktur rangka tidak diproporsikan untuk menahan gaya yang ditimbulkan oleh pergerakan gempa		Tidak ada	Tidak ada	21.13
Angkur		Tidak ada	21.1.8	21.1.8
*Sebagai tambahan pada persyaratan Pasal 1 sampai 19, kecuali seperti dimodifikasi oleh Pasal 21, Sub Pasal 22.10 juga berlaku dalam KDS D, E, dan F. †Seperti diizinkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal dimana Standar ini merupakan bagiannya.				

(Sumber: SNI 03-2847-2013;S21.1.1)

4.6 Perhitungan Gaya Gempa

- Menghitung Berat Per lantai



Gambar 4.5 Acuan berat per lantai bangunan

TABEL 4.3 BERAT BALOK DAN DINDING

Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF	Berat WF	Berat WF (BW)	Tinggi dinding Bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding bata 1/2 (BB)	Berat dinding kaca (BK)	Berat WF + Dinding
			P	W	P x W	TB	TK	TB x 250 kg/m ²	TK x 20 kg/m ²	BW+BB+BK
			m	kg/m	kg	m	m	kg/m	kg/m	Kg
2	1	350 x 175 x 7 x 11	1.2000	49.60	59.52	4.375		1312.5		1634.52
	2	350 x 175 x 7 x 11	1.8000	49.60	89.28	4.375		1968.8		3633.03
	3	350 x 175 x 7 x 11	1.2000	49.60	59.52	4.375		1312.5		1634.52
	4	350 x 175 x 7 x 11	0.7886	49.60	39.11	4.375		862.5		719.30
	5	300 x 150 x 9 x 13	0.7500	36.70	27.53	4.425		829.7		649.79
	6	300 x 150 x 9 x 13	0.7500	36.70	27.53	4.425		829.7		649.79
	7	350 x 175 x 7 x 11	0.7886	49.60	39.11	4.375		862.5		719.30
	8	200 x 150 x 6 x 9	1.7437	30.60	53.36	4.525		1972.5		3492.87
	9	200 x 150 x 6 x 9	1.7437	30.60	53.36	4.525		1972.5		3492.87
	10	300 x 150 x 9 x 13	1.0200	36.70	37.43	4.425		1128.4		1188.38
	11	300 x 150 x 9 x 13	1.0200	36.70	37.43	4.425		1128.4		1188.38
	12	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	0		0.0		73.44
	13	350 x 175 x 7 x 11	4.6114	49.60	228.73	4.375		5043.7		23487.43
	14	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	3.85	0.575	2662.0	31.8	7551.78
	15	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	3.85	0.575	2662.0	31.8	7551.78
	16	350 x 175 x 7 x 11	4.6114	49.60	228.73	4.375		5043.7		23487.43
	17	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	0		0.0		73.44
	18	350 x 175 x 7 x 11	3.9167	49.60	194.27	4.375		4283.9		16973.16
	19	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	4.425		2546.8		5947.70
	20	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	4.425		2546.8		5947.70
	21	350 x 175 x 7 x 11	3.9167	49.60	194.27	4.375		4283.9		16973.16
	22	350 x 175 x 7 x 11	1.4833	49.60	73.57	4.375		1622.3		2479.95
	23	350 x 175 x 7 x 11	1.4833	49.60	73.57	4.375		1622.3		2479.95
Berat Total (Kg)										132029.66

Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF	Berat WF	Berat WF (BW)	Tinggi dinding Bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding bata 1/2 (BB)	Berat dinding kaca (BK)	Berat WF + Dinding
			P	W	P x W	TB	TK	TB x 250 kg/m ²	TK x 20 kg/m ²	BW+BB+BK
			m	kg/m	kg	m	m	kg/m	kg/m	Kg
3	24	350 x 175 x 7 x 11	1.2000	49.60	59.52	2.8		840.00		1067.52
	25	350 x 175 x 7 x 11	1.8000	49.60	89.28	2.8		1260.00		2357.28
	26	350 x 175 x 7 x 11	1.2000	49.60	59.52	2.8		840.00		1067.52
	27	350 x 175 x 7 x 11	0.7886	49.60	39.11	2.8		552.02		474.43
	28	300 x 150 x 9 x 13	0.7500	36.70	27.53	2.85		534.38		428.31
	29	300 x 150 x 9 x 13	0.7500	36.70	27.53	2.85		534.38		428.31
	30	350 x 175 x 7 x 11	0.7886	49.60	39.11	2.8		552.02		474.43
	31	200 x 150 x 6 x 9	1.7437	30.60	53.36	2.95		1285.97		2295.69
	32	200 x 150 x 6 x 9	1.7437	30.60	53.36	2.95		1285.97		2295.69
	33	300 x 150 x 9 x 13	1.0200	36.70	37.43	2.85		726.75		778.72
	34	300 x 150 x 9 x 13	1.0200	36.70	37.43	2.85		726.75		778.72
	35	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	0		0.00		73.44
	36	350 x 175 x 7 x 11	4.6114	49.60	228.73	2.8		3227.99		15114.30
	37	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	0.7	2.15	484.00	118.92553	1769.02
	38	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	0.7	2.15	484.00	118.92553	1769.02
	39	350 x 175 x 7 x 11	4.6114	49.60	228.73	2.8		3227.99		15114.30
	40	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	0		0.00		73.44
	41	350 x 175 x 7 x 11	3.9167	49.60	194.27	2.8		2741.70		10932.76
	42	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	2.85		1640.31		3860.80
	43	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	2.85		1640.31		3860.80
44	350 x 175 x 7 x 11	3.9167	49.60	194.27	2.8		2741.70		10932.76	
45	350 x 175 x 7 x 11	1.4833	49.60	73.57	2.8		1038.30		1613.65	
46	350 x 175 x 7 x 11	1.4833	49.60	73.57	2.8		1038.30		1613.65	
Berat Total (Kg)										79174.54

Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF	Berat WF	Berat WF (BW)	Tinggi dinding Bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding bata 1/2 (BB)	Berat dinding kaca (BK)	Berat WF + Dinding
			P	W	P x W	TB	TK	TB x 250 kg/m ²	TK x 20 kg/m ²	BW+BB+BK
			m	kg/m	kg	m	m	kg/m	kg/m	Kg
4	47	350 x 175 x 7 x 11	1.2000	49.60	59.52	2.8		840.00		1067.52
	48	350 x 175 x 7 x 11	1.8000	49.60	89.28	2.8		1260.00		2357.28
	49	350 x 175 x 7 x 11	1.2000	49.60	59.52	2.8		840.00		1067.52
	50	350 x 175 x 7 x 11	0.7886	49.60	39.11	2.8		552.02		474.43
	51	300 x 150 x 9 x 13	0.7500	36.70	27.53	2.85		534.38		428.31
	52	300 x 150 x 9 x 13	0.7500	36.70	27.53	2.85		534.38		428.31
	53	350 x 175 x 7 x 11	0.7886	49.60	39.11	2.8		552.02		474.43
	54	200 x 150 x 6 x 9	1.7437	30.60	53.36	2.95		1285.97		2295.69
	55	200 x 150 x 6 x 9	1.7437	30.60	53.36	2.95		1285.97		2295.69
	56	300 x 150 x 9 x 13	1.0200	36.70	37.43	2.85		726.75		778.72
	57	300 x 150 x 9 x 13	1.0200	36.70	37.43	2.85		726.75		778.72
	58	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	0		0.00		73.44
	59	350 x 175 x 7 x 11	4.6114	49.60	228.73	2.8		3227.99		15114.30
	60	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	0.7	2.15	484.00	118.92553	1769.02
	61	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	0.7	2.15	484.00	118.92553	1769.02
	62	350 x 175 x 7 x 11	4.6114	49.60	228.73	2.8		3227.99		15114.30
	63	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	0		0.00		73.44
	64	350 x 175 x 7 x 11	3.9167	49.60	194.27	2.8		2741.70		10932.76
	65	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	2.85		1640.31		3860.80
66	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	2.85		1640.31		3860.80	
67	350 x 175 x 7 x 11	3.9167	49.60	194.27	2.8		2741.70		10932.76	
68	350 x 175 x 7 x 11	1.4833	49.60	73.57	2.8		1038.30		1613.65	
69	350 x 175 x 7 x 11	1.4833	49.60	73.57	2.8		1038.30		1613.65	
Berat Total (Kg)										79174.54

Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF	Berat WF	Berat WF (BW)	Tinggi dinding Bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding bata 1/2 (BB)	Berat dinding kaca (BK)	Berat WF + Dinding
			P	W	P x W	TB	TK	TB x 250 kg/m ²	TK x 20 kg/m ²	BW+BB+BK
			m	kg/m	kg	m	m	kg/m	kg/m	Kg
5	70	350 x 175 x 7 x 11	1.2000	49.60	59.52	2.8		840.00		1067.52
	71	350 x 175 x 7 x 11	1.8000	49.60	89.28	2.8		1260.00		2357.28
	72	350 x 175 x 7 x 11	1.2000	49.60	59.52	2.8		840.00		1067.52
	73	350 x 175 x 7 x 11	0.7886	49.60	39.11	2.8		552.02		474.43
	74	300 x 150 x 9 x 13	0.7500	36.70	27.53	2.85		534.38		428.31
	75	300 x 150 x 9 x 13	0.7500	36.70	27.53	2.85		534.38		428.31
	76	350 x 175 x 7 x 11	0.7886	49.60	39.11	2.8		552.02		474.43
	77	200 x 150 x 6 x 9	1.7437	30.60	53.36	2.95		1285.97		2295.69
	78	200 x 150 x 6 x 9	1.7437	30.60	53.36	2.95		1285.97		2295.69
	79	300 x 150 x 9 x 13	1.0200	36.70	37.43	2.85		726.75		778.72
	80	300 x 150 x 9 x 13	1.0200	36.70	37.43	2.85		726.75		778.72
	81	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	0		0.00		73.44
	82	350 x 175 x 7 x 11	4.6114	49.60	228.73	2.8		3227.99		15114.30
	83	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	0.7	2.15	484.00	118.92553	1769.02
	84	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	0.7	2.15	484.00	118.92553	1769.02
	85	350 x 175 x 7 x 11	4.6114	49.60	228.73	2.8		3227.99		15114.30
	86	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	0		0.00		73.44
	87	350 x 175 x 7 x 11	3.9167	49.60	194.27	2.8		2741.70		10932.76
	88	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	2.85		1640.31		3860.80
	89	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	2.85		1640.31		3860.80
	90	350 x 175 x 7 x 11	3.9167	49.60	194.27	2.8		2741.70		10932.76
	91	350 x 175 x 7 x 11	1.4833	49.60	73.57	2.8		1038.30		1613.65
92	350 x 175 x 7 x 11	1.4833	49.60	73.57	2.8		1038.30		1613.65	
Berat Total (Kg)										79174.54

Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF	Berat WF	Berat WF (BW)	Tinggi dinding Bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding bata 1/2 (BB)	Berat dinding kaca (BK)	Berat WF + Dinding
			P	W	P x W	TB	TK	TB x 250 kg/m ²	TK x 20 kg/m ²	BW+BB+BK
			m	kg/m	kg	m	m	kg/m	kg/m	Kg
6	93	350 x 175 x 7 x 11	1.2000	49.60	59.52	2.8		840.00		1067.52
	94	350 x 175 x 7 x 11	1.8000	49.60	89.28	2.8		1260.00		2357.28
	95	350 x 175 x 7 x 11	1.2000	49.60	59.52	2.8		840.00		1067.52
	96	350 x 175 x 7 x 11	0.7886	49.60	39.11	2.8		552.02		474.43
	97	300 x 150 x 9 x 13	0.7500	36.70	27.53	2.85		534.38		428.31
	98	300 x 150 x 9 x 13	0.7500	36.70	27.53	2.85		534.38		428.31
	99	200 x 150 x 6 x 9	0.7886	30.60	24.13	2.95		581.59		482.77
	100	200 x 150 x 6 x 9	1.7437	30.60	53.36	2.95		1285.97		2295.69
	101	200 x 150 x 6 x 9	1.7437	30.60	53.36	2.95		1285.97		2295.69
	102	300 x 150 x 9 x 13	1.0200	36.70	37.43	2.85		726.75		778.72
	103	300 x 150 x 9 x 13	1.0200	36.70	37.43	2.85		726.75		778.72
	104	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	0		0.00		73.44
	105	350 x 175 x 7 x 11	4.6114	49.60	228.73	2.8		3227.99		15114.30
	106	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	0.7	2.15	484.00	118.92553	1769.02
	107	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	0.7	2.15	484.00	118.92553	1769.02
108	350 x 175 x 7 x 11	4.6114	49.60	228.73	2.8		3227.99		15114.30	
109	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	2.95		1770.00		4321.44	
110	350 x 175 x 7 x 11	3.9167	49.60	194.27	2.8		2741.70		10932.76	
111	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	2.85		1640.31		3860.80	
112	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	2.85		1640.31		3860.80	
113	350 x 175 x 7 x 11	3.9167	49.60	194.27	2.8		2741.70		10932.76	
114	350 x 175 x 7 x 11	1.4833	49.60	73.57	2.8		1038.30		1613.65	
115	350 x 175 x 7 x 11	1.4833	49.60	73.57	2.8		1038.30		1613.65	
Berat Total (Kg)									83430.88	

Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF	Berat WF	Berat WF (BW)	Tinggi dinding Bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding bata 1/2 (BB)	Berat dinding kaca (BK)	Berat WF + Dinding
			P	W	P x W	TB	TK	TB x 250 kg/m ²	TK x 20 kg/m ²	BW+BB+BK
			m	kg/m	kg	m	m	kg/m	kg/m	Kg
7	116	200 x 150 x 6 x 9	4.5715	30.60	139.89	3.575		4085.73		18817.61
	117	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	3.475		1164.65		1610.55
	118	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	3.475		1164.65		1610.55
	119	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	3.475		1164.65		1610.55
	120	400 x 200 x 8 x 13	0.8500	66.00	56.10	3.375		717.18		665.70
	121	400 x 200 x 8 x 13	0.3500	66.00	23.10	3.375		295.31		126.46
	122	400 x 200 x 8 x 13	1.8000	66.00	118.80	3.375		1518.75		2852.55
	123	400 x 200 x 8 x 13	1.2000	66.00	79.20	3.375		1012.50		1294.20
	124	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	3.475		1164.65		1610.55
	125	300 x 150 x 9 x 13	1.0350	36.70	37.98	3.475		899.16		968.61
	126	300 x 150 x 9 x 13	1.0350	36.70	37.98	3.475		899.16		968.61
	127	300 x 150 x 9 x 13	0.7500	36.70	27.53	3.475		651.56		516.20
	128	300 x 150 x 9 x 13	0.7886	36.70	28.94	3.475		685.09		569.20
	129	400 x 200 x 8 x 13	2.1765	66.00	143.65	0		0.00		143.65
	130	200 x 150 x 6 x 9	0.6500	30.60	19.89	0		0.00		19.89
	131	200 x 150 x 6 x 9	1.7437	30.60	53.36	3.575		1558.43		2770.79
	132	300 x 150 x 9 x 13	1.0350	36.70	37.98	3.475		899.16		968.61
	133	300 x 150 x 9 x 13	0.7350	36.70	26.97	3.475		638.53		496.29
	134	300 x 150 x 9 x 13	1.0200	36.70	37.43	3.475		886.13		941.28
	135	200 x 150 x 6 x 9	4.5715	30.60	139.89	3.575		4085.73		18817.61
136	300 x 150 x 9 x 13	1.5226	36.70	55.88	0		0.00		55.88	
137	300 x 150 x 9 x 13	0.6500	36.70	23.86	3.475		564.69		390.90	
138	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	0		0.00		73.44	
139	200 x 150 x 6 x 9	4.5715	30.60	139.89	3.575		4085.73		18817.61	
140	400 x 200 x 8 x 13	3.2235	66.00	212.75	0		0.00		212.75	

Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF	Berat WF	Berat WF (BW)	Tinggi dinding Bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding bata 1/2 (BB)	Berat dinding kaca (BK)	Berat WF + Dinding
			P	W	P x W	TB	TK	TB x 250 kg/m ²	TK x 20 kg/m ²	BW+BB+BK
			m	kg/m	kg	m	m	kg/m	kg/m	Kg
7	141	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	2.9	0.575	2005.14	31.805665	5735.10
	142	300 x 150 x 9 x 13	2.7657	36.70	101.50	2.9	0.575	2005.14	31.805665	5735.10
	143	400 x 200 x 8 x 13	4.6114	66.00	304.35	0		0.00		304.35
	144	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	3.475		1164.65		1610.55
	145	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	0		0.00		73.44
	146	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	3.475		1164.65		1610.55
	147	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	3.475		1164.65		1610.55
	148	400 x 200 x 8 x 13	3.9167	66.00	258.50	0		0.00		258.50
	149	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	3.475		2000.03		4688.93
	150	300 x 150 x 9 x 13	2.3022	36.70	84.49	3.475		2000.03		4688.93
	151	400 x 200 x 8 x 13	3.9167	66.00	258.50	0		0.00		258.50
	152	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	3.475		1164.65		1610.55
	153	200 x 150 x 6 x 9	4.5715	30.60	139.89	3.575		4085.73		18817.61
	154	400 x 200 x 8 x 13	1.4833	66.00	97.90	3.375		1251.52		1954.25
	155	400 x 200 x 8 x 13	1.4833	66.00	97.90	3.375		1251.52		1954.25
	156	200 x 150 x 6 x 9	4.5715	30.60	139.89	3.575		4085.73		18817.61
	157	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	3.475		1164.65		1610.55
	158	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	3.475		1164.65		1610.55
	159	200 x 150 x 6 x 9	1.8000	30.60	55.08	3.575		1608.75		2950.83
	160	200 x 150 x 6 x 9	4.0406	30.60	123.64	3.575		3611.30		14715.48
161	200 x 150 x 6 x 9	4.0406	30.60	123.64	3.575		3611.30		14715.48	
162	200 x 150 x 6 x 9	2.4000	30.60	73.44	3.575		2145.00		5221.44	
Berat Total (Kg)										187483.17

Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF	Berat WF	Berat WF (BW)	Tinggi dinding Bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding bata 1/2 (BB)	Berat dinding kaca (BK)	Berat WF + Dinding
			P	W	P x W	TB	TK	TB x 250 kg/m ²	TK x 20 kg/m ²	BW+BB+BK
			m	kg/m	kg	m	m	kg/m	kg/m	Kg
8	163	200 x 150 x 6 x 9	1.3406	30.60	41.02	0	0	0.00	0	41.02
	164	200 x 150 x 6 x 9	2.2857	30.60	69.94	2	0	1142.87	0	2682.22
	165	200 x 150 x 6 x 9	2.2857	30.60	69.94	2	0	1142.87	0	2682.22
	166	200 x 150 x 6 x 9	1.3406	30.60	41.02	0	0	0.00	0	41.02
	167	200 x 150 x 6 x 9	1.3406	30.60	41.02	0	0	0.00	0	41.02
	168	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	1.9	0	636.79	0	902.89
	169	200 x 150 x 6 x 9	1.2750	30.60	39.02	0	0	0.00	0	39.02
	170	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	1.9	0	636.79	0	902.89
	171	200 x 150 x 6 x 9	1.3406	30.60	41.02	0	0	0.00	0	41.02
	172	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	1.9	0	636.79	0	902.89
	173	450 x 200 x 9 x 14	1.2000	76.00	91.20	2.85	1.632	855.00	39.168	1164.20
	174	450 x 200 x 9 x 14	0.9000	76.00	68.40	2.85	1.632	641.25	29.376	671.96
	175	450 x 200 x 9 x 14	0.9000	76.00	68.40	2.85	1.632	641.25	29.376	671.96
	176	450 x 200 x 9 x 14	1.2000	76.00	91.20	2.85	1.632	855.00	39.168	1164.20
	177	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	1.9	0	636.79	0	902.89
	178	200 x 150 x 6 x 9	2.2857	30.60	69.94	2	0	1142.87	0	2682.22
	179	450 x 200 x 9 x 14	2.7000	76.00	205.20	2.85	1.632	1923.75	88.128	5637.27
	180	450 x 200 x 9 x 14	2.7000	76.00	205.20	2.85	1.632	1923.75	88.128	5637.27
	181	200 x 150 x 6 x 9	2.2857	30.60	69.94	2	0	1142.87	0	2682.22
	182	200 x 150 x 6 x 9	1.2750	30.60	39.02	0	0	0.00	0	39.02
183	400 x 200 x 8 x 13	5.1357	66.00	338.96	2.2	0	2824.64	0	14845.49	
184	400 x 200 x 8 x 13	5.1357	66.00	338.96	2.2	0	2824.64	0	14845.49	
185	200 x 150 x 6 x 9	1.2750	30.60	39.02	0	0	0.00	0	39.02	
186	200 x 150 x 6 x 9	2.2857	30.60	69.94	2	0	1142.87	0	2682.22	
187	450 x 200 x 9 x 14	2.7000	76.00	205.20	2.85	1.632	1923.75	88.128	5637.27	
188	450 x 200 x 9 x 14	2.7000	76.00	205.20	2.85	1.632	1923.75	88.128	5637.27	

Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF	Berat WF	Berat WF (BW)	Tinggi dinding Bata	Tinggi dinding Kaca	Berat dinding bata 1/2 (BB)	Berat dinding kaca (BK)	Berat WF + Dinding
			P	W	P x W	TB	TK	TB x 250 kg/m ²	TK x 20 kg/m ²	BW+BB+BK
			m	kg/m	kg	m	m	kg/m	kg/m	Kg
8	189	200 x 150 x 6 x 9	2.2857	30.60	69.94	2	0	500.00	0	1212.81
	190	200 x 150 x 6 x 9	1.3406	30.60	41.02	0	0	0.00	0	41.02
	191	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	1.9	0	475.00	0	685.99
	192	300 x 150 x 9 x 13	2.4000	36.70	88.08	1.9	0	475.00	0	1228.08
	193	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	1.9	0	475.00	0	685.99
	194	200 x 150 x 6 x 9	1.3406	30.60	41.02	0	0	0.00	0	41.02
	195	200 x 150 x 6 x 9	1.3406	30.60	41.02	0	0	0.00	0	41.02
	196	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	1.9	0	475.00	0	685.99
	197	450 x 200 x 9 x 14	2.7000	76.00	205.20	2.85	1.632	1923.75	88.128	5637.27
	198	400 x 200 x 8 x 13	2.3022	66.00	151.94	2.2	0	550.00	0	1418.15
	199	400 x 200 x 8 x 13	2.3022	66.00	151.94	2.2	0	550.00	0	1418.15
	200	450 x 200 x 9 x 14	2.7000	76.00	205.20	2.85	1.632	1923.75	88.128	5637.27
	201	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	1.9	0	475.00	0	685.99
	202	200 x 150 x 6 x 9	1.3406	30.60	41.02	0	0	0.00	0	41.02
	203	200 x 150 x 6 x 9	2.2857	30.60	69.94	2	0	500.00	0	1212.81
	204	200 x 150 x 6 x 9	1.2750	30.60	39.02	0	0	0.00	0	39.02
	205	450 x 200 x 9 x 14	1.2167	76.00	92.47	2.85	1.632	866.91	39.7137408	1195.58
	206	450 x 200 x 9 x 14	1.2167	76.00	92.47	2.85	1.632	866.91	39.7137408	1195.58
	207	200 x 150 x 6 x 9	1.2750	30.60	39.02	0	0	0.00	0	39.02
	208	200 x 150 x 6 x 9	2.2857	30.60	69.94	2.2	0	550.00	0	1327.09
	209	450 x 200 x 9 x 14	1.4833	76.00	112.73	2.85	1.632	1056.84	48.4142592	1752.13
210	450 x 200 x 9 x 14	1.4833	76.00	112.73	2.85	1.632	1056.84	48.4142592	1752.13	
211	200 x 150 x 6 x 9	2.2857	30.60	69.94	2	0	500.00	0	1212.81	
212	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	1.9	0	475.00	0	685.99	
213	300 x 150 x 9 x 13	1.3406	36.70	49.20	1.9	0	475.00	0	685.99	
214	200 x 150 x 6 x 9	2.2857	30.60	69.94	2	0	500.00	0	1212.81	
215	200 x 150 x 6 x 9	1.3406	30.60	41.02	0	0	0.00	0	41.02	
216	200 x 150 x 6 x 9	1.3406	30.60	41.02	0	0	0.00	0	41.02	
Berat Total (Kg)										105068.97

Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF (P)	Berat WF (W)	Berat WF (P x W)
			m	m	kg/m
Atap	217	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	218	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	219	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	220	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	221	400 x 200 x 8 x 13	2.4176	66.00	159.56
	222	400 x 200 x 8 x 13	2.4176	66.00	159.56
	223	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	224	350 x 175 x 7 x 11	2.4176	49.60	119.91
	225	350 x 175 x 7 x 11	3.8894	49.60	192.91
	226	350 x 175 x 7 x 11	2.4176	49.60	119.91
	227	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	228	400 x 200 x 8 x 13	2.8862	66.00	190.49
	229	400 x 200 x 8 x 13	2.8862	66.00	190.49
	230	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	231	200 x 150 x 6 x 9	5.6611	30.60	173.23
	232	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	233	300 x 150 x 9 x 13	2.4176	36.70	88.72
	234	400 x 200 x 8 x 13	1.0275	66.00	67.82
	235	400 x 200 x 8 x 13	1.0275	66.00	67.82
	236	350 x 175 x 7 x 11	2.4176	49.60	119.91
	237	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	238	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	239	400 x 200 x 8 x 13	2.4176	66.00	159.56
	240	300 x 150 x 9 x 13	3.8894	36.70	142.74
	241	350 x 175 x 7 x 11	3.8894	49.60	192.91
242	400 x 200 x 8 x 13	2.4176	66.00	159.56	
243	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73	
244	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73	
245	350 x 175 x 7 x 11	2.4176	49.60	119.91	

Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF	Berat WF	Berat WF
			m	m	kg/m
Atap	246	300 x 150 x 9 x 13	2.4176	36.70	88.72
	247	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	248	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
	249	450 x 200 x 9 x 14	2.4176	76.00	183.73
P	250	200 x 150 x 6 x 9	1.7724	30.60	54.24
	251	200 x 150 x 6 x 9	1.5510	30.60	47.46
	252	200 x 150 x 6 x 9	1.5510	30.60	47.46
	253	200 x 150 x 6 x 9	1.7724	30.60	54.24
	254	200 x 150 x 6 x 9	1.5510	30.60	47.46
	255	200 x 150 x 6 x 9	1.5510	30.60	47.46
	256	200 x 150 x 6 x 9	1.5510	30.60	47.46
	257	200 x 150 x 6 x 9	1.5510	30.60	47.46
	258	200 x 150 x 6 x 9	1.7724	30.60	54.24
	259	200 x 150 x 6 x 9	1.7724	30.60	54.24
	260	200 x 150 x 6 x 9	1.5510	30.60	47.46
	261	200 x 150 x 6 x 9	1.5510	30.60	47.46
	262	200 x 150 x 6 x 9	1.5510	30.60	47.46
	263	200 x 150 x 6 x 9	1.5510	30.60	47.46
	264	200 x 150 x 6 x 9	1.7724	30.60	54.24
	265	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
	266	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
	267	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
	268	200 x 150 x 6 x 9	1.5475	30.60	47.35
	269	200 x 150 x 6 x 9	1.2882	30.60	39.42
	270	200 x 150 x 6 x 9	1.2882	30.60	39.42
271	200 x 150 x 6 x 9	1.5475	30.60	47.35	
272	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53	
273	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53	
274	200 x 150 x 6 x 9	1.2882	30.60	39.42	
275	200 x 150 x 6 x 9	1.2882	30.60	39.42	

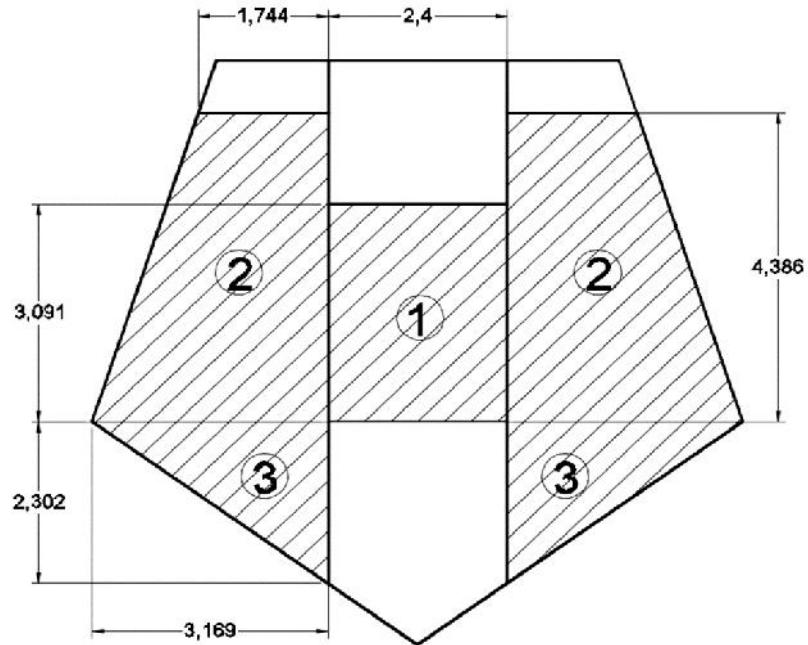
Lantai	No. Batang	Profil WF yang digunakan	Panjang WF	Berat WF	Berat WF
			m	m	kg/m
P	276	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
	277	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
	278	200 x 150 x 6 x 9	1.2882	30.60	39.42
	279	200 x 150 x 6 x 9	1.2882	30.60	39.42
	280	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
	281	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
	282	200 x 150 x 6 x 9	1.5475	30.60	47.35
	283	200 x 150 x 6 x 9	1.5475	30.60	47.35
	284	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
	285	200 x 150 x 6 x 9	1.2882	30.60	39.42
	286	200 x 150 x 6 x 9	1.2882	30.60	39.42
	287	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
	288	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
	289	200 x 150 x 6 x 9	1.2882	30.60	39.42
	290	200 x 150 x 6 x 9	1.2882	30.60	39.42
	291	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
	292	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53
293	200 x 150 x 6 x 9	1.5475	30.60	47.35	
294	200 x 150 x 6 x 9	3.0240	30.60	92.53	
Berat Total Lantai Atap (Kg)					8034.51
½ berat dinding kaca lantai 8		2.8133	56.2650	25.80	1451.637877
Berat Total (Kg)					9486.15

TABEL 4.4 BERAT KOLOM

Lantai	Profil WF yang digunakan	Tinggi Kolom WF (T)	Berat WF per meter (W)	Jumlah (J)	Berat WF (T x W x J)	Berat TOTAL
		m	kg/m	(batang)	kg	kg
2	600 x 300 x 12 x 20	4.7250	151.00	5.00	3567.38	6421.28
	600 x 300 x 12 x 20	4.7250	151.00	4.00	2853.90	
3	600 x 300 x 12 x 20	3.1500	151.00	5.00	2378.25	4280.85
	600 x 300 x 12 x 20	3.1500	151.00	4.00	1902.60	
4	600 x 300 x 12 x 20	3.1500	151.00	5.00	2378.25	4280.85
	600 x 300 x 12 x 20	3.1500	151.00	4.00	1902.60	
5	600 x 300 x 12 x 20	3.1500	151.00	5.00	2378.25	4280.85
	600 x 300 x 12 x 20	3.1500	151.00	4.00	1902.60	
6	600 x 300 x 12 x 20	3.1500	151.00	5.00	2378.25	4280.85
	600 x 300 x 12 x 20	3.1500	151.00	4.00	1902.60	
7	600 x 300 x 12 x 20	3.7750	151.00	5.00	2850.13	6164.58
	600 x 300 x 12 x 20	3.7750	151.00	4.00	2280.10	
	600 x 300 x 12 x 20	3.4250	151.00	2.00	1034.35	
8	600 x 300 x 12 x 20	4.8882	151.00	5.00	3690.59	4354.99
	600 x 300 x 12 x 20	2.2000	151.00	2.00	664.40	
Atap	600 x 300 x 12 x 20	5.4338	151.00	5.00	4102.52	4499.10
	200 x 150 x 6 x 9	0.8640	30.60	15.00	396.58	

Luasan Pelat

Lantai 2 dan 6



Gambar 4.6 Luasan Pelat Lantai 2 dan lantai 6

$$\begin{aligned} - L 1 &= 2,4 \cdot 3,091 \\ &= 7,4184 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - L 2 &= \frac{1,744 + 3,169}{2} \cdot 4,386 \\ &= 12,12 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - L 3 &= \frac{1}{2} \cdot 2,302 \cdot 3,169 \\ &= 3,6475 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

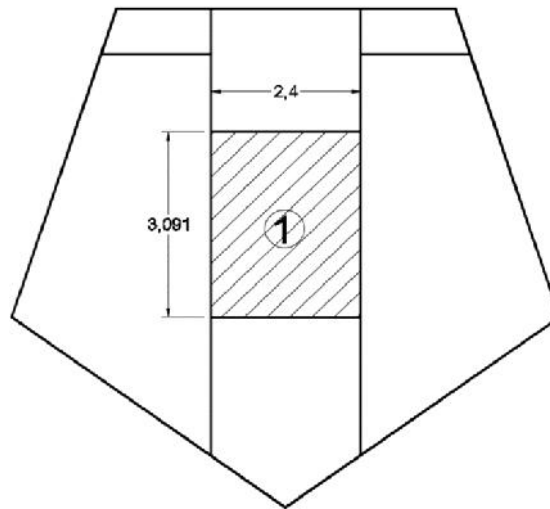
$$\begin{aligned} \text{Total Luasan} &= L 1 + L 2 + L 2 + L 3 + L 3 \\ &= 7,4184 + 12,12 + 12,12 + 3,6475 + 3,6475 \\ &= 38,954 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Lantai} &= \text{Total Luasan} \times \text{Tebal Pelat} \times \text{Berat Jenis Beton Normal} \\ &= 38,954 \cdot 0,15 \cdot 2400 = 14023,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Mati} &= \text{Total Luasan} \times \text{Beban Mati} \\ &= 38.954 \cdot 147.00 = 5726.194 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Total} &= \text{Berat Lantai} + \text{Beban Mati} \\ &= 14023.33 + 5726.194 = 19749.53 \text{ kg} \end{aligned}$$

Lantai 3, 4 dan 5



Gambar 4.7 Luasan Pelat Lantai 3, 4 dan 5

$$\begin{aligned} - L 1 &= 2.4 \cdot 3.091 \\ &= 7.4184 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

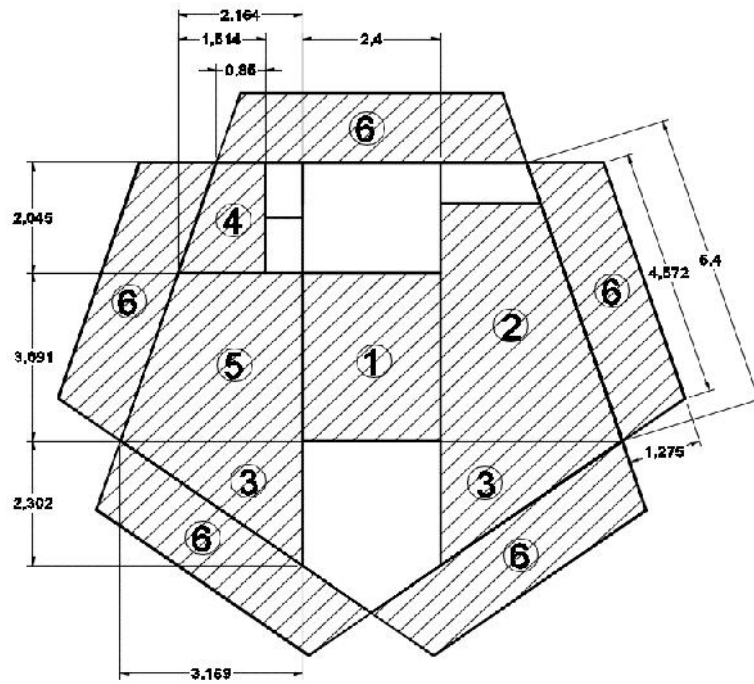
$$\text{Total Luasan} = L 1 = 7.4184 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Lantai} &= \text{Total Luasan} \times \text{Tebal Pelat} \times \text{Berat Jenis Beton Normal} \\ &= 7.4184 \cdot 0.15 \cdot 2400 = 2670.624 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Mati} &= \text{Total Luasan} \times \text{Beban Mati} \\ &= 7.4184 \cdot 147.00 = 1090.505 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Total} &= \text{Berat Lantai} + \text{Beban Mati} \\ &= 2670.624 + 1090.505 = 3761.129 \text{ kg} \end{aligned}$$

Lantai 7



Gambar 4.8 Luasan Pelat Lantai 7

$$- L 4 = \frac{0.85 + 1.514}{2} \cdot 2.045$$

$$= 1.3159 \text{ m}^2$$

$$- L 5 = \frac{2.164 + 3.169}{2} \cdot 3.091$$

$$= 10.60 \text{ m}^2$$

$$- L 6 = \frac{4.572 + 5.4}{2} \cdot 1.275$$

$$= 15.74 \text{ m}^2$$

$$\text{Total Luasan} = L 1 + L 2 + L 3 + L 3 + L 4 + L 5 + (5 \cdot 6)$$

$$= 7.4184 + 12.12 + 3.6475 + 3.6475 + 1.3159$$

$$+ 10.60 + (5 \cdot 15.74)$$

$$= 117.44 \text{ m}^2$$

Berat Lantai = Total Luasan x Tebal Pelat x Berat Jenis Beton Normal

$$= 117.44 \cdot 0.15 \cdot 2400 = 42279.69 \text{ kg}$$

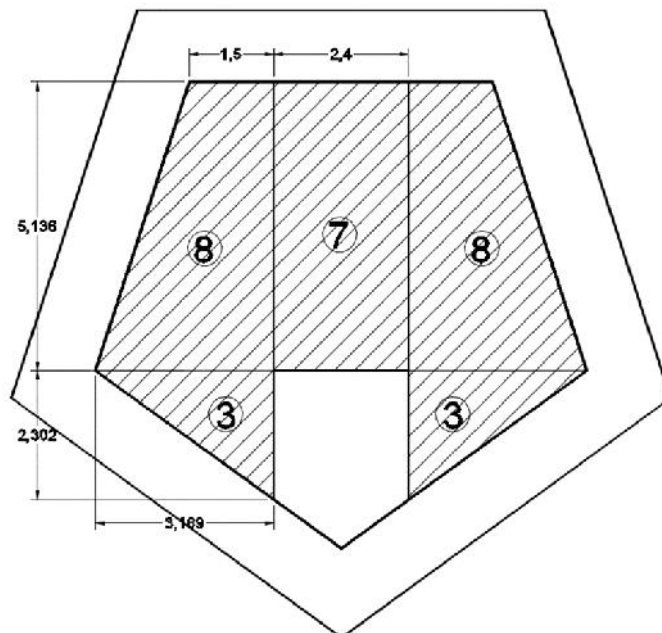
Beban Mati = Total Luasan x Beban Mati

$$= 117.44 \cdot 147.00 = 17264.21 \text{ kg}$$

Berat Total = Berat Lantai + Beban Mati

$$= 42279.69 + 17264.21 = 59543.89 \text{ kg}$$

Lantai 8



Gambar 4.9 Luasan Pelat Lantai 8

$$- L 7 = 2.4 \cdot 5.136$$

$$= 12.326 \text{ m}^2$$

$$- L 8 = \frac{1.5 + 3.169}{2} \cdot 5.136$$

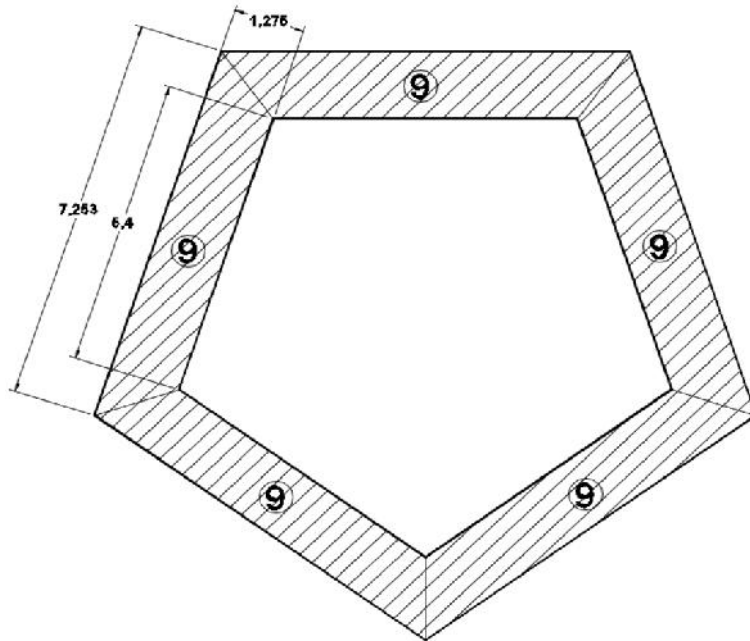
$$= 12.207 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Luasan} &= L 7 + L 3 + L 3 + L 8 + L 8 \\
 &= 12.326 + 3.6475 + 3.6475 + 12.207 + 12.207 \\
 &= 44.035 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Lantai} &= \text{Total Luasan} \times \text{Tebal Pelat} \times \text{Berat Jenis Beton Normal} \\
 &= 44.035 \cdot 0.15 \cdot 2400 = 15852.75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Mati} &= \text{Total Luasan} \times \text{Beban Mati} \\
 &= 44.035 \cdot 147.00 = 6473.206 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat 1} &= \text{Berat Lantai} + \text{Beban Mati} \\
 &= 15852.75 + 6473.206 = 22325.95 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.10 Luasan Pelat Lantai 8 (balkon)

$$\begin{aligned}
 - L 9 &= \frac{1.5 + 3.169}{2} \cdot 5.136 \\
 &= 12.207 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Luasan} &= 5 \cdot 12.207 \\
 &= 5 \cdot 12.207 \\
 &= 61.035 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

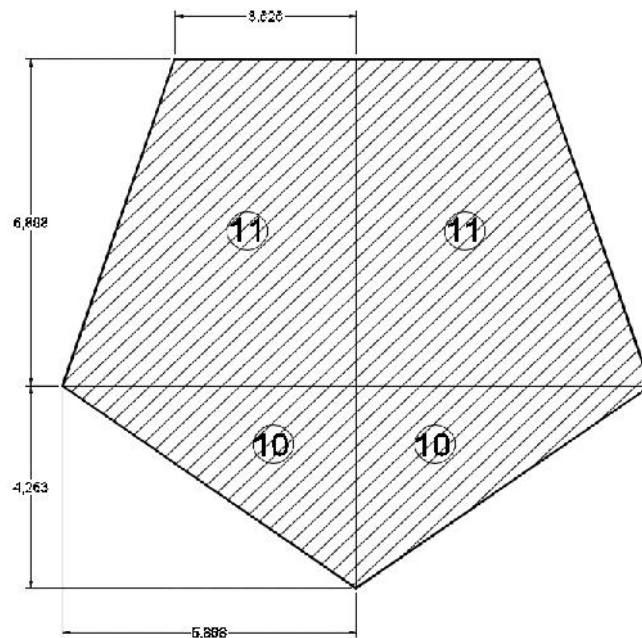
$$\begin{aligned}
 \text{Berat Lantai} &= \text{Total Luasan} \times \text{Tebal Pelat} \times \text{Berat Jenis Beton Normal} \\
 &= 61.035 \cdot 0.15 \cdot 2400 = 21972.58 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Mati} &= \text{Total Luasan} \times \text{Beban Mati} \\
 &= 61.035 \cdot 137.00 = 8361.787 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat 2} &= \text{Berat Lantai} + \text{Beban Mati} \\
 &= 21972.58 + 8361.787 = 30334.37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Total} &= \text{Berat 1} + \text{Berat 2} \\
 &= 22325.95 + 30334.37 = 52660.32 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Lantai Atap



Gambar 4.11 Luasan Pelat Lantai Atap

$$- L 10 = \frac{1}{2} \cdot 4.263 \cdot 5.868$$

$$= 12.508 \text{ m}^2$$

$$- L 11 = \frac{3.626 + 5.868}{2} \cdot 6.898$$

$$= 73.386 \text{ m}^2$$

$$\text{Total Luasan} = L 10 + L 10 + L 11 + L 11$$

$$= 12.508 + 12.508 + 73.386 + 73.386 = 171.79 \text{ m}^2$$

$$\text{Berat Lantai} = \text{Total Luasan} \times \text{Tebal Pelat} \times \text{Berat Jenis Beton Normal}$$

$$= 171.79 \cdot 0.15 \cdot 2400 = 61843.16 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Mati} = \text{Total Luasan} \times \text{Beban Mati}$$

$$= 171.79 \cdot 28.00 = 4810.024 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Total} = \text{Berat Lantai} + \text{Beban Mati}$$

$$= 61843.16 + 4810.024 = 66653.19 \text{ kg}$$

Tabel 4.5 Berat Beban Mati Total Per Lantai

Lantai	Berat Elemen Struktur				Berat Total
	Balok + dinding	Kolom	Berat Sambungan (*)	Pelat	
	Kg	Kg	Kg	Kg	
2	132029.66	6421.28	845.65	19749.53	159046.11
3	79174.54	4280.85	631.60	3761.13	87848.12
4	79174.54	4280.85	631.60	3761.13	87848.12
5	79174.54	4280.85	631.60	3761.13	87848.12
6	83430.88	4280.85	630.10	19749.53	108091.36
7	187483.17	6164.58	4124.67	59543.89	257316.31
8	105068.97	4354.99	918.24	52660.32	163002.52
Atap	9486.15	4499.10	1253.36	66653.19	81891.79

*berat sambungan diambil 10% dari berat balok dan kolom

- 1 . Berat Lantai 2 (W_{s_1}) = 159046.11 kg

$F_{x_1} = 0.01 \times W_s$	$F_{y_1} = 30\% \times F_{x_1}$
$= 0.01 \times 159046.1$	$= 477.138 \text{ kg}$
$= 1590.461 \text{ kg}$	
- 2 . Berat Lantai 3 (W_{s_2}) = 87848.12 kg

$F_{x_2} = 0.01 \times W_s$	$F_{y_2} = 30\% \times F_{x_2}$
$= 0.01 \times 87848.12$	$= 263.544 \text{ kg}$
$= 878.4812 \text{ kg}$	
- 3 . Berat Lantai 4 (W_{s_3}) = 87848.12 kg

$F_{x_3} = 0.01 \times W_s$	$F_{y_3} = 30\% \times F_{x_3}$
$= 0.01 \times 87848.12$	$= 263.544 \text{ kg}$
$= 878.4812 \text{ kg}$	
- 4 . Berat Lantai 5 (W_{s_4}) = 87848.12 kg

$F_{x_4} = 0.01 \times W_s$	$F_{y_4} = 30\% \times F_{x_4}$
$= 0.01 \times 87848.12$	$= 263.544 \text{ kg}$
$= 878.4812 \text{ kg}$	
- 5 . Berat Lantai 6 (W_{s_5}) = 159046.11 kg

$F_{x_5} = 0.01 \times W_s$	$F_{y_5} = 30\% \times F_{x_5}$
$= 0.01 \times 159046.1$	$= 477.138 \text{ kg}$
$= 1590.461 \text{ kg}$	
- 6 . Berat Lantai 7 (W_{s_6}) = 257316.31 kg

$F_{x_6} = 0.01 \times W_s$	$F_{y_6} = 30\% \times F_{x_6}$
$= 0.01 \times 257316.31$	$= 771.949 \text{ kg}$
$= 2573.163 \text{ kg}$	

7 . Berat Lantai 8 (W_{s7}) = 163002.52 kg

$$\begin{aligned} F_{x7} &= 0.01 \times W_s & F_{y7} &= 30\% \times F_{x7} \\ &= 0.01 \times 163002.52 & &= 489.008 \text{ kg} \\ &= 1630.025 & & \end{aligned}$$

8 . Berat Atap (W_{s8}) = 81891.79 kg

$$\begin{aligned} F_{x8} &= 0.01 \times W_s & F_{y8} &= 30\% \times F_{x8} \\ &= 0.01 \times 81891.79 & &= 245.675 \text{ kg} \\ &= 818.9179 \text{ kg} & & \end{aligned}$$

Tabel 4.6 Beban gempa yang bekerja pada titik pusat massa

Lantai	Gaya Gempa (arah x = 100%)		Gaya Gempa (arah y = 100%)	
	Fx	Fy	Fx	Fy
	Fx (100%)	Fx (30%)	Fx (30%)	Fx (100%)
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
2	1590.46	477.14	477.14	1590.46
3	878.48	263.54	263.54	878.48
4	878.48	263.54	263.54	878.48
5	878.48	263.54	263.54	878.48
6	1590.46	477.14	477.14	1590.46
7	2573.2	771.95	771.95	2573.16
8	1630.03	489.01	489.01	1630.03
Atap	818.92	245.68	245.68	818.92

4.7 Kontrol Drift (SNI 1726-2012; pasal 7.9.3; hal: 61)

Faktor Keutamaan Gempa (I_E) = 1.50 (Kategori IV)

Koefisien modifikasi respon (R) = 3.50

Faktor pembesaran Defleksi (C_d) = 3 (SNI 1726-2002; Tabel 9;C.4)

Simpangan antar lantai ijin = 0.010 h

Simpangan Antar Lantai Arah X Simpangan Antar Lantai Arah Y

$$\begin{aligned} e_x \text{ Atap} &= dx \text{ Atap} - dx \text{ lantai 8} & e_y \text{ Atap} &= dy \text{ Atap} - dy \text{ lantai 8} \\ &= 88.35 - 72.44 & &= 71.70 - 57.97 \\ &= 15.92 \text{ mm} & &= 13.73 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Simpangan Horizontal Struktur

Lantai	Tinggi lantai	Simpangan Struktur		Simpangan Antar Lantai	
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
		dx	dy	ex	ey
	mm	mm	mm	mm	
Atap	5250	88.353	71.697	15.92	13.73
8	4400	72.438	57.965	9.62	9.08
7	3150	62.821	48.884	8.14	21.64
6	3150	54.678	27.246	10.58	7.57
5	3150	44.094	19.673	12.41	6.02
4	3150	31.684	13.653	13.19	5.97
3	3150	18.499	7.688	12.03	5.12
2	3150	6.467	2.564	6.47	2.56
1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00

Dimana :

$dx =$ Simpangan struktur arah x $e_x =$ Simpangan antar lantai arah x

$dy =$ Simpangan struktur arah y $e_y =$ Simpangan antar lantai arah y

Defleksi arah x Lantai 2

$$\text{Lantai 2} = e_2 = 6.47 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar

$$\begin{aligned} 2x &= \frac{C_d \cdot e_2}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 6.47}{1.50} = 12.93 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0.010 \cdot h \\ &= 0.010 \cdot 3150 \\ &= 31.500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 &= 2x \leq a \\ &= 12.93 \leq 31.500 \text{ .. OK!} \end{aligned}$$

Defleksi arah y Lantai 2

$$\text{Lantai 2} = e_2 = 2.56 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar

$$\begin{aligned} 2y &= \frac{C_d \cdot e_2}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 2.56}{1.50} = 5.13 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0.010 \cdot h \\ &= 0.010 \cdot 3150 \\ &= 31.500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 &= 2y \leq a \\ &= 5.13 \leq 31.500 \text{ .. OK!} \end{aligned}$$

Defleksi arah x Lantai 3

$$\text{Lantai 3} = e_{3x} = 12.03 \text{ mm}$$

$$\text{Lantai 2} = e_{2x} = 6.47 \text{ mm}$$

$$2 = (e_4 - e_3) = 5.57 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar

$$\begin{aligned} x_3 &= \frac{C_d \cdot e_{3x}}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 12.032}{1.50} = 24.064 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3x &= \frac{C_d \cdot (e_3 - e_2)}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 5.565}{1.50} = 11.13 \end{aligned}$$

Defleksi arah y Lantai 3

$$\text{Lantai 3} = e_{3y} = 5.12 \text{ mm}$$

$$\text{Lantai 2} = e_{3y} = 2.56 \text{ mm}$$

$$2 = (e_4 - e_3) = 2.56 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar

$$\begin{aligned} x_3 &= \frac{C_d \cdot (e_{3y})}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 5.124}{1.50} = 10.248 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3y &= \frac{C_d \cdot (e_3 - e_2)}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 2.560}{1.50} = 5.12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_3 &= 0.010 \cdot h \\
 &= 0.010 \cdot 3150 \\
 &= 31.500
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_3 &= 1 \leq a \\
 &= 11.1 \leq 31.500 \text{ .. OK!}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_3 &= 0.010 \cdot h \\
 &= 0.010 \cdot 3150 \\
 &= 31.500
 \end{aligned}$$

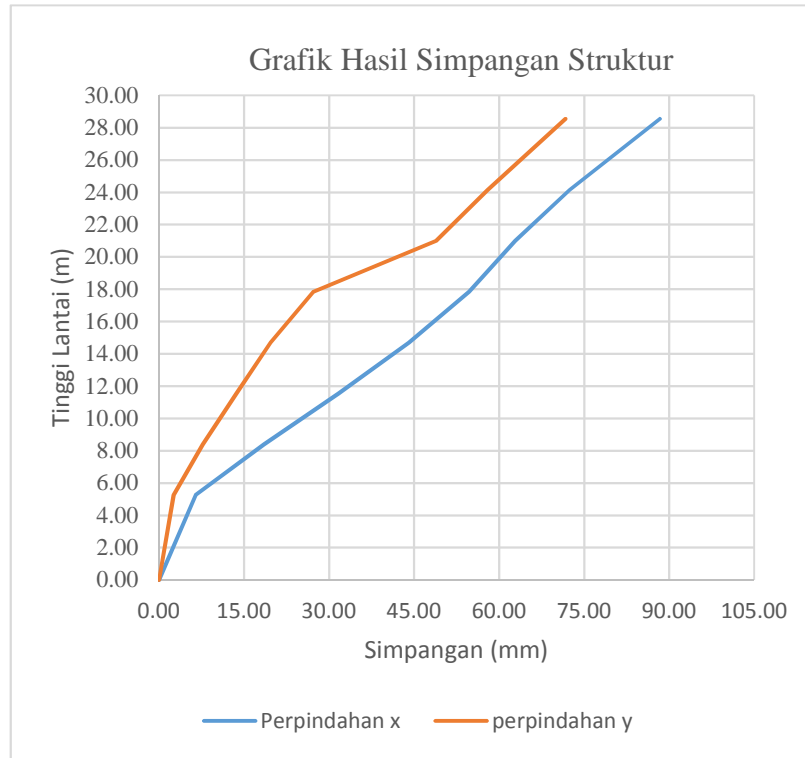
$$\begin{aligned}
 a_3 &= 1 \leq a \\
 &= 5.12 \leq 31.500 \text{ .. OK!}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Kontrol Simpangan antar lantai

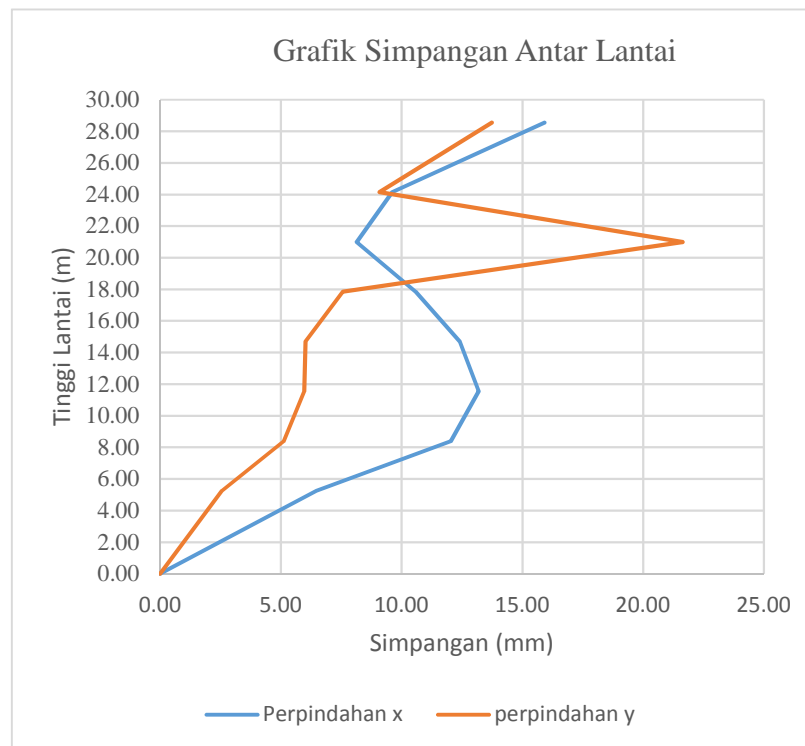
Lantai	Tinggi lantai	Perpindahan elastis		Perpindahan diperbesar		Simpangan antar lantai tingkat desain (Simpangan antar lantai yang di izinkan		
		ex	ey	x	y	x	y	a	< a	
								0.010 h	x < a	y < a
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
Atap	5250	15.92	13.73	31.83	27.46	12.60	9.30	52.50	Aman!	Aman!
8	4400	9.62	9.08	19.23	18.16	2.95	-25.11	44.00	Aman!	Aman!
7	3150	8.14	21.64	16.29	43.28	-4.88	28.13	31.50	Aman!	Aman!
6	3150	10.58	7.57	21.17	15.15	-3.65	3.11	31.50	Aman!	Aman!
5	3150	12.41	6.02	24.82	12.04	-1.55	0.11	31.50	Aman!	Aman!
4	3150	13.19	5.97	26.37	11.93	2.31	1.68	31.50	Aman!	Aman!
3	3150	12.03	5.12	24.06	10.25	11.13	5.12	31.50	Aman!	Aman!
2	3150	6.47	2.56	12.93	5.13	12.93	5.13	31.50	Aman!	Aman!
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Aman!	Aman!

Catatan : + = Perpindahan positif maksimum

- = Perpindahan negatif maksimum

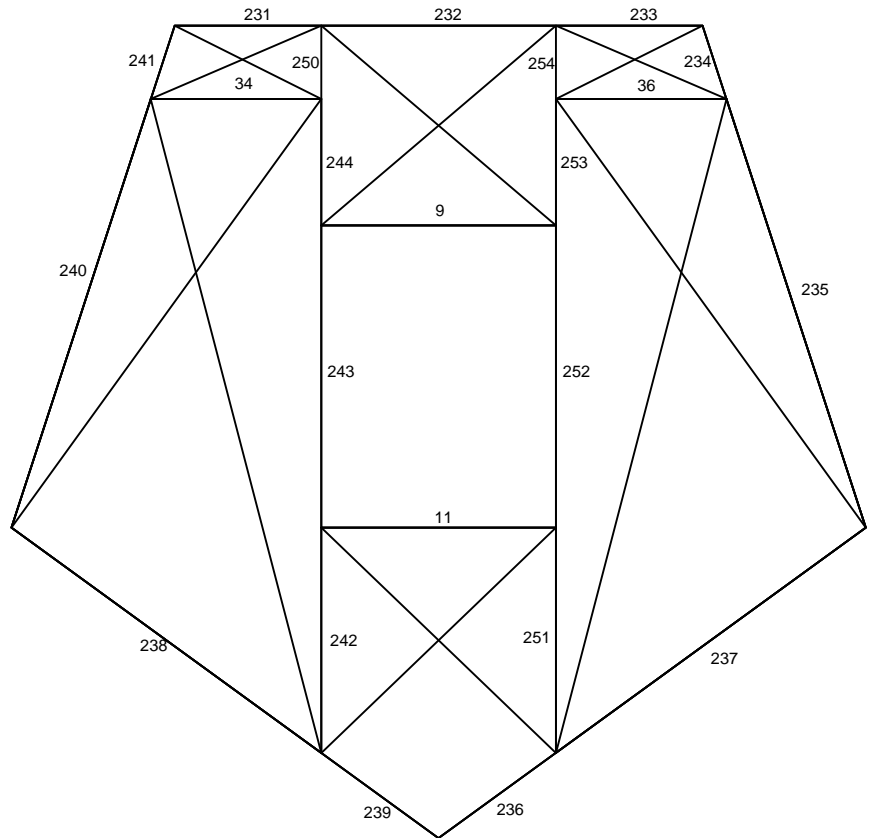


Gambar 4.12 Grafik Hasil Simpangan Struktur

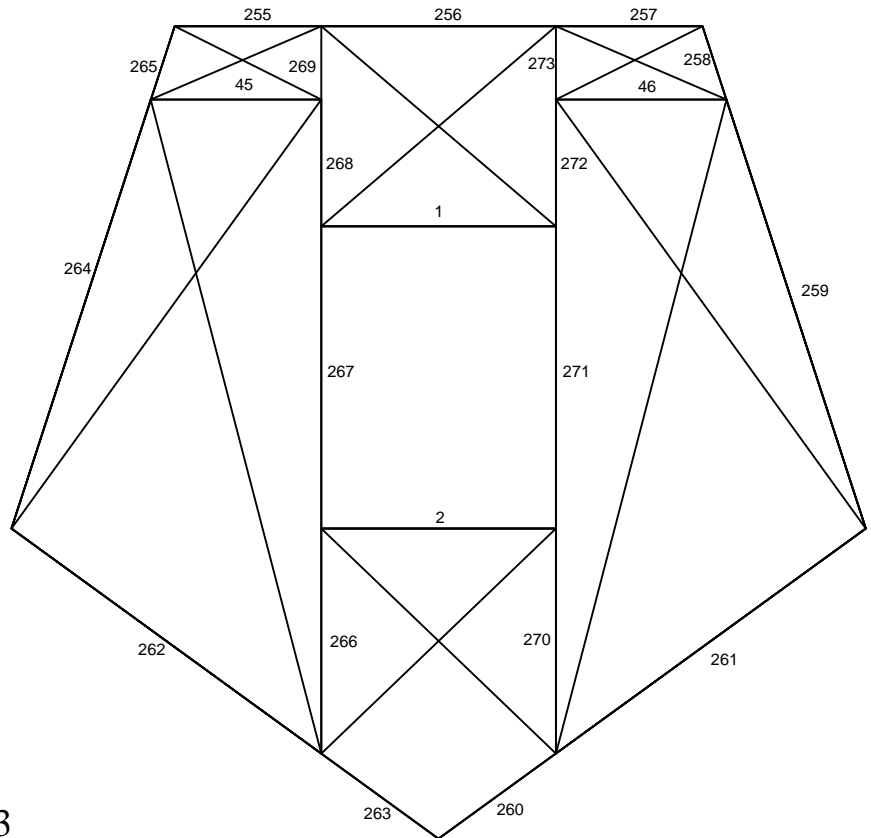


Gambar 4.13 Grafik Simpangan Antar Lantai

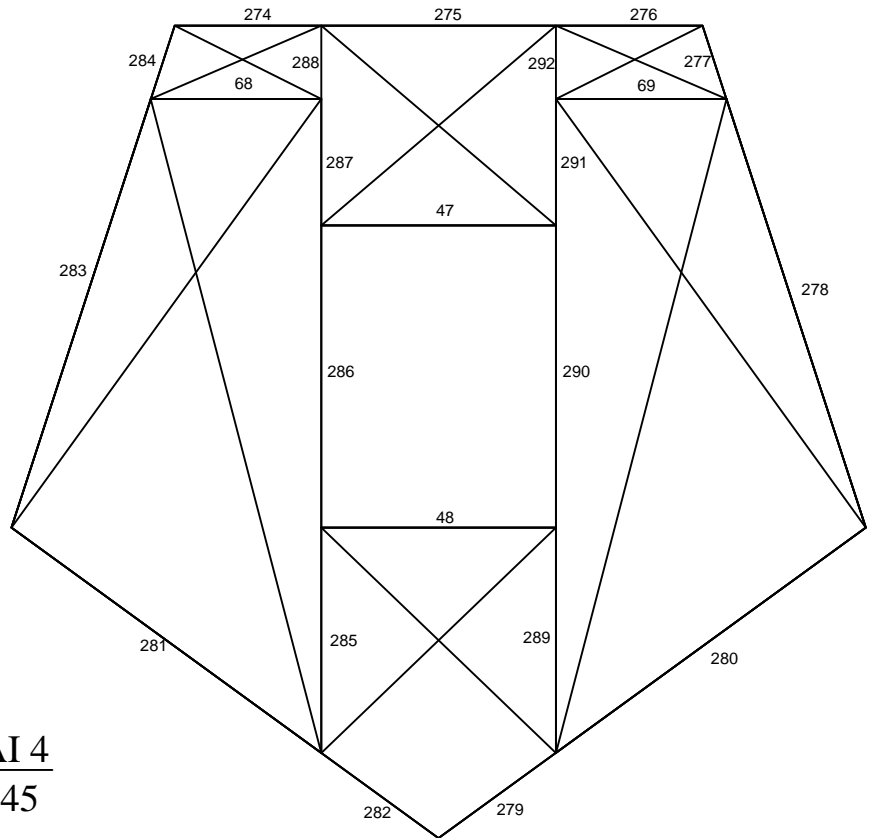
4.8 Nomor Batang



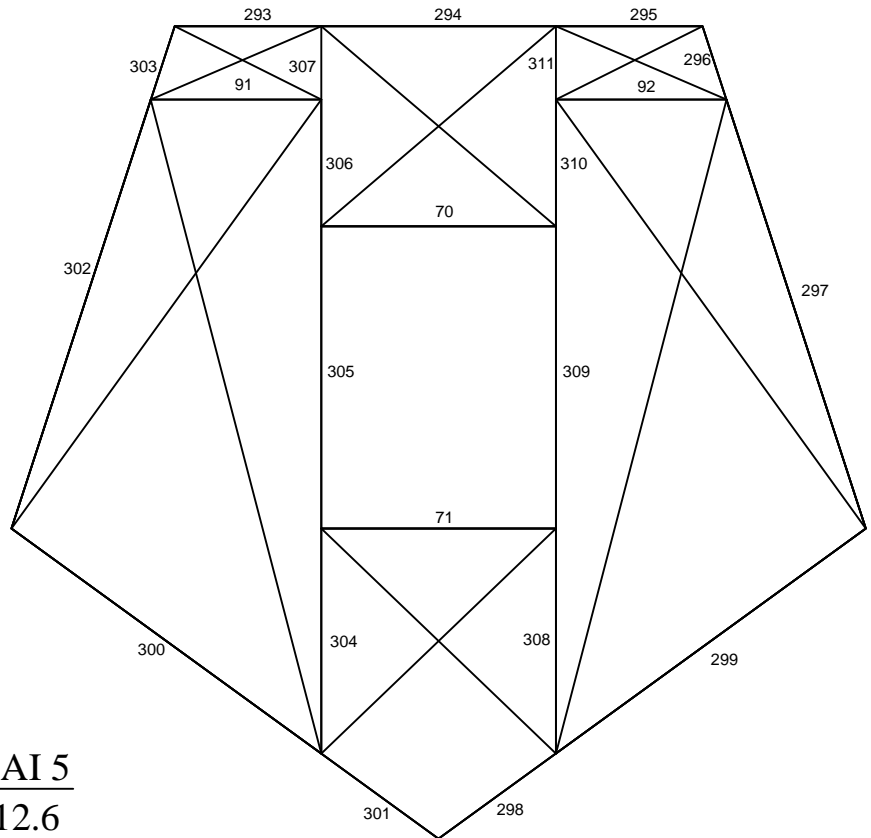
 **LANTAI 2**
Elv + 3.15



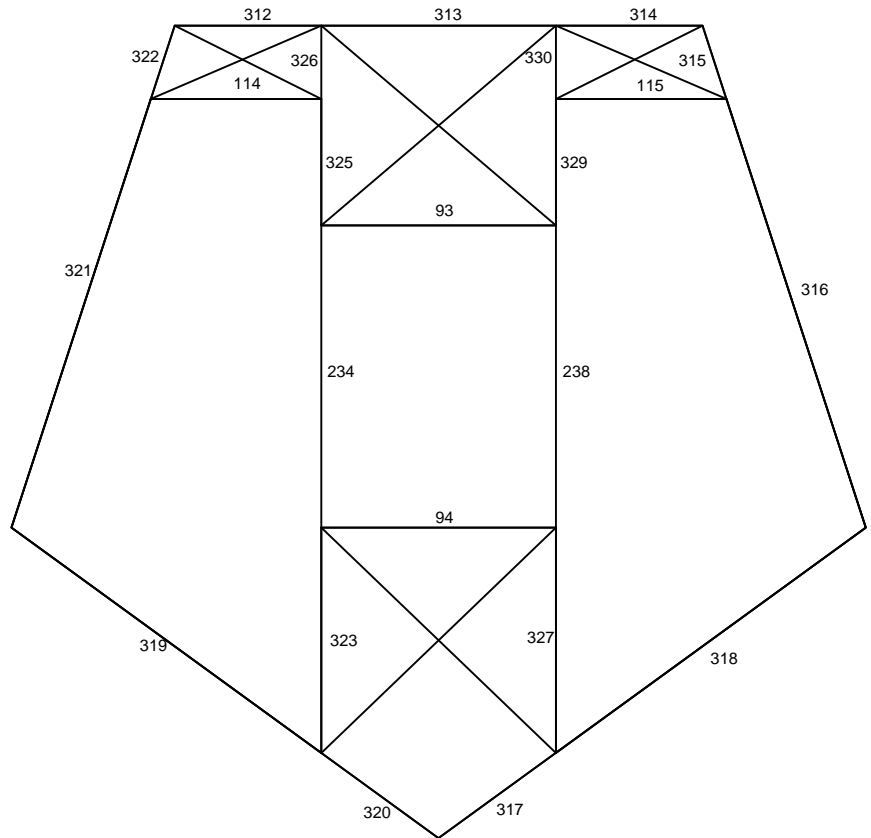
 **LANTAI 3**
Elv + 6.3



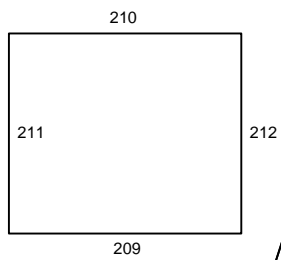
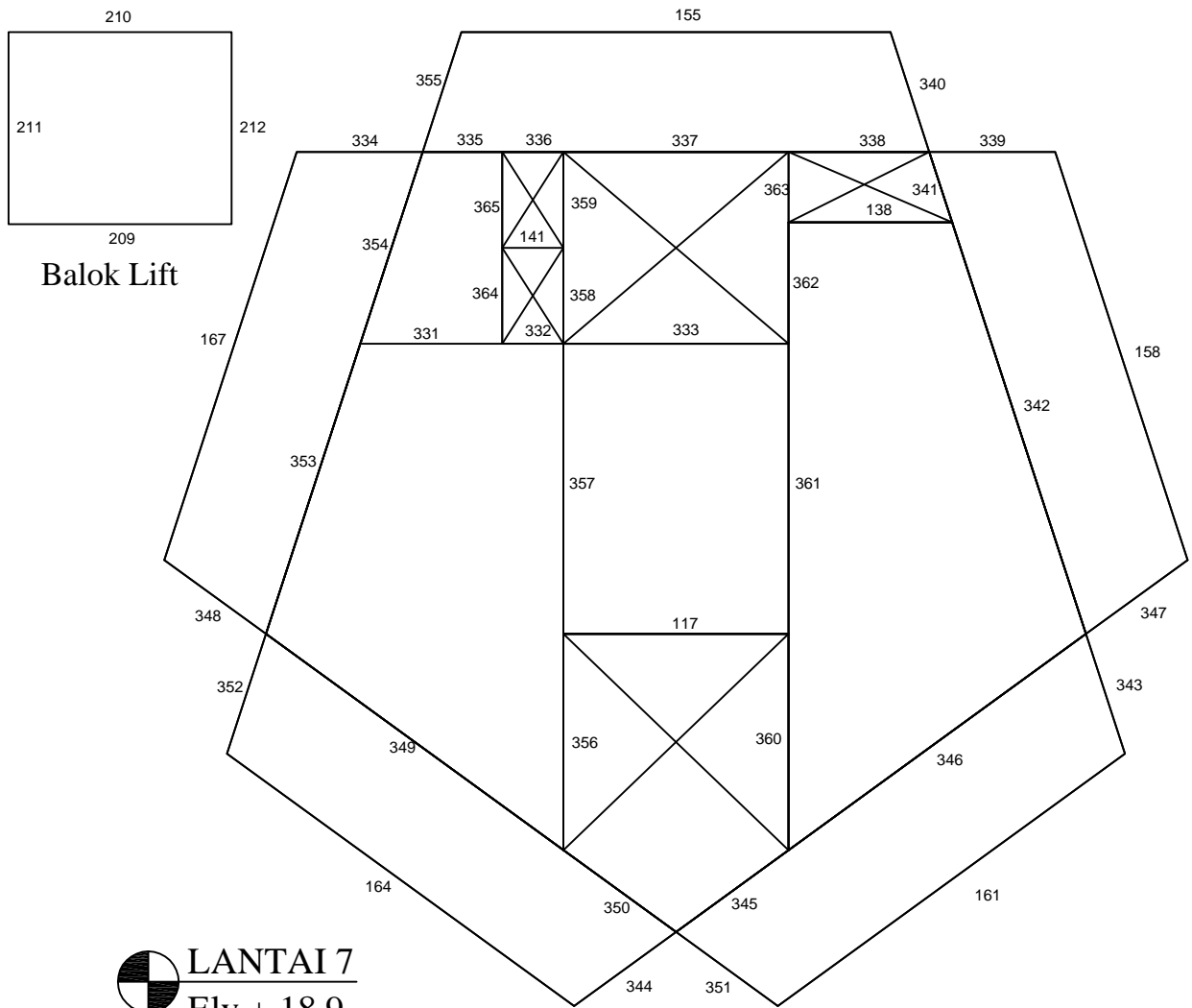

LANTAI 4
 Elv + 9.45




LANTAI 5
 Elv + 12.6

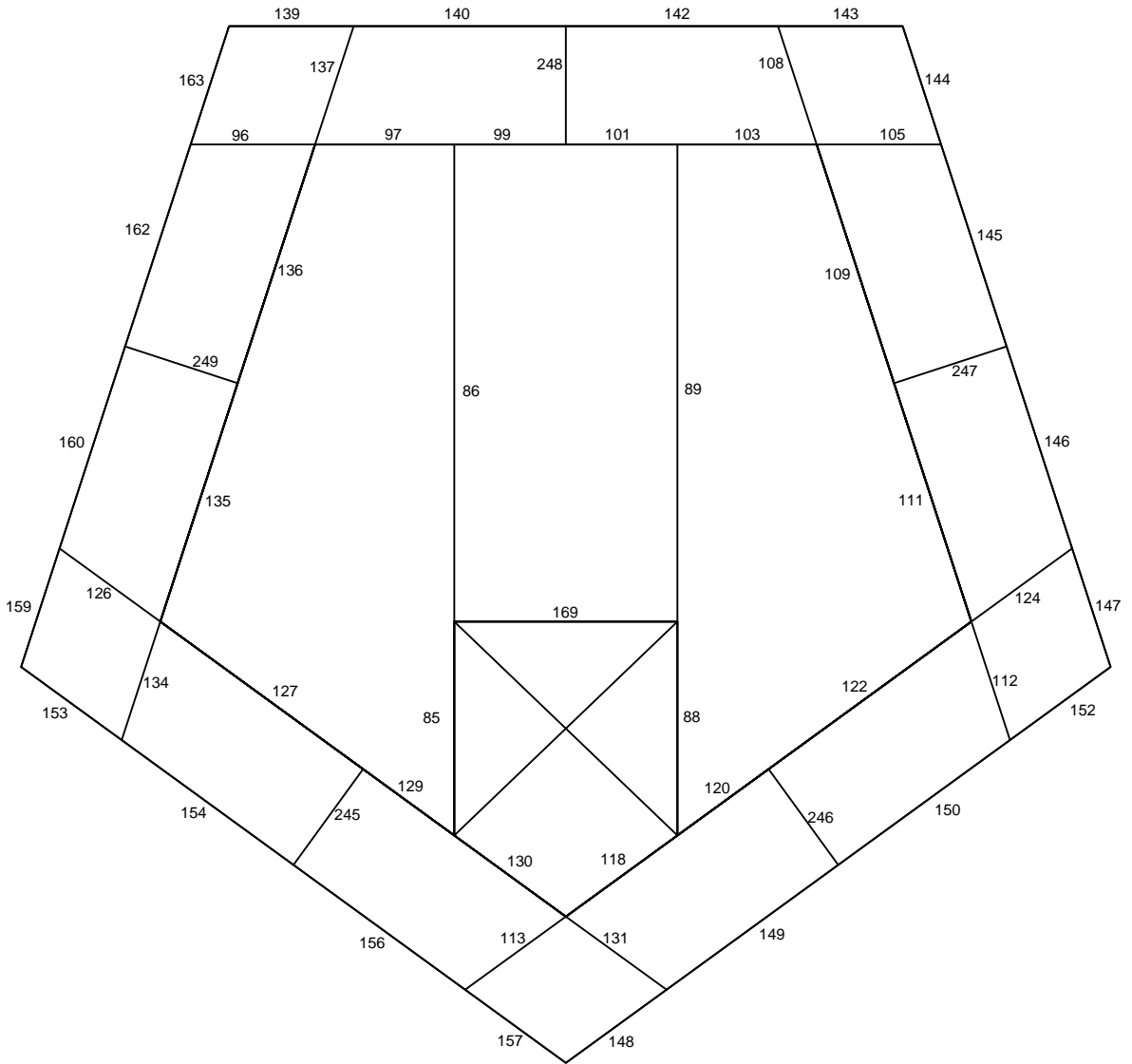


 **LANTAI 6**
Elv + 15.75

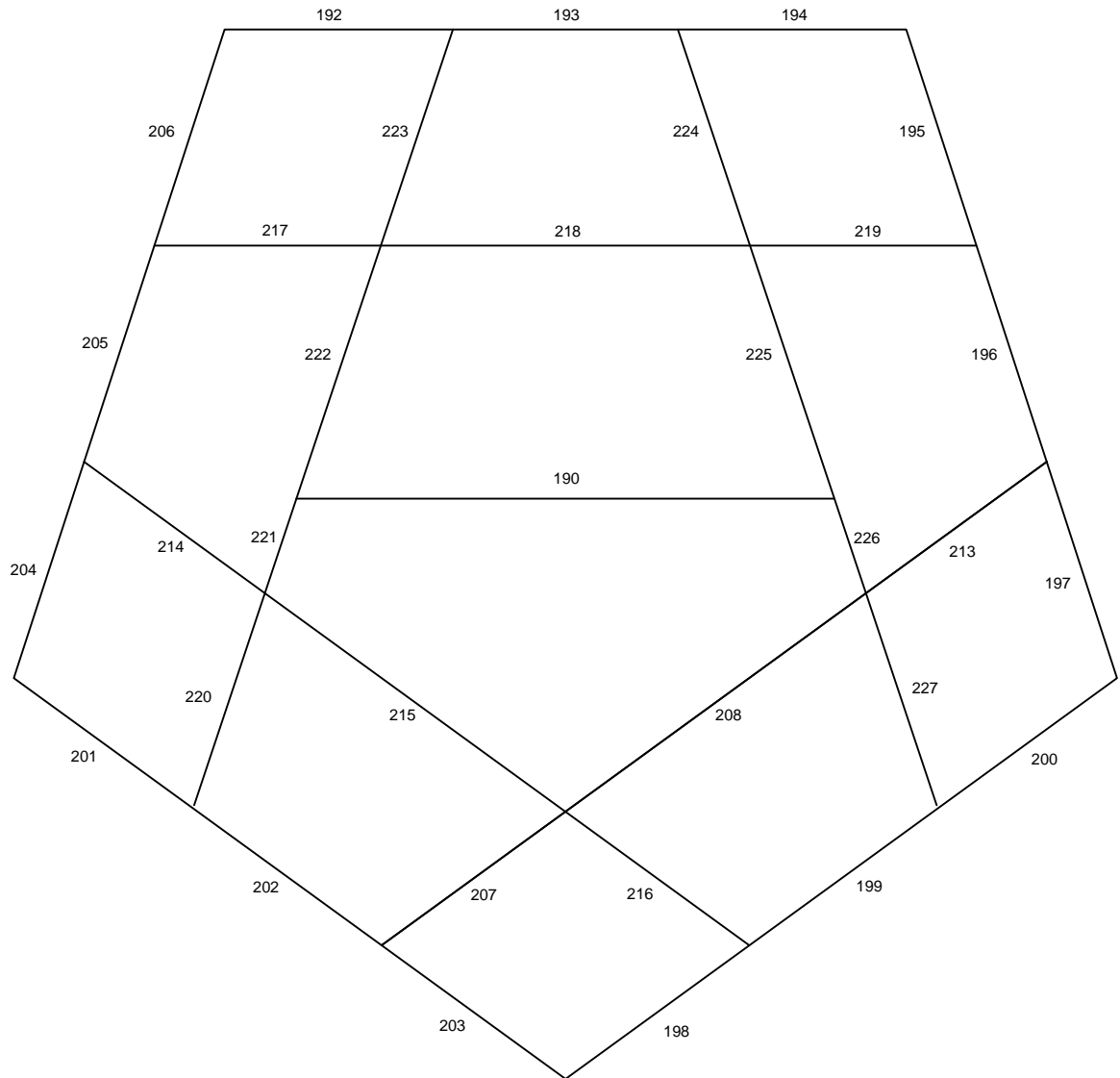



Balok Lift

 **LANTAI 7**
Elv + 18.9



 **LANTAI 8**
Ely + 23.3

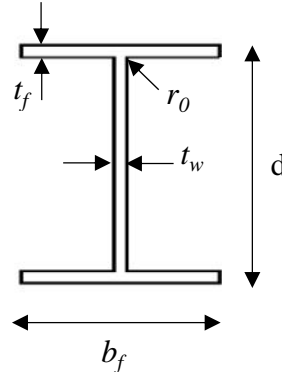


 **ATAP**
Elv + 28.55

4.9 Perhitungan Penampang Balok WF

4.9.1 Balok Biasa

Balok Biasa No. 260-261 (L.3)

	WF 350 x 175 x 7 x 11			
	d	=	350 mm	$I_x = 13600 \text{ cm}^4$
	b_f	=	175 mm	$I_y = 984 \text{ cm}^4$
	t_w	=	7 mm	$i_x = 14.7 \text{ cm}$
	t_f	=	11 mm	$i_y = 3.95 \text{ cm}$
	r_0	=	14 mm	$S_x = 775 \text{ cm}^3$
	A	=	63.14 cm ²	$S_y = 112 \text{ cm}^3$
	Berat	=	49.6 kg/m	$Z_x = 840.8 \text{ cm}^3$
				$Z_y = 172.5 \text{ cm}^3$

Material baja = BJ 37 ; $f_u = 370 \text{ MPa}$
 ; $f_y = 240 \text{ MPa}$

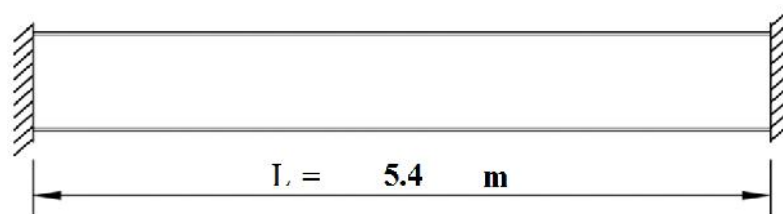
Tegangan residu (f_r) = 70 MPa (penampang dirol)

Mutu pelat beton (f'_c) = 25 MPa

Tebal pelat beton = 15 cm

Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa

Modulus Elastisitas beton = $4700\sqrt{f'_c} = 23500 \text{ MPa}$



Gambar 4.14 Panjang bentang profil

Analisa dari ETABS

Terhadap Momen Positif

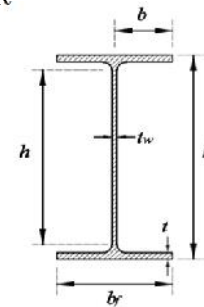
$$\begin{aligned} M_u &= 3678.34 \text{ kg}\cdot\text{m} & V_u &= 302.55 \text{ kg} \\ &= 36783400 \text{ N}\cdot\text{mm} & &= 3025.5 \text{ N} \end{aligned}$$

Terhadap Momen Negatif

$$\begin{aligned} M_u &= 8602.74 \text{ kg}\cdot\text{m} & V_u &= 6106.97 \text{ kg} \\ &= 86027400 \text{ N}\cdot\text{mm} & &= 61069.7 \text{ N} \end{aligned}$$

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned} h &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\ &= 350 - 11 - 2 \cdot 14 \\ &= 311 \text{ mm} \end{aligned}$$



Tekuk Lokal Flens

$$\begin{aligned} \frac{b}{t} &< 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{87.5}{11} < 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &< r \\ 7.95 &< 10.97 \text{ Penampang Kompak!} \end{aligned}$$

Tekuk Lokal Web

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &< 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{311}{7} < 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &< r \\ 44.43 &< 108.54 \text{ Penampang Kompak!} \end{aligned}$$

Periksa Terhadap Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 40 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &= 2006,87 \text{ mm} \rightarrow 2,007 \text{ m}\end{aligned}$$

- Pembatas Panjang tidak dibreis/ diberi pengaku secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left[\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E} \right)^2 \right]}$$

- Konstanta torsi

$$\begin{aligned}J &= \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot b \cdot t_f^3 + h \cdot t_w^3 \right] \\ &= \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot 175 \cdot 11^3 + 350 \cdot 7^3 \right] \\ &= 195300 \text{ mm}^4\end{aligned}$$

Sumber: LRFD, Agus Setiawan

$$c = 1$$

h_o = jarak antar titik-titik berat sayap

$$= 339 \text{ mm} \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 51-52})$$

- Radius Girasi Efektif

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y \cdot h_0}{2 \cdot S_x} = \frac{9840000 \cdot 339}{2 \cdot 775000}$$

$$r_{ts}^2 = 2152.1$$

$$r_{ts} = 46.391 \text{ mm}$$

$$L_r = 1.95 \cdot 46.39 \cdot \frac{200000}{0.7 \cdot 240}$$

$$\sqrt{\frac{195300 \cdot 1}{775000 \cdot 339} + \left[\frac{195300 \cdot 1}{775000 \cdot 339} \right]^2 + 6.76 \cdot \left[\frac{0.7 \cdot 240}{200000} \right]^2}$$

$$= 107692.851 \cdot \sqrt{0.000743 + \sqrt{0.000000553} + 0.000004770}$$

$$= 107692.851 \cdot \sqrt{0.000743 + \sqrt{0.000005322}}$$

$$= 107692.851 \cdot \sqrt{0.000743 + 0.00231}$$

$$= 107692.851 \cdot \sqrt{0.00305}$$

$$= 5947.927 \text{ mm} \rightarrow 5.948 \text{ m}$$

Maka:

$$L > L_p < L_r$$

$$5.4 > 2.007 < 5.948 \dots \text{ tidak aman terhadap tekuk torsi lateral}$$

- $L < L_r$

maka panjang bentang tidak memenuhi pembatasan panjang tidak di breis secara lateral (L_r) untuk memenuhi kondisi batas tekuk torsi lateral

- $L > L_p$

maka panjang bentang tidak memenuhi pembatasan panjang komponen struktur utama tidak di breis secara lateral (L_p). Jadi balok baja diberi pengaku pada bagian tengah bentang agar memenuhi kondisi batas sebagai berikut:

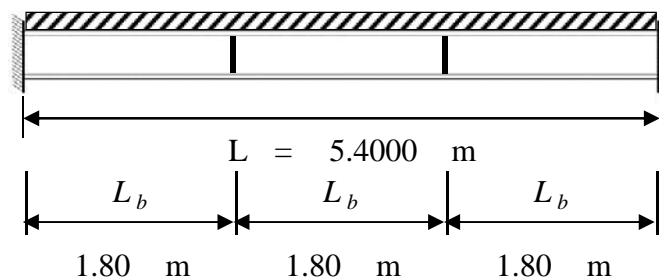
Maka jarak antara pengaku lateral adalah:

$$L_b = \frac{L}{3} = \frac{5.4000}{3} = 1.80 \text{ m}$$

Maka: $L_b < L_p$

$$1.80 < 2.01 \text{ Ok!}$$

Maka diberi pengaku lateral dengan jarak 1.80 m



Gambar 4.15 jarak bentang yang di beri pengaku lateral

maka digunakan Persamaan:

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \cdot f_y \\ &= 840800 \cdot 240 \\ &= 201792000 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ M_n &= 0.9 \cdot 201792000.00 \\ &= 181612800 \text{ kg}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

Terhadap Momen Positif

$$M_n > M_u$$

$$181612800.000 > 36783400.00 \quad \text{Ok}$$

Terhadap Momen Negatif

$$M_n > M_u$$

$$181612800.000 > 86027400.00 \quad \text{Ok}$$

Maka tahanan nominal mencukupi pada momen ultimit yang terjadi

Menghitung Kuat geser Penampang

$$\begin{aligned}V_n &= 0.60 \cdot f_y \cdot A_w \\ &= 0.60 \cdot 240 \cdot 2296.0 \\ &= 330624.00 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_n &= 0.90 \cdot 330624.00 \\ &= 297561.60 \text{ N}\end{aligned}$$

$$V_n > V_u$$

$$297561.600 > 3025.500 \quad \text{Ok}$$

Maka tahanan geser nominal mencukupi pada geser ultimit yang terjadi.

4.9.2 Perhitungan Penampang Balok WF Komposit Eksterior

Balok Komposit Eksterior No. 203 (Atap)

	WF 450 x 200 x 9 x 14		
	d	= 450 mm	$I_x = 33500 \text{ cm}^4$
	b_f	= 200 mm	$I_y = 1870 \text{ cm}^4$
	t_w	= 9 mm	$i_x = 18.6 \text{ cm}$
	t_f	= 14 mm	$i_y = 4.4 \text{ cm}$
	r_o	= 18 mm	$S_x = 1490 \text{ cm}^3$
	A	= 96.80 cm^2	$S_y = 187 \text{ cm}^3$
	Berat	= 76.0 kg/m	$Z_x = 1621.5 \text{ cm}^3$
			$Z_y = 288.5 \text{ cm}^3$

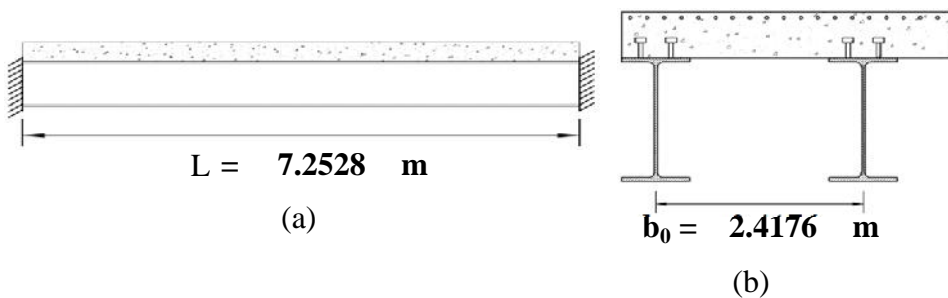
Material baja = BJ 37 ; $f_u = 370 \text{ MPa}$
 ; $f_y = 240 \text{ MPa}$

Mutu pelat beton (f'_c) = 25 MPa

Tebal pelat beton = 15 cm

Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa

Modulus Elastisitas beton = $4700\sqrt{f'_c} = 23500 \text{ MPa}$



Gambar 4.16 (a) Panjang bentang profil dan (b) jarak b_0

- Lebar Efektif balok komposit

Panjang Balok (L) = 7252.8 mm

- Untuk balok Interior

$$b_e = \frac{L}{8} + \frac{b_f}{2} = \frac{7252.8}{8} + \frac{200}{2} = 1006.6 \text{ mm}$$

$$b_o = 2.4176 = 2417.6 \text{ mm}$$

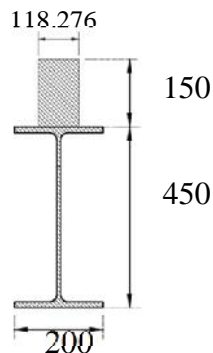
diambil yang terkecil, Maka $b_e = 1006.6 \text{ mm}$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{1006.6}{8.511} = 118.276 \text{ mm}$$

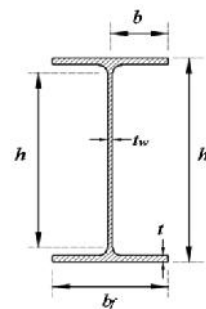
- Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.17 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned} h &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\ &= 450 - 14 - 2 \cdot 18 \\ &= 400 \text{ mm} \end{aligned}$$



Tekuk Lokal Flens

$$\frac{b}{t} < 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{100}{14} < 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$< r$

7.14 < 10.97 Penampang Kompak!

Tekuk Lokal Web

$$\frac{h}{t_w} < 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{400}{9} < 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$< r$

44.44 < 108.54 Penampang Kompak!

Maka digunakan analisa Plastis

Periksa Terhadap Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \cdot 44 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

= 2235.5 mm → 2.236 m

- Pembatas Panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left[\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E} \right)^2 \right]}$$

- Konstanta torsi

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot b \cdot t_f^3 + h \cdot t_w^3 \right] \\
 &= \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot 200 \cdot 14^3 + 450 \cdot 9^3 \right] \\
 &= 475216.667 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Sumber: LRFD, Agus Setiawan

h_o = jarak antar titik-titik berat sayap

$$= 436 \text{ mm} \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 51-52})$$

$c = 1$ (untuk profil I simetris ganda)

- Radius Girasi Efektif

$$\begin{aligned}
 r_{ts}^2 &= \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{18700000 \cdot 436}{2 \cdot 1490000} \\
 r_{ts}^2 &= 2736 \\
 r_{ts} &= 52.307 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka, } L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1.95 \cdot 52.31 \cdot \frac{200000}{0.7 \cdot 240}$$

$$\begin{aligned}
 &\cdot \sqrt{\frac{475216.7 \cdot 1}{1490000 \cdot 436} + \sqrt{\left[\frac{475216.7 \cdot 1}{1490000 \cdot 436}\right]^2 + 6.76 \cdot \left[\frac{0.7 \cdot 240}{200000}\right]^2}} \\
 &= 121425.875 \cdot \sqrt{0.000732 + \sqrt{0.000000535 + 0.000004770}} \\
 &= 121425.875 \cdot \sqrt{0.000732 + \sqrt{0.000005305}} \\
 &= 121425.875 \cdot \sqrt{0.000732 + 0.00230} \\
 &= 121425.875 \cdot \sqrt{0.00303} \\
 &= 6689.185 \text{ mm} \rightarrow 6.689 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$L > L_p < L_r$$

7.2528 > 2.236 > 6.689 tidak aman terhadap tekuk torsi lateral

- $L > L_r$

maka panjang bentang tidak memenuhi pembatasan panjang tidak di breis secara lateral (L_r) untuk memenuhi kondisi batas tekuk torsi lateral

- $L > L_p$

maka panjang bentang tidak memenuhi pembatasan panjang komponen struktur utama tidak di breis secara lateral (L_p). Jadi balok baja diberi pengaku pada bagian tengah bentang agar memenuhi kondisi batas sebagai berikut:

Maka jarak antara pengaku lateral adalah:

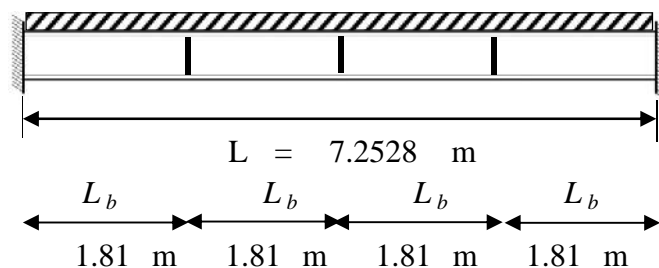
$$L_b = \frac{L}{4} = \frac{7.2528}{4} = 1.81 \text{ m}$$

Maka:

$$L_b < L_p$$

1.81 < 7.2528 Ok!

Maka diberi pengaku lateral dengan jarak 1.81 m



Gambar 4.18 jarak bentang yang di beri pengaku lateral

- **Kuat Lentur Nominal (Momen Negatif) (203)**

Analisa dari ETABS

$$\begin{aligned}M_u &= 21101.7 \text{ kg}\cdot\text{m} \\ &= 211017000 \text{ N}\cdot\text{mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_u &= 14038.15 \text{ kg} \\ &= 140381.5 \text{ N}\end{aligned}$$

Menghitung kuat tarik tulangan tumpuan pada pelat

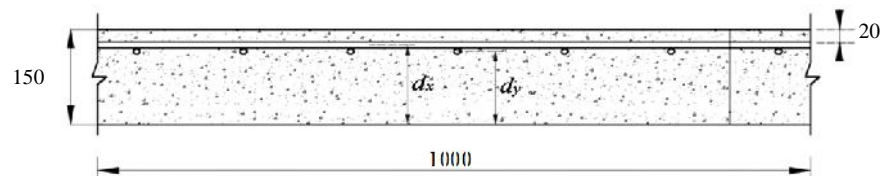
$$M_{t_x} = M_{11} = 984.41 \text{ kg}\cdot\text{m} = 9844100 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_{t_y} = M_{22} = 10691.41 \text{ kg}\cdot\text{m} = 106914100 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$



Gambar 4.19 Letak tulangan pada pelat

$$\text{diameter tulangan } (\varnothing) = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton } (p) = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}d_x &= t_p - p - \frac{1}{2} \cdot \varnothing \\ &= 150 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 125.0 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y &= t_p - p - 1 \frac{1}{2} \cdot \varnothing \\ &= 150 - 20 - 1 \frac{1}{2} \cdot 10 = 115.0 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kuat nominal tulangan tarik arah x

$$M_{ntx} = \frac{M_{tx}}{0.9} = \frac{9844100}{0.9} = 10937888.9 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d}{f_y} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_n}{0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d}} \\ &= \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 125.00}{240} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10937888.89}{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 125.00^2}} \\ &= 370.81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batasan luasan tulangan tarik minimum

$$\begin{aligned} A_{s \min} &= 0.002 \cdot b \cdot t_p \\ &= 0.002 \cdot 1000 \cdot 150 \\ &= 300 \text{ mm}^2 \\ \rho_1 &= 0.85 < f_c' = 25 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Batasan luasan tulangan tarik maksimum

$$\begin{aligned} A_{s \max} &= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot f_c' \cdot \rho_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \cdot d \\ &= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 0.85}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} \cdot 1000 \cdot 125.00 \\ &= 5039.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} A_{s \min} &< A_s < A_{s \max} \\ 300 &< 370.81 < 5039.8 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan $A_s = 370.81 \text{ mm}^2$

Direncanakan tulangan = Ø 10

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot \rho^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot 10^2 = 79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan

$$s = \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{79 \cdot 1000}{370.81} = 211.89 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{A_{st} \cdot b}{s} = \frac{79 \cdot 1000}{200} \\ &= 392.9 \text{ mm} > 370.8 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan pelat $\emptyset 10 - 200$

Jumlah tulangan tarik dalam lebar efektif Beton (b_e)

$$= \frac{1006.60}{200} = 5.03 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}$$

Maka luas tulangan tarik dalam lebar efektif

$$\begin{aligned} A_{sr} &= A_{st} \cdot 6 \\ &= 78.6 \cdot 6 = 471.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum dari profil baja

$$\begin{aligned} C_{smax} &= A_s \cdot f_y \\ &= 9680.0 \cdot 240 \\ &= 2323200.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Tahanan tarik nominal tulangan

$$\begin{aligned} T_{sr} &= A_{sr} \cdot f_y \\ &= 471.4 \cdot 240 \\ &= 113142.9 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena gaya tarik beton diabaikan, maka garis netral plastis berada di profil baja

Maka kesetimbangan gaya dapat di hitung sebagai berikut

$$T_{sr} + T_s = C_{smax} - T_s$$

$$2 T_s = C_{smax} - T_{sr}$$

$$2 T_s = 2323200.0 - 113142.9$$

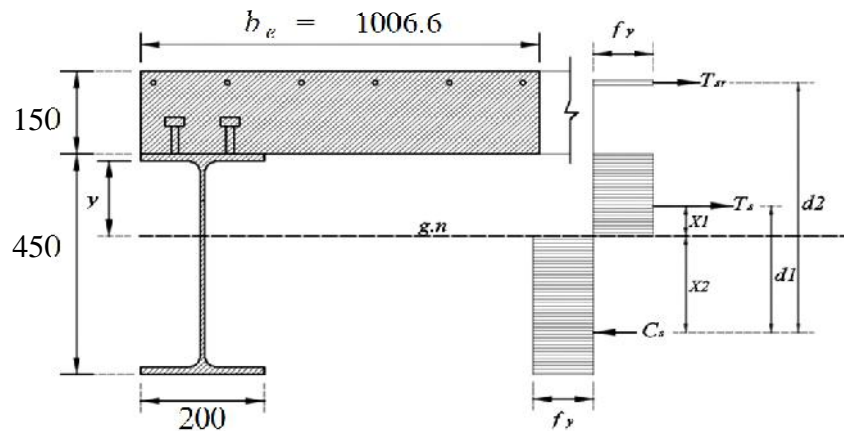
$$2 T_s = 2210057.1$$

$$T_s = \frac{2210057.1}{2} = 1105029 \text{ N}$$

Asumsikan sumbu netral jatuh di flens baja

$$\begin{aligned} \frac{T_s}{f_y \cdot b_f} &= \frac{1105029}{240 \cdot 200} \\ &= 23.02143 \text{ mm} < t_f = 14 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka garis netral jatuh di web baja



Gambar 4.20 Diagram tegangan plastis daerah momen negatif

Gaya tarik Pada Baja

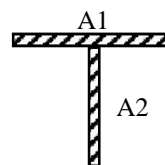
Mencari Luasan T_s

$$A_1 = b_f \cdot t_f$$

$$= 200 \cdot 14$$

$$= 2800 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = y \cdot t_w$$



$$A_s = A_1 + A_2$$

$$= y \cdot 9$$

$$= 9 y$$

$$= 2800 + 9 y$$

$$= 9 y + 2800$$

Gaya tekan Pada Baja

Mencari luasan C_s

$$A_1 = b_f \cdot t_f$$

$$= 200 \cdot 14$$

$$= 2800 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w$$

$$= (450 - 2 \cdot 14 - y) \cdot 9$$

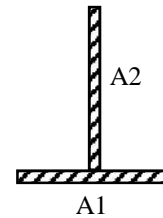
$$= (422 - y) \cdot 9$$

$$= 3798 - 9 y$$

$$A_s' = A_1 + A_2$$

$$= 2800 + 3798 - 9 y$$

$$= 6598 - 9 y$$



$$C_s = T_{sr} + T_s$$

$$(6598 - 9 y) \cdot 240 = 113142.9 + ((9 y + 2800) \cdot 240)$$

$$1583520 - 2160 y = 113142.9 + 2160 y + 672000$$

$$1583520 - 2160 y = 785142.9 + 2160 y$$

$$1583520 - 785142.9 = 2160 y + 2160 y$$

$$798377.1 = 4320 y$$

$$y = \frac{798377.1}{4320} = 184.81 \text{ mm}$$

Maka gaya tarik baja T_s

$$\begin{aligned}
T_s &= A_s \cdot f_y \\
&= (9 \cdot y + 2800) \cdot f_y \\
&= (9 \cdot 184.81 + 2800) \cdot 240 \\
&= 1071189 \text{ N}
\end{aligned}$$

Maka gaya tekan baja C_s

$$\begin{aligned}
C_s &= A_s' \cdot f_y \\
&= (6598 - 9 \cdot y) \cdot f_y \\
&= (6598 - 9 \cdot 184.81) \cdot 240 \\
&= 1184331 \text{ N}
\end{aligned}$$

Kontrol: $C_s = T_s + T_{sr}$

$$\begin{aligned}
1184331 &= 1071188.6 + 113142.9 \\
1184331 &= 1184331 \dots\dots\dots\text{Ok!}
\end{aligned}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

→ T_s

$ \begin{aligned} A_2 &= y \cdot t_w \\ &= 184.81 \cdot 9 \\ &= 1663.29 \text{ mm}^2 \end{aligned} $	$ \begin{aligned} A_s &= A_I + A_2 \\ &= 2800 + 1663.29 \\ &= 4463.29 \text{ mm}^2 \end{aligned} $
$ \begin{aligned} Y1 &= y + \frac{1}{2} \cdot t_f \\ &= 184.81 + \frac{1}{2} \cdot 14 \\ &= 191.81 \text{ mm} \end{aligned} $	$ \begin{aligned} Y2 &= \frac{1}{2} \cdot y \\ &= \frac{1}{2} \cdot 184.81 \\ &= 92.40 \text{ mm} \end{aligned} $

$$\begin{aligned} \text{Maka titik berat } C_s &= \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2} \\ &= \frac{(2800 \cdot 191.81) + (1663.29 \cdot 92.40)}{2800 + 1663.29} \end{aligned}$$

$$X1 = 154.77 \text{ mm}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

$$\rightarrow C_s$$

$$\begin{aligned} A2 &= (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w \\ &= (450 - 2 \cdot 14 - 184.81) \cdot 9 \\ &= 2134.7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y1 &= d - t_f - y - (\frac{1}{2} \cdot t_f) \\ &= 450 - 14 - 184.81 - (\frac{1}{2} \cdot 14) \\ &= 244.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y2 &= \frac{1}{2} \cdot (d - (2 \cdot t_f) - y) \\ &= \frac{1}{2} \cdot (450 - (2 \cdot 14) - 184.81) \\ &= 118.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka titik berat } T_s &= \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2} \\ &= \frac{(2800 \cdot 244.19) + (2134.7 \cdot 118.6)}{2800 + 2134.7} \end{aligned}$$

$$X2 = 189.86 \text{ mm}$$

- Mencari kuat lentur nominal

$$\begin{aligned}
d1 &= X1 + X2 \\
&= 154.77 + 189.86 \\
&= 344.62 \text{ mm} \\
d2 &= X2 + y + t_f + d_x \\
&= 189.86 + 184.81 + 14 + 125 \\
&= 513.67 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Maka kuat nominal terhadap tarik adalah

$$\begin{aligned}
M_n &= T_s \cdot d1 + T_{sr} \cdot d2 \\
&= 1071189 \cdot 344.62 + 113142.9 \cdot 513.67 \\
&= 427275727 \text{ N}
\end{aligned}$$

- Kuat Lentur Rencana

$$\begin{aligned}
\phi \cdot M_n &= 0.9 \cdot 427275727.35 \\
&= 384548154.61 \text{ N}\cdot\text{mm}
\end{aligned}$$

$$M_n > M_u$$

$$384548154.61 > 106914100.00 \text{ Ok!}$$

- Kuat Lentur Nominal (Momen Positif) (201)

Analisa dari ETABS

$$\begin{aligned}
M_u &= 20106.61 \text{ kg}\cdot\text{m} & V_u &= 14455 \text{ kg} \\
&= 201066100 \text{ Nm} & &= 144550 \text{ N}
\end{aligned}$$

Mencari letak garis netral plastis, Sehingga tinggi blok tegangan

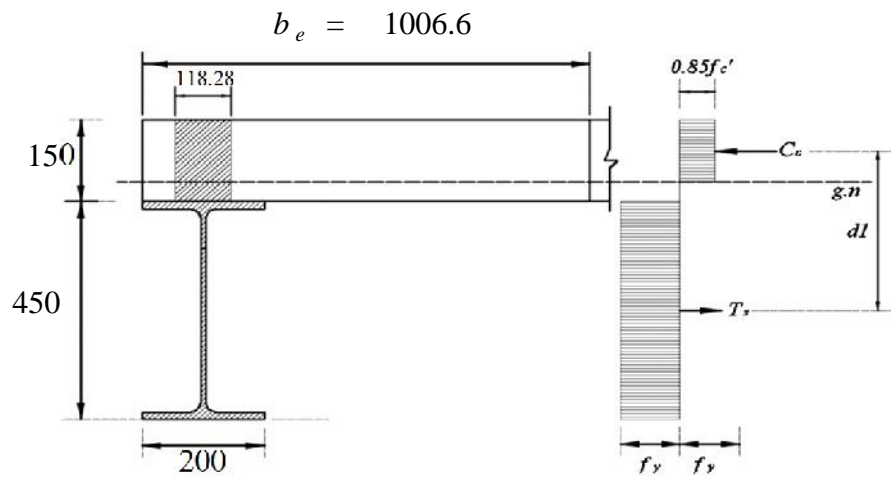
tekan pada pelat beton adalah

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e} = \frac{9680.0 \cdot 240}{0.85 \cdot 25 \cdot 1006.60}$$

$$= 108.61 < t_s$$

$$a < t_s$$

108.61 < 150 Maka garis netral jatuh di Pelat



Gambar 4.21 Diagram tegangan plastis daerah momen positif

- **Nilai Tekan pada Beton**

$$C_c = 0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E$$

$$= 0.85 \cdot 25 \cdot a \cdot 1006.6$$

$$= 21390.25 \ a \text{ N}$$

- **Nilai Tekan pada Baja**

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$= 9680.0 \cdot 240$$

$$= 2323200 \text{ N}$$

Maka keseimbangan gayanya:

$$\begin{aligned}
C_c &= T_s & C_c &= 21390.25 \cdot a \\
21390.25 \cdot a &= 2323200 & &= 21390.25 \cdot 108.61 \\
a &= \frac{2323200}{21390.25} & &= 2323200 \text{ N} \\
&= 108.61 \text{ mm}
\end{aligned}$$

kontrol:

$$\begin{aligned}
C_c &= T_s \\
2323200 &= 2323200 \quad \dots\dots\dots \text{Ok!}
\end{aligned}$$

Maka Kuat Lentur nominal

$$\begin{aligned}
M_n &= T \cdot d_l = A_s \cdot f_y \cdot \left[\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right] \\
&= 9680.0 \cdot 240 \cdot \left[\frac{450}{2} + 150 - \frac{108.61}{2} \right] \\
&= 745038355.33 \text{ N}\cdot\text{mm}
\end{aligned}$$

Kuat Lentur Rencana

$$\begin{aligned}
b \cdot M_n &= 0.9 \cdot 745038355.33 \\
&= 670534519.79 \text{ N}\cdot\text{mm}
\end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
M_n &> M_u \\
670534519.79 &> 201066100.0 \quad \dots\dots\dots \text{Ok!}
\end{aligned}$$

Penghubung Geser

- Gunakan *Stud Connector* ½" x 5 cm.
- Gaya geser maksimum pada daerah momen positif adalah yang terkecil dari :

- Kehancuran beton

$$\begin{aligned} V_h &= 0.85 \cdot f'_c \cdot b_e \cdot t_s \\ &= 0.85 \cdot 25 \cdot 10066 \cdot 150 \\ &= 32085375 \text{ N} \end{aligned}$$

- Leleh tarik dari penampang baja

$$\begin{aligned} V_h &= f_y \cdot A_s \\ &= 240 \cdot 9680 \\ &= 2323200 \text{ N} \end{aligned}$$

diambil nilai terkecil, Maka digunakan $V_h = 2323200 \text{ N}$

- Diameter maksimum stud yang diijinkan:

$$2.5 \cdot t_f = 2.5 \cdot 14 = 35 \text{ mm} > \frac{1}{2}'' = 12.7 \text{ mm}$$

- Luas Penampang Melintang satu buah *Stud Connector*:

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot 12.7^2}{4} = 126.73 \text{ mm}^2$$

- Kuat geser satu buah *Stud Connector*:

$$\begin{aligned} Q_n &= 0.5 \cdot A_{sc} \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \\ &= 0.5 \cdot 126.73 \sqrt{25 \cdot 23500} \leq 126.73 \cdot 370 \\ &= 48568 \text{ N} > 46889 \text{ N} \\ Q_n &= 48568 \text{ N} \end{aligned}$$

- Persyaratan antar penghubung geser

$$\text{Jarak Minimum Longitudinal} = 6d = 6 \times 12.7 = 76.2 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Maksimum Longitudinal} = 8t = 8 \times 150 = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak transversal} = 4d = 4 \times 12.7 = 50.8 \text{ mm}$$

- Jumlah *Stud* yang diperlukan

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{2323200}{48567.53} = 47.834 \approx 48 \text{ buah}$$

- Gunakan minimum 48 stud untuk ½ bentang balok, atau 96 buah untuk keseluruhan bentang. Jika satu buah *Stud* di pasang setiap penampang melintang, maka jarak antar Stud adalah:

$$s = \frac{7252.8}{96 / 2} = 151.1 \text{ mm} < 1200 \text{ mm (Jarak Stud maksimum)}$$

Maka jarak yang digunakan 151.1 mm

Menghitung Kuat geser Penampang

- Luas badan Web

$$\begin{aligned} A_w &= d - 2 t_f \cdot t_w \\ &= 450 - 2 \cdot 14 \cdot 9 \\ &= 3798.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat geser Penampang

$$C_v = \text{Koefisien geser badan} = 1.0 \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 73})$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 3798.0 \cdot 1.0 \\ &= 546912.00 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat Nominal geser Penampang

$$V_n = 0.90 \cdot 546912.00$$

$$= 492220.80 \text{ N}$$

Syarat:

$$V_n > V_u$$

$$492220.800 > 144550.000 \quad \text{Ok}$$

- Perhitungan las fillet pada penghubung geser :

electrode E7014 (f_{uw}) = 50.6 kg/mm² = 506 N/mm²

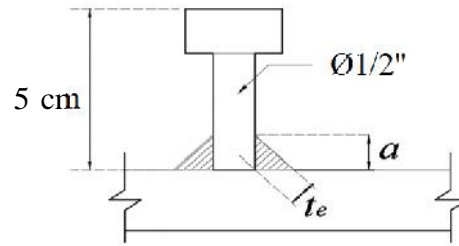
tebal efektif las $a = 8 \text{ mm}$

tebal efektif Las

$$t_e = 0.707 a$$

$$= 0.707 \cdot 8$$

$$= 5.656 \text{ mm}$$



Kuat Nominal las persatuan panjang las fillet :

$$\cdot R_{nw} = 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \times f_{uw})$$

$$= 0.75 \cdot 5.656 \cdot (0.6 \times 506)$$

$$= 1287.9 \text{ N/mm}$$

Panjang keliling konektor (K) : Kuat Las konektor

$$K = \cdot d$$

$$= \cdot 12.7$$

$$= 39.91 \text{ mm}$$

$$R_u = \frac{Q_n}{K} = \frac{48568}{39.9}$$

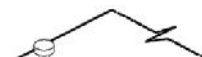
$$= 1216.796 \text{ N/mm}$$

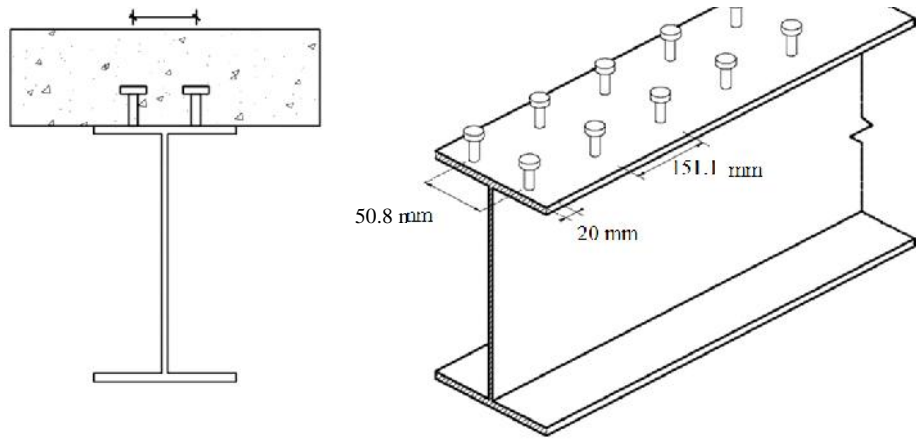
Syarat :

$$\cdot R_{nw} > R_u$$

$$1287.871 \text{ N} > 1216.796 \text{ N} \quad \text{OK!}$$

$$50.8 \text{ mm}$$



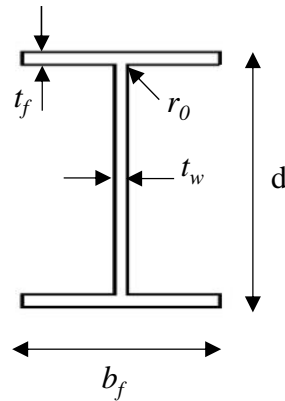


Gambar 4.22 Letak stud pada profil baja

4.9.3 Perhitungan Penampang Balok WF Komposit Interior

Balok Komposit Interior

Balok Komposit Interior No. 220 (Atap)



WF 400 x 200 x 8 x 13			
d	=	400 mm	$I_x = 23700 \text{ cm}^4$
b_f	=	200 mm	$I_y = 1740 \text{ cm}^4$
t_w	=	8 mm	$i_x = 16.8 \text{ cm}$
t_f	=	13 mm	$i_y = 4.54 \text{ cm}$
r_o	=	16 mm	$S_x = 1190 \text{ cm}^3$
A	=	84.10 cm^2	$S_y = 174 \text{ cm}^3$
Berat	=	66 kg/m	$Z_x = 1286 \text{ cm}^3$
			$Z_y = 266 \text{ cm}^3$

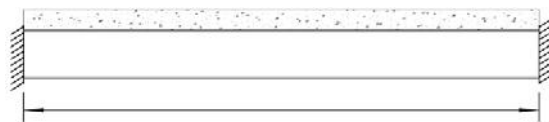
Material baja = BJ 37 ; $f_u = 370 \text{ MPa}$
 $f_y = 240 \text{ MPa}$

Mutu pelat beton (f'_c) = 25 MPa

Tebal pelat beton = 15 cm

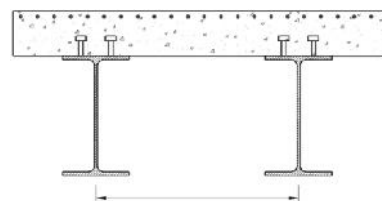
Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa

Modulus Elastisitas beton = $4700\sqrt{f'_c} = 23500 \text{ MPa}$



$L = 8.7469 \text{ m}$

(a)



$b_0 = 2.250 \text{ m}$

(b)

Gambar 4.23 (a) Panjang bentang profil dan (b) jarak b_0

- **Lebar Efektif balok komposit**

Panjang Balok (L) = 8746.9 mm

- Untuk balok Interior

$$b_e = \frac{L}{4} = \frac{8746.9}{4} = 2186.7 \text{ mm}$$

$$b_o = 2.25 = 2250 \text{ mm}$$

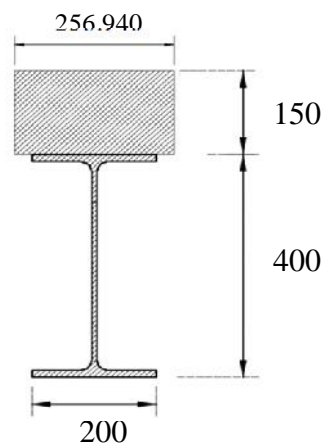
diambil yang terkecil, Maka $b_e = 2186.7 \text{ mm}$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{2186.7}{8.511} = 256.940 \text{ mm}$$

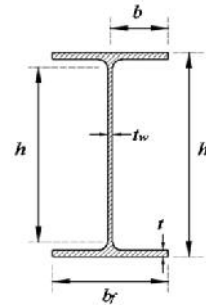
- Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.24 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned} h &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\ &= 400 - 13 - 2 \cdot 16 \\ &= 355 \text{ mm} \end{aligned}$$



Tekuk Lokal Flens

$$\begin{aligned} \frac{b}{t} &< 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{100}{13} < 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &< r \\ 7.69 &< 10.97 \text{ Penampang Kompak!} \end{aligned}$$

Tekuk Lokal Web

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &< 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{355}{8} < 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &< r \\ 44.38 &< 108.54 \text{ Penampang Kompak!} \end{aligned}$$

Periksa Terhadap Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \cdot 45 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &= 2306.63 \text{ mm} \rightarrow 2.307 \text{ m} \end{aligned}$$

- Pembatas Panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E} \right)^2}$$

- Konstanta torsi

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot b \cdot t_f^3 + h \cdot t_w^3 \right] \\ &= \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot 200 \cdot 13^3 + 400 \cdot 8^3 \right] \\ &= 361200 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Sumber: LRFD, Agus Setiawan

h_o = jarak antar titik-titik berat sayap

$$= 387 \text{ mm} \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 51-52})$$

$c = 1$ (untuk profil I simetris ganda)

- Radius Girasi Efektif

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{17400000 \cdot 387}{2 \cdot 1190000}$$

$$r_{ts}^2 = 2829.3$$

$$r_{ts} = 53.191 \text{ mm}$$

$$\text{Maka, } L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E} \right)^2}$$

$$L_r = 1.95 \cdot 53.19 \cdot \frac{200000}{0.7 \cdot 240}$$

$$\cdot \sqrt{\frac{361200 \cdot 1}{1190000 \cdot 387} + \sqrt{\left[\frac{361200 \cdot 1}{1190000 \cdot 387}\right]^2 + 6.76 \cdot \left[\frac{0.7 \cdot 240}{200000}\right]^2}}$$

$$= 123480.095 \cdot \sqrt{0.000784 + \sqrt{0.000000615 + 0.000004770}}$$

$$= 123480.095 \cdot \sqrt{0.000784 + \sqrt{0.000005385}}$$

$$= 123480.095 \cdot \sqrt{0.000784 + 0.00232}$$

$$= 123480.095 \cdot \sqrt{0.00310}$$

$$= 6880.484 \text{ mm} \rightarrow 6.88 \text{ m}$$

Maka:

$$L > L_p < L_r$$

8.7469 > 2.307 > 6.88 tidak aman terhadap tekuk torsi lateral

- $L > L_r$

maka panjang bentang tidak memenuhi pembatasan panjang tidak di breis secara lateral (L_r) untuk memenuhi kondisi batas tekuk torsi lateral

- $L > L_p$

maka panjang bentang tidak memenuhi pembatasan panjang komponen struktur utama tidak di breis secara lateral (L_p). Jadi balok baja diberi pengaku pada bagian tengah bentang agar memenuhi kondisi batas sebagai berikut:

Maka jarak antara pengaku lateral adalah:

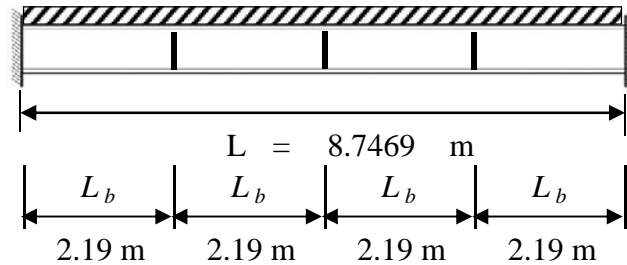
$$L_b = \frac{L}{4} = \frac{8.7469}{4} = 2.19 \text{ m}$$

Maka:

$$L_b < L_p$$

2.19 < 2.307 Ok!

Maka diberi pengaku lateral dengan jarak 2.19 m



Gambar 4.25 jarak bentang yang di beri pengaku lateral

- **Kuat Lentur Nominal (Momen Positif)**

Analisa dari ETABS

$$M_u = 46605.61 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$= 466056100 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$V_u = 727.64 \text{ kg}$$

$$= 7276.4 \text{ N}$$

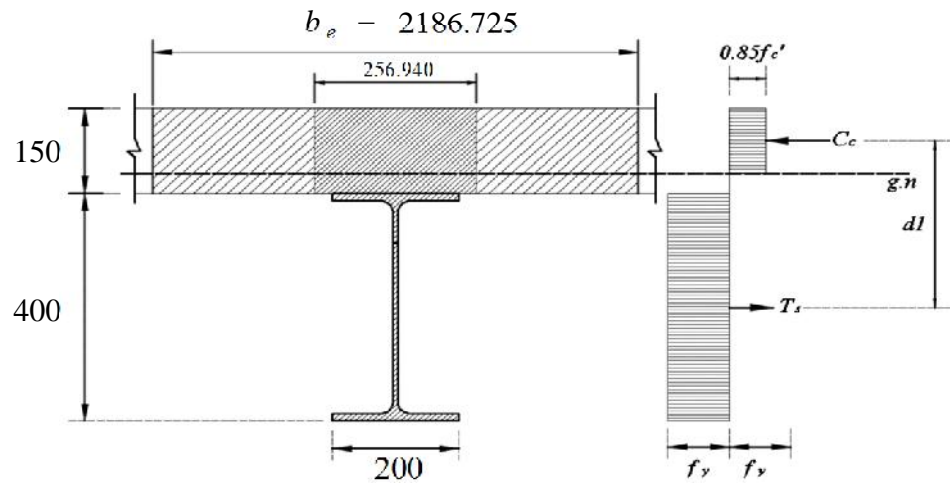
Mencari letak garis netral plastis, Sehingga tinggi blok tegangan tekan pada pelat beton adalah

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e} = \frac{8410.0 \cdot 240}{0.85 \cdot 25 \cdot 2186.73}$$

$$= 43.436 < t_s$$

$$a < t_s$$

43.436 < 150 Maka garis netral jatuh di Pelat



Gambar 4.26 Diagram tegangan plastis daerah momen positif

- **Nilai Tekan pada Beton**

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E \\
 &= 0.85 \cdot 25 \cdot a \cdot 21867.3 \\
 &= 464679.06 \text{ a N}
 \end{aligned}$$

- **Nilai Tekan pada Baja**

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \cdot f_y \\
 &= 8410.0 \cdot 240 \\
 &= 2018400 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka keseimbangan gayanya:

$$C_c = T_s$$

$$464679.06 \text{ a} = 2018400$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{2018400}{464679.06} \\
 &= 4.34 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 464679.06 \text{ a} \\
 &= 464679.06 \cdot 4.34 \\
 &= 2018400 \text{ N}
 \end{aligned}$$

kontrol:

$$C_c = T_s$$
$$2018400 = 2018400 \quad \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

Maka Kuat Lentur nominal

$$M_n = T \cdot d_l = A_s \cdot f_y \cdot \left[\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right]$$
$$= 8410.0 \cdot 240 \cdot \left[\frac{400}{2} + 150 - \frac{4.34}{2} \right]$$
$$= 702056395.39 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Kuat Lentur Rencana

$$b \cdot M_n = 0.9 \cdot 702056395.39$$
$$= 631850755.85 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Syarat:

$$M_n > M_u$$
$$631850755.852 > 466056100.000 \quad \text{Ok!}$$

Penghubung Geser

- Gunakan *Stud Connector* 1/2" x 5 cm.
- Gaya geser maksimum pada daerah momen positif adalah yang terkecil dari :
 - Kehancuran beton

$$V_h = 0.85 \cdot f'_c \cdot b_e \cdot t_s$$
$$= 0.85 \cdot 25 \cdot 21867 \cdot 150$$
$$= 69701859.4 \text{ N}$$

- Leleh tarik dari penampang baja

$$\begin{aligned} V_h &= f_y \cdot A_s \\ &= 240 \cdot 8410 \\ &= 2018400 \text{ N} \end{aligned}$$

diambil nilai terkecil, Maka digunakan $V_h = 2018400 \text{ N}$

- Diameter maksimum stud yang diijinkan:

$$2.5 \cdot t_f = 2.5 \cdot 13 = 33 \text{ mm} > \frac{1}{2}'' = 12.7 \text{ mm}$$

- Luas Penampang Melintang satu buah *Stud Connector*:

$$A_{sc} = \frac{\cdot 12.7^2}{4} = 126.73 \text{ mm}^2$$

- Kuat geser satu buah *Stud Connector*:

$$\begin{aligned} Q_n &= 0.5 \cdot A_{sc} \sqrt{f_c' \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \\ &= 0.5 \cdot 126.73 \sqrt{25 \cdot 23500} \leq 126.73 \cdot 370 \\ &= 48568 \text{ N} > 46889 \text{ N} \\ Q_n &= 48568 \text{ N} \end{aligned}$$

- Persyaratan antar penghubung geser

$$\text{Jarak Minimum Longitudinal} = 6d = 6 \times 12.7 = 76.2 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Maksimum Longitudinal} = 8t = 8 \times 150 = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak transversal} = 4d = 4 \times 12.7 = 50.8 \text{ mm}$$

- Jumlah *Stud* yang diperlukan

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{2018400}{48567.53} = 41.559 \approx 42 \text{ buah}$$

- Gunakan minimum 42 stud untuk ½ bentang balok, atau 84 buah untuk keseluruhan bentang. Jika satu buah *Stud* di pasang setiap penampang melintang, maka jarak antar Stud adalah:

$$s = \frac{8746.9}{84 / 2} = 208.3 \text{ mm} < 1200 \text{ mm (Jarak Stud maksimum)}$$

Maka jarak yang digunakan 208.3 mm

Menghitung Kuat geser Penampang

- Luas badan Web

$$\begin{aligned} A_w &= d - 2 t_f \cdot t_w \\ &= 400 - 2 \cdot 13 \cdot 8 \\ &= 2992.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat geser Penampang

$$\begin{aligned} C_V &= \text{Koefisien geser badan} = 1.0 \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 73}) \\ V_n &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_V \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 2992.0 \cdot 1.0 \\ &= 430848.00 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat Nominal geser Penampang

$$\begin{aligned} V_n &= 0.90 \cdot 430848.00 \\ &= 387763.20 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$V_n > V_u$$

$$387763.200 > 129722.900 \quad \text{Ok}$$

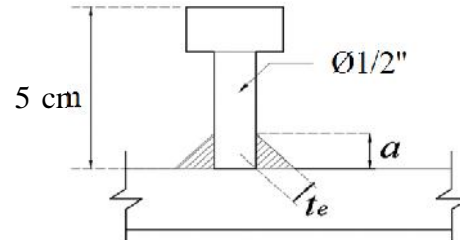
- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

electrode E7014 (f_{uw}) = 50.6 kg/mm² = 506 N/mm²

tebal efektif las $a = 8$ mm

tebal efektif Las

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 8 \\ &= 5.656 \text{ mm} \end{aligned}$$



Kuat Nominal las persatuan panjang las fillet :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &= 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \times f_{uw}) \\ &= 0.75 \cdot 5.656 \cdot (0.6 \times 506) \\ &= 1287.9 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang keliling konektor (K) :

$$\begin{aligned} K &= \cdot d \\ &= \cdot 12.7 \\ &= 39.91 \text{ mm} \end{aligned}$$

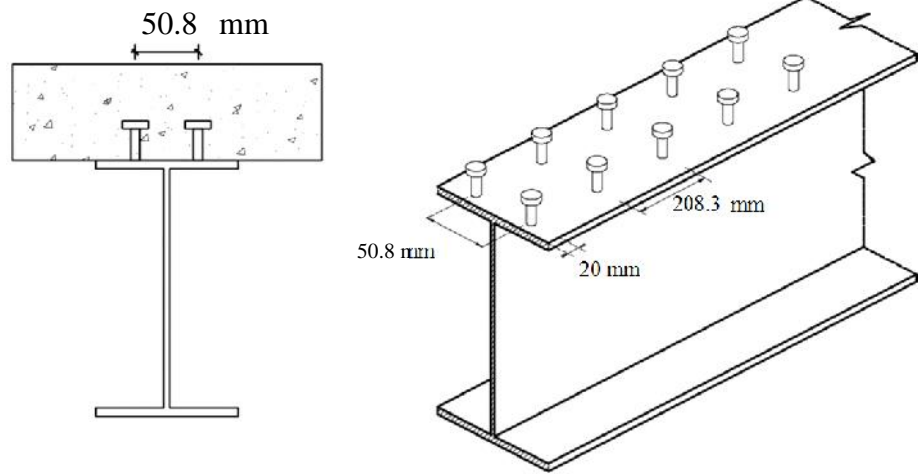
Kuat Las konektor

$$\cdot R_u = \frac{Q_n}{K} = \frac{48568}{39.9} = 1216.796 \text{ N/mm}$$

Syarat :

$$\cdot R_{nw} > R_u$$

$$1287.871 \text{ N} > 1216.796 \text{ N} \quad \text{OK!}$$



Gambar 4.27 Letak stud pada profil baja

4.9.4 Perhitungan Balok Komposit Eksterior dan Interior

Balok Komposit Eksterior dan Interior No. 86 (L.8)

	WF 400 x 200 x 8 x 13		
	d	= 400 mm	$I_x = 23700 \text{ cm}^4$
	b_f	= 200 mm	$I_y = 1740 \text{ cm}^4$
	t_w	= 8 mm	$i_x = 16.8 \text{ cm}$
	t_f	= 13 mm	$i_y = 4.54 \text{ cm}$
	r_0	= 16 mm	$S_x = 1190 \text{ cm}^3$
	A	= 84.10 cm^2	$S_y = 174 \text{ cm}^3$
	Berat	= 66 kg/m	$Z_x = 1286 \text{ cm}^3$
			$Z_y = 266 \text{ cm}^3$

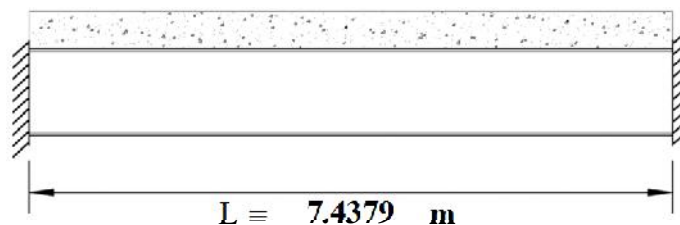
Material baja = BJ 37 ; $f_u = 370 \text{ MPa}$
 ; $f_y = 240 \text{ MPa}$

Mutu pelat beton (f'_c) = 25 MPa

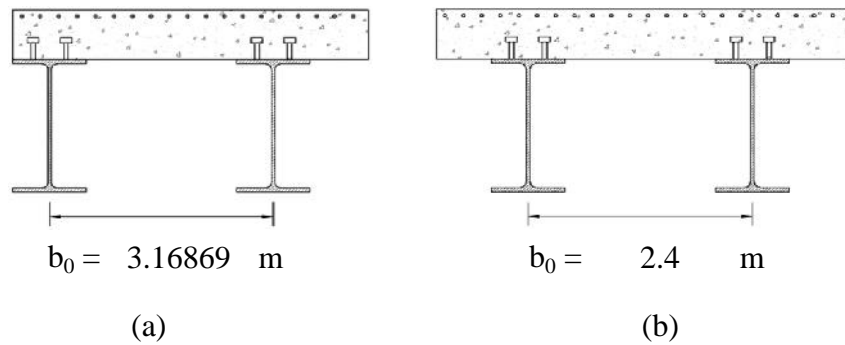
Tebal pelat beton = 15 cm

Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa

Modulus Elastisitas beton = $4700\sqrt{f'_c} = 23500 \text{ MPa}$



Gambar 4.28 Panjang Bentang profil



Gambar 4.29 (a) jarak b_0 Eksterior dan (b) jarak b_0 Interior

- Lebar Efektif balok komposit Eksterior

Panjang Balok (L) = 2302.2 mm

- Untuk balok Interior

$$b_e = \frac{L}{8} + \frac{b_f}{2} = \frac{2302.2}{8} + \frac{200}{2} = 387.78 \text{ mm}$$

$$b_o = 3.16869 = 3168.69 \text{ mm}$$

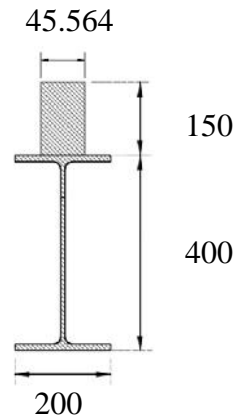
diambil yang terkecil, Maka $b_e = 387.78 \text{ mm}$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{387.78}{8.511} = 45.564 \text{ mm}$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.30 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja

- **Lebar Efektif balok komposit Interior**

$$\text{Panjang Balok } (L) = 5135.7 \text{ mm}$$

- Untuk balok Interior

$$b_e = \frac{L}{4} = \frac{5135.7}{4} = 1283.9 \text{ mm}$$

$$b_o = 3.16869 = 2400 \text{ mm}$$

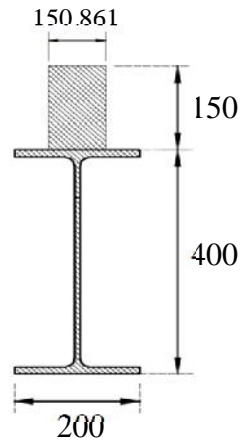
diambil yang terkecil, Maka $b_e = 1283.9 \text{ mm}$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{1283.9}{8.511} = 150.861 \text{ mm}$$

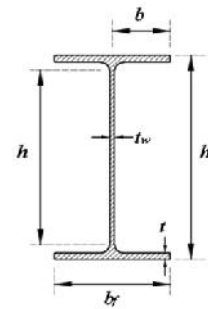
- Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.31 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned} h &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\ &= 400 - 13 - 2 \cdot 16 \\ &= 355 \text{ mm} \end{aligned}$$



Tekuk Lokal Flens

$$\begin{aligned} \frac{b}{t} &< 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{100}{13} < 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &< r \\ 7.69 &< 10.97 \text{ Penampang Kompak!} \end{aligned}$$

Tekuk Lokal Web

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &< 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{355}{8} < 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &< r \\ 44.38 &< 108.54 \text{ Penampang Kompak!} \end{aligned}$$

Periksa Terhadap Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 45 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &= 2306,63 \text{ mm} \rightarrow 2,307 \text{ m}\end{aligned}$$

- Pembatas Panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left[\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E} \right)^2 \right]}$$

- Konstanta torsi

$$\begin{aligned}J &= \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot b \cdot t_f^3 + h \cdot t_w^3 \right] \\ &= \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot 200 \cdot 13^3 + 400 \cdot 8^3 \right] \\ &= 361200 \text{ mm}^4 \quad \text{Sumber: LRFD, Agus Setiawan}\end{aligned}$$

h_o = jarak antar titik-titik berat sayap

$$= 387 \text{ mm} \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 51-52})$$

$c = 1$ (untuk profil I simetris ganda)

- Radius Girasi Efektif

$$\begin{aligned}r_{ts}^2 &= \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{17400000 \cdot 387}{2 \cdot 1190000} \\ r_{ts}^2 &= 2829,3 = r_{ts} = 53,191 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Maka, } L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \cdot 53,19 \cdot \frac{200000}{0,7 \cdot 240}$$

$$\sqrt{\frac{361200 \cdot 1}{1190000 \cdot 387} + \sqrt{\left[\frac{361200 \cdot 1}{1190000 \cdot 387}\right]^2 + 6,76 \cdot \left[\frac{0,7 \cdot 240}{200000}\right]^2}}$$

$$= 123480,095 \cdot \sqrt{0,000784 + \sqrt{0,000000615 + 0,000004770}}$$

$$= 123480,095 \cdot \sqrt{0,000784 + \sqrt{0,000005385}}$$

$$= 123480,095 \cdot \sqrt{0,000784 + 0,00232}$$

$$= 123480,095 \cdot \sqrt{0,00310}$$

$$= 6880,484 \text{ mm} \rightarrow 6,88 \text{ m}$$

Maka:

$$L > L_p < L_r$$

7.4379 > 2.307 > 6.88 tidak aman terhadap tekuk torsi lateral

- $L > L_r$

maka panjang bentang tidak memenuhi pembatasan panjang tidak di breis secara lateral (L_r) untuk memenuhi kondisi batas tekuk torsi lateral

- $L > L_p$

maka panjang bentang tidak memenuhi pembatasan panjang komponen struktur utama tidak di breis secara lateral (L_p). Jadi balok baja diberi pengaku pada bagian tengah bentang agar memenuhi kondisi batas sebagai berikut:

Maka jarak antara pengaku lateral adalah:

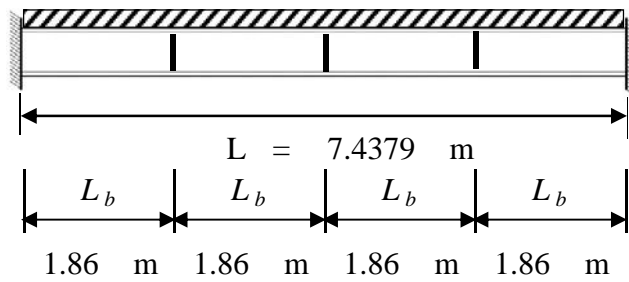
$$L_b = \frac{L}{4} = \frac{7,4379}{4} = 1,86 \text{ m}$$

Maka:

$$L_b < L_p$$

$$1.86 < 2.307 \dots\dots \text{Ok!}$$

Maka diberi pengaku lateral dengan jarak 1.86 m



Gambar 4.32 jarak bentang yang di beri pengaku lateral

- **Kuat Lentur Nominal (Momen Negatif/ Interior No. 86)**

Analisa dari ETABS

$$\begin{aligned} M_u &= 7948.37 \text{ kg}\cdot\text{m} \\ &= 7948370 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 12336.51 \text{ kg} \\ &= 123365.1 \text{ N} \end{aligned}$$

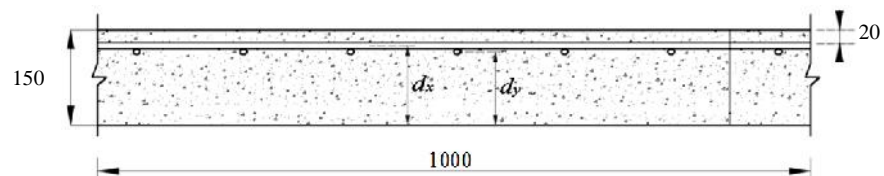
Menghitung kuat tarik tulangan tumpuan pada pelat

$$M_{t_x} = M_{11} = 1201.58 \text{ kg}\cdot\text{m} = 12015800 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_{t_y} = M_{22} = 1472.57 \text{ kg}\cdot\text{m} = 14725700 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_c' = 25 \text{ MPa} \quad f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$



Gambar 4.33 Letak tulangan pada pelat

diameter tulangan (\emptyset) = 10 mm

Tebal selimut beton (p) = 20 mm

$$\begin{aligned}d_x &= t_p - p - \frac{1}{2} \cdot \emptyset \\ &= 150 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 125.00 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y &= t_p - p - 1 \frac{1}{2} \cdot \emptyset \\ &= 150 - 20 - 1 \frac{1}{2} \cdot 10 = 115.00 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kuat nominal tulangan tarik arah x

$$M_{ntx} = \frac{M_{tx}}{0.9} = \frac{12015800}{0.9} = 13350888.89 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}A_s &= \frac{0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d}{f_y} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_n}{0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d}} \\ &= \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 125.00}{240} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13350888.89}{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 125.00^2}} \\ &= 454.36 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Batasan luasan tulangan tarik minimum

$$\begin{aligned}A_{s \min} &= 0.002 \cdot b \cdot t_p \\ &= 0.002 \cdot 1000 \cdot 150 \\ &= 300 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$1 = 0.85 < f_c' = 25 \text{ MPa}$$

Batasan luasan tulangan tarik maksimum

$$\begin{aligned}A_{s \max} &= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot f_c' \cdot 1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \cdot d \\ &= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 0.85}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} \cdot 240 \cdot 125.00 \\ &= 1209.5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka:

$$A_{s \min} < A_s < A_{s \max}$$

$$300 < 454.36 < 1209.5$$

Maka digunakan tulangan $A_s = 454.36 \text{ mm}^2$

Direncanakan tulangan = $\emptyset 10$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \cdot \emptyset^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \cdot 10^2 = 78.6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan

$$s = \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78.6 \cdot 1000}{454.36} = 172.93 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{A_{st} \cdot b}{s} = \frac{78.6 \cdot 1000}{150.00} \\ &= 523.8 \text{ mm} > 454.4 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan pelat $\emptyset 10 - 150$

Jumlah tulangan tarik dalam lebar efektif Beton (b_e)

$$= \frac{1283.93}{150} = 8.56 \text{ buah} \approx 9 \text{ buah}$$

Maka luas tulangan tarik dalam lebar efektif

$$\begin{aligned} A_{sr} &= A_{st} \cdot 9 \\ &= 78.6 \cdot 9 = 707.1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum dari profil baja

$$\begin{aligned}C_{smax} &= A_s \cdot f_y \\ &= 8410.0 \cdot 240 \\ &= 2018400.0 \text{ N}\end{aligned}$$

Tahanan tarik nominal tulangan

$$\begin{aligned}T_{sr} &= A_{sr} \cdot f_y \\ &= 707.1 \cdot 240 \\ &= 169714.3 \text{ N}\end{aligned}$$

Karena gaya tarik beton diabaikan, maka garis netral plastis berada di profil baja

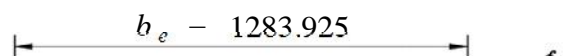
Maka kesetimbangan gaya dapat di hitung sebagai berikut

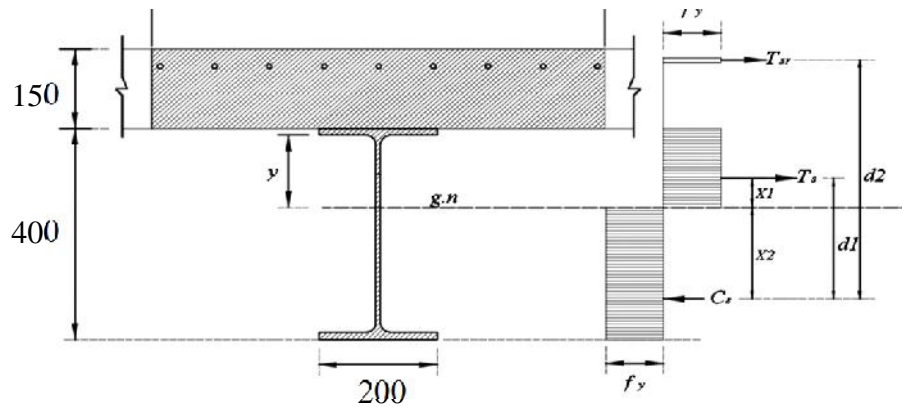
$$\begin{aligned}T_{sr} + T_s &= C_{smax} - T_s \\ 2 T_s &= C_{smax} - T_{sr} \\ 2 T_s &= 2018400.0 - 169714.3 \\ 2 T_s &= 1848685.7 \\ T_s &= \frac{1848685.7}{2} = 924342.9 \text{ N}\end{aligned}$$

Asumsikan sumbu netral jatuh di flens baja

$$\begin{aligned}\frac{T_s}{f_y \cdot b_f} &= \frac{924343}{240 \cdot 200} \\ &= 19.25714 \text{ mm} < t_f = 13 \text{ mm}\end{aligned}$$

maka garis netral jatuh di web baja


$$b_e - 1283.925$$



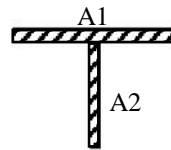
Gambar 4.34 Diagram tegangan plastis daerah momen negatif

Gaya tarik Pada Baja

Mencari Luasan T_s

$$\begin{aligned} A_1 &= b_f \cdot t_f \\ &= 200 \cdot 13 \\ &= 2600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= y \cdot t_w \\ &= y \cdot 8 \\ &= 8 y \end{aligned}$$



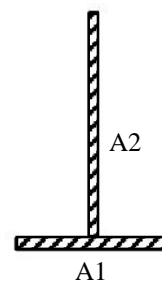
$$\begin{aligned} A_s &= A_1 + A_2 \\ &= 2600 + 8 y \\ &= 8 y + 2600 \end{aligned}$$

Gaya tekan Pada Baja

Mencari luasan C_s

$$\begin{aligned} A_1 &= b_f \cdot t_f \\ &= 200 \cdot 13 \\ &= 2600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_2 = (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w$$



$$A_s' = A_1 + A_2$$

$$\begin{aligned}
&= (400 - 2 \cdot 13 - y) \cdot 8 &= 2600 + 2992 - 8 y \\
&= (374 - y) \cdot 8 &= 5592 - 8 y \\
&= 2992 - 8 y
\end{aligned}$$

$$C_s = T_{sr} + T_s$$

$$(5592 - 8 y) \cdot 240 = 169714.3 + ((8 y + 2600) \cdot 240)$$

$$1342080 - 1920 y = 169714.3 + 1920 y + 624000$$

$$1342080 - 1920 y = 793714.3 + 1920 y$$

$$1342080 - 793714.3 = 1920 y + 1920 y$$

$$548365.7 = 3840 y$$

$$y = \frac{548365.7}{3840} = 142.80 \text{ mm}$$

Maka gaya tarik baja T_s

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$= (8 \cdot y + 2600) \cdot f_y$$

$$= (8 \cdot 142.80 + 2600) \cdot 240$$

$$= 898182.9 \text{ N}$$

Maka gaya tekan baja C_s

$$C_s = A_s' \cdot f_y$$

$$= (5592 - 8 y) \cdot f_y$$

$$= (5592 - 8 \cdot 142.80) \cdot 240$$

$$= 1067897 \text{ N}$$

Kontrol: $C_s = T_s + T_{sr}$

$$1067897 = 898182.9 + 169714.3$$

$$1067897 = 1067897 \text{ Ok!}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

→ T_s

$$\begin{aligned} A_2 &= y \cdot t_w \\ &= 142.80 \cdot 8 \\ &= 1142.43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= A_1 + A_2 \\ &= 2600 + 1142.43 \\ &= 3742.43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y1 &= y + \frac{1}{2} \cdot t_f \\ &= 142.80 + \frac{1}{2} \cdot 13 \\ &= 149.30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y2 &= \frac{1}{2} \cdot y \\ &= \frac{1}{2} \cdot 142.80 \\ &= 71.40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka titik berat } C_s &= \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2} \\ &= \frac{(2600 \cdot 149.30) + (1142.43 \cdot 71.40)}{2600 + 1142.43} \end{aligned}$$

$$X1 = 125.52 \text{ mm}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

→ C_s

$$\begin{aligned} A2 &= (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w \\ &= (400 - 2 \cdot 13 - 142.80) \cdot 8 \\ &= 1849.6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y1 &= d - t_f - y - (\frac{1}{2} \cdot t_f) \\ &= 400 - 13 - 142.80 - (\frac{1}{2} \cdot 13) \\ &= 237.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y2 &= \frac{1}{2} \cdot (d - (2 \cdot t_f) - y) \\ &= \frac{1}{2} \cdot (400 - (2 \cdot 13) - 142.80) \\ &= 115.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka titik berat } T_s &= \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2} \\ &= \frac{(2600 \cdot 237.70) + (1849.6 \cdot 115.6)}{2600 + 1849.6} \end{aligned}$$

$$X2 = 186.94 \text{ mm}$$

- Mencari kuat lentur nominal

$$\begin{aligned} d1 &= X1 + X2 \\ &= 125.52 + 186.94 \\ &= 312.47 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= X2 + y + t_f + d_x \\ &= 186.94 + 142.80 + 13 + 125 \\ &= 467.75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka kuat nominal terhadap tarik adalah

$$\begin{aligned} M_n &= T_s \cdot d1 + T_{sr} \cdot d2 \\ &= 898182.9 \cdot 312.47 + 169714.3 \cdot 467.75 \\ &= 360035240 \text{ N} \end{aligned}$$

- **Kuat Lentur Rencana**

$$\begin{aligned} {}_b M_n &= 0.9 \cdot 360035240.20 \\ &= 324031716.18 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

$$M_n > M_u$$

$$324031716.18 > 7948370.00 \quad \dots\dots \text{ Ok!}$$

- **Kuat Lentur Nominal (Momen Positif/ Interior No. 86)**

Analisa dari ETABS

$$M_u = 16729.66 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$= 167296600 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$V_u = 181.98 \text{ kg}$$

$$= 1819.8 \text{ N}$$

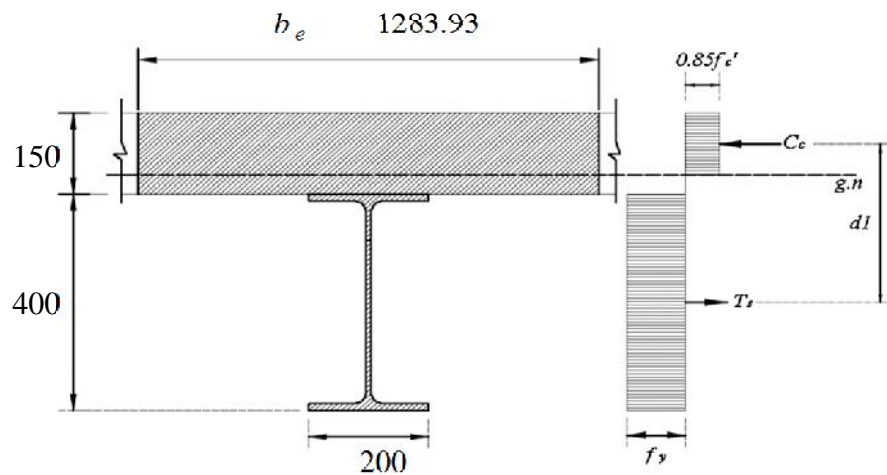
Mencari letak garis netral plastis, Sehingga tinggi blok tegangan tekan pada pelat beton adalah

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e} = \frac{8410.0 \cdot 240}{0.85 \cdot 15 \cdot 1283.93}$$

$$= 123.3 < t_s$$

$$a < t_s$$

123.3 < 150 Maka garis netral jatuh di Pelat



Gambar 4.35 Diagram tegangan plastis daerah momen positif

- Nilai Tekan pada Beton

- Nilai Tekan pada Baja

$$\begin{aligned}
C_c &= 0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_e & T_s &= A_s \cdot f_y \\
&= 0.85 \cdot 25 \cdot a \cdot 1283.9 & &= 8410.0 \cdot 240 \\
&= 27283.41 \text{ a N} & &= 2018400 \text{ N}
\end{aligned}$$

Maka keseimbangan gayanya:

$$\begin{aligned}
C_c &= T_s & C_c &= 27283.41 \text{ a} \\
27283.41 \text{ a} &= 2018400 & &= 27283.41 \cdot 73.98 \\
a &= \frac{2018400}{27283.41} & &= 2018400 \text{ N} \\
&= 73.98 \text{ mm}
\end{aligned}$$

kontrol:

$$\begin{aligned}
C_c &= T_s \\
2018400 &= 2018400 \quad \dots\dots\dots \text{Ok!}
\end{aligned}$$

Maka Kuat Lentur nominal

$$\begin{aligned}
M_n &= T \cdot d_l = A_s \cdot f_y \cdot \left[\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right] \\
&= 8410.0 \cdot 240 \cdot \left[\frac{400}{2} + 150 - \frac{73.98}{2} \right] \\
&= 631780360.32 \text{ N}\cdot\text{mm}
\end{aligned}$$

Kuat Lentur Rencana

$$\begin{aligned}
b \cdot M_n &= 0.9 \cdot 631780360.32 \\
&= 568602324.28 \text{ N}\cdot\text{mm}
\end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
M_n &> M_u \\
568602324.28 &> 167296600.0 \quad \dots\dots\dots \text{Ok!}
\end{aligned}$$

- **Kuat Lentur Nominal (Momen Positif/ Eksterior No. 85)**

Analisa dari ETABS

$$M_u = 14230.72 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$= 142307200 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$V_u = 4418.26 \text{ kg}$$

$$= 44182.6 \text{ N}$$

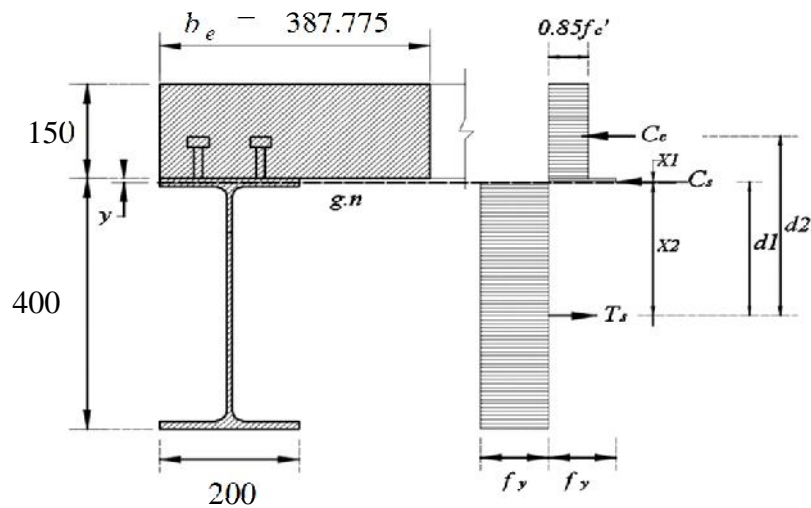
Mencari letak garis netral plastis, Sehingga tinggi blok tegangan tekan pada pelat beton adalah

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e} = \frac{8410.0 \cdot 240}{0.85 \cdot 25 \cdot 387.78}$$

$$= 244.94 < t_s$$

$$a < t_s$$

244.94 > 150 Maka garis netral jatuh di Profil Baja



Gambar 4.36 Diagram tegangan plastis daerah momen positif

Gaya tekan Pada Beton

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0.85 \cdot f'_c \cdot t_s \cdot b_E \\
 &= 0.85 \cdot 25 \cdot 150 \cdot 387.8 \\
 &= 1236032.81 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan Pada Baja

Mencari Luasan C_s

$$\begin{aligned}
 A_1 &= b_f \cdot y \\
 &= 200 \cdot y \\
 &= 200 \text{ y mm}^2
 \end{aligned}$$



Maka gaya tekan baja C_s

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot f_y \\
 &= 200 \text{ y} \cdot f_y \\
 &= 200 \text{ y} \cdot 240 \\
 &= 48000 \text{ y}
 \end{aligned}$$

Gaya tarik Pada Baja

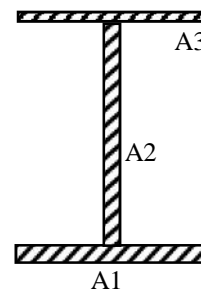
Mencari luasan T_s

$$\begin{aligned}
 A_1 &= b_f \cdot t_f \\
 &= 200 \cdot 13 \\
 &= 2600 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\
 &= (400 - 2 \cdot 13) \cdot 8 \\
 &= 374 \cdot 8 \\
 &= 2992 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_3 &= b_f \cdot t_f - y \\
 &= 200 \cdot 13 - y \\
 &= 2600 - 200 \text{ y mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_s' = A_1 + A_2 + A_3$$



$$\begin{aligned}
&= 2600 + 2992 + 2600 - 200 y \\
&= 8192 - 200 y \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Maka gaya tarik baja T_s

$$\begin{aligned}
T_s &= A_s \cdot f_y \\
&= 8192 - 200 y \cdot 240 \\
&= 1966080 - 48000 y
\end{aligned}$$

$$T_s = C_c + C_s$$

$$1966080 - 48000 y = 1236032.8 + 48000 y$$

$$1966080 - 1236032.8 = 48000 y + 48000 y$$

$$730047.2 = 96000 y$$

$$y = \frac{730047.2}{96000} = 7.60 \text{ mm}$$

Maka

$$\begin{array}{ll}
C_s = 48000 y & T_s = 1966080 - 48000 y \\
= 48000 \cdot 7.60 & = 1966080 - 48000 \cdot 7.60 \\
= 365023.594 \text{ N} & = 1601056.41 \text{ N}
\end{array}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
T_s &= C_c + C_s \\
1601056 &= 1236032.8 + 365023.6 \\
1601056 &= 1601056 \dots\dots\dots \text{Ok!}
\end{aligned}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

→ C_s

$$\begin{aligned} A_1 &= t_f \cdot y & Y1 &= \frac{1}{2} \cdot y \\ &= 13 \cdot 7.60 & &= \frac{1}{2} \cdot 7.60 \\ &= 98.86 \text{ mm}^2 & &= 3.80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka titik berat $C_s = Y1 = X1 = 3.80 \text{ mm}$

Mencari titik berat terhadap garis netral

→ T_s

$$\begin{aligned} A_3 &= b_f \cdot t_f - y & Y1 &= d - (\frac{1}{2} \cdot t_f) - y \\ &= 200 \cdot (13 - 7.60) & &= 400 - (\frac{1}{2} \cdot 13) - 7.60 \\ &= 1079.1 \text{ mm}^2 & &= 385.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y2 &= \frac{1}{2} \cdot d - (2 \cdot t_f) & Y3 &= \frac{1}{2} \cdot t_f - y \\ &= \frac{1}{2} \cdot 400 - (2 \cdot 13) & &= \frac{1}{2} \cdot (13 - 7.60) \\ &= 174.00 \text{ mm} & &= 2.698 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka titik berat T_s

$$\begin{aligned} X2 &= \frac{A1 \cdot Y1 + A2 \cdot Y2 + A3 \cdot Y3}{A1 + A2 + A3} \\ &= \frac{(2600 \cdot 385.90) + (2992 \cdot 174.0) + (1079.1 \cdot 2.698)}{2600 + 2992 + 1079.1} \\ &= 228.88 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Mencari kuat lentur nominal

$$\begin{aligned}
 d1 &= X1 + X2 \\
 &= 3.80 + 228.88 \\
 &= 232.68 \text{ mm} \\
 d2 &= X2 + y + \frac{1}{2} \cdot t_s \\
 &= 228.88 + 7.60 + \frac{1}{2} \cdot 150 \\
 &= 311.48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka kuat nominal terhadap tarik adalah

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c \cdot d2 + C_s \cdot d1 \\
 &= 1236032.81 \cdot 311.48 + 365023.6 \cdot 232.68 \\
 &= 469933254 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kuat Lentur Rencana

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot M_n &= 0.9 \cdot 469933254.23 \\
 &= 422939928.81 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$M_n > M_u$$

$$422939928.81 > 142307200.00 \text{ Ok!}$$

Penghubung Geser

- Gunakan *Stud Connector* 1/2" x 5 cm.
- Gaya geser maksimum pada daerah momen positif adalah yang terkecil dari :
 - Kehancuran beton

$$\begin{aligned}
 V_h &= 0.85 \cdot f'_c \cdot b_e \cdot t_s \\
 &= 0.85 \cdot 25 \cdot 3877.8 \cdot 150 \\
 &= 12360328.1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Leleh tarik dari penampang baja

$$\begin{aligned}
 V_h &= f_y \cdot A_s \\
 &= 240 \cdot 8410 \\
 &= 2018400 \text{ N}
 \end{aligned}$$

diambil nilai terkecil, Maka digunakan $V_h = 2018400 \text{ N}$

- Diameter maksimum stud yang diijinkan:

$$2.5 \cdot t_f = 2.5 \cdot 13 = 33 \text{ mm} > \frac{1}{2}'' = 12.7 \text{ mm}$$

- Luas Penampang Melintang satu buah *Stud Connector*:

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot 12.7^2}{4} = 126.73 \text{ mm}^2$$

- Kuat geser satu buah *Stud Connector*:

$$\begin{aligned}
 Q_n &= 0.5 \cdot A_{sc} \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \\
 &= 0.5 \cdot 126.73 \sqrt{25 \cdot 23500} \leq 126.73 \cdot 370 \\
 &= 48568 \text{ N} > 46889 \text{ N} \\
 Q_n &= 48568 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Persyaratan antar penghubung geser

$$\text{Jarak Minimum Longitudinal} = 6d = 6 \times 12.7 = 76.2 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Maksimum Longitudinal} = 8t = 8 \times 150 = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak transversal} = 4d = 4 \times 12.7 = 50.8 \text{ mm}$$

- Jumlah *Stud* yang diperlukan

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{2018400}{48567.53} = 41.559 \approx 42 \text{ buah}$$

- Gunakan minimum 42 stud untuk ½ bentang balok, atau 84 buah untuk keseluruhan bentang. Jika satu buah *Stud* di pasang setiap penampang melintang, maka jarak antar Stud adalah:

$$s = \frac{7437.9}{84 / 2} = 177.1 \text{ mm} < 1200 \text{ mm (Jarak Stud maksimum)}$$

Maka jarak yang digunakan 177.1 mm

Menghitung Kuat geser Penampang

- Luas badan Web

$$\begin{aligned} A_w &= d - 2 t_f \cdot t_w \\ &= 400 - 2 \cdot 13 \cdot 8 \\ &= 2992.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat geser Penampang

$$\begin{aligned} C_V &= \text{Koefisien geser badan} = 1.0 \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 73}) \\ V_n &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_V \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 2992.0 \cdot 1.0 \\ &= 430848.00 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat Nominal geser Penampang

$$\begin{aligned} V_n &= 0.90 \cdot 430848.00 \\ &= 387763.20 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$V_n > V_u$$

$$387763.200 > 123365.100 \quad \text{Ok}$$

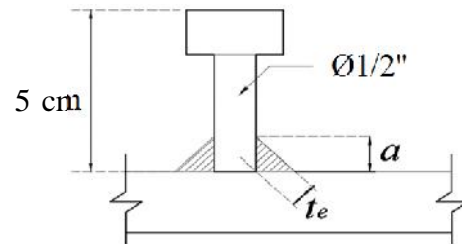
- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

electrode E7014 (f_{uw}) = 50.6 kg/mm² = 506 N/mm²

tebal efektif las $a = 8$ mm

tebal efektif Las

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 8 \\ &= 5.656 \text{ mm} \end{aligned}$$



Kuat Nominal las persatuan panjang las fillet :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &= 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \times f_{uw}) \\ &= 0.75 \cdot 5.656 \cdot (0.6 \times 506) \\ &= 1287.9 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang keliling konektor (K) :

$$\begin{aligned} K &= \cdot d \\ &= \cdot 12.7 \\ &= 39.91 \text{ mm} \end{aligned}$$

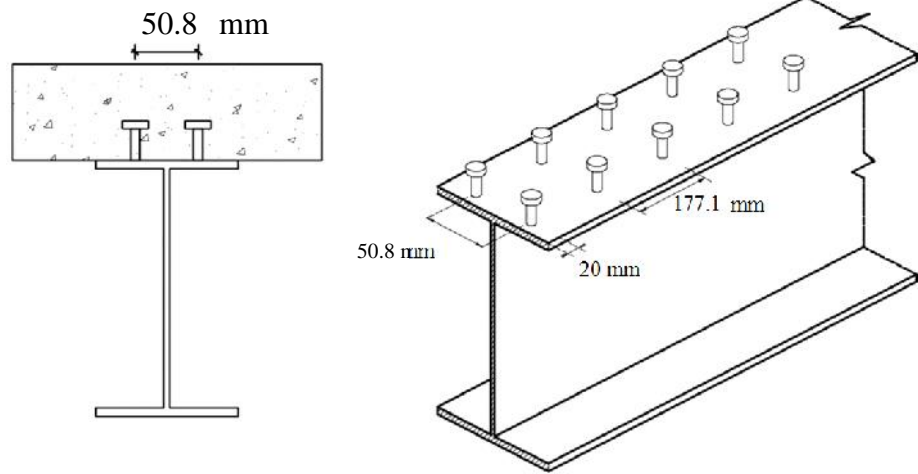
Kuat Las konektor

$$\cdot R_u = \frac{Q_n}{K} = \frac{48568}{39.9} = 1216.796 \text{ N/mm}$$

Syarat :

$$\cdot R_{nw} > R_u$$

$$1287.871 \text{ N} > 1216.796 \text{ N} \quad \text{OK!}$$



Gambar 4.37 Letak stud pada profil baja

4.10 Perhitungan Lendutan Balok

Lendutan diambil pada bentang terpanjang dengan momen terbesar

Balok No. 203 (Atap)

	WF 450 x 200 x 9 x 14		
	d	= 450 mm	$I_x = 33500 \text{ cm}^4$
	b_f	= 200 mm	$I_y = 1870 \text{ cm}^4$
	t_w	= 9 mm	$i_x = 18.6 \text{ cm}$
	t_f	= 14 mm	$i_y = 4.4 \text{ cm}$
	r_o	= 18 mm	$S_x = 1490 \text{ cm}^3$
	A	= 96.80 cm^2	$S_y = 187 \text{ cm}^3$
	Berat	= 76.0 kg/m	$Z_x = 1621.5 \text{ cm}^3$
			$Z_y = 288.5 \text{ cm}^3$

Material baja = BJ 37 ; $f_u = 370 \text{ MPa}$
 ; $f_y = 240 \text{ MPa}$

Mutu pelat beton (f'_c) = 25 MPa

Tebal pelat beton = 15 cm

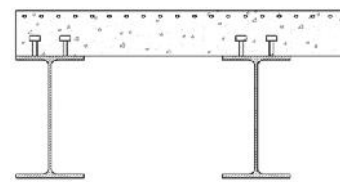
Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa

Modulus Elastisitas beton = $4700\sqrt{f'_c} = 23500 \text{ MPa}$



$$L = 7.2528 \text{ m}$$

(a)



$$b_0 = 2.4176 \text{ m}$$

(b)

Gambar 4.38 (a) Panjang bentang profil dan (b) jarak b_0

- **Lebar Efektif balok komposit**

Panjang Balok (L) = 7252.8 mm

- Untuk balok Interior

$$b_e = \frac{L}{8} + \frac{b_f}{2} = \frac{7252.8}{8} + \frac{200}{2} = 1006.6 \text{ mm}$$

$$b_o = 2.4176 = 2417.6 \text{ mm}$$

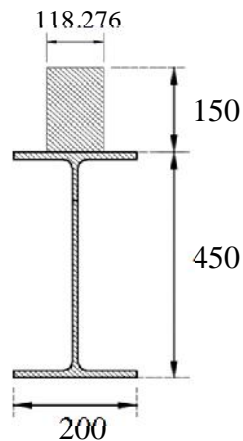
diambil yang terkecil, Maka $b_e = 1006.6 \text{ mm}$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{1006.6}{8.511} = 118.276 \text{ mm}$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.39 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja

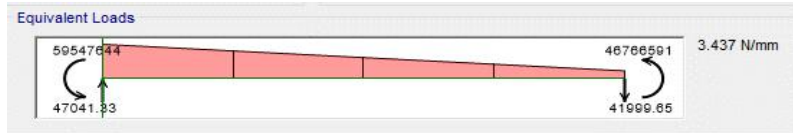
- **Kontrol Lendutan**

Menghitung beban terfaktor pada balok

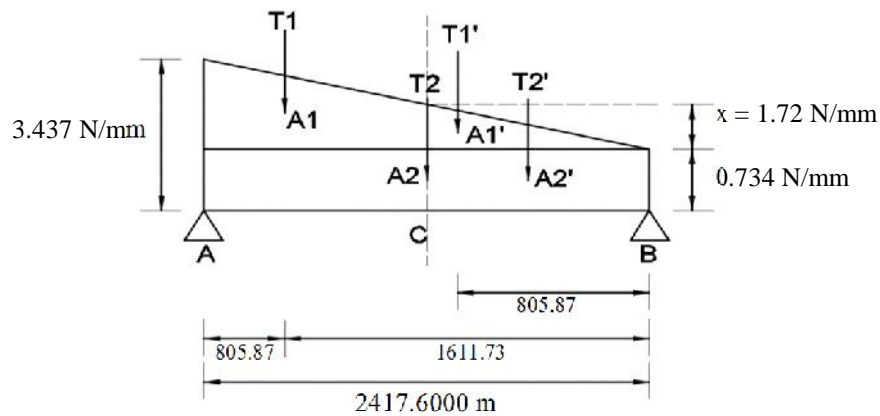
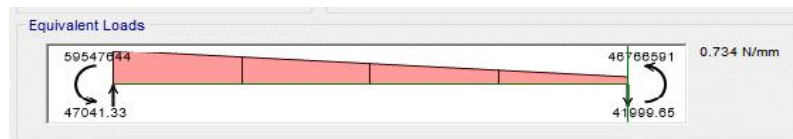
BALOK 201

Beban Mati Merata BALOK 201

Sisi kiri



Sisi kanan



$$\begin{aligned} \text{Luas A1} &= \frac{1}{2} \cdot (3.44 - 0.73) \cdot 2417.60 \\ &= 3267.39 \end{aligned}$$

$$\text{Luas A1}' = \frac{1}{2} \cdot 1208.80 \cdot 1.72 = 1038.661$$

$$\text{Luas A2} = 0.7340 \cdot 2417.60 = 1774.52$$

$$\text{Luas A2}' = 0.7340 \cdot 1208.80 = 887.26$$

$$\frac{3.437}{2417.600} = \frac{x}{1208.800}$$

$$2417.600 x = 4154.6456$$

$$x = 1.7185$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$\begin{aligned} & (R_A \cdot 2417.6 - 3267.4 \cdot 1611.7 - 1774.5 \cdot 1208.8) \\ & 2417.60 R_A - 5266155.6 - 2145037.8 \\ & 2417.60 R_A - 7411193.4 = 0 \end{aligned}$$

$$R_A = \frac{7411193.42}{2417.6} = 3065.52$$

$$M_A = 0$$

$$\begin{aligned} & (R_B \cdot 2417.60 - 1774.52 \cdot 1208.80 - 3267.39 \cdot 805.867) \\ & 2417.60 R_B - 2145038 - 2633078 \\ & 2417.60 R_B - 4778116 = 0 \end{aligned}$$

$$R_B = \frac{4778115.63}{2417.6} = 1976.39$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} R_A + R_B &= \text{Luas A1} + \text{Luas A2} \\ 3065.52 + 1976.39 &= 3267.39 + 1774.52 \\ 5041.90 &= 5041.90 \dots\dots\dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_c &= R_B \cdot \frac{1}{2} L - A1' \cdot 402.933 - A2' \cdot 604.400 \\ &= 1976.39 \cdot 1208.8 - 1038.661 \cdot 402.93 - 887.26 \cdot 604.40 \\ &= 1434287.05 \end{aligned}$$

$$M_x = \frac{1}{2} \cdot h \cdot L^2 = \frac{1}{2} \cdot h \cdot 2417.6^2 = 730598.7 h$$

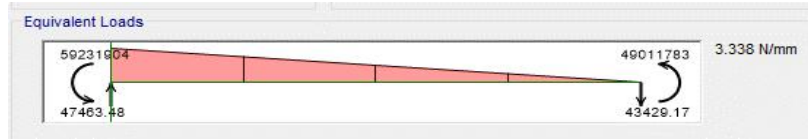
$$h \rightarrow 730598.720 h = 1434287.05$$

$$h = 1.963 \text{ N/mm}$$

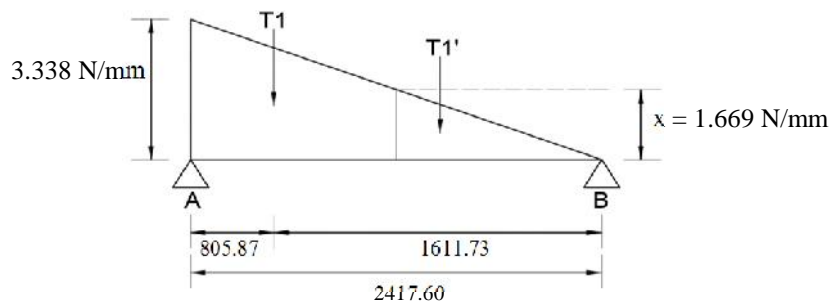
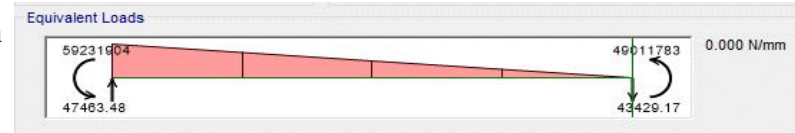
$$q_{\text{ekivalen}} (\text{DL}) = 1.963 \text{ N/mm}$$

Beban Hidup Merata BALOK 201

Sisi kiri



Sisi kanan



$$\text{Luas } T1 = \frac{1}{2} \cdot 2417.60 \cdot 3.34 = 4034.97$$

$$\text{Luas } T1' = \frac{1}{2} \cdot 1208.80 \cdot 1.669 = 1008.744$$

$$\frac{3.338}{2417.600} = \frac{x}{1208.800}$$

$$2417.600 x = 4034.9744$$

$$x = 1.669$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 2417.60 - 4034.97 \cdot 1611.73$$

$$2417.60 - 6503302.74$$

$$2417.60 - 6503302.74 = 0$$

$$R_A = \frac{6503302.74}{2417.6} = 2689.98 \text{ N}$$

$$M_A = 0$$

$$(R_B \cdot 2417.60) - (4035.0 \cdot 805.87)$$

$$2417.60 R_B - 3251651.37 = 0$$

$$2417.60 R_B - 3251651.37$$

$$R_B = \frac{3251651.37}{2417.6} = 1344.99$$

Kontrol:

$$R_A + R_B = A_1$$

$$2689.98 + 1344.99 = 4034.97$$

$$4034.97 = 4034.97 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$M_c = R_B \cdot \frac{1}{2} L - A_1' \cdot 805.87$$

$$= 1344.99 \cdot 1208.8 - 1008.744 \cdot 805.9$$

$$= 812912.84$$

$$M_x = \frac{1}{2} \cdot h \cdot L^2 = \frac{1}{2} \cdot h \cdot 2417.6^2 = 730598.72 h$$

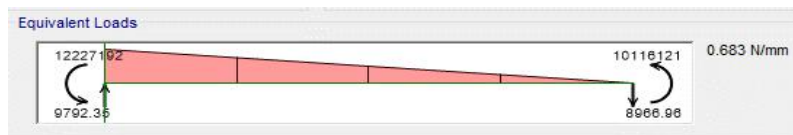
$$h \rightarrow 730598.720 h = 812912.84$$

$$h = 1.113 \text{ N/mm}$$

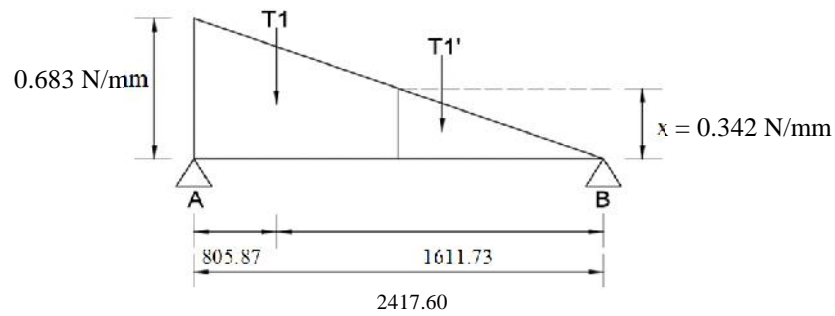
$$q_{\text{ekivalen}} (\text{LL}) = 1.113 \text{ N/mm}$$

Beban Air Hujan Merata BALOK 201

Sisi kiri



Sisi kanan = 0 N/mm



$$\text{Luas } T1 = \frac{1}{2} \cdot 2417.60 \cdot 0.683 = 825.61$$

$$\text{Luas } T1' = \frac{1}{2} \cdot 1208.80 \cdot 0.342 = 206.403$$

$$\frac{0.683}{2417.600} = \frac{x}{1208.800}$$

$$2417.600 x = 825.6104$$

$$x = 0.342$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 2417.60) - (825.61 \cdot 1611.73) = 0$$

$$2417.6 R_A - 1330663.80 = 0$$

$$R_A = \frac{1330663.80}{2417.6} = 550.41 \text{ N}$$

$$M_A = 0$$

$$(R_B \cdot 2417.60) - (825.61 \cdot 805.867) = 0$$

$$2417.60 R_B - 665331.90$$

$$R_B = \frac{665331.90}{2417.6} = 275.20$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 RA + RB &= \text{Luas T1} \\
 550.41 + 275.20 &= 825.61 \\
 825.61 &= 825.61 \dots\dots\dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= RB \cdot \frac{1}{2} L - A1' \cdot x \cdot 805.867 \\
 &= 275.20 \cdot 1208.8 - 206.403 \cdot 805.9 \\
 &= 166332.98
 \end{aligned}$$

$$M_x = \cdot h \cdot L^2 = \cdot h \cdot 2417.6 h^2 = 730598.7 h$$

$$h \rightarrow 730598.720 h = 166332.98$$

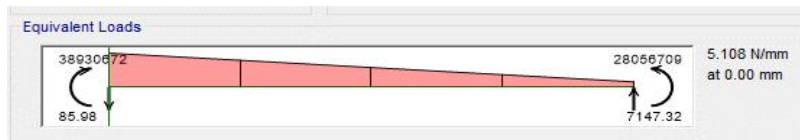
$$h = 0.228 \text{ N/mm}$$

$$q_{\text{ekivalen}} (\text{RL}) = 0.228 \text{ N/mm}$$

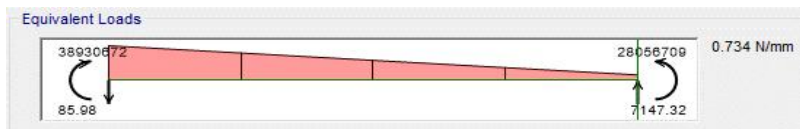
BALOK 202

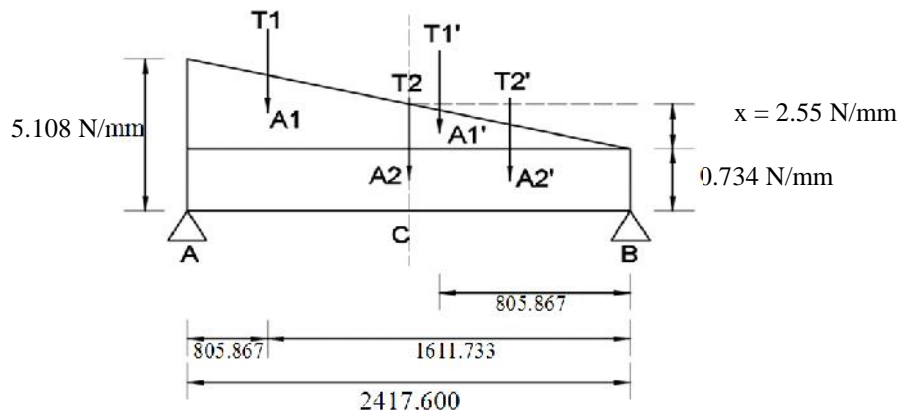
Beban Mati Merata BALOK 202

Sisi kiri



Sisi kanan





$$\begin{aligned} \text{Luas A1} &= \frac{1}{2} \cdot (5.11 - 0.73) \cdot 2417.6000 \\ &= 5287.29 \end{aligned}$$

$$\text{Luas A1}' = \frac{1}{2} \cdot 1208.80 \cdot 2.55 = 1543.638$$

$$\text{Luas A2} = 0.7340 \cdot 2417.60 = 1774.52$$

$$\text{Luas A2}' = 0.7340 \cdot 1208.80 = 887.26$$

$$\frac{5.108}{2417.600} = \frac{x}{1208.800}$$

$$2417.600 x = 6174.5504$$

$$x = 2.554$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 2417.60) - (5287.3 \cdot 1611.73) - (1774.5 \cdot 1208.80)$$

$$2417.60 R_A - 8521703.47 - 2145037.84$$

$$2417.60 R_A - 10666741.31 = 0$$

$$R_A = \frac{10666741.31}{2417.6} = 4412.12$$

$$M_A = 0$$

$$(R_B \cdot 2417.60) - (1774.5 \cdot 1208.80) - (5287.3 \cdot 805.87)$$

$$2417.6 R_B - 2145038 - 4260852$$

$$2417.6 R_B - 6405890 = 0$$

$$R_B = \frac{6405889.58}{2417.6} = 2649.69$$

Kontrol:

$$R_A + R_B = \text{Luas A1} + \text{Luas A2}$$

$$4412.12 + 2649.69 = 5287.29 + 1774.52$$

$$7061.81 = 7061.81 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$M_c = R_B \cdot \frac{1}{2}L - A1' \cdot x \cdot 402.93 - A2' \cdot x \cdot 604.40$$

$$= 2649.69 \cdot 1208.8 - 1543.638 \cdot 402.9 - 887.3 \cdot 604.4$$

$$= 2044702.28$$

$$M_x = \dots \cdot h \cdot L^2 = \dots \cdot h \cdot 2417.6 h^2 = 730598.7 h$$

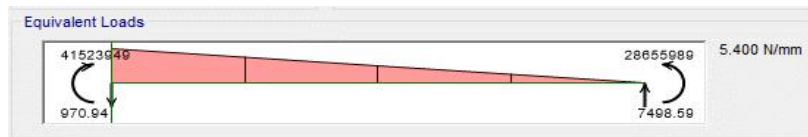
$$h \rightarrow 730598.720 h = 2044702.28$$

$$h = 2.799 \text{ N/mm}$$

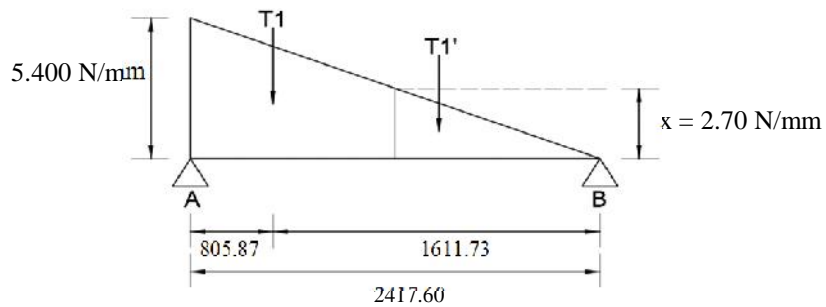
$$q_{\text{ekivalen}} (\text{DL}) = 2.799 \text{ N/mm}$$

Beban Hidup Merata BALOK 202

Sisi kiri



$$\text{Sisi kanan} = 0 \text{ N/mm}$$



$$\text{Luas } T1 = \frac{1}{2} \cdot (2417.60 \cdot 5.40) = 6527.52$$

$$\text{Luas } T1' = \frac{1}{2} \cdot (1208.80 \cdot 2.700) = 1631.880$$

$$\frac{5.400}{2417.600} = \frac{x}{1208.800}$$

$$2417.600 x = 6527.52$$

$$x = 2.700$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 2417.60) - (6527.5 \cdot 1611.73) = 0$$

$$2417.6 R_A - 10520621.57 = 0$$

$$R_A = \frac{10520621.57}{2417.6} = 4351.68 \text{ N}$$

$$M_A = 0$$

$$(R_B \cdot 2417.60) - (6527.5 \cdot 805.867) = 0$$

$$2417.60 R_B - 5260310.78 = 0$$

$$2417.60 R_B - 5260310.78 = 0$$

$$R_B = \frac{5260310.78}{2417.6} = 2175.84$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 R_A + R_B &= A1 \\
 4351.68 + 2175.84 &= 6527.52 \\
 6527.52 &= 6527.52 \dots\dots\dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= R_B \cdot \frac{1}{2} L - A1' \cdot x \cdot 805.87 \\
 &= 2175.84 \cdot 1208.8 - 1631.880 \cdot 805.87 \\
 &= 1315077.70
 \end{aligned}$$

$$M_x = \dots \cdot h \cdot L^2 = \dots \cdot h \cdot 2417.60^2 = 730599 h$$

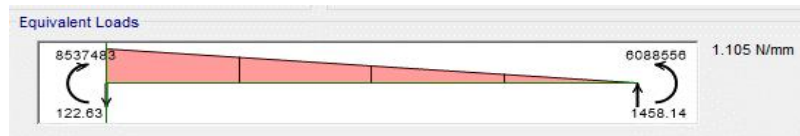
$$h \rightarrow 730598.720 h = 1315077.70$$

$$h = 1.800 \text{ N/mm}$$

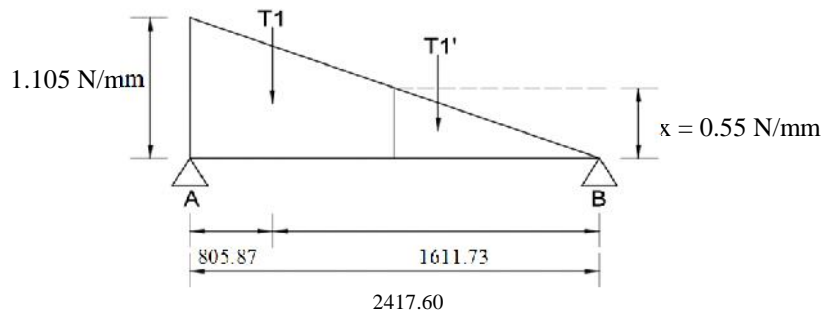
$$q_{\text{ekivalen}} (\text{LL}) = 1.800 \text{ N/mm}$$

Beban Air Hujan Merata BALOK 202

Sisi kiri



Sisi kanan = 0 kg/m



$$\text{Luas T1} = \frac{1}{2} \cdot (2417.60 \cdot 1.11) = 1335.72$$

$$\text{Luas T1}' = \frac{1}{2} \cdot (1208.80 \cdot 0.553) = 333.931$$

$$\frac{1.105}{2417.600} = \frac{x}{1208.800}$$

$$2417.600 x = 1335.724$$

$$x = 0.553$$

Menghitung Reaksi di A

$$\text{MB} = 0$$

$$(R_A \cdot 2417.60) - (1335.7 \cdot 1611.73)$$

$$2417.60 R_A - 2152830.89$$

$$2417.60 R_A - 2152830.89 = 0$$

$$R_A = \frac{2152830.89}{2417.6} = 890.48$$

$$\text{MA} = 0$$

$$(R_B \cdot 2417.60) - (1335.7 \cdot 805.87)$$

$$2417.6 R_B - 1076415.45 = 0$$

$$R_B = \frac{1076415.45}{2417.6} = 445.24$$

Kontrol:

$$R_A + R_B = \text{Luas T1}$$

$$890.48 + 445.24 = 1335.72$$

$$1335.72 = 1335.72 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= R_B \cdot \frac{1}{2} L - A1' \cdot 805.867 \\
 &= 445.24 \cdot 1208.8000 - 333.931 \cdot 805.867 \\
 &= 269103.86
 \end{aligned}$$

$$M_x = \dots \cdot h \cdot L^2 = \dots \cdot h \cdot 2417.60^2 = 730598.720 h$$

$$h \rightarrow 730598.720 h = 269103.86$$

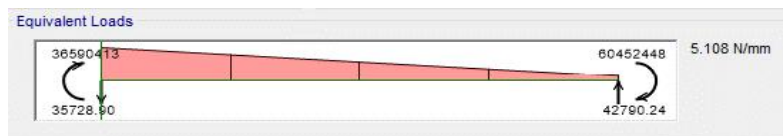
$$h = 0.368 \text{ N/mm}$$

$$q_{\text{ekivalen}} \text{ (RL)} = 0.368 \text{ N/mm}$$

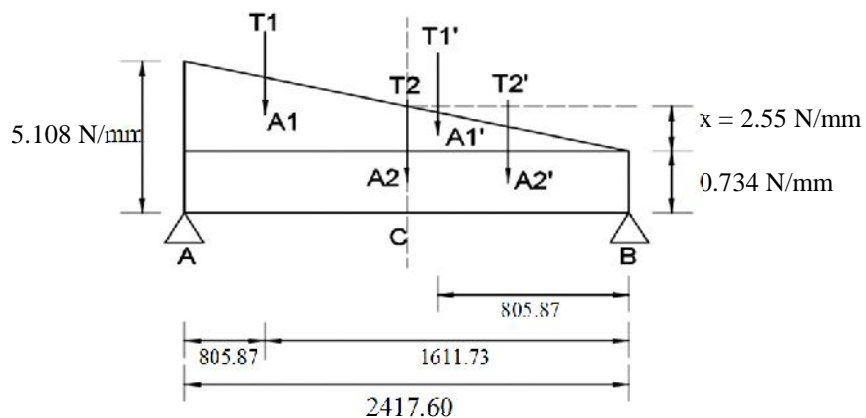
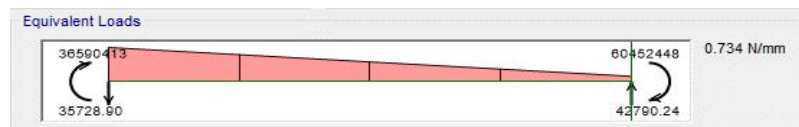
BALOK 203

Beban Mati Merata BALOK 203

Sisi kiri



Sisi kanan



$$\begin{aligned} \text{Luas A1} &= \frac{1}{2} \cdot (5.11 - 0.73) \cdot 2417.60 \\ &= 5287.29 \end{aligned}$$

$$\text{Luas A1}' = \frac{1}{2} \cdot 1208.80 \cdot 2.55 = 1543.638$$

$$\text{Luas A2} = 0.7340 \cdot 2417.60 = 1774.52$$

$$\text{Luas A2}' = 0.7340 \cdot 1208.80 = 887.26$$

$$\frac{5.108}{2417.600} = \frac{x}{1208.800}$$

$$2417.600 x = 6174.5504$$

$$x = 2.554$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 2417.6) - (5287.3 \cdot 1611.7) - (1774.5 \cdot 1208.8)$$

$$2417.6 R_A - 8521703.47 - 2145037.84$$

$$2417.6 R_A - 10666741.31 = 0$$

$$R_A = \frac{10666741.31}{2417.6} = 4412.12$$

$$M_A = 0$$

$$(R_B \cdot 2417.60) - (1774.5 \cdot 1208.80) - (5287.3 \cdot 805.87)$$

$$2417.6 R_B - 2145037.84 - 4260851.74$$

$$2417.6 R_B - 6405889.58 = 0$$

$$R_B = \frac{6405889.58}{2417.6} = 2649.69$$

Kontrol:

$$R_A + R_B = \text{Luas A1} + \text{Luas A2}$$

$$4412.12 + 2649.69 = 5287.29 + 1774.52$$

$$7061.81 = 7061.81 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= RB \cdot \frac{1}{2} L - A1' \cdot x \cdot 402.93 - A2' \cdot x \cdot 604.40 \\
 &= 2649.69 \cdot 1208.8 - 1543.638 \cdot 402.93 - 887.26 \cdot 604.40 \\
 &= 2044702.28
 \end{aligned}$$

$$M_x = \dots \cdot h \cdot L^2 = \dots \cdot h \cdot 2417.60^2 = 730598.720 h$$

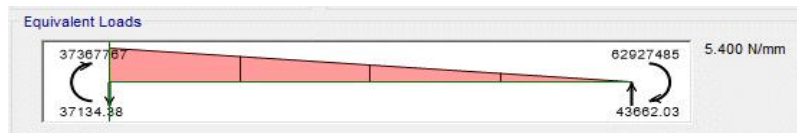
$$h \rightarrow 730598.720 h = 2044702.28$$

$$h = 2.799 \text{ N/mm}$$

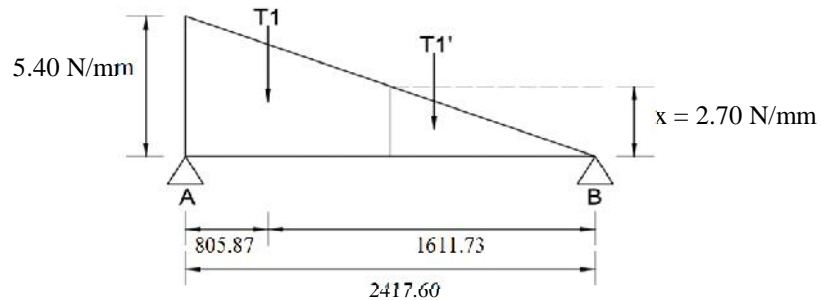
$$q_{\text{ekivalen}} (\text{DL}) = 2.799 \text{ N/mm}$$

Beban Hidup Merata BALOK 203

Sisi kiri



Sisi kanan = 0 N/mm



$$\text{Luas } T1 = \frac{1}{2} \cdot (2417.60 \cdot 5.40) = 6527.52$$

$$\text{Luas } T1' = \frac{1}{2} \cdot (1208.80 \cdot 2.700) = 1631.880$$

$$\frac{5.400}{2417.600} = \frac{x}{1208.800}$$

$$2417.600 x = 6527.52$$

$$x = 2.700$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 2417.60) - (6527.5 \cdot 1611.73) = 0$$

$$2417.60 R_A - 10520621.57 = 0$$

$$R_A = \frac{10520621.57}{2417.6} = 4351.68$$

$$M_A = 0$$

$$(R_B \cdot 2417.6) - (6527.5 \cdot 805.867) = 0$$

$$2417.6 R_B - 5260310.78$$

$$R_B = \frac{5260310.78}{2417.6} = 2175.84$$

Kontrol:

$$R_A + R_B = A_1$$

$$4351.68 + 2175.84 = 6527.52$$

$$6527.52 = 6527.52 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$M_c = R_B \cdot \frac{1}{2}L - A_1' \cdot x \cdot 805.867$$

$$= 2175.84 \cdot 1208.8 - 1631.880 \cdot 805.867$$

$$= 1315077.70$$

$$M_x = \dots \cdot h \cdot L^2 = \dots \cdot h \cdot 2417.60^2 = 730598.7 \text{ h}$$

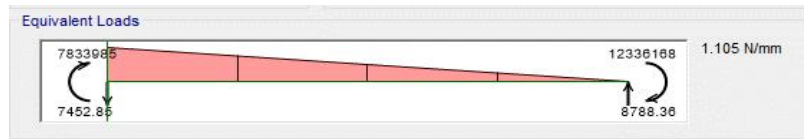
$$h \rightarrow 730598.720 \text{ h} = 1315077.70$$

$$h = 1.80 \text{ N/mm}$$

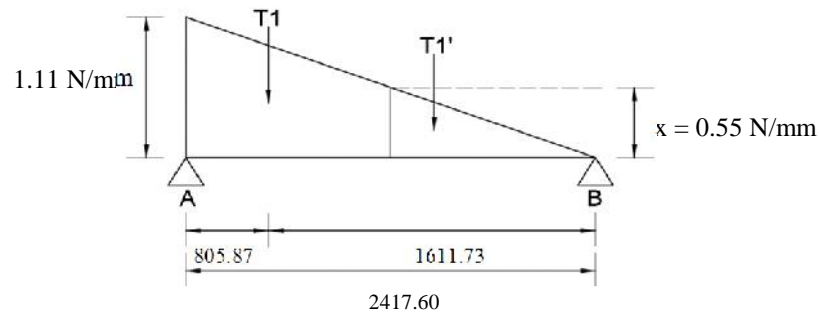
$$q_{\text{ekivalen}}(\text{LL}) = 1.80 \text{ N/mm}$$

Beban Air Hujan Merata BALOK 203

Sisi kiri



Sisi kanan = 0 N/mm



$$\text{Luas } T1 = \frac{1}{2} \cdot (2417.60 \cdot 1.11) = 1335.72$$

$$\text{Luas } T1' = \frac{1}{2} \cdot (1208.80 \cdot 0.553) = 333.931$$

$$\frac{1.105}{2417.600} = \frac{x}{1208.800}$$

$$2417.600 x = 1335.724$$

$$x = 0.553$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 2417.60) - (1335.7 \cdot 1611.73) = 0$$

$$2417.60 R_A - 2152830.89 = 0$$

$$R_A = \frac{2152830.89}{2417.6} = 890.48$$

$$M_A = 0$$

$$(R_B \cdot 2417.60) - (1335.7 \cdot 805.867) = 0$$

$$2417.6 RB - 1076415.45 = 0$$

$$RB = \frac{1076415.45}{2417.6} = 445.24$$

Kontrol:

$$RA + RB = \text{Luas T1}$$

$$890.48 + 445.24 = 1335.72$$

$$1335.72 = 1335.72 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$Mc = RB \cdot \frac{1}{2}L - A1' \cdot x \cdot 805.9$$

$$= 445.24 \cdot 1208.8 - 333.931 \cdot 805.9$$

$$= 269103.86$$

$$Mx = \cdot h \cdot L^2 = \cdot h \cdot 2417.60^2 = 730598.7 \text{ h}$$

$$h \rightarrow 730598.720 \text{ h} = 269103.86$$

$$h = 0.37 \text{ N/mm}$$

$$q_{\text{ekivalen}}(\text{RL}) = 0.37 \text{ N/mm}$$

Beban Terfaktor

Balok 201

$$L = 1.2 \cdot DL + 1.6 \cdot LL + 0.5 \cdot RL$$

$$= 1.2 \cdot 1.963 + 1.6 \cdot 1.113 + 0.5 \cdot 0.228$$

$$= 4.25 \text{ N/mm}$$

Balok 202

$$L = 1.2 \cdot DL + 1.6 \cdot LL + 0.5 \cdot RL$$

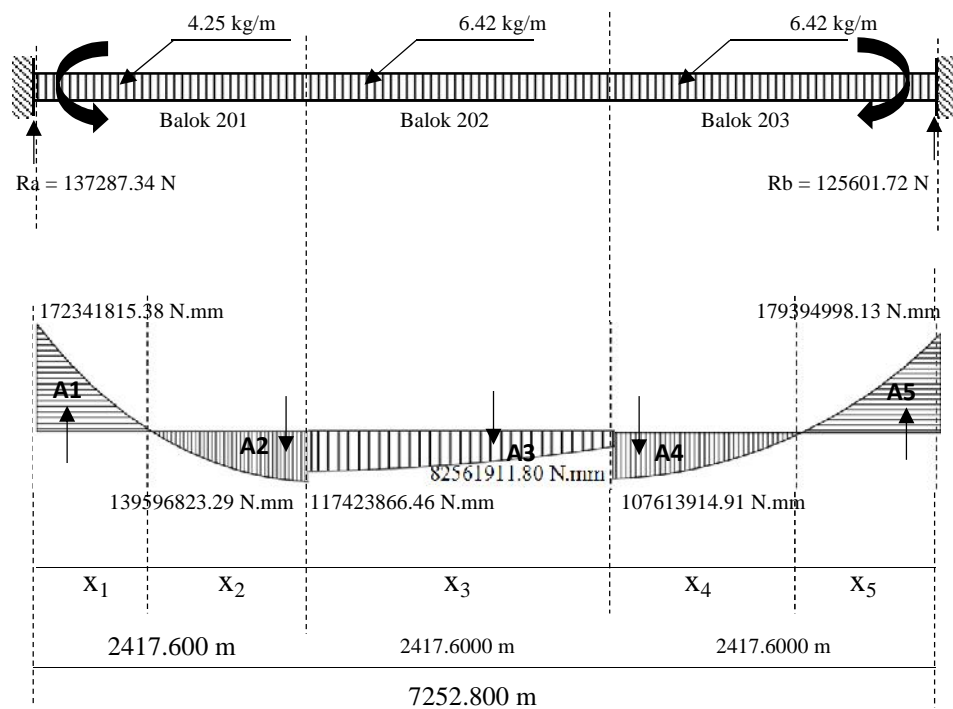
$$= 1.2 \cdot 2.799 + 1.6 \cdot 1.800 + 0.5 \cdot 0.368$$

$$= 6.42 \text{ N/mm}$$

Balok 203

$$\begin{aligned}
 L &= 1.2 \cdot DL + 1.6 \cdot LL + 0.5 \cdot RL \\
 &= 1.2 \cdot 2.799 + 1.6 \cdot 1.800 + 0.5 \cdot 0.368 \\
 &= 6.42 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Lendutan dihitung menggunakan metode Momen Area



Balok 201

$$\begin{aligned}
 M_0 &= R_a \cdot x_1 - q \cdot x_1 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot x_1\right) + M_a \\
 &= 137287.340 \cdot x_1 - 4.25 \cdot x_1 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot x_1\right) + -172341815.38 \\
 &= 137287.340 x_1 - \frac{1}{2} \cdot 4.25 x_1^2 + -172341815.38 \\
 &= 137287.340 x_1 - 2.12 x_1^2 + -172341815.38 \\
 &= \underbrace{2.12 x_1^2}_a - \underbrace{137287.34 x_1}_b + \underbrace{-172341815.38}_c
 \end{aligned}$$

Mencari nilai x_1 dan x_2

$$\begin{aligned}
 x_{ab} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\
 &= \frac{-(-137287.34) \pm \sqrt{(-137287.34)^2 - 4 \cdot 2.12 \cdot 172341815.38}}{2 \cdot 2.12} \\
 &= \frac{137287.34 \pm \sqrt{18847813724.2756 + -1464870962}}{4.2499} \\
 &= \frac{137287.34 \pm \sqrt{17382942761.9087}}{4.2499} \\
 &= \frac{137287.34 \pm 131844.388}{4.2499}
 \end{aligned}$$

$$x_a = \frac{137287.3 - 131844.4}{4.2499} = 1280.7 \text{ mm} \quad \text{memenuhi}$$

$$x_b = \frac{137287.3 + 131844.4}{4.2499} = 63326.6 \text{ mm} \quad \text{tidak memenuhi}$$

Maka nilai $x_1 = x_a = 1280.7 \text{ m}$

dan nilai $x_2 = 2417.6 - 1280.7 = 1136.9 \text{ m}$

Balok 203

Mencari nilai x_4 dan x_5

$$M_B = Rb \cdot x_5 - q \cdot x_5 \cdot (\frac{1}{2} \cdot x_5)$$

$$179394998.1 = 125601.7 \cdot x_5 - 6.42 \cdot x_5 \cdot (\frac{1}{2} \cdot x_5)$$

$$179394998.1 = 125601.7 x_5 - \frac{1}{2} \cdot 6.42 x_5^2$$

$$179394998.1 = 125601.7 x_5 - 3.21 x_5^2$$

$$3.21 x_5^2 - 125601.72 x_5 + 179394998.1$$

a

b

c

Mencari nilai x_1

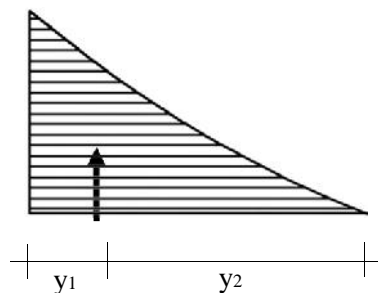
$$\begin{aligned}
 x_{ab} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\
 &= \frac{-(-125601.72) \pm \sqrt{125601.7^2 - 4 \cdot 3.21 \cdot 179394998.13}}{2 \cdot 3.21} \\
 &= \frac{125601.72 \pm \sqrt{15775792066.9584 - 2304352670}}{6.42256667} \\
 &= \frac{125601.72 \pm \sqrt{13471439396.6}}{6.42256667} \\
 &= \frac{125601.72 \pm 116066.530}{6.422567} \\
 x_a &= \frac{125601.7 - 116066.5}{6.422567} = 1484.6 \text{ mm} \quad \text{memenuhi} \\
 x_b &= \frac{125601.7 + 116066.5}{6.422567} = 37628.0 \text{ mm} \quad \text{tidak memenuhi}
 \end{aligned}$$

Maka nilai $x_5 = x_b = 1484.639 \text{ m}$

dan nilai $x_4 = 2417.60 - 1484.64 = 932.96 \text{ m}$

Menentukan Luasan A1

Luasan A1



$$R_a = 137287.34 \text{ N} \quad q = 4.25 \text{ N/mm}$$

$$x_1 = 1280.72 \text{ mm} \quad M_A = -172341815 \text{ N.mm}$$

$$A_1 = \int f(MX) dx$$

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \int_{1280.7246}^{0.00} Ra \cdot x^1 - \frac{1}{2} qx^2 + M_A \cdot x^0 dx \\
 &= \left[\frac{1}{1+1} Ra \cdot x^{1+1} - \frac{1/2}{2+1} qx^{2+1} + \frac{1}{0+1} M_A \cdot x^{0+1} \right]_{1280.7246}^{0.00} \\
 &= \left[\frac{1}{2} Ra x^2 - \frac{1}{6} qx^3 + \frac{1}{1} M_A \cdot x^1 \right]_{1280.7246}^{0.00} \\
 &= \left[\frac{1}{2} Ra x^2 - \frac{1}{6} qx^3 + M_A \cdot x^1 \right]_{1280.7246}^{0.00} \\
 &= \left[\frac{1}{2} \times 137287.34 \times (0.00)^2 - \frac{1}{6} \times 4.250 \times (0.00)^3 \right. \\
 &\quad \left. + (-172341815.380) \times (0.00)^1 \right] - \left[\frac{1}{2} \times 137287.34 \times (1280.7246)^2 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{6} \times 4.25 \times (1280.7246)^3 + (-172341815.38) \times (1280.7246)^1 \right] \\
 &= 0.00 - -109617217086.889 \\
 &= 109617217086.89 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menentukan titik berat A1 terhadap A

$$A_1 \cdot y_1 = \int x (MX)$$

$$\begin{aligned}
 &= \int_{1280.7246}^{0.00} Ra \cdot x^2 - \frac{1}{2} qx^3 + M_A \cdot x^1 dx \\
 &= \left[\frac{1}{2+1} Ra \cdot x^{2+1} - \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} + \frac{1}{1+1} M_A \cdot x^{1+1} \right]_{1280.7246}^{0.00} \\
 &= \left[\frac{1}{3} Ra x^3 - \frac{1}{8} qx^4 + \frac{1}{2} M_A \cdot x^2 \right]_{1280.7246}^{0.00}
 \end{aligned}$$

$$= \left[\frac{1}{3} \times 137287.34 \times (0.00)^3 - \frac{1}{8} \times 4.250 \times (0.00)^4 \right. \\ \left. - \frac{1}{2} \times -1.72E+08 \times (0.00)^2 \right] - \left[\frac{1}{3} \times 137287.34 \times (1280.7246)^3 \right. \\ \left. - \frac{1}{8} \times 4.25 \times 1280.7246^4 + \frac{1}{2} \times -172341815 \times 1280.7246^2 \right]$$

$$= 0.00 - (-46637682727706.10)$$

$$= 4.66377E+13$$

$$A_1 \cdot y_1 = 46637682727706.10$$

$$109617217086.89 \cdot y_1 = 46637682727706.10$$

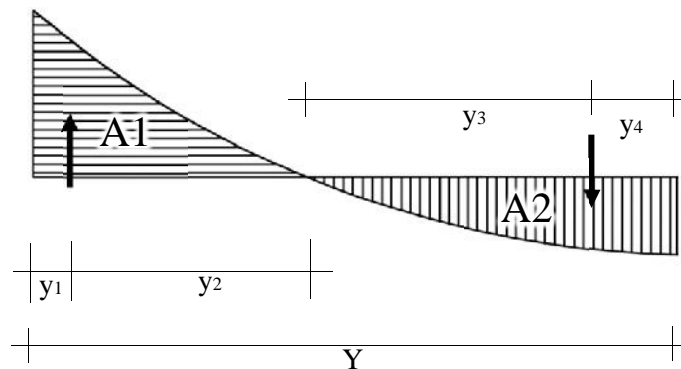
$$y_1 = 425.459 \text{ mm}$$

$$y_2 = X_1 - y_1$$

$$= 1280.725 - 425.4595$$

$$= 855.265 \text{ mm}$$

Menentukan Luasan A2



$$R_a = 137287.34 \text{ N} \quad q = 4.25 \text{ N/mm}$$

$$x_1 = 1280.72 \text{ mm} \quad M_A = -172341815.4 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
A_2 &= \int_{2417.6000}^{1280.7246} f(MX) dx \\
A_2 &= \int_{2417.6000}^{1280.7246} Ra \cdot x^1 - \frac{1}{2} qx^2 + M_A \\
&= \left[\frac{1}{1+1} Ra \cdot x^{1+1} - \frac{1/2}{2+1} qx^{2+1} + \frac{1}{0+1} M_A \cdot x^{0+1} \right]_{2417.6}^{1280.7} \\
&= \left[\frac{1}{2} Ra x^2 - \frac{1}{6} qx^3 + \frac{1}{1} M_A \cdot x \right]_{2417.6}^{1280.7} \\
&= \left[\frac{1}{2} Ra x^2 - \frac{1}{6} qx^3 + M_A \cdot x \right]_{2417.6}^{1280.7} \\
&= \left[\frac{1}{2} \times 137287.34 \times (1280.7)^2 - \frac{1}{6} \times 4.250 \times (1280.7)^3 \right. \\
&\quad \left. + -172341815 \times (1280.7)^1 \right] - \left[\frac{1}{2} \times 137287.34 \times (2417.60)^2 \right. \\
&\quad \left. - \frac{1}{6} \times 4.25 \times (2417.6)^3 + -172341815 \times (2417.60)^1 \right] \\
&= -109617217086.89 - -25454525489 \\
&= -84162691597 \text{ N}
\end{aligned}$$

Menentukan titik berat A2

$$\begin{aligned}
A_2 \cdot Y &= \int_{2417.6}^{1280.7} x (MX) \\
&= \int_{2417.6}^{1280.7} Ra \cdot x^2 - \frac{1}{2} qx^3 + M_A \cdot x \\
&= \left[\frac{1}{2+1} Ra \cdot x^{2+1} - \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} + \frac{1}{1+1} M_A \cdot x^{1+1} \right]_{2417.6}^{1280.7} \\
&= \left[\frac{1}{3} Ra x^3 - \frac{1}{8} qx^4 + \frac{1}{2} M_A \cdot x^2 \right]_{2417.6}^{1280.7}
\end{aligned}$$

$$= \left[\frac{1}{3} \times 137287.34 \times (1280.72)^3 - \frac{1}{8} \times 4.250 \times (1280.72)^4 + \frac{1}{2} \times -1.72E+08 \times (1280.72)^2 \right] - \left[\frac{1}{3} \times 137287.34 \times (2417.60)^3 - \frac{1}{8} \times 4.25 \times (2417.60)^4 + \frac{1}{2} \times -172341815 \times (2417.60)^2 \right]$$

$$= -4.66377E+13 - 1.24841E+14$$

$$= -1.71479E+14$$

$$A_2 \cdot Y = -171478954512150.00$$

$$-84162691597.41 \cdot Y = -171478954512150.00$$

$$Y = 2037.47 \text{ mm}$$

$$y_3 = Y - X_1$$

$$= 2037.470 - 1280.725$$

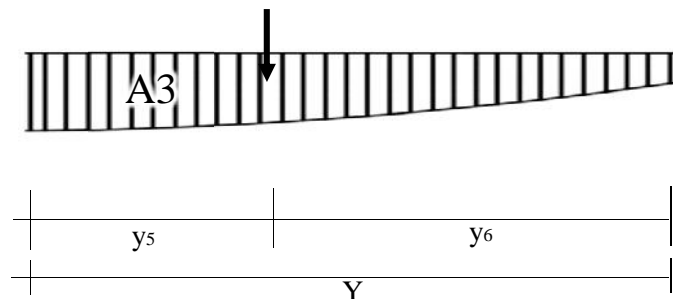
$$= 756.745 \text{ mm}$$

$$y_4 = X_2 - y_3$$

$$= 1136.875 - 756.745$$

$$= 380.130 \text{ mm}$$

Menentukan Luasan A3



$$R_a = 175.19 \text{ N} \quad q = 6.42 \text{ N/mm}$$

$$x_3 = 2417.60 \text{ mm} \quad M_A = 117423866.5 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
A_3 &= \int_{0.0}^{2417.6} f(MX) dx \\
&= \int_{0.0}^{2417.6} Ra \cdot x^1 - \frac{1}{2} qx^2 + M_A \cdot x^0 dx \\
&= \left[\frac{1}{1+1} Ra \cdot x^{1+1} - \frac{1/2}{2+1} qx^{2+1} + \frac{1}{0+1} M_A \cdot x^{0+1} \right]_{0.0}^{2417.6} \\
&= \left[\frac{1}{2} Ra x^2 - \frac{1}{6} qx^3 + \frac{1}{1} M_A \cdot x^1 \right]_{0.0}^{2417.6} \\
&= \left[\frac{1}{2} Ra x^2 - \frac{1}{6} qx^3 + M_A \cdot x^1 \right]_{0.0}^{2417.6} \\
&= \left[\frac{1}{2} \times 175.19 \times (0.0000)^2 - \frac{1}{6} \times 6.423 \times (0.0000)^3 \right. \\
&\quad \left. + 117423866 \times (0.0000)^1 \right] - \left[\frac{1}{2} \times 175.19 \times (2417.6000)^2 \right. \\
&\quad \left. - \frac{1}{6} \times 6.42 \times (2417.6000)^3 + 117423866 \times (2417.6000)^1 \right] \\
&= 0.00 - 269270380072.690 \\
&= -269270380072.69 \text{ N}
\end{aligned}$$

Menentukan titik berat A3

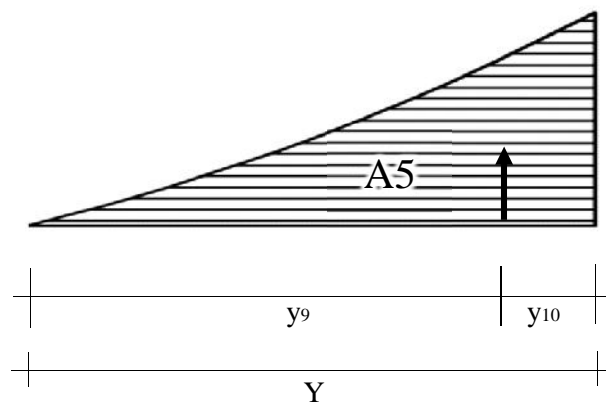
$$\begin{aligned}
A_3 \cdot y_5 &= \int_{0.0}^{2417.6} x \cdot f(MX) dx \\
&= \int_{0.0}^{2417.6} Ra \cdot x^2 - \frac{1}{2} qx^3 + M_A \cdot x^1 dx \\
&= \left[\frac{1}{2+1} Ra \cdot x^{2+1} - \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} + \frac{1}{1+1} M_A \cdot x^{1+1} \right]_{0.0}^{2417.6} \\
&= \left[\frac{1}{3} Ra x^3 - \frac{1}{8} qx^4 + \frac{1}{2} M_A \cdot x^2 \right]_{0.0}^{2417.6}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left[\frac{1}{3} \times 175.19 \times (0.00)^3 - \frac{1}{8} \times 6.423 \times (0.00)^4 \right. \\
&\quad \left. - \frac{1}{2} \times 117423866 \times (0.00)^2 \right] - \left[\frac{1}{3} \times 175.19 \times (2417.6000)^3 \right. \\
&\quad \left. - \frac{1}{8} \times 6.42 \times (2417.600)^4 + \frac{1}{2} \times 117423866.460 \times (2417.6)^2 \right] \\
&= 0.00 - 316558454314016.00 \\
&= -316558454314016.0 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_3 \cdot y_5 &= -316558454314016.00 \\
-269270380072.69 \cdot y_5 &= -316558454314016.00 \\
y_5 &= 1175.616 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
y_6 &= X_3 - y_5 \\
&= 2417.600 - 1175.616 \\
&= 1241.984 \text{ m}
\end{aligned}$$

Menentukan Luasan A5



$$\begin{aligned}
R_b &= 125601.72 \text{ N} & q &= 6.42 \text{ N/mm} \\
x_5 &= 1484.64 \text{ mm} & M_B &= -179394998.1 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_5 &= \int_{0.0}^{1484.6} f(MX) dx \\
A_5 &= \int_{0.0}^{1484.6} -Rb \cdot x^1 + \frac{1}{2} qx^2 - M_B \cdot x^0 dx \\
&= \left[\frac{-1}{1+1} Rb \cdot x^{1+1} + \frac{1/2}{2+1} qx^{2+1} - \frac{1}{0+1} M_B \cdot x^{0+1} \right]_{0.0}^{1484.6} \\
&= \left[\frac{-1}{2} Rb \cdot x^2 + \frac{1}{6} qx^3 - \frac{1}{1} M_B \cdot x^1 \right]_{0.0}^{1484.6} \\
&= \left[\frac{-1}{2} Rb \cdot x^2 + \frac{1}{6} qx^3 + M_B \cdot x^1 \right]_{0.0}^{1484.6} \\
&= \left[\frac{-1}{2} \times 125601.72 \times (1484.6)^2 + \frac{1}{6} \times 6.423 \times (1484.6)^3 \right. \\
&\quad \left. - \frac{-179394998}{2} \times (1484.6)^1 \right] - \left[\frac{-1}{2} \times 125601.72 \times (0.000)^2 \right. \\
&\quad \left. + \frac{1}{6} \times 6.42 \times (0.000)^3 - \frac{-179394998}{1} \times (0.000)^1 \right] \\
&= 131416946444.957 - 0 \\
&= 131416946444.957 \text{ N}
\end{aligned}$$

Menentukan titik berat A5

$$\begin{aligned}
A_5 \cdot y_{10} &= \int_{0.0}^{1484.6} x \cdot f(MX) dx \\
&= \int_{0.0}^{1484.6} -Ra \cdot x^2 + \frac{1}{2} qx^3 - M_B \cdot x^1 dx \\
&= \left[\frac{-1}{2+1} Ra \cdot x^{2+1} + \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} - \frac{1}{1+1} M_B \cdot x^{1+1} \right]_{0.0}^{1484.6} \\
&= \left[\frac{-1}{3} Ra \cdot x^3 + \frac{1}{8} qx^4 - \frac{1}{2} M_B \cdot x^2 \right]_{0.0}^{1484.6}
\end{aligned}$$

$$= \left[\frac{-1}{3} \times 125601.72 \times (1484.6)^3 + \frac{1}{8} \times 6.423 \times (1484.6)^4 - \frac{1}{2} \times -1.79E+08 \times (1484.6)^2 \right] - \left[\frac{-1}{3} \times 125601.72 \times (0.0000)^3 + \frac{1}{8} \times 6.42 \times (0.0000)^4 - \frac{1}{2} \times -179394998 \times (0.0000)^2 \right]$$

$$= 6.46022E+13 - 0$$

$$= 6.46022E+13$$

$$A_5 \cdot y_{10} = 64602184007914$$

$$131416946444.96 y_{10} = 64602184007914$$

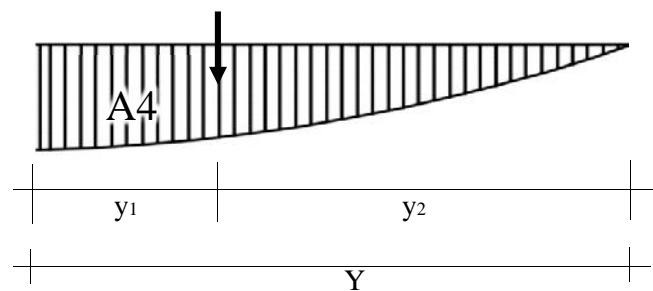
$$y_{10} = 491.58 \text{ mm}$$

$$y_9 = X_5 - y_{10}$$

$$= 1484.639 - 491.582$$

$$= 993.057 \text{ mm}$$

Menentukan Luasan A_4



$$R_b = 125601.72 \text{ N} \quad q = 6.42 \text{ N/mm}$$

$$x_5 = 1484.64 \text{ mm} \quad M_B = -179394998.1 \text{ N.mm}$$

$$A_4 = \int f(MX) dx$$

$$A_4 = \int_{1484.6}^{2417.6} -R_b \cdot x + \frac{1}{2} qx^2 - M_B dx$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{-1}{1+1} Rb \cdot x^{1+1} + \frac{1/2}{2+1} qx^{2+1} - \frac{1}{0+1} M_B \cdot x^{0+1} \left| \begin{array}{l} 2417.6 \\ 1484.6 \end{array} \right. \\
&= \frac{-1}{2} Rb \cdot x^2 + \frac{1}{6} qx^3 - \frac{1}{1} \cdot M_B \cdot x^1 \left| \begin{array}{l} 2417.6 \\ 1484.6 \end{array} \right. \\
&= \frac{-1}{2} Rb \cdot x^2 + \frac{1}{6} qx^3 + MB \cdot x^1 \left| \begin{array}{l} 2417.6000 \\ 1484.6385 \end{array} \right. \\
&= \left[\frac{-1}{2} \times 125601.72 \times (2417.6)^2 + \frac{1}{6} \times 6.423 \times (2417.6)^3 \right. \\
&\quad \left. - 179394998 \times (2417.6)^1 \right] - \left[\frac{-1}{2} \times 125601.72 \times (1484.639)^2 \right. \\
&\quad \left. + \frac{1}{6} \times 6.42 \times (1484.639)^3 - 179394998 \times (1484.639)^1 \right] \\
&= 81773057871.928 - 131416946444.957 \\
&= -49643888573 \text{ N}
\end{aligned}$$

Menentukan titik berat A4

$$A_4 \cdot Y = x (MX)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{2417.6}{1484.6} - Ra \cdot x^2 + \frac{1}{2} qx^3 - M_B^1 \\
&= \frac{-1}{2+1} Ra \cdot x^{2+1} + \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} - \frac{1}{1+1} M_B \cdot x^{1+1} \left| \begin{array}{l} 2417.6 \\ 1484.6 \end{array} \right. \\
&= \frac{-1}{3} Ra \cdot x^3 + \frac{1}{8} qx^4 - \frac{1}{2} M_B \cdot x^2 \left| \begin{array}{l} 2417.6 \\ 1484.6 \end{array} \right. \\
&= \left[\frac{-1}{3} \times 125601.72 \times (2417.6)^3 + \frac{1}{8} \times 6.423 \times (2417.6)^4 - \right.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \left[\frac{1}{2} \times -1.79\text{E}+08 \times (2417.6)^2 \right] - \left[\frac{-1}{3} \times 125601.72 \times (1484.6)^3 \right. \\ & \left. + \frac{1}{8} \times 6.42 \times (1484.6)^4 - \frac{1}{2} \times -179394998 \times (1484.6)^2 \right] \\ = & -3.99107\text{E}+13 - 6.46022\text{E}+13 \\ = & -1.04513\text{E}+14 \end{aligned}$$

$$A_4 \cdot Y = -104512871327068.00$$

$$-49643888573.03 Y = -104512871327068.00$$

$$Y = 2105.252 \text{ mm}$$

$$y_8 = Y - X_5$$

$$= 2105.252 - 1484.639$$

$$= 620.613 \text{ mm}$$

$$y_7 = X_4 - y_8$$

$$= 932.961 - 620.613$$

$$= 312.348 \text{ mm}$$

Maka diperoleh :

Jarak

$$A1 = 109617217086.889000000$$

$$N \quad y1 = 425.459 \text{ m}$$

$$A2 = -84162691597.407200000$$

$$N \quad y2 = 855.265 \text{ m}$$

$$A3 = -269270380072.690000000$$

$$N \quad y3 = 756.745 \text{ m}$$

$$A4 = -49643888573.029100000$$

$$N \quad y4 = 380.130 \text{ m}$$

$$A5 = 131416946444.957000000$$

$$N \quad y5 = 1175.616 \text{ m}$$

$$y6 = 1241.984 \text{ m}$$

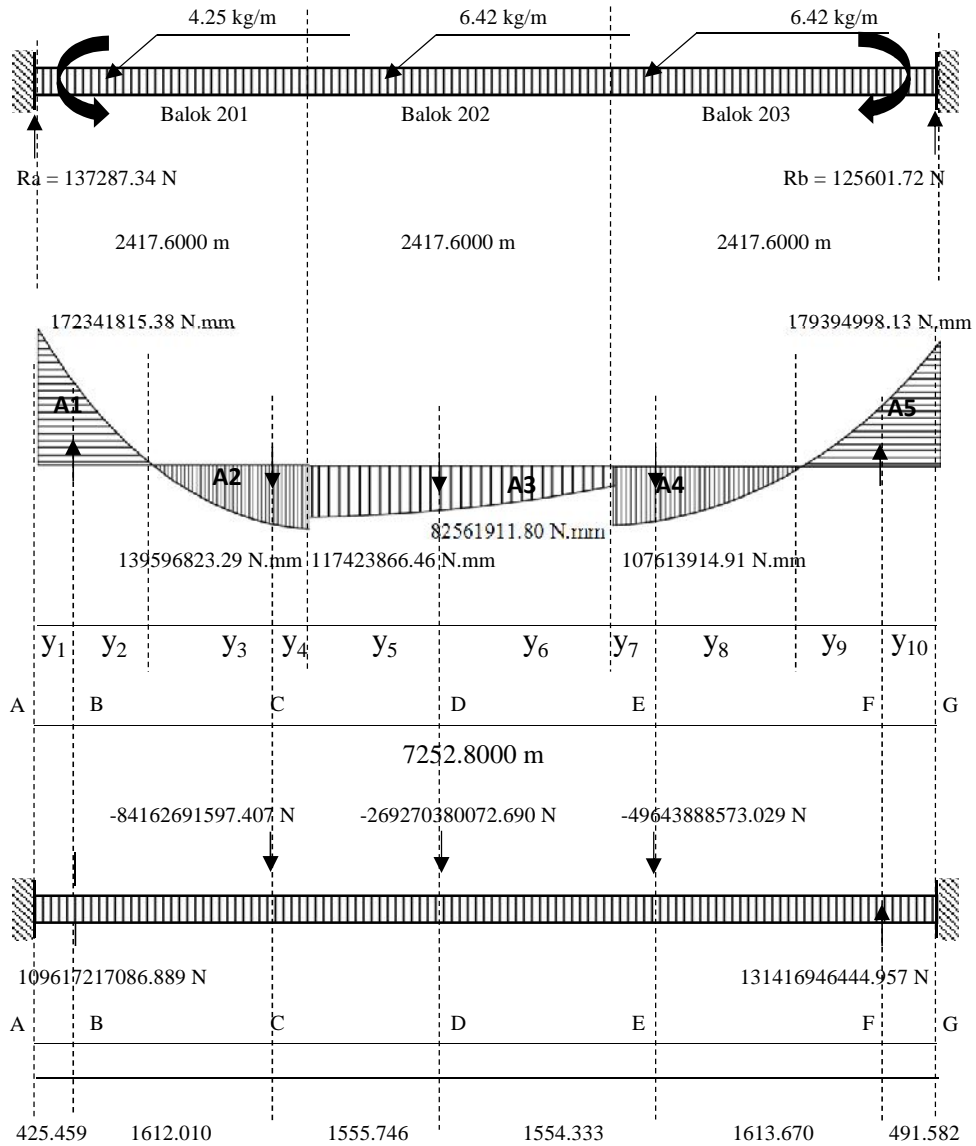
$$y7 = 312.348 \text{ m}$$

$$y8 = 620.613 \text{ m}$$

$$y9 = 993.057 \text{ m}$$

$$y10 = 491.582 \text{ m}$$

Lendutan dihitung menggunakan metode Momen Area



Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$\begin{aligned}
 & (R_A \cdot 7252.80) + (1.096E+11 \cdot 6827.3405) + (-8.4163E+10 \\
 & \cdot 5215.33) + (-2.69E+11 \cdot 3660) + (-4.96E+10 \cdot 2105) \\
 & + (1.31E+11 \cdot 491.5818) = 0
 \end{aligned}$$

$$7252.80 RA + 7.5E+14 + -4.4E+14 + -9.85E+14 + -1.05E+14 + 6.46E+13 = 0$$

$$7252.80 RA - 715870520478055.00 = 0$$

$$RA = \frac{715870520478055.00}{7252.8000} = 98702641804.276 \text{ N}$$

$$MA = 0$$

$$(RB \cdot 7252.80) + 1.314E+11 \cdot 6761.2182 + (-4.964E+10 \cdot 5147.55) + (-2.69E+11 \cdot 3593) + (-8.42E+10 \cdot 2037) + 1.10E+11 \cdot 425.4595 = 0$$

$$7252.80 RB + 8.9E+14 + -2.6E+14 + -9.68E+14 + -1.71E+14 + 4.66E+13 = 0$$

$$7252.80 RB - 459393475509524.00 = 0$$

$$RB = \frac{459393475509524.00}{7252.8000} = 63340154907.005 \text{ N}$$

Menghitung momen maksimal :

$$M_A = 0$$

$$M_B = RA \cdot 425.459$$

$$= 9.87E+10 \cdot 425.459 = 4.2E+13 \text{ N.mm}$$

$$M_C = RA \cdot 2037.470 + A1 \cdot 1612.010$$

$$= 9.87E+10 \cdot 2037.470 + 1.1E+11 \cdot 1612.010$$

$$= 3.78E+14 \text{ N.mm}$$

$$M_D = RA \cdot 3593.216 + A1 \cdot 3167.756 + A2 \cdot 1555.746$$

$$= 9.87E+10 \cdot 3593.216 + 1.10E+11 \cdot 3167.756$$

$$+ -8.4E+10 \cdot 1555.746 = 5.71E+14 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
M_E &= RA \cdot 5147.548 + A1 \cdot 4722.089 + A2 \cdot 3110.079 \\
&\quad + A3 \cdot 1554.333 \\
&= 9.87E+10 \cdot 5147.548 + 1.10E+11 \cdot 4722.089 \\
&\quad + -8.4E+10 \cdot 3110.079 + -2.69E+11 \cdot 1554.333 \\
&= 3.45E+14 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_F &= RA \cdot 6761.218 + A1 \cdot 6335.759 + A2 \cdot 4723.748 \\
&\quad + A3 \cdot 3168.0026 + A4 \cdot 1613.6697 \\
&= 9.87E+10 \cdot 6761.218 + 1.10E+11 \cdot 6335.759 \\
&\quad - 8.4E+10 \cdot 4723.748 - 2.69E+11 \cdot 3168.003 \\
&\quad - 5.0E+10 \cdot 1613.670 \\
&= 3.11E+13 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_G &= RA \cdot 7252.800 + A1 \cdot 6827.341 + A2 \cdot 5215.330 \\
&\quad + A3 \cdot 3659.5844 + A4 \cdot 2105.252 + A5 \cdot 491.582 \\
&= 9.87E+10 \cdot 7252.800 + 1.1E+11 \cdot 6827.341 \\
&\quad + -8.4E+10 \cdot 5215.330 + -2.7E+11 \cdot 3659.584 \\
&\quad + -5.0E+10 \cdot 2105.252 + 1.3E+11 \cdot 491.582 \\
&= 0.0000 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

- Mencari Inersia Balok komposit

Lengan momen Profil WF

$$\begin{aligned}
y &= \frac{1}{2} h_{WF} + h_{Pelat} \\
&= \frac{1}{2} 450 + 150 = 375 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Lengan momen Pelat beton

$$\begin{aligned}
y &= \frac{1}{2} h_{Pelat} \\
&= \frac{1}{2} 150 = 75 \text{ mm}
\end{aligned}$$

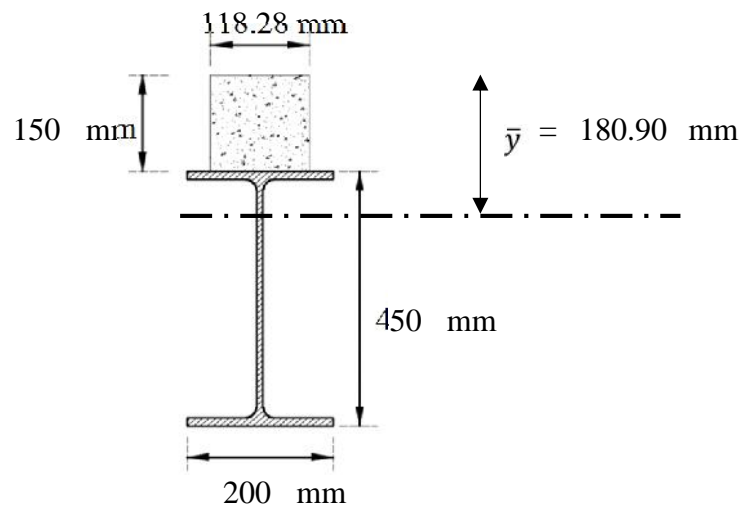
$$\begin{aligned}
\text{Luas Pelat beton transformasi} &= t_s \cdot b_e/n \\
&= 150 \cdot 118.28 \\
&= 17741.33 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

- Menentukan letak garis netral :

Penampang	Luas Transformasi A (mm ²)	Lengan momen y (mm)	A · y (mm ³)
Pelat beton	17741.33	75	1330599.375
Profil WF	9680.00	375	3630000
	27421.33		4960599.38

$$\bar{y} = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{4960599.38}{27421.33} = 180.90 \text{ mm}$$

(diukur dari bagian atas pelat)



Gambar 4.40 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja

Inersia Pelat

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 118.28 \cdot 150^3 \\ &= 33264984 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Momen Inersia Penampang dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar:

	A (mm ²)	y (mm)	I ₀ (mm ⁴)	$\bar{y} - y$	I ₀ + A · d ² (mm ⁴)
				d (cm)	
Pelat	17741.33	75	33264984.4	105.90	232241766.713
WF	9680.00	375	335000000	194.10	699680967.242
<i>Inersia Balok Komposit (I_{tr})=</i>					931922733.955

$$M_{max} = 570964739796629.00 \text{ N.mm}$$

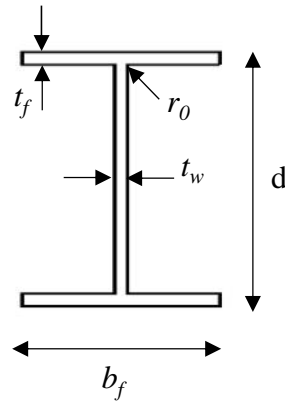
$$= \frac{M_{max}}{E \cdot I} = \frac{570964739796629.00}{200000 \cdot 931922733.955} = 3.0634 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol lendutan} < \frac{L}{360}$$

$$3.0633695208 < \frac{7252.8}{360}$$

$$3.0633695208 \text{ mm} < 20.147 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

Balok No. 85-86 (Lantai 8)



	WF 400 x 200 x 8 x 13	
d	= 400 mm	$I_x = 23700 \text{ cm}^4$
b_f	= 200 mm	$I_y = 1740 \text{ cm}^4$
t_w	= 8 mm	$i_x = 16.8 \text{ cm}$
t_f	= 13 mm	$i_y = 4.54 \text{ cm}$
r_0	= 16 mm	$S_x = 1190 \text{ cm}^3$
A	= 84.10 cm^2	$S_y = 174 \text{ cm}^3$
Berat	= 66 kg/m	$Z_x = 1286 \text{ cm}^3$
		$Z_y = 266 \text{ cm}^3$

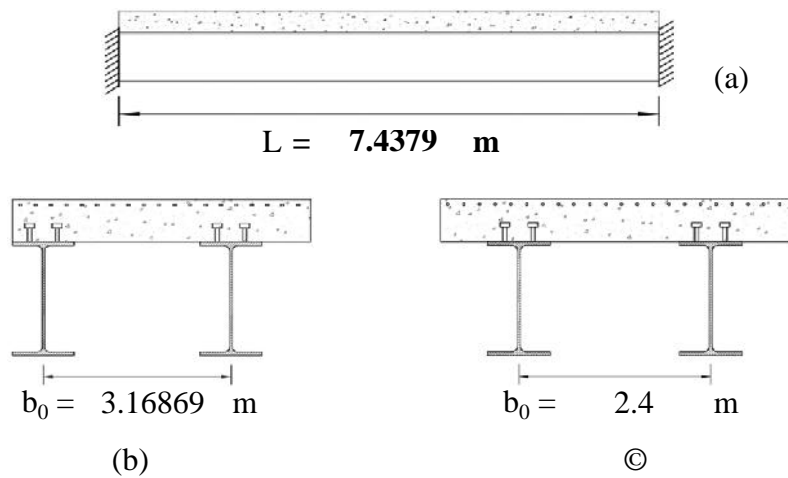
Material baja = BJ 37 ; $f_u = 370 \text{ MPa}$
 ; $f_y = 240 \text{ MPa}$

Mutu pelat beton (f'_c) = 25 MPa

Tebal pelat beton = 15 cm

Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa

Modulus Elastisitas beton = $4700\sqrt{f'_c} = 23500 \text{ MPa}$



Gambar 4.41 (a) Panjang bentang profil dan (b dan c) jarak b_0

- Lebar Efektif balok komposit

Panjang Balok (L) = 7437.9 mm

- Untuk balok Interior

$$b_e = \frac{L}{8} + \frac{b_f}{2} = \frac{7437.9}{8} + \frac{200}{2} = 1029.7 \text{ mm}$$

$$b_o = 3.16869 = 3168.69 \text{ mm}$$

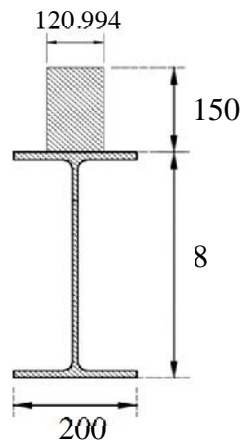
diambil yang terkecil, Maka $b_e = 1029.7 \text{ mm}$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

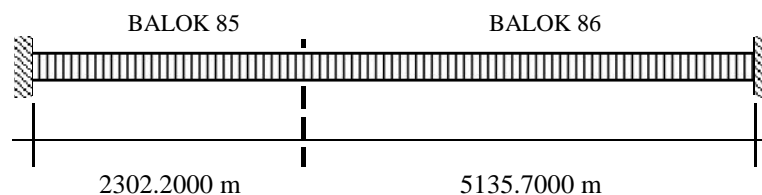
- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{1029.7}{8.511} = 120.994 \text{ mm}$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



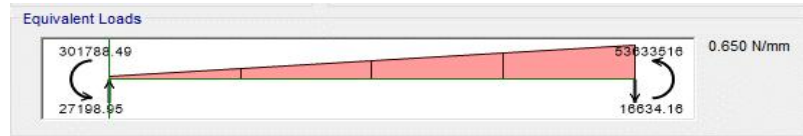
Gambar 4.42 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja



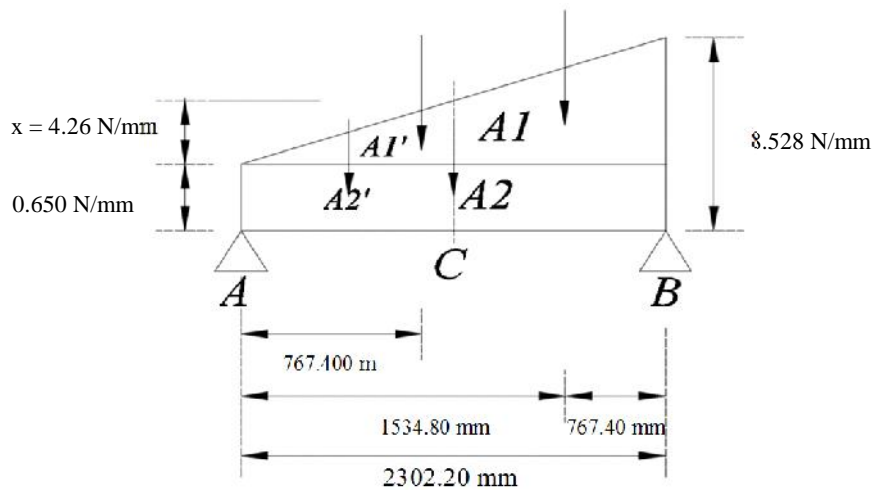
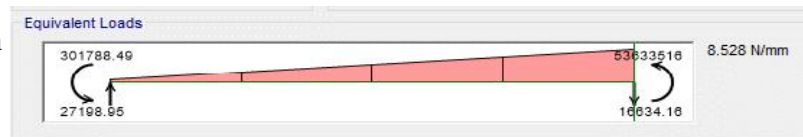
BALOK 85

Beban Mati Merata BALOK 85

Sisi kiri



Sisi kanan



$$\begin{aligned} \text{Luas } A1 &= \frac{1}{2} \cdot (8.53 - 0.65) \cdot 2302.20 \\ &= 9068.37 \end{aligned}$$

$$\text{Luas } A1' = \frac{1}{2} \cdot 1151.100 \cdot 4.26 = 2454.145$$

$$\text{Luas } A2 = 0.6500 \cdot 2302.200 = 1496.43$$

$$\text{Luas } A2' = 0.6500 \cdot 1151.100 = 748.22$$

$$\frac{8.528}{2302.200} = \frac{x}{1151.100}$$

$$2302.200 x = 9816.5808$$

$$x = 4.264$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 2302.2000) - (1496.43 \cdot 1151.100) - (9068.37 \cdot 767.400)$$

$$2302.2000 R_A - 1722540.57 - 6959063.91$$

$$2302.2000 R_A - 8681604.49 = 0$$

$$R_A = \frac{8681604.49}{2302.2} = 3771.00$$

$$M_A = 0$$

$$(R_B \cdot 2302.2000) - (9068 \cdot 1534.800) - (1496.4 \cdot 1151.100)$$

$$2302.2000 R_B - 13918127.83 - 1722540.57$$

$$2302.2000 R_B - 15640668.40 = 0$$

$$R_B = \frac{15640668.40}{2302.2} = 6793.79$$

Kontrol:

$$R_A + R_B = \text{Luas A1} + \text{Luas A2}$$

$$6793.79 + 3771.00 = 9068.37 + 1496.43$$

$$10564.80 = 10564.80 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$M_c = R_A \cdot \frac{1}{2}L - A1' \cdot x \cdot 383.700 - A2' \cdot x \cdot 575.550$$

$$= 3771.00 \cdot 1151.100 - 2454.145 \cdot 383.700 - 748.215 \cdot 575.550$$

$$= 2968511.59$$

$$M_x = \cdot h \cdot L^2 = \cdot h \cdot 2302.2000^2 = 662515.61 h$$

$$h \rightarrow 662515.605 h = 2968511.59$$

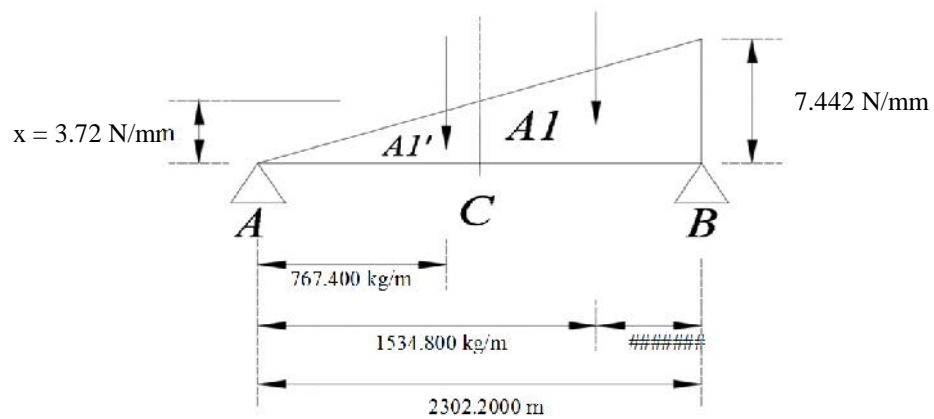
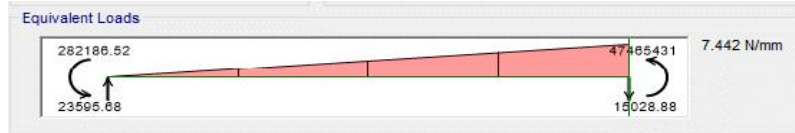
$$h = 4.481 \text{ N/mm}$$

$$q_{\text{ekivalen}}(\text{DL}) = 4.481 \text{ N/mm}$$

Beban Hidup Merata BALOK 85

Sisi kiri = 0 kg/m

Sisi kanan



$$\text{Luas } A1 = \frac{1}{2} \cdot (2302.20 \cdot 7.44) = 8566.49$$

$$\text{Luas } A1' = \frac{1}{2} \cdot (1151.10 \cdot 3.721) = 2141.622$$

$$\frac{7.442}{2302.200} = \frac{x}{1151.100}$$

$$2302.200 x = 8566.4862$$

$$x = 3.721$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 2302.20) - (8566.49 \cdot 1534.800)$$

$$2302.20 R_A - 13147843.02 = 0$$

$$R_A = \frac{13147843.02}{2302.2} = 5710.99$$

$$MA = 0$$

$$(RB \cdot 2302.20) - (8566.49 \cdot 767.400)$$

$$2302.20 RB - 6573921.51 = 0$$

$$RB = \frac{6573921.51}{2302.2} = 2855.50$$

Kontrol:

$$RA + RB = A1$$

$$5710.99 + 2855.50 = 8566.49$$

$$8566.49 = 8566.49 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$Mc = RA \cdot \frac{1}{2}L - A1' \cdot 767.400$$

$$= 2855.50 \cdot 1151.100 - 2141.622 \cdot 767.400$$

$$= 1643480.38$$

$$Mx = \frac{1}{2} \cdot h \cdot L^2 = \frac{1}{2} \cdot h \cdot 2302.20^2 = 662515.61 h$$

$$h \rightarrow 662515.61 h = 1643480.38$$

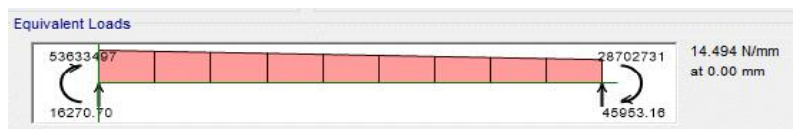
$$h = 2.481 \text{ N/mm}$$

$$q_{\text{ekivalen}} (\text{LL}) = 2.481 \text{ N/mm}$$

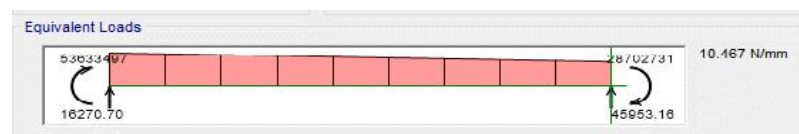
BALOK 86

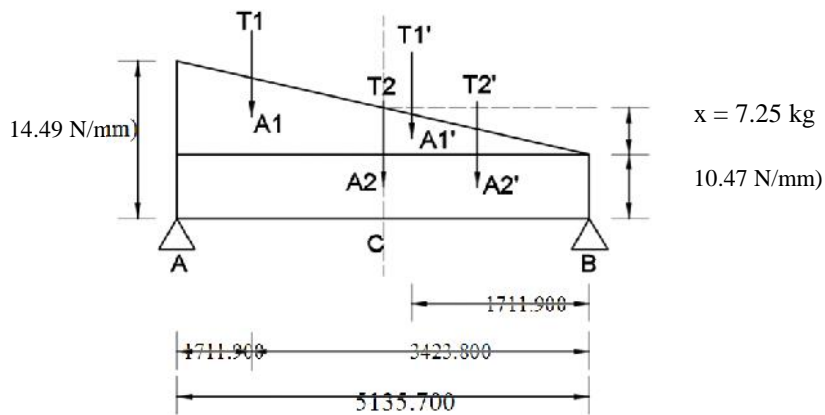
Beban Mati Merata BALOK 86

Sisi kiri



Sisi kanan





$$\begin{aligned} \text{Luas A1} &= \frac{1}{2} \cdot (14.49 - 10.47) \cdot 5135.700 \\ &= 10340.73 \end{aligned}$$

$$\text{Luas A1}' = \frac{1}{2} \cdot 2567.8500 \cdot 7.25 = 9304.604$$

$$\text{Luas A2} = 10.4670 \cdot 5135.700 = 53755.37$$

$$\text{Luas A2}' = 10.4670 \cdot 2567.850 = 26877.69$$

$$\frac{14.494}{5135.700} = \frac{x}{2567.850}$$

$$5135.700 x = 37218.4179$$

$$x = 7.247$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 5135.70 - 10340.73 \cdot 3423.80 - 53755.37 \cdot 2567.85$$

$$5135.70 - 35404598.05 - 138035731.73$$

$$5135.70 - 173440329.78 = 0$$

$$R_A = \frac{173440329.78}{5135.70} = 33771.51$$

$$M_A = 0$$

$$(RB \cdot 5135.7) - (53755.4) - (2567.9) \cdot (10340.7) - (1711.9) \cdot 5135.70 - 138035731.73 - 17702299.03$$

$$5135.7000 RB - 155738030.76 = 0$$

$$RB = \frac{155738030.76}{5135.7} = 30324.60$$

Kontrol:

$$RA + RB = \text{Luas A1} + \text{Luas A2}$$

$$33771.51 + 30324.60 = 10340.73 + 53755.37$$

$$64096.10 = 64096.10 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$M_c = RB \cdot \frac{1}{2}L - A1' \cdot 855.950 - A2' \cdot 1283.925$$

$$= 30324.60 \cdot 2567.85 - 9304.60 \cdot 855.95 - 26877.7 \cdot 1283.93$$

$$= 35395806.25$$

$$M_x = \dots \cdot h \cdot L^2 = \dots \cdot h \cdot 5135.7000^2 = 3296926.811 h$$

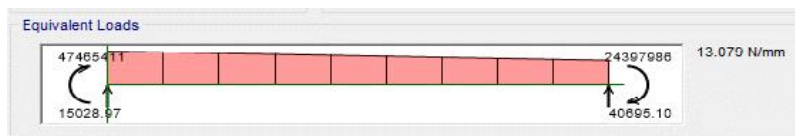
$$h \rightarrow 3296926.81 h = 35395806.25$$

$$h = 10.736 \text{ N/mm}$$

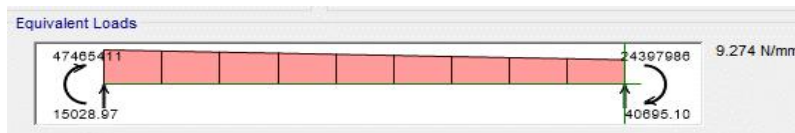
$$q_{\text{ekivalen}} (\text{DL}) = 10.736 \text{ N/mm}$$

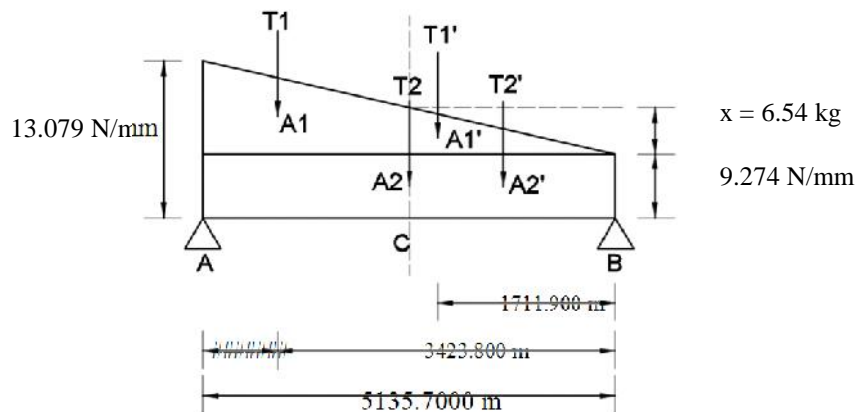
Beban Hidup Merata BALOK 86

Sisi kiri



Sisi kanan





$$\begin{aligned} \text{Luas A1} &= \frac{1}{2} \cdot (13.08 - 9.27) \cdot 5135.700 \\ &= 9770.67 \end{aligned}$$

$$\text{Luas A1}' = \frac{1}{2} \cdot 2567.8500 \cdot 6.54 = 8396.228$$

$$\text{Luas A2} = 9.2740 \cdot 5135.7000 = 47628.48$$

$$\text{Luas A2}' = 9.2740 \cdot 2567.8500 = 23814.24$$

$$\frac{13.079}{5135.700} = \frac{x}{2567.850}$$

$$5135.700 x = 33584.91015$$

$$x = 6.5395$$

Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 5135.7000) - (9770.67 \cdot 3423.800) - (47628.5 \cdot 2567.850)$$

$$5135.70 RA - 33452817.38 - 122302797$$

$$5135.7000 RA - 155755614.37 = 0$$

$$R_A = \frac{155755614.37}{5135.7} = 30328.02$$

$$M_A = 0$$

$$\begin{aligned} & (RB \cdot 5135.70) - (47628.5) \cdot 2567.85 - (9770.67) \cdot 1711.90 \\ & 5135.7000 RB - 122302796.99 - 16726408.69 \\ & 5135.7000 RB - 139029205.68 = 0 \end{aligned}$$

$$RB = \frac{139029205.68}{5135.7} = 27071.13$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} RA + RB &= \text{Luas A1} + \text{Luas A2} \\ 30328.02 + 27071.13 &= 9770.67 + 47628.48 \\ 57399.15 &= 57399.15 \dots\dots\dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_c &= RB \cdot \frac{1}{2}L - A1' \cdot x - A2' \cdot x \\ &= 27071.13 \cdot 2567.85 - 8396.228 \cdot 855.950 - 23814.2 \cdot 1283.93 \\ &= 31752152.6 \end{aligned}$$

$$M_x = \frac{1}{2} \cdot h \cdot L^2 = \frac{1}{2} \cdot h \cdot 5135.7000^2 = 3296926.811 h$$

$$h \rightarrow 3296926.811 h = 31752152.63$$

$$h = 9.63 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{ekivalen}}(\text{LL}) = 9.63 \text{ kg/m}$$

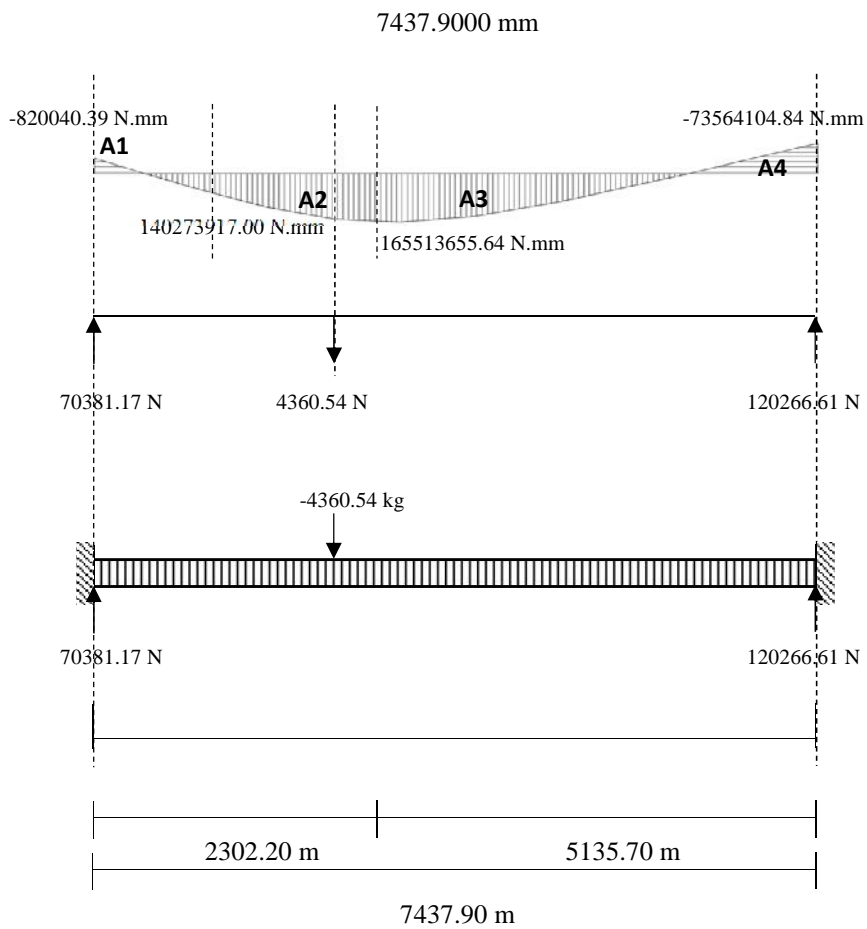
Beban Terfaktor

Balok 85

$$\begin{aligned} L &= 1.2 \cdot DL + 1.6 \cdot LL + 0.5 \cdot RL \\ &= 1.2 \cdot 4.481 + 1.6 \cdot 2.481 + 0.5 \cdot 0.000 \\ &= 9.346 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Balok 85

$$\begin{aligned}
 L &= 1.2 \cdot DL + 1.6 \cdot LL + 0.5 \cdot RL \\
 &= 1.2 \cdot 10.736 + 1.6 \cdot 9.631 + 0.5 \cdot 0.000 \\
 &= 28.293 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 M_0 &= Ra \cdot x_1 - q \cdot x_1 \cdot (\frac{1}{2} \cdot x_1) + Ma \\
 &= 70381.17 \cdot x_1 - 9.3 \cdot x_1 \cdot (\frac{1}{2} \cdot x_1) + -820040.4 \\
 &= 70381.17 x_1 - \frac{1}{2} \cdot 9.35 x_1^2 + -820040.4 \\
 &= 70381.17 x_1 - 4.7 x_1^2 + -820040.39 \\
 &= \underbrace{4.7 x_1^2}_a - \underbrace{70381.17 x_1}_b + \underbrace{820040.39}_c
 \end{aligned}$$

Mencari nilai x_1 dan x_2

$$\begin{aligned}
 x_{ab} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\
 &= \frac{-(-70381.17) \pm \sqrt{(-70381.2)^2 - 4 \cdot 4.67 \cdot 820040.39}}{2 \cdot 4.67} \\
 &= \frac{70381.17 \pm \sqrt{4953509090.5689 + -15327976.29}}{9.345866667} \\
 &= \frac{70381.17 \pm \sqrt{4938181114.2765}}{9.345866667} \\
 &= \frac{70381.17 \pm 70272.193}{9.345866667}
 \end{aligned}$$

$$x_a = \frac{70381.17 - 70272.193}{9.345866667} = 11.66 \text{ mm} \quad \text{memenuhi}$$

$$x_b = \frac{70381.17 + 70272.193}{9.345866667} = 15050 \text{ mm} \quad \text{tidak memenuhi}$$

Maka nilai $x_1 = x_b = 11.6604 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 x_2 &= x - x_1 \\
 &= 2302.2000 - 11.660 \\
 &= 2290.54 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= Ra \cdot x_1 - q \cdot x_1 \cdot (\frac{1}{2} \cdot x_1) + Ma \\
 165513655.64 &= 4360.54 \cdot x_1 - 28.3 \cdot x_1 \cdot (\frac{1}{2} \cdot x_1) + 1.4E+08 \\
 &= 4360.54 x_1 - \frac{1}{2} \cdot 28.29 x_1^2 + -25239739 \\
 &= 4360.54 x_1 - 14.1 x_1^2 + -25239739 \\
 &\quad \underbrace{14.1 x_1^2}_a \quad \underbrace{-4360.54 x_1}_b \quad \underbrace{+ 25239739}_c
 \end{aligned}$$

Mencari nilai x_1 dan x_2

$$\begin{aligned}
 x_{ab} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\
 &= \frac{-(-4360.54) \pm \sqrt{(-4360.54)^2 - 4 \cdot 14.15 \cdot -25239738.64}}{2 \cdot 14.15} \\
 &= \frac{4360.54 \pm \sqrt{19014309.0916 + 1428192294}}{28.29253333} \\
 &= \frac{4360.54 \pm \sqrt{1447206602.6852}}{28.29253333} \\
 &= \frac{4360.54 \pm 38042.169}{28.29253333}
 \end{aligned}$$

$$x_a = \frac{4360.54 - 38042.169}{28.29253333} = 1111.72 \text{ mm} \quad \text{tidak memenuhi}$$

$$x_b = \frac{4360.54 + 38042.169}{28.29253333} = 1498.72 \text{ mm} \quad \text{memenuhi}$$

Maka nilai $x = x_3 = 1498.7 \text{ m}$

Mencari nilai x_4 dan x_5

$$\begin{aligned}
 MO &= -R_b \cdot x_3 + q \cdot x_3 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot x_3\right) - MB \\
 &= -120266.6 \cdot x_3 + 28.29 \cdot x_3 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot x_3\right) - -73564105 \\
 &= -120266.6 x_3 + \frac{1}{2} \cdot 28.29 x_3^2 - -73564105 \\
 &= -120266.6 x_3 + 14.1 x_3^2 - -73564105 \\
 &= \underbrace{14.15}_{a} x_3^2 - \underbrace{120266.61}_{b} x_3 - \underbrace{-73564105}_{c}
 \end{aligned}$$

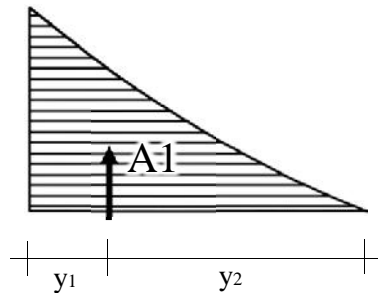
Mencari nilai x_1

$$\begin{aligned}
 x_{ab} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\
 &= \frac{-(-120266.61) \pm \sqrt{(-120266.6)^2 - 4 \cdot 14.15 \cdot 73564104.84}}{2 \cdot 14.15} \\
 &= \frac{120266.61 \pm \sqrt{14464057480.8921 - 4162629777}}{28.29253333} \\
 &= \frac{120266.61 \pm \sqrt{10301427704.25}}{28.29253333} \\
 &= \frac{120266.61 \pm 101495.949}{28.29253333} \\
 x_a &= \frac{120266.6 - 101495.949}{28.29253333} = 663.45 \text{ mm} \quad \text{memenuhi} \\
 x_b &= \frac{120266.6 + 101495.949}{28.29253333} = 7838.20 \text{ mm} \quad \text{tidak memenuhi}
 \end{aligned}$$

Maka nilai $x_5 = 663.449 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \text{dan nilai } x_4 &= L - x_3 - x_5 \\
 &= 5135.700 - 1498.724 - 663.449 \\
 &= 2973.526 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan Luasan A1



$$Ra = 70381.17 \text{ N} \quad q = 9.346 \text{ N/mm}$$

$$x_1 = 11.6604 \text{ mm} \quad M_A = -820040.39 \text{ N.mm}$$

$$A1 = \int f(MX) dx$$

$$A1 = \int_{11.6604}^{0.00} Ra \cdot x - \frac{1}{2} qx^2 + M_A$$

$$= \frac{1}{1+1} Ra \cdot x^{1+1} - \frac{1/2}{2+1} qx^{2+1} + \frac{1}{0+1} M_A \cdot x \Big|_{11.6604}^{0.00}$$

$$= \frac{1}{2} Ra x^2 - \frac{1}{6} qx^3 + \frac{1}{1} M_A \cdot x \Big|_{11.6604}^{0.00}$$

$$= \frac{1}{2} Ra x^2 - \frac{1}{6} qx^3 + M_A \cdot x \Big|_{11.6604}^{0.00}$$

$$= \left[\frac{1}{2} \times 70381.17 \times (0.00)^2 - \frac{1}{6} \times 9.346 \times (0.00)^3 + (-820040.39) \times (0.00) \right] - \left[\frac{1}{2} \times 70381.17 \times (11.6604)^2 - \frac{1}{6} \times 9.346 \times (11.6604)^3 + (-820040.39) \times (11.6604) \right]$$

$$= 0.00 - -4779783.1$$

$$= 4779783.1 \text{ N}$$

Menentukan titik berat A1 terhadap A

$$A_1 \cdot y_1 = x \text{ (MX)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.00}{11.6604} \text{ Ra. } x^2 - \frac{1}{2} q x^3 + M_A x^1 \\
 &= \frac{1}{2+1} \text{ Ra. } x^{2+1} - \frac{1/2}{3+1} q x^{3+1} + \frac{1}{1+1} M_A \cdot x^{1+1} \Bigg|_{11.6604}^{0.00} \\
 &= \frac{1}{3} \text{ Ra. } x^3 - \frac{1}{8} q x^4 + \frac{1}{2} M_A \cdot x^2 \Bigg|_{11.6604}^{0.00} \\
 &= \left[\frac{1}{3} x 70381.17 x (0.00)^3 - \frac{1}{8} x 9.346 x (0.00)^4 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{2} x -820040.4 x (0.00)^2 \right] - \left[\frac{1}{3} x 70381.17 x (11.6604)^3 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{8} x 9.35 x (11.6604)^4 + \frac{1}{2} x -820040.390 x (11.6604)^2 \right] \\
 &= 0.00 - (-18575732.733) \\
 &= 18575732.733 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$A_1 \cdot y_1 = 18575732.733$$

$$4779783.100 y_1 = 18575732.733$$

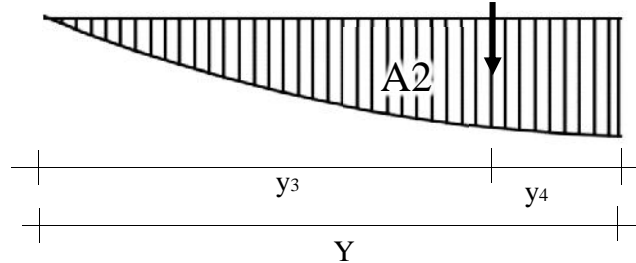
$$y_1 = 3.886 \text{ mm}$$

$$y_2 = X_1 - y_1$$

$$= 11.66044 - 3.886313$$

$$= 7.77413 \text{ mm}$$

Menentukan Luasan A2



$$R_a = 70381.17 \text{ N} \quad q = 9.35 \text{ N/mm}$$

$$X = 2302.20 \text{ m} \quad M_A = -820040.39 \text{ N.mm}$$

$$A2 = \int f(MX) dx$$

$$\begin{aligned}
 A2 &= \int_{2302.2000}^{11.6604} R_a \cdot x^1 - \frac{1}{2} q x^2 + M_A \cdot x^0 dx \\
 &= \frac{1}{1+1} R_a \cdot x^{1+1} - \frac{1/2}{2+1} q x^{2+1} + \frac{1}{0+1} M_A \cdot x^{0+1} \Big|_{2302.2000}^{11.6604} \\
 &= \frac{1}{2} R_a x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + \frac{1}{1} M_A \cdot x \Big|_{2302.2000}^{11.6604} \\
 &= \frac{1}{2} R_a x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + M_A \cdot x \Big|_{2302.2000}^{11.6604} \\
 &= \left[\frac{1}{2} x 70381.17 x (11.6604)^2 - \frac{1}{6} x 9.346 x (11.6604)^3 \right. \\
 &\quad \left. + -820040.39 x (11.6604)^1 \right] - \left[\frac{1}{2} x 70381.17 x (2302.2000)^2 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{6} x 9.35 x (2302.2000)^3 + -820040.39 x (2302.2000)^1 \right] \\
 &= -4779783.1 - 165620301117.405 \\
 &= -165625080900.505 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menentukan titik berat A2

$$A_2 \cdot Y = x (MX)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{11.66044}{2302.2000} Ra \cdot x^2 - \frac{1}{2} qx^3 + M_A \cdot x \\
 &= \frac{1}{2+1} Ra \cdot x^{2+1} - \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} + \frac{1}{1+1} M_A \cdot x^{1+1} \left| \begin{array}{l} 11.66 \\ 2302.2000 \end{array} \right. \\
 &= \frac{1}{3} Ra \cdot x^3 - \frac{1}{8} qx^4 + \frac{1}{2} M_A \cdot x^2 \left| \begin{array}{l} 11.66 \\ 2302.2000 \end{array} \right. \\
 &= \left[\frac{1}{3} \cdot 70381.17 \cdot x (11.66)^3 - \frac{1}{8} \cdot 9.346 \cdot x (11.66)^4 + \right. \\
 &\quad \left. \frac{1}{2} \cdot (-820040.4) \cdot x (11.66)^2 \right] - \left[\frac{1}{3} \cdot 70381.17 \cdot x (2302.2000)^3 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{8} \cdot 9.35 \cdot x (2302.2000)^4 + \frac{1}{2} \cdot (-820040.39) \cdot x (2302.20)^2 \right] \\
 &= -18575732.73 - 251272066419646.00 \\
 &= -251272084995379 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$A_2 \cdot Y = -251272084995379.00$$

$$-165625080900.51 \cdot Y = -251272084995379.00$$

$$Y = 1517.1137 \text{ mm}$$

$$y_3 = Y - X_1$$

$$= 1517.114 - 11.660$$

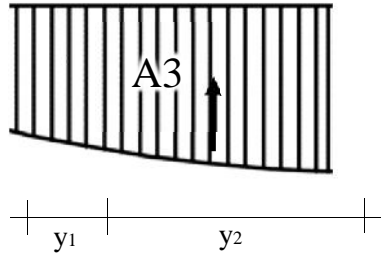
$$= 1505.453 \text{ mm}$$

$$y_4 = X_2 - y_3$$

$$= 2290.5396 - 1505.453$$

$$= 785.0863 \text{ mm}$$

Menentukan Luasan A3



$$\begin{aligned} R_a &= 4360.54 \text{ N} & q &= 28.29253333 \text{ N/mm} \\ x_3 &= 1498.724 \text{ mm} & M_A &= 140273917.000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A3 &= \int_{y_1}^{y_2} f(MX) dx \\ A3 &= \int_{1498.7244}^{0.00} R_a \cdot x^1 - \frac{1}{2} qx^2 + M_A \cdot x^0 dx \\ &= \left[\frac{1}{1+1} R_a \cdot x^{1+1} - \frac{1/2}{2+1} qx^{2+1} + \frac{1}{0+1} M_A \cdot x^{0+1} \right]_{1498.7244}^{0.00} \\ &= \left[\frac{1}{2} R_a x^2 - \frac{1}{6} qx^3 + \frac{1}{1} M_A \cdot x \right]_{1498.7244}^{0.00} \\ &= \left[\frac{1}{2} R_a x^2 - \frac{1}{6} qx^3 + M_A \cdot x \right]_{1498.7244}^{0.00} \\ &= \left[\frac{1}{2} \times 4360.54 \times (0.00)^2 - \frac{1}{6} \times 28.293 \times (0.00)^3 \right. \\ &\quad \left. + 140273917 \times (0.00)^1 \right] - \left[\frac{1}{2} \times 4360.54 \times (1498.7244)^2 \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{6} \times 28.29 \times (1498.7244)^3 + 140273917 \times (1498.7244)^1 \right] \\ &= 0.00 - 199255221073.4630 \\ &= -199255221073.46 \text{ N} \end{aligned}$$

Menentukan titik berat A3 terhadap A3

$$A_3 \cdot y_5 = x \text{ (MX)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.00}{1498.7244} \text{ Ra. } x^2 - \frac{1}{2} q x^3 + M_A x^1 \\
 &= \frac{1}{2+1} \text{ Ra. } x^{2+1} - \frac{1/2}{3+1} q x^{3+1} + \frac{1}{1+1} M_A \cdot x^{1+1} \Bigg|_{1498.7244}^{0.00} \\
 &= \frac{1}{3} \text{ Ra. } x^3 - \frac{1}{8} q x^4 + \frac{1}{2} M_A \cdot x^2 \Bigg|_{1498.7244}^{0.00} \\
 &= \left[\frac{1}{3} x 4360.54 x (0.00)^3 - \frac{1}{8} x 28.293 x (0.00)^4 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{2} x 140273917 x (0.00)^2 \right] - \left[\frac{1}{3} x 4360.54 x (1498.7244)^3 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{8} x 28.29 x (1498.7244)^4 + \frac{1}{2} x (140273917) x (1498.72)^2 \right] \\
 &= 0.00 - (144589921068020.00000000) \\
 &= -144589921068020.00000000
 \end{aligned}$$

$$A_1 \cdot y_5 = -144589921068020.00$$

$$-199255221073.463 y_5 = -144589921068020.00$$

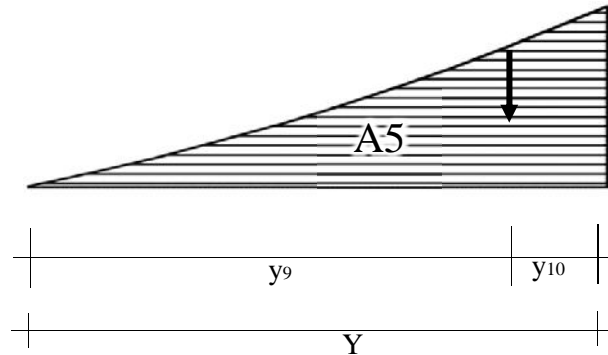
$$y_5 = 725.65 \text{ mm}$$

$$y_6 = X_3 - y_5$$

$$= 1498.724 - 725.6519$$

$$= 773.072 \text{ mm}$$

Menentukan Luasan A5



$$R_b = 120266.61 \text{ kg N} \quad q = 28.293 \text{ N/mm}$$

$$x_5 = 663.449 \text{ mm} \quad M_B = -73564104.840 \text{ N.mm}$$

$$A5 = \int f(MX) dx$$

$$\begin{aligned}
 A5 &= \int_{0.0000}^{663.4493} -R_b \cdot x + \frac{1}{2} qx^2 - M_B \\
 &= \frac{-1}{1+1} R_b \cdot x^{1+1} + \frac{1/2}{2+1} qx^{2+1} - \frac{1}{0+1} M_B \cdot x^{0+1} \Big|_{0.0000}^{663.449} \\
 &= \frac{-1}{2} R_b x^2 + \frac{1}{6} qx^3 - \frac{1}{1} M_B \cdot x \Big|_{0.0000}^{663.4493} \\
 &= \frac{-1}{2} R_b x^2 + \frac{1}{6} qx^3 + M_B \cdot x \Big|_{0.0000}^{663.4493} \\
 &= \left[\frac{-1}{2} \times 120266.61 \times (663.45)^2 + \frac{1}{6} \times 28.293 \times (663.45)^3 \right. \\
 &\quad \left. - -73564104.8 \times 663.449 \right] - \left[\frac{-1}{2} \times 120267 \times (0.0000)^2 \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1}{6} \times 28.29 \times (0.0000)^3 - -73564104.8 \times (0.0000) \right] \\
 &= 23714510531.92 - 0 \\
 &= 23714510532 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menentukan titik berat A4

$$A_5 \cdot y_{10} = x \text{ (MX)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{663.45}{0.0000} - Rb. x^2 + \frac{1}{2} qx^3 - M_B x^1 \\
 &= \frac{-1}{2+1} Rb. x^{2+1} + \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} - \frac{1}{1+1} M_B \cdot x^{1+1} \left| \begin{array}{l} 663.45 \\ 0.0000 \end{array} \right. \\
 &= \frac{-1}{3} Rb. x^3 + \frac{1}{8} qx^4 - \frac{1}{2} M_B \cdot x^2 \left| \begin{array}{l} 663.45 \\ 0.0000 \end{array} \right. \\
 &= \left[\frac{-1}{3} x 120266.61 x (663.45)^3 + \frac{1}{8} x 28.293 x (663.45)^4 - \right. \\
 &\quad \left. \frac{1}{2} x -73564105 x (663.45)^2 \right] - \left[\frac{-1}{3} x 120266.6 x (0.0000)^3 \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1}{8} x 28.29 x (0.0000)^4 - \frac{1}{2} x -73564104.8 x (0.0000)^2 \right] \\
 &= 5168325766546.91 - 0 \\
 &= 5168325766546.91
 \end{aligned}$$

$$A_5 \cdot y_{10} = 5168325766546.91$$

$$23714510531.92 y_{10} = 5168325766546.91$$

$$y_{10} = 217.939 \text{ mm}$$

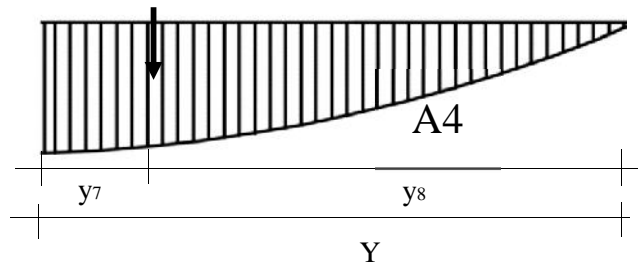
$$y_9 = X_5 - y_{10}$$

$$= 663.449 - 217.939$$

$$= 445.510 \text{ mm}$$

Menentukan Luasan A4

Luasan A1



$$R_b = 120266.61 \text{ kg} \quad q = 28.29 \text{ N/mm}$$

$$X = 3636.976 \text{ mm} \quad M_B = -73564104.84 \text{ N.mm}$$

$$A4 = \int f(MX) dx$$

$$\begin{aligned}
 A4 &= \int_{663.4493}^{3636.9756} -R_b \cdot x + \frac{1}{2} qx^2 - M_B \\
 &= \frac{-1}{1+1} R_b \cdot x^{1+1} + \frac{1/2}{2+1} qx^{2+1} - \frac{1}{0+1} M_B \cdot x \Big|_{663.4493}^{3636.98} \\
 &= \frac{-1}{2} R_b x^2 + \frac{1}{6} qx^3 - \frac{1}{1} M_B \cdot x \Big|_{663.4493}^{3636.98} \\
 &= \frac{-1}{2} R_b x^2 + \frac{1}{6} qx^3 + M_B \cdot x \Big|_{663.4493}^{3636.9756} \\
 &= \left[\frac{-1}{2} \times 120266.61 \times 3636.9756^2 + \frac{1}{6} \times 28.293 \times 3636.9756^3 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{-73564104.8}{1} \times 3636.976 \right] - \left[\frac{-1}{2} \times 120266.61 \times (663.4493)^2 \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1}{6} \times 28.29 \times (663.4493)^3 - \frac{-73564104.8}{1} \times (663.4493) \right] \\
 &= -301016400256.9 - 23714510531.9158 \\
 &= -3.24731E+11 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menentukan titik berat A3

$$A_3 \cdot Y = x (MX)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3636.976}{663.4493} - Rb. x^2 + \frac{1}{2} qx^3 - M_B \cdot x \\
 &= \frac{-1}{2+1} Rb. x^{2+1} + \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} - \frac{1}{1+1} M_B \cdot x^{1+1} \left[\begin{array}{l} 3636.98 \\ 663.4493 \end{array} \right. \\
 &= \frac{-1}{3} Rb. x^3 + \frac{1}{8} qx^4 - \frac{1}{2} M_B \cdot x^2 \left[\begin{array}{l} 3636.98 \\ 663.4493 \end{array} \right. \\
 &= \left[\frac{-1}{3} x 120266.61 x (3636.98)^3 + \frac{1}{8} x 28.293 x (3636.98)^4 - \right. \\
 &\quad \left. \frac{1}{2} x -73564105 x (3636.98)^2 \right] - \left[\frac{-1}{3} x (120266.61) x (663.4493)^3 \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1}{8} x 28.29 x (663.4493)^4 - \frac{1}{2} x -73564104.8 x (663.45)^2 \right] \\
 &= -823284404409526.0 - 5168325766546.91 \\
 &= -828452730176073.000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$A_3 \cdot Y = -828452730176073.00$$

$$-324730910788.79 \cdot Y = -828452730176073.00$$

$$Y = 2551.198 \text{ mm}$$

$$y_8 = Y - X_5$$

$$= 2551.198 - 663.449$$

$$= 1887.748 \text{ mm}$$

$$y_7 = X_4 - y_8$$

$$= 2973.526 - 1887.748$$

$$= 1085.778 \text{ m}$$

Maka diperoleh :

$$A1 = 4779783.10 \text{ N}$$

$$A2 = -165625080900.51 \text{ N}$$

$$A3 = -199255221073.46 \text{ N}$$

$$A4 = -324730910788.79 \text{ N}$$

$$A5 = 23714510531.92 \text{ N}$$

Jarak

$$y1 = 3.886 \text{ mm}$$

$$y6 = 773.072 \text{ mm}$$

$$y2 = 7.774 \text{ mm}$$

$$y7 = 1085.778 \text{ mm}$$

$$y3 = 1505.453 \text{ mm}$$

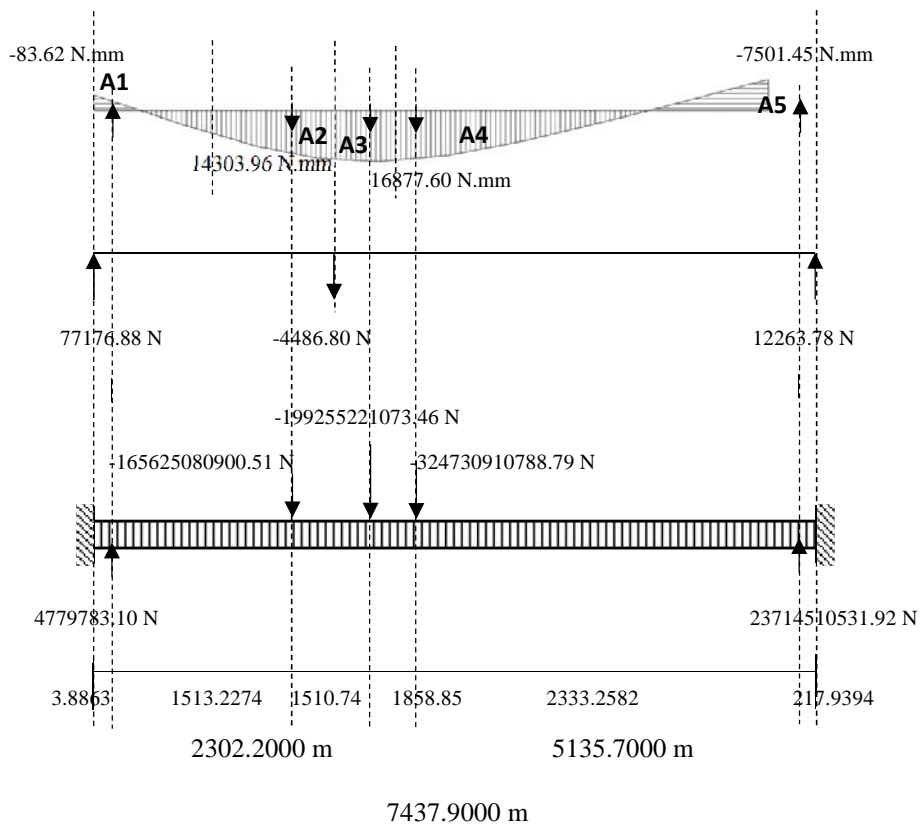
$$y8 = 1887.748 \text{ mm}$$

$$y4 = 785.086 \text{ mm}$$

$$y9 = 445.510 \text{ mm}$$

$$y5 = 725.652 \text{ mm}$$

$$y10 = 217.939 \text{ mm}$$



Menghitung Reaksi di A

$$M_B = 0$$

$$\begin{aligned} & (R_A \cdot 7437.9000) + (4779783.1002 \cdot 7434.0137) \\ & + (-1.65625E+11 \cdot 5920.786) + (-199255221073.5 \cdot \\ & 4410.048) + (-324730910788.79 \cdot 2551.1976) \\ & + (23714510531.916 \cdot 217.9394) = 0 \\ & 7437.9000 R_A + 35532972988.11 + -980630704234487.00 \\ & + -878725117798966.00 + -828452730176073.00 \\ & + 5168325766546.910 = 0 \\ & 7437.9000 R_A - 2682604693469990.00 = 0 \end{aligned}$$

$$R_A = \frac{2682604693469990.00}{7437.9000} = 360666948126.49 \text{ N}$$

$$M_A = 0$$

$$\begin{aligned} & (R_B \cdot 7437.90) + (23714510531.92 \cdot 7219.9606) \\ & + (-324730910788.793 \cdot 4886.702) + (-199255221073.5) \\ & \cdot 3027.9) + (-165625080900.51 \cdot 1517.1137) + 4779783.10 \\ & \cdot 3.8863) = 0 \\ & 7437.900 R_B + 171217832118790.00 + -1586863311179890.0 \\ & + -603315291023347.00 + -251272084995379.000 \\ & + 18575732.733 = 0 \\ & 7437.9000 R_B - 2270232836504090 = 0 \end{aligned}$$

$$R_B = \frac{2270232836504090.00}{7437.9000} = 305224974321.259 \text{ N}$$

Menghitung momen maksimal :

$$M_A = 0$$

$$M_B = RA \cdot 3.88631$$

$$= 3.61E+11 \cdot 3.8863 = 1401664614000.32 \quad \text{N.mm}$$

$$M_C = RA \cdot 1517.114 + A1 \cdot 1513.227$$

$$= 3.61E+11 \cdot 1517.114 + 4.78E+06 \cdot 1513.227$$

$$= 547180013445924.0 \quad \text{N.mm}$$

$$M_D = RA \cdot 3027.852 + A1 \cdot 3023.966 + A2 \cdot 1510.738$$

$$= 3.61E+11 \cdot 3027.852 + 4779783.10 \cdot 3023.966$$

$$+ -1.656E+11 \cdot 1510.738 = 841844418649385.00 \quad \text{N.mm}$$

$$M_E = RA \cdot 4886.702 + A1 \cdot 4882.816 + A2 \cdot 3369.589$$

$$+ A3' \cdot 1858.851$$

$$= 3.61E+11 \cdot 4886.702 + 4779783.10 \cdot 4882.816$$

$$+ -1.656E+11 \cdot 3369.589 + -1.993E+11 \cdot 1858.851$$

$$= 834021308590641.0 \quad \text{N.mm}$$

$$M_F = RA \cdot 7219.961 + A1 \cdot 7216.074 + A2 \cdot 5702.847$$

$$+ A3 \cdot 4192.1088 + A4 \cdot 2333.2582$$

$$= 3.61E+11 \cdot 7219.961 + 4779783.10 \cdot 7216.074$$

$$+ -1.7E+11 \cdot 5702.847 + -2.0E+11 \cdot 4192.109$$

$$+ -3.2E+11 \cdot 2333.258$$

$$= 66520542233210.10 \quad \text{N.mm}$$

$$M_G = RA \cdot 7437.900 + A1 \cdot 7434.014 + A2 \cdot 5920.786$$

$$+ A3 \cdot 4410.05 + A4 \cdot 2551.198 + A5 \cdot 217.939$$

$$= 3.61E+11 \cdot 7437.900 + 4.8E+06 \cdot 7434.014$$

$$+ -1.7E+11 \cdot 5920.786 + -2.0E+11 \cdot 4410.048$$

$$+ -3.2E+11 \cdot 2551.198 + 2.4E+10 \cdot 217.939 = 0 \quad \text{kg}\cdot\text{m}$$

- Mencari Inersia Balok komposit

Lengan momen Profil WF

$$y = \frac{1}{2} h_{WF} + h_{Pelat}$$

$$= \frac{1}{2} 400 + 150 = 350 \text{ mm}$$

Lengan momen Pelat beton

$$y = \frac{1}{2} h_{Pelat}$$

$$= \frac{1}{2} 150 = 75 \text{ mm}$$

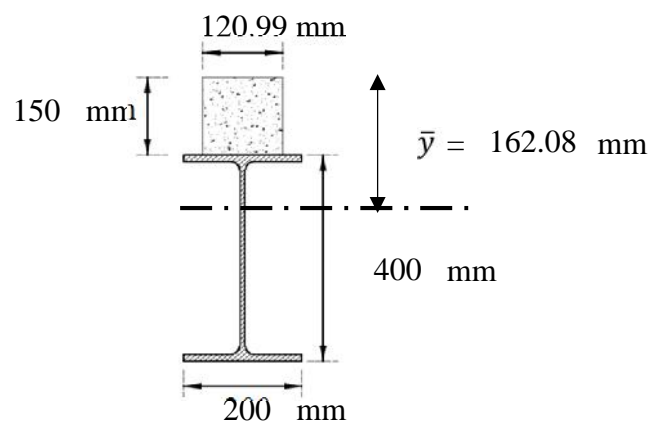
$$\begin{aligned} \text{Luas Pelat beton transformasi} &= t_s \cdot b_e/n \\ &= 150 \cdot 120.99 \\ &= 18149.12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan letak garis netral :

Penampang	Luas Transformasi A (mm ²)	Lengan momen y (mm)	A · y (mm ³)
Pelat beton	18149.12	75	1361184.26
Profil WF	8410.00	350	2943500
	26559.12		4304684.26

$$\bar{y} = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{4304684.26}{26559.12} = 162.08 \text{ mm}$$

(diukur dari bagian atas pelat)



Gambar 4.43 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja

Inersia Pelat

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 120.99 \cdot 150^3$$

$$= 34029606 \text{ mm}^4$$

- Momen Inersia Penampang dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar:

	A (mm ²)	y (mm)	I ₀ (mm ⁴)	\bar{y}	I ₀ + A · d ² (mm ⁴)
				$\bar{y} - y$ d (cm)	
Pelat	18149.12	75	34029606.4	87.08	171650875.682
WF	8410.00	350	237000000	187.92	533992319.025
<i>Inersia Balok Komposit (I_{tr}) =</i>					705643194.708

$$M_{max} = 841844418649385.00 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$= \frac{M_{max}}{E \cdot I} = \frac{841844418649385.00}{200000 \cdot 705643194.708} = 5.97 \text{ mm}$$

Kontrol lendutan $< \frac{L}{360}$

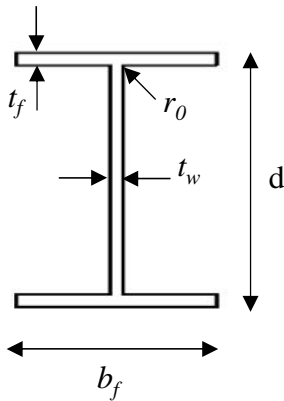
$$5.965 < \frac{7437.9}{360}$$

$$5.97 \text{ mm} < 20.66 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{ Ok}$$

4.11 Perhitungan Kolom

Kolom 403 Lantai 1

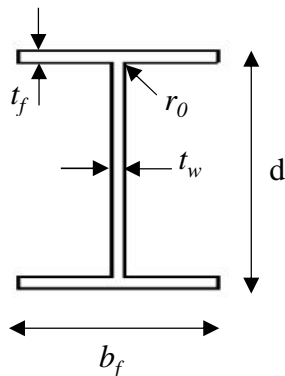
Kolom (403)



WF 600 x 300 x 11 x 17

d	=	600 mm	I_x	=	118000 cm ⁴
b_f	=	300 mm	I_y	=	9020 cm ⁴
t_w	=	12 mm	i_x	=	24.8 cm
t_f	=	20 mm	i_y	=	6.85 cm
r_0	=	28 mm	S_x	=	4020 cm ³
A	=	192.50 cm ²	S_y	=	601.0 cm ³
Berat	=	151 kg/m	Z_x	=	4308.9 cm ³
			Z_y	=	919.7 cm ³

Balok (236)



WF 350 x 175 x 7 x 11

d	=	350 mm	I_x	=	13600 cm ⁴
b_f	=	175 mm	I_y	=	984 cm ⁴
t_w	=	7 mm	i_x	=	14.7 cm
t_f	=	11 mm	i_y	=	3.95 cm
r_0	=	14 mm	S_x	=	775 cm ³
A	=	63.14 cm ²	S_y	=	112 cm ³
Berat	=	49.6 kg/m	Z_x	=	840.8 cm ³
			Z_y	=	172.5 cm ³

Material baja BJ 37 ; f_u = 370 MPa

; f_y = 240 MPa

Modulus Elastisitas baja (E) = 200000 MPa

Modulus Elastisitas Geser baja (G) = 77200 MPa

Mutu pelat beton (f'_c) = 25 MPa

Modulus Elastisitas beton = $4700\sqrt{f'_c}$ = 23500 MPa

- Diperoleh dari aplikasi ETABS

Kolom yang ditinjau

$$P_u = 157626.11 \text{ kg} \quad 1576261.10 \text{ N}$$

Sumbu kuat (X)

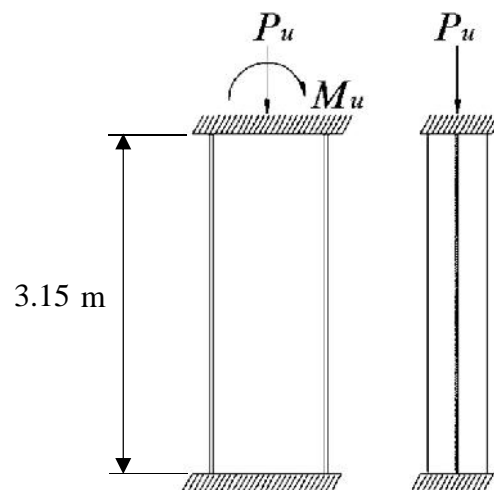
$$M_{ux} = 5987.97 \text{ kg}\cdot\text{m} \quad 59879700 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$V_{ux} = 2306.13 \text{ kg} \quad 23061.30 \text{ N}$$

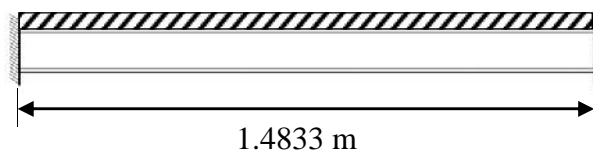
Sumbu Lemah (Y)

$$M_{uy} = 0.75 \text{ kg}\cdot\text{m} \quad 7500 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$V_{uy} = 0.35 \text{ kg} \quad 3.50 \text{ N}$$



Gambar 4.44 Kolom yang ditinjau



Gambar 4.45 Balok yang ditinjau

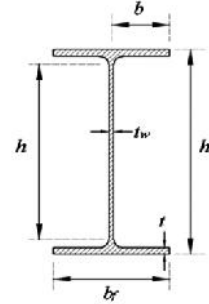
Perhitungan Terhadap Kolom

- Menentukan Klasifikasi Penampang Kolom memikul tekan

- Elemen pada batang tekan aksial

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned} h &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\ &= 600 - 20 - 2 \cdot 28 \\ &= 524 \text{ mm} \end{aligned}$$



Tekuk Lokal Flens

$$\begin{aligned} \frac{b}{t} &< 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{150}{20} < 0.56 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &< r \\ 7.50 &< 16.17 \text{ Tidak Langsing!} \end{aligned}$$

Tekuk Lokal Web

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &< 1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{532}{12} < 1.49 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &> r \\ 44.33 &> 43.01 \text{ Penampang Langsing!} \end{aligned}$$

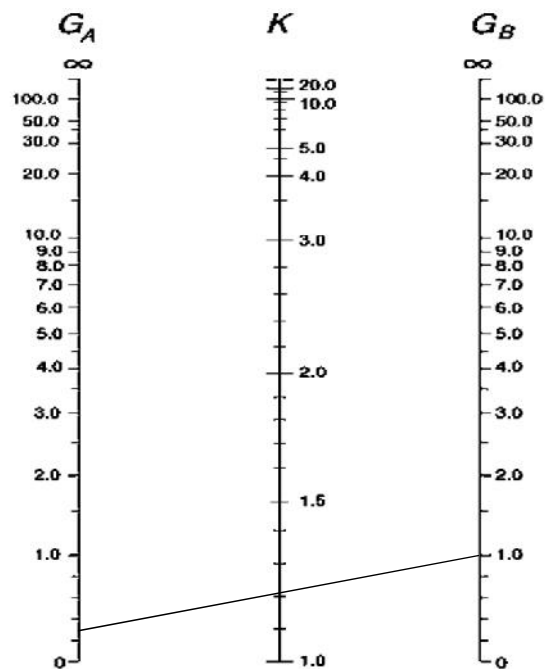
Menentukan Faktor Panjang tekuk

- Nilai K (faktor panjang efektif) kolom arah x , Kolom diambil = 1 karena tidak terdapat balok pada sumbu x
- Nilai K (faktor panjang efektif) kolom arah y , Kolom dianggap merupakan rangka bergoyang karena terjadi displacement akibat beban gempa. Nilai E (modulus elastisitas) dianggap 1 karena material balok dan kolom sama

$$G_A = \frac{(EI/L)_c}{(EI/L)_g} = \frac{\left[\frac{90200000}{3150} + \frac{90200000}{3150} \right]}{\left[\frac{136000000}{1483.30} + \frac{136000000}{1483.30} \right]}$$

$$= 0.31$$

G_B = Untuk kolom yang terhubung kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G diambil sebesar 1.0



Gambar 4.46 Nomogram portal bergoyang

Maka diperoleh nilai $K = 1.00$ (sumbu x)

Maka diperoleh nilai $K = 1.32$ (sumbu y)

- Faktor Pembesaran Momen untuk P-

- Kapasitas tekuk kritis

$$I^* = I_x = 1180000000 \text{ mm}^4$$

$$I^* = I_y = 90200000 \text{ mm}^4$$

maka kapasitas tekuk kritisnya adalah:

Sumbu Kuat (x)

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{2 \cdot 200000 \cdot 1180000000}{(1.32 \cdot 3150)^2}$$
$$= 134831794.48 \text{ N}$$

Sumbu Lemah (y)

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{2 \cdot 23500 \cdot 90200000}{(1.00 \cdot 3150)^2}$$
$$= 2110097.75 \text{ N}$$

- Koefisien elemen tak bergoyang

Sumbu Kuat (x)

$$M_1 = 748.06 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 5987.97 \text{ kg.m}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2)$$
$$= 0.6 - 0.4 \cdot \left[\frac{748.06}{5987.97} \right] = 0.55$$

Sumbu Lemah (y)

$$M_1 = 0.29 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 0.75 \text{ kg.m}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2)$$
$$= 0.6 - 0.4 \cdot \left[\frac{0.29}{0.75} \right] = 0.45$$

- Faktor B₁ untuk P- (di elemen)

Sumbu Kuat (x)

$$\begin{aligned} \text{Kuat aksial perlu elemen } (P_r = P_u) &= 1576261.10 \text{ N} \\ &= 1.0 \text{ (kondisi batas ultimit)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1 \\ &= \frac{0.55}{1 - 1.0 \left[\frac{1576261.10}{134831794.48} \right]} \geq 1 \\ &= 0.56 < 1 \end{aligned}$$

maka diambil nilai terbesar yaitu = 1

Sumbu Lemah (y)

$$\begin{aligned} \text{Kuat aksial perlu elemen } (P_r = P_u) &= 1576261.10 \text{ N} \\ &= 1.0 \text{ (kondisi batas ultimit)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1 \\ &= \frac{0.45}{1 - 1.0 \left[\frac{1576261.10}{2110097.75} \right]} \geq 1 \\ &= 1.76 > 1 \end{aligned}$$

maka diambil nilai terbesar yaitu = 1.76

- Faktor B₂ untuk P- (di Struktur)

Beban Vertikal total pada Kolom

$$P_{mf} = P_{story} = P_u = 1576261.10 \text{ N}$$

- Koefisien untuk menghitung pengaruh P-

$$R_M = 1 - 0.15 \left[\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right]$$

$$= 1 - 0.15 \left[\frac{1576261.10}{1576261.10} \right] = 0.85$$

- Kuat tekuk kritis elastis

$$H = \text{drift antar tingkat} = 6.47 \text{ mm (lantai 2 arah x)}$$

$$= \frac{\Delta_{ex}}{L} = \frac{6.47}{3150} = 0.00205 \text{ mm/mm}$$

$$H = V_u = \text{Gaya geser tingkat} = 23061.30 \text{ N}$$

maka, Kuat tekuk kritis elastis:

$$P_{e\ story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 0.85 \cdot \frac{23061.30 \cdot 3150}{0.002053968}$$

$$= 30062115435 \text{ N}$$

Maka faktor B_2 adalah:

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\ story}}} \geq 1$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{1.0 \cdot 1576261.10}{30062115435}} \geq 1$$

$$= 1.000052 \geq 1$$

maka diambil nilai terbesar yaitu = 1.000052

- **Kuat lentur perlu Elemen**

Sumbu x

Akibat Beban Vertikal (Kombinasi 2)

$$M_{nt} = 59879700 \text{ Nm}$$

Akibat Beban Lateral (Kombinasi 5)

$$M_{lt} = 21215900.00 \text{ Nm}$$

Maka kuat lentur perlu elemen terhadap sumbu kuat setelah dipebesar adalah:

$$\begin{aligned} M_{rx} &= B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \\ &= 1 \cdot 59879700 + 1.000052 \cdot 21215900 \\ &= 81096712.482 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Maka Efek P- berpengaruh, jadi nilai $M_{rx} = 81096712.482 \text{ Nm}$

Sumbu y

Akibat Beban Vertikal (Kombinasi 2)

$$M_{nt} = 7500 \text{ Nm}$$

Akibat Beban Lateral (Kombinasi 5)

$$M_{lt} = 16236500.00 \text{ Nm}$$

Maka kuat lentur perlu elemen terhadap sumbu kuat setelah dipebesar adalah:

$$\begin{aligned} M_{ry} &= B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \\ &= 1.76 \cdot 7500 + 1.000052 \cdot 16236500 \\ &= 81097362.486 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Maka Efek P- berpengaruh, jadi nilai $M_{ry} = 81097362.486 \text{ Nm}$

- **Elemen langsing diperkaku** (SNI 1729-2015 hal: 45)

Tegangan Kritis elemen langsing :

- Ditinjau tekuk-lentur dan tekuk-puntir

Tumpuan jepi-jepit pada kolom,

Maka nilai faktor panjang efektif (K) = **1.32**

Faktor Panjang efektif untuk tekuk torsi (K= K_Z)= **1.32**

Geometri penampang:

- Konstanta torsi

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} \cdot [2 \cdot b_f \cdot t_f^3 + d \cdot t_w^3] \\ &= \frac{1}{3} \cdot [2 \cdot 300 \cdot 20^3 + 600 \cdot 12^3] \\ &= 1945600 \text{ mm}^4 \end{aligned} \quad \text{Sumber: LRFD, Agus Setiawan}$$

$$c = 1 \text{ (untuk profil I simetris ganda)}$$

h_o = jarak antar titik-titik berat sayap (profil simetris ganda)

$$= d - t_f$$

$$= 600 - 20$$

$$= 580 \text{ mm}$$

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

Jari-jari girasi

$$r_x = 248 \text{ mm}$$

$$r_y = 68.5 \text{ mm}$$

Radius girasi tekuk torsi

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left(\frac{h_o}{d} + \frac{1}{6} a_w \frac{h^2}{h_o d} \right)}}$$

Dimana

a_w = rasio 2 kali luas badan tekan

$$a_w = \frac{h_c t_w}{b_{fc} t_{fc}}$$

Sayap terhadap tekan:

$$b_{fc} = b_f = 300 \text{ mm}$$

$$t_{fc} = t_f = 20 \text{ mm}$$

h_c = Dua kali tinggi dari titik berat penampang terhadap tekan

$$\begin{aligned} h_c &= 2 \cdot (\frac{1}{2} \cdot d - t_f - r_o) \\ &= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 600 - 20 - 28 \\ &= 504 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka a_w :

$$a_w = \frac{504 \cdot 12}{300 \cdot 20} = 1.01$$

maka, Radius girasi tekuk torsi

$$\begin{aligned} r_t &= \frac{300}{\sqrt{12 \left[\frac{580}{600} + \frac{1}{6} \cdot 1.01 \cdot \frac{524^2}{580 \cdot 600} \right]}} \\ &= 82.60 \text{ mm} \end{aligned}$$

menentukan r_{min}

$$r_y < r_t < r_x$$

$$68.5 < 82.60 < 248$$

maka $r_{min} = 68.5 \text{ mm}$

sehingga rasio kelangsingan dari kolom adalah:

$$Q = 1.0 \text{ (faktor reduksi untuk elemen tidak diperkaku)}$$

$$\underline{KL} = \frac{1.32 \cdot 3150}{6070} < 1.71 \sqrt{\frac{E}{}}$$

$$\begin{aligned}
r_{\min} &= 68.5 > 4.71 \sqrt{Q \cdot f_y} \\
&= 60.70 < 4.71 \sqrt{\frac{200000}{1.0 \cdot 240}} \\
&= 60.70 < 136
\end{aligned}$$

- **Tegangann kritis tekuk-lentur**

dimana nilai tegangan tekuk elastisnya (F_e):

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{200000}{\left(\frac{1.32 \cdot 3150}{68.50}\right)^2} = 536.16 \text{ MPa}$$

(SNI 1729-2015 hal:35)

Maka tegangan kritis **tekuk-lentur**

$$\begin{aligned}
F_{cr} &= Q \left[0,658 \frac{QF_y}{F_e} \right] F_y && \text{(SNI 1729-2015 hal: 42)} \\
&= 1.0 \cdot \left[0.658 \frac{1.0 \times 240}{536.16} \right] \cdot 240 \\
&= 199.00 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

- **Tegangann kritis tekuk-Puntir**

konstanta pembengkokan C_w untuk profil simetris ganda menurut

SNI 1729-2015 hal:38 adalah:

$$\begin{aligned}
C_w &= \frac{I_y \cdot h_o^2}{4} = \frac{90200000 \cdot 580^2}{4} \\
&= 7585820000000 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

dimana nilai tegangan tekuk elastisnya (F_e):

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (\text{SNI 1729-2015 hal:36})$$

$$= \left[\frac{200000}{(1.32 \cdot 3150)^2} + 77200 \cdot 1945600.00 \right]$$

$$\cdot \frac{1}{1180000000 + 90200000}$$

$$= 335.38 \text{ MPa}$$

sehingga nilai tegangan kritis **tekuk-puntir**

$$F_{cr} = Q \left[0,658 \frac{QF_y}{F_e} \right] F_y \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 42})$$

$$= 1.00 \cdot \left[0.658 \frac{1.00 \times 240}{335.38} \right] \cdot 240$$

$$= 177.882 \text{ MPa}$$

F_{cr} tekuk lentur > F_{cr} tekuk puntir

$$199.00 > 177.88$$

maka tekuk yang terjadi adalah tekuk puntir = 177.88 MPa

- Kekuatan tekan nominal

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$= 177.88 \cdot 19250$$

$$= 3424225.23 \text{ N}$$

$$c \cdot P_n = 0.9 \cdot 3424225.23$$

$$= 3081802.71 \text{ N}$$

Syarat: $c \cdot P_n > P_u$

$$3081802.71 > 1576261.10 \dots\dots\dots \text{Ok}$$

- Menghitung Kuat Lentur Rencana

Menentukan Klasifikasi Penampang Kolom memikul lentur

- elemen tekan batang memikul lentur

Tekuk Lokal Flens

$$\frac{b}{t} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{150}{20} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$< r$$

$$7.50 < 10.97 \text{ Penampang Kompak!}$$

Tekuk Lokal Web

$$\frac{h}{t_w} = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{524}{12} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$< r$$

$$43.67 < 108.54 \text{ Penampang Kompak!}$$

- Periksa Terhadap Tekuk torsi lateral

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \cdot 68.5 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$= 3480.267 \text{ mm} \quad 3.48 \text{ m}$$

- Pembatas Panjang tidak dibreis/ diberi pengaku secara lateral

untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}}$$

- Properti geometri penampang profil Kolom

- Radius Girasi Efektif

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{90200000 \cdot 580}{2 \cdot 4020000}$$

$$r_{ts}^2 = 6506.965$$

$$r_{ts} = 80.666 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L_r &= 1.95 \cdot 80.67 \cdot \frac{200000}{0.7 \cdot 240} \\ &= \sqrt{\frac{1945600 \cdot 1}{4020000 \cdot 580} + \sqrt{\left[\frac{1945600 \cdot 1}{4020000 \cdot 580}\right]^2 + 6.76 \cdot \left[\frac{0.7 \cdot 240}{200000}\right]^2}} \\ &= 187259.805 \cdot \sqrt{0.000834 + \sqrt{0.000000696 + 0.000004770}} \\ &= 187259.805 \cdot \sqrt{0.000834 + \sqrt{0.000005466}} \\ &= 187259.805 \cdot \sqrt{0.000834 + 0.00234} \\ &= 187259.805 \cdot \sqrt{0.00317} \\ &= 10547.28 \text{ mm} \quad 10.55 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka:

$$L < L_p < L_r$$

$$3.15 < 3.48 < 10.55 \dots \text{ Aman}$$

- $L < L_r$

maka panjang bentang memenuhi pembatasan panjang tidak di breis/ di beri pengaku secara lateral (Lr) untuk memenuhi kondisi batas tekuk torsi lateral

- $L < L_p$

maka panjang bentang memenuhi pembatasan panjang komponen struktur utama tidak di breis secara lateral (Lp). Jadi balok baja tidak perlu diberi pengaku lateral

karena profil kolom memiliki Badan kompak, maka kuat lentur nominal terhadap sumbu kuatnya adalah:

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_P = Z_X \cdot f_y \\ &= 4308900 \cdot 240 \\ &= 1034136000 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= 0.85 \cdot 1034136000 \\ &= 879015600 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$M_{nx} > M_{ux}$$

$$879015600 > 81096712 \quad \text{Ok}$$

Kuat nominal terhadap sumbu lemahnya adalah:

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_P = Z_y \cdot f_y \\ &= 919700 \cdot 240 \\ &= 220728000 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= 0.85 \cdot 220728000.00 \\ &= 187618800 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$M_{ny} > M_{uy}$$

$$187618800 > 7500 \quad \text{Ok}$$

Maka tahanan nominal mencukupi pada momen ultimit yang terjadi pada sumbu kuat dan sumbu lemahnya

- Menghitung Interaksi Gaya Aksial dan Momen Lentur

$$P_r = P_u = 1576261.10 \text{ N}$$

$$P_c = c \cdot P_u = 3081802.71 \text{ N}$$

$$M_{rx} = M_{ux} = 81096712.48 \text{ N}$$

$$M_{cx} = b \cdot M_{nx} = 879015600.00 \text{ N}$$

$$M_{ry} = M_{uy} = 81097362.49 \text{ N}$$

$$M_{cy} = c \cdot M_{ny} = 187618800.00 \text{ N}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1576261.10}{3081802.71} = 0.511 > 0.2$$

Maka persamaan interaksinya

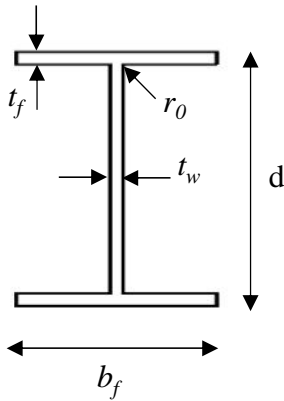
$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \cdot \left[\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right] \leq 1.0$$

$$\frac{1576261.10}{3081802.71} + \frac{8}{9} \cdot \left[\frac{81096712.48}{879015600.00} + \frac{81097362.49}{187618800.00} \right]$$

$$= 0.98 \leq 1.0 \text{ Ok!}$$

Kolom 411 Lantai 2

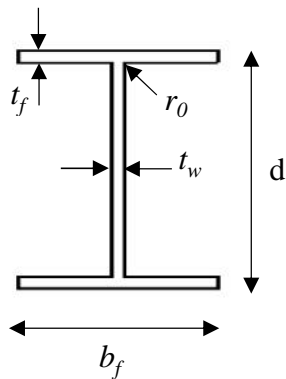
Kolom (411)



WF 600 x 300 x 11 x 17

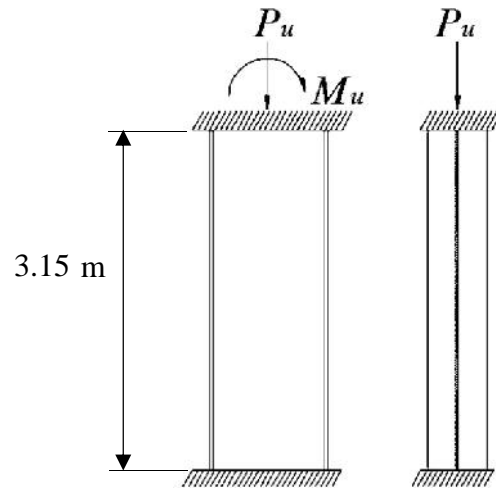
d	=	600	mm	I_x	=	118000	cm ⁴
b_f	=	300	mm	I_y	=	9020	cm ⁴
t_w	=	12	mm	i_x	=	24.8	cm
t_f	=	20	mm	i_y	=	6.85	cm
r_o	=	28	mm	S_x	=	4020	cm ³
A	=	192.50	cm ²	S_y	=	601.0	cm ³
Berat	=	151	kg/m	Z_x	=	4308.9	cm ³
				Z_y	=	919.7	cm ³

Balok (243)

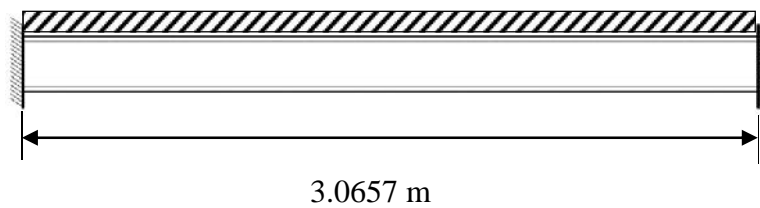


WF 300 x 150 x 9 x 13

d	=	300	mm	I_x	=	7210	cm ⁴
b_f	=	150	mm	I_y	=	508	cm ⁴
t_w	=	9	mm	i_x	=	12.4	cm
t_f	=	13	mm	i_y	=	3.29	cm
r_o	=	13	mm	S_x	=	481	cm ³
A	=	46.78	cm ²	S_y	=	67.7	cm ³
Berat	=	36.7	kg/m	Z_x	=	728.6	cm ³
				Z_y	=	151.8	cm ³



Gambar 4.47 Kolom yang ditinjau



Gambar 4.48 Balok yang ditinjau

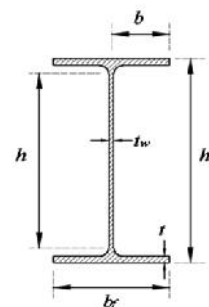
Perhitungan Terhadap Kolom

- Menentukan Klasifikasi Penampang Kolom memikul tekan

- Elemen pada batang tekan aksial

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned}
 h &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\
 &= 600 - 20 - 2 \cdot 28 \\
 &= 524 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Tekuk Lokal Flens

$$\frac{b}{t} < 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{150}{20} < 0.56 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$
$$< r$$
$$7.50 < 16.17 \text{ Tidak Langsing!}$$

Tekuk Lokal Web

$$\frac{h}{t_w} < 1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{534}{12} < 1.49 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$
$$> r$$
$$44.50 > 43.01 \text{ Penampang Langsing!}$$

- Lebar Efektif balok komposit (243)

Tebal Pelat (t_s) = 150 mm

Panjang Balok (L) = 3065.7 mm

- Untuk balok Interior

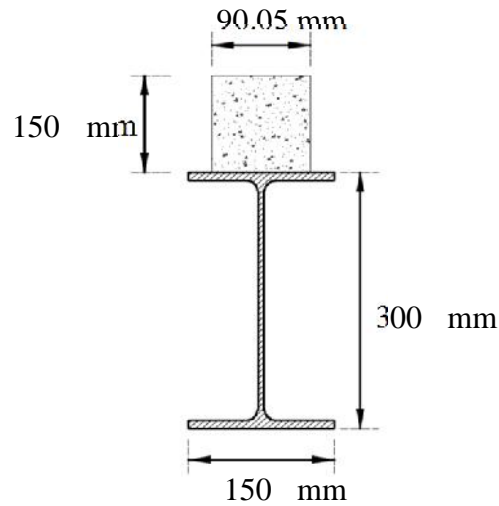
$$b_E = \frac{L}{4} = \frac{3065.7}{4} = 766.43 \text{ mm}$$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{766.425}{8.511} = 90.05 \text{ mm}$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.49 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja

- Mencari Inersia Balok komposit

Lengan momen Profil WF

$$y = \frac{1}{2} h_{WF} + h_{Pelat}$$

$$= \frac{1}{2} 300 + 150 = 300 \text{ mm}$$

Lengan momen Pelat beton

$$y = \frac{1}{2} h_{Pelat}$$

$$= \frac{1}{2} 150 = 75 \text{ mm}$$

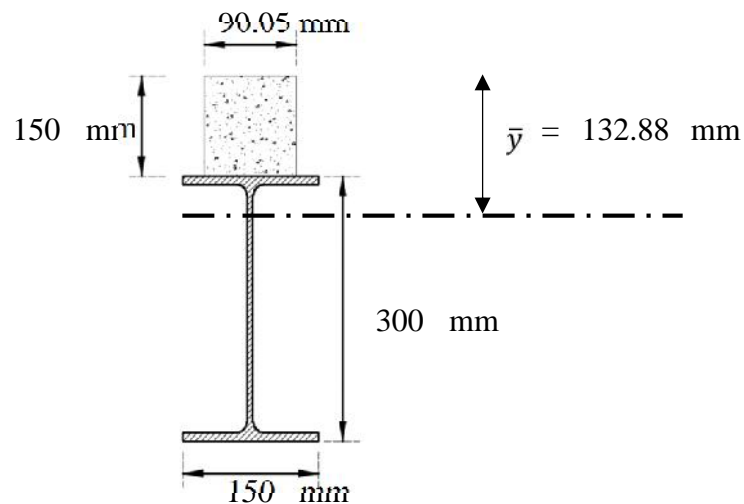
$$\begin{aligned} \text{Luas Pelat beton transformasi} &= t_s \cdot b_e/n \\ &= 150 \cdot 90.05 \\ &= 13508.24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan letak garis netral :

Penampang	Luas Transformasi A (mm ²)	Lengan momen y (mm)	A · y (mm ³)
Pelat beton	13508.24	75	1013118.05
Profil WF	4678.00	300	1403400
	18186.24		2416518.05

$$\bar{y} = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{2416518.05}{18186.24} = 132.88 \text{ mm}$$

(diukur dari bagian atas pelat)



Gambar 4.50 Letak garis netral balok komposit

Inersia Pelat

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 90.05 \cdot 150^3 \\ &= 25327951 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Momen Inersia Penampang dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar:

	A (mm ²)	y (mm)	I ₀ (mm ⁴)	$\bar{y} - y$	I ₀ + A · d ² (mm ⁴)
				d (cm)	
Pelat	13508.24	75	25327951.2	57.88	70575847.566
WF	4678.00	300	72100000	167.12	202758288.214
<i>Inersia Balok Komposit (I_{tr}) =</i>					273334135.780

- **Lebar Efektif balok komposit (244)**

Tebal Pelat (t_s) = 150 mm

Panjang Balok (L) = 1320 mm

- Untuk balok Interior

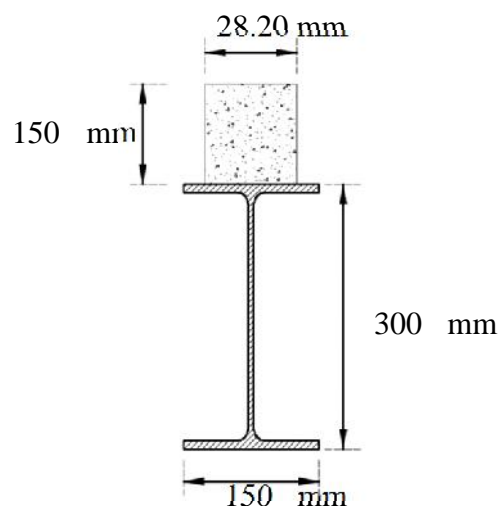
$$b_E = \frac{L}{8} + \frac{b_f}{2} = \frac{1320}{8} + \frac{150}{2} = 240 \text{ mm}$$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{240}{8.511} = 28.20 \text{ mm}$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.51 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja

- Mencari Inersia Balok komposit

Lengan momen Profil WF

$$y = \frac{1}{2} h_{WF} + h_{Pelat}$$

$$= \frac{1}{2} 300 + 150 = 300 \text{ mm}$$

Lengan momen Pelat beton

$$y = \frac{1}{2} h_{Pelat}$$

$$= \frac{1}{2} 150 = 75 \text{ mm}$$

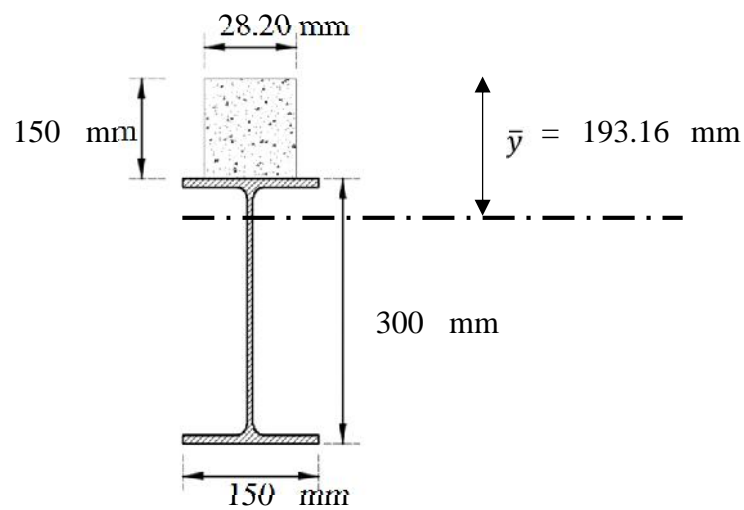
$$\begin{aligned} \text{Luas Pelat beton transformasi} &= t_s \cdot b_e/n \\ &= 150 \cdot 28.20 \\ &= 4230.00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan letak garis netral :

Penampang	Luas Transformasi A (mm ²)	Lengan momen y (mm)	A · y (mm ³)
Pelat beton	4230.00	75	317250
Profil WF	4678.00	300	1403400
	8908.00		1720650.00

$$\bar{y} = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{1720650.00}{8908.00} = 193.16 \text{ mm}$$

(diukur dari bagian atas pelat)



Gambar 4.52 Letak garis netral balok komposit

Inersia Pelat

$$\begin{aligned}
 I_p &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 28.20 \cdot 150^3 \\
 &= 7931250 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- Momen Inersia Penampang dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar:

	A (mm ²)	y (mm)	I ₀ (mm ⁴)	$\bar{y} - y$	I ₀ + A · d ² (mm ⁴)
				d (cm)	
Pelat	4230	75	7931250	57.88	22100275.194
WF	4678.00	300	72100000	167.12	202758288.214
<i>Inersia Balok Komposit (I_{tr})=</i>					224858563.409

- Lebar Efektif balok komposit (9)

Tebal Pelat (t_s) = 150 mm

Panjang Balok (L) = 2400 mm

- Untuk balok Interior

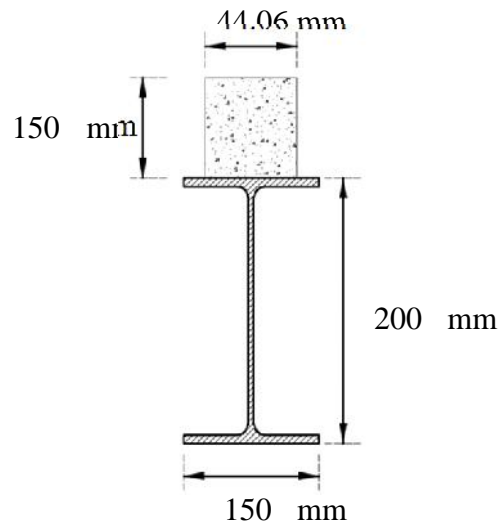
$$b_E = \frac{L}{8} + \frac{b_f}{2} = \frac{2400}{8} + \frac{150}{2} = 375 \text{ mm}$$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{375}{8.511} = 44.06 \text{ mm}$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.53 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja

- Mencari Inersia Balok komposit

Lengan momen Profil WF

$$y = \frac{1}{2} h_{WF} + h_{Pelat}$$

$$= \frac{1}{2} 200 + 150 = 250 \text{ mm}$$

Lengan momen Pelat beton

$$y = \frac{1}{2} h_{Pelat}$$

$$= \frac{1}{2} 150 = 75 \text{ mm}$$

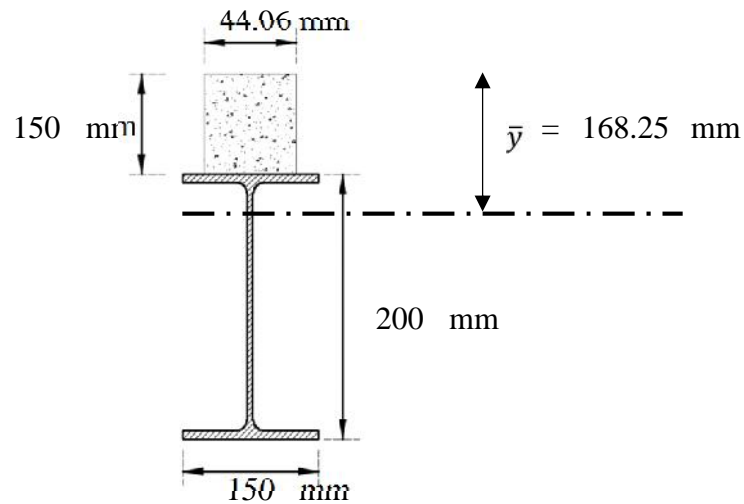
$$\begin{aligned} \text{Luas Pelat beton transformasi} &= t_s \cdot b_e/n \\ &= 150 \cdot 44.06 \\ &= 6609.38 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan letak garis netral :

Penampang	Luas Transformasi A (mm ²)	Lengan momen y (mm)	A · y (mm ³)
Pelat beton	6609.38	75	495703.125
Profil WF	4678.00	300	1403400
	11287.38		1899103.13

$$\bar{y} = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{1899103.13}{11287.38} = 168.25 \text{ mm}$$

(diukur dari bagian atas pelat)



Gambar 4.54 Letak garis netral balok komposit

Inersia Pelat

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 44.06 \cdot 150^3 \\ &= 12392578 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Momen Inersia Penampang dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar:

	A (mm ²)	y (mm)	I ₀ (mm ⁴)	$\bar{y} - y$	I ₀ + A · d ² (mm ⁴)
				d (cm)	
Pelat	6609.375	75	12392578.1	57.88	34531679.991
WF	4678.00	300	72100000	167.12	202758288.214
<i>Inersia Balok Komposit (I_{tr}) =</i>					237289968.206

Menentukan Faktor Panjang tekuk

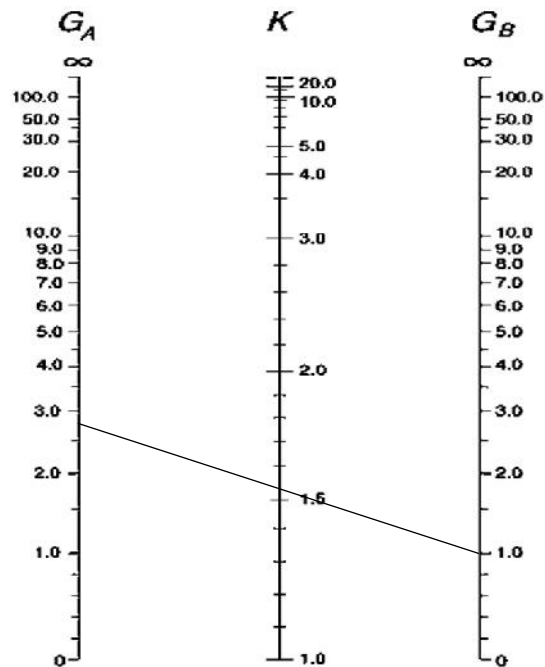
- Nilai K (faktor panjang efektif) kolom arah x , Kolom dianggap merupakan rangka bergoyang karena terjadi displacement akibat beban gempa.

Nilai E (modulus elastisitas) dianggap 1 karena material balok dan kolom sama

$$G_A = \frac{(EI/L)_c}{(EI/L)_g} = \frac{\left[\frac{1180000000}{3150} + \frac{1180000000}{3150} \right]}{\left[\frac{273334135.780}{3065.70} + \frac{224858563.409}{1320.00} \right]}$$

$$= 2.89$$

G_B = Untuk kolom yang terhubung kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G diambil sebesar 1.0



Gambar 4.55 Nomogram portal bergoyang sumbu x

Maka diperoleh nilai $K = 1.52$ (sumbu x)

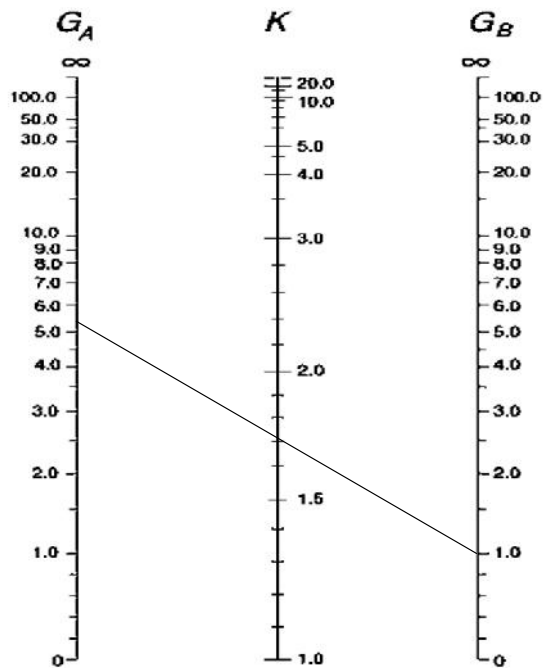
- Nilai K (faktor panjang efektif) kolom arah y, Kolom dianggap merupakan rangka bergoyang karena terjadi displacement akibat beban gempa.

Nilai E (modulus elastisitas) dianggap 1 karena material balok dan kolom sama

$$G_A = \frac{(EI/L)_c}{(EI/L)_g} = \frac{\left[\frac{90200000}{3150} + \frac{90200000}{3150} \right]}{\left[\frac{26750000.000}{2400.00} \right]}$$

$$= 5.14$$

G_B = Untuk kolom yang terhubung kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G diambil sebesar 1.0



Gambar 4.56 Nomogram portal bergoyang sumbu y

Maka diperoleh nilai $K = 1.72$ (sumbu y)

- **Faktor Pembesaran Momen untuk P-**

- Kapasitas tekuk kritis

$$I^* = I_x = 1180000000 \text{ mm}^4$$

$$I^* = I_y = 90200000 \text{ mm}^4$$

maka kapasitas tekuk kritisnya adalah:

Sumbu Kuat (x)

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{2 \cdot 200000 \cdot 1180000000}{(1.52 \cdot 3150)^2}$$
$$= 101684088.77 \text{ N}$$

Sumbu Lemah (y)

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{2 \cdot 23500 \cdot 90200000}{(1.72 \cdot 3150)^2}$$
$$= 713256.40 \text{ N}$$

- Koefisien elemen tak bergoyang

Sumbu Kuat (x)

$$M_1 = 2583.91 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 7764.89 \text{ kg.m}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2) = 0,6 - 0,4 \cdot \left(\frac{2583.91}{7764.89} \right) = 0,47$$

Sumbu Lemah (y)

$$M_1 = 1.84 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 44.44 \text{ kg.m}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2) = 0,6 - 0,4 \cdot \left(\frac{1.84}{44.44} \right) = 0,58$$

- Faktor B_1 untuk P- (di elemen)

Sumbu Kuat (x)

$$\begin{aligned} \text{Kuat aksial perlu elemen } (P_r = P_u) &= 953347.80 \text{ N} \\ &= 1.0 \text{ (kondisi batas ultimit)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1 \\ &= \frac{0.47}{1 - 1.0 \left[\frac{953347.80}{101684088.77} \right]} \geq 1 \\ &= 0.47 < 1 \end{aligned}$$

maka diambil nilai terbesar yaitu = 1

Sumbu Lemah (y)

$$\begin{aligned} \text{Kuat aksial perlu elemen } (P_r = P_u) &= 953347.80 \text{ N} \\ &= 1.0 \text{ (kondisi batas ultimit)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1 \\ &= \frac{0.58}{1 - 1.0 \left[\frac{953347.80}{713256.40} \right]} \geq 1 \\ &= -1.73 < 1 \end{aligned}$$

maka diambil nilai terbesar yaitu = 1

- Faktor B_2 untuk P- (di Struktur)

Beban Vertikal total pada Kolom

$$P_{mf} = P_{story} = P_u = 953347.80 \text{ N}$$

- Koefisien untuk menghitung pengaruh P-

$$R_M = 1 - 0.15 \left[\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right] = 1 - 0.15 \left[\frac{953347.80}{953347.80} \right] = 0.85$$

- Kuat tekuk kritis elastis

$$H = \text{drift antar tingkat} = 6.47 \text{ mm (lantai 2 arah x)}$$

$$= \frac{\delta_{ex}}{L} = \frac{6.47}{3150} = 0.00205 \text{ mm/mm}$$

$$H = V_u = \text{Gaya geser tingkat} = 18178.90 \text{ N}$$

maka, Kuat tekuk kritis elastis:

$$P_{e \text{ story}} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 0.85 \cdot \frac{18178.90 \cdot 3150}{0.002053968}$$
$$= 23697544816 \text{ N}$$

Maka faktor B_2 adalah:

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \geq 1$$
$$= \frac{1}{1 - \frac{1.0 \cdot 953347.80}{23697544816}} \geq 1$$
$$= 1.000040 \geq 1$$

maka diambil nilai terbesar yaitu = 1.000040

- **Kuat lentur perlu Elemen**

Sumbu x

Akibat Beban Vertikal (Kombinasi 3)

$$M_{nt} = 25839100.0 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Akibat Beban Lateral (Kombinasi 10)

$$M_{lt} = 8221100.0 \text{ N}$$

Maka kuat lentur perlu elemen terhadap sumbu kuat setelah di pebesar adalah:

$$\begin{aligned} M_{rx} &= B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \\ &= 1 \cdot 25839100 + 1.000040 \cdot 8221100 \\ &= 34060530.7 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka Efek P- berpengaruh, jadi nilai $M_{rx} = 34060530.75 \text{ Nm}$

Sumbu y

Akibat Beban Vertikal (Kombinasi 2)

$$M_{nt} = 18400.0 \text{ N}$$

Akibat Beban Lateral (Kombinasi 5)

$$M_{lt} = 6969000.00 \text{ N}$$

Maka kuat lentur perlu elemen terhadap sumbu kuat setelah di pebesar adalah:

$$\begin{aligned} M_{ry} &= B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \\ &= 1 \cdot 18400 + 1.000040 \cdot 6969000 \\ &= 81097362.5 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka Efek P- berpengaruh, jadi nilai $M_{ry} = 81097362.49 \text{ N}$

- **Elemen langsing diperkaku** (SNI 1729-2015 hal: 45)

Tegangan Kritis elemen langsing sebelum diperkaku:

- Ditinjau tekuk-lentur dan tekuk-puntir

Tumpuan jepi-jepit pada kolom,

Maka nilai faktor panjang efektif (K) = **1.72**

Faktor Panjang efektif untuk tekuk torsi (K= K_Z)= **1.72**

Geometri penampang:

- Konstanta torsi

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} \cdot [2 \cdot b_f \cdot t_f^3 + d \cdot t_w^3] \\ &= \frac{1}{3} \cdot [2 \cdot 300 \cdot 20^3 + 600 \cdot 12^3] \\ &= 1945600 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Sumber: LRFD, Agus Setiawan

c = 1 (untuk profil I simetris ganda)

h_o = jarak antar titik-titik berat sayap (profil simetris ganda)

$$= d - t_f$$

$$= 600 - 20$$

$$= 580 \text{ mm}$$

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

Jari-jari girasi

$$r_x = 248 \text{ mm}$$

$$r_y = 68.5 \text{ mm}$$

Radius girasi tekuk torsi

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left(\frac{h_o}{d} + \frac{1}{6} a_w \frac{h^2}{h_o d} \right)}}$$

Dimana

a_w = rasio 2 kali luas badan tekan

$$a_w = \frac{h_c t_w}{b_{fc} t_{fc}}$$

Sayap terhadap tekan:

$$b_{fc} = b_f = 300 \text{ mm}$$

$$t_{fc} = t_f = 20 \text{ mm}$$

h_c = Dua kali tinggi dari titik berat penampang terhadap tekan

$$\begin{aligned} h_c &= 2 \cdot (\frac{1}{2} \cdot d - t_f - r_o) \\ &= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 600 - 20 - 28 \\ &= 504 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka a_w :

$$a_w = \frac{504 \cdot 12}{300 \cdot 20} = 1.01$$

maka, Radius girasi tekuk torsi

$$\begin{aligned} r_t &= \frac{300}{\sqrt{12 \left[\frac{580}{600} + \frac{1}{6} \cdot 1.01 \cdot \frac{524^2}{580 \cdot 600} \right]}} \\ &= 82.60 \text{ mm} \end{aligned}$$

menentukan r_{min}

$$r_y < r_t < r_x$$

$$68.5 < 82.60 < 248$$

maka $r_{min} = 68.5 \text{ mm}$

sehingga rasio kelangsingan dari kolom adalah:

$$Q = 1.0 \text{ (faktor reduksi untuk elemen tidak diperkaku)}$$

$$\underline{KL} = \frac{1.72 \cdot 3150}{7000} = 1.71 \sqrt{E}$$

$$\begin{aligned}
r_{\min} &= 68.5 > 7.71 \sqrt{Q \cdot f_y} \\
&= 79.09 < 4.71 \sqrt{\frac{200000}{1.0 \cdot 240}} \\
&= 79.09 < 136
\end{aligned}$$

- **Tegangann kritis tekuk-lentur**

dimana nilai tegangan tekuk elastisnya (F_e):

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{200000}{\left(\frac{1.72 \cdot 3150}{68.50}\right)^2} = 315.78 \text{ MPa}$$

(SNI 1729-2015 hal:35)

Maka tegangan kritis **tekuk-lentur** :

$$\begin{aligned}
F_{cr} &= Q \left[0,658 \frac{QF_y}{F_e} \right] F_y && \text{(SNI 1729-2015 hal: 42)} \\
&= 1.0 \cdot \left[0.658 \frac{1.0 \times 240}{315.78} \right] \cdot 240 \\
&= 174.606 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

- **Tegangann kritis tekuk-Puntir**

konstanta pembengkokan C_w untuk profil simetris ganda menurut

SNI 1729-2015 hal:38 adalah:

$$\begin{aligned}
C_w &= \frac{I_y \cdot h_o^2}{4} = \frac{90200000 \cdot 580^2}{4} \\
&= 7585820000000 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

dimana nilai tegangan tekuk elastisnya (F_e):

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (\text{SNI 1729-2015 hal:36})$$

$$= \left[\frac{200000 \cdot 7585820000000}{(1.72 \cdot 3150)^2} + 77200 \cdot 1945600.00 \right]$$

$$\cdot \frac{1}{1180000000 + 90200000}$$

$$= 246.13 \text{ MPa}$$

sehingga nilai tegangan kritis **tekuk-puntir** :

$$F_{cr} = Q \left[0,658 \frac{QF_y}{F_e} \right] F_y \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 42})$$

$$= 1.00 \cdot \left[0.658 \frac{1.00 \times 240}{246.13} \right] \cdot 240$$

$$= 159.575 \text{ MPa}$$

F_{cr} tekuk lentur > F_{cr} tekuk puntir

$$174.61 > 159.57$$

maka tekuk yang terjadi adalah tekuk puntir = 159.57 MPa

- Kekuatan tekan nominal

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$= 159.57 \cdot 19250$$

$$= 3071818.28 \text{ N}$$

$$c \cdot P_n = 0.9 \cdot 3071818.28$$

$$= 2764636.45 \text{ N}$$

Syarat:

$$c \cdot P_n > P_u$$

$$2764636.45 > 953347.80 \dots\dots\dots \text{Ok}$$

- Menghitung Kuat Lentur Rencana

Menentukan Klasifikasi Penampang Kolom memikul lentur

- elemen tekan batang memikul lentur

Tekuk Lokal Flens

$$\frac{b}{t} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{150}{20} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$< r$$

$$7.50 < 10.97 \text{ Penampang Kompak!}$$

Tekuk Lokal Web

$$\frac{h}{t_w} = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{524}{12} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$< r$$

$$43.67 < 108.54 \text{ Penampang Kompak!}$$

- Periksa Terhadap Tekuk torsi lateral

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \cdot 68.5 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$= 3480.267 \text{ mm} \quad 3.48 \text{ m}$$

- Pembatas Panjang tidak dibreis/ diberi pengaku secara lateral

untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}}$$

- Properti geometri penampang profil Kolom

- Radius Girasi Efektif

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{90200000 \cdot 580}{2 \cdot 4020000}$$

$$r_{ts}^2 = 6506.965$$

$$r_{ts} = 80.666 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L_r &= 1.95 \cdot 80.67 \cdot \frac{200000}{0.7 \cdot 240} \\ &= \sqrt{\frac{1945600 \cdot 1}{4020000 \cdot 580} + \sqrt{\left[\frac{1945600 \cdot 1}{4020000 \cdot 580}\right]^2 + 6.76 \cdot \left[\frac{0.7 \cdot 240}{200000}\right]^2}} \\ &= 187259.805 \cdot \sqrt{0.000834 + \sqrt{0.000000696 + 0.000004770}} \\ &= 187259.805 \cdot \sqrt{0.000834 + \sqrt{0.000005466}} \\ &= 187259.805 \cdot \sqrt{0.000834 + 0.00234} \\ &= 187259.805 \cdot \sqrt{0.00317} \\ &= 10547.28 \text{ mm} \quad 10.55 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka:

$$L < L_p < L_r$$

$$3.15 < 3.48 < 10.55 \dots \text{ Aman}$$

- $L < L_r$

maka panjang bentang memenuhi pembatasan panjang tidak di breis/ di beri pengaku secara lateral (Lr) untuk memenuhi kondisi batas tekuk torsi lateral

$$- L < L_p$$

maka panjang bentang memenuhi pembatasan panjang komponen struktur utama tidak di breis secara lateral (Lp). Jadi balok baja tidak perlu diberi pengaku lateral

karena profil kolom memiliki Badan kompak, maka kuat lentur nominal terhadap sumbu kuatnya adalah:

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_P = Z_X \cdot f_y \\ &= 4308900 \cdot 240 \\ &= \del{1034}1034136000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= 0.85 \cdot 1034136000.00 \\ &= \del{8790}879015600 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} M_{nx} &> M_{ux} \\ 879015600 &> 25839100 \quad \text{Ok} \end{aligned}$$

Maka tahanan nominal mencukupi pada momen ultimit yang terjadi pada sumbu kuatnya

Kuat nominal terhadap sumbu lemahnya adalah:

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_P = Z_y \cdot f_y \\ &= 919700 \cdot 240 \\ &= \del{2207}220728000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= 0.85 \cdot 220728000.00 \\ &= \del{1876}187618800 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$M_{ny} > M_{uy}$$

$$187618800 > 18400 \quad \text{Ok}$$

Maka tahanan nominal mencukupi pada momen ultimit yang terjadi pada sumbu kuat dan sumbu lemahnya

- Menghitung Interaksi Gaya Aksial dan Momen Lentur

$$P_r = P_u = 953347.80 \quad \text{N}$$

$$P_c = c \cdot P_u = 2764636.45 \quad \text{N}$$

$$M_{rx} = M_{ux} = 25839100.00 \quad \text{N}$$

$$M_{cx} = b \cdot M_{nx} = 879015600.00 \quad \text{N}$$

$$M_{ry} = M_{uy} = 18400.00 \quad \text{N}$$

$$M_{cy} = c \cdot M_{ny} = 187618800.00 \quad \text{N}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{953347.80}{2764636.45} = 0.345 > 0.2$$

Maka persamaan interaksinya

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \cdot \left[\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right] \leq 1.0$$

$$\begin{aligned} \frac{953347.80}{2764636.45} + \frac{8}{9} \cdot \left[\frac{25839100.00}{879015600.00} + \frac{18400.00}{187618800.00} \right] &\leq 1.0 \\ &= 0.37 \leq 1.0 \quad \text{..... Ok!} \end{aligned}$$

- Diperoleh dari aplikasi ETABS

Kolom yang ditinjau

$$P_u = 26962.98 \text{ kg} \quad 269629.80 \text{ N}$$

Sumbu kuat (X)

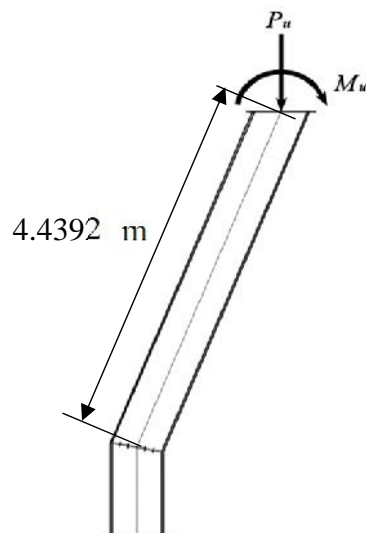
$$M_{ux} = 6104.03 \text{ kg}\cdot\text{m} \quad 61040300 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$V_{ux} = 5727.5 \text{ kg} \quad 57275.00 \text{ N}$$

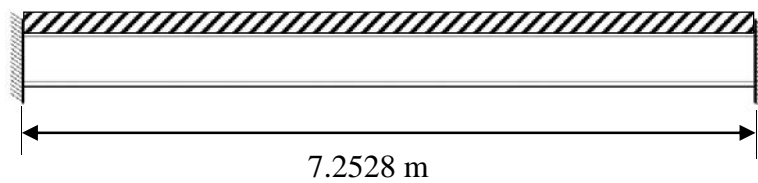
Sumbu Lemah (Y)

$$M_{uy} = 56.67 \text{ kg}\cdot\text{m} \quad 566700 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$V_{uy} = 53.52 \text{ kg} \quad 535.20 \text{ N}$$



Gambar 4.57 Kolom yang ditinjau



Gambar 4.58 Balok yang ditinjau

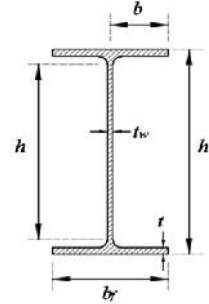
Perhitungan Terhadap Kolom

- Menentukan Klasifikasi Penampang Kolom memikul tekan

- Elemen pada batang tekan aksial

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned} h &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\ &= 600 - 20 - 2 \cdot 28 \\ &= 524 \text{ mm} \end{aligned}$$



Tekuk Lokal Flens

$$\begin{aligned} \frac{b}{t} &< 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{150}{20} < 0.56 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &< r \\ 7.50 &< 16.17 \text{ Tidak Langsing!} \end{aligned}$$

Tekuk Lokal Web

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &< 1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{524}{12} < 1.49 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &> r \\ 43.67 &> 43.01 \text{ Penampang Langsing!} \end{aligned}$$

- Lebar Efektif balok komposit (201)

Tebal Pelat (t_s) = 150 mm

Panjang Balok (L) = 7252.8 mm

- Untuk balok Interior

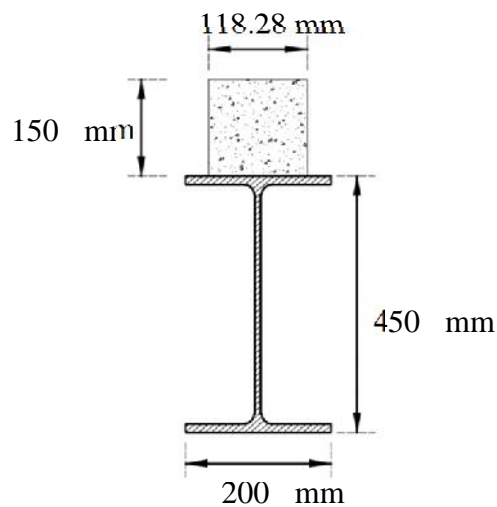
$$b_E = \frac{L}{8} + \frac{b_f}{2} = \frac{7252.8}{8} + \frac{200}{2} = 1006.6 \text{ mm}$$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{1006.6}{8.511} = 118.28 \text{ mm}$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.59 Pelat beton ditransformasikan keprofil baja

- Mencari Inersia Balok komposit

Lengan momen Profil WF

$$y = \frac{1}{2} h_{\text{WF}} + h_{\text{Pelat}}$$

$$= \frac{1}{2} 450 + 150 = 375 \text{ mm}$$

Lengan momen Pelat beton

$$y = \frac{1}{2} h_{\text{Pelat}}$$

$$= \frac{1}{2} 150 = 75 \text{ mm}$$

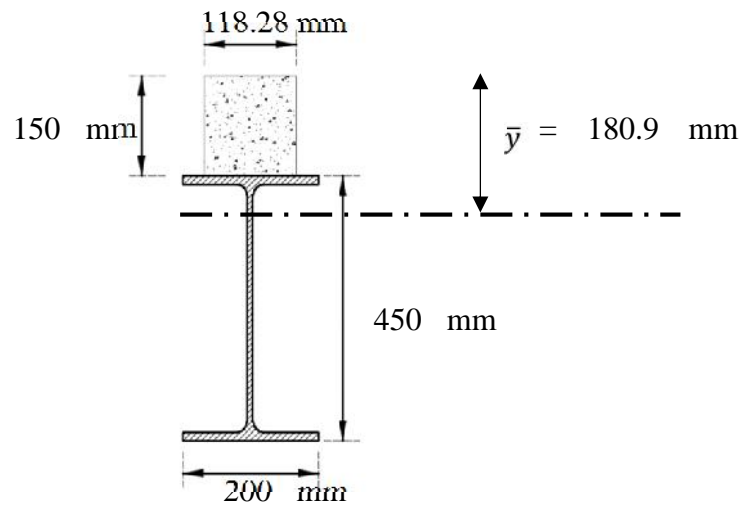
$$\begin{aligned} \text{Luas Pelat beton transformasi} &= t_s \cdot b_e/n \\ &= 150 \cdot 118.28 \\ &= 17741.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan letak garis netral :

Penampang	Luas Transformasi A (mm ²)	Lengan momen y (mm)	A · y (mm ³)
Pelat beton	17741.33	75	1330599.38
Profil WF	9680.00	375	3630000
	27421.33		4960599.38

$$\bar{y} = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{4960599.38}{27421.33} = 180.9 \text{ mm}$$

(diukur dari bagian atas pelat)



Gambar 4.60 Letak garis netral balok komposit

Inersia Pelat

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 118.28 \cdot 150^3 \\ &= 33264984 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Momen Inersia Penampang dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar:

	A (mm ²)	y (mm)	I ₀ (mm ⁴)	$\bar{y} - y$	I ₀ + A · d ² (mm ⁴)
				d (cm)	
Pelat	17741.33	75	33264984.4	105.90	232241766.713
WF	9680.00	375	335000000	194.10	699680967.242
<i>Inersia Balok Komposit (I_{tr})=</i>					931922733.955

Menentukan Faktor Panjang tekuk

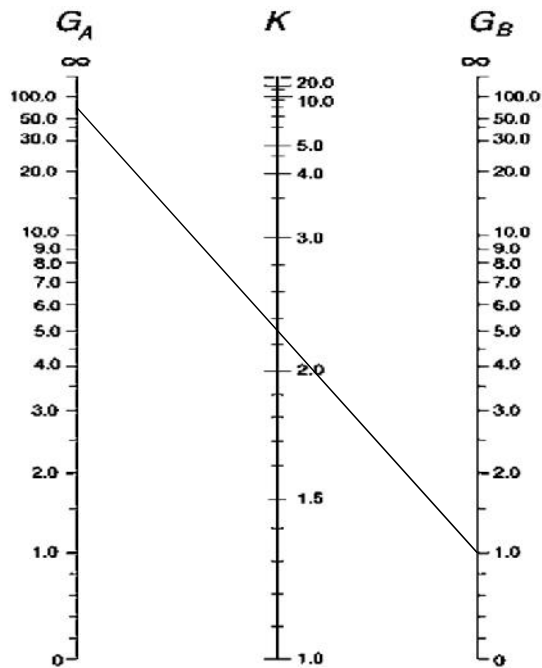
- Nilai K (faktor panjang efektif) kolom arah x, Kolom diambil = 1 karena tidak terdapat balok pada sumbu x
- Nilai K (faktor panjang efektif) kolom arah y, Kolom dianggap merupakan rangka bergoyang karena terjadi displacement akibat beban gempa.

Nilai E (modulus elastisitas) dianggap 1 karena material balok dan kolom sama

$$G_A = \frac{(EI/L)_c}{(EI/L)_g} = \frac{\left[\frac{90200000}{4.4392} \right]}{\left[\frac{931922733.955}{7252.80} + \frac{931922733.955}{7252.80} \right]}$$

$$= 79.07$$

G_B = Untuk kolom yang terhubung kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G diambil sebesar 1.0



Gambar 4.61 Nomogram portal bergoyang sumbu y

Maka diperoleh nilai $K = 1.00$ (sumbu x)

Maka diperoleh nilai $K = 2.15$ (sumbu y)

- Faktor Pembesaran Momen untuk P-

- Kapasitas tekuk kritis

$$I^* = I_x = 1180000000 \text{ mm}^4$$

$$I^* = I_x = 90200000 \text{ mm}^4$$

maka kapasitas tekuk kritisnya adalah:

Sumbu Kuat (x)

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{2 \cdot 200000 \cdot 1180000000}{(1.00 \cdot 4439)^2}$$

$$= 118291042.97 \text{ N}$$

Sumbu Lemah (y)

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{2 \cdot 200000 \cdot 90200000}{(2.15 \cdot 4439)^2}$$
$$= 1956137.92 \text{ N}$$

- Koefisien elemen tak bergoyang

Sumbu Kuat (x)

$$M_1 = 6104.03 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 18680 \text{ kg.m}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2) = 0,6 - 0,4 \cdot \left[\frac{6104.03}{18680} \right] = 0,47$$

Sumbu Lemah (y)

$$M_1 = 56.67 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 294.24 \text{ kg.m}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2) = 0,6 - 0,4 \cdot \left[\frac{56.67}{294.24} \right] = 0,52$$

- **Faktor B₁ untuk P-** (di elemen)

Sumbu Kuat (x)

$$\text{Kuat aksial perlu elemen } (P_r = P_u) = 269629.80 \text{ N}$$

$$= 1.0 \text{ (kondisi batas ultimit)}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1$$
$$= \frac{0.47}{1 - 1.0 \left[\frac{269629.80}{118291042.97} \right]} \geq 1$$
$$= 0.47 < 1$$

maka diambil nilai terbesar yaitu = 1

Sumbu Lemah (y)

$$\begin{aligned} \text{Kuat aksial perlu elemen } (P_r = P_u) &= 269629.80 \text{ N} \\ &= 1.0 \text{ (kondisi batas ultimit)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1 \\ &= \frac{0.52}{1 - 1.0 \left[\frac{269629.80}{1956137.92} \right]} \geq 1 \\ &= 0.61 < 1 \end{aligned}$$

maka diambil nilai terbesar yaitu = 1

- Faktor B₂ untuk P- (di Struktur)

Beban Vertikal total pada Kolom

$$P_{mf} = P_{story} = P_u = 269629.80 \text{ N}$$

- Koefisien untuk menghitung pengaruh P-

$$\begin{aligned} R_M &= 1 - 0.15 \left[\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right] \\ &= 1 - 0.15 \left[\frac{269629.80}{269629.80} \right] = 0.85 \end{aligned}$$

- Kuat tekuk kritis elastis

$$H = \text{drift antar tingkat} = 15.92 \text{ mm (lantai Atap arah x)}$$

$$= \frac{e_x}{L} = \frac{15.92}{4439.2} = 0.00359 \text{ mm/mm}$$

$$H = V_u = \text{Gaya geser tingkat} = 57275.00 \text{ N}$$

maka, Kuat tekuk kritis elastis:

$$P_{ex} = \frac{HL}{0.85} = \frac{57275.00 \cdot 4439.2}{0.85}$$

$$P_{e\ story} = \frac{P_M}{\Delta_H} = 0.003586232$$

$$= 60262949485 \text{ N}$$

Maka faktor B_2 adalah:

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{e\ story}}{P_{e\ story}}} \geq 1$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{1.0 \cdot 269629.80}{60262949485}} \geq 1$$

$$= 1.000004 \geq 1$$

maka diambil nilai terbesar yaitu = 1.000004

- Kuat lentur perlu Elemen

Sumbu x

Akibat Beban Vertikal (Kombinasi 3)

$$M_{nt} = 61040300 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Akibat Beban Lateral (Kombinasi 10)

$$M_{lt} = 38944100.00 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Maka kuat lentur perlu elemen terhadap sumbu kuat setelah dipebesar adalah:

$$M_{rx} = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$= 1 \cdot 61040300 + 1.000004 \cdot 38944100$$

$$= 99984574.25 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Maka Efek P- berpengaruh, jadi nilai $M_{rx} = 99984574.25 \text{ N}\cdot\text{mm}$

Sumbu y

Akibat Beban Vertikal (Kombinasi 2)

$$M_{nt} = 566700 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Akibat Beban Lateral (Kombinasi 5)

$$M_{lt} = 219900.00 \text{ Nm}$$

Maka kuat lentur perlu elemen terhadap sumbu kuat setelah dipebesar adalah:

$$\begin{aligned} M_{ry} &= B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \\ &= 1 \cdot 566700 + 1.000004 \cdot 219900 \\ &= 81097362.486 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Maka Efek P- berpengaruh, jadi nilai $M_{ry} = 81097362.486 \text{ Nm}$

- **Elemen langsing diperkaku** (SNI 1729-2015 hal: 45)

Tegangan Kritis elemen langsing sebelum diperkaku:

- Ditinjau tekuk-lentur dan tekuk-puntir

Tumpuan jepi-jepit pada kolom,

Maka nilai faktor panjang efektif (K) = **2.15**

Faktor Panjang efektif untuk tekuk torsi (K= K_z)= **2.15**

Geometri penampang:

- Konstanta torsi

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} \cdot [2 \cdot b_f \cdot t_f^3 + d \cdot t_w^3] \\ &= \frac{1}{3} \cdot [2 \cdot 300 \cdot 20^3 + 600 \cdot 12^3] \\ &= 1945600 \text{ mm}^4 \end{aligned} \quad \text{Sumber: LRFD, Agus Setiawan}$$

$$c = 1 \text{ (untuk profil I simetris ganda)}$$

h_o = jarak antar titik-titik berat sayap (profil simetris ganda)

$$= d - t_f$$

$$= 600 - 20$$

$$= 580 \text{ mm}$$

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

Jari-jari girasi

$$r_x = 248 \text{ mm}$$

$$r_y = 68.5 \text{ mm}$$

Radius girasi tekuk torsi

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left(\frac{h_o}{d} + \frac{1}{6} a_w \frac{h^2}{h_o d} \right)}}$$

Dimana

a_w = rasio 2 kali luas badan tekan

$$a_w = \frac{h_c t_w}{b_{fc} t_{fc}}$$

Sayap terhadap tekan:

$$b_{fc} = b_f = 300 \text{ mm}$$

$$t_{fc} = t_f = 20 \text{ mm}$$

h_c = Dua kali tinggi dari titik berat penampang terhadap tekan

$$\begin{aligned} h_c &= 2 \cdot (\frac{1}{2} \cdot d - t_f - r_o) \\ &= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 600 - 20 - 28 \\ &= 504 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka a_w :

$$a_w = \frac{504 \cdot 12}{300 \cdot 20} = 1.01$$

maka, Radius girasi tekuk torsi

$$r_t = \frac{300}{\sqrt{12 \left[\frac{580}{600} + \frac{1}{6} \cdot 1.01 \cdot \frac{524^2}{580 \cdot 600} \right]}}$$

$$= 82.60 \text{ mm}$$

menentukan r_{min}

$$r_y < r_t < r_x$$

$$68.5 < 82.60 < 248$$

maka $r_{min} = 68.5 \text{ mm}$

sehingga rasio kelangsingan dari kolom adalah:

$$Q = 1.0 \text{ (faktor reduksi untuk elemen tidak diperkaku)}$$

$$\frac{KL}{r_{min}} = \frac{2.15 \cdot 4439}{68.5} = 139.33 < 4.71 \sqrt{\frac{E}{Q \cdot f_y}}$$

$$= 139.33 < 4.71 \sqrt{\frac{200000}{1.0 \cdot 240}}$$

$$= 139.33 > 136$$

- Tegangann kritis tekuk-lentur

dimana nilai tegangan tekuk elastisnya (F_e):

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{\left[\frac{2.15 \cdot 4439}{68.50}\right]^2} = 101.76 \text{ MPa}$$

(SNI 1729-2015 hal:35)

Maka tegangan kritis **tekuk-lentur** :

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 35})$$

$$= 0.877 \cdot 101.76$$

$$= 89.243 \text{ MPa}$$

- **Tegangann kritis tekuk-Puntir**

konstanta pembengkokan C_w untuk profil simetris ganda menurut

SNI 1729-2015 hal:38 adalah:

$$C_w = \frac{I_y \cdot h_o^2}{4} = \frac{90200000 \cdot 580^2}{4} \\ = 7585820000000 \text{ mm}^2$$

dimana nilai F_e :

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (\text{SNI 1729-2015 hal:36}) \\ = \left[\frac{200000 \cdot 7585820000000}{(2.15 \cdot 4439)^2} + 77200 \cdot 1945600.00 \right] \\ \cdot \frac{1}{1180000000 + 90200000} \\ = 159.46 \text{ MPa}$$

sehingga nilai tegangan kritis **tekuk-puntir** :

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 35}) \\ = 0.877 \cdot 159.46 \\ = 139.85 \text{ MPa}$$

$F_{cr} \text{ tekuk lentur} < F_{cr} \text{ tekuk puntir}$

$$89.24 < 139.85$$

maka tekuk yang terjadi adalah tekuk lentur = 89.24 MPa

- **Kekuatan tekan nominal**

$$\begin{aligned}P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\ &= 89.24 \cdot 19250 \\ &= 1717925.81 \text{ N} \\ c \cdot P_n &= 0.9 \cdot 1717925.81 \\ &= 1546133.23 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}c \cdot P_n &> P_u \\ 1546133.23 &> 269629.80 \dots\dots\dots \text{Ok}\end{aligned}$$

- **Menghitung Kuat Lentur Rencana**

Menentukan Klasifikasi Penampang Kolom memikul lentur

- elemen tekan batang memikul lentur

Tekuk Lokal Flens

$$\begin{aligned}\frac{b}{t} &= 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{150}{20} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &< r \\ 7.50 &< 10.97 \text{ Penampang Kompak!}\end{aligned}$$

Tekuk Lokal Web

$$\frac{h}{t_w} = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{524}{12} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

< r

43.67 < 108.54 Penampang Kompak!

- Periksa Terhadap Tekuk torsi lateral

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 68,5 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$= 3480,267 \text{ mm} \quad 3,48 \text{ m}$$

- Pembatas Panjang tidak dibreis/ diberi pengaku secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left[\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2 \right]}$$

- Properti geometri penampang profil Kolom

- Radius Girasi Efektif

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{90200000 \cdot 580}{2 \cdot 4020000}$$

$$r_{ts}^2 = 6506,965$$

$$r_{ts} = 80,666 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 \cdot 80,67 \cdot \frac{200000}{0,7 \cdot 240}$$

$$\cdot \sqrt{\frac{1945600 \cdot 1}{+ \left[\frac{1945600 \cdot 1}{\right]^2 + 6,76 \cdot \left[\frac{0,7 \cdot 240}{\right]^2}}$$

$$\begin{aligned}
& \sqrt{4020000} \cdot 580 \cdot \sqrt{\left[\sqrt{4020000} \cdot 580 \right] \cdot 0.70 \left[\frac{200000}{\dots} \right]} \\
& = 187259.805 \cdot \sqrt{0.000834 + \sqrt{0.000000696 + 0.000004770}} \\
& = 187259.805 \cdot \sqrt{0.000834 + \sqrt{0.000005466}} \\
& = 187259.805 \cdot \sqrt{0.000834 + 0.00234} \\
& = 187259.805 \cdot \sqrt{0.00317} \\
& = 10547.28 \text{ mm} \quad 10.55 \text{ m}
\end{aligned}$$

Maka:

$$L > L_p < L_r$$

4.4392 > 3.48 < 10.55 tidak aman terhadap tekuk torsi lateral

- $L < L_r$

maka panjang bentang memenuhi pembatasan panjang tidak di breis/ di beri pengaku secara lateral (L_r) untuk memenuhi kondisi batas tekuk torsi lateral

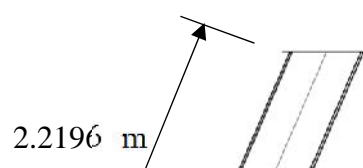
- $L > L_p$

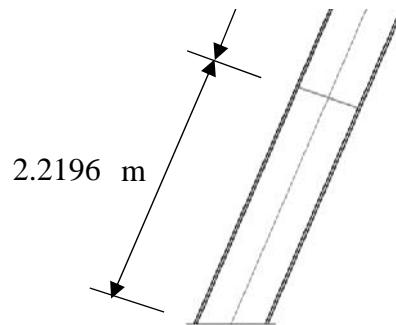
maka panjang bentang tidak memenuhi pembatasan panjang komponen struktur utama tidak di breis secara lateral (L_p). Jadi balok baja diberi pengaku pada bagian tengah bentang agar memenuhi kondisi batas sebagai berikut:

Maka jarak antara pengaku lateral adalah:

$$L_b = \frac{L}{2} = \frac{4.4392}{2} = 2.2196 \text{ m}$$

Maka diberi pengaku lateral dengan jarak 2.2196 m





Gambar 4.62 Jarak Pengaku Lateral Pada kolom

karena profil kolom memiliki Badan kompak, maka kuat lentur nominal terhadap sumbu kuatnya adalah:

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= M_P = Z_X \cdot f_y \\
 &= 4308900 \cdot 240 \\
 &= 1034136000 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= 0.85 \cdot 1034136000.00 \\
 &= 879015600 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{M}_{nx} &> \mathbf{M}_{ux} \\
 879015600 &> 61040300 \quad \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Kuat nominal terhadap sumbu lemahnya adalah:

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= M_P = Z_y \cdot f_y \\
 &= 919700 \cdot 240 \\
 &= 220728000 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= 0.85 \cdot 220728000.00 \\
 &= 187618800 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\mathbf{M}_{ny} > \mathbf{M}_{uy}$$

$$187618800 > 566700 \quad \text{Ok}$$

Maka tahanan nominal mencukupi pada momen ultimit yang terjadi pada sumbu kuat dan sumbu lemahnya

- Menghitung Interaksi Gaya Aksial dan Momen Lentur

$$P_r = P_u = 269629.80 \quad \text{N}$$

$$P_c = c \cdot P_u = 1546133.23 \quad \text{N}$$

$$M_{rx} = M_{ux} = 61040300.00 \quad \text{N}$$

$$M_{cx} = b \cdot M_{nx} = 879015600.00 \quad \text{N}$$

$$M_{ry} = M_{uy} = 566700.00 \quad \text{N}$$

$$M_{cy} = c \cdot M_{ny} = 187618800.00 \quad \text{N}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{269629.80}{1546133.23} = 0.174 < 0.2$$

Maka persamaan interaksinya

$$\frac{P_r}{2P_c} \cdot \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

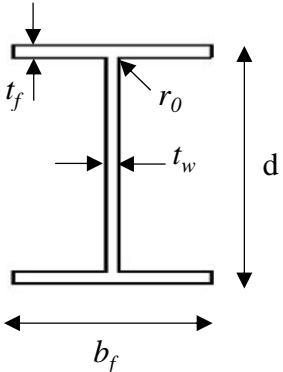
$$\frac{269629.80}{2 \cdot 1546133.23} \cdot \left(\frac{61040300.00}{879015600.00} + \frac{566700.00}{187618800.00} \right) \leq 1.0$$

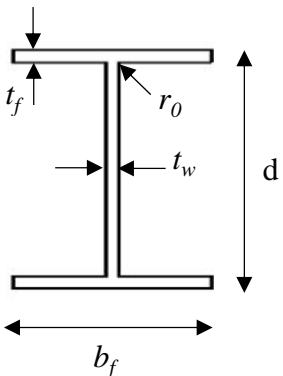
$$= 0.01 \leq 1.0 \quad \text{..... Ok!}$$

4.12 Perhitungan Sambungan

4.12.1 Sambungan Menggunakan Baja Siku

Sambungan Balok Anak dan Balok Anak 365 lantai 7

Balok Induk	WF 400 x 200 x 8 x 13
	$d = 400 \text{ mm}$ $I_x = 23700 \text{ cm}^4$
	$b_f = 200 \text{ mm}$ $I_y = 1740 \text{ cm}^4$
	$t_w = 8 \text{ mm}$ $i_x = 16.8 \text{ cm}$
	$t_f = 13 \text{ mm}$ $i_y = 4.54 \text{ cm}$
	$r_o = 16 \text{ mm}$ $S_x = 1190 \text{ cm}^3$
	$A = 84.10 \text{ cm}^2$ $S_y = 174 \text{ cm}^3$
	Berat = 66 kg/m $Z_x = 1286 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 266 \text{ cm}^3$

Balok Anak 365	WF 300 x 150 x 9 x 13
	$d = 300 \text{ mm}$ $I_x = 7210 \text{ cm}^4$
	$b_f = 150 \text{ mm}$ $I_y = 508 \text{ cm}^4$
	$t_w = 9 \text{ mm}$ $i_x = 12.4 \text{ cm}$
	$t_f = 13 \text{ mm}$ $i_y = 3.29 \text{ cm}$
	$r_o = 13 \text{ mm}$ $S_x = 481 \text{ cm}^3$
	$A = 46.78 \text{ cm}^2$ $S_y = 67.7 \text{ cm}^3$
	Berat = 36.7 kg/m $Z_x = 728.6 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 151.8 \text{ cm}^3$

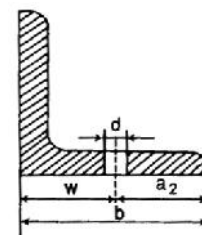
digunakan pelat siku sebagai penyambung 75 x 75 x 7

dimensi penampang $b = 75 \text{ mm}$

$t = 7 \text{ mm}$

Penampang yang di lemahkan $w = 40 \text{ mm}$

$d = 23 \text{ mm}$



Hasil Analisa dari Program ETABS:

- Balok Anak WF 300 x 150 x 9 x 13

$$V_u = 2060.55 \text{ kg} = 2.06055 \text{ ton}$$

Material baja BJ 37 ; $f_u = 370 \text{ MPa}$

; $f_y = 240 \text{ MPa}$

Tegangan residu (f_r) = 70 MPa (penampang digilas)

Mutu pelat beton (f_c) = 25 MPa

Tebal pelat beton = 15 cm

Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa

Modulus Elastisitas beton = $4700\sqrt{f_c} = 23500 \text{ MPa}$

Baut yang digunakan = A325

- Kuat tarik minimum $f_{ub} = 620 \text{ MPa}$

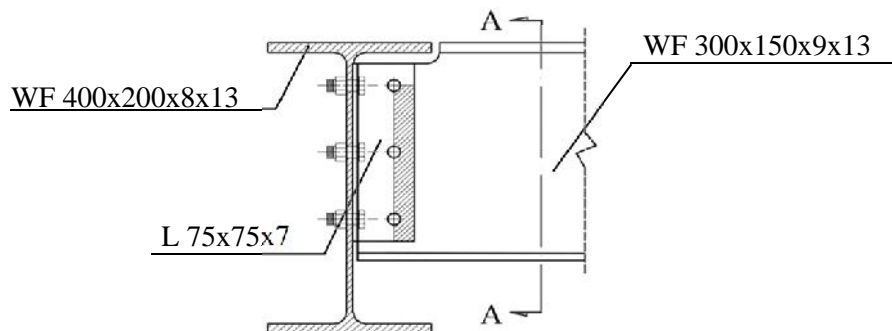
- Tegangan geser baut $f_{nv} = 372 \text{ MPa}$ (ulir drat; 1 bidang geser)

- Diameter baut $\varnothing = 16 \text{ mm}$

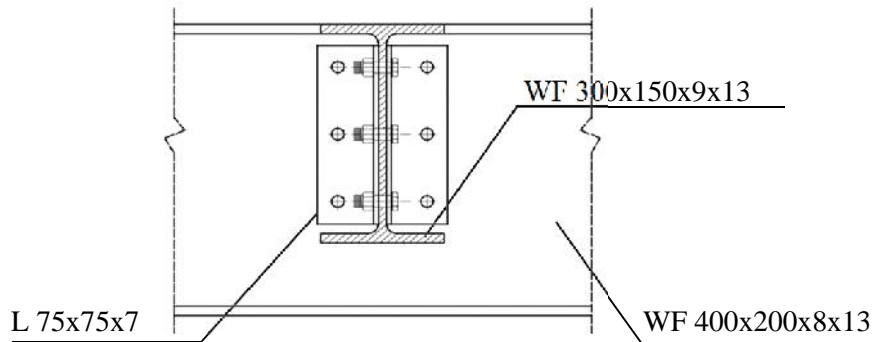
- diameter lubang baut (d_l) = $\varnothing + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$

- Luas baut $A_b = \frac{1}{4} \cdot \varnothing^2 = 201.14 \text{ mm}^2$

- Gambar Perencanaan Sambungan Baut



Gambar 4.63 Rencana Sambungan baut menggunakan siku



Gambar 4.64 Potongan A-A

Kuat Nominal tumpu pelat

WF 400x200x8x13

- Kuat geser Pelat di belakang bidang tumpu:

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_{pweb} \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_{pweb} \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 25 \cdot 8 \cdot 370 = 88800.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 88800.00 = 66600.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_w \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 370 = 127872.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 127872.00 = 95904.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} < \cdot R_{nt}$$

$$66600.00 < 95904.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} = 66600.00 \text{ N}$$

$$= 666000.00 \text{ kg}$$

$$= 666.00 \text{ ton}$$

WF 300x150x9x13

- Kuat geser Pelat di belakang bidang tumpu:

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_{pweb} \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_{pweb} \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 25 \cdot 9 \cdot 370 = 99900.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 99900.00 = 74925.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_w \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 9 \cdot 370 = 143856.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 143856.00 = 107892.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} < \cdot R_{nt}$$

$$74925.00 < 107892.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} = 74925.00 \text{ N}$$

$$= 74925.00 \text{ kg}$$

$$= 74.925 \text{ ton}$$

L 75x75x7

- Kuat geser Pelat di belakang bidang tumpu:

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_{psiku} \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_{psiku} \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 25 \cdot 7 \cdot 370 = 77700.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 77700.00 = 58275.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_{psiku} \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 7 \cdot 370 = 111888.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 111888.00 = 83916.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} < \cdot R_{nt}$$

$$58275.00 < 83916.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 58275.00 \text{ N} \\ &= 582750.00 \text{ kg} \\ &= 582.75 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka kuat tumpu diambil yang terkecil = 582.75 ton

Kuat Nominal Geser baut dengan 2 Bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 201.14 \cdot 2 \\ &= 149650.286 \text{ N} \rightarrow 14965.03 \text{ kg} \\ &= 14.96503 \text{ ton/baut} \\ \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 14.96503 \\ &= 11.22 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

Kuat Nominal Geser baut dengan 1 Bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 201.14 \cdot 1 \\ &= 74825.1429 \text{ N} \rightarrow 7482.514 \text{ kg} \\ &= 7.482514 \text{ ton/baut} \\ \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 7.482514 \\ &= 5.61 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

Maka geser diambil yang terkecil = 5.61 ton

Dari hasil kuat tumpu profil dan geser baut, Maka Kuat Geser Baut menentukan

Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{2.06055}{11.2238} = 0.184 \approx 1 \text{ buah baut}$$

Maka di gunakan 3 buah baut pada profil WF 300x150x9x13
dan 6 buah baut pada profil WF 400x200x8x13

Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$V_u = \frac{R_u}{n} < \cdot R_{nv}$$
$$= \frac{2.06055}{3} = 0.68685 \text{ ton} < 5.61 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

- Menghitung jarak Baut

- Jarak tepi minimum S_1 untuk baut $\emptyset 16 = 22 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_1 < 4 t_p + 100 \text{ mm} \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < S_1 < 4 \cdot 7 + 100 \text{ mm} \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < \mathbf{25} < 128 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S_1 = 25 \text{ mm}$

- Jarak antara baut S untuk baut $\emptyset 16$

$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21.33 < S < 15 \cdot 7 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21.33 < \mathbf{97} < 105 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S = 97 \text{ mm}$

- Jarak antara $a_2 = b - w = 75 - 40 = 35 \text{ mm}$

Periksa Kekuatan Geser Blok Pelat

$$R_n = 0,60F_u A_{nv} + U_{bs}F_u A_{nt} \leq 0,60F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt}$$

- Bila tegangan tarik merata $U_{bs} = 1$
- Bila tegangan tarik merata $U_{bs} = 0.5$

Pada Balok Anak WF 300 x 150 x 9 x 13

Luasan Geser pada pelat siku

$$\begin{aligned} l &= S + S + S_l \\ &= 97 + 97 + 26 = 220 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bruto} &= A_{gv} = t_p \cdot l \\ &= 7 \cdot 220 \\ &= 1540 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar Lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{Jumlah Lubang} \\ &= 18 \cdot 2.5 \\ &= 45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto} &= A_{nv} = (l - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p \\ &= (220 - 45) \cdot 7 \\ &= 1225 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &: A_{nv} < 85\% \cdot A_{gv} \\ 1225 &< 85\% \cdot 1540 \\ 1225 &< 1309 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Luasan Tarik pada pelat siku

$$\begin{aligned} \text{Luas bruto} &= A_{gt} = t_p \cdot b - w \\ &= 7 \cdot (75 - 40) \\ &= 245 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar Lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{jumlah Lubang} \\ &= 18 \cdot 0.5 \\ &= 9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto} = A_{nt} &= ((b - w) - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p \\ &= ((75 - 40) - 9) \cdot 7 \\ &= 182 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } A_{nt} &< 85\%_{gt} \\ 182 &< 85\% \cdot 245 \\ 182 &< 208.3 \dots\dots\dots \text{ OK!} \end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan keruntuhan/ fraktur dan tegangan putus

$$\begin{aligned} R_{nF} &= 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0.6 \cdot 370 \cdot 1225 + 1 \cdot 370 \cdot 182 \\ &= 339290 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan leleh dan tegangan putus

$$\begin{aligned} R_{nL} &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 1540 + 1 \cdot 370 \cdot 182 \\ &= 289100 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat: } R_{nF} &\leq R_{nL} \\ 339290 &\geq 289100 \end{aligned}$$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan

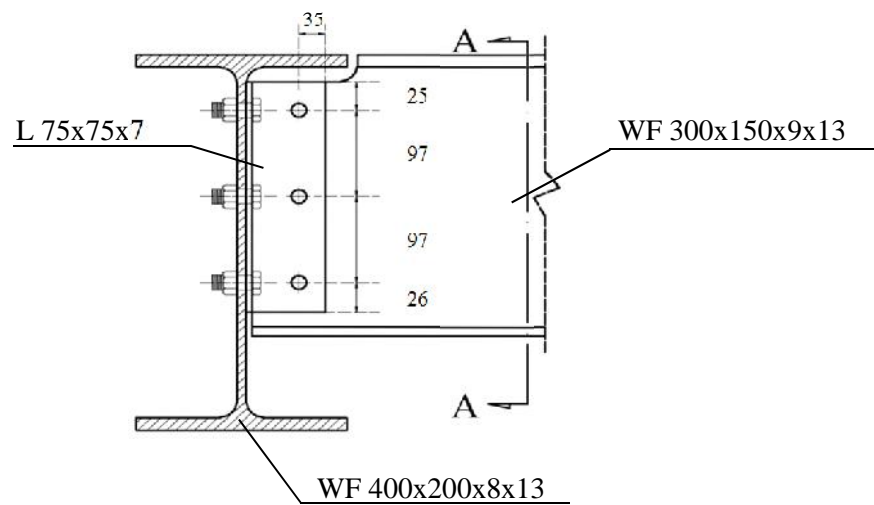
$$\begin{aligned} \cdot R_n &= 0.75 \cdot 289100 \\ &= 216825 \text{ N} \approx 21682.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat:

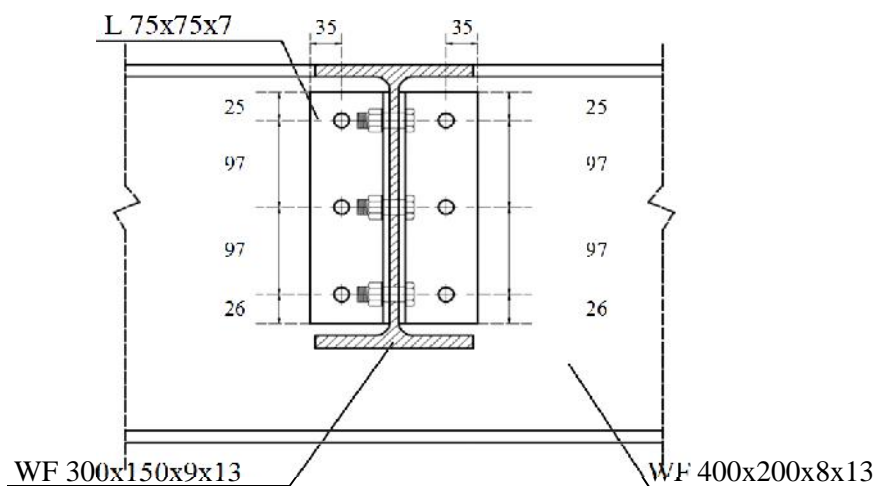
$$\cdot R_n > R_u$$

$$21682.5 > 2060.55 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Gambar Perencanaan Letak Baut



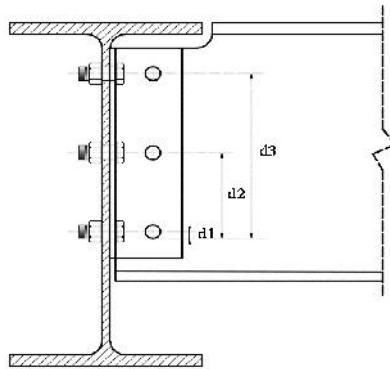
Gambar 4.65 Rencana Sambungan dan penempatan baut



Gambar 4.66 Potongan A-A

- **Kontrol Kekuatan baut terhadap Tarik**

- Jarak baut ke tepi pelat (S_1) = 25 mm
- Jarak antar baut (S) = 97 mm



$$d_3 = 202 \text{ mm}$$

$$d_2 = 105 \text{ mm}$$

$$d_1 = 8 \text{ mm}$$

$$d_t = d_1 + d_2 + d_3$$

$$= 8 + 105 + 202 = 315 \text{ mm}$$

Terhadap Momen akibat reaksi dan jarak baut

Maka momen yang terjadi:

$$M_u = w \cdot V_u$$

$$= 40.0 \cdot 20605.50 = 824220.00 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

maka gaya tarik yang terjadi adalah:

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{824220.0 \cdot 8}{315^2} = 66.45 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_2}{d_t^2} = \frac{824220.0 \cdot 105}{315^2} = 872.19 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_3}{d_t^2} = \frac{824220.0 \cdot 202}{315^2} = 1677.93 \text{ N}$$

- Gaya tarik 1 baut pada profil

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 201.14 \cdot 620 \\ &= 124708.57 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena dalam satu baris terdapat 2 buah baut, maka

$$\begin{aligned} T_b &= 2 \cdot T_b \\ &= 2 \cdot 124708.57 = 249417.14 \text{ N} \end{aligned}$$

Tahanan nominal untuk 2 baut

$$\begin{aligned} T_d &= \cdot T_b \\ &= 0.75 \cdot 249417.14 \\ &= 187062.86 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

Terhadap Momen akibat reaksi dan jarak baut

$$\begin{aligned} T_u &< T_d \\ T_{u1} &= 66.45 < 187062.86 \dots\dots\dots \text{ Ok!} \\ T_{u2} &= 872.19 < 187062.86 \dots\dots\dots \text{ Ok!} \\ T_{u2} &= 1677.93 < 187062.86 \dots\dots\dots \text{ Ok!} \end{aligned}$$

- **Kontrol Kekuatan baut terhadap Momen**

$$\begin{aligned} T &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} \\ &= 66.45 + 872.19 + 1677.93 \\ &= 2616.57 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^n Td \cdot di$$

$$T_d \cdot d_1 = 187062.86 \cdot 8 = 1496502.857 \text{ Nm}$$

$$T_d \cdot d_2 = 187062.86 \cdot 105 = 19641600 \text{ Nm}$$

$$T_d \cdot d_3 = 187062.86 \cdot 202 = 37786697.14 \text{ Nm}$$

$$\sum_{i=1}^n Td \cdot di = 58924800.0 \text{ Nm}$$

- Garis Netral Pada Pelat siku

$$a = \frac{T}{f_{yp} \cdot b} = \frac{2616.6}{240 \cdot 75} = 0.145 \text{ mm} < 7 \text{ mm}$$

- Momen Rencana

$$M_R = \cdot M_n = \frac{0.9 \cdot f_{yp} \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n Td \cdot di$$

$$= \frac{0.9 \cdot 240 \cdot 0.145^2 \cdot 75}{2} + 58924800.0$$

$$= 58924971.16 \text{ Nm} = 5892.497 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Syarat:

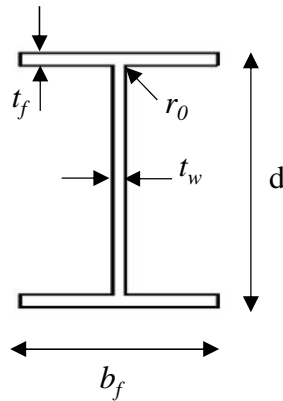
$$M_u < \cdot M_n$$

$$824220.00 < 58924971.16 \text{ Ok!}$$

4.12.2 Sambungan Pelat Ujung / End Plate

Perhitungan Sambungan pada Kolom Miring

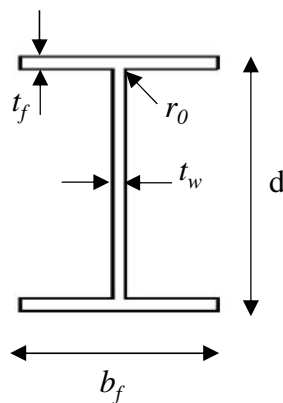
Kolom 1 (180)



WF 600 x 300 x 11 x 17

d	=	600	mm	I_x	=	118000	cm ⁴
b_f	=	300	mm	I_y	=	9020	cm ⁴
t_w	=	12	mm	i_x	=	24.8	cm
t_f	=	20	mm	i_y	=	6.85	cm
r_o	=	28	mm	S_x	=	4020	cm ³
A	=	192.50	cm ²	S_y	=	601.0	cm ³
Berat	=	151	kg/m	Z_x	=	4308.9	cm ³
				Z_y	=	919.7	cm ³

Kolom 2



WF 600 x 300 x 11 x 17

d	=	600	mm	I_x	=	118000	cm ⁴
b_f	=	300	mm	I_y	=	9020	cm ⁴
t_w	=	12	mm	i_x	=	2480.0	cm
t_f	=	20	mm	i_y	=	6.85	cm
r_o	=	28	mm	S_x	=	4020	cm ³
A	=	192.50	cm ²	S_y	=	601.0	cm ³
Berat	=	151	kg/m	Z_x	=	4308.9	cm ³
				Z_y	=	919.7	cm ³

Material baja BJ 37 ; f_u = 370 MPa

; f_y = 240 MPa

Tegangan residu (f_r) = 70 MPa (penampang digilas)

Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa

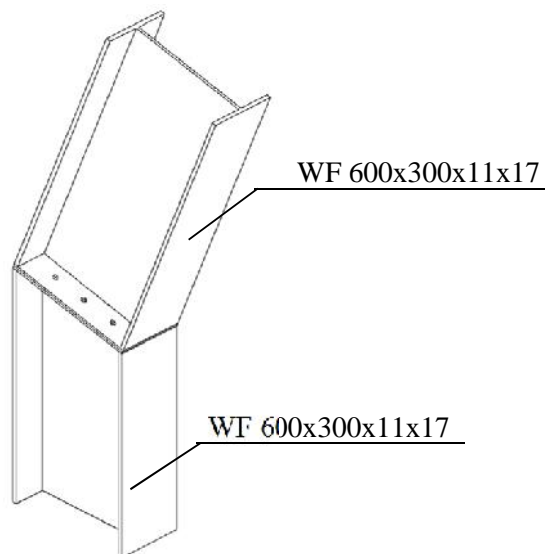
- Baut yang digunakan = A325
- Kuat tarik minimum $f_{ub} = 620$ MPa
 - Tegangan geser baut $f_{nv} = 372$ MPa (ulir drat; 1 bidang geser)
 - Diameter baut $\emptyset = 22$ mm
 - diameter lubang baut (d_l) = $\emptyset + 2 = 22 + 2 = 24$ mm
 - Luas baut $A_b = \frac{1}{4} \cdot \emptyset^2 = 380.29$ mm²
 - Penambahan luasan (x) = 30 mm
 - Jarak baut ke tepi pelat = $l_c = x + \frac{1}{2} \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)$
 $= 30 + \frac{1}{2} \cdot (300 - 12 - (2 \cdot 28))$
 $= 146$ mm
 - Tebal Rencana Pelat End-Plate = 10 mm

Hasil Analisa Dari ETABS:

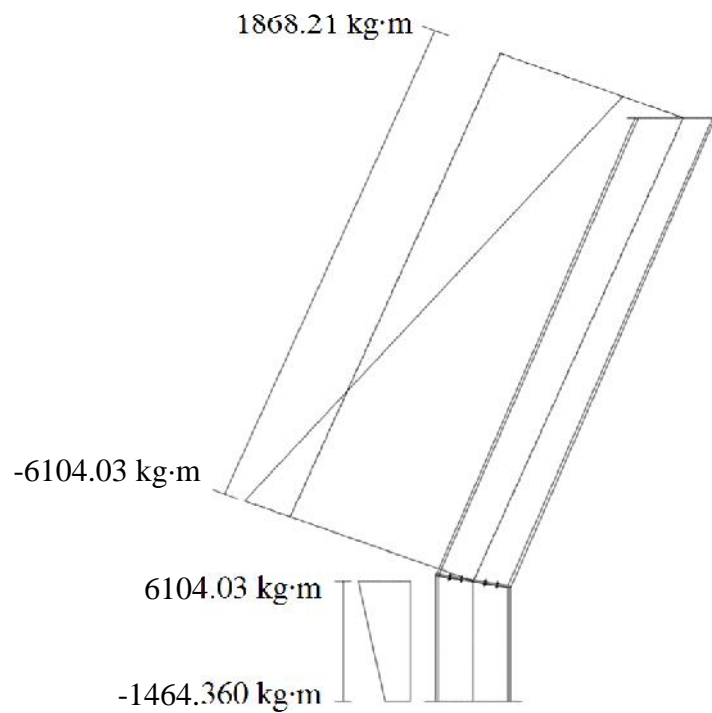
$$P_u = 26962.98 \text{ kg} = 269629.80 \text{ N} = 26.96 \text{ kN}$$

$$M_u = 6104.03 \text{ kg}\cdot\text{m} = 61040300 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$V_u = 5727.50 \text{ kg} = 57275.00 \text{ N} = 5.73 \text{ kN}$$



Gambar 4.67 Rencana Sambungan End-Plate pada kolom miring



Gambar 4.68 Momen yang terjadi pada kolom

Kuat Nominal tumpu

- Kuat geser pelat *End-Plate* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_p \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 146 \cdot 10 \cdot 370 = 648240.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 648240.00 = 486180.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat *End-Plate* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 24 \cdot 10 \cdot 370 = 213120.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 213120.00 = 159840.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$486180.00 > 159840.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 159840.00 \text{ N} \\ &= 1598400.00 \text{ kg} \\ &= 1598.40 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kuat Nominal Geser baut dengan 1 Bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 380.29 \cdot 1 \\ &= 141466.286 \text{ N} \rightarrow 14146.63 \text{ kg} \\ &= 14.14663 \text{ ton/baut} \\ \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 14.14663 \\ &= 10.60997 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

Maka tahanan Geser menentukan!

Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{26.96298}{10.6100} = 2.541 \approx 3 \text{ buah baut}$$

Maka di gunakan 6 buah baut

Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{V_u}{n} < \cdot R_{nv} \\ &= \frac{5.72750}{6} = 0.954583 \text{ ton} < 10.60997 \text{ ton} \dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Menghitung jarak Baut

tebal pelat yang digunakan 10 mm

Jarak tepi minimum P_{tI} untuk baut \emptyset 22 = 28 mm

$$S_{min} < S_I < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$28 < S_I < 4 \cdot 10 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$28 < \mathbf{120} < 140 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S_I = P_t = 120 \text{ mm}$

Jarak antara baut P_b untuk baut \emptyset 22

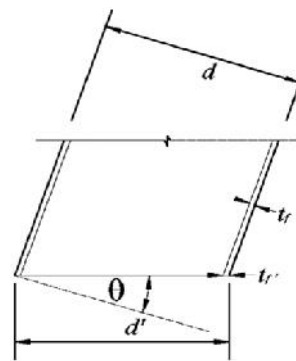
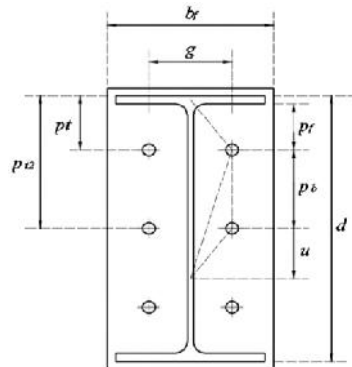
$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$29.33 < S < 15 \cdot 10 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$29.33 < \mathbf{180} < 150 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S = P_b = 180 \text{ mm}$

- Perhitungan tebal pelat ujung minimum



$$M_u = 61040300.0 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$= 18^\circ$$

$$F_{py} = 240 \text{ Mpa}$$

$$d' = d / \cos$$

$$= 0.9$$

$$= 600 / \cos 18$$

$$p_t = 120 \text{ mm}$$

$$= 630.88 \text{ mm}$$

$$p_b = 180 \text{ mm}$$

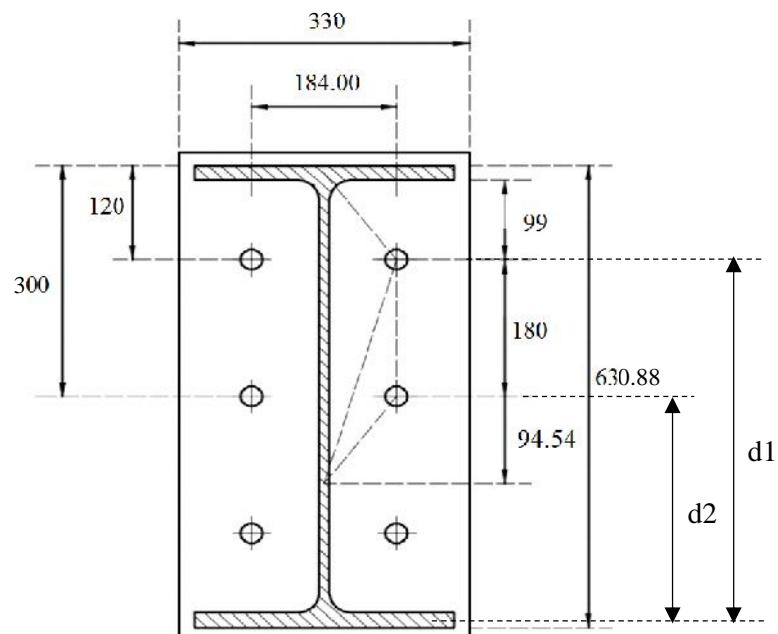
$$x = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 g &= b_f - (l_c - x) & t_f' &= t_f / \cos \\
 &= 300 - (146 - 30) & &= 20 / \cos 18 \\
 &= 184.00 \text{ mm} & &= 21.03 \text{ mm} \\
 p_{t2} &= p_t + p_b & p_f &= p_t - t_f' \\
 &= 120 + 180 & &= 120 - 21.0 \\
 &= 300 \text{ mm} & &= 98.97 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan jarak u

$$\begin{aligned}
 u &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b_f \cdot g \cdot \left[\frac{d' - p_{t2}}{d - p_t} \right]} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{300 \cdot 184.00 \cdot \left[\frac{630.88 - 300}{630.88 - 120} \right]} = 94.54 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dimensi yang diperoleh



Gambar 4.69 Tata letak baut sambungan End-Plate

- Estimasi Tebal minimum pelat End-Plate :

$$t_p \left[\frac{\overbrace{\text{Mu} / \cdot F_{py}}^A}{\underbrace{\frac{b_f}{2} \cdot \left[\frac{d' - p_t}{p_f} + \frac{d' - p_{t2}}{u} \right]}_B + \underbrace{2(p_f + p_b + u) \left[\frac{d' - p_t}{g} \right]}_C} \right]^{1/2}$$

$$A = \frac{61040300.0}{0.9 \cdot 240} = 282593.981$$

$$B = \frac{300}{2} \cdot \left[\frac{630.88 - 120}{98.97075552} + \frac{630.88 - 300}{94.54} \right] = 1299.27$$

$$C = 2 \left[98.97 + 180.0 + 94.54 \right] \cdot \left[\frac{630.88 - 120}{184.00} \right]$$

$$= 2074.11$$

$$t_p \left[\frac{282593.9815}{1299.27 + 2074.11} \right]^{1/2} = 9.1527 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok!}$$

Kontrol terhadap leleh pelat

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot \frac{bf}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2(p_f + p_b + u) \left[\frac{d - p_t}{g} \right]$$

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot B \cdot C$$

$$= 0.9 \cdot 10^2 \cdot 1299.27 \cdot 2074.11$$

$$= 242533852.04 \text{ N}$$

$$\cdot M_{pl} = 0.9 \cdot 242533852.04 = 218280466.84$$

Syarat:

$$\cdot M_{pl} > M_u$$

$$218280466.8 > 61040300.0 \dots\dots \text{OK!}$$

- Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying

$$\begin{aligned}
 d1 &= d' - \left(\frac{1}{2} t_f\right) - p_t \\
 &= 630.88 - \left(\frac{1}{2} \cdot 20\right) - 120 \\
 &= 500.88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d2 &= d1 - p_b \\
 &= 500.88 - 180 \\
 &= 320.88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d3 &= p_t - \left(\frac{1}{2} t_f\right) \\
 &= 120.00 - \left(\frac{1}{2} \cdot 20\right) \\
 &= 110.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kekuatan tarik nominal baut

$$\begin{aligned}
 P_t &= A_b \cdot f_{ub} \\
 &= 38029 \cdot 620 \\
 &= 23577714.3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

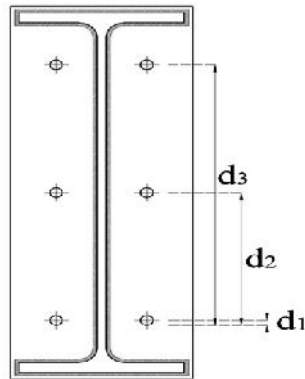
- Kapasitas Sambungan End-Plate didasarkan kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel

$$\begin{aligned}
 M_{np} &= 2 \cdot P_t (d_1 + d_2 + d_3) \\
 &= 2 \cdot 23577714.3 \cdot (500.88 + 320.88 + 110.00) \\
 &= 43937290744.2 \text{ Nm} \\
 \cdot M_{np} &= 0.75 \cdot 43937290744.2 \\
 &= 32952968058.1 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \cdot M_{np} &> M_u \\
 32952968058.1 &> 61040300.0 \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan baut terhadap Tarik



$$d_3 = 371 \text{ mm}$$

$$d_2 = 191 \text{ mm}$$

$$d_1 = 11 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_t &= d_1 + d_2 + d_3 \\ &= 11 + 191 + 371 \\ &= 573 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Gaya tarik Perlu

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{61040300.00 \cdot 11}{573^2} = 2045.03 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_2}{d_t^2} = \frac{61040300.00 \cdot 191}{573^2} = 35509.19 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_3}{d_t^2} = \frac{61040300.00 \cdot 371}{573^2} = 68973.35 \text{ N}$$

- Gaya tarik 1 baut

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 380.29 \cdot 620 \\ &= 235777.14 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena pada sambungan terdapat 2 baut dalam 1 baris maka:

$$\begin{aligned} T_d &= \cdot 2 \cdot T_b \\ &= 0.75 \cdot 2 \cdot 235777.14 \\ &= 353665.71 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$T_u < T_d$$

$$T_{u1} = 2045.03 < 353665.71 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$T_{u2} = 35509.19 < 353665.71 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$T_{u3} = 68973.35 < 353665.71 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

- Perhitungan las fillet pada penghubung geser :

$$\text{electrode E7014} = 50.6 \text{ kg/mm}^2 = 506 \text{ N/mm}^2$$

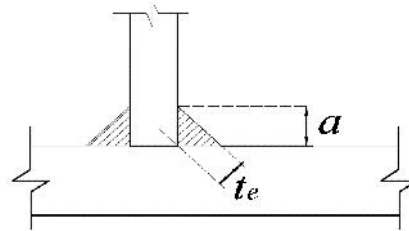
$$\text{tebal efektif las } a = 14 \text{ mm}$$

tebal efektif Las

$$t_e = 0.707 a$$

$$= 0.707 \cdot 14$$

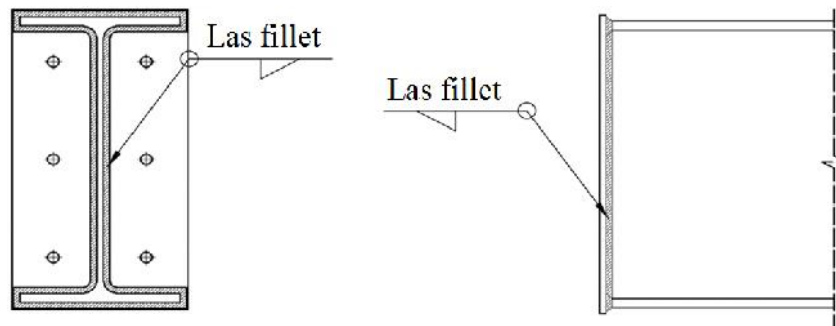
$$= 9.898 \text{ mm}$$



Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas

$$\begin{aligned} L &= (2 \cdot b_f) + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot \dots \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)) \\ &\quad + (2 \cdot (d' - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\ &= (2 \cdot 300) + (4 \cdot 20) + (2 \cdot \dots \cdot 28) + (2 \cdot (300 - 12 - 2 \cdot 28)) \\ &\quad + (2 \cdot (630.88 - 2 \cdot 20 - 2 \cdot 28)) \\ &= 2389.75 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.70 bagian yang di las pada End-Plate

Luas Efektif Las	Kuat nominal Las per mm ²
$A_{we} = L \cdot t_e$	$f_{nw} = 0.60 \cdot f_{uw}$
$= 2389.75 \cdot 9.8980$	$= 0.60 \cdot 506$
$= 23654 \text{ mm}^2$	$= 303.60 \text{ N}$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 303.60 \cdot 23653.8 \\
 &= 7181291.16 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cdot R_n &= 0.75 \cdot 7181291.16 \\
 &= 5385968.37 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada kolom

$$\begin{aligned}
 F &= A_s \cdot f_y \\
 &= 19250.00 \cdot 240 \\
 &= 4620000.00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat :

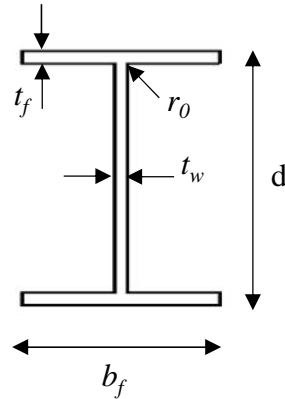
$$\cdot R_{nw} > F$$

$$5385968.37 \text{ N} > 4620000.00 \text{ N} \dots\dots \text{OK!}$$

Sambungan End Plate Balok - Kolom Miring Pada WEB

Kondisi Miring

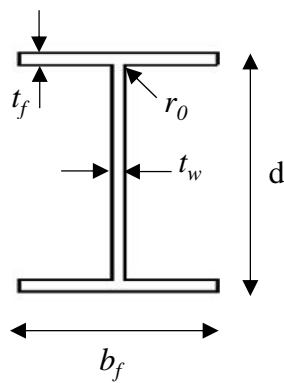
Kolom 180



WF 600 x 300 x 11 x 17

d	=	600	mm	I_x	=	118000	cm ⁴
b_f	=	300	mm	I_y	=	9020	cm ⁴
t_w	=	12	mm	i_x	=	24.8	cm
t_f	=	20	mm	i_y	=	6.85	cm
r_o	=	28	mm	S_x	=	4020	cm ³
A	=	192.50	cm ²	S_y	=	601.0	cm ³
Berat	=	151	kg/m	Z_x	=	4308.9	cm ³
				Z_y	=	919.7	cm ³

Balok 203



WF 450 x 200 x 9 x 14

d	=	450	mm	I_x	=	33500	cm ⁴
b_f	=	200	mm	I_y	=	1870	cm ⁴
t_w	=	9	mm	i_x	=	18.6	cm
t_f	=	14	mm	i_y	=	4.4	cm
r_o	=	18	mm	S_x	=	1490	cm ³
A	=	96.80	cm ²	S_y	=	187	cm ³
Berat	=	76	kg/m	Z_x	=	1621.5	cm ³
				Z_y	=	288.5	cm ³

- Diperoleh dari aplikasi ETABS

Reaksi dan Momen pada balok

$$V_u = 18293.20 \text{ kg} = 18.2932 \text{ ton}$$

$$M_u = 12807.81 \text{ kg.m} = 128078100 \text{ N.mm}$$

- Material baja BJ 37 ; $f_u = 370$ MPa
; $f_y = 240$ MPa
- Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa
- Baut yang digunakan = A325
 - Kuat tarik minimum $f_{ub} = 620$ MPa
 - Tegangan geser baut $f_{nv} = 372$ MPa (ulir drat; 1 bidang geser)
 - Diameter baut $\emptyset = 16$ mm
 - Luas baut $A_b = \frac{1}{4} \cdot \emptyset^2 = 201.14$ mm²
 - diameter lubang baut (d_l) = $\emptyset + 2 = 16 + 2 = 18$ mm
- Penambahan luasan (x) = 15 mm
- Jarak baut ke tepi pelat = $l_c = 76.8$ mm
- Tebal pelat Rencana = 16 mm

Kuat Nominal tumpu

WF 600x300x11x17

- Kuat geser pelat *web* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_w \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 76.79 \cdot 12 \cdot 370 = 409112.08 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 409112.08 = 306834.06 \text{ N}$$

- Kuat tumpu *web* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_w \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 12 \cdot 370 = 191808.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 191808.00 = 143856.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$306834.06 > 143856.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 143856.00 \text{ N} \\ &= 1438560.00 \text{ kg} \\ &= 1438.56 \text{ ton} \end{aligned}$$

Pelat Ujung/ End Plate (t = 16)

- Kuat geser pelat *End-Plate* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$\begin{aligned} R_{nv} &= 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 1.2 \cdot 76.79 \cdot 16 \cdot 370 = 545482.77 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 545482.77 = 409112.08 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat *End-Plate* ketika memikul baut

$$\begin{aligned} R_{nt} &= 2.4 \cdot d_l \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2.4 \cdot 18 \cdot 16 \cdot 370 = 255744.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 255744.00 = 191808.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$409112.08 > 191808.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 191808.00 \text{ N} \\ &= 1918080.00 \text{ kg} \\ &= 1918.08 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kuat Nominal Geser baut dengan 2 Bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 201.14 \cdot 2 \\ &= 149650.286 \text{ N} = 14965.03 \text{ kg} = 14.96503 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 14.96503 \\ &= 11.22377 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

Maka tahanan Geser menentukan!

Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{18.29320}{11.2238} = 1.63 \approx 2 \text{ buah baut}$$

Maka di gunakan 6 buah baut

Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{R_u}{n} < \cdot R_{nv} \\ &= \frac{18.29320}{6} = 3.048867 \text{ ton} < 11.22377 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

- Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum S_1 untuk baut $\emptyset 16 = 22 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_1 < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < S_1 < 4 \cdot 16 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < \mathbf{60} < 164 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S_1 = P_t = 60 \text{ mm}$

- Jarak antara baut S untuk baut $\emptyset 16$

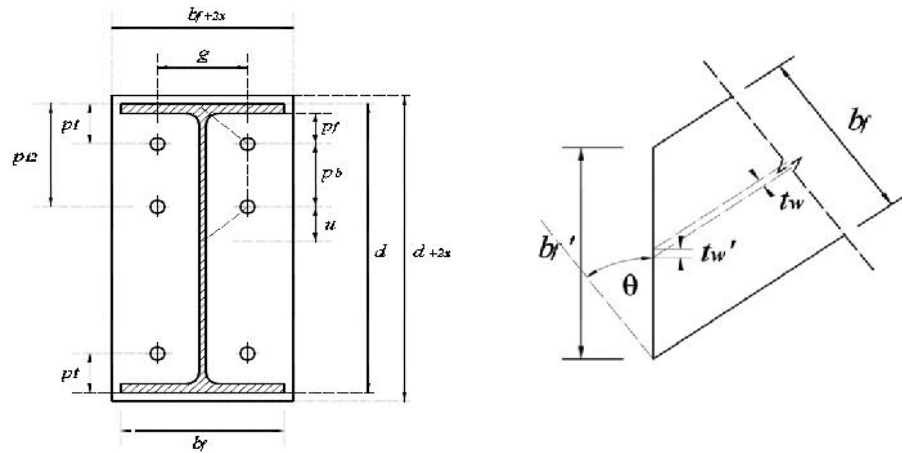
$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21.33 < S < 15 \cdot 16 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21.33 < \mathbf{100} < 240 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S = P_b = 100 \text{ mm}$

- Perhitungan tebal pelat ujung minimum



$$M_u = 128078100.0 \text{ Nmm}$$

$$p_f = p_t - t_f$$

$$F_{py} = 240 \text{ Mpa}$$

$$= 60 - 14$$

$$= 0.9$$

$$= 46 \text{ mm}$$

$$p_t = 60 \text{ mm}$$

$$x = 15 \text{ mm}$$

$$p_b = 100 \text{ mm}$$

$$g = 123.61 \text{ mm}$$

$$= 36^\circ$$

$$p_{t2} = p_t + p_b$$

$$b_f' = b_f / \cos$$

$$= 60 + 100$$

$$= 200 / \cos 36$$

$$= 160 \text{ mm}$$

$$= 247.2136 \text{ mm}$$

$$t_w' = t_w / \cos$$

$$= 9 / \cos 36$$

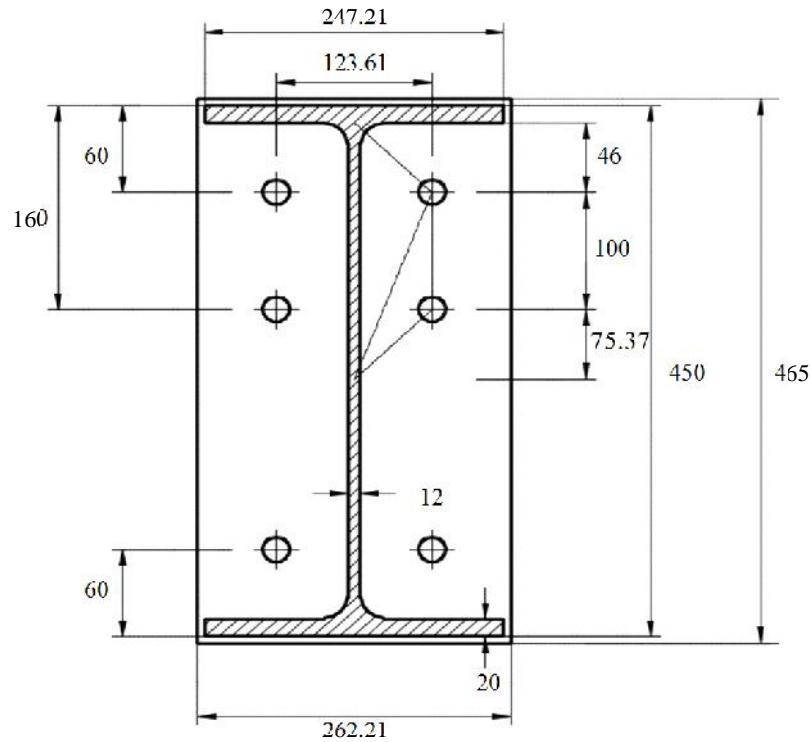
$$= 11.1 \text{ mm}$$

Menentukan jarak u

$$u = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b_f' \cdot g \cdot \left[\frac{d - p_{t2}}{d - p_t} \right]}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{247.21 \cdot 123.61 \cdot \left[\frac{450 - 160}{450 - 60} \right]} = 75.37 \text{ mm}$$

Maka dimensi yang diperoleh



Gambar 4.71 Tata letak baut sambungan End-Plate

- Estimasi Tebal minimum pelat End-Plate :

$$t_p \left[\frac{\overbrace{\text{Mu} / \cdot F_{py}}^{\text{A}}}{\underbrace{\frac{bf'}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right]}_{\text{B}} + \underbrace{2 \left[p_f + p_b + u \right] \left[\frac{d - p_t}{g} \right]}_{\text{C}}} \right]^{1/2}$$

$$A = \frac{128078100.0}{0.9 \cdot 240} = 592954.167$$

$$B = \frac{247.21}{2} \cdot \left[\frac{450 - 60}{46} + \frac{450 - 160}{75.37} \right] = 1523.58$$

$$C = 2 \left[46.00 + 100.0 + 75.37 \right] \cdot \left[\frac{450 - 160}{123.61} \right] = 1038.7$$

$$t_p \left[\frac{592954.1667}{1523.58 + 1038.7} \right]^{1/2} = 15.212 \text{ mm} < 16 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok!}$$

Kontrol terhadap leleh pelat

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot \frac{bf}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2(p_f + p_b + u) \left[\frac{d - p_t}{g} \right]$$

$$\begin{aligned} M_{pl} &= F_{py} \cdot t_p^2 \cdot B \cdot C \\ &= 0.9 \cdot 16^2 \cdot 1523.58 \cdot 1038.73 \\ &= 364627438.72 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot M_{pl} = 0.9 \cdot 364627438.72 = 328164694.84$$

Syarat:

$$\cdot M_{pl} > M_u$$

$$328164694.8 > 128078100.0 \dots\dots \text{OK!}$$

- Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying

$$\begin{aligned} d1 &= d - (\frac{1}{2} \cdot t_f) - p_t \\ &= 450.00 - (\frac{1}{2} \cdot 14) - 60 \\ &= 383.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= d1 - p_b \\ &= 383.00 - 100.0 \\ &= 283.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d3 &= p_t - (\frac{1}{2} \cdot t_f) \\ &= 60.00 - (\frac{1}{2} \cdot 14) \\ &= 53.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan tarik nominal baut

$$\begin{aligned} P_t &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 201.14 \cdot 620 \\ &= 124708.571 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kapasitas Sambungan End-Plate didasarkan kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel

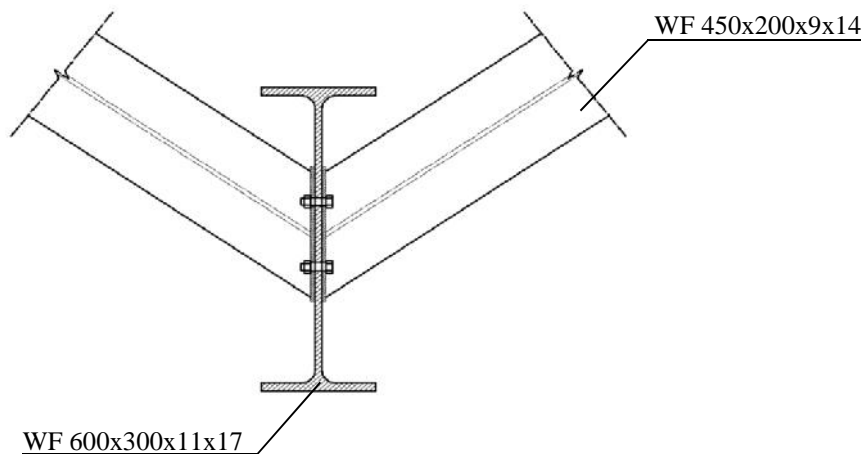
$$\begin{aligned} M_{np} &= 2 \cdot P_t (d_1 + d_2 + d_3) \\ &= 2 \cdot 124708.571 \cdot (383.00 + 283.00 + 53.00) \\ &= 179330925.7 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot M_{np} &= 0.75 \cdot 179330925.7 \\ &= 134498194.3 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

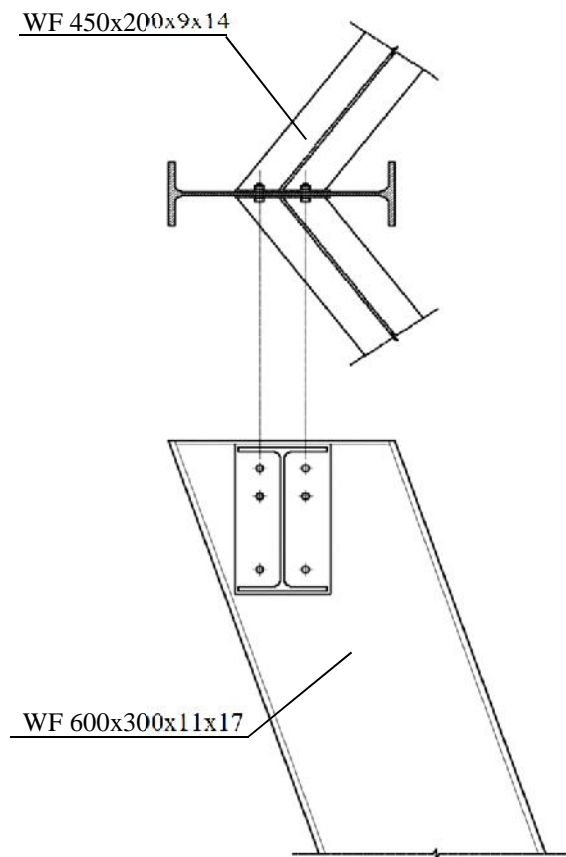
Syarat:

$$\cdot M_{np} > M_u$$

$$134498194.3 > 128078100.0 \text{ OK!}$$

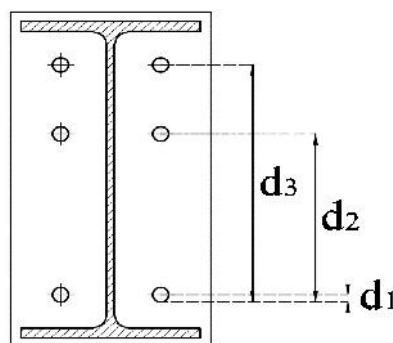


Gambar 4.72 Sambungan End Plate pada web kolom (Tampak Atas)



Gambar 4.73 Sambungan End Plate pada web kolom (tampak Samping)

Kontrol Kekuatan baut terhadap Tarik



$$\begin{aligned}
 d_3 &= 338 \text{ mm} \\
 d_2 &= 238 \text{ mm} \\
 d_1 &= 8 \text{ mm} \\
 d_t &= d_1 + d_2 + d_3 \\
 &= 8 + 238 + 338 \\
 &= 584 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik Perlu

$$T_{ul} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{128078100.00 \cdot 8}{584^2} = 3004.27 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_2}{d_t^2} = \frac{128078100.00 \cdot 238}{584^2} = 89377.08 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_3}{d_t^2} = \frac{128078100.00 \cdot 338}{584^2} = 126930.47 \text{ N}$$

- Gaya tarik 1 baut

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 201.14 \cdot 620 \\ &= 124708.57 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena pada sambungan terdapat 2 baut dalam 1 baris maka:

$$\begin{aligned} T_d &= \cdot 2 \cdot T_b \\ &= 0.75 \cdot 2 \cdot 124708.57 \\ &= 187062.86 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} T_u &< T_d \\ T_{u1} &= 3004.27 < 187062.86 \text{ Ok!} \\ T_{u2} &= 89377.08 < 187062.86 \text{ Ok!} \\ T_{u3} &= 126930.47 < 187062.86 \text{ Ok!} \end{aligned}$$

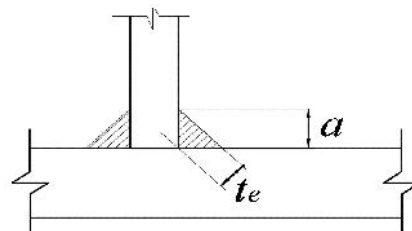
- Perhitungan las fillet pada penghubung geser :

$$\text{electrode E7014} = 50.6 \text{ kg/mm}^2 = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal efektif las } a = 10 \text{ mm}$$

tebal efektif Las

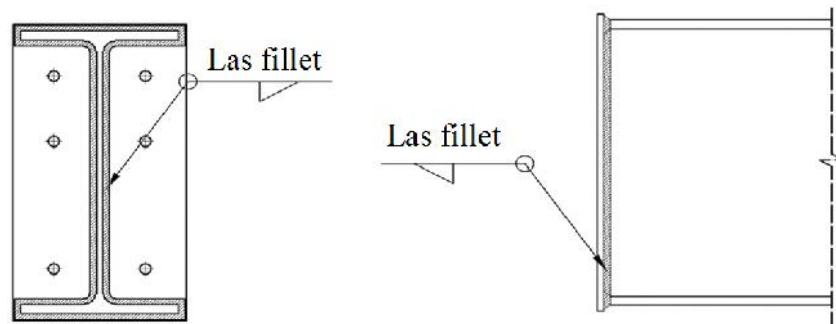
$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 10 \\ &= 7.07 \text{ mm} \end{aligned}$$



Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned}
 L &= (2 \cdot b_f') + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f' - t_w' - 2 \cdot r_o)) \\
 &\quad + (2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\
 &= (2 \cdot 247.21) + (4 \cdot 14) + (2 \cdot 18) + (2 \cdot (247.21 - 11.1 - 2 \cdot 18)) \\
 &\quad + (2 \cdot (450 - 2 \cdot 14 - 2 \cdot 18)) \\
 &= 1835.75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.74 bagian yang di las pada End-Plate

Luas Efektif Las

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= L \cdot t_e \\
 &= 1835.75 \cdot 7.0700 \\
 &= 12979 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per mm^2

$$\begin{aligned}
 f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\
 &= 0.60 \cdot 506 \\
 &= 303.60 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 303.60 \cdot 12978.7 \\
 &= 3940345.00 \text{ N} \\
 \cdot R_n &= 0.75 \cdot 3940345.00 \\
 &= 2955258.75 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok

$$\begin{aligned} F &= A_s \cdot f_y \\ &= 10551.20 \cdot 240 \\ &= 2532288.00 \text{ N} \end{aligned}$$

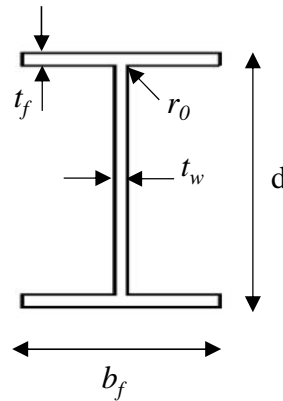
Syarat :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &> F \\ 2955258.75 \text{ N} &> 2532288.00 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Sambungan End Plate Balok - Kolom Pada WEB

Kondisi Miring

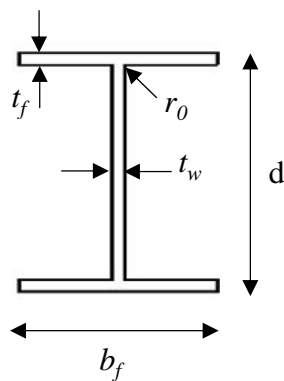
Kolom 170



WF 600 x 300 x 11 x 17

d	=	600	mm	I_x	=	118000	cm ⁴
b_f	=	300	mm	I_y	=	9020	cm ⁴
t_w	=	12	mm	i_x	=	24.8	cm
t_f	=	20	mm	i_y	=	6.85	cm
r_o	=	28	mm	S_x	=	4020	cm ³
A	=	192.50	cm ²	S_y	=	601.0	cm ³
Berat	=	151	kg/m	Z_x	=	4308.9	cm ³
				Z_y	=	919.7	cm ³

Balok 317



WF 350 x 175 x 7 x 11

d	=	350	mm	I_x	=	13600	cm ⁴
b_f	=	175	mm	I_y	=	984	cm ⁴
t_w	=	7	mm	i_x	=	14.7	cm
t_f	=	11	mm	i_y	=	3.95	cm
r_o	=	14	mm	S_x	=	775	cm ³
A	=	63.14	cm ²	S_y	=	112	cm ³
Berat	=	49.6	kg/m	Z_x	=	840.8	cm ³
				Z_y	=	172.5	cm ³

- Diperoleh dari aplikasi ETABS

Reaksi dan Momen pada balok

$$V_u = 7909.98 \text{ kg} = 7.9100 \text{ ton}$$

$$M_u = 6356.18 \text{ kg.m} = 63561800 \text{ N.mm}$$

- Material baja BJ 37 ; $f_u = 370$ MPa
; $f_y = 240$ MPa
- Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa
- Baut yang digunakan = A325
 - Kuat tarik minimum $f_{ub} = 620$ MPa
 - Tegangan geser baut $f_{nv} = 372$ MPa (ulir drat; 1 bidang geser)
 - Diameter baut $\emptyset = 16$ mm
 - Luas baut $A_b = \frac{1}{4} \cdot \emptyset^2 = 201.14$ mm²
 - diameter lubang baut (d_l) = $\emptyset + 2 = 16 + 2 = 18$ mm
- Penambahan luasan (x) = 5 mm
- Jarak baut ke tepi pelat = $l_c = 39.9$ mm
- Tebal pelat Rencana = 12 mm

Kuat Nominal tumpu

WF 600x300x11x17

- Kuat geser pelat *web* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 39.88 \cdot 12 \cdot 370 = 212458.80 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 212458.80 = 159344.10 \text{ N}$$

- Kuat tumpu *web* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_w \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 12 \cdot 370 = 191808.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 191808.00 = 143856.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$159344.10 > 143856.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 143856.00 \text{ N} \\ &= 1438560.00 \text{ kg} \\ &= 1438.56 \text{ ton} \end{aligned}$$

Pelat Ujung/ End Plate (t = 12)

- Kuat geser pelat *End-Plate* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 39.88 \cdot 12 \cdot 370 = 212458.80 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 212458.80 = 159344.10 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat *End-Plate* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 12 \cdot 370 = 191808.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 191808.00 = 143856.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$159344.10 > 143856.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 143856.00 \text{ N} \\ &= 1438560.00 \text{ kg} \\ &= 1438.56 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kuat Nominal Geser baut dengan 1 Bidang Geser

$$R_{nv} = f_{nv} \cdot A_b \cdot m$$

$$= 372 \cdot 201.14 \cdot 2$$

$$= 149650.286 \text{ N} = 14965.03 \text{ kg} = 14.96503 \text{ ton/baut}$$

$$\begin{aligned} \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 14.96503 \\ &= 11.22377 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

Maka tahanan Geser menentukan!

Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{7.90998}{11.2238} = 0.705 \approx 1 \text{ buah baut}$$

Maka di gunakan 6 buah baut

Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{R_u}{n} < \cdot R_{nv} \\ &= \frac{7.90998}{6} = 1.31833 \text{ ton} < 11.22377 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

- Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum S_1 untuk baut $\emptyset 16 = 22 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_1 < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < S_1 < 4 \cdot 12 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < \mathbf{60} < 148 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S_1 = P_t = 60 \text{ mm}$

- Jarak antara baut S untuk baut $\emptyset 12$

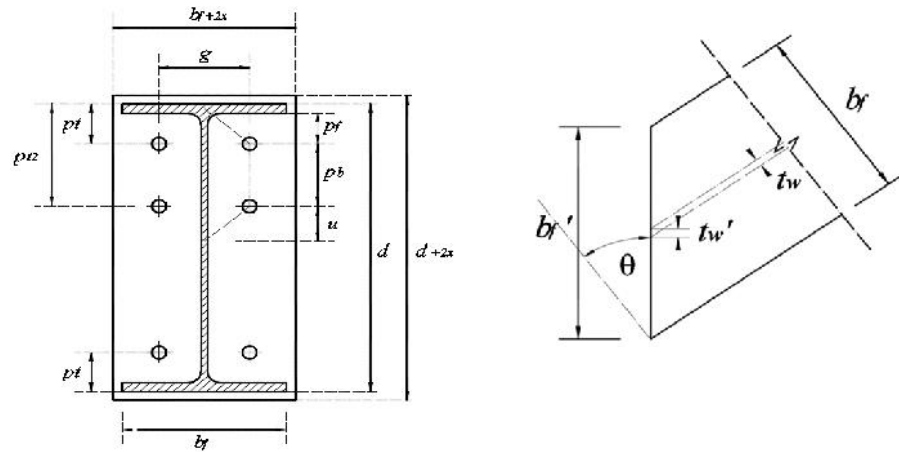
$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$16 < S < 15 \cdot 12 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$16 < \mathbf{100} < 180 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S = P_b = 100 \text{ mm}$

- Perhitungan tebal pelat ujung minimum

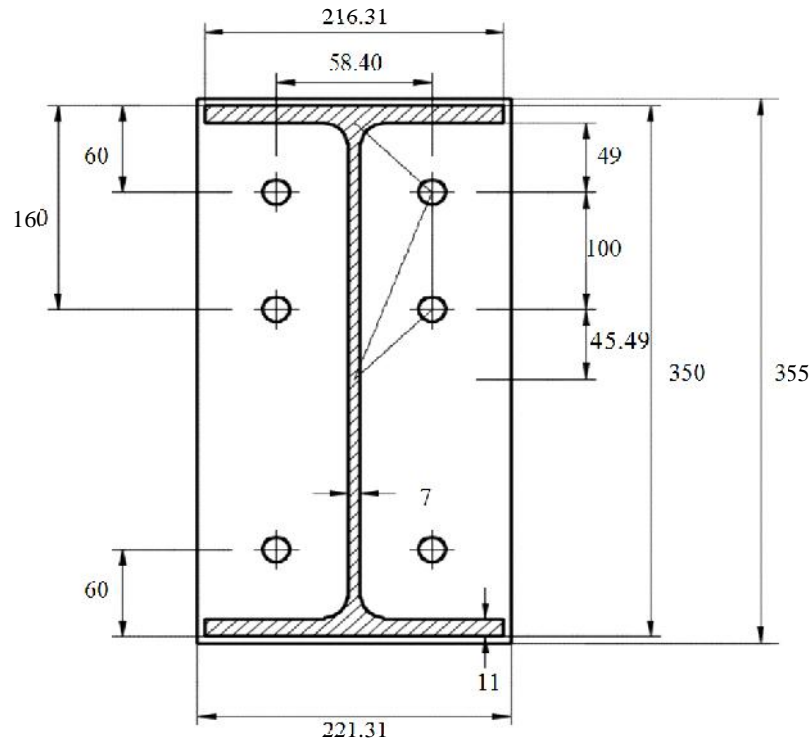


$$\begin{aligned}
 M_u &= 63561800.0 \text{ Nmm} & p_f &= p_t - t_f \\
 F_{py} &= 240 \text{ Mpa} & &= 60 - 11 \\
 &= 0.9 & &= 49 \text{ mm} \\
 p_t &= 60 \text{ mm} & x &= 5 \text{ mm} \\
 p_b &= 100 \text{ mm} & g &= 58.40 \text{ mm} \\
 &= 36^\circ & p_{t2} &= p_t + p_b \\
 b_f' &= b_f / \cos & &= 60 + 100 \\
 &= 175 / \cos 36 & &= 160 \text{ mm} \\
 &= 216.31 \text{ mm} \\
 t_w' &= t_w / \cos \\
 &= 7 / \cos 36 \\
 &= 8.65 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan jarak u

$$\begin{aligned}
 u &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b_f' \cdot g \cdot \left[\frac{d - p_{t2}}{d - p_t} \right]} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{216.31 \cdot 58.40 \cdot \left[\frac{350 - 160}{350 - 60} \right]} = 45.49 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dimensi yang diperoleh



Gambar 4.75 Tata letak baut sambungan End-Plate

- Estimasi Tebal minimum pelat End-Plate :

$$t_p \left[\frac{\overbrace{\text{Mu} / \cdot F_{py}}^A}{\underbrace{\frac{bf^r}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2 \left[p_f + p_b + u \right] \left[\frac{d - p_t}{g} \right]}_B \right]^{1/2}$$

$$A = \frac{63561800.0}{0.9 \cdot 240} = 294267.593$$

$$B = \frac{216.31}{2} \cdot \left[\frac{350 - 60}{49} + \frac{350 - 160}{45.49} \right] = 1091.85$$

$$C = 2 \left[49.00 + 100.0 + 45.49 \right] \cdot \left[\frac{350 - 160}{58.40} \right] = 1265.4$$

$$t_p \left[\frac{294267.5926}{1091.85 + 1265.4} \right]^{1/2} = 11.173 \text{ mm} < 12 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

Kontrol terhadap leleh pelat

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot \frac{bf}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2(p_f + p_b + u) \left[\frac{d - p_t}{g} \right]$$

$$\begin{aligned} M_{pl} &= F_{py} \cdot t_p^2 \cdot B \cdot C \\ &= 0.9 \cdot 12^2 \cdot 1091.85 \cdot 1265.42 \\ &= 179062356.70 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot M_{pl} = 0.9 \cdot 179062356.70 = 161156121.03$$

Syarat:

$$\cdot M_{pl} > M_u$$

$$161156121.0 > 63561800.0 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

- Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying

$$\begin{aligned} d1 &= d - (\frac{1}{2} \cdot t_f) - p_t \\ &= 350.00 - (\frac{1}{2} \cdot 11) - 60 \\ &= 284.50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= d1 - p_b \\ &= 284.50 - 100.0 \\ &= 184.50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d3 &= p_t - (\frac{1}{2} \cdot t_f) \\ &= 60.00 - (\frac{1}{2} \cdot 11) \\ &= 54.50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan tarik nominal baut

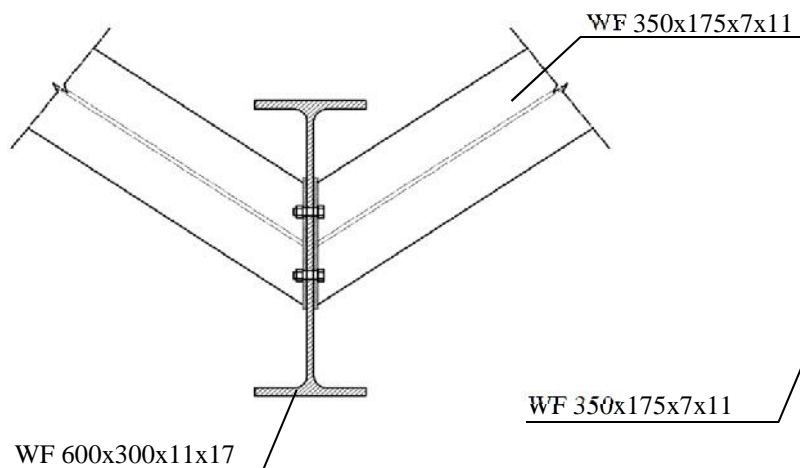
$$\begin{aligned} P_t &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 201.14 \cdot 620 \\ &= 124708.571 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kapasitas Sambungan End-Plate didasarkan kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel

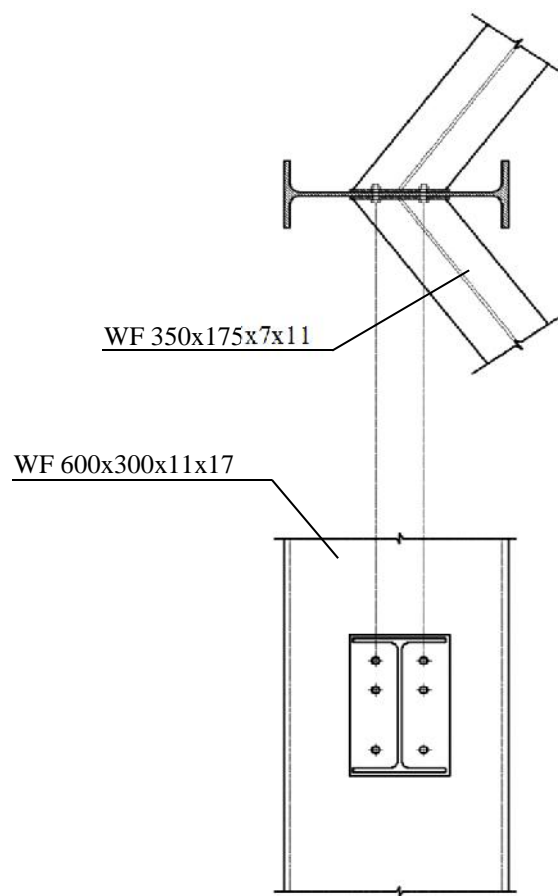
$$\begin{aligned} M_{np} &= 2 \cdot P_t (d_1 + d_2 + d_3) \\ &= 2 \cdot 124708.571 \cdot (284.50 + 184.50 + 54.50) \\ &= 130569874.3 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ \cdot M_{np} &= 0.75 \cdot 130569874.3 \\ &= 97927405.7 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} \cdot M_{np} &> M_u \\ 97927405.7 &> 63561800.0 \quad \text{..... OK!} \end{aligned}$$

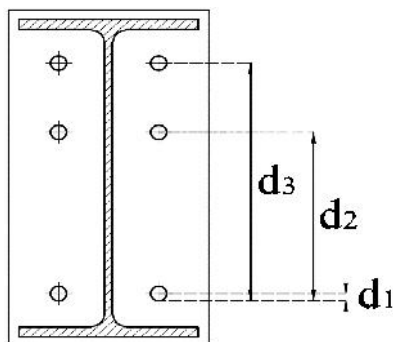


Gambar 4.76 Sambungan End Plate pada web kolom (Tampak Atas)



Gambar 4.77 Sambungan End Plate pada web kolom (tampak Samping)

Kontrol Kekuatan baut terhadap Tarik



$$\begin{aligned}
 d_3 &= 238 \text{ mm} \\
 d_2 &= 138 \text{ mm} \\
 d_1 &= 8 \text{ mm} \\
 d_t &= d_1 + d_2 + d_3 \\
 &= 8 + 138 + 238 \\
 &= 384 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik Perlu

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{63561800.00 \cdot 8}{384^2} = 3448.45 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_2}{d_t^2} = \frac{63561800.00 \cdot 138}{384^2} = 59485.73 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_3}{d_t^2} = \frac{63561800.00 \cdot 238}{384^2} = 102591.34 \text{ N}$$

- Gaya tarik 1 baut

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 201.14 \cdot 620 \\ &= 124708.57 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena pada sambungan terdapat 2 baut dalam 1 baris maka:

$$\begin{aligned} T_d &= 0.75 \cdot 2 \cdot T_b \\ &= 0.75 \cdot 2 \cdot 124708.57 \\ &= 187062.86 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} T_u &< T_d \\ T_{u1} &= 3448.45 < 187062.86 \text{ Ok!} \\ T_{u2} &= 59485.73 < 187062.86 \text{ Ok!} \\ T_{u3} &= 102591.34 < 187062.86 \text{ Ok!} \end{aligned}$$

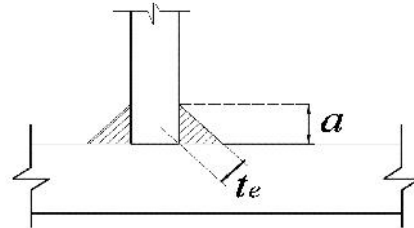
- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

$$\text{electrode E7014} = 50.6 \text{ kg/mm}^2 = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal efektif las } a = 8 \text{ mm}$$

tebal efektif Las

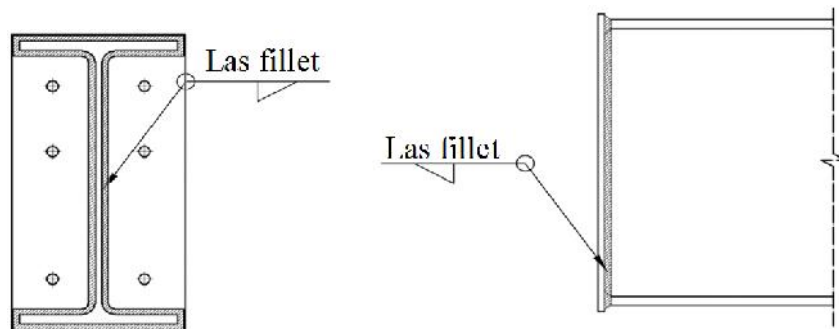
$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 8 \\ &= 5.656 \text{ mm} \end{aligned}$$



Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned} L &= (2 \cdot b_f') + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f' - t_w' - 2 \cdot r_o)) \\ &\quad + (2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\ &= (2 \cdot 216.31) + (4 \cdot 11) + (2 \cdot 14) + (2 \cdot (216.31 - 0.0 - 2 \cdot 14)) \\ &\quad + (2 \cdot (350 - 2 \cdot 11 - 2 \cdot 14)) \\ &= 1541.25 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.78 bagian yang di las pada End-Plate

Luas Efektif Las

$$\begin{aligned} A_{we} &= L \cdot t_e \\ &= 1541.25 \cdot 5.6560 \\ &= 8717.3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per mm²

$$\begin{aligned} f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\ &= 0.60 \cdot 506 \\ &= 303.60 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\&= 303.60 \cdot 8717.3 \\&= 2646571.17 \text{ N} \\ \cdot R_n &= 0.75 \cdot 2646571.17 \\&= 1984928.38 \text{ N}\end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok

$$\begin{aligned}F &= A_s \cdot f_y \\&= 6314.00 \cdot 240 \\&= 1515360.00 \text{ N}\end{aligned}$$

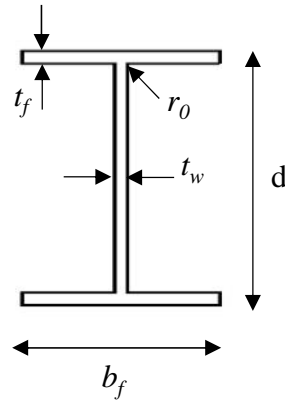
Syarat :

$$\begin{aligned}\cdot R_{nw} &> F \\1984928.38 \text{ N} &> 1515360.00 \text{ N} \dots\dots \text{ OK!}\end{aligned}$$

Sambungan End Plate Balok X - Kolom Pada WEB

Kondisi Miring Lantai 7

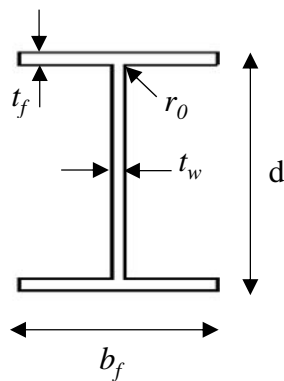
Kolom



WF 600 x 300 x 11 x 17

d	=	600	mm	I_x	=	118000	cm ⁴
b_f	=	300	mm	I_y	=	9020	cm ⁴
t_w	=	12	mm	i_x	=	24.8	cm
t_f	=	20	mm	i_y	=	6.85	cm
r_0	=	28	mm	S_x	=	4020	cm ³
A	=	192.50	cm ²	S_y	=	601.0	cm ³
Berat	=	151	kg/m	Z_x	=	4308.9	cm ³
				Z_y	=	919.7	cm ³

Balok Induk



WF 400 x 200 x 8 x 13

d	=	400	mm	I_x	=	23700	cm ⁴
b_f	=	200	mm	I_y	=	1740	cm ⁴
t_w	=	8	mm	i_x	=	16.8	cm
t_f	=	13	mm	i_y	=	4.54	cm
r_0	=	16	mm	S_x	=	1190	cm ³
A	=	84.10	cm ²	S_y	=	174	cm ³
Berat	=	66	kg/m	Z_x	=	1286	cm ³
				Z_y	=	266	cm ³

Balok Anak	WF 300 x 150 x 9 x 13			
	d	=	300 mm	$I_x = 7210 \text{ cm}^4$
	b_f	=	150 mm	$I_y = 508 \text{ cm}^4$
	t_w	=	9 mm	$i_x = 12.4 \text{ cm}$
	t_f	=	13 mm	$i_y = 3.29 \text{ cm}$
	r_0	=	13 mm	$S_x = 481 \text{ cm}^3$
	A	=	46.78 cm^2	$S_y = 67.7 \text{ cm}^3$
	Berat	=	36.7 kg/m	$Z_x = 728.6 \text{ cm}^3$
				$Z_y = 151.8 \text{ cm}^3$

- Diperoleh dari aplikasi ETABS

B. Induk $V_{u1} = 10853.49 \text{ kg} = 10.85349 \text{ ton}$
 $M_{u1} = 9649.25 \text{ kg.m} = 96492500 \text{ N.mm}$

B. Anak $V_{u2} = 2849.18 \text{ kg} = 2.8492 \text{ ton}$
 $M_{u2} = 2621.11 \text{ kg.m} = 26211100 \text{ N.mm}$

- Material baja BJ 37 ; $f_u = 370 \text{ MPa}$
; $f_y = 240 \text{ MPa}$

- Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa

- Baut yang digunakan = A325

- Kuat tarik minimum $f_{ub} = 620 \text{ MPa}$

- Tegangan geser baut $f_{nv} = 372 \text{ MPa}$

- Diameter baut $\emptyset = 22 \text{ mm}$

- Luas baut $A_b = \frac{1}{4} \cdot \emptyset^2 = 380.29 \text{ mm}^2$

- diameter lubang baut (d_l) = $\emptyset + 2 = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$

- Diameter baut $\emptyset = 16 \text{ mm}$

- Luas baut $A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2 = 201.14 \text{ mm}^2$
- diameter lubang baut (d_l) $= \varnothing + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$
- Penambahan luasan (x) $= 5 \text{ mm}$
- Jarak baut ke tepi pelat $= l_c = x + \frac{1}{2} \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_0)$
 $= 5 + \frac{1}{2} \cdot (200 - 8 - (2 \cdot 13))$
 $= 88 \text{ mm}$
- Tebal pelat Rencana B.Induk $= 16 \text{ mm}$
- Tebal pelat Rencana B. Anak $= 12 \text{ mm}$

Kuat Nominal tumpu

WF 600x300x11x17

- Kuat geser pelat *web* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_w \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 84 \cdot 9 \cdot 370 = 335664.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 335664.00 = 251748.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu *web* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_w \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 24 \cdot 9 \cdot 370 = 191808.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 191808.00 = 143856.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$251748.00 > 143856.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} = 143856.00 \text{ N}$$

$$= 1438560.00 \text{ kg}$$

$$= 1438.56 \text{ ton}$$

End Plate Balok Induk WF 400x200x8x13

- Kuat geser pelat *End-Plate* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 84 \cdot 16 \cdot 370 = 596736.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 596736.00 = 447552.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat *End-Plate* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 24 \cdot 16 \cdot 370 = 340992.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 340992.00 = 255744.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$447552.00 > 255744.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} = 255744.00 \text{ N}$$

$$= 255744.00 \text{ kg}$$

$$= 2557.44 \text{ ton}$$

End Plate Balok Anak WF 300x150x9x13

- Kuat geser pelat *End-Plate* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 84 \cdot 12 \cdot 370 = 447552.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 447552.00 = 335664.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat *End-Plate* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 24 \cdot 12 \cdot 370 = 255744.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 255744.00 = 191808.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$335664.00 > 191808.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 191808.00 \text{ N} \\ &= 1918080.00 \text{ kg} \\ &= 1918.08 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kuat Nominal Geser baut dengan 1 Bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 380.29 \cdot 1 \\ &= 141466.286 \text{ N} \rightarrow 14146.63 \text{ kg} \\ &= 14.14663 \text{ ton/baut} \\ \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 14.14663 \\ &= 10.60997 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

Kuat Nominal Geser baut dengan 2 Bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 380.29 \cdot 2 \\ &= 282932.571 \text{ N} \rightarrow 28293.26 \text{ kg} \\ &= 28.29326 \text{ ton/baut} \\ \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 28.29326 \\ &= 21.21994 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

Diambil kuat nominal terkecil, maka kuat nominal 1 bidang geser yang digunakan

dari kuat nominal tumpu dan kuat nominal geser diambil yang terkecil untuk Menentukan jumlah baut yang digunakan, Maka tahanan Geser yang menentukan!

Perhitungan Jumlah Baut

Balok Induk

$$n_1 = \frac{10.85349}{10.6100} = 1.023 \approx 2 \text{ buah baut}$$

Maka di gunakan 6 buah baut

Balok Anak

$$n_2 = \frac{2.84918}{10.6100} = 0.269 \approx 1 \text{ buah baut}$$

Menyesuaikan letak baut pada Balok Induk

Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

Balok Induk

$$\begin{aligned} V_{b1} &= \frac{V_{u1}}{n_1} < \cdot R_{nv} \\ &= \frac{10.85349}{6} = 1.8089 \text{ ton} < 21.21994 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Balok Anak

$$\begin{aligned} V_{b2} &= \frac{V_{u2}}{n_1} < \cdot R_{nv} \\ &= \frac{2.84918}{6} = 0.4749 \text{ ton} < 21.21994 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

- Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum S_1 untuk baut $\emptyset 22 = 28 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_1 < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$28 < S_1 < 4 \cdot 16 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$28 < \mathbf{84} < 164 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S_1 = P_t = 84 \text{ mm}$

- Jarak antara baut S untuk baut $\emptyset 22$

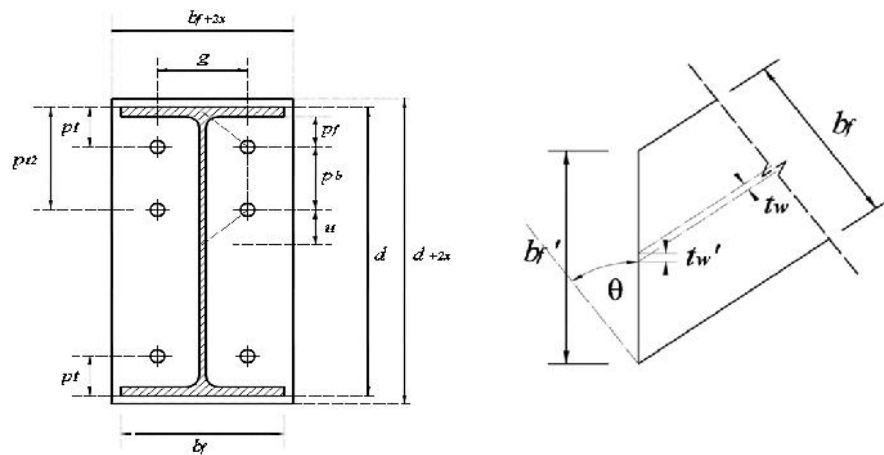
$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$29.33 < S < 15 \cdot 16 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$29.33 < \mathbf{120} < 240 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S = P_b = 120 \text{ mm}$

- Perhitungan tebal pelat ujung minimum pada Balok Induk



$$M_u = 96492500.0 \text{ Nmm}$$

$$p_f = p_t - t_f$$

$$F_{py} = 240 \text{ Mpa}$$

$$= 84 - 13$$

$$= 0.9$$

$$= 71 \text{ mm}$$

$$p_t = 84 \text{ mm}$$

$$x = 10 \text{ mm}$$

$$p_b = 120 \text{ mm}$$

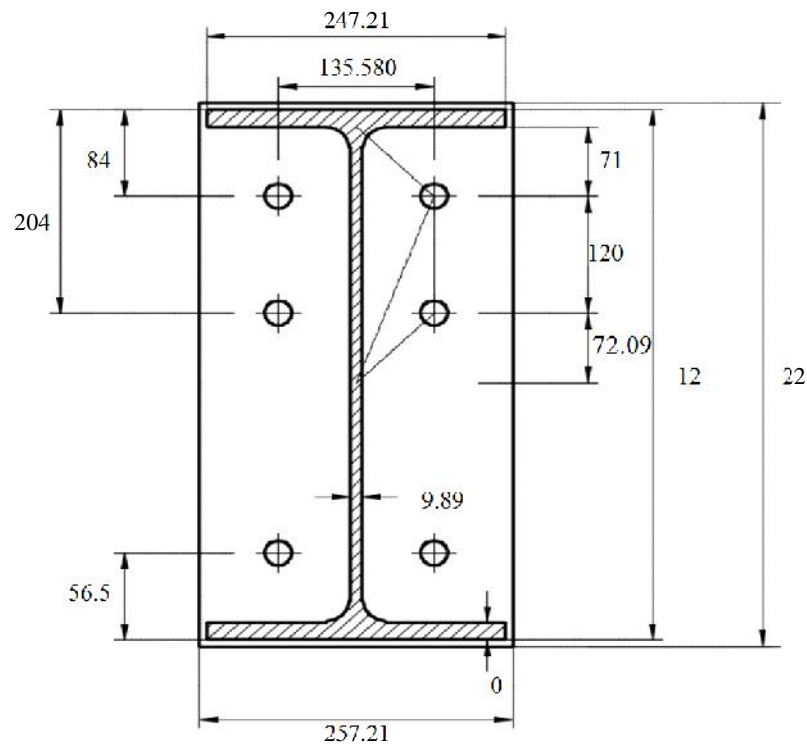
$$g = 135.58 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 &= 36^\circ & p_{t2} &= p_t + p_b \\
 b_f' &= b_f / \cos & &= 84 + 120 \\
 &= 200 / \cos 36 & &= 204 \text{ mm} \\
 &= 247.21 \text{ mm} \\
 t_w' &= t_w / \cos \\
 &= 8 / \cos 36 \\
 &= 9.89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan jarak u

$$\begin{aligned}
 u &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b_f' \cdot g \cdot \left[\frac{d - p_{t2}}{d - p_t} \right]} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{247.21 \cdot 135.58 \cdot \left[\frac{400 - 204}{400 - 84} \right]} = 72.09 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dimensi yang diperoleh



Gambar 4.79 Tata letak baut sambungan End-Plate Balok Induk

- Estimasi Tebal minimum pelat End-Plate :

$$t_p \left[\frac{\overbrace{\text{Mu} / \cdot F_{py}}^A}{\underbrace{\frac{bf^2}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2(p_f + p_b + u) \left[\frac{d - p_t}{g} \right]}_B \cdot \underbrace{\left[\frac{d - p_t}{g} \right]}_C} \right]^{1/2}$$

$$A = \frac{96492500.0}{0.9 \cdot 240} = 446724.537$$

$$B = \frac{247.21}{2} \cdot \left[\frac{400 - 84}{71} + \frac{400 - 204}{72.09} \right] = 886.19$$

$$C = 2 \left[71.00 + 120.0 + 72.09 \right] \cdot \left[\frac{400 - 204}{135.58} \right] \\ = 760.67$$

$$t_p \left[\frac{446724.537}{886.19 + 760.67} \right]^{1/2} = 16.47 \text{ mm} > 16 \text{ mm} \dots\dots \text{failed}$$

Kontrol terhadap leleh pelat

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot \frac{bf^2}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2(p_f + p_b + u) \left[\frac{d - p_t}{g} \right]$$

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot B \cdot C \\ = 0.9 \cdot 16^2 \cdot 886.19 \cdot 760.67 \\ = 155313337.55 \text{ N}$$

$$\cdot M_{pl} = 0.9 \cdot 155313337.55 = 139782003.80$$

Syarat:

$$\cdot M_{pl} > M_u$$

$$139782003.8 > 96492500.0 \dots\dots \text{OK!}$$

- Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying

$$\begin{aligned}
 d1 &= d_b - \left(\frac{1}{2} t_f \right) - p_t \\
 &= 400.00 - \left(\frac{1}{2} \cdot 13 \right) - 84 \\
 &= 309.50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d2 &= d1 - p_b \\
 &= 309.50 - 120.0 \\
 &= 189.50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d3 &= p_t - \left(\frac{1}{2} t_f \right) \\
 &= 56.50 - \left(\frac{1}{2} \cdot 13 \right) \\
 &= 50.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kekuatan tarik nominal baut

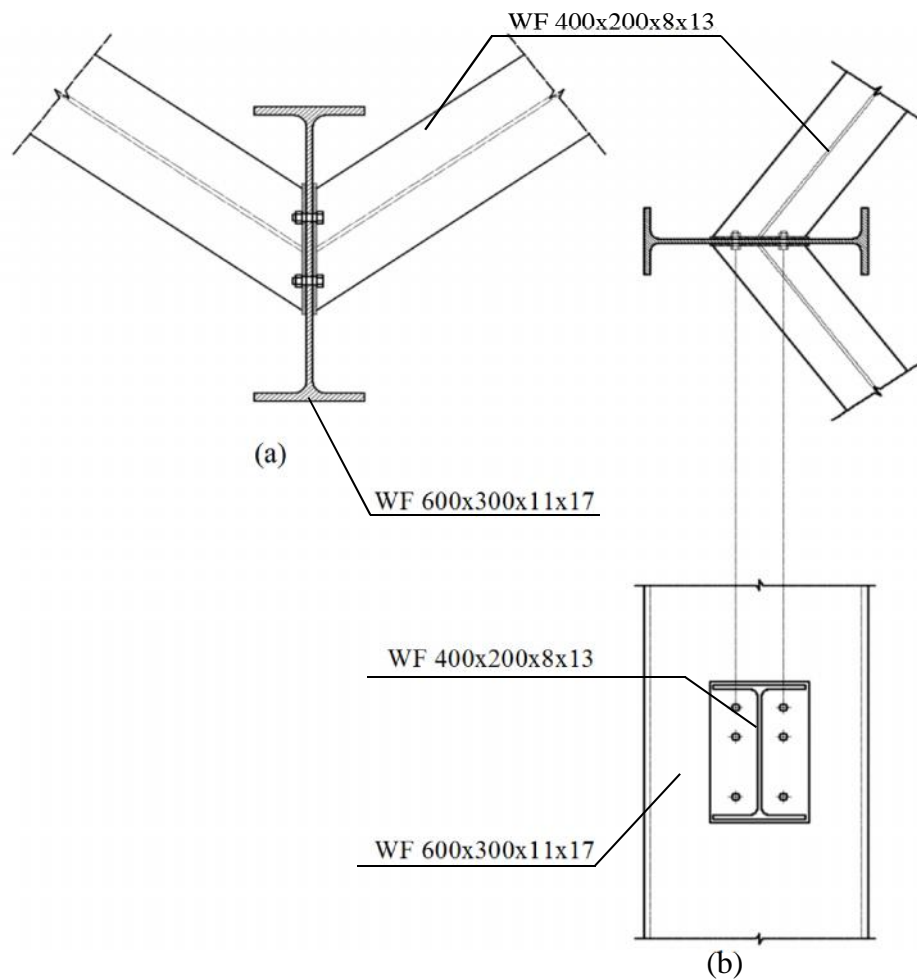
$$\begin{aligned}
 P_t &= A_b \cdot f_{ub} \\
 &= 380.29 \cdot 620 \\
 &= 235777.143 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas Sambungan End-Plate didasarkan kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel

$$\begin{aligned}
 M_{np} &= 2 \cdot P_t (d_1 + d_2 + d_3) \\
 &= 2 \cdot 235777.143 \cdot (309.50 + 189.50 + 50.00) \\
 &= 258883302.9 \text{ Nm} \\
 \cdot M_{np} &= 0.75 \cdot 258883302.9 \\
 &= 194162477.1 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \cdot M_{np} &> M_u \\
 194162477.1 &> 96492500.0 \text{ OK!}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.80 (a) Sambungan End Plate pada web kolom (Tampak Atas) dan (b)tampak Samping pada balok Induk

- Perhitungan tebal pelat ujung minimum pada Balok Anak
- Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum S_1 untuk baut $\varnothing 22 = 28 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_1 < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$28 < S_1 < 4 \cdot 12 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$28 < \mathbf{55} < 148 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S_1 = P_t = 55 \text{ mm}$

- Jarak antara baut S untuk baut \emptyset 22

$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$29.33 < S < 15 \cdot 12 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$29.33 < \mathbf{120} < 180 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S = P_b = 120 \text{ mm}$$

$$M_u = 26211100.0 \text{ Nmm}$$

$$F_{py} = 240 \text{ Mpa}$$

$$= 0.9$$

$$p_t = p_f = 55 \text{ mm}$$

$$p_b = 120 \text{ mm}$$

$$x = 10 \text{ mm}$$

$$g = 98.444 \text{ mm}$$

$$p_{t2} = p_t + p_b$$

$$= 55 + 120$$

$$= 175 \text{ mm}$$

$$d' = d - t_f - r_o$$

$$= 300 - 13 - 13$$

$$= 274 \text{ mm}$$

$$= 36^\circ$$

$$b_f' = b_f / \cos$$

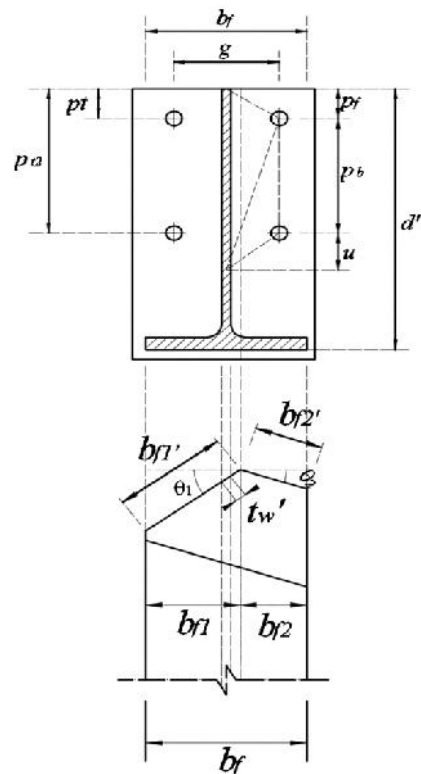
$$= 150 / \cos 36$$

$$= 185.41 \text{ mm}$$

$$t_w' = t_w / \cos$$

$$= 9 / \cos 36$$

$$= 11.12 \text{ mm}$$



$$\theta_1 = 36^\circ$$

$$b_{f1} = 88.27 \text{ mm}$$

$$b_{f1}' = b_{f1} / \cos$$

$$= 150 / \cos 36$$

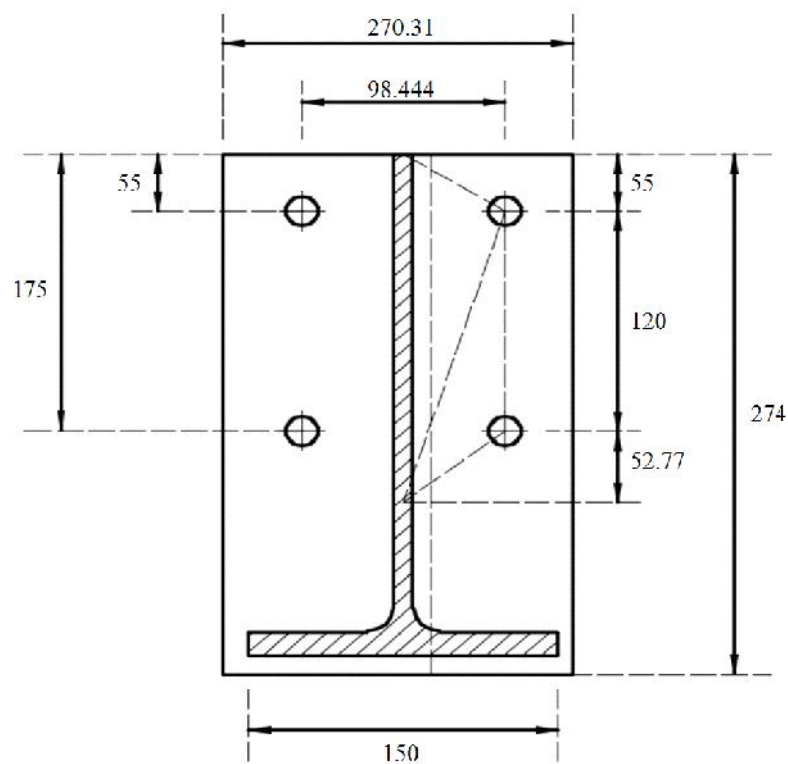
$$= 185.41 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha_2 &= 18^\circ & b_t &= b_{f1}' + b_{f2}' \\
 b_{f2} &= 61.73 \text{ mm} & &= 185.41 + 64.90 \\
 b_{f2}' &= b_{f2} / \cos \alpha_2 & &= 250.31 \text{ mm} \\
 &= 61.73 / \cos 18^\circ \\
 &= 64.90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan jarak u

$$\begin{aligned}
 u &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b_t' \cdot g \cdot \left[\frac{d' - p_{t2}}{d' - p_t} \right]} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{250.31 \cdot 98.444 \cdot \left[\frac{274 - 175}{274 - 55} \right]} = 52.77 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dimensi yang diperoleh



Gambar 4.81 Tata letak baut sambungan End-Plate Balok Anak

- Estimasi Tebal minimum pelat End-Plate :

$$t_p \left[\frac{\overbrace{Mu / F_{py}}^A}{\underbrace{\frac{bt}{2} \cdot \left[\frac{d' - p_t}{p_f} + \frac{d' - p_{t2}}{u} \right]}_B + \underbrace{2(p_f + p_b + u)}_C \left[\frac{d' - p_t}{g} \right]} \right]^{1/2}$$

$$A = \frac{26211100.0}{0.9 \cdot 240} = 121347.685$$

$$B = \frac{250.31}{2} \cdot \left[\frac{274 - 55}{55} + \frac{274 - 175}{52.77} \right] = 733.14$$

$$C = 2 \left[55.00 + 120.0 + 52.77 \right] \cdot \left[\frac{274 - 55}{98} \right] \\ = 1013.41$$

$$t_p \left[\frac{121347.6852}{733.14 + 1013.41} \right]^{1/2} = 8.3354 \text{ mm} < 12 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok!}$$

Kontrol terhadap leleh pelat

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot \frac{bf}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2(p_f + p_b + u) \left[\frac{d - p_t}{g} \right]$$

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot B \cdot C \\ = 61.73 \cdot 12^2 \cdot 733.14 \cdot 1013.41 \\ = 6603832829.24 \text{ N}$$

$$\cdot M_{pl} = 0.9 \cdot 6603832829.24 = 5943449546.31$$

Syarat:

$$\cdot M_{pl} > M_u$$

$$5943449546.3 > 26211100.0 \dots\dots \text{OK!}$$

- Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying

$$\begin{aligned}
 d1 &= d' - p_f \\
 &= 274.00 - 55 \\
 &= 219.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d2 &= d1 - p_b \\
 &= 219.00 - 120.0 \\
 &= 99.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kekuatan tarik nominal baut

$$\begin{aligned}
 P_t &= A_b \cdot f_{ub} \\
 &= 380.29 \cdot 620 \\
 &= 235777.143 \text{ N}
 \end{aligned}$$

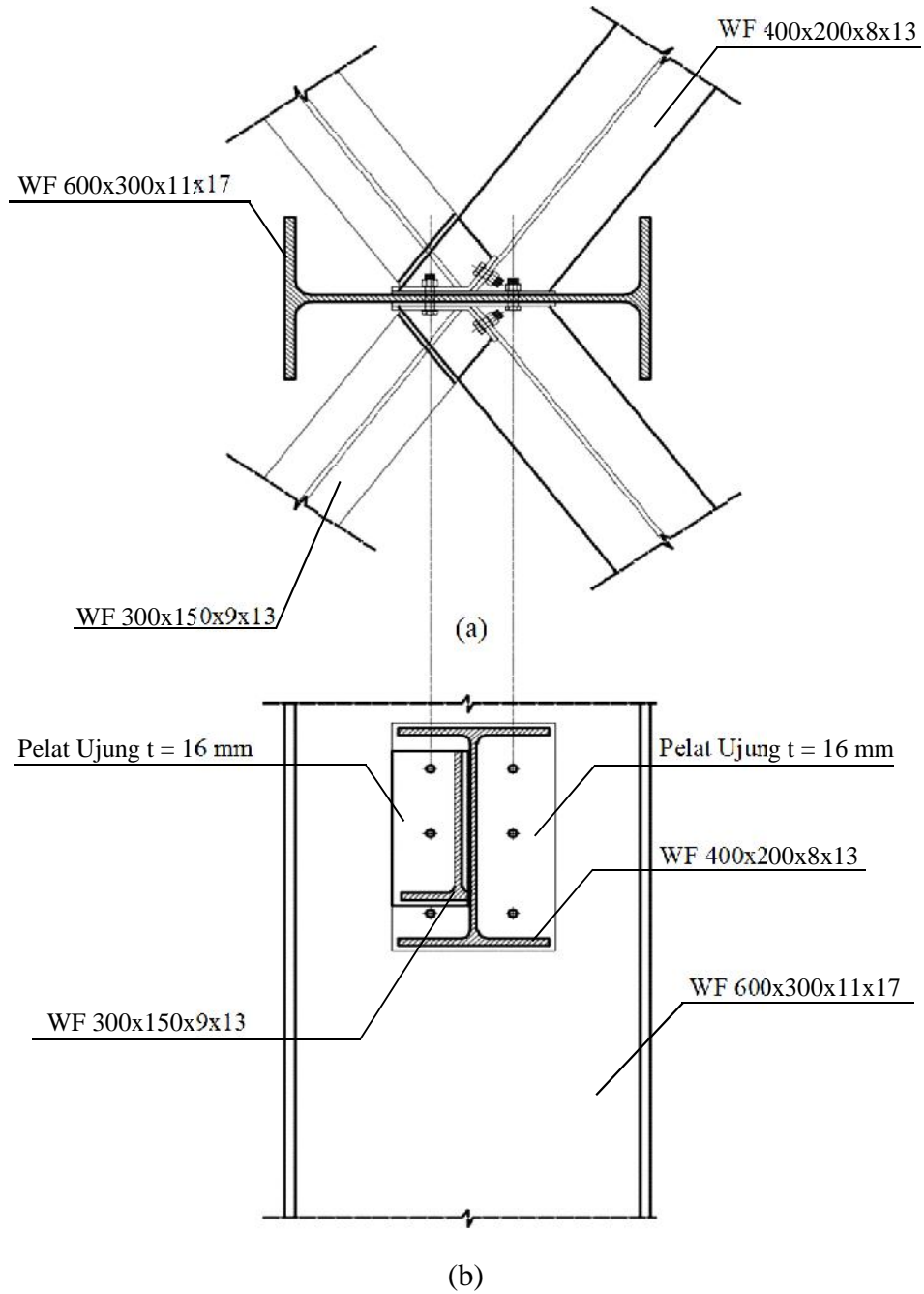
- Kapasitas Sambungan End-Plate didasarkan kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel

$$\begin{aligned}
 M_{np} &= 2 \cdot P_t (d_1 + d_2) \\
 &= 2 \cdot 235777.143 \cdot (219.00 + 99.00) \\
 &= 149954262.9 \text{ Nm} \\
 \cdot M_{np} &= 0.75 \cdot 149954262.9 \\
 &= 112465697.1 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \cdot M_{np} &> M_u \\
 112465697.1 &> 26211100.0 \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Gambar Hasil Perencanaan



Gambar 4.82 (a) Sambungan End Plate pada web kolom (Tampak Atas) dan (b)tampak Samping pada balok Induk

- **Perhitungan Pelat Penyambung pada Balok Anak**

Desain plat pengambung pada flens balok

Menghitung gaya pada sayap balok :

$$P_{uf} = \frac{M_u}{d} = \frac{26211100}{300} = 87370.3333 \text{ N} = 8737.033 \text{ kg}$$

$$= 8.74 \text{ ton}$$

dicoba Profil siku 90 x 250 x 10

Kuat Nominal tumpu

End Plate Balok Anak WF 300x150x9x13

- Pada bagian flens balok

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 37.5 \cdot 13 \cdot 370 = 216450.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 216450.00 = 162337.50 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat *End-Plate* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 13 \cdot 370 = 207792.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 207792.00 = 155844.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$162337.50 > 155844.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} = 155844.00 \text{ N}$$

$$= 155844.00 \text{ kg}$$

$$= 1558.44 \text{ ton}$$

L 90x250x10

- Pada pelat siku:

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_{p\ siku} \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$\begin{aligned} R_{nv} &= 1.2 \cdot l_c \cdot t_{p\ siku} \cdot f_u \\ &= 1.2 \cdot 37.5 \cdot 10 \cdot 370 = 166500.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 166500.00 = 124875.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$\begin{aligned} R_{nt} &= 2.4 \cdot d_l \cdot t_{p\ siku} \cdot f_u \\ &= 2.4 \cdot 18 \cdot 10 \cdot 370 = 159840.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 159840.00 = 119880.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$124875.00 > 119880.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} = 119880.00 \text{ N}$$

$$= 1198800.00 \text{ kg}$$

$$= 1198.80 \text{ ton}$$

$$\text{Maka kuat tumpu diambil yang terkecil} = 1198.80 \text{ ton}$$

Kuat Nominal Geser baut dengan 1 Bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 201.14 \cdot 1 \\ &= 74825.1429 \text{ N} \rightarrow 7482.514 \text{ kg} \\ &= 7.482514 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 7.482514$$

$$= 5.61 \text{ ton/baut}$$

$$\text{Maka geser diambil yang terkecil} = 5.61 \text{ ton}$$

Dari hasil kuat tumpu profil dan geser baut, Maka Kuat Geser Baut menentukan

Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{P_{uf}}{\cdot R_n} = \frac{8.737}{5.6119} = 1.55688 \approx 2 \text{ buah baut}$$

Maka di gunakan 2 buah baut pada kolom dan 4 buah baut pada flens

Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$V_b = \frac{V_u}{n} < \cdot R_{nv}$$

$$= \frac{2.84918}{2} = 1.42459 \text{ ton} < 5.61 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

- Menghitung jarak Baut

- Jarak tepi minimum S_1 untuk baut $\emptyset 16 = 22 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_1 < 4 t_p + 100 \text{ mm} \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < S_1 < 4 \cdot 13 + 100 \text{ mm} \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < \mathbf{40} < 152 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S_1 = 40 \text{ mm}$

- Jarak antara baut S untuk baut $\emptyset 16$

$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21.33 < S < 15 \cdot 13 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21.33 < \mathbf{60} < 195 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S = 60 \text{ mm}$

Periksa Kekuatan Geser Blok Pelat

$$R_n = 0,60F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,60F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

- Bila tegangan tarik merata $U_{bs} = 1$
- Bila tegangan tarik tidak merata $U_{bs} = 0.5$

- Pada Balok Anak

Luasan Geser pada pelat siku

$$\begin{aligned} l &= S + S_1 \\ &= 60 + 40 = 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bruto} &= A_{gv} = 2 \cdot t_p \cdot l \\ &= 2 \cdot 10 \cdot 100 \\ &= 2000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar Lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{Jumlah Lubang} \\ &= 18 \cdot 1.5 \\ &= 27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto} &= A_{nv} = (l - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p \\ &= (100 - 27) \cdot 10 \\ &= 730 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &: A_{nv} < 85\% \cdot A_{gv} \\ 730 &< 85\% \cdot 2000 \\ 730 &< 1700 \text{ OK!} \end{aligned}$$

Luasan Tarik pada pelat siku

$$\begin{aligned} \text{Luas bruto} &= A_{gt} = 2 \cdot t_p \cdot l_c \\ &= 2 \cdot 10 \cdot 37.5 \\ &= 750 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar Lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{jumlah Lubang} \\ &= 18 \cdot 0.5 \\ &= 9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto} = A_{nt} &= (l_c - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p \\ &= (37.5 - 9) \cdot 10 \\ &= 285 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } A_{nt} &< 85\%_{gt} \\ 285 &< 85\% \cdot 750 \\ 285 &< 637.5 \dots\dots\dots \text{ OK!} \end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan keruntuhan/ fraktur dan tegangan putus

$$\begin{aligned} R_{nF} &= 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0.6 \cdot 370 \cdot 730 + 1 \cdot 370 \cdot 285 \\ &= 267510 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan leleh dan tegangan putus

$$\begin{aligned} R_{nL} &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 2000 + 1 \cdot 370 \cdot 285 \\ &= 393450 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat: } R_{nF} \leq R_{nL}$$

$$267510 \leq 393450$$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan tahanan geser terkecil, maka kuat runtuh/ fraktur pelat menentukan

$$\begin{aligned} \cdot R_n &= 0.75 \cdot 267510 \\ &= 200632.5 \text{ N} \approx 20063.25 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} \cdot R_n &> R_u \\ 20063.25 &> 2849.18 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Pada Kolom

Luasan Geser pada pelat siku

$$\begin{aligned} l &= S_l \\ &= 40 = 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bruto} &= A_{gv} = 2 \cdot t_p \cdot l \\ &= 2 \cdot 10 \cdot 40 \\ &= 800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar Lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{Jumlah Lubang} \\ &= 18 \cdot 0.5 \\ &= 9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto} &= A_{nv} = (l - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p \\ &= (40 - 9) \cdot 10 \\ &= 310 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &: A_{nv} < 85\%_{gv} \\ 310 &< 85\% \cdot 800 \\ 310 &< 680 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Luasan Tarik pada pelat siku

$$\begin{aligned}\text{Luas bruto} &= A_{gt} = 2 \cdot t_p \cdot l_c \\ &= 2 \cdot 10 \cdot 37.5 \\ &= 750 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Lebar Lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{jumlah Lubang} \\ &= 18 \cdot 0.5 \\ &= 9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Netto} &= A_{nt} = (l_c - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p \\ &= (37.5 - 9) \cdot 10 \\ &= 285 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat} &: A_{nt} < 85\% A_{gt} \\ 285 &< 85\% \cdot 750 \\ 285 &< 637.5 \dots\dots\dots \text{OK!}\end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan keruntuhan/ fraktur dan tegangan putus

$$\begin{aligned}R_{nF} &= 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0.6 \cdot 370 \cdot 310 + 1 \cdot 370 \cdot 285 \\ &= 174270 \text{ N}\end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan leleh dan tegangan putus

$$\begin{aligned}R_{nL} &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 800 + 1 \cdot 370 \cdot 285 \\ &= 220650 \text{ N}\end{aligned}$$

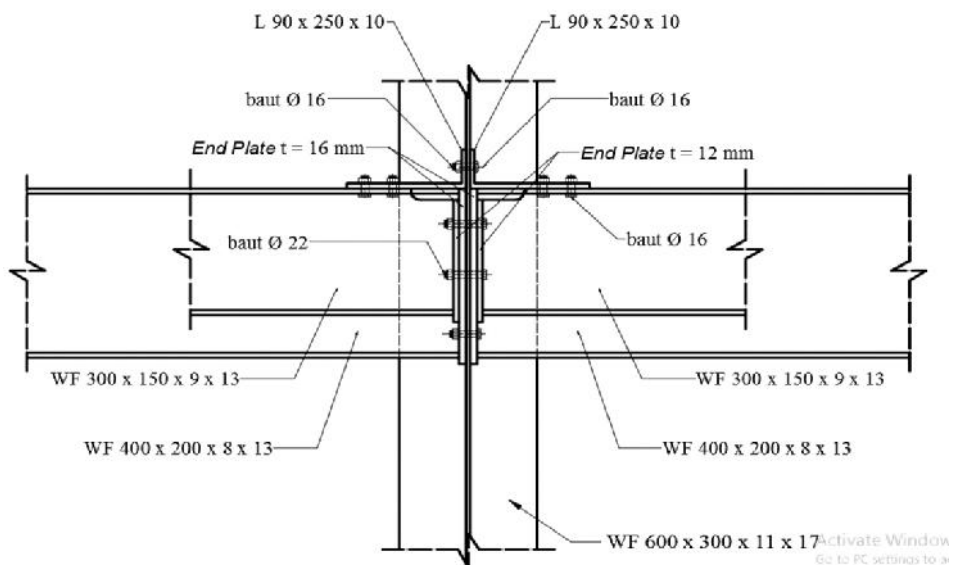
Syarat: $R_{nF} \leq R_{nL}$
 $174270 \leq 220650$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan tahanan geser terkecil, maka kuat runtuh/ fraktur pelat menentukan

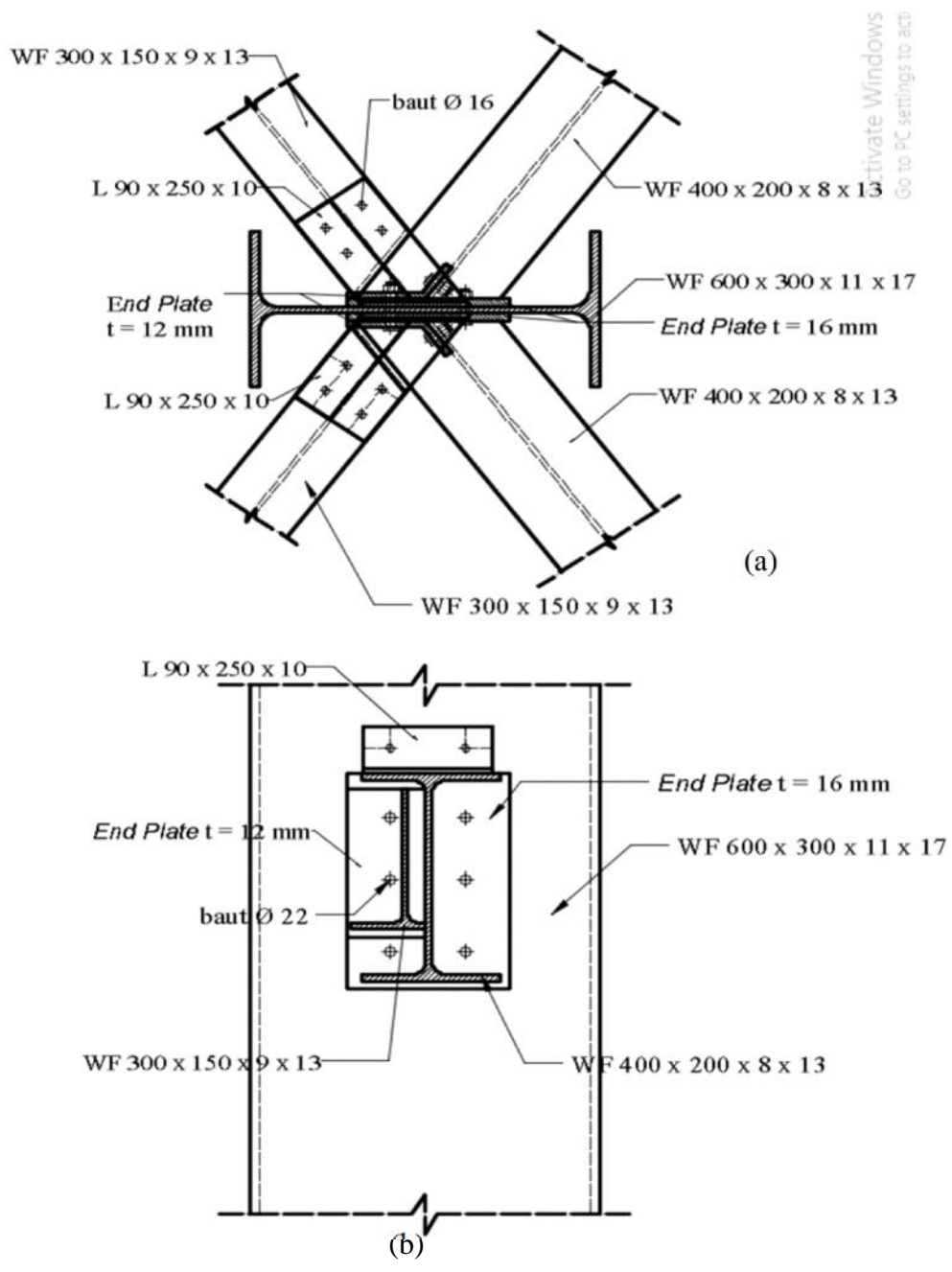
$\cdot R_n = 0.75 \cdot 174270$
 $= 130702.5 \text{ N} \approx 13070.25 \text{ kg}$

Syarat:

$\cdot R_n > R_u$
 $13070.25 > 2849.18 \dots\dots\dots \text{OK!}$

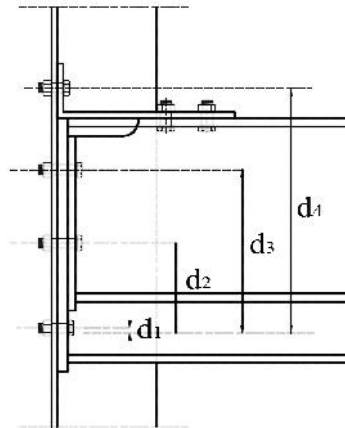


Gambar 4.83 (a) Sambungan End Plate setelah diberi pelat penyambung



Gambar 4.84 (a) Sambungan End Plate pada web kolom (Tampak Atas) dan (b)tampak Samping pada balok Induk dan balok anak setelah diberi pelat penyambung

- **Kontrol Kekuatan baut terhadap Tarik**



$$d_4 = 401.5 \text{ mm}$$

$$d_3 = 261.8 \text{ mm}$$

$$d_2 = 147.5 \text{ mm}$$

$$d_1 = 8.0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_t &= d_1 + d_2 + d_3 \\ &= 8.0 + 147.5 + 261.8 + 401.5 = 417 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Gaya tarik Perlu

Terhadap Momen ultimit

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{96492500.0 \cdot 8.0}{417.27^2} = 4433.53 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_2}{d_t^2} = \frac{96492500.0 \cdot 147.5}{417.27^2} = 81743.13 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_3}{d_t^2} = \frac{96492500.0 \cdot 261.8}{417.27^2} = 145070.50 \text{ N}$$

$$T_{u4} = \frac{M_u \cdot d_4}{d_t^2} = \frac{96492500.0 \cdot 401.5}{417.27^2} = 222507.57 \text{ N}$$

- Gaya tarik 1 baut Ø 16:

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 201.14 \cdot 620 \\ &= 124708.57 \text{ N} \end{aligned}$$

- Gaya tarik 1 baut Ø 22:

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 380.29 \cdot 620 \\ &= 235777.14 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena dalam satu baris terdapat 2 buah baut ($\emptyset 16$), maka:

$$\begin{aligned}T_b &= 2 \cdot T_b \\ &= 2 \cdot 124708.57 = 249417.14 \text{ N}\end{aligned}$$

dan untuk baut $\emptyset 22$, maka:

$$\begin{aligned}T_b &= 2 \cdot T_b \\ &= 2 \cdot 235777.14 = 471554.29 \text{ N}\end{aligned}$$

Tahanan nominal untuk 2 baut ($\emptyset 16$):

$$\begin{aligned}T_d &= \cdot T_b \\ &= 0.75 \cdot 249417.14 \\ &= 187062.86 \text{ N}\end{aligned}$$

dan untuk baut $\emptyset 22$ tahanan nominalnya adalah:

$$\begin{aligned}T_d &= \cdot T_b \\ &= 0.75 \cdot 471554.29 \\ &= 353665.71 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat:

Terhadap Momen Ultimit

$$\begin{aligned}T_u &< T_d \\ T_{u1} &= 4433.53 < 187062.86 \dots\dots\dots \text{ Ok!} \\ T_{u2} &= 81743.13 < 353665.71 \dots\dots\dots \text{ Ok!} \\ T_{u3} &= 145070.50 < 353665.71 \dots\dots\dots \text{ Ok!} \\ T_{u4} &= 222507.57 < 353665.71 \dots\dots\dots \text{ Ok!}\end{aligned}$$

- Kontrol Kekuatan baut terhadap Momen

$$\begin{aligned}T &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} \\ &= 4433.53 + 81743.13 + 145070.50 + 222507.57 \\ &= 231247.15 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i$$

$$T_d \cdot d_1 = 187062.86 \cdot 8.0 = 1496502.857 \text{ Nm}$$

$$T_d \cdot d_2 = 353665.71 \cdot 147.5 = 52165692.86 \text{ Nm}$$

$$T_d \cdot d_3 = 353665.71 \cdot 261.8 = 92579074.03 \text{ Nm}$$

$$T_d \cdot d_4 = 353665.71 \cdot 401.5 = 141996784.3 \text{ Nm}$$

$$\sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i = 288238054.0 \text{ Nm}$$

- Garis Netral Pada Pelat siku

$$a = \frac{T}{f_{yp} \cdot b} = \frac{231247.2}{240 \cdot 300} = 3.212 \text{ mm} < 10 \text{ mm}$$

- Momen Rencana

$$M_R = M_n = \frac{0.9 \cdot f_{yp} \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i$$

$$= \frac{0.9 \cdot 240 \cdot 3.212^2 \cdot 300}{2} + 288238054.0$$

$$= 288572274.3 \text{ Nm}$$

Syarat:

$$M_u < M_n$$

$$96492500.00 < 288572274.32 \text{ Ok!}$$

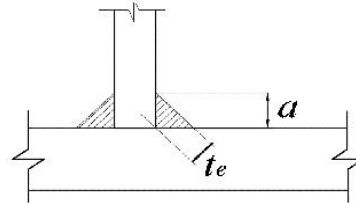
- Perhitungan las fillet pada pelat ujung Balok Induk :

$$\text{electrode E7014} = 50.6 \text{ kg/mm}^2 = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal efektif las } a = 10 \text{ mm}$$

tebal efektif Las

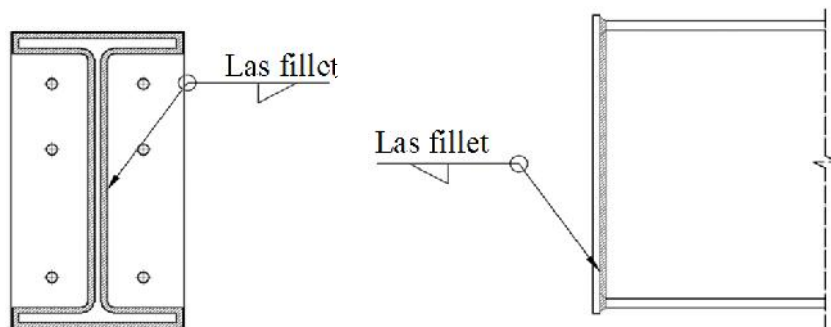
$$\begin{aligned}
 t_e &= 0.707 a \\
 &= 0.707 \cdot 10 \\
 &= 7.07 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned}
 L &= b_f' + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot \dots \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f' - t_w' - 2 \cdot r_o)) \\
 &\quad + (2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\
 &= 185.41 + (4 \cdot 13) + (2 \cdot \dots \cdot 16) + (2 \cdot (185.41 - 11.1 - 2 \cdot 16)) \\
 &\quad + (2 \cdot (400 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 16)) \\
 &= 1306.55 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.85 bagian yang di las pada End-Plate Balok Induk

Luas Efektif Las

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= L \cdot t_e \\
 &= 1306.55 \cdot 7.0700 \\
 &= 9237.3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per mm²

$$\begin{aligned}
 f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\
 &= 0.60 \cdot 506 \\
 &= 303.60 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned} R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\ &= 303.60 \cdot 9237.3 \\ &= 2804452.86 \text{ N} \\ \cdot R_n &= 0.75 \cdot 2804452.86 \\ &= 2103339.64 \text{ N} \end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok

$$\begin{aligned} F &= A_s \cdot f_y \\ &= 8410.00 \cdot 240 \\ &= 2018400.00 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\cdot R_{nw} > F$$

$$2103339.64 \text{ N} > 2018400.00 \text{ N} \dots\dots \text{OK!}$$

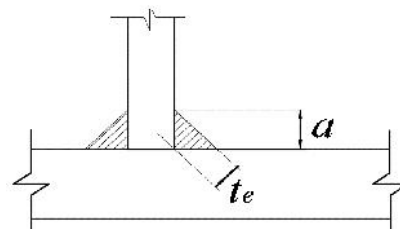
- **Perhitungan las fillet pada pelat ujung Balok Anak :**

$$\text{electrode E7014 } (f_{uw}) = 50.6 \text{ kg/mm}^2 = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal efektif las } a = 8 \text{ mm}$$

tebal efektif Las

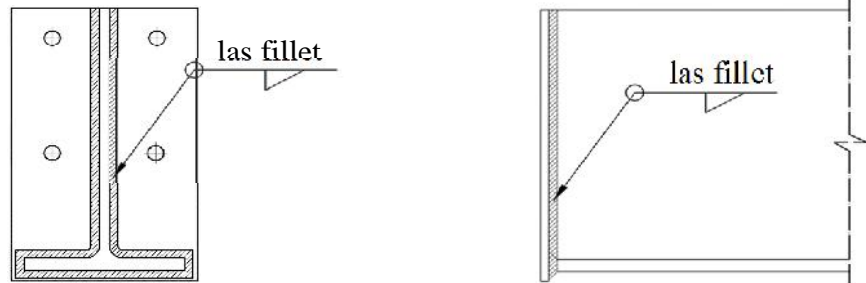
$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 8 \\ &= 5.656 \text{ mm} \end{aligned}$$



Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned}
 L &= bt + (2 \cdot t_f) + (1/2 \cdot \cdot r_o) + (bt - t_w' - 2 \cdot r_o) \\
 &\quad + (2 \cdot (d' - t_f - r_o)) \\
 &= 250.31 + (2 \cdot 13) + (1/2 \cdot \cdot 13) + (250.31 - 9.00 - 2 \cdot 13) \\
 &\quad + (2 \cdot (274 - 13 - 13)) \\
 &= 1008.05 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.86 bagian yang di las pada End-Plate Balok Anak

Luas Efektif Las

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= L \cdot t_e \\
 &= 1008.05 \cdot 5.66 \\
 &= 5701.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per mm²

$$\begin{aligned}
 f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\
 &= 0.60 \cdot 506 \\
 &= 303.60 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 303.60 \cdot 5701.5 \\
 &= 1730988.87 \text{ N} \\
 \cdot R_n &= 0.75 \cdot 1730988.87 \\
 &= 1298241.65 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok Anak

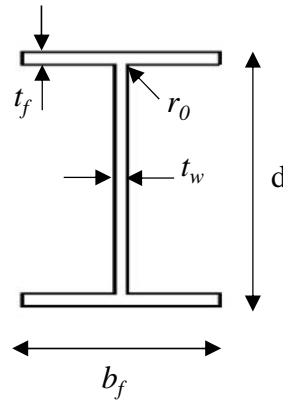
$$\begin{aligned} F &= A_s \cdot f_y \\ &= 4678.00 \cdot 240 \\ &= 1122720.00 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &> F \\ 1298241.65 \text{ N} &> 1122720.00 \text{ N} \dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Sambungan End Plate Balok - Kolom (FLENS)

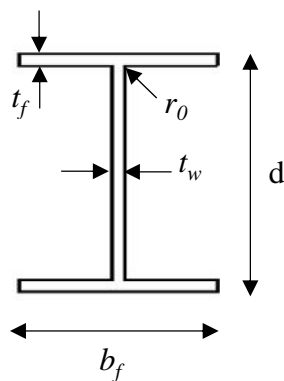
Kolom Lantai 7



WF 600 x 300 x 11 x 17

d	=	600	mm	I_x	=	118000	cm ⁴
b_f	=	300	mm	I_y	=	9020	cm ⁴
t_w	=	12	mm	i_x	=	2480.0	cm
t_f	=	20	mm	i_y	=	6.85	cm
r_o	=	28	mm	S_x	=	4020	cm ³
A	=	192.50	cm ²	S_y	=	601.0	cm ³
Berat	=	151	kg/m	Z_x	=	4308.9	cm ³
				Z_y	=	919.7	cm ³

Balok



WF 350 x 175 x 7 x 11

d	=	350	mm	I_x	=	13600	cm ⁴
b_f	=	175	mm	I_y	=	984	cm ⁴
t_w	=	7	mm	i_x	=	14.7	cm
t_f	=	11	mm	i_y	=	3.95	cm
r_o	=	14	mm	S_x	=	775	cm ³
A	=	63.14	cm ²	S_y	=	112	cm ³
Berat	=	49.6	kg/m	Z_x	=	840.8	cm ³
				Z_y	=	172.5	cm ³

- Diperoleh dari aplikasi ETABS

$$V_u = 3956.37 \text{ kg} = 3.9564 \text{ ton}$$

$$M_u = 3056.87 \text{ kg.m} = 30568700 \text{ N.mm}$$

- Material baja BJ 37 ; $f_u = 370$ MPa
; $f_y = 240$ MPa
- Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa
- Baut yang digunakan = A325
 - Kuat tarik minimum $f_{ub} = 620$ MPa
 - Tegangan geser baut $f_{nv} = 372$ MPa (ulir drat; 1 bidang geser)
 - Diameter baut $\emptyset = 16$ mm
 - Luas baut $A_b = \frac{1}{4} \cdot \emptyset^2 = 201.14$ mm²
 - diameter lubang baut (d_l) = $\emptyset + 2 = 16 + 2 = 18$ mm
- Penambahan luasan (x) = 10 mm
- Jarak baut ke tepi pelat = $l_c = x + \frac{1}{2} \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)$
= $10 + \frac{1}{2} \cdot (175 - 7 - (2 \cdot 14))$
= 80 mm
- Tebal pelat Rencana = 10 mm

Kuat Nominal tumpu

WF 600x300x11x17

- Kuat geser pelat *flens* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_f \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 80 \cdot 20 \cdot 370 = 710400.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 710400.00 = 532800.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu *flens* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_f \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 20 \cdot 370 = 319680.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 319680.00 = 239760.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$532800.00 > 239760.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 239760.00 \text{ N} \\ &= 2397600.00 \text{ kg} \\ &= 2397.60 \text{ ton} \end{aligned}$$

End Plate Balok Induk WF 350x175x7x11

- Kuat geser pelat *End-Plate* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 80 \cdot 10 \cdot 370 = 355200.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 355200.00 = 266400.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat *End-Plate* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 10 \cdot 370 = 159840.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 159840.00 = 119880.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$266400.00 > 119880.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 119880.00 \text{ N} \\ &= 1198800.00 \text{ kg} \\ &= 1198.80 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kuat Nominal Geser baut dengan 1 Bidang Geser

$$\begin{aligned}R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\&= 372 \cdot 201.14 \cdot 1 \\&= 74825.1429 \text{ N} \rightarrow 7482.514 \text{ kg} \\&= 7.483 \text{ ton/baut} \\ \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 7.483 \\&= 5.612 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

Maka tahanan Geser menentukan!

Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{3.95637}{5.612} = 0.705 \approx 1 \text{ buah baut}$$

Maka di gunakan 6 buah baut

Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$\begin{aligned}V_b &= \frac{V_u}{n} < \cdot R_{nv} \\&= \frac{3.95637}{6} = 0.659395 \text{ ton} < 5.612 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK!}\end{aligned}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

- Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum S_1 untuk baut $\emptyset 16 = 22 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_1 < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < S_1 < 4 \cdot 10 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < \mathbf{60} < 140 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S_1 = P_t = 60 \text{ mm}$

- Jarak antara baut S untuk baut \emptyset 16

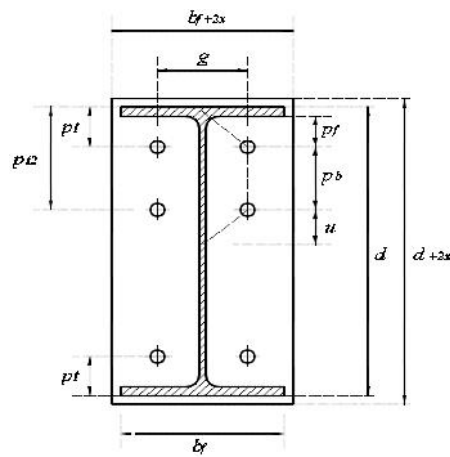
$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21.33 < S < 15 \cdot 10 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21.33 < \mathbf{50} < 150 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S = P_b = 50 \text{ mm}$$

- Perhitungan tebal pelat ujung minimum



$$M_u = 30568700.0 \text{ Nmm}$$

$$p_{t2} = p_t + p_b$$

$$F_{py} = 240 \text{ Mpa}$$

$$= 60 + 50$$

$$= 0.9$$

$$= 110 \text{ mm}$$

$$p_t = 60 \text{ mm}$$

$$g = b_f - (l_c - x)$$

$$p_b = 50 \text{ mm}$$

$$= 175 - (80 - \text{###})$$

$$= 36^\circ$$

$$= 105.00 \text{ mm}$$

$$p_f = p_t - t_f$$

$$= 60 - 14$$

$$= 46 \text{ mm}$$

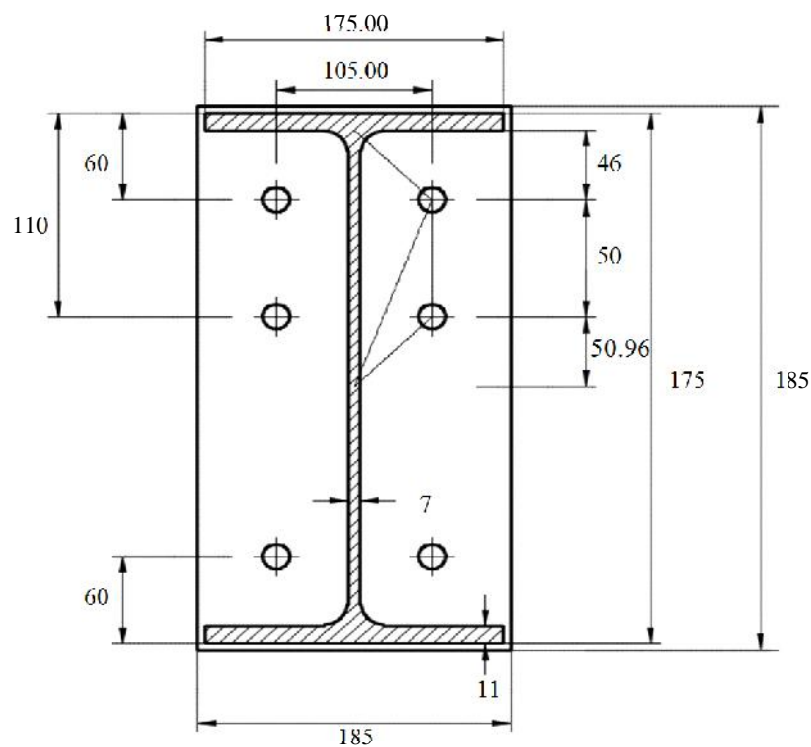
$$x = 10 \text{ mm}$$

Menentukan jarak u

$$u = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b_f \cdot g \cdot \left[\frac{d - p_{t2}}{d - p_t} \right]}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{175 \cdot 105.00 \cdot \left[\frac{175 - 110}{175 - 60} \right]} = 50.96 \text{ mm}$$

Maka dimensi yang diperoleh



Gambar 4.87 Tata letak baut sambungan End-Plate

- Estimasi Tebal minimum pelat End-Plate :

$$t_p = \left[\frac{\overbrace{\text{Mu} / \cdot F_{py}}^{\text{A}}}{\underbrace{\frac{bf'}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right]}_{\text{B}} + \underbrace{2 \left[p_f + p_b + u \right] \left[\frac{d - p_t}{g} \right]}_{\text{C}}} \right]^{1/2}$$

$$A = \frac{30568700.0}{0.9 \cdot 240} = 141521.759$$

$$B = \frac{175}{2} \cdot \left[\frac{350 - 60}{46} + \frac{350 - 110}{50.96} \right] = 963.75$$

$$C = 2 \left[46.00 + 50.0 + 50.96 \right] \cdot \left[\frac{350 - 110}{105.00} \right]$$

$$= 671.80$$

$$t_p \left[\frac{141521.7593}{963.75 + 671.80} \right]^{1/2} = 9.3021 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok!}$$

Kontrol terhadap leleh pelat

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot \frac{bf}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2(p_f + p_b + u) \left[\frac{d - p_t}{g} \right]$$

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot B \cdot C$$

$$= 0.9 \cdot 10^2 \cdot 963.75 \cdot 671.80$$

$$= 58270237.66 \text{ N}$$

$$\cdot M_{pl} = 0.9 \cdot 58270237.66 = 52443213.89$$

Syarat:

$$\cdot M_{pl} > M_u$$

$$52443213.9 > 30568700.0 \dots\dots \text{OK!}$$

- Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying

$$d_l = d - (\frac{1}{2} \cdot t_f) - p_t$$

$$= 350.00 - (\frac{1}{2} \cdot 14) - 60$$

$$= 283.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= d_1 - p_b \\
 &= 283.00 - 50.0 \\
 &= 233.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_3 &= p_t - (\frac{1}{2} \cdot t_f) \\
 &= 60.00 - (\frac{1}{2} \cdot 14) \\
 &= 53.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kekuatan tarik nominal baut

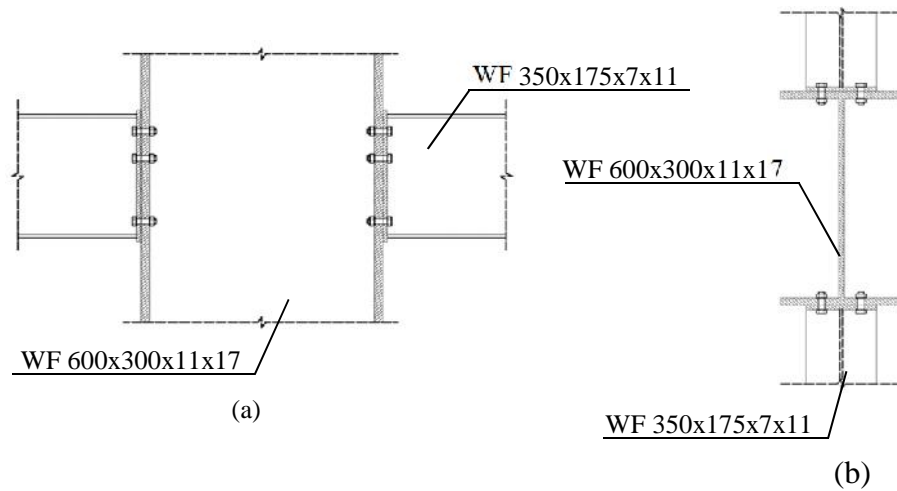
$$\begin{aligned}
 P_t &= A_b \cdot f_{ub} \\
 &= 201.14 \cdot 620 \\
 &= 124708.571 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas Sambungan End-Plate didasarkan kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel

$$\begin{aligned}
 M_{np} &= 2 \cdot P_t (d_1 + d_2 + d_3) \\
 &= 2 \cdot 124708.571 \cdot (283.00 + 233.00 + 53.00) \\
 &= 141918354.3 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 \cdot M_{np} &= 0.75 \cdot 141918354.3 \\
 &= 106438765.7 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

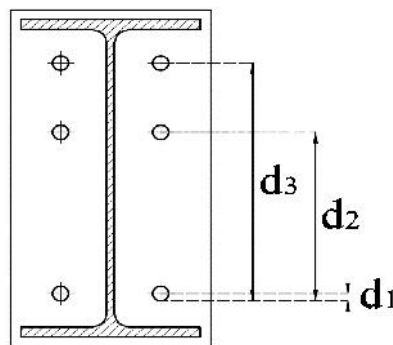
Syarat:

$$\begin{aligned}
 \cdot M_{np} &> M_u \\
 106438765.7 &> 30568700.0 \text{OK!}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.88 (a) Sambungan End Plate balok induk pada flens kolom (Tampak samping) dan (b) tampak atas pada balok Induk dan flens kolom

Kontrol Kekuatan baut terhadap Tarik



$$\begin{aligned}
 d_3 &= 258 \text{ mm} \\
 d_2 &= 198 \text{ mm} \\
 d_1 &= 8 \text{ mm} \\
 d_t &= d_1 + d_2 + d_3 \\
 &= 8 + 198 + 258 \\
 &= 464 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik Perlu

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{30568700.00 \cdot 8}{464^2} = 1135.88 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_2}{d_t^2} = \frac{30568700.00 \cdot 198}{464^2} = 28112.94 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_3}{d_t^2} = \frac{30568700.00 \cdot 258}{464^2} = 36632.01 \text{ N}$$

- Gaya tarik 1 baut

$$\begin{aligned}
 T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\
 &= 201.14 \cdot 620 \\
 &= 124708.57 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena pada sambungan terdapat 2 baut dalam 1 baris maka:

$$\begin{aligned}
 T_d &= \cdot 2 \cdot T_b \\
 &= 0.75 \cdot 2 \cdot 124708.57 \\
 &= 187062.86 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 T_u &< T_d \\
 T_{u1} &= 1135.88 < 187062.86 \text{ Ok!} \\
 T_{u2} &= 28112.94 < 187062.86 \text{ Ok!} \\
 T_{u3} &= 36632.01 < 187062.86 \text{ Ok!}
 \end{aligned}$$

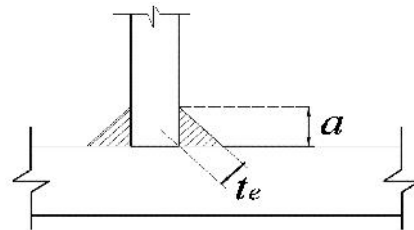
- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

electrode E7014 = 50.6 kg/mm² = 506 N/mm²

tebal efektif las $a = 8 \text{ mm}$

tebal efektif Las

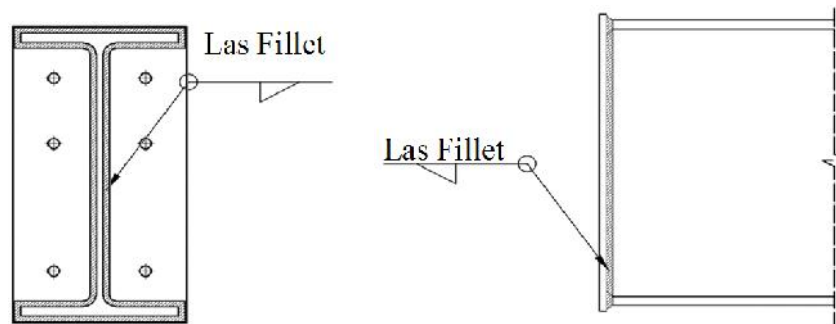
$$\begin{aligned}
 t_e &= 0.707 a \\
 &= 0.707 \cdot 8 \\
 &= 5.656 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned}
 L &= (2 \cdot b_f) + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)) \\
 &\quad + (2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\
 &= (2 \cdot 175) + (4 \cdot 11) + (2 \cdot 14) + (2 \cdot (175 - 7 - 2 \cdot 14)) \\
 &\quad + (2 \cdot (350 - 2 \cdot 11 - 2 \cdot 14)) \\
 &= 1362.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.89 bagian yang di las pada End-Plate Balok Induk

Luas Efektif Las

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= L \cdot t_e \\
 &= 1362.00 \cdot 5.6560 \\
 &= 7703.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per mm²

$$\begin{aligned}
 f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\
 &= 0.60 \cdot 506 \\
 &= 303.60 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 303.60 \cdot 7703.5 \\
 &= 2338774.10 \text{ N} \\
 \cdot R_n &= 0.75 \cdot 2338774.10 \\
 &= 1754080.57 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok

$$\begin{aligned} F &= A_s \cdot f_y \\ &= 6314.00 \cdot 240 \\ &= 1515360.00 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &> F \\ 1754080.57 \text{ N} &> 1515360.00 \text{ N} \quad \text{..... OK!} \end{aligned}$$

Perhitungan Pengaku Diagonal Pada kolom

$$T_u = \frac{M_u}{d} = \frac{30568700}{600} = 50948 \text{ N}$$

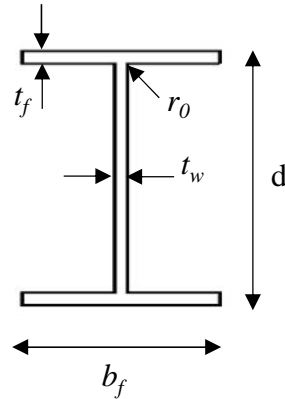
Syarat:

$$\begin{aligned} \cdot R_n &= \quad \cdot 6.25 \cdot f_y \cdot t_f^2 > T_u \\ &= 0.9 \cdot 6.25 \cdot 240 \cdot 20^2 > T_u \\ &= 540000 \text{ N} > 50948 \text{ N} \quad \text{..... Tidak Perlu Pengaku} \end{aligned}$$

Sambungan End Plate Balok - Kolom (WEB)

Balok 350 dan 200

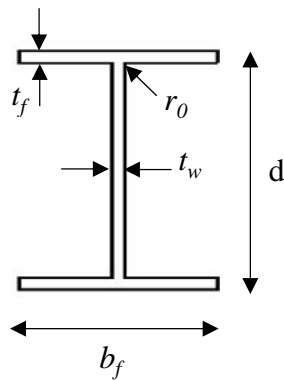
Kolom



WF 600 x 300 x 11 x 17

d	=	600	mm	$I_x =$	118000	cm ⁴
b_f	=	300	mm	$I_y =$	9020	cm ⁴
t_w	=	12	mm	$i_x =$	2480.0	cm
t_f	=	20	mm	$i_y =$	6.85	cm
r_0	=	28	mm	$S_x =$	4020	cm ³
A	=	192.50	cm ²	$S_y =$	601.0	cm ³
Berat	=	151	kg/m	$Z_x =$	4308.9	cm ³
				$Z_y =$	919.7	cm ³

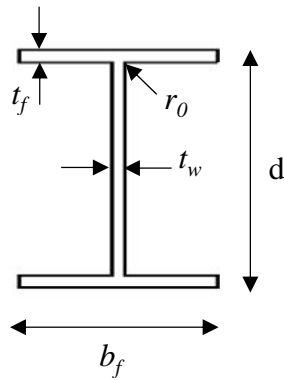
Balok 332



WF 350 x 175 x 7 x 11

d	=	350	mm	$I_x =$	13600	cm ⁴
b_f	=	175	mm	$I_y =$	984	cm ⁴
t_w	=	7	mm	$i_x =$	14.7	cm
t_f	=	11	mm	$i_y =$	3.95	cm
r_0	=	14	mm	$S_x =$	775	cm ³
A	=	63.14	cm ²	$S_y =$	112	cm ³
Berat	=	49.6	kg/m	$Z_x =$	840.8	cm ³
				$Z_y =$	172.5	cm ³

Balok 333



WF 200 x 150 x 6 x 9

d	=	200	mm	I_x	=	2657	cm ⁴
b_f	=	150	mm	I_y	=	507	cm ⁴
t_w	=	6	mm	i_x	=	8.3	cm
t_f	=	9	mm	i_y	=	3.6	cm
r_0	=	12	mm	S_x	=	275.8	cm ³
A	=	38.80	cm ²	S_y	=	67.6	cm ³
Berat	=	30.6	kg/m	Z_x	=	296.2	cm ³
				Z_y	=	102.8	cm ³

- Diperoleh dari aplikasi ETABS

Balok 332	V_u	=	3733.4600	kg	=	3.7335	ton
	M_u	=	2975.39	kg.m	=	29753900	N.mm
Balok 333	V_u	=	880.5000	kg	=	0.8805	ton
	M_u	=	884.68	kg.m	=	8846800	N.mm

- Material baja BJ 37 ; $f_u = 370$ MPa
; $f_y = 240$ MPa
- Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa
- Baut yang digunakan = A325
 - Kuat tarik minimum $f_{ub} = 620$ MPa
 - Tegangan geser baut $f_{nv} = 372$ MPa (ulir drat; 1 bidang geser)
 - Diameter baut $\emptyset = 16$ mm
 - Luas baut $A_b = \frac{1}{4} \cdot \emptyset^2 = 201.14$ mm²
 - diameter lubang baut (d_l) = $\emptyset + 2 = 16 + 2 = 18$ mm
- Penambahan luasan (x) = 5 mm

- Jarak baut ke tepi pelat $= l_c = x + \frac{1}{2} \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_0)$
 $= 5 + \frac{1}{2} \cdot (150 - 6 - (2 \cdot 12))$
 $= 65 \text{ mm}$
- Tebal pelat Rencana 332 = 10 mm
- Tebal pelat Rencana 333 = 8 mm

Kuat Nominal tumpu

WF 600x300x11x17

- Kuat geser pelat *web* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_w \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 65 \cdot 12 \cdot 370 = 346320.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 346320.00 = 259740.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu *web* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_w \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 12 \cdot 370 = 191808.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 191808.00 = 143856.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$259740.00 > 143856.00 \quad \text{..... diambil nilai terkecil}$$

$$\text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} = 143856.00 \text{ N}$$

$$= 1438560.00 \text{ kg}$$

$$= 1438.56 \text{ ton}$$

End Plate Balok Induk WF 350x175x7x11

- Kuat geser pelat *End-Plate* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 65 \cdot 10 \cdot 370 = 288600.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 288600.00 = 216450.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat *End-Plate* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 10 \cdot 370 = 159840.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 159840.00 = 119880.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$216450.00 > 119880.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} = 119880.00 \text{ N}$$

$$= 1198800.00 \text{ kg}$$

$$= 1198.80 \text{ ton}$$

End Plate Balok Induk WF 200x150x6x9

- Kuat geser pelat *End-Plate* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 65 \cdot 8 \cdot 370 = 230880.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 230880.00 = 173160.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat *End-Plate* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 370 = 127872.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 127872.00 = 95904.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$173160.00 > 95904.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 95904.00 \text{ N} \\ &= 959040.00 \text{ kg} \\ &= 959.04 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kuat Nominal Geser baut dengan 2 Bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 201.14 \cdot 1 \\ &= 74825.1429 \text{ N} \rightarrow 7482.514 \text{ kg} \\ &= 7.483 \text{ ton/baut} \\ \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 7.483 \\ &= 5.612 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

Maka tahanan Geser menentukan!

Perhitungan Jumlah Baut

Balok WF 350x175x7x11

$$n = \frac{3.73346}{5.612} = 0.665 \approx 1 \text{ buah baut}$$

Maka di gunakan 6 buah baut

Balok WF 200x150x6x9

$$n = \frac{0.88050}{5.612} = 0.157 \approx 1 \text{ buah baut}$$

Maka di gunakan 4 buah baut

Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

Balok WF 350x175x7x11

$$V_b = \frac{V_u}{n} < \cdot R_{nv}$$
$$= \frac{3.73346}{6} = 0.622243 \text{ ton} < 5.612 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Balok WF 200x150x6x9

$$V_b = \frac{V_u}{n} < \cdot R_{nv}$$
$$= \frac{0.88050}{4} = 0.220125 \text{ ton} < 5.612 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Pada Balok 350

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

- Menghitung jarak Baut

$$\text{Jarak tepi minimum } S_1 \text{ untuk baut } \emptyset 16 = 22 \text{ mm}$$

$$S_{min} < S_1 < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < S_1 < 4 \cdot 8 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < \mathbf{60} < 132 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S_1 = P_t = 60 \text{ mm}$$

- Jarak antara baut S untuk baut $\emptyset 8$

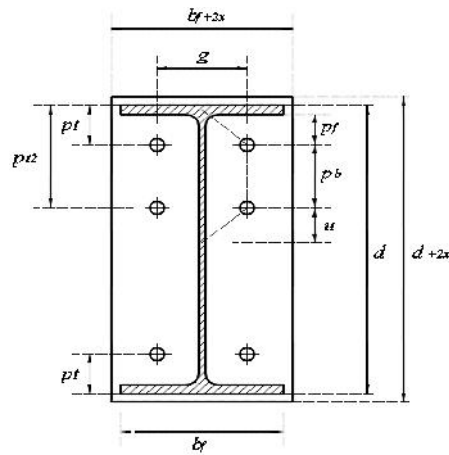
$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$10.67 < S < 15 \cdot 8 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$10.67 < \mathbf{100} < 120 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S = P_b = 100 \text{ mm}$$

- Perhitungan tebal pelat ujung minimum

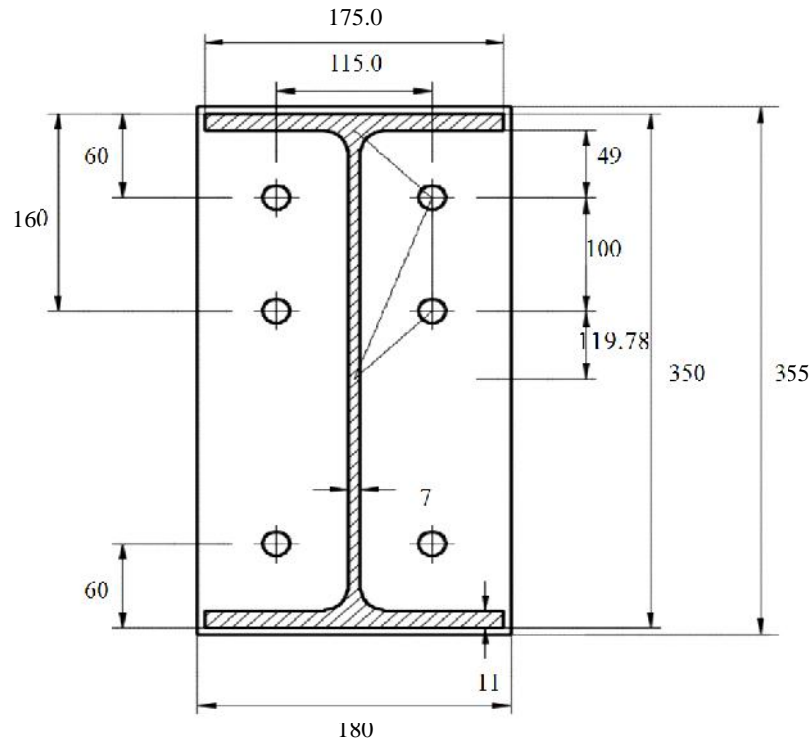


$$\begin{aligned}
 M_u &= 29753900.0 \text{ Nmm} & p_t &= 60 \text{ mm} \\
 F_{py} &= 240 \text{ Mpa} & p_b &= 100 \text{ mm} \\
 &= 0.9 & p_f &= p_t - t_f \\
 p_{t2} &= p_t + p_b & &= 60 - 11 \\
 &= 60 + 100 & &= 49 \text{ mm} \\
 &= 160 \text{ mm} & x &= 5 \text{ mm} \\
 g &= b_f - (l_c - x) \\
 &= 175 - (65.00 - 5) \\
 &= 115.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan jarak u

$$\begin{aligned}
 u &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b_f \cdot g \cdot \left[\frac{d - p_{t2}}{d - p_t} \right]} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{175 \cdot 115.00 \cdot \left[\frac{6 - 160}{6 - 60} \right]} = 119.78 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dimensi yang diperoleh



Gambar 4.90 Tata letak baut sambungan End-Plate balok induk

- Estimasi Tebal minimum pelat End-Plate :

$$t_p = \left[\frac{\overbrace{M_u / \cdot F_{py}}^A}{\underbrace{\frac{b_f}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right]}_B + \underbrace{2 [p_f + p_b + u] \left[\frac{d - p_t}{g} \right]}_C} \right]^{1/2}$$

$$A = \frac{29753900.0}{0.9 \cdot 240} = 137749.537$$

$$B = \frac{175}{2} \cdot \left[\frac{350 - 60}{49} + \frac{350 - 160}{119.78} \right] = 656.65$$

$$C = 2 \left[49.00 + 100.0 + 119.78 \right] \cdot \left[\frac{350 - 60}{115.00} \right]$$

$$= 1355.61$$

$$t_p \left[\frac{137749.537}{656.65 + 1355.61} \right]^{1/2} = 8.2738 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok!}$$

Kontrol terhadap leleh pelat

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot \frac{bf}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2[p_f + p_b + u] \left[\frac{d - p_t}{g} \right]$$

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot B \cdot C$$

$$= 240 \cdot 10^2 \cdot 656.65 \cdot 1355.61$$

$$= 21363798163.73 \text{ N}$$

$$\cdot M_{pl} = 0.9 \cdot 21363798163.73 = 19227418347.36$$

Syarat:

$$\cdot M_{pl} > M_u$$

$$19227418347.4 > 29753900.0 \dots\dots \text{OK!}$$

- Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying

$$d1 = d - (\frac{1}{2} \cdot t_f) - p_t$$

$$= 350.00 - (\frac{1}{2} \cdot 11) - 60$$

$$= 284.50 \text{ mm}$$

$$d2 = d1 - p_b$$

$$= 284.50 - 100.0$$

$$= 184.50 \text{ mm}$$

$$d3 = p_t - (\frac{1}{2} \cdot t_f)$$

$$= 60.00 - (\frac{1}{2} \cdot 11)$$

$$= 54.50 \text{ mm}$$

Kekuatan tarik nominal baut

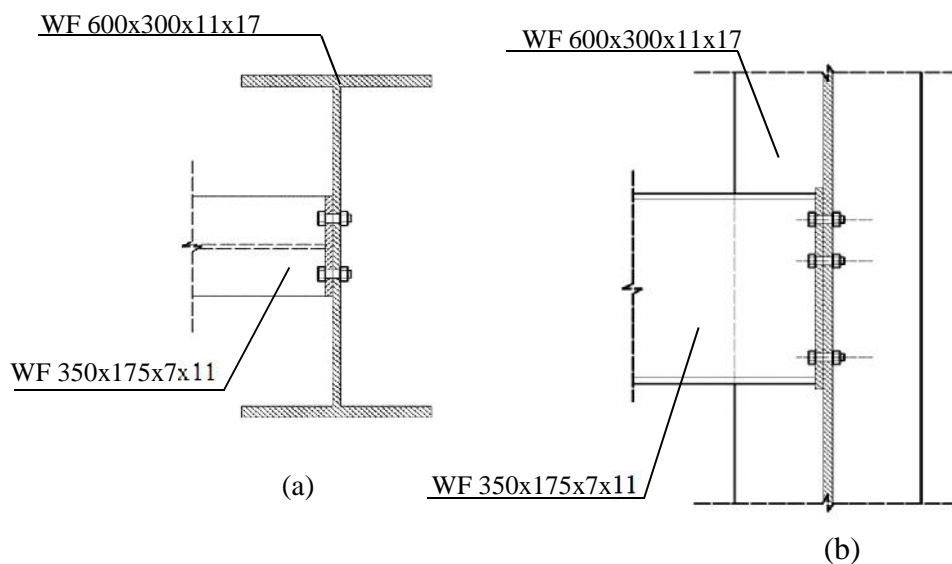
$$\begin{aligned}
 P_t &= A_b \cdot f_{ub} \\
 &= 201.14 \cdot 620 \\
 &= 124708.571 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas Sambungan End-Plate didasarkan kekuatan baut tanpa efek praying/ congkel

$$\begin{aligned}
 M_{np} &= 2 \cdot P_t (d_1 + d_2 + d_3) \\
 &= 2 \cdot 124708.571 \cdot (284.50 + 184.50 + 54.50) \\
 &= 130569874.3 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 \cdot M_{np} &= 0.75 \cdot 130569874.3 \\
 &= 97927405.7 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

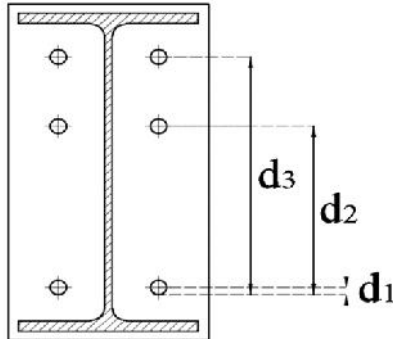
Syarat:

$$\begin{aligned}
 \cdot M_{np} &> M_u \\
 97927405.7 &> 29753900.0 \quad \text{..... OK!}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.91 (a) Sambungan End Plate balok induk pada web kolom
(Tampak Atas) dan (b) tampak samping pada balok Induk dan web kolom

Kontrol Kekuatan baut terhadap Tarik



$$\begin{aligned}
 d_3 &= 238 \text{ mm} \\
 d_2 &= 138 \text{ mm} \\
 d_1 &= 8 \text{ mm} \\
 d_t &= d_1 + d_2 + d_3 \\
 &= 8 + 138 + 238 \\
 &= 384 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik Perlu

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{29753900.00 \cdot 8}{384^2} = 1614.25 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_2}{d_t^2} = \frac{29753900.00 \cdot 138}{384^2} = 27845.85 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_3}{d_t^2} = \frac{29753900.00 \cdot 238}{384^2} = 48024.01 \text{ N}$$

- Gaya tarik 1 baut

$$\begin{aligned}
 T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\
 &= 201.14 \cdot 620 \\
 &= 124708.57 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena pada sambungan terdapat 2 baut dalam 1 baris maka:

$$\begin{aligned}
 T_d &= 0.75 \cdot 2 \cdot T_b \\
 &= 0.75 \cdot 2 \cdot 124708.57 \\
 &= 187062.86 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$T_u < T_d$$

$$T_{u1} = 1614.25 < 187062.86 \text{ Ok!}$$

$$T_{u2} = 27845.85 < 187062.86 \text{ Ok!}$$

$$T_{u3} = 48024.01 < 187062.86 \text{ Ok!}$$

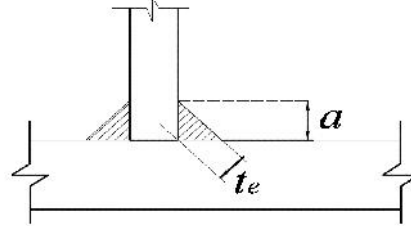
- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

$$\text{electrode E7014} = 50.6 \text{ kg/mm}^2 = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal efektif las } a = 8 \text{ mm}$$

tebal efektif Las

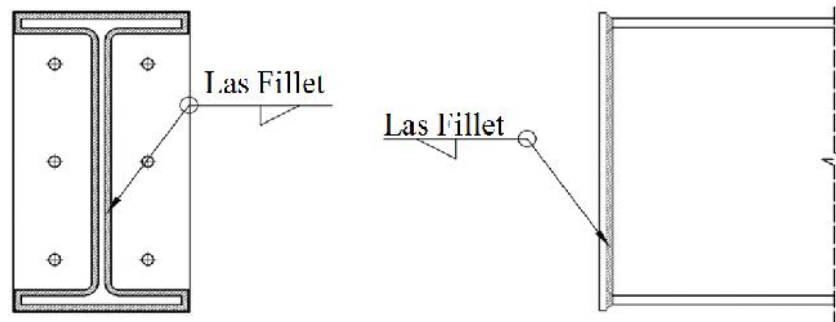
$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 8 \\ &= 5.656 \text{ mm} \end{aligned}$$



Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned} L &= (2 \cdot b_f) + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)) \\ &\quad + (2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\ &= (2 \cdot 175) + (4 \cdot 11) + (2 \cdot 14) + (2 \cdot (175 - 7 - 2 \cdot 14)) \\ &\quad + (2 \cdot (350 - 2 \cdot 11 - 2 \cdot 14)) = 1362.00 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.92 bagian yang di las pada End-Plate Balok Induk

Luas Efektif Las

$$\begin{aligned} A_{we} &= L \cdot t_e \\ &= 1362.00 \cdot 5.6560 \\ &= 7703.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per mm^2

$$\begin{aligned} f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\ &= 0.60 \cdot 506 \\ &= 303.60 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\ &= 303.60 \cdot 7703.5 \\ &= 2338774.10 \text{ N} \\ \cdot R_n &= 0.75 \cdot 2338774.10 \\ &= 1754080.57 \text{ N}\end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok

$$\begin{aligned}F &= A_s \cdot f_y \\ &= 6314.00 \cdot 240 \\ &= 1515360.00 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\cdot R_{nw} > F$$

$$1754080.57 \text{ N} > 1515360.00 \text{ N} \dots\dots \text{OK!}$$

Pada Balok 200

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

- Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum S_1 untuk baut $\emptyset 16 = 22 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_1 < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < S_1 < 4 \cdot 8 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < \mathbf{60} < 132 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S_1 = P_t = 60 \text{ mm}$

- Jarak antara baut S untuk baut $\varnothing 8$

$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$10.67 < S < 15 \cdot 8 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$10.67 < \mathbf{100} < 120 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S = P_b = 100 \text{ mm}$$

- Perhitungan tebal pelat ujung minimum

$$M_u = 8846800.0 \text{ Nmm} \quad p_t = 60 \text{ mm}$$

$$F_{py} = 240 \text{ Mpa} \quad p_b = 100 \text{ mm}$$

$$= 0.9 \quad p_f = p_t - t_f$$

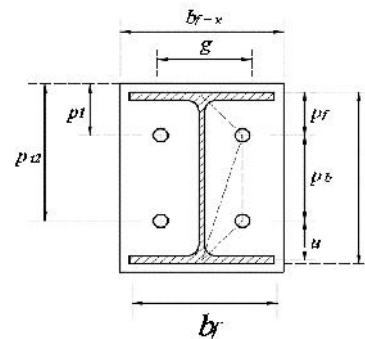
$$p_{t2} = p_t + p_b = 60 + 100$$

$$= 160 \text{ mm} \quad x = 5 \text{ mm}$$

$$g = b_f - (l_c - x)$$

$$= 150 - (65.00 - 5)$$

$$= 90.00 \text{ mm}$$

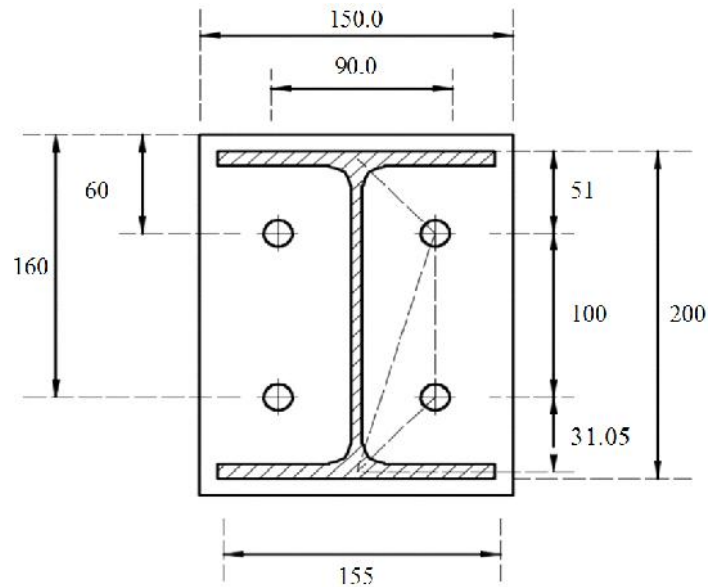


Menentukan jarak u

$$u = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b_f \cdot g \cdot \left[\frac{d - p_{t2}}{d - p_t} \right]}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{150 \cdot 90.00 \cdot \left[\frac{200 - 160}{200 - 60} \right]} = 31.05 \text{ mm}$$

Maka dimensi yang diperoleh



Gambar 4.93 Tata letak baut sambungan End-Plate balok induk

- Estimasi Tebal minimum pelat End-Plate :

$$t_p \left[\frac{\overbrace{M_u / \cdot F_{py}}^A}{\underbrace{\frac{b_f}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right]}_B + \underbrace{2 \left[p_f + p_b + u \right] \left[\frac{d - p_t}{g} \right]}_C} \right]^{1/2}$$

$$A = \frac{8846800.0}{0.9 \cdot 240} = 40957.4074$$

$$B = \frac{150}{2} \cdot \left[\frac{200 - 60}{51} + \frac{200 - 160}{31.05} \right] = 302.49$$

$$C = 2 \left[51.00 + 100.0 + 31.05 \right] \cdot \left[\frac{200 - 60}{90.00} \right]$$

$$= 566.39$$

$$t_p \left[\frac{40957.40741}{302.49 + 566.39} \right]^{1/2} = 6.8657 \text{ mm} < 8 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok!}$$

Kontrol terhadap leleh pelat

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot \frac{bf}{2} \cdot \left[\frac{d - p_t}{p_f} + \frac{d - p_{t2}}{u} \right] + 2(p_f + p_b + u) \left[\frac{d - p_t}{g} \right]$$

$$\begin{aligned} M_{pl} &= F_{py} \cdot t_p^2 \cdot B \cdot C \\ &= 240 \cdot 8^2 \cdot 302.49 \cdot 566.39 \\ &= 2631586677.13 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot M_{pl} = 0.9 \cdot 2631586677.13 = 2368428009.42$$

Syarat:

$$\cdot M_{pl} > M_u$$

$$2368428009.4 > 8846800.0 \dots\dots \text{OK!}$$

- Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying

$$\begin{aligned} d1 &= d - (\frac{1}{2} \cdot t_f) - p_t \\ &= 200.00 - (\frac{1}{2} \cdot 9) - 60 \\ &= 135.50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= d1 - p_b \\ &= 135.50 - 100.0 \\ &= 35.50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan tarik nominal baut

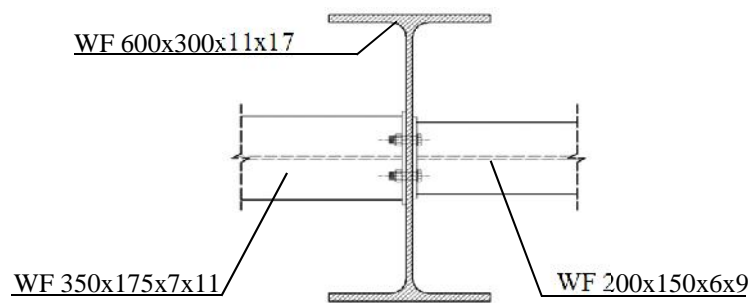
$$\begin{aligned} P_t &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 201.14 \cdot 620 \\ &= 124708.571 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kapasitas Sambungan End-Plate didasarkan kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel

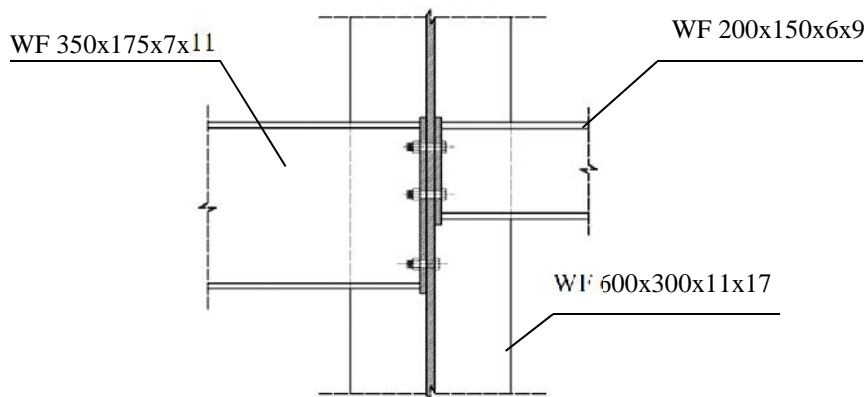
$$\begin{aligned}
 M_{np} &= 2 \cdot P_t (d_1 + d_2) \\
 &= 2 \cdot 124708.571 \cdot (135.50 + 35.50) \\
 &= 42650331.4 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 \cdot M_{np} &= 0.75 \cdot 42650331.4 \\
 &= 31987748.6 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \cdot M_{np} &> M_u \\
 31987748.6 &> 8846800.0 \quad \dots\dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

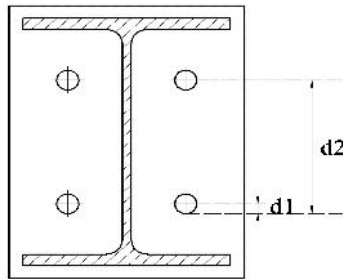


Gambar 4.94 Sambungan End Plate balok induk dan balok anak pada web kolom tampak atas



Gambar 4.95 Sambungan End Plate tampak samping

Kontrol Kekuatan baut terhadap Tarik



$$d_2 = 108 \text{ mm}$$

$$d_1 = 8 \text{ mm}$$

$$d_t = d_1 + d_2$$

$$= 8 + 108$$

$$= 116 \text{ mm}$$

- Gaya tarik Perlu

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{8846800.00 \cdot 8}{116^2} = 5259.69 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_2}{d_t^2} = \frac{8846800.00 \cdot 108}{116^2} = 71005.83 \text{ N}$$

- Gaya tarik 1 baut

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 201.14 \cdot 620 \\ &= 124708.57 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena pada sambungan terdapat 2 baut dalam 1 baris maka:

$$\begin{aligned} T_d &= 0.75 \cdot 2 \cdot T_b \\ &= 0.75 \cdot 2 \cdot 124708.57 \\ &= 187062.86 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$T_u < T_d$$

$$T_{u1} = 5259.69 < 187062.86 \text{ Ok!}$$

$$T_{u2} = 71005.83 < 187062.86 \text{ Ok!}$$

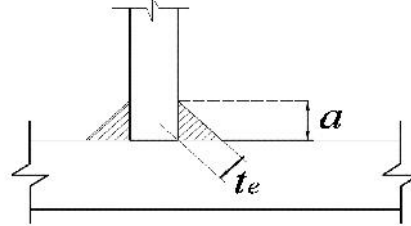
- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

$$\text{electrode E7014} = 50.6 \text{ kg/mm}^2 = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal efektif las } a = 8 \text{ mm}$$

tebal efektif Las

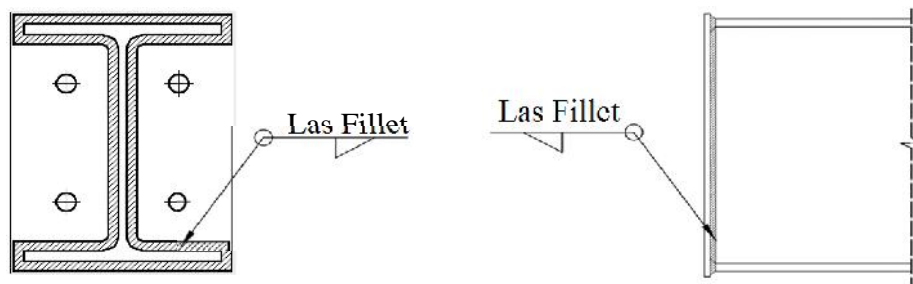
$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 8 \\ &= 5.656 \text{ mm} \end{aligned}$$



Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned} L &= (2 \cdot b_f) + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)) \\ &\quad + (2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\ &= (2 \cdot 150) + (4 \cdot 9) + (2 \cdot 12) + (2 \cdot (150 - 6 - 2 \cdot 12)) \\ &\quad + (2 \cdot (200 - 2 \cdot 9 - 2 \cdot 12)) \\ &= 967.43 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.96 bagian yang di las pada End-Plate Balok anak

Luas Efektif Las

$$\begin{aligned} A_{we} &= L \cdot t_e \\ &= 967.43 \cdot 5.6560 \\ &= 5471.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per mm²

$$\begin{aligned} f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\ &= 0.60 \cdot 506 \\ &= 303.60 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\ &= 303.60 \cdot 5471.8 \\ &= 1661231.19 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\cdot R_n &= 0.75 \cdot 1661231.19 \\ &= 1245923.40 \text{ N}\end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok

$$\begin{aligned}F &= A_s \cdot f_y \\ &= 3880.00 \cdot 240 \\ &= 931200.00 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat :

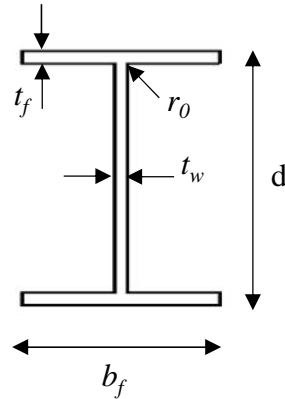
$$\cdot R_{nw} > F$$

$$1245923.40 \text{ N} > 931200.00 \text{ N} \dots\dots \text{OK!}$$

Sambungan miring Balok Induk - Balok Anak

Lantai 7

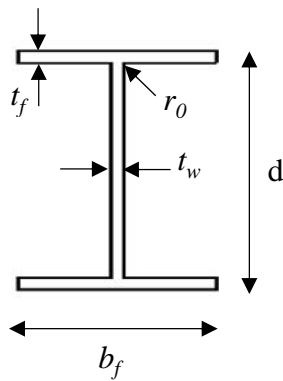
Balok Induk



WF 400 x 200 x 8 x 13

d	=	400	mm	I_x	=	23700	cm ⁴
b_f	=	200	mm	I_y	=	1740	cm ⁴
t_w	=	8	mm	i_x	=	16.8	cm
t_f	=	13	mm	i_y	=	4.54	cm
r_o	=	16	mm	S_x	=	1190	cm ³
A	=	84.10	cm ²	S_y	=	174	cm ³
Berat	=	66	kg/m	Z_x	=	1286	cm ³
				Z_y	=	266	cm ³

Balok Anak 356



WF 350 x 175 x 7 x 11

d	=	350	mm	I_x	=	13600	cm ⁴
b_f	=	175	mm	I_y	=	984	cm ⁴
t_w	=	7	mm	i_x	=	14.7	cm
t_f	=	11	mm	i_y	=	3.95	cm
r_o	=	14	mm	S_x	=	775	cm ³
A	=	63.14	cm ²	S_y	=	112	cm ³
Berat	=	49.6	kg/m	Z_x	=	840.8	cm ³
				Z_y	=	172.5	cm ³

- Diperoleh dari aplikasi ETABS

$$V_u = 5969.2200 \text{ kg} = 5.9692 \text{ ton}$$

- Material baja BJ 37 ; $f_u = 370$ MPa
; $f_y = 240$ MPa
- Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa
- Baut yang digunakan = A325
 - Kuat tarik minimum $f_{ub} = 620$ MPa
 - Tegangan geser baut $f_{nv} = 372$ MPa (ulir drat; 1 bidang geser)
 - Diameter baut $\emptyset = 16$ mm
 - Luas baut $A_b = \frac{1}{4} \cdot \emptyset^2 = 201.14$ mm²
 - diameter lubang baut (d_l) = $\emptyset + 2 = 16 + 2 = 18$ mm
- Penambahan luasan (x) = 15 mm
- Jarak baut ke tepi pelat = $l_c = x + \frac{1}{2} \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)$
= $15 + \frac{1}{2} \cdot (350 - 7 - (2 \cdot 14))$
= 172.5 mm
- Tebal pelat Rencana = 8 mm

Kuat Nominal tumpu

WF 400x200x8x13

- Kuat geser pelat *web* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_w \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 172.5 \cdot 8 \cdot 370 = 612720.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 612720.00 = 459540.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu *web* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_w \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 370 = 127872.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 127872.00 = 95904.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$459540.00 > 95904.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 95904.00 \text{ N} \\ &= 959040.00 \text{ kg} \\ &= 959.04 \text{ ton} \end{aligned}$$

End Plate Balok Induk WF 350x175x7x11

- Kuat geser pelat *End-Plate* di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$R_{nv} = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 1.2 \cdot 172.5 \cdot 8 \cdot 370 = 612720.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 612720.00 = 459540.00 \text{ N}$$

- Kuat tumpu pelat *End-Plate* ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2.4 \cdot d_l \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2.4 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 370 = 127872.00 \text{ N}$$

$$\cdot R_{nt} = 0.75 \cdot 127872.00 = 95904.00 \text{ N}$$

Syarat:

$$\cdot R_{nv} > \cdot R_{nt}$$

$$459540.00 > 95904.00 \quad \dots\dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil kuat nominal tumpu yang terkecil} &= 95904.00 \text{ N} \\ &= 959040.00 \text{ kg} \\ &= 959.04 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kuat Nominal Geser baut dengan 1 Bidang Geser

$$\begin{aligned}R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\&= 372 \cdot 201.14 \cdot 1 \\&= 74825.1429 \text{ N} \rightarrow 7482.514 \text{ kg} \\&= 7.482514 \text{ ton/baut} \\ \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 7.482514 \\&= 5.612 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

Maka tahanan Geser menentukan!

Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{5.96922}{5.612} = 1.064 \approx 2 \text{ buah baut}$$

Maka di gunakan 6 buah baut

Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$\begin{aligned}V_b &= \frac{V_u}{n} < \cdot R_{nv} \\&= \frac{5.96922}{6} = 0.99487 \text{ ton} < 5.611886 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK!}\end{aligned}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

- Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum S_1 untuk baut $\emptyset 16 = 22 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_1 < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < S_1 < 4 \cdot 8 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < \mathbf{31} < 132 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S_1 = 31 \text{ mm}$

- Jarak antara baut S untuk baut \emptyset 16

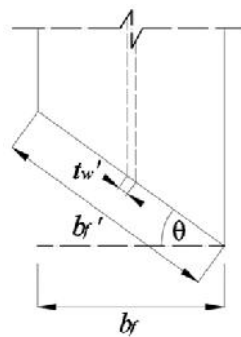
$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21.33 < S < 15 \cdot 8 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21.33 < \mathbf{80} < 120 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S = 80 \text{ mm}$$

- Dimensi ujung balok setelah di potong



$$= 36^\circ$$

$$\begin{aligned} b_f' &= b_f / \cos \\ &= 350 / \cos 36 \\ &= 432.62 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_w' &= t_w / \cos \\ &= 175 / \cos 36 \\ &= 216.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= d - t_f - r_o \\ &= 350 - 8 - 11 \\ &= 331 \text{ mm} \end{aligned}$$

Periksa Kekuatan Geser Blok Pelat

$$R_n = 0,60F_u A_{nv} + U_{bs}F_u A_{nt} \leq 0,60F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt}$$

- Bila tegangan tarik merata $U_{bs} = 1$
- Bila tegangan tarik tidak merata $U_{bs} = 0.5$

- Pada Balok Anak

Luasan Geser pada pelat

$$l = 80 + 31 + 154 + 71 = 336 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bruto} &= A_{gv} = 2 \cdot t_p \cdot l \\ &= 2 \cdot 8 \cdot 336 \\ &= 5376 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar Lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{Jumlah Lubang} \\ &= 18 \cdot 2.5 \\ &= 45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto} &= A_{nv} = (l - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p \\ &= (336 - 45) \cdot 8 \\ &= 2328 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &: A_{nv} < 85\% \cdot A_{gv} \\ 2328 &< 85\% \cdot 5376 \\ 2328 &< 4570 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Luasan Tarik pada pelat

$$\begin{aligned} \text{Luas bruto} &= A_{gt} = 2 \cdot t_p \cdot l_c \\ &= 2 \cdot 8 \cdot 172.5 \\ &= 2760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar Lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{jumlah Lubang} \\ &= 18 \cdot 0.5 \\ &= 9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto } = A_{nt} &= (l_c - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p \\ &= (172.5 - 9) \cdot 8 \\ &= 1308 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } A_{nt} &< 85\%_{gt} \\ 1308 &< 85\% \cdot 2760 \\ 1308 &< 2346 \dots\dots\dots \text{ OK!} \end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan keruntuhan/ fraktur dan tegangan putus

$$\begin{aligned} R_{nF} &= 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0.6 \cdot 370 \cdot 2328 + 1 \cdot 370 \cdot 1308 \\ &= 1000776 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan leleh dan tegangan putus

$$\begin{aligned} R_{nL} &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 5376 + 1 \cdot 370 \cdot 1308 \\ &= 1258104 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat: } R_{nF} &\leq R_{nL} \\ 1000776 &\leq 1258104 \end{aligned}$$

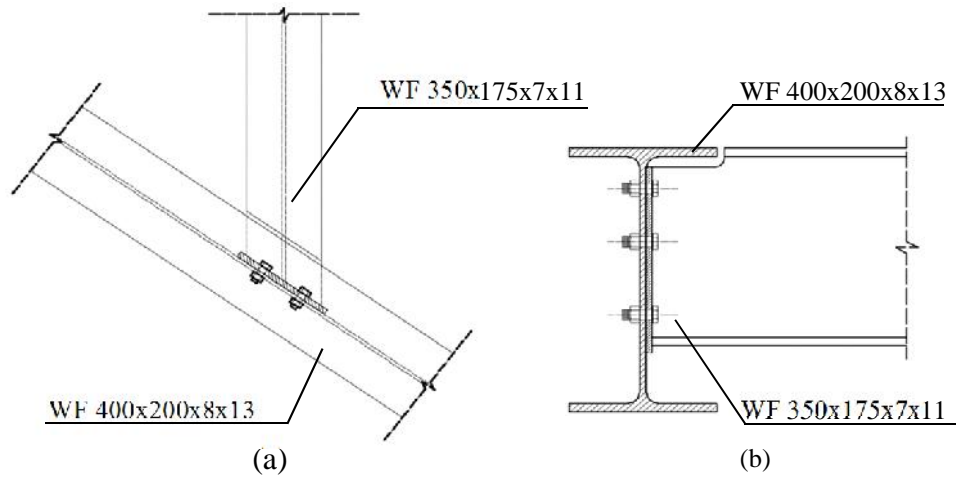
Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan tahanan geser terkecil, maka kuat runtuh/ fraktur pelat menentukan

$$\begin{aligned} \cdot R_n &= 0.75 \cdot 1000776 \\ &= 750582 \text{ N} \approx 75058.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

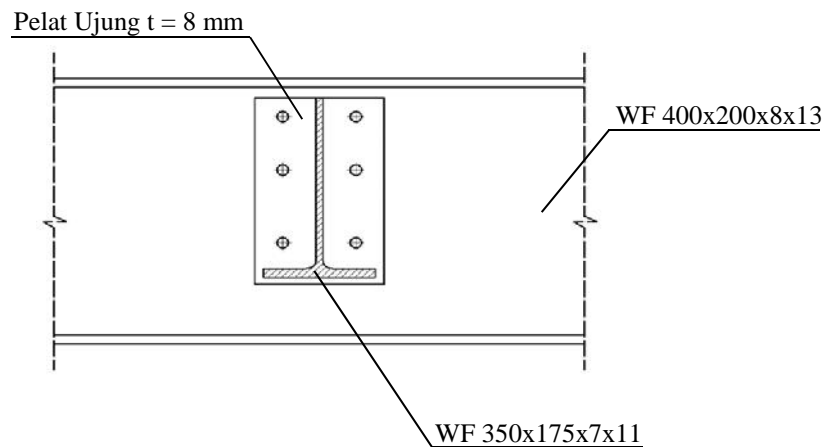
Syarat:

$$\cdot R_n > R_u$$

$$75058.2 > 5969.22 \dots\dots\dots \text{OK!}$$



Gambar 4.97 (a) Sambungan End Plate balok anak pada balok induk tampak atas dan (b) tampak samping



Gambar 4.98 Penempatan baut Sambungan End Plate balok anak pada balok induk

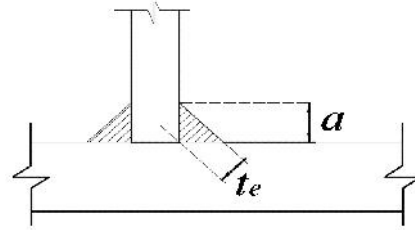
- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

$$\text{electrode E7014} = 50.6 \text{ kg/mm}^2 = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal efektif las } a = 6 \text{ mm}$$

tebal efektif Las

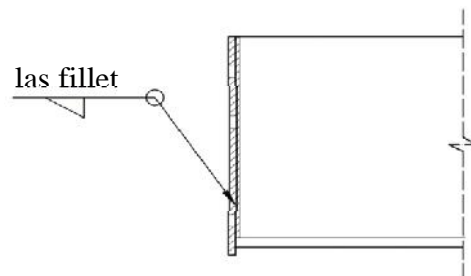
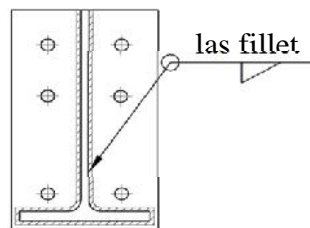
$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 6 \\ &= 4.242 \text{ mm} \end{aligned}$$



Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned} L &= b_f' + (2 \cdot t_f) + (1/2 \cdot \cdot r_o) + (b_f' - t_w' - 2 \cdot r_o) \\ &\quad + (2 \cdot (d' - t_f - r_o)) \\ &= 432.62 + (2 \cdot 11) + (1/2 \cdot \cdot 14) + (432.62 - 216 - 2 \cdot 14) \\ &\quad + (2 \cdot (331 - 11 - 14)) \\ &= 1276.94 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.99 bagian yang di las pada End-Plate Balok anak

Luas Efektif Las

$$\begin{aligned} A_{we} &= L \cdot t_e \\ &= 1276.94 \cdot 4.2420 \\ &= 5416.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per mm²

$$\begin{aligned} f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\ &= 0.60 \cdot 506 \\ &= 303.60 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned} R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\ &= 303.60 \cdot 5416.8 \\ &= 1644528.70 \text{ N} \\ \cdot R_n &= 0.75 \cdot 1644528.70 \\ &= 1233396.52 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &> V_u \\ 1233396.52 \text{ N} &> 5969.22 \text{ N} \dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

4.13 Sambungan Pelat Landasan / Base Plate

Base Plate Kolom 403

Digunakan Kolom profil

		WF 600 x 300 x 11 x 17	
	d	= 600 mm	$I_x = 118000 \text{ cm}^4$
	b_f	= 300 mm	$I_y = 9020 \text{ cm}^4$
	t_w	= 12 mm	$i_x = 2480.0 \text{ cm}$
	t_f	= 20 mm	$i_y = 6.85 \text{ cm}$
	r_o	= 28 mm	$S_x = 4020 \text{ cm}^3$
	A	= 192.50 cm^2	$S_y = 601.0 \text{ cm}^3$
	Berat	= 151 kg/m	$Z_x = 4308.9 \text{ cm}^3$
			$Z_y = 919.7 \text{ cm}^3$

Material baja BJ 37 ; $f_u = 370 \text{ MPa}$

; $f_y = 240 \text{ MPa}$

Mutu beton (f'_c) = 25 MPa

Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa

Modulus Elastisitas beton = $4700\sqrt{f'_c} = 23500 \text{ MPa}$

Baut Angkur = A307

- \varnothing_a (diameter) = $3/4 \text{ in} = 25.4 \cdot 3/4 = 19 \text{ mm}$

- f_{uta} (tarik angkur) = 400 MPa

- f_{ya} (leleh angkur) = 248 MPa

- f_{nta} (tarik nominal angkur) = $0.75 \cdot f_{uta} = 300 \text{ MPa}$

- f_{va} (Geser nominal angkur/ulir) = $0.45 \cdot f_{uta} = 180 \text{ MPa}$

(Geser nominal angkur/polos) = $0.563 \cdot f_{uta} = 225.2 \text{ MPa}$

- n_a (jumlah angkur) = 4 buah

Hasil Analisa yang diperoleh dari program ETABS:

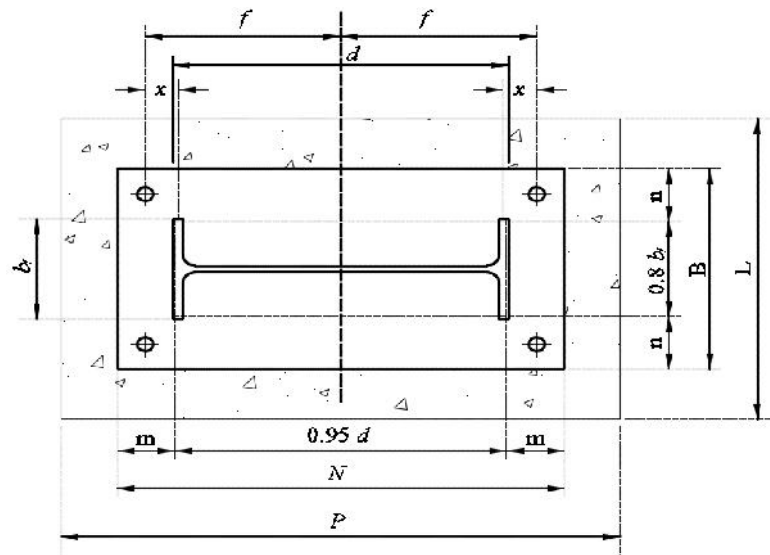
$$P_u = 157626.11 \text{ kg} \rightarrow 1576261.10 \text{ N}$$

$$V_u = 2306.13 \text{ kg} \rightarrow 23061.30 \text{ N}$$

$$M_u = 5987.97 \text{ kg}\cdot\text{m} \rightarrow 59879700.00 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Mencari dimensi Base Plate yang akan di gunakan

- Dimensi Rencana base plate



Gambar 4.100 Rencana Sambungan Base Plate

$$P = 1000 \text{ mm} \quad N = 700 \text{ mm} \quad x = 50 \text{ mm}$$

$$L = 600 \text{ mm} \quad B = 500 \text{ mm}$$

$$f = \left(\frac{1}{2} \cdot d\right) - \left(\frac{1}{2} \cdot t_f\right) + x$$

$$= \left(\frac{1}{2} \cdot 600\right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 20\right) + 50 = 340.0$$

Jumlah angkur Rencana Yang digunakan 4 buah \emptyset 19.0 mm

- **Kuat Tumpu Beton**

Luas beton tumpuan = Luas pelat landasan

$$\begin{aligned} A_1 = \text{Luas Pelat Landasan} &= N \cdot B \\ &= 700 \cdot 500 \\ &= 350000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 = \text{Luas Beton} &= P \cdot L \\ &= 1000 \cdot 600 \\ &= 600000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena Luas Pelat Landasan < Luas Beton Pedestal, maka kuat tumpunya (P_p) adalah:

$$\begin{aligned} P_p &= 0.85 \cdot f'_c \cdot A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 \cdot f'_c \cdot A_1 \\ &= 0.85 \cdot 25 \cdot 350000 \sqrt{\frac{600000}{350000}} \leq 1.7 \cdot 25 \cdot 350000 \\ &= 9737973 \text{ N} \leq 14875000 \text{ N} \dots\dots\dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

Kuat tumpu nominal

$$\begin{aligned} \cdot P_p &= 0.65 \cdot P_p \\ &= 0.65 \cdot 9737973 \\ &= 6329683 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka tegangan tumpu beton maksimumnya ($f_{p(max)}$):

$$\begin{aligned} f_{p(max)} &= 0.85 \cdot f'_c \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 \cdot f'_c \\ &= 0.85 \cdot 25 \cdot \sqrt{\frac{600000}{350000}} \leq 1.7 \cdot 25 \\ &= 27.82 \text{ N} \leq 42.50 \text{ N} \dots\dots\dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

- **Tekan Konsentris**

$$\begin{aligned}
 f_p &= \frac{P_u}{B \cdot N} \leq f_{p(max)} \\
 &= \frac{1576261.10}{500 \cdot 700} \\
 &= 4.50 \leq 27.82 \dots\dots\dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

- **Kuat Perlu Pelat Landasan**

$$M_{pl} = \frac{1}{2} \cdot f_p \cdot l$$

Mencari nilai l , dimana l adalah nilai terbesar dari m , n dan n'

Menghitung besaran m , x dan n :

$$m = \frac{N - 0.95 \cdot d}{2} = \frac{700 - 0.95 \cdot 600}{2} = 65.00 \text{ mm}$$

$$n = \frac{B - 0.8 \cdot b_f}{2} = \frac{500 - 0.8 \cdot 300}{2} = 130.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 X &= \left\{ \frac{4 \cdot d \cdot b_f}{(d + b_f)^2} \right\} \cdot \frac{P_u}{P_p} \\
 &= \left\{ \frac{4 \cdot 600 \cdot 300}{(600 + 300)^2} \right\} \cdot \frac{1576261.10}{6329682.68} \\
 &= 0.22 \\
 &= \frac{2 \cdot \sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} = \frac{2 \cdot \sqrt{0.22}}{1 + \sqrt{1 - 0.22}} = 0.5 \leq 1 \dots\dots\dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

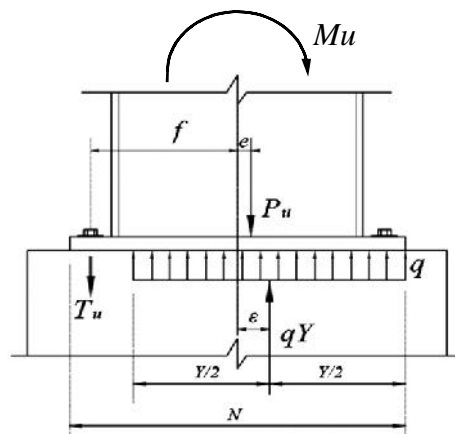
$$\begin{aligned}
 n' &= \frac{1}{4} \cdot \sqrt{d \cdot b_f} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 0.5 \cdot \sqrt{600 \cdot 300} \\
 &= 53.02 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

diambil nilai terbesar dari m , n dan n' , Maka $l = 130.00 \text{ mm}$

Maka Kuat Perlu Pelat Landasannya:

$$\begin{aligned} M_{pl} &= \frac{1}{2} \cdot f_p \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 4.50 \cdot 130.00^2 \\ &= 38055.45 \text{ N} \end{aligned}$$

- Tegangan Beton Ultimate



Gambar 4.101 Gaya-gaya yang bekerja pada base plate

$$\begin{aligned} q_{max} &= f_{p(max)} \cdot B \\ &= 27.82 \cdot 500 \\ &= 13911.39 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$Y_{min} = \frac{P_u}{q_{max}} = \frac{1576261.10}{13911.39} = 113.3 \text{ mm}$$

Mencari Jarak

$$e_{max} = \frac{N}{2} - \frac{Y_{min}}{2} = \frac{700}{2} - \frac{113.3}{2} = 293.35 \text{ mm}$$

$$e_{kritis} = e_{max} = 293.35 \text{ mm}$$

Menghitung eksentrisitas yang terjadi

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{59879700.00}{1576261.10} = 37.99 \text{ mm}$$

Syarat: $e < e_{kritis}$

$$37.99 \leq 293.35 \text{ baut angkur praktis}$$

Maka baut angkur hanya diperlukan untuk menahan gaya geser dan faktor keamanan saat masa konstruksi

Untuk Kondisi batas leleh maka tebal minimum yang diperlukan untuk pelat landasan adalah:

$$t_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot M_{pl}}{f_y}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 38055.45}{0.9 \cdot 240}} = 26.55 \quad 27 \text{ mm}$$

Maka kuat lentur nominal pada base platnya:

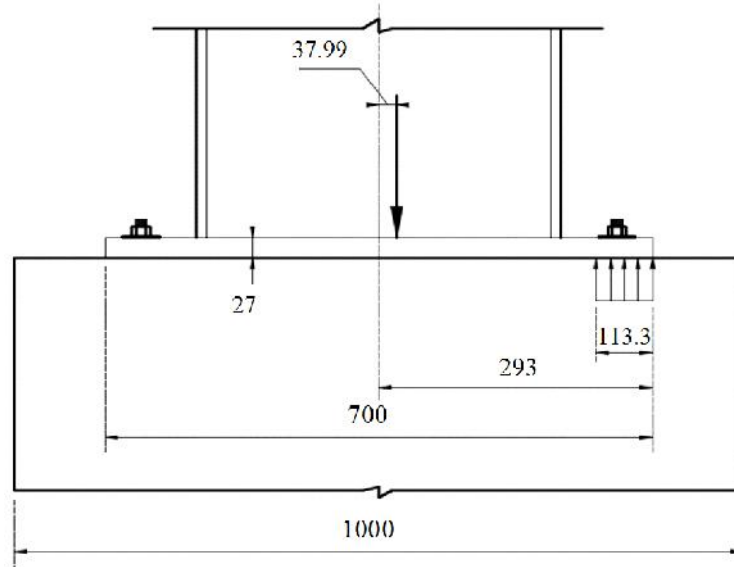
$$M_n = \frac{t_p^2}{4} \cdot f_y = \frac{27^2}{4} \cdot 240 = 43740.00 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Syarat:

$$M_{np} > M_{pl}$$

$$43740.0 > 38055.4 \quad \text{.....OK!}$$

Distribusi tegangan persegi di bawah pelat



Gambar 4.102 Distribusi tegangan yang terjadi

Pemeriksaan angkur terhadap gaya geser

Digunakan 4 Buah Angkur Ø 19

- Gaya geser terfaktor pada angkur

$$V_{ub} = \frac{V_u}{n} = \frac{23061}{4} = 5765.325 \text{ N}$$

Tegangan Geser yang terjadi pada angkur

$$A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$= 285.14 \text{ mm}^2$$

$$f_{va} \cdot A_b = 0.75 \cdot 180 \cdot 285.14$$

$$= 38493.59 \text{ N}$$

Syarat:

$$V_{ub} < f_{va} \cdot A_b$$

$$5765.33 < 38493.59 \quad \dots\dots\dots \text{ Ok!}$$

Tegangan Tarik yang terjadi pada angkur

$$\begin{aligned} qY &= q_{max} \cdot Y \\ &= 13911.39 \cdot 113.3 \\ &= 1576261.10 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya pada angkur

$$\begin{aligned} T_u &= qY - P_u \\ &= 1576261.10 - 1576261.10 \\ &= 0.00000000 \text{ N} \quad \text{Karena tarik angkur tak terjadi} \end{aligned}$$

Baut angkur 4 \varnothing 19 mm

$$\begin{aligned} \cdot T_n &= n_a \cdot \cdot A_b \cdot f_y \\ &= 4 \cdot 0.9 \cdot 285.14 \cdot 248 \\ &= 254570.9194 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} \cdot T_n &> T_u \\ 254570.9194 &> 0.00 \quad \text{Angkur praktis 4 buah} \end{aligned}$$

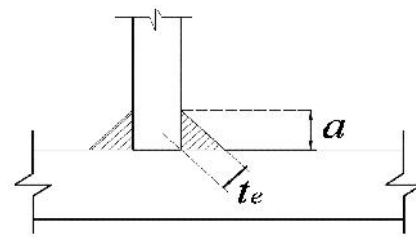
- Perhitungan las fillet pada penghubung geser :

$$\text{electrode E7014} = 50.6 \text{ kg/mm}^2 = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal efektif las } a = 14 \text{ mm}$$

tebal efektif Las

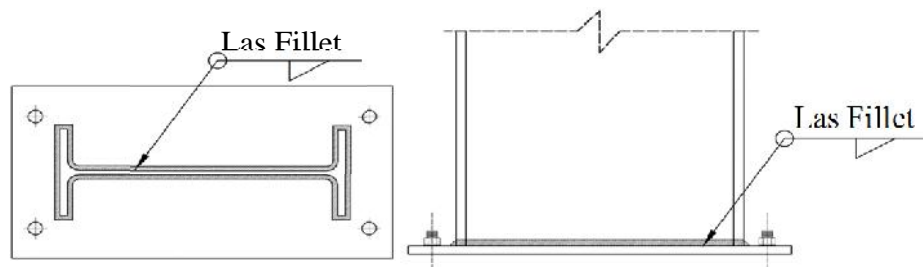
$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 14 \\ &= 9.898 \text{ mm} \end{aligned}$$



Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned}
 L &= (2 \cdot b_f) + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)) \\
 &\quad + (2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\
 &= (2 \cdot 300) + (4 \cdot 20) + (2 \cdot 28) + (2 \cdot (300 - 12 - 2 \cdot 28)) \\
 &\quad + (2 \cdot (600 - 2 \cdot 20 - 2 \cdot 28)) \\
 &= 2328.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.103 bagian yang di las pada Base Plate

Luas Efektif Las

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= L \cdot t_e \\
 &= 2328.00 \cdot 9.8980 \\
 &= 23043 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per mm^2

$$\begin{aligned}
 f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\
 &= 0.60 \cdot 506 \\
 &= 303.60 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 303.60 \cdot 23042.5 \\
 &= 6995716.36 \text{ N} \\
 \cdot R_n &= 0.75 \cdot 6995716.36 \\
 &= 5246787.27 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada Kolom

$$\begin{aligned} F &= A_s \cdot f_y \\ &= 19250.00 \cdot 240 \\ &= 4620000.00 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &> F \\ 5246787.27 \text{ N} &> 4620000.00 \text{ N} \quad \text{..... OK!} \end{aligned}$$

Kontrol panjang angkur

Panjang angkur yang digunakan (L_a) = 250 mm

Panjang angkur yang ditanam minimum yang di perlukan (L) yakni :

$$\begin{aligned} L &= \frac{f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d \\ &= \frac{248}{4 \cdot \sqrt{25}} \cdot 19 \\ &= 236.22 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena

$$\begin{aligned} L &< L_a \\ 236.22 \text{ mm} &< 250 \text{ mm} \quad \text{..... Ok} \end{aligned}$$

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil Perencanaan “Struktur Baja Bangunan Atas Gedung *Air Traffic Control Tower* Bandara Samarinda Baru” menggunakan metode load and resistance factor design (LRFD) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dimensi profil baja yang dibutuhkan untuk balok non komposit adalah 350x175x7x11, WF 300x150x9x13 dan WF 200x150x6x9. Untuk Balok komposit adalah WF 450x200x9x14, WF 400x200x8x13, WF 350x175x7x11, WF 300x150x9x13 dan WF 200x150x6x9 serta dimensi profil baja untuk kolom menggunakan WF 600x300x12x20.
2. Desain sambungan menggunakan profil siku

Detail	Balok	WF	Siku (L)	Jumlah baut
A	B. Induk	300x150x9x13	75x75x8	6
	B. Anak	200x150x6x9	75x75x8	3
B	B. Induk	350x175x7x11	75x75x8	6
	B. Anak	300x150x9x13	75x75x8	3
C	B. Induk	400x200x8x13	75x75x8	6
	B. Anak	300x150x9x13	75x75x8	3

Desain sambungan menggunakan pelat ujung (*End Plate*) Pada kolom

Detail	Penampang	WF	Tebal pelat ujung (mm)	Jumlah baut
D	B. Induk	450x200x9x14	8	6
	B. Induk	450x200x9x14	8	6
E	B. Induk	400x200x8x13	12	6
	B. Induk	400x200x8x13	12	6
F	B. Induk	400x200x8x13	16	6
	B. Anak	300x150x9x13	12	4
G	B. Induk	450x200x9x14	16	6
	B. Anak	300x150x9x13	10	4
H	B. Induk	350x175x7x11	10	6
	B. Anak	200x150x6x9	8	4
I	B. Induk	300x150x9x13	12	6
	B. Anak	200x150x6x9	10	4

Desain sambungan menggunakan pelat ujung (*End Plate*) Pada Balok

Detail	Penampang	WF	Tebal pelat ujung (mm)	Jumlah baut
J	B. Induk	400x200x8x13	-	-
	B. Anak	350x175x7x11	10	6
K	B. Induk	450x200x9x14	-	-
	B. Anak	400x200x8x13	10	6
L	B. Induk	350x175x7x11	-	-
	B. Anak	300x150x9x13	10	6
M	B. Induk	300x150x9x13	-	-
	B. Anak	200x150x6x9	8	4

N	B. Induk	400x200x8x13	-	-
	B. Anak	300x150x9x13	8	6
O	B. Induk	400x200x8x13	-	-
	B. Anak	200x150x6x9	8	4

Desain sambungan menggunakan pelat ujung (*End Plate*) Pada Kolom

Detail	Penampang	WF	Tebal pelat ujung (mm)	Jumlah baut
P	Kolom	600x300x12x20	10	6
	Kolom	600x300x12x20	10	6

Desain sambungan Pada Base Plate dengan ukuran Pelat 800x400 dan tebal pelat 27 mm, dengan jumlah angkur 4 buah dengan panjang 25 cm.

5.2 Saran

Dalam merencanakan sambungan harus teliti dalam menentukan jarak dan penempatan baut agar mudah dalam pemasangan dan tidak terjadi keruntuhan pada sambungan saat masa konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung, Baja Struktural SNI 1729:2015*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan, Bangunan Gedung dan Struktur lain SNI 1727:2013*. Jakarta.

Dewobroto, Wiryanto. 2015. *Struktur Baja Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010*. Tangerang. Lumina Press

Gunawan, Rudy. 1987. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta. Kansius.

Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) Edisi ke-1*. Jakarta. Erlangga.

Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) Edisi ke-2*. Jakarta. Erlangga.

PPIUG, (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG)BSN*,

PPPURG, (1989). *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG) SNI-03-1726-1989*,

(2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung Berdasarkan SNI 03-2847-2002*

BSN, (2013). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung Berdasarkan SNI 03-2847-2013*

BSN, (2015). *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural Berdasarkan SNI 1729-2015*

BSN, (2013). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung Berdasarkan SNI 1726-2012*

McCormac, Jack C. 1981. *Structural Steel Design, Third Edition*. Inc: New york. United State of America.

____anonym, 2004, *Sekolah menengah kejuruan Bidang keahlian teknik mesin Program keahlian teknik las mengelas tingkat lanjut dengan proses las busur metal manual*

<http://www.google.com/maps/> (di akses tanggal 1 November 2015)

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

<http://asat.staff.umy.ac.id/files/2012/05/>

LAMPIRAN



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

DENAH BALOK LANTAI 1 - 6

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO GAMBAR:

SKALA:

1 : 60

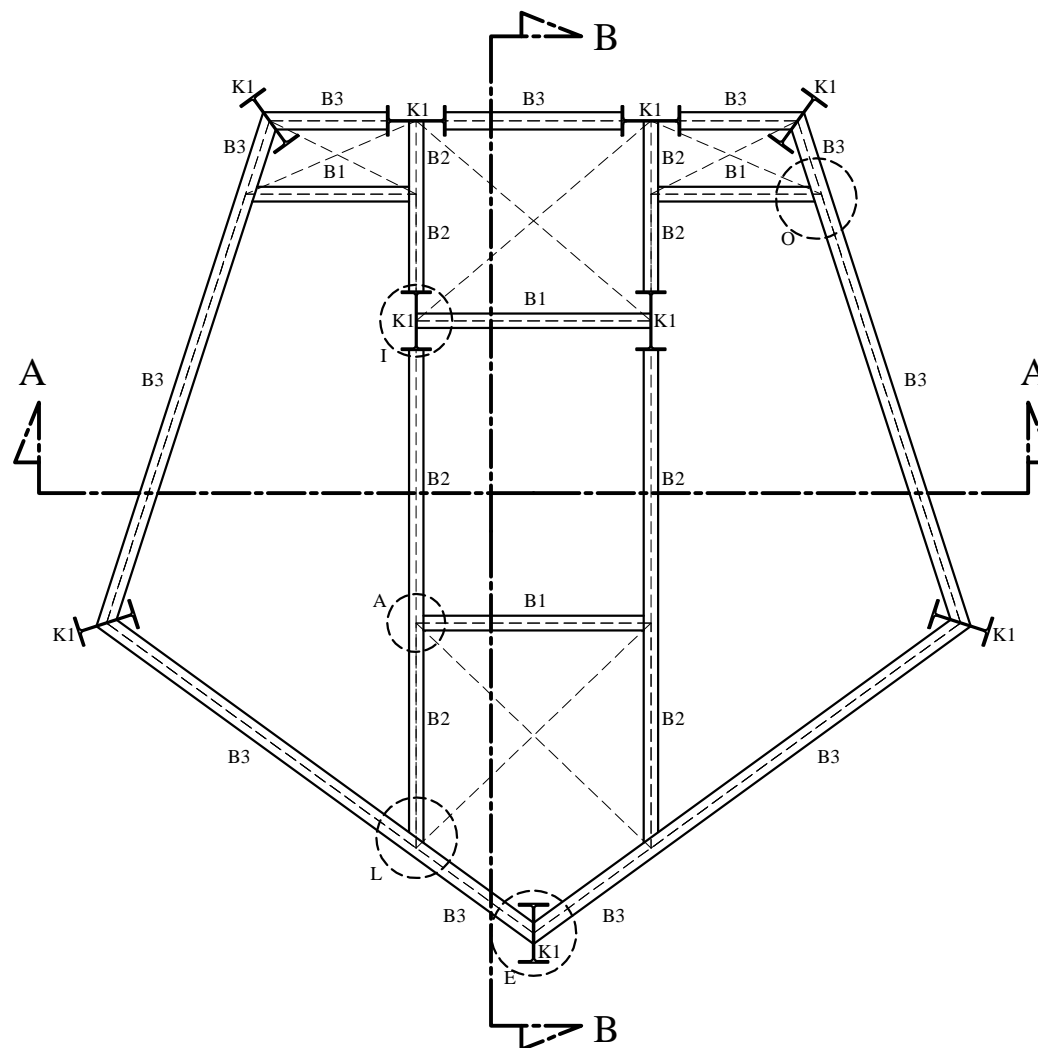
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



KODE	KETERANGAN
B1	WF 200 x 150 x 6 x 9
B2	WF 300 x 150 x 9 x 13
B3	WF 350 x 175 x 7 x 11
B4	WF 400 x 200 x 8 x 13
B5	WF 450 x 200 x 9 x 14
K1	WF 600 x 300 x 11 x 17



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

DENAH BALOK LANTAI 7

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO GAMBAR:

SKALA:

1 : 60

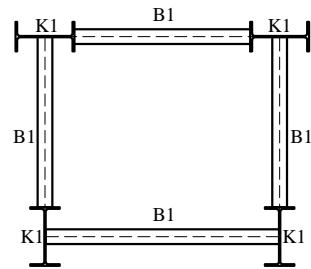
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

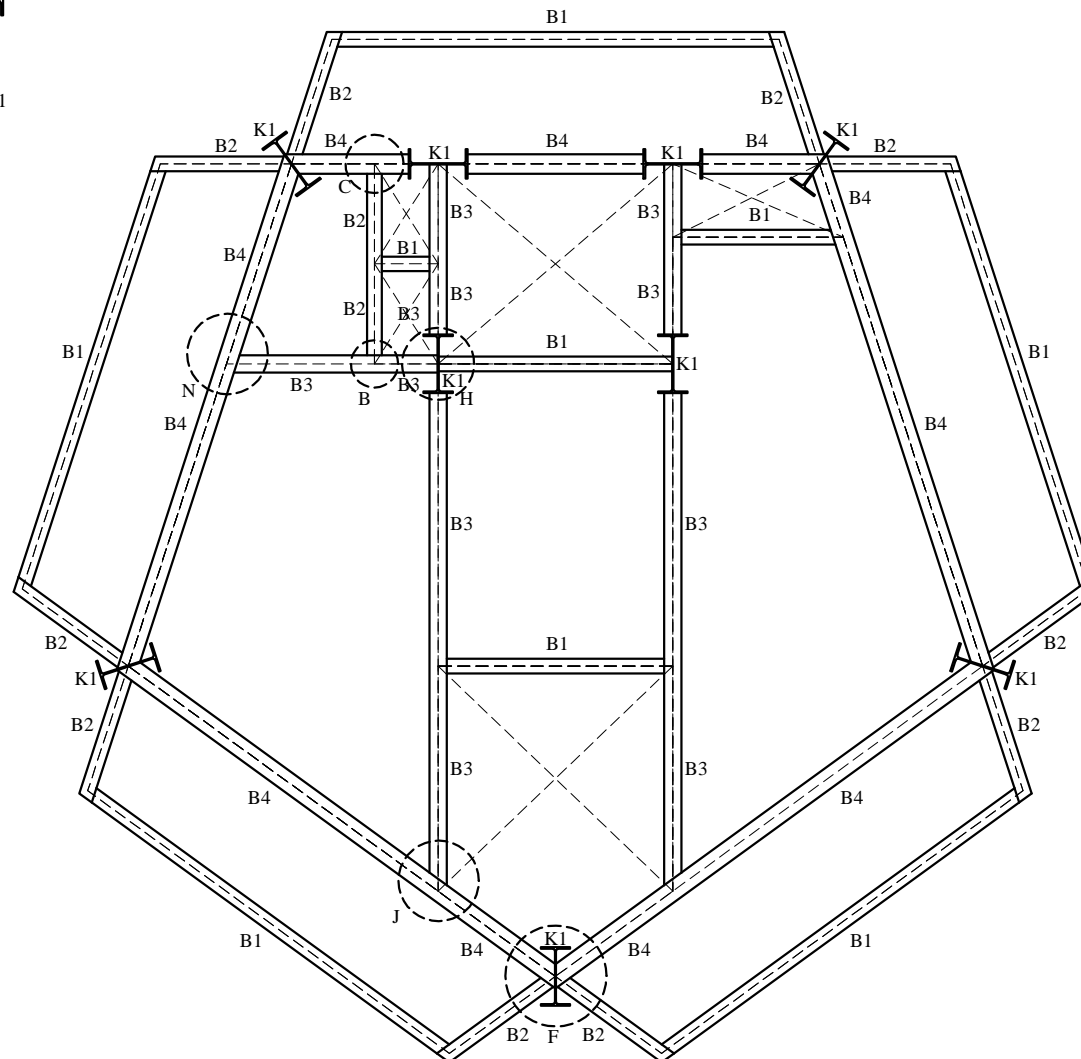
FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



Balok Lift



KODE	KETERANGAN
B1	WF 200 x 150 x 6 x 9
B2	WF 300 x 150 x 9 x 13
B3	WF 350 x 175 x 7 x 11
B4	WF 400 x 200 x 8 x 13
B5	WF 450 x 200 x 9 x 14
K1	WF 600 x 300 x 11 x 17



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

Sambungan Balok induk dan Balok Anak
Anak 11 Lantai 2

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO GAMBAR:

SKALA:

1 : 60

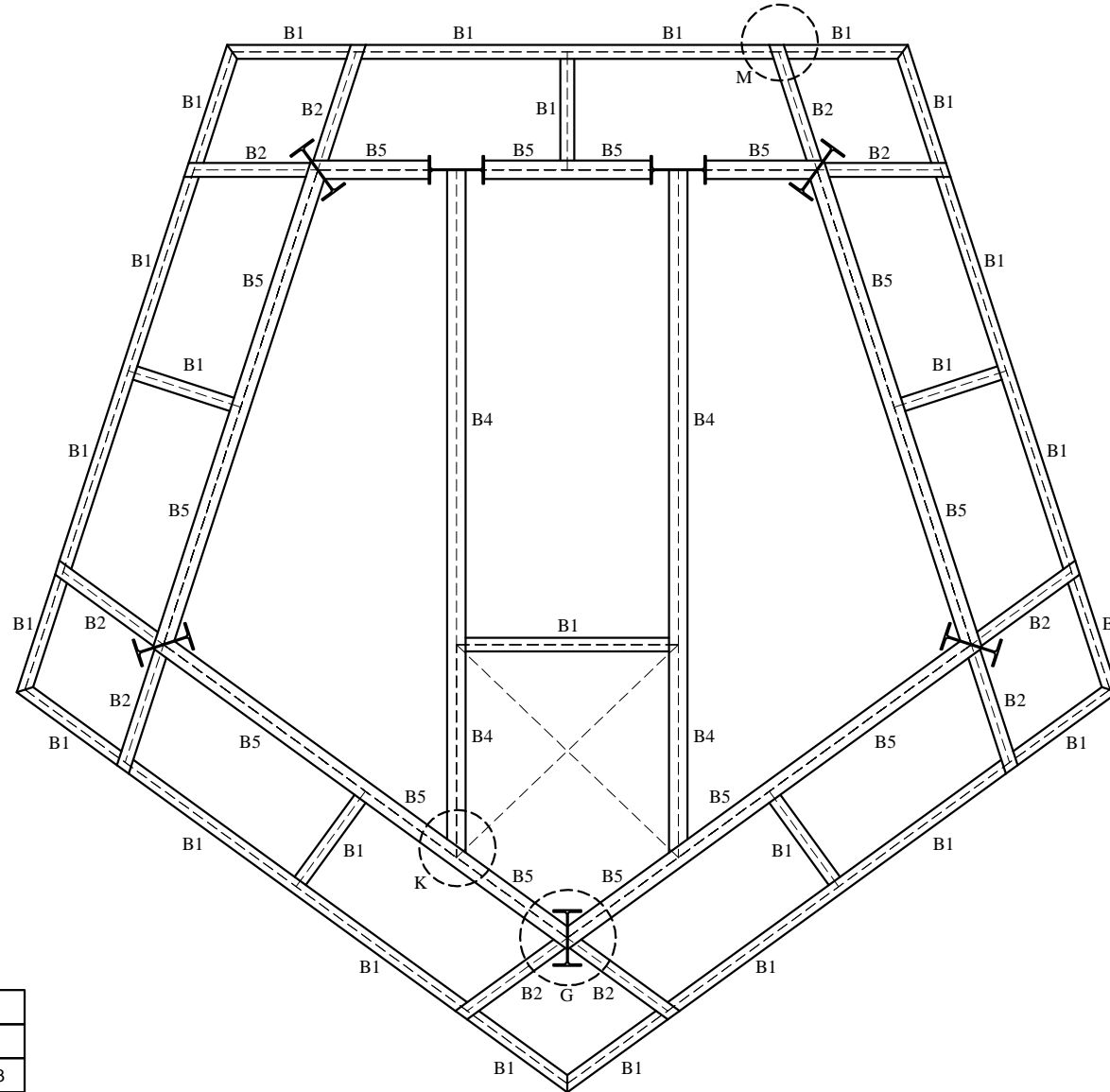
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



KODE	KETERANGAN
B1	WF 200 x 150 x 6 x 9
B2	WF 300 x 150 x 9 x 13
B3	WF 350 x 175 x 7 x 11
B4	WF 400 x 200 x 8 x 13
B5	WF 450 x 200 x 9 x 14
K1	WF 600 x 300 x 11 x 17



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

Sambungan Balok induk dan Balok Anak 11 Lantai 2

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO GAMBAR:

SKALA:

1 : 60

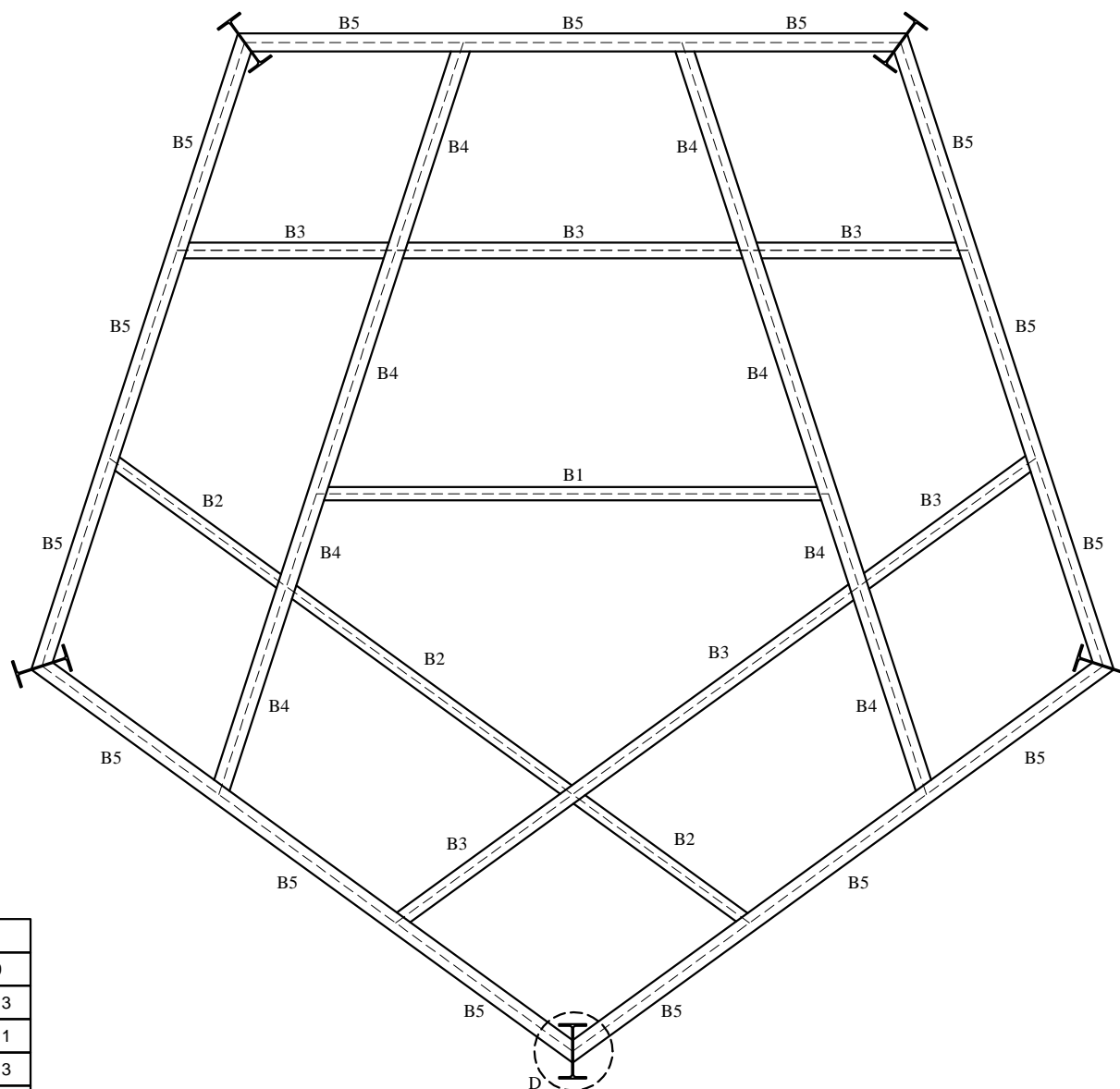
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

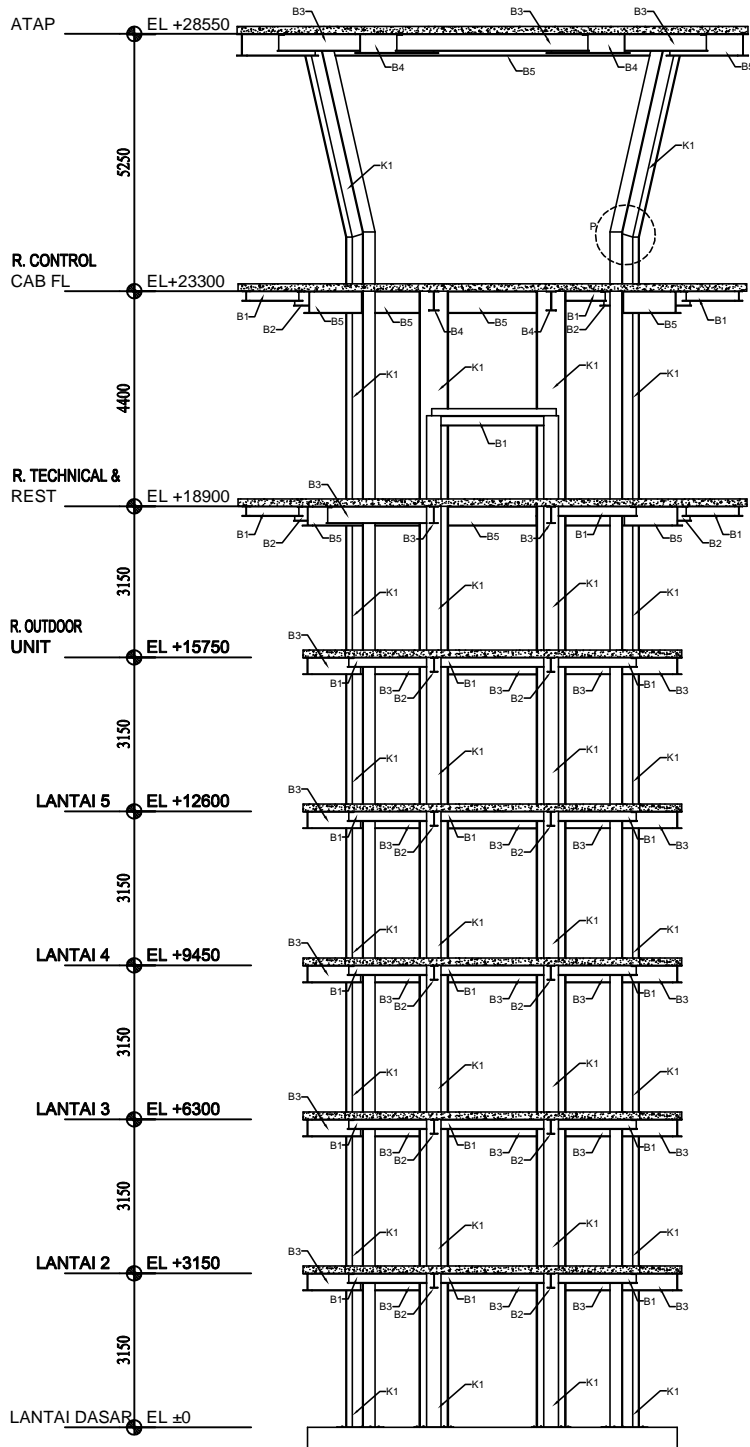
FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

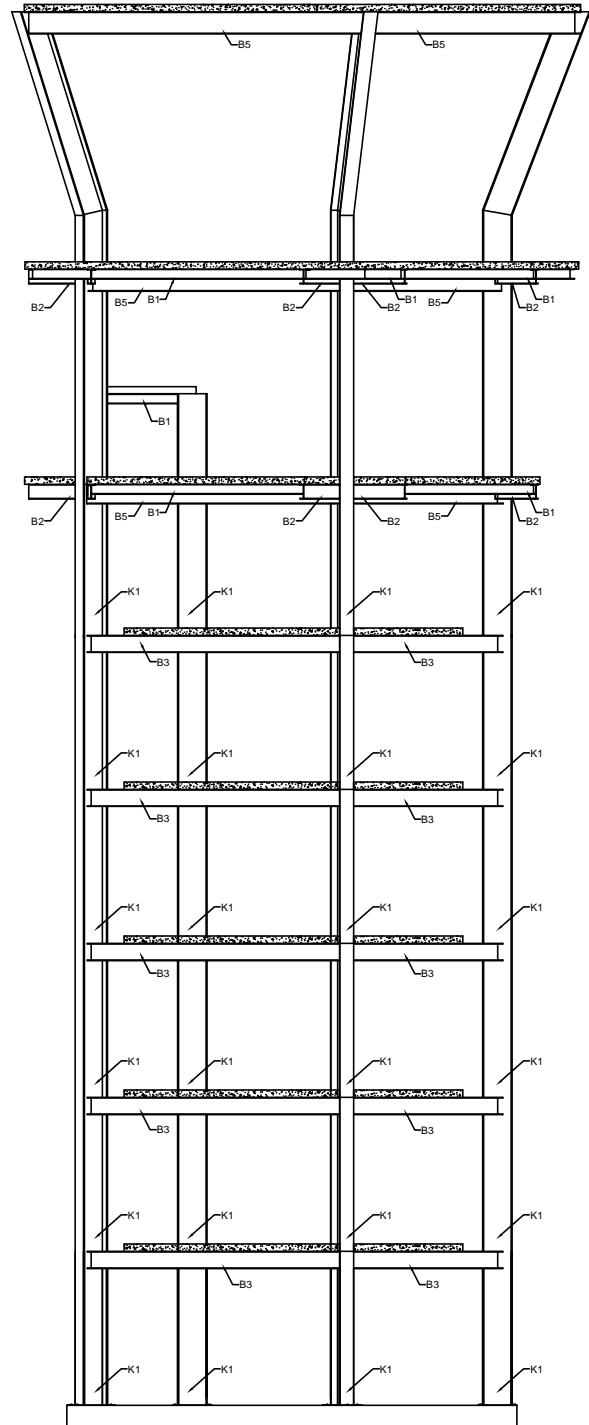
INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



KODE	KETERANGAN
B1	WF 200 x 150 x 6 x 9
B2	WF 300 x 150 x 9 x 13
B3	WF 350 x 175 x 7 x 11
B4	WF 400 x 200 x 8 x 13
B5	WF 450 x 200 x 9 x 14
K1	WF 600 x 300 x 11 x 17



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 60



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 60

KODE	KETERANGAN
B1	WF 200 x 150 x 6 x 9
B2	WF 300 x 150 x 9 x 13
B3	WF 350 x 175 x 7 x 11
B4	WF 400 x 200 x 8 x 13
B5	WF 450 x 200 x 9 x 14
K1	WF 600 x 300 x 11 x 17



JUDUL SKRIPSI	PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG AIR TRAFFIC CONTROL TOWER PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU
NAMA GAMBAR	POTONGAN MEMANJANG DAN MELINTANG STRUKTUR
DI GAMBAR	AFIF
NO GAMBAR	
SKALA	
PROGRAM STUDI	TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS	TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

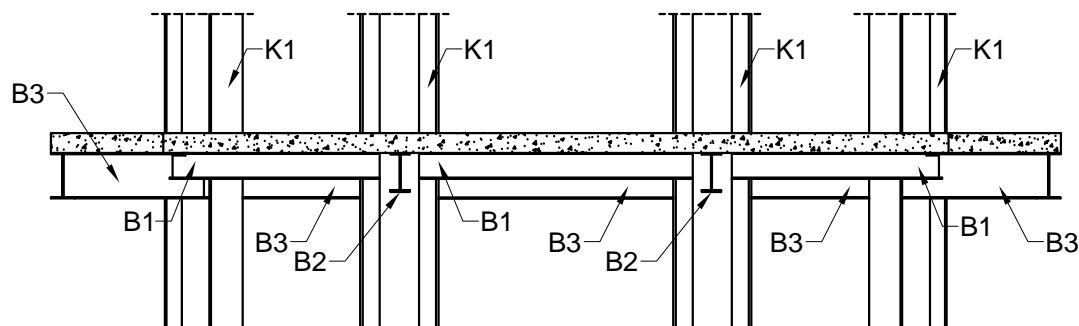


JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

Sambungan Balok induk dan Balok Anak
Anak 11 Lantai 2



⊙ **POTONGAN A-A LANTAI 1 - 6**
SKALA 1 : 60

KODE	KETERANGAN
B1	WF 200 x 150 x 6 x 9
B2	WF 300 x 150 x 9 x 13
B3	WF 350 x 175 x 7 x 11
B4	WF 400 x 200 x 8 x 13
B5	WF 450 x 200 x 9 x 14
K1	WF 600 x 300 x 11 x 17

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

**NO
GAMBAR:**

SKALA:

1 : 60

PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

Sambungan Balok induk dan Balok Anak
Lantai 11

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

**NO
GAMBAR:**

SKALA:

1 : 60

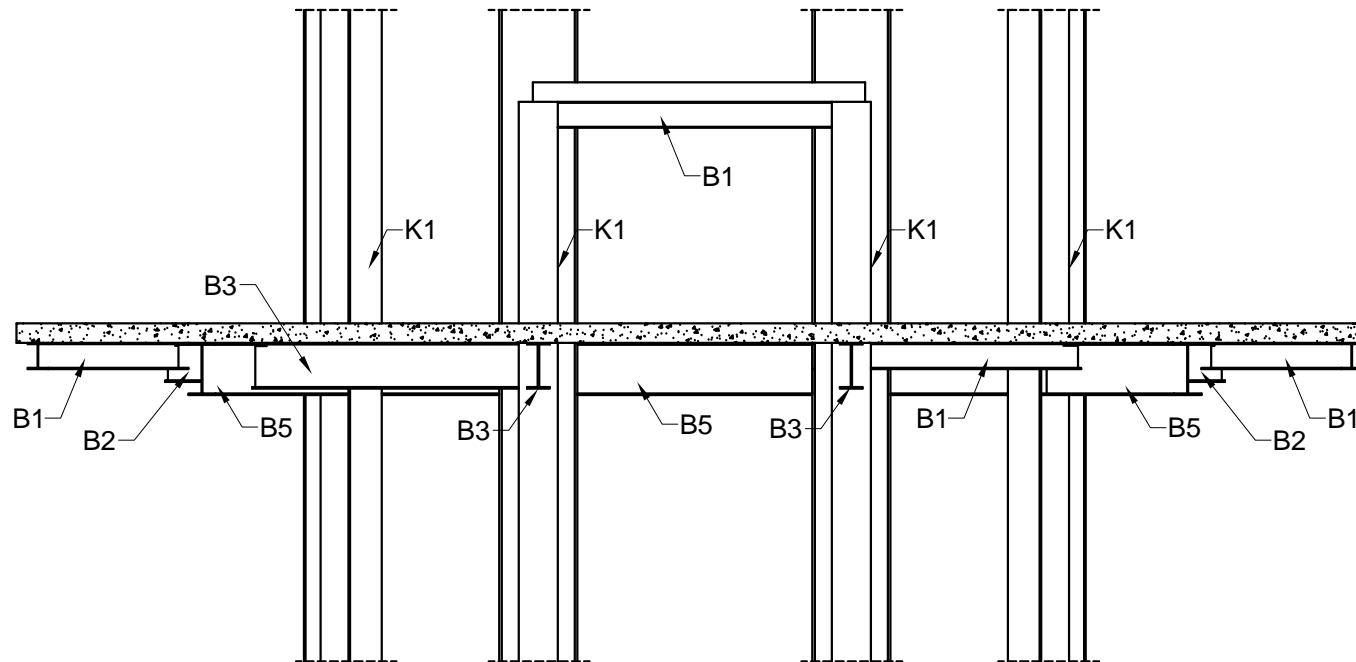
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



○ POTONGAN A-A LANTAI 7
SKALA 1 : 60

KODE	KETERANGAN
B1	WF 200 x 150 x 6 x 9
B2	WF 300 x 150 x 9 x 13
B3	WF 350 x 175 x 7 x 11
B4	WF 400 x 200 x 8 x 13
B5	WF 450 x 200 x 9 x 14
K1	WF 600 x 300 x 11 x 17



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

Sambungan Balok induk dan Balok Anak 11 Lantai 2

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO
GAMBAR:

SKALA:
1 : 60

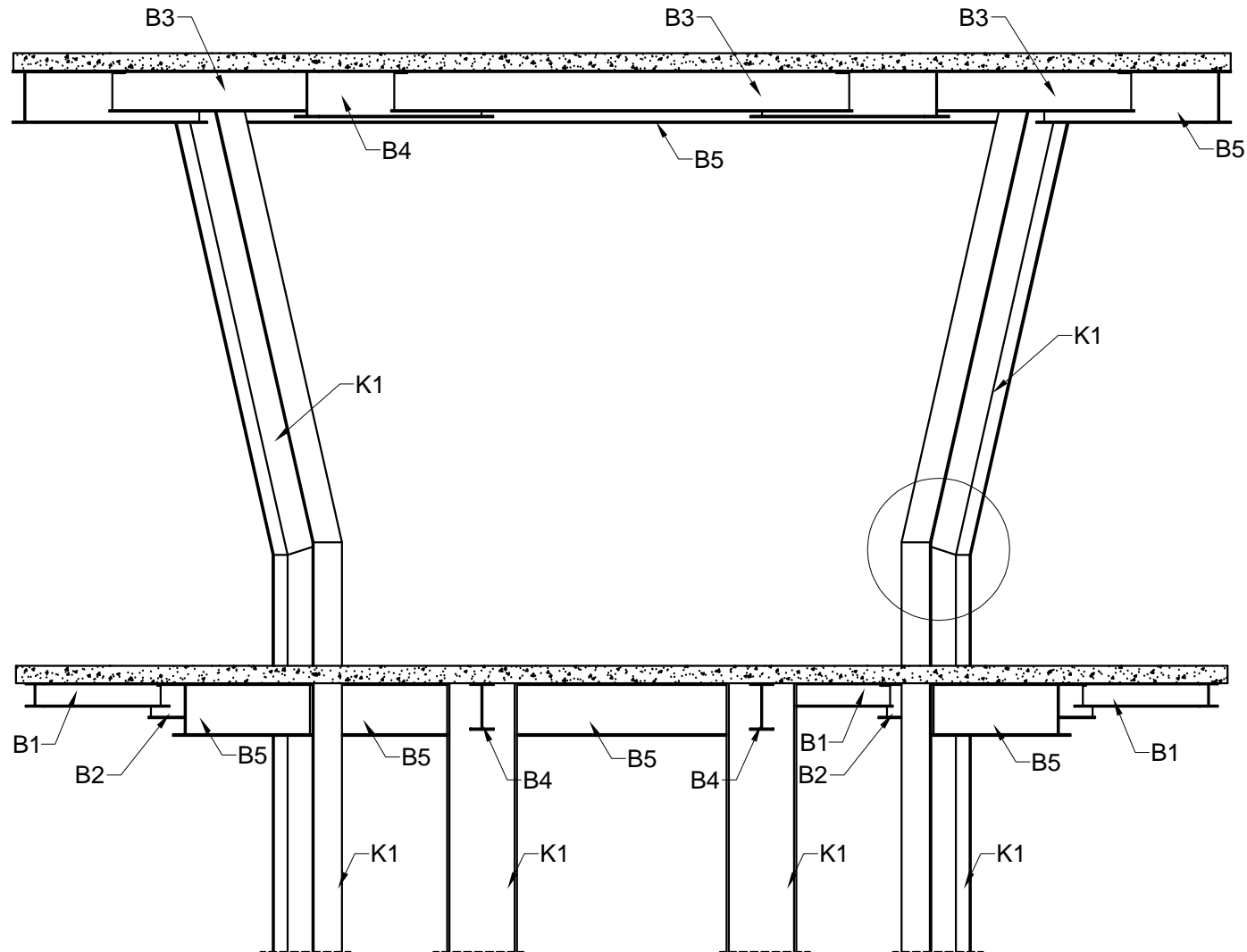
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



KODE	KETERANGAN
B1	WF 200 x 150 x 6 x 9
B2	WF 300 x 150 x 9 x 13
B3	WF 350 x 175 x 7 x 11
B4	WF 400 x 200 x 8 x 13
B5	WF 450 x 200 x 9 x 14
K1	WF 600 x 300 x 11 x 17

○ POTONGAN A-A LANTAI 8 DAN ATAP
SKALA 1 : 60



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

DENAH LANTAI 2

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO GAMBAR:

SKALA:

1 : 60

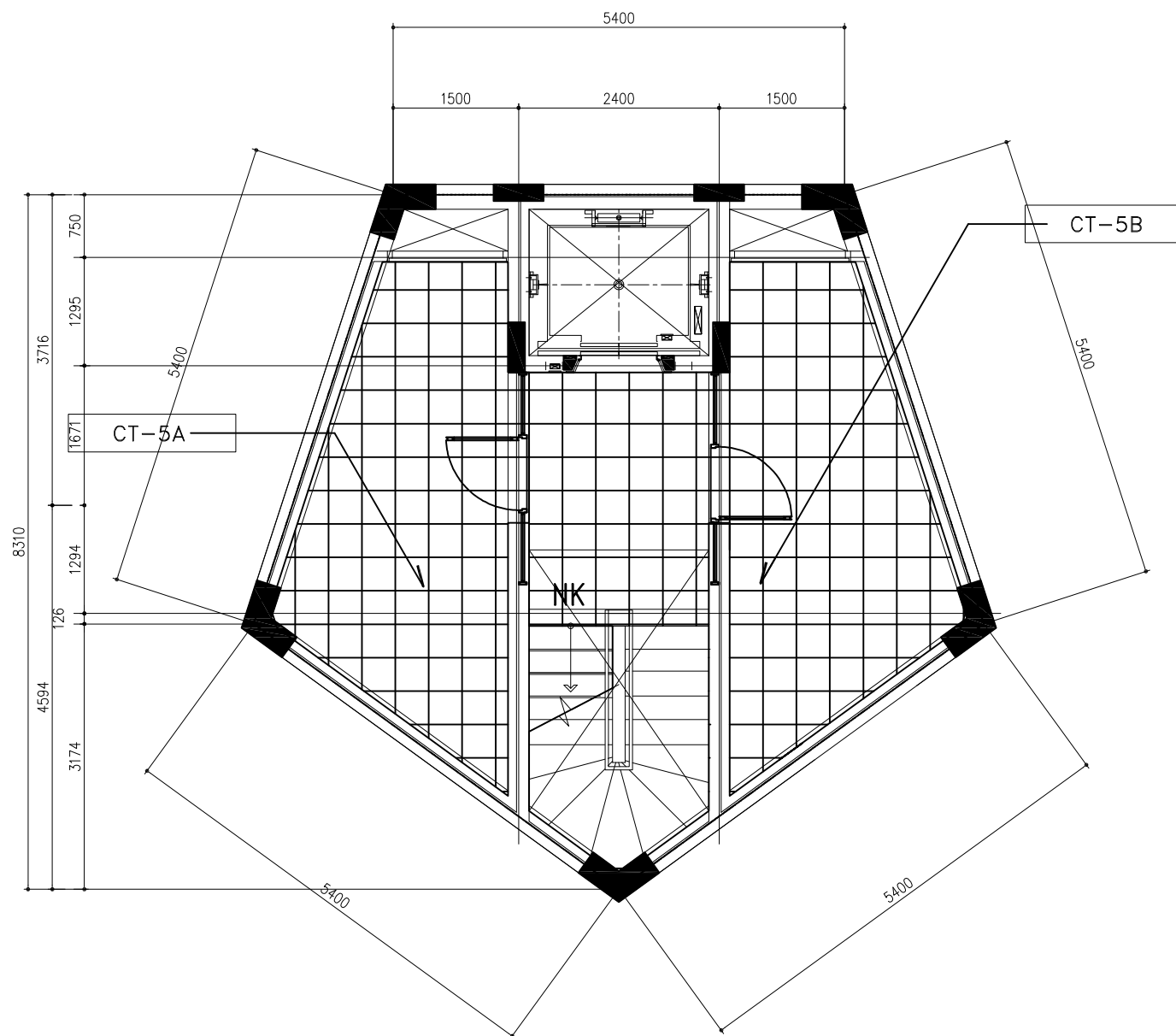
PROGRAM STUDI:

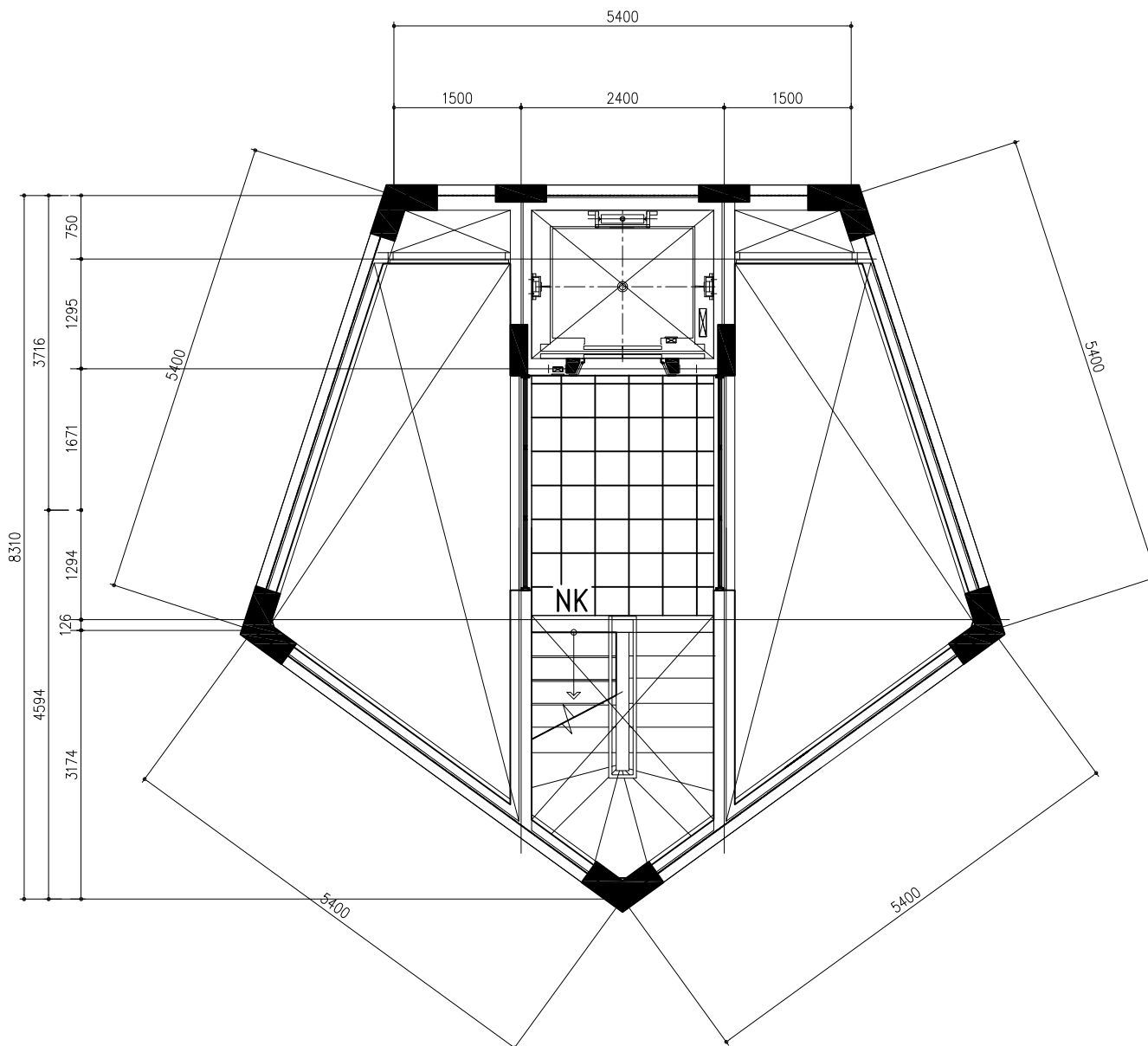
TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016





JUDUL SKRIPSI:
 PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
 AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
 PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:
 DENAH LANTAI 3, 4, dan 5

DI GAMBAR:
 AFIF

NIM: 14.21.910

NO GAMBAR: **SKALA:**
 1 : 60

PROGRAM STUDI:
 TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:
 TEKNIK SIPIL
 DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
 NASIONAL MALANG
 2016



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

DENAH LANTAI 6

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO GAMBAR:

SKALA:

1 : 60

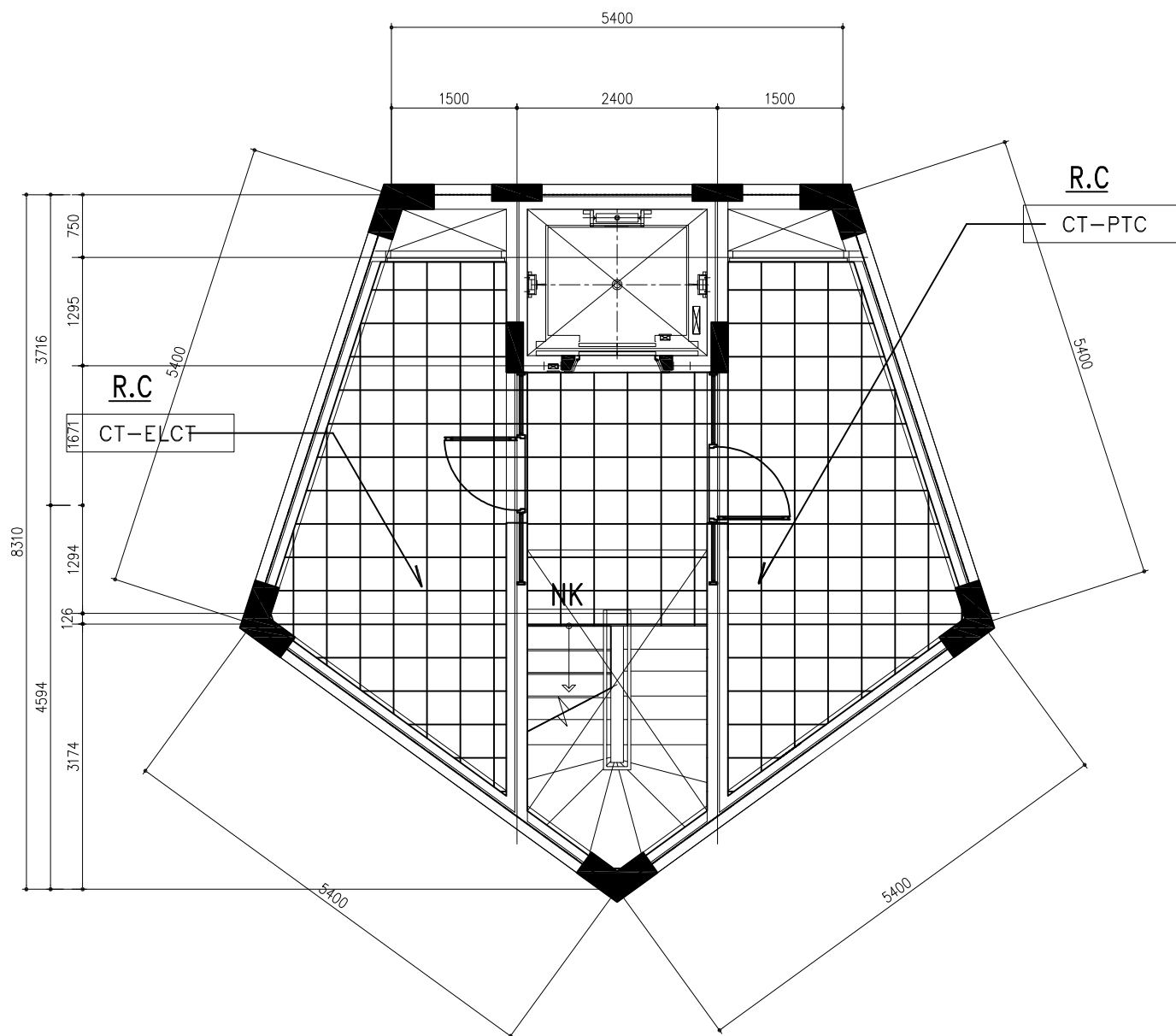
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016





JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

DENAH LANTAI 7

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO GAMBAR:

SKALA:

1 : 60

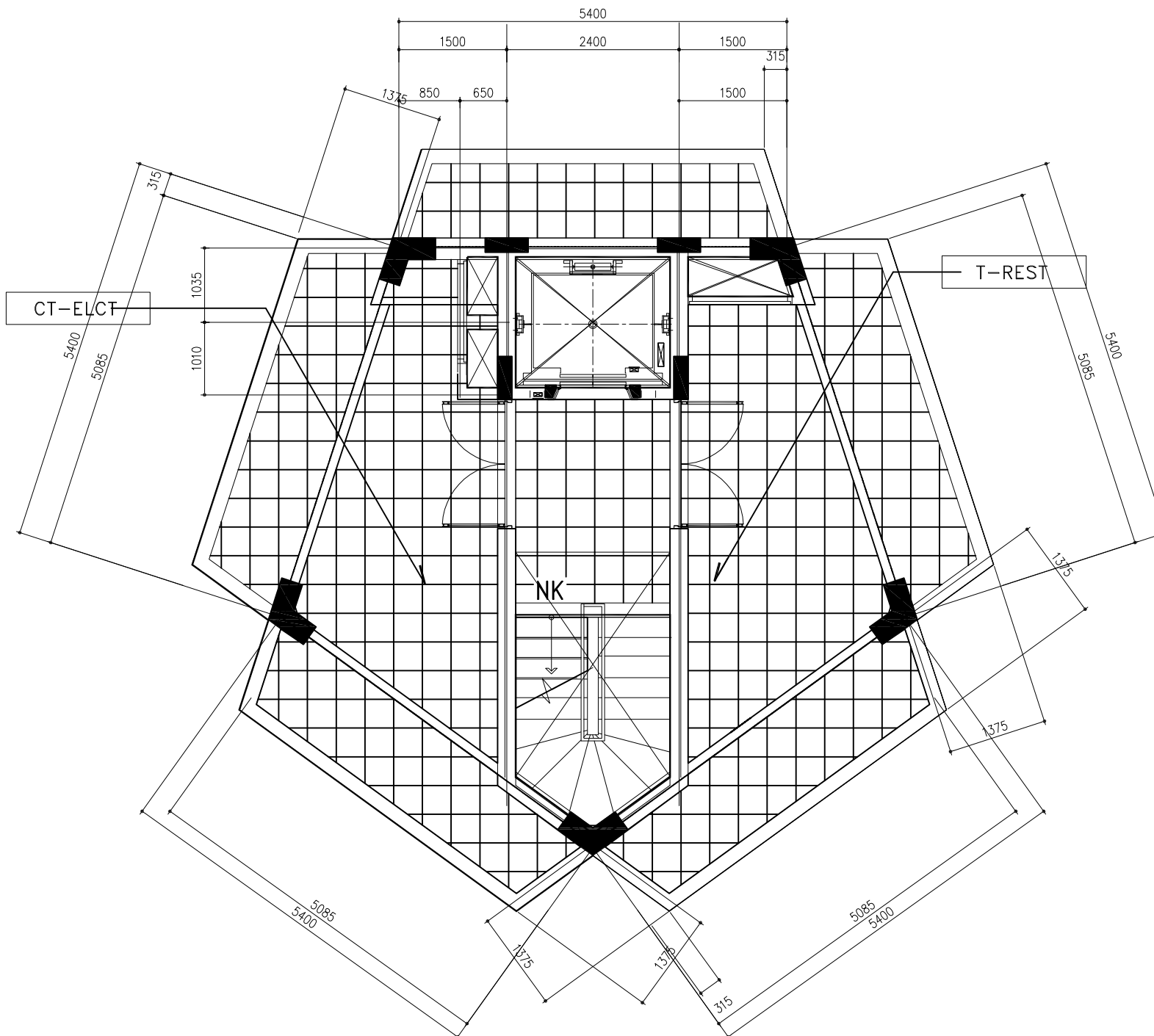
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016





JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

DENAH LANTAI 8

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO GAMBAR:

SKALA:

1 : 60

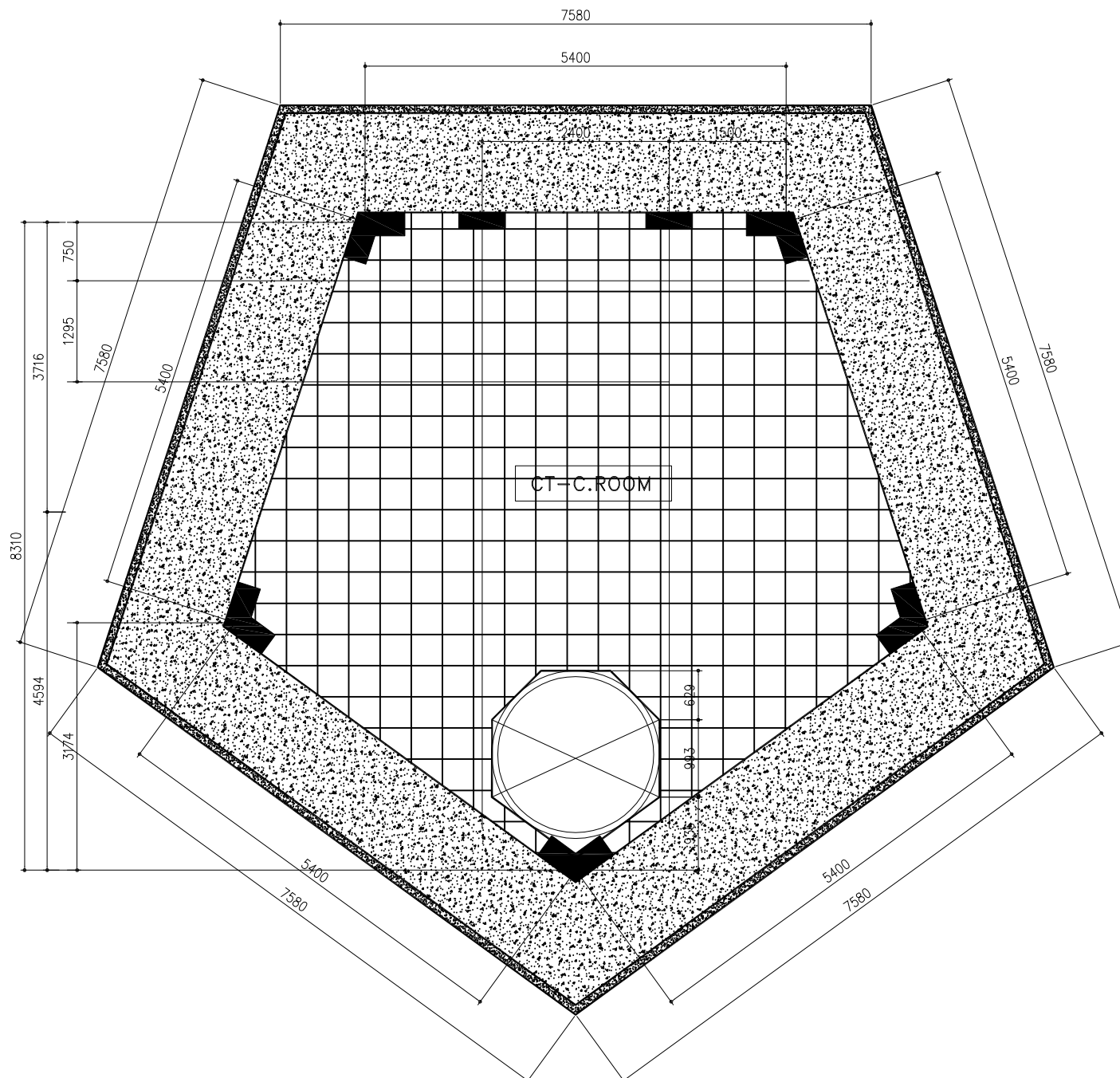
PROGRAM STUDI:

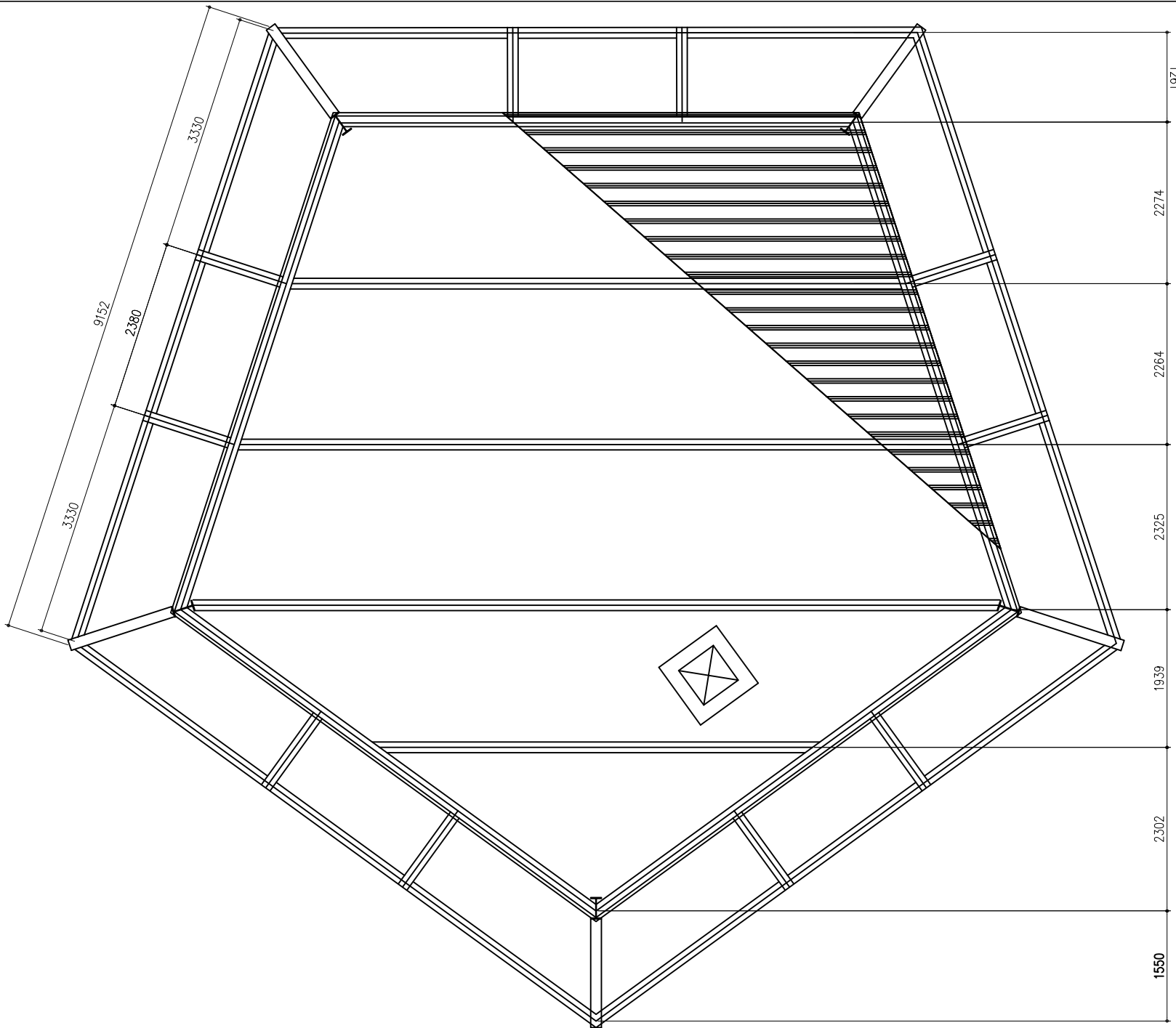
TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016





JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

DENAH LANTAI ATAP

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO GAMBAR:

SKALA:

1 : 60

PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

(DETAIL A)

Sambungan Balok induk dan Balok Anak 11 Lantai 2

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO GAMBAR:

SKALA:

1 : 60

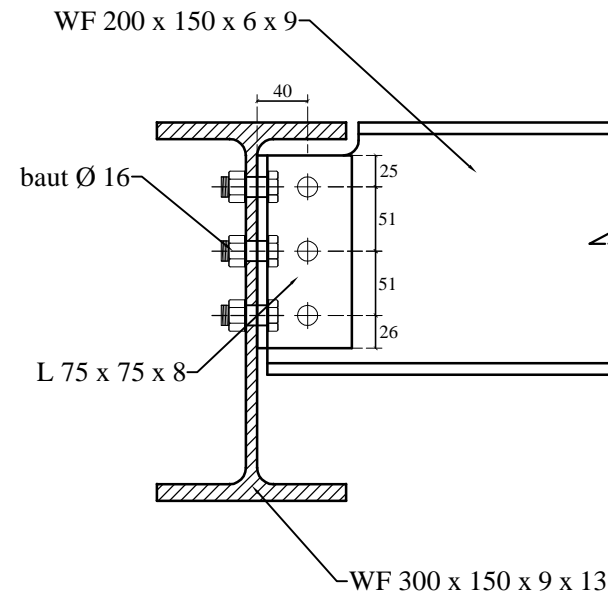
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

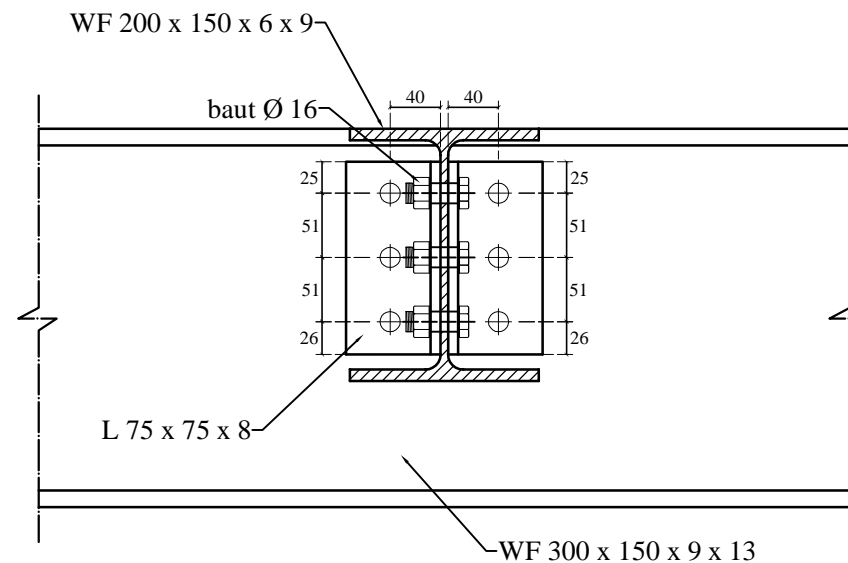
FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

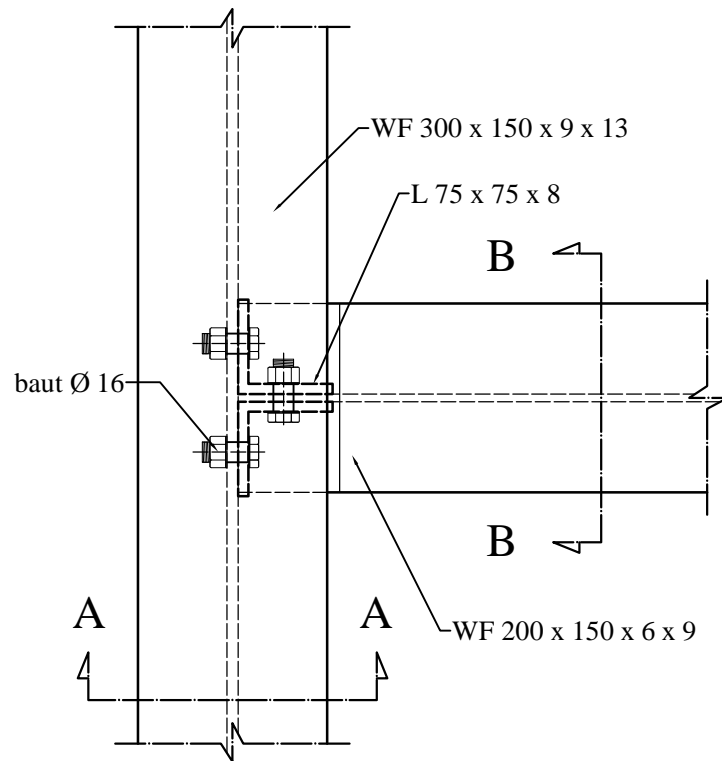
INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 60



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 60



SAMBUNGAN BALOK
SKALA 1 : 60



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

(DETAIL B)

Sambungan Balok Anak dan Balok Anak 364 Lantai 7

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO
GAMBAR:

SKALA:

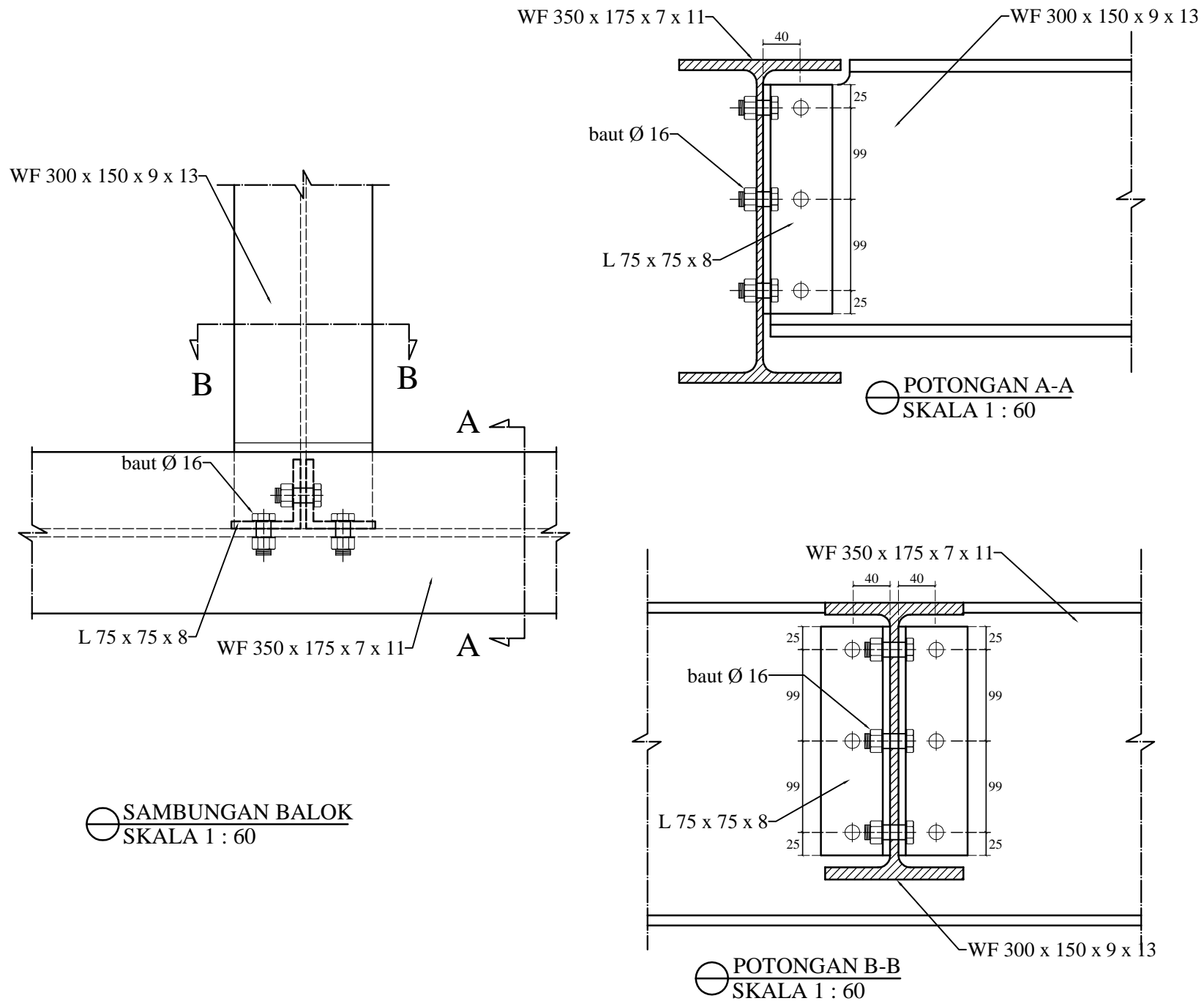
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016





JUDUL SKRIPSI:
PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:
(DETAIL C)
Sambungan Balok Anak dan Balok Anak 365 lantai 7

DI GAMBAR:
AFIF

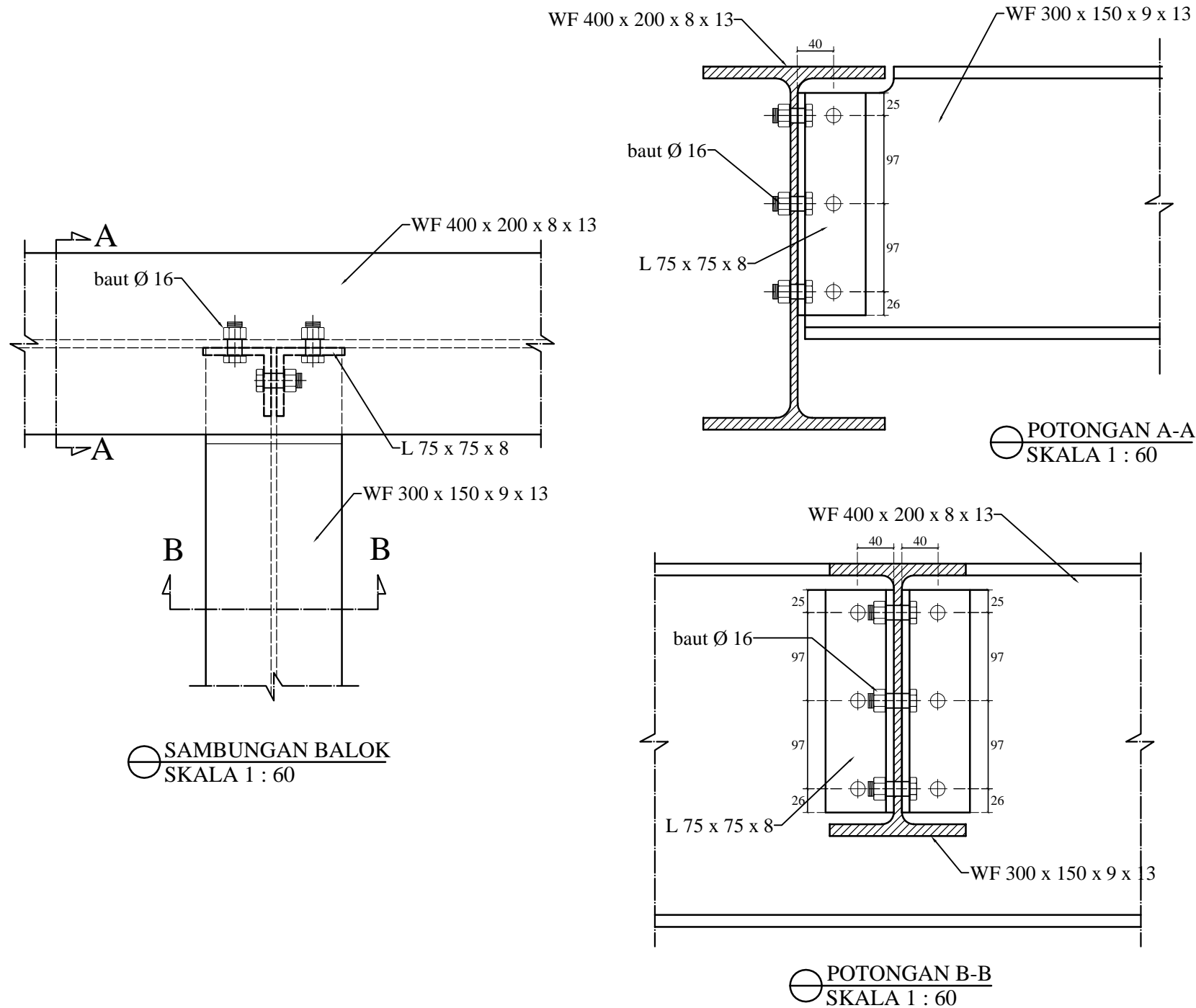
NIM: 14.21.910

NO GAMBAR: SKALA:

PROGRAM STUDI:
TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:
TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016





JUDUL SKRIPSI:
PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:
(DETAIL P)
Sambungan pada Kolom Miring

DI GAMBAR:
AFIF

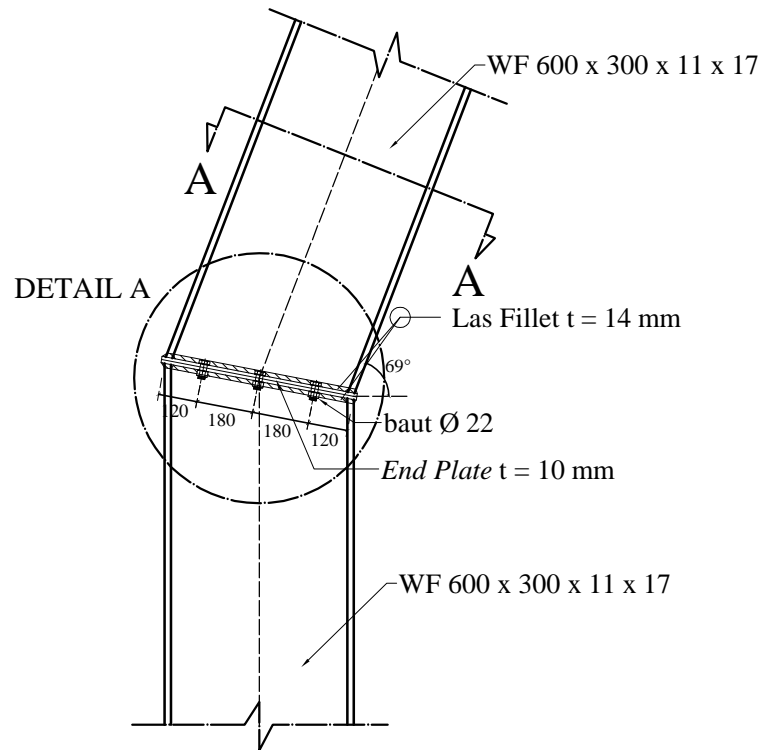
NIM: 14.21.910

NO GAMBAR: SKALA:

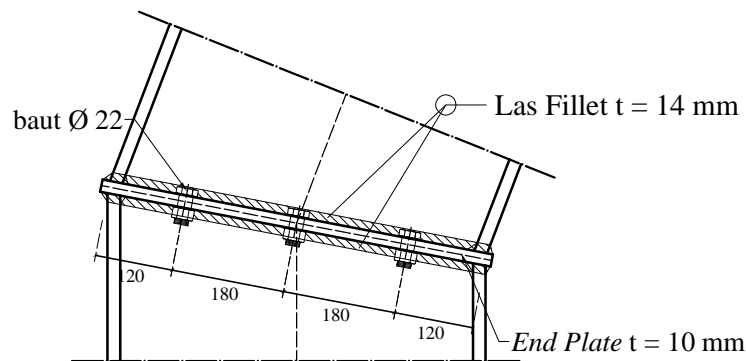
PROGRAM STUDI:
TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:
TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

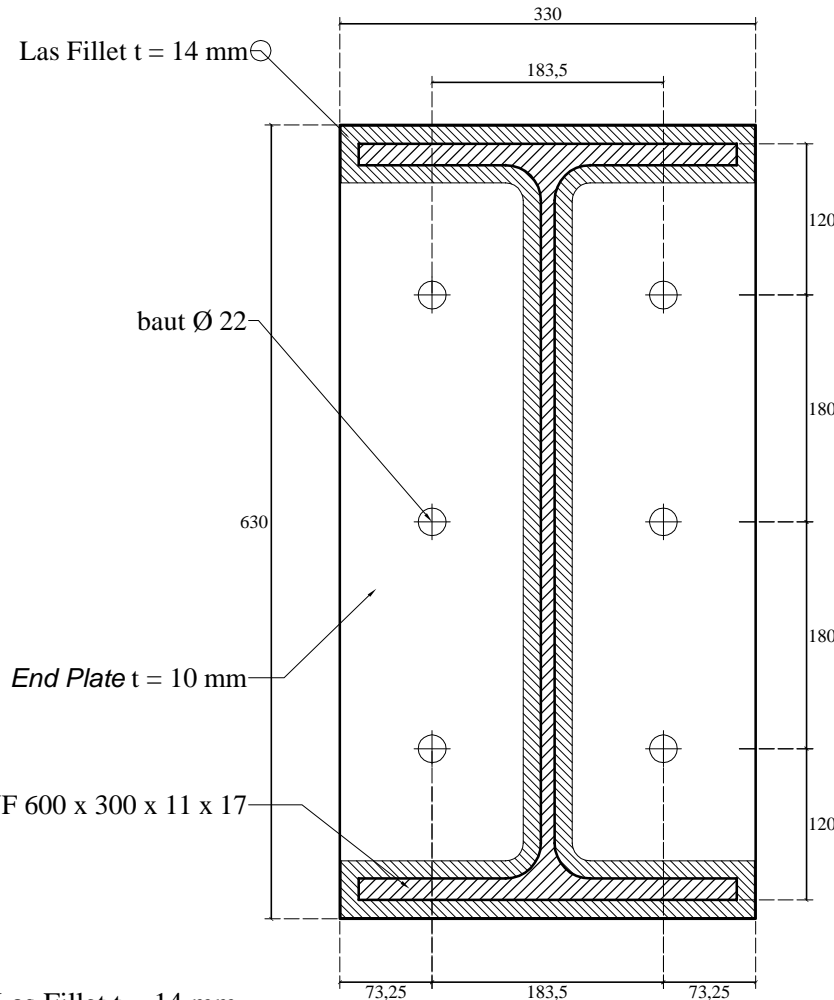
INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



○ SAMBUNGAN PADA KOLOM
SKALA 1 : 15



○ DETAIL A
SKALA 1 : 30



○ DETAIL A TAMPAK ATAS
SKALA 1 : 60



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

(DETAIL D)

Sambungan End Plate Balok -
Kolom Miring Pada WEB

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO
GAMBAR:

SKALA:

PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

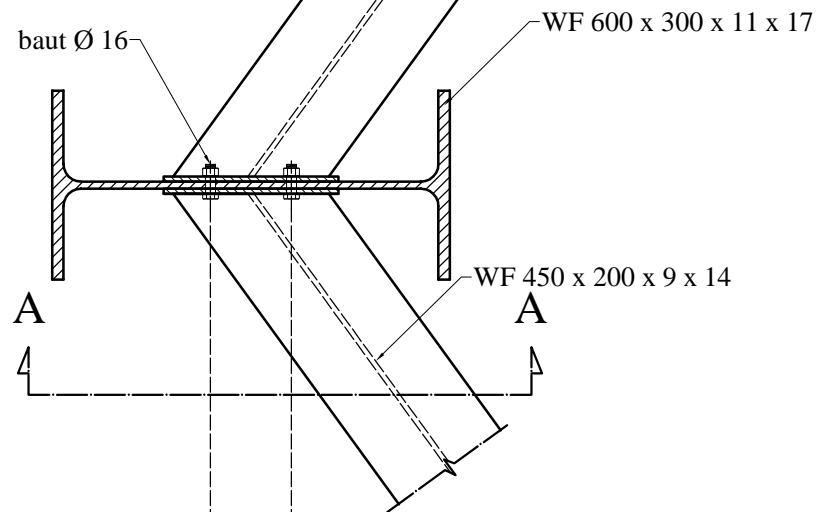
FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

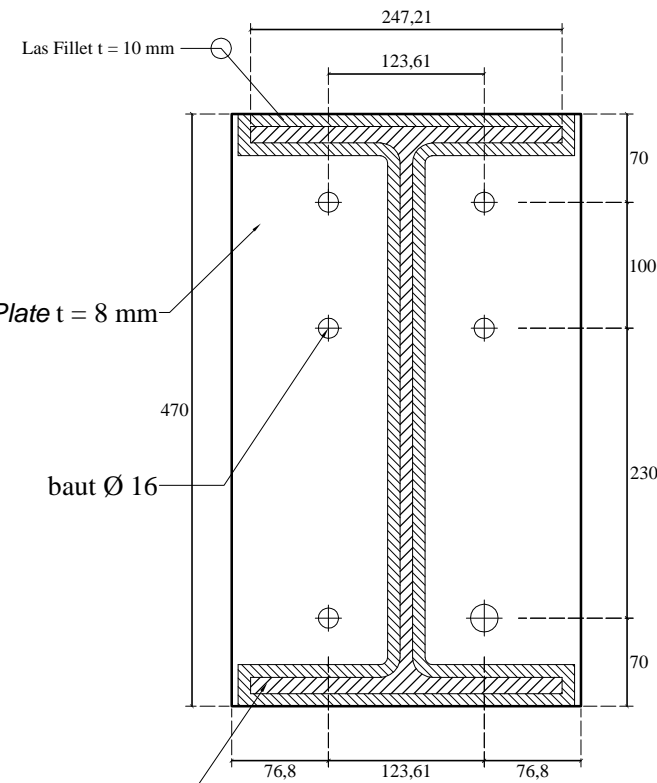
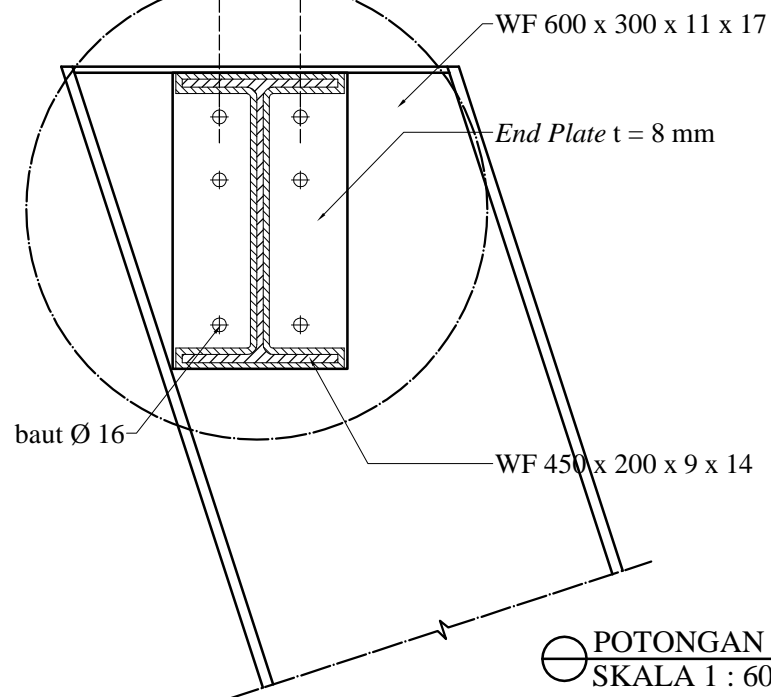
INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016

WF 450 x 200 x 9 x 14

TAMPAK ATAS
SKALA 1 : 60



DETAIL A



WF 450 x 200 x 9 x 14

DETAIL A
SKALA 1 : 60



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

(DETAIL E)
Sambungan End Plate Balok -
Kolom Pada WEB

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO
GAMBAR:

SKALA:

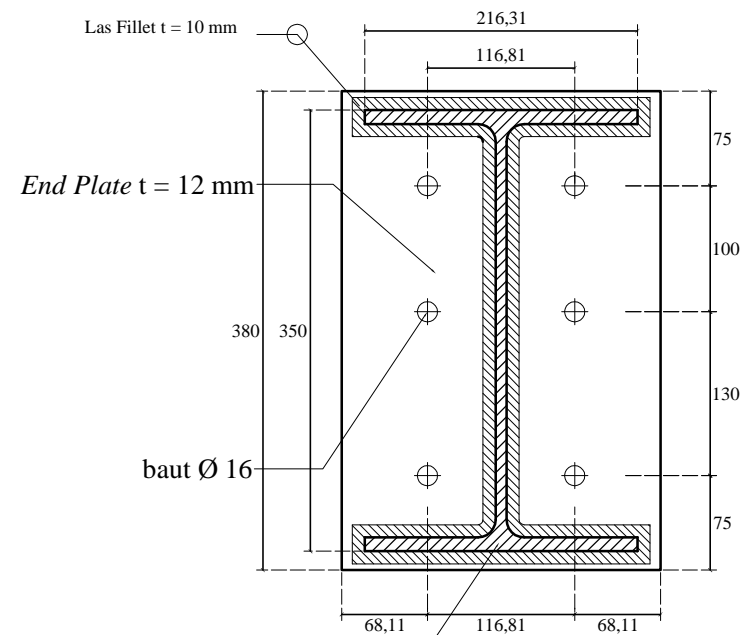
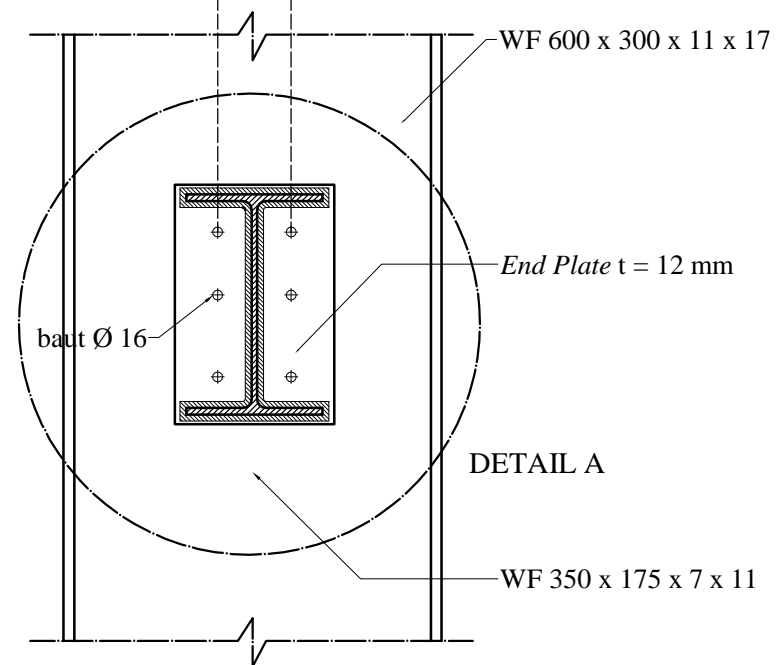
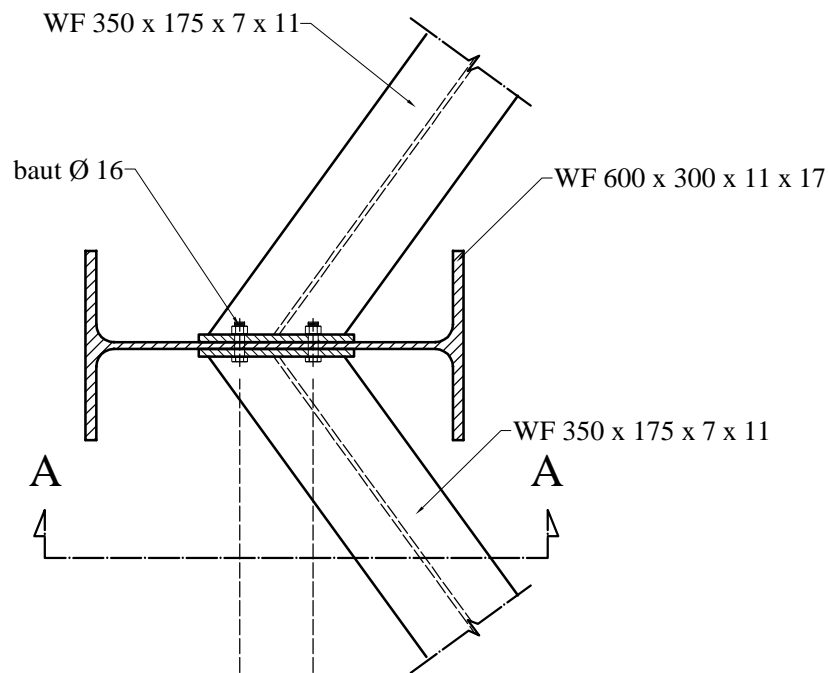
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



WF 350 x 175 x 7 x 11

POTONGAN A-A
SKALA 1 : 60



JUDUL SKRIPSI:
 PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
 AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
 PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:
 (DETAIL F)
**Sambungan End Plate Balok X -
 Kolom Pada WEB**

DI GAMBAR:
 AFIF

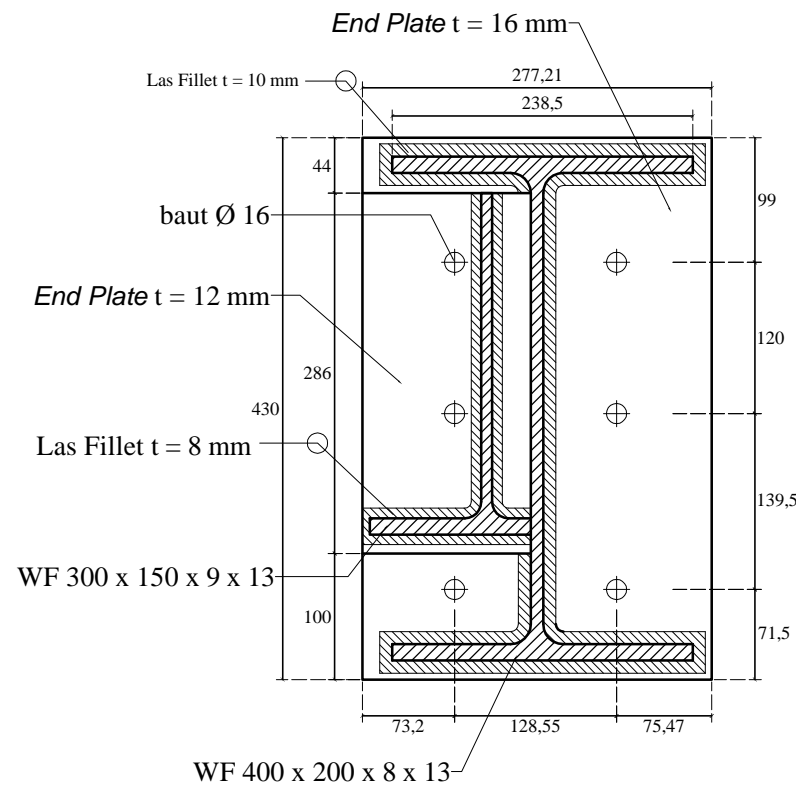
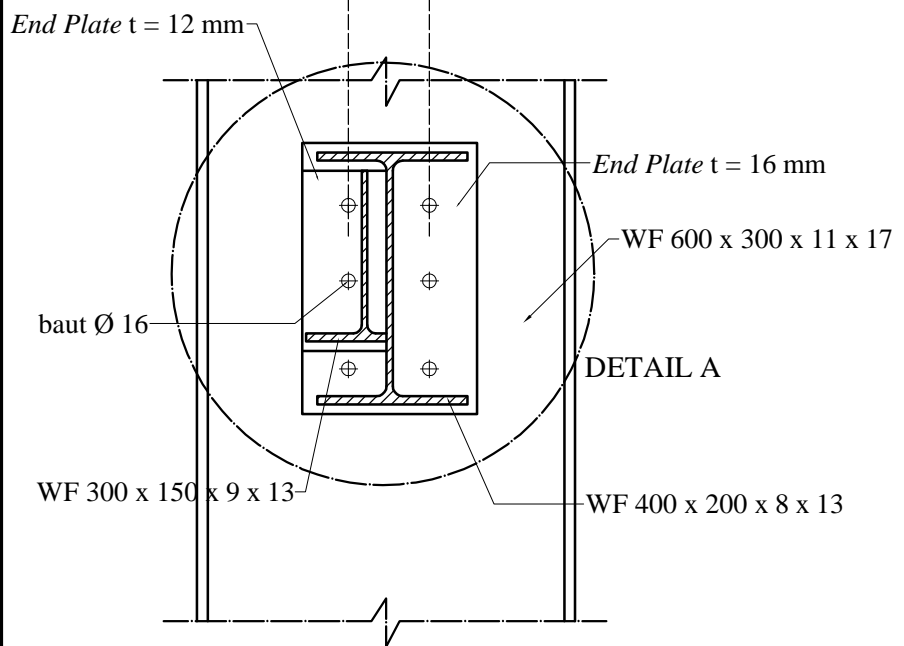
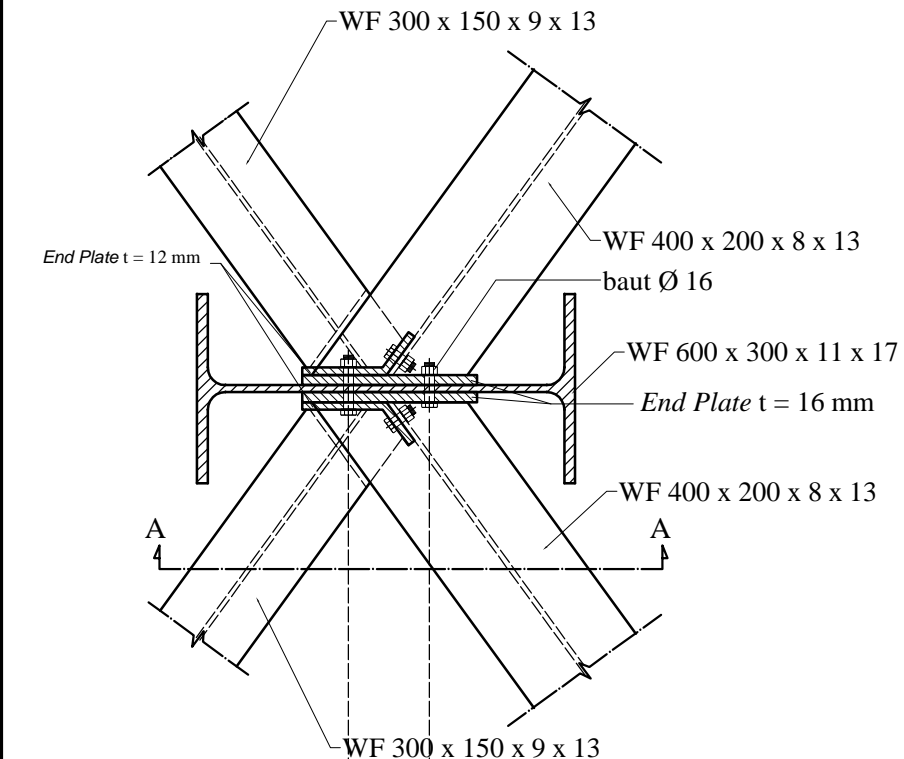
NIM: 14.21.910

NO GAMBAR: SKALA:

PROGRAM STUDI:
 TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:
 TEKNIK SIPIL
 DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
 NASIONAL MALANG
 2016



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 60



JUDUL SKRIPSI:
PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:
(DETAIL G)
**Sambungan End Plate Balok X -
Kolom Pada WEB**

DI GAMBAR:
AFIF

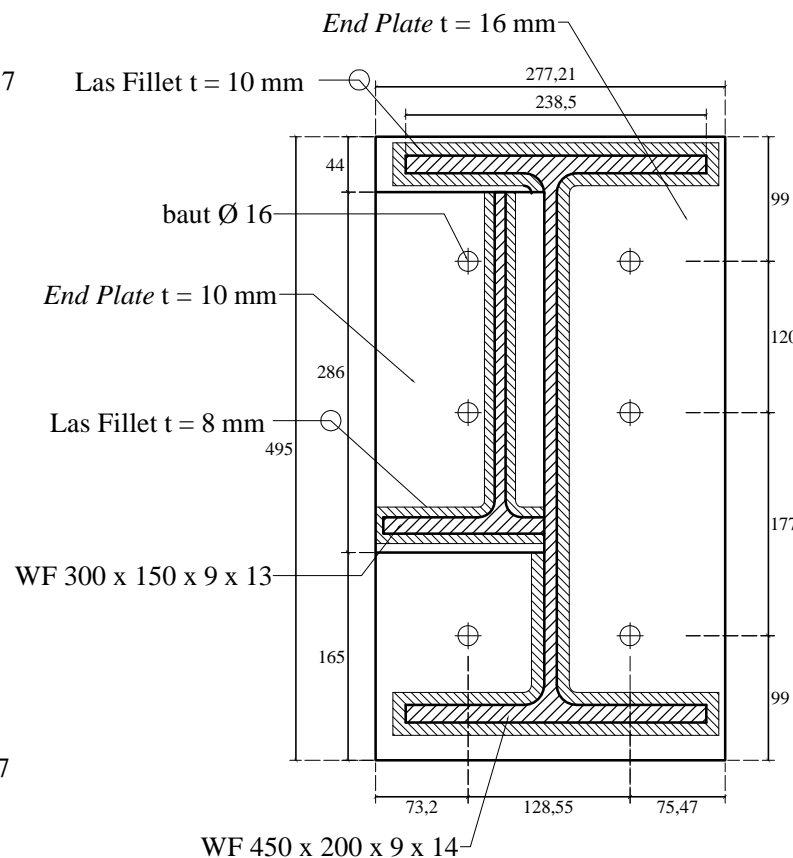
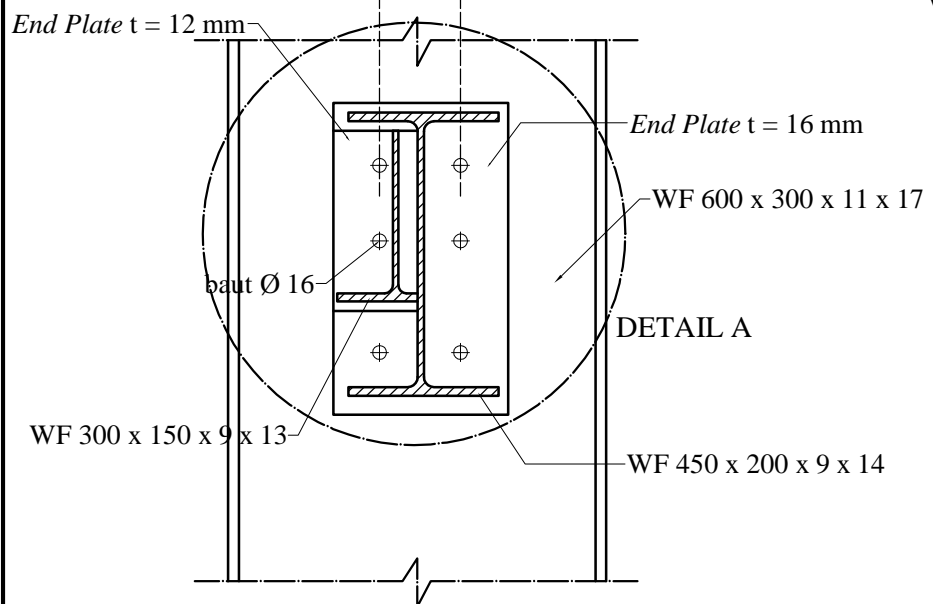
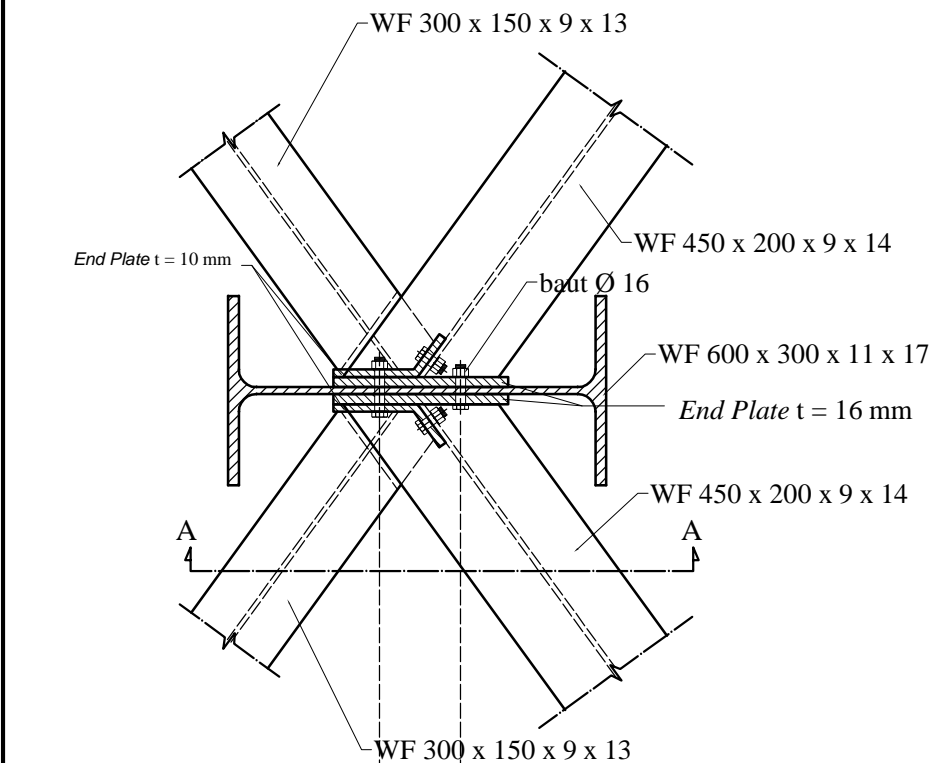
NIM: 14.21.910

NO GAMBAR: SKALA:

PROGRAM STUDI:
TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:
TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 60



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

(DETAIL H)
**Sambungan End Plate Balok -
Kolom (FLENS)**

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO
GAMBAR:

SKALA:

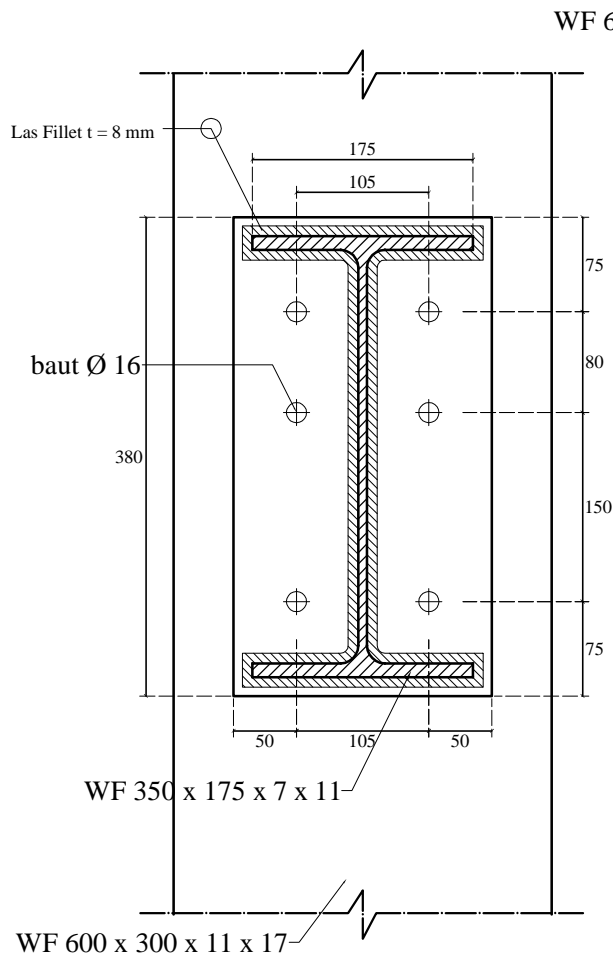
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

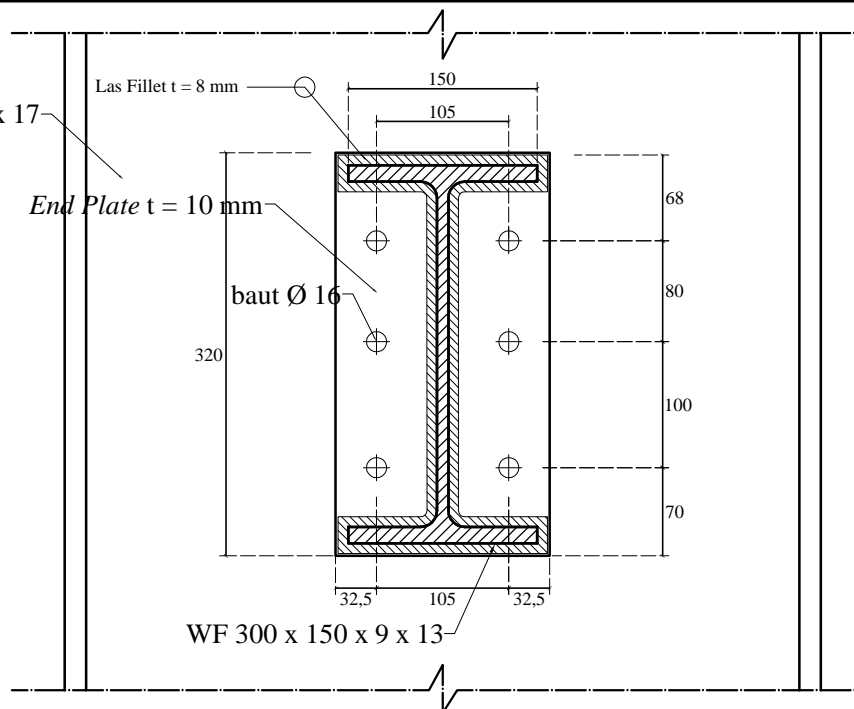
INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



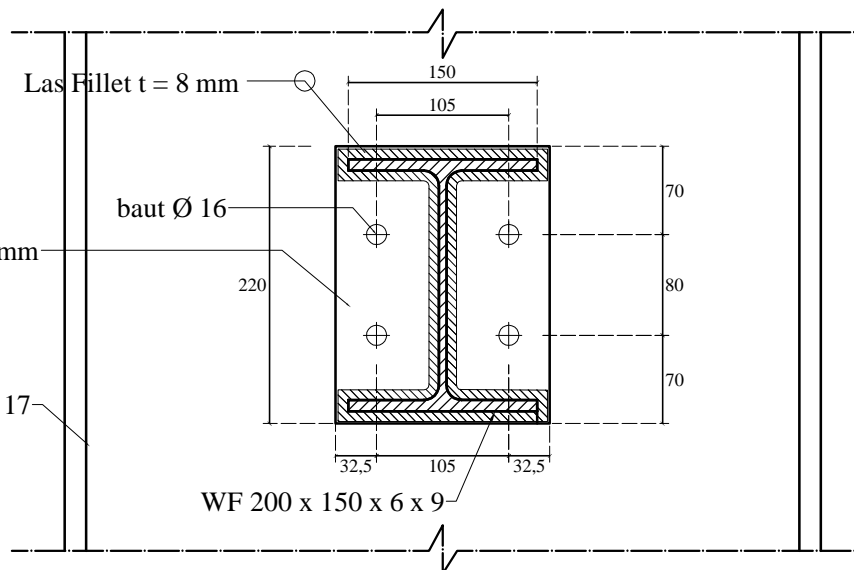
POTONGAN A-A
SKALA 1 : 60

WF 600 x 300 x 11 x 17

POTONGAN B-B
SKALA 1 : 60



POTONGAN C-C
SKALA 1 : 60





JUDUL SKRIPSI:
PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:
(DETAIL I)
**Sambungan End Plate Balok -
Kolom (FLENS)**

DI GAMBAR:
AFIF

NIM: 14.21.910

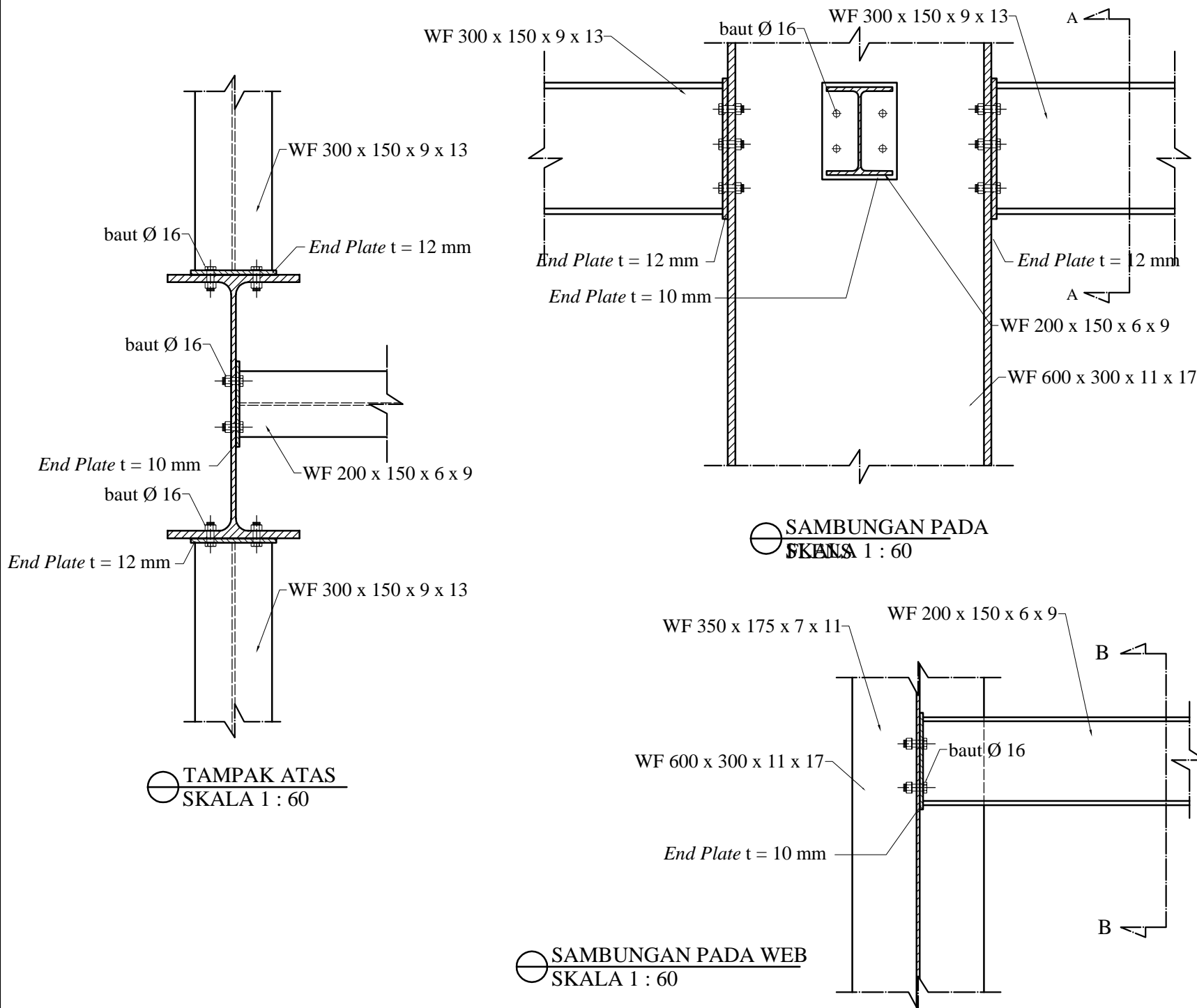
NO
GAMBAR:

SKALA:

PROGRAM STUDI:
TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:
TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016





JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

(DETAIL I)

**Sambungan End Plate Balok -
Kolom (FLENS)**

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO
GAMBAR:

SKALA:

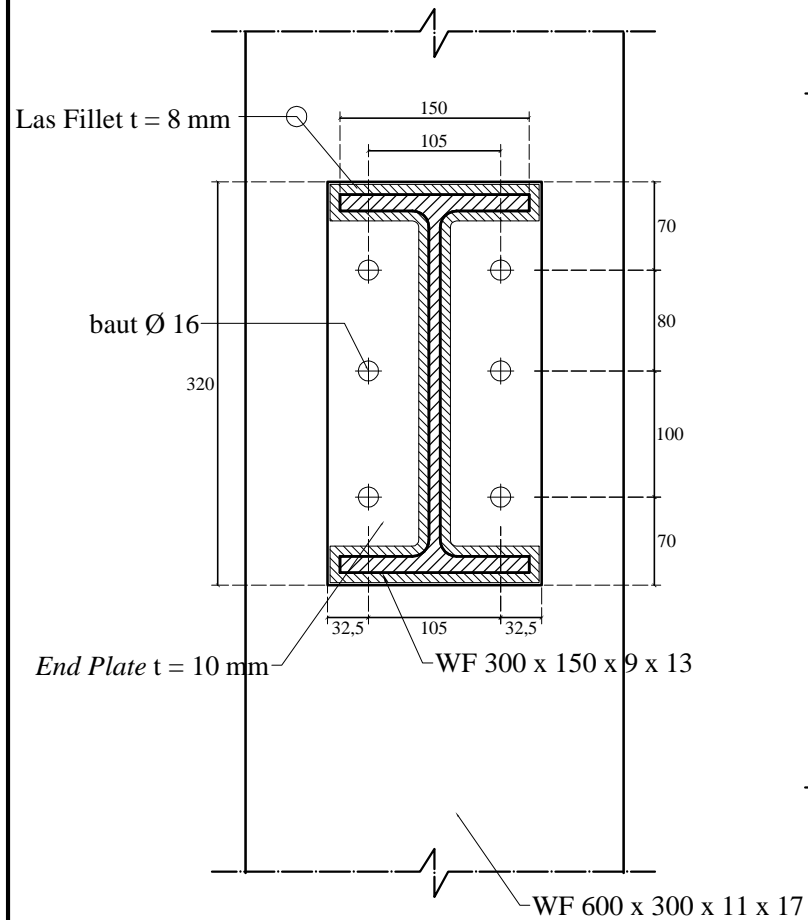
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

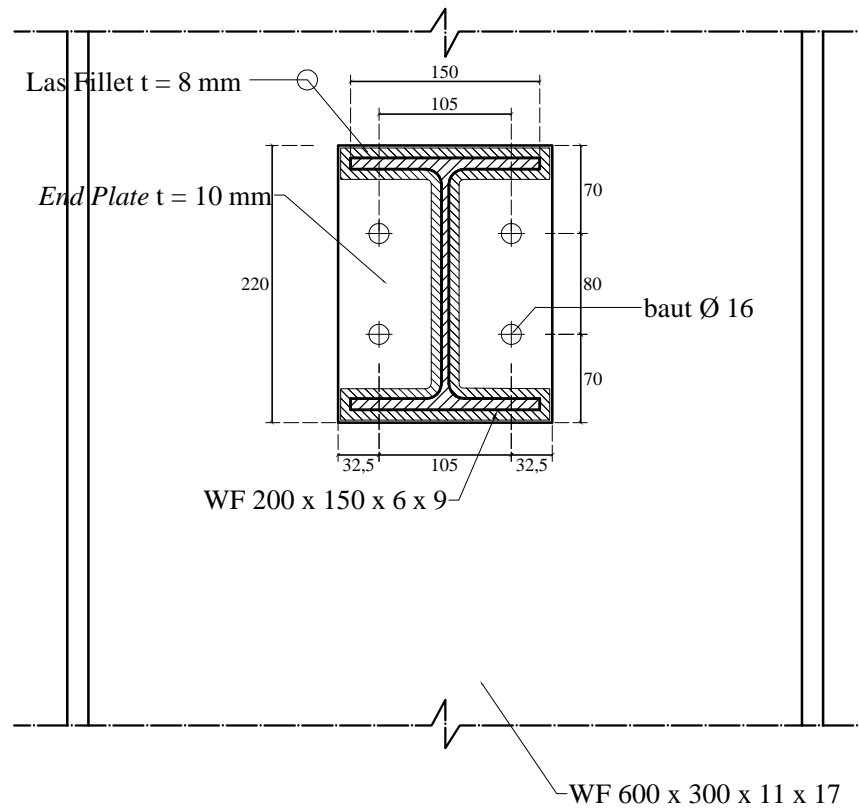
FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



○ POTONGAN A-A
SKALA 1 : 60



○ POTONGAN B-B
SKALA 1 : 60



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

(DETAIL J)

**Sambungan miring Balok Induk -
Balok Anak**

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO
GAMBAR:

SKALA:

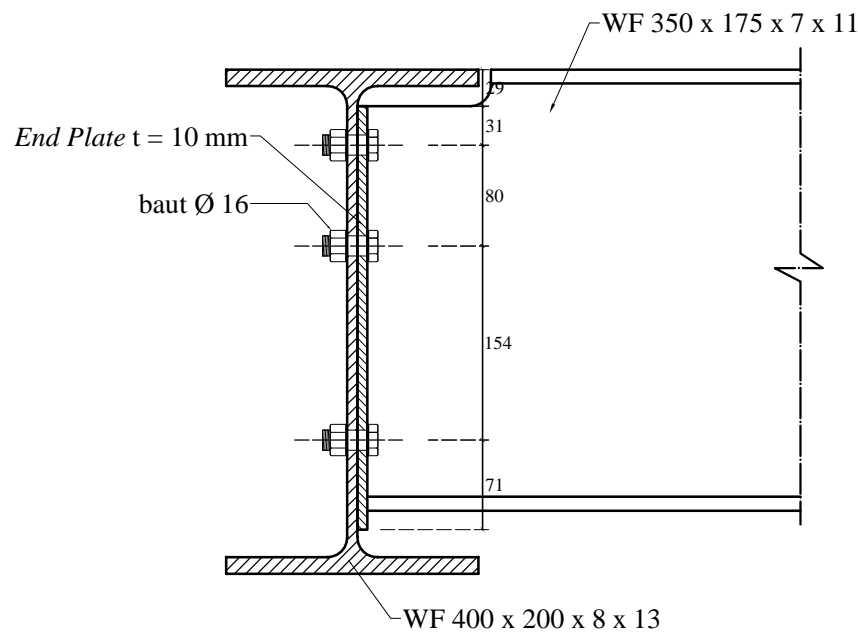
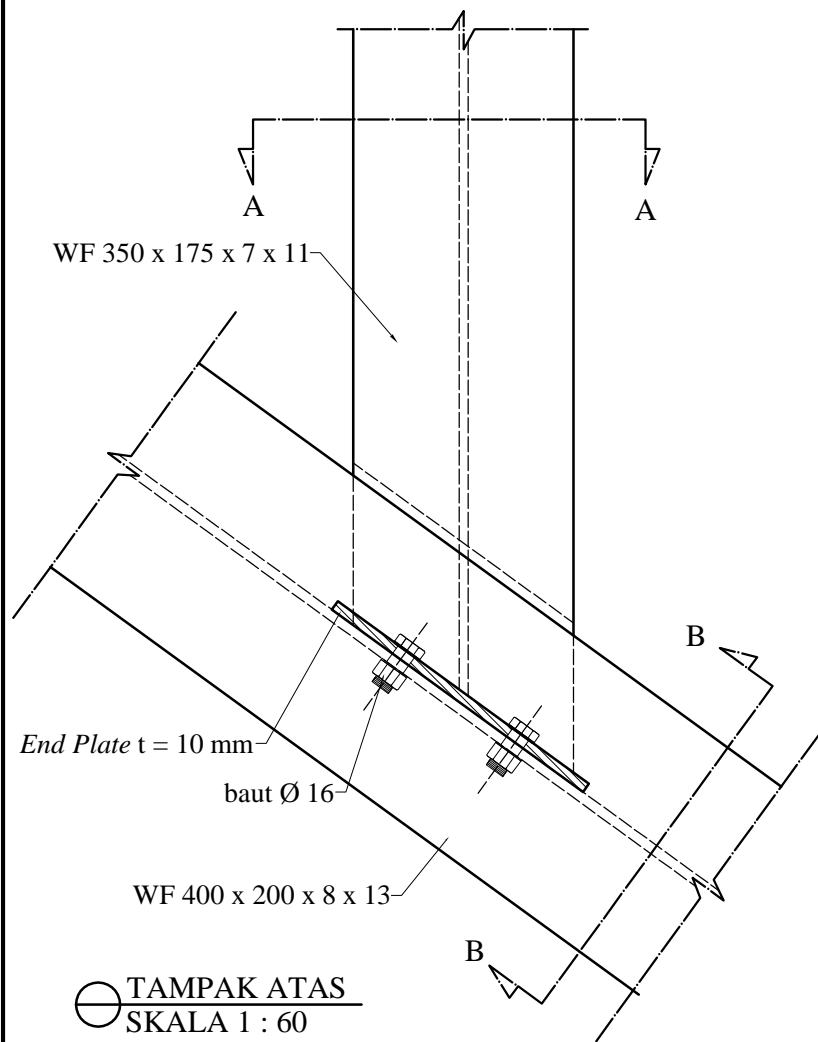
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

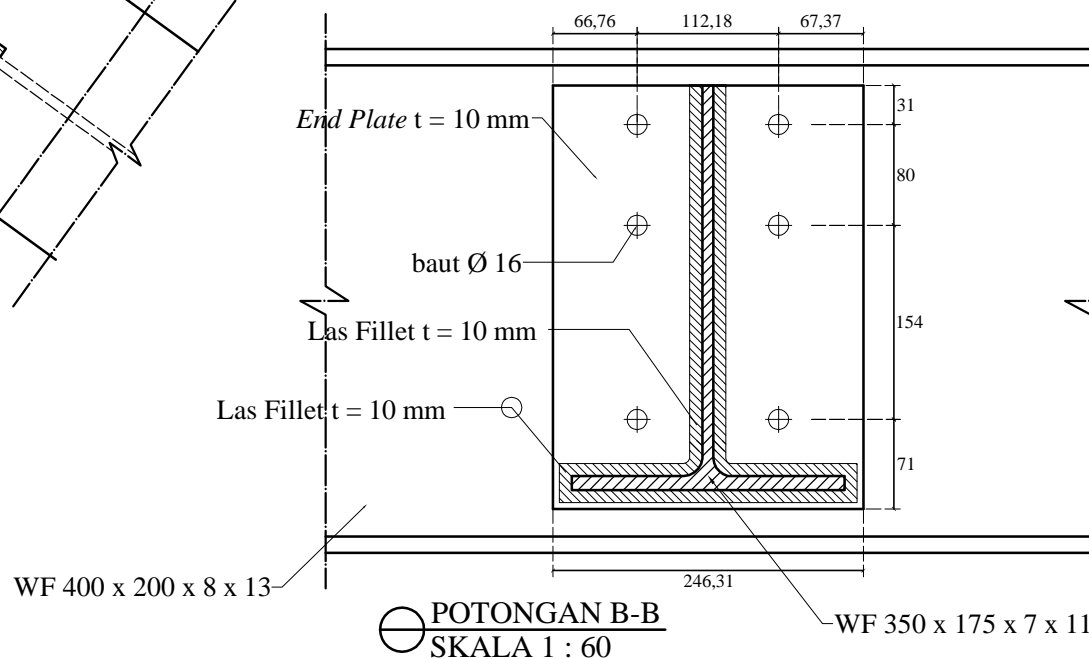
FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 60





JUDUL SKRIPSI:
 PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
 AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
 PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:
 (DETAIL K)
**Sambungan miring Balok Induk -
 Balok Anak**

DI GAMBAR:
 AFIF

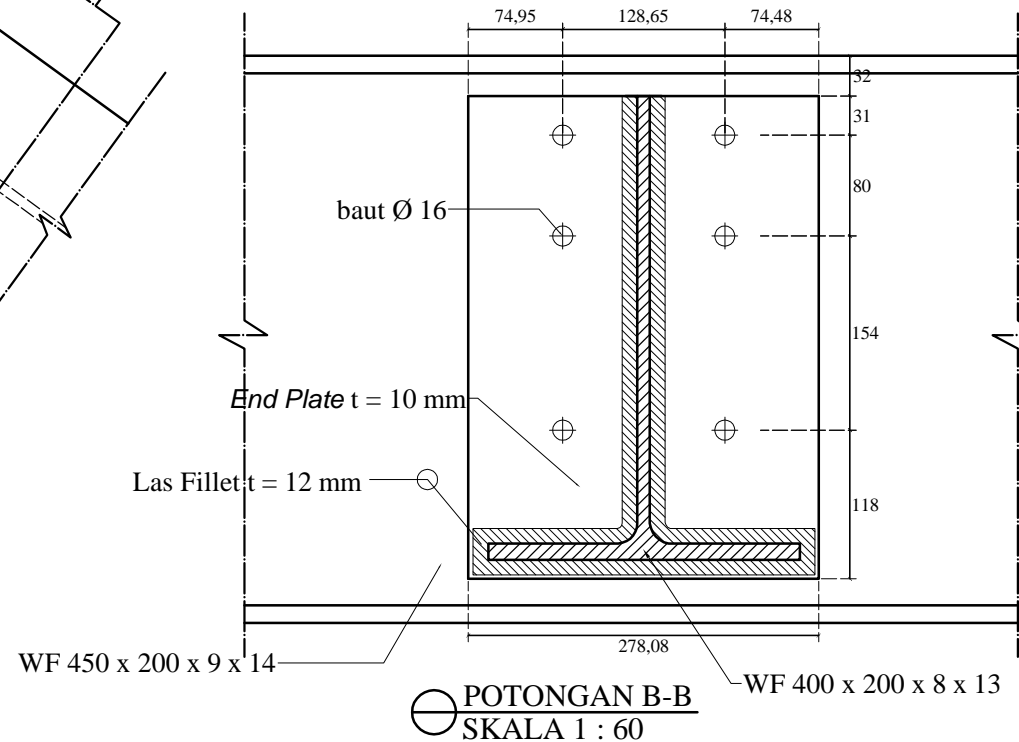
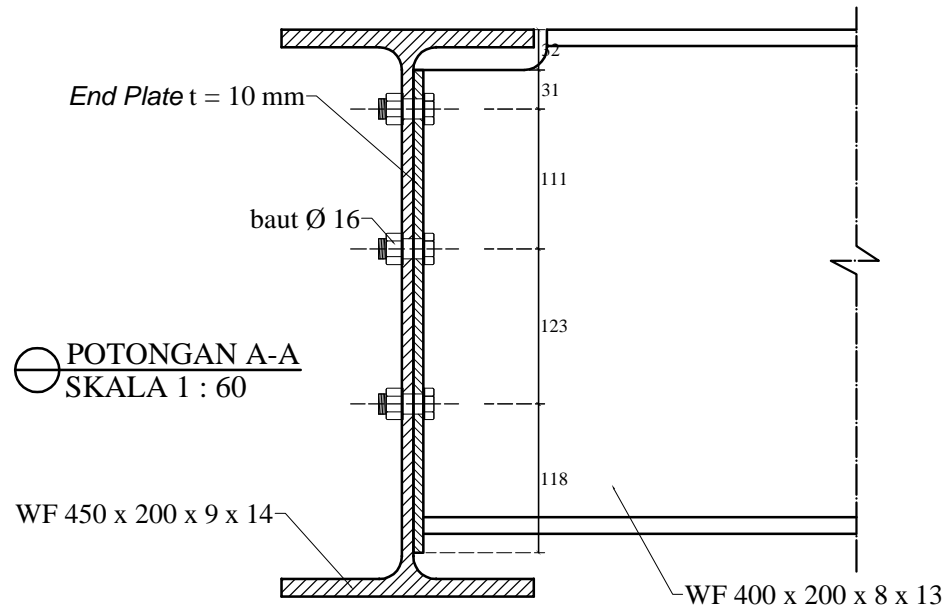
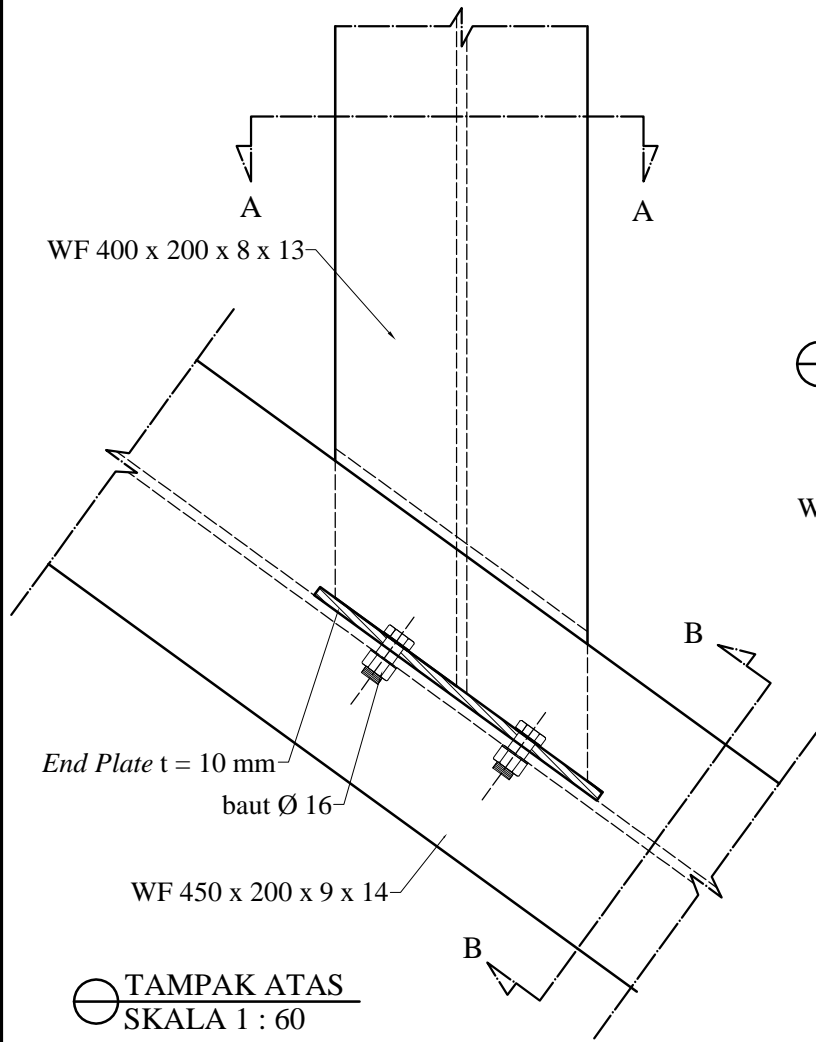
NIM: 14.21.910

NO GAMBAR: SKALA:

PROGRAM STUDI:
 TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:
 TEKNIK SIPIL
 DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
 NASIONAL MALANG
 2016





JUDUL SKRIPSI:
PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:
(DETAIL L)
Sambungan miring Balok Induk -
Balok Anak

DI GAMBAR:
AFIF

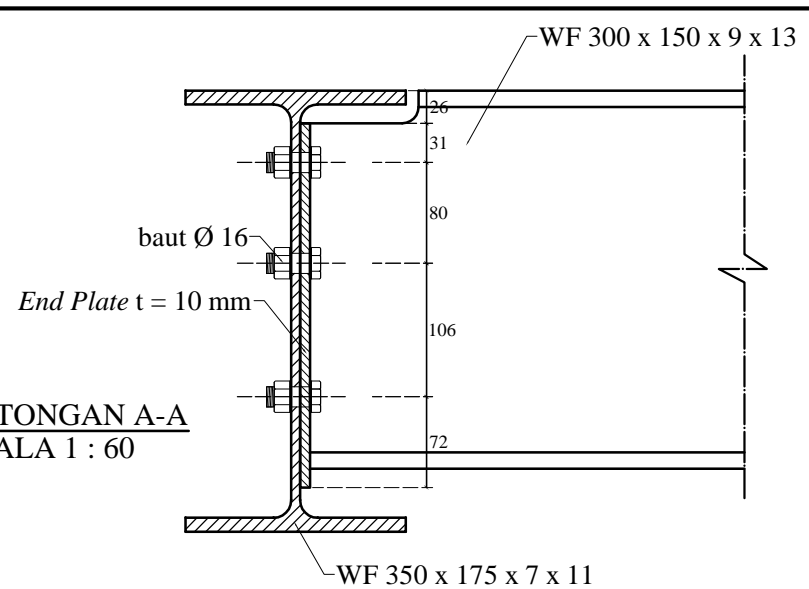
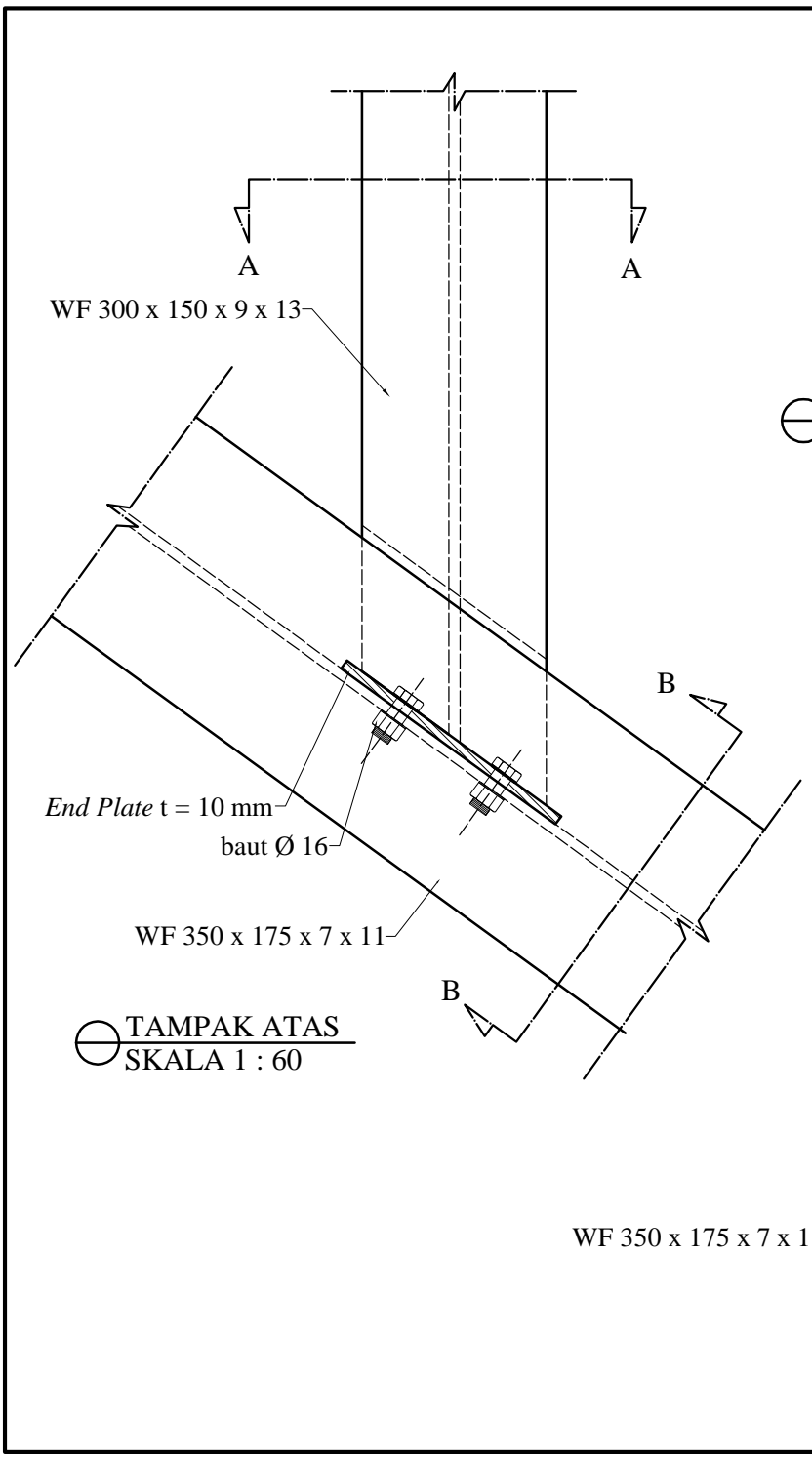
NIM: 14.21.910

NO GAMBAR: SKALA:

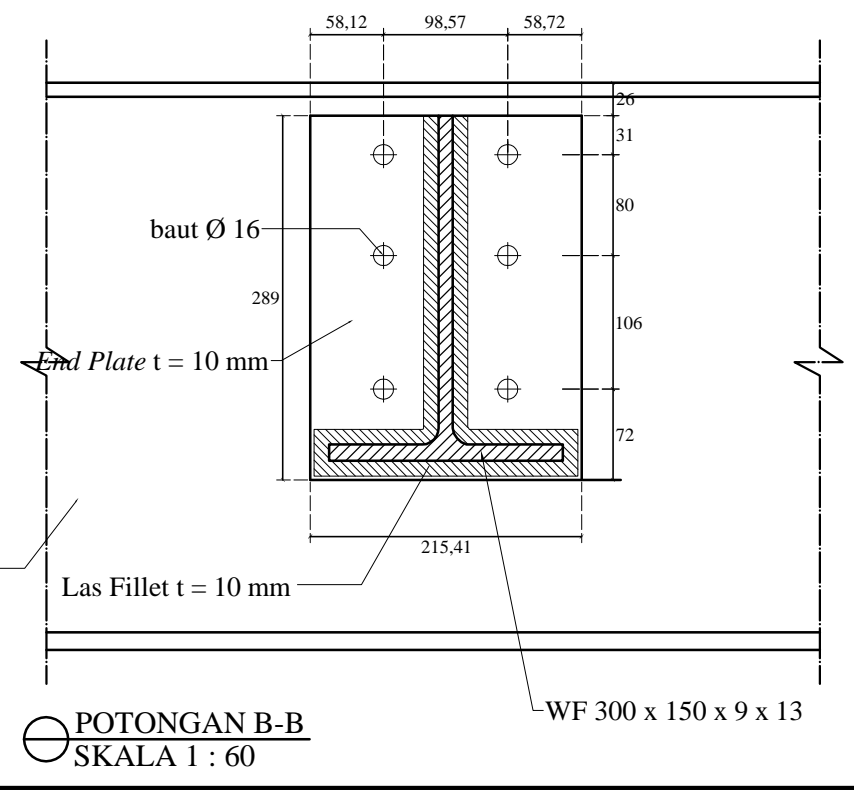
PROGRAM STUDI:
TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:
TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 60



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 60

TAMPAK ATAS
SKALA 1 : 60



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

(DETAIL M)

**Sambungan miring Balok Induk -
Balok Anak**

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO
GAMBAR:

SKALA:

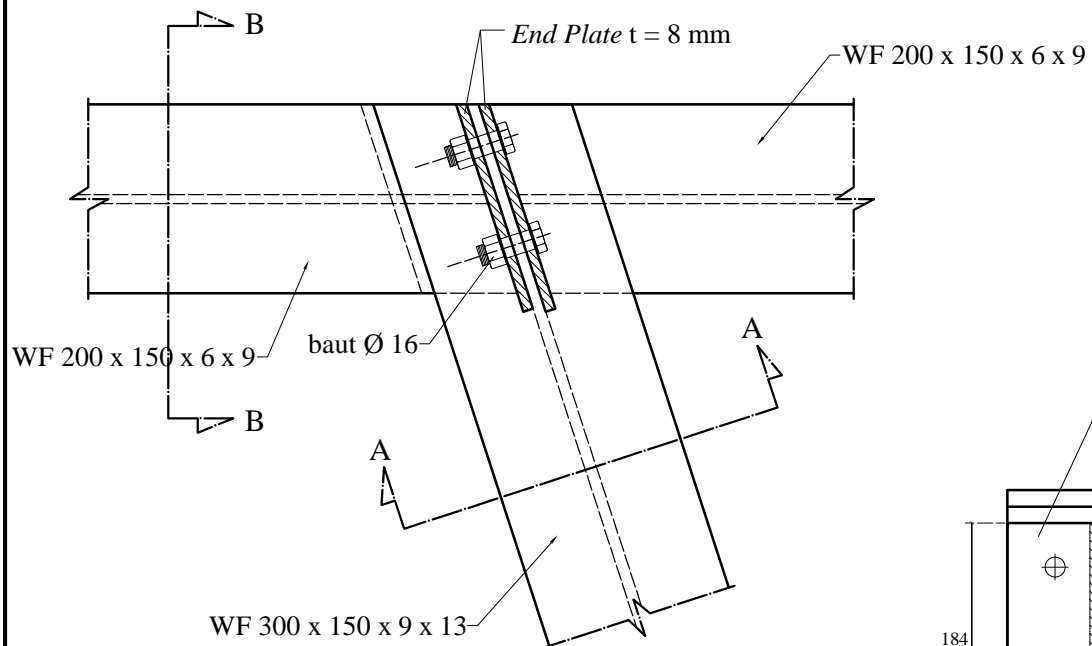
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

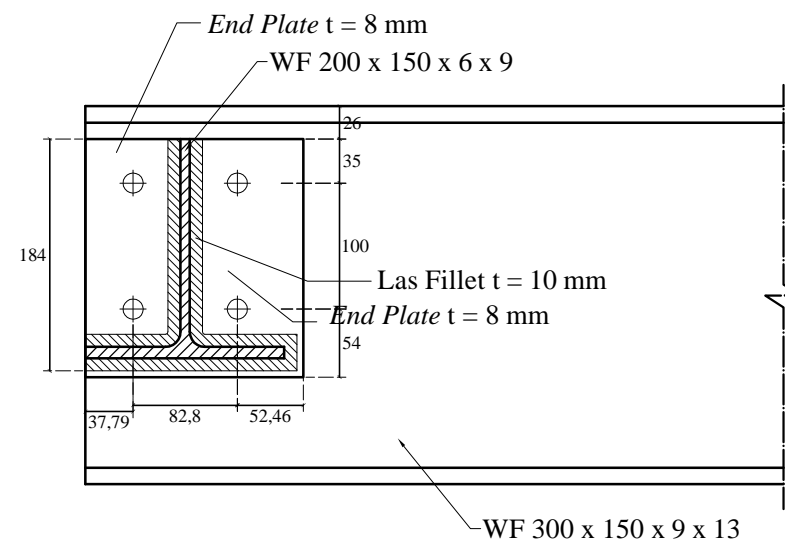
FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

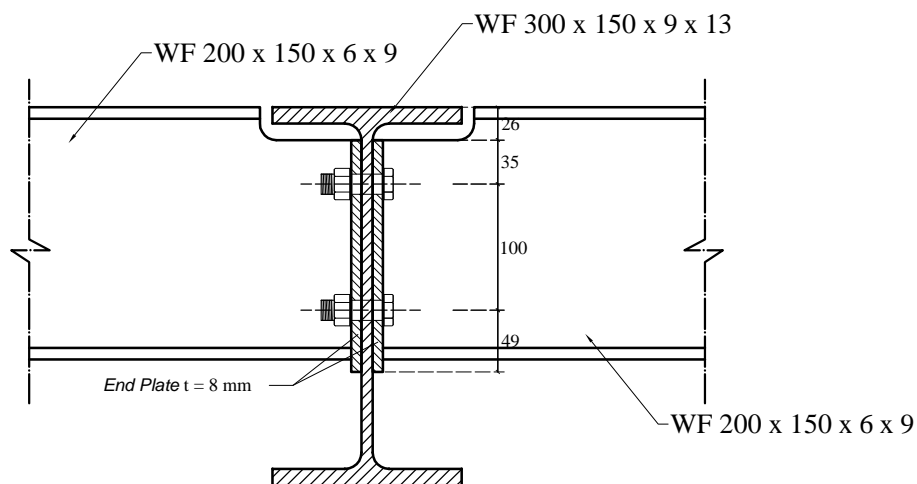
INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



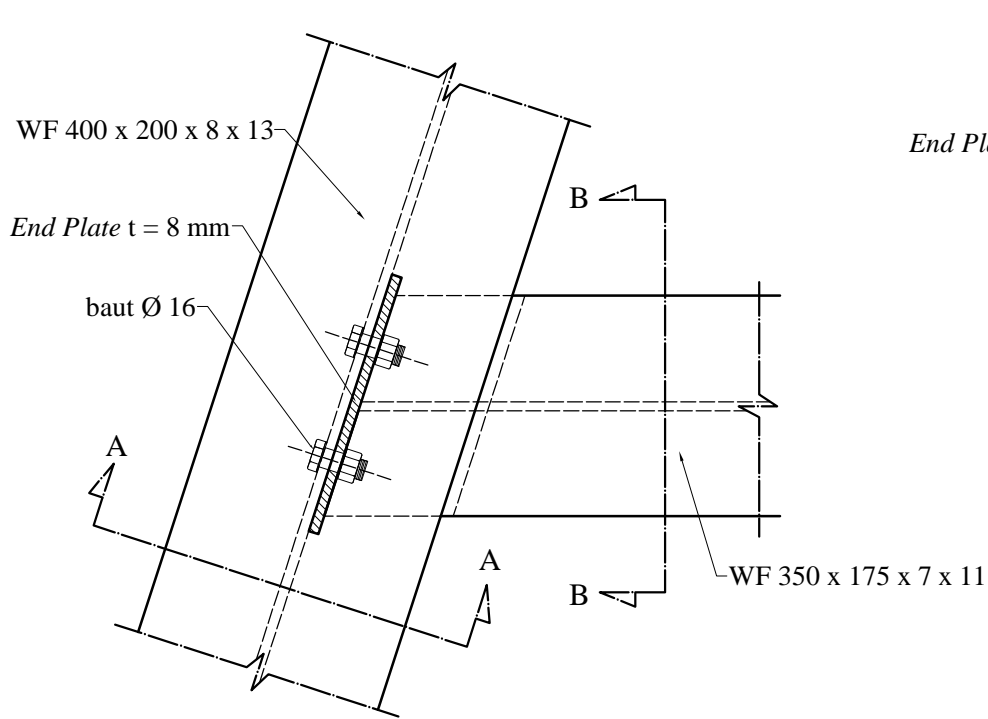
⊙ **TAMPAK ATAS**
SKALA 1 : 60



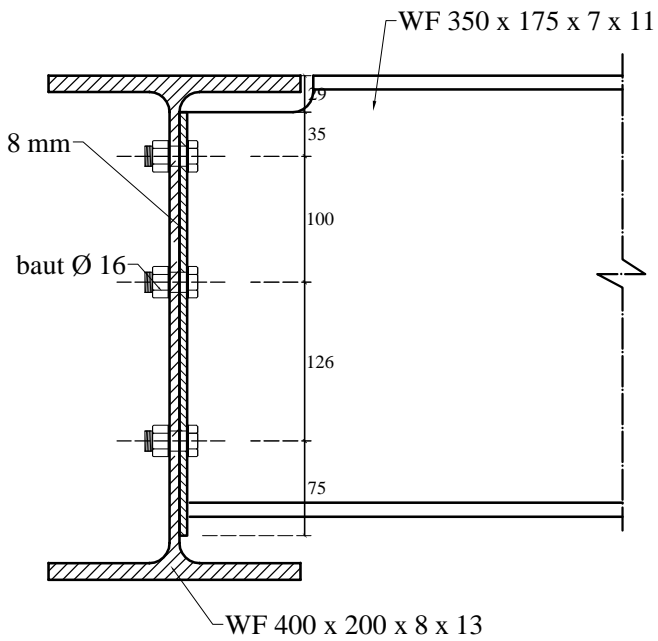
⊙ **POTONGAN B-B**
SKALA 1 : 60



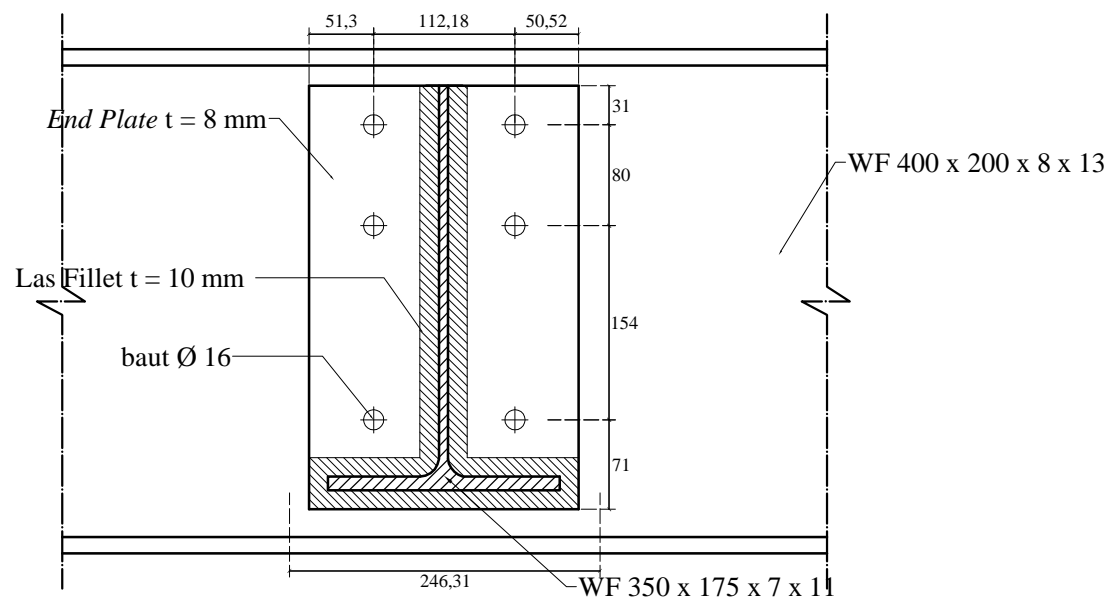
⊙ **POTONGAN A-A**
SKALA 1 : 60



⊙ TAMPAK ATAS
SKALA 1 : 60



⊙ POTONGAN A-A
SKALA 1 : 60



⊙ POTONGAN B-B
SKALA 1 : 60



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:

(DETAIL N)

Sambungan miring Balok Induk -
Balok Anak

DI GAMBAR:

AFIF

NIM:

14.21.910

NO
GAMBAR:

SKALA:

PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



JUDUL SKRIPSI:
PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG
AIR TRAFFIC CONTROL TOWER
PADA PROYEK BANDARA SAMARINDA BARU

NAMA GAMBAR:
(DETAIL O)
**Sambungan miring Balok Induk -
Balok Anak**

DI GAMBAR:
AFIF

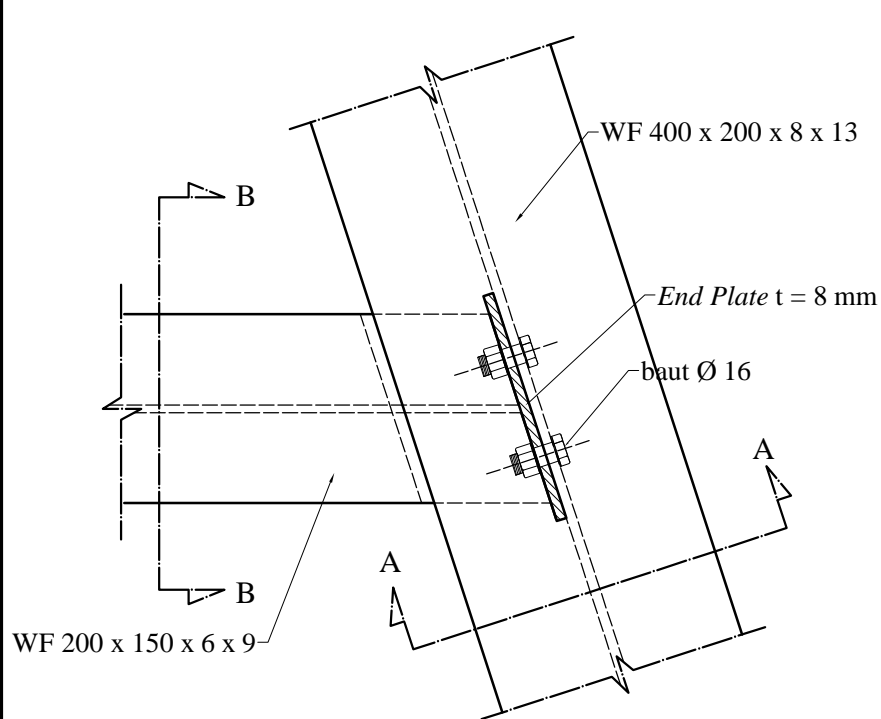
NIM: 14.21.910

NO GAMBAR: SKALA:

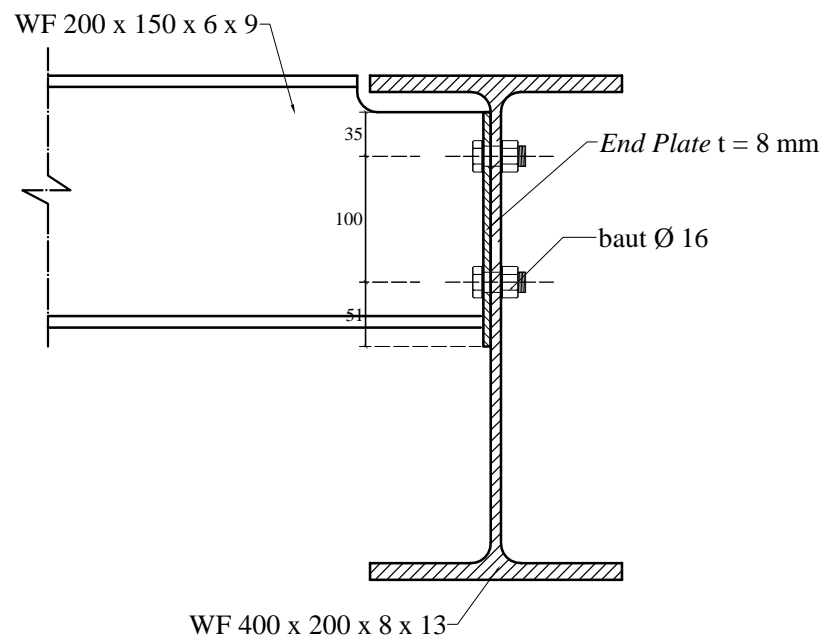
PROGRAM STUDI:
TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:
TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

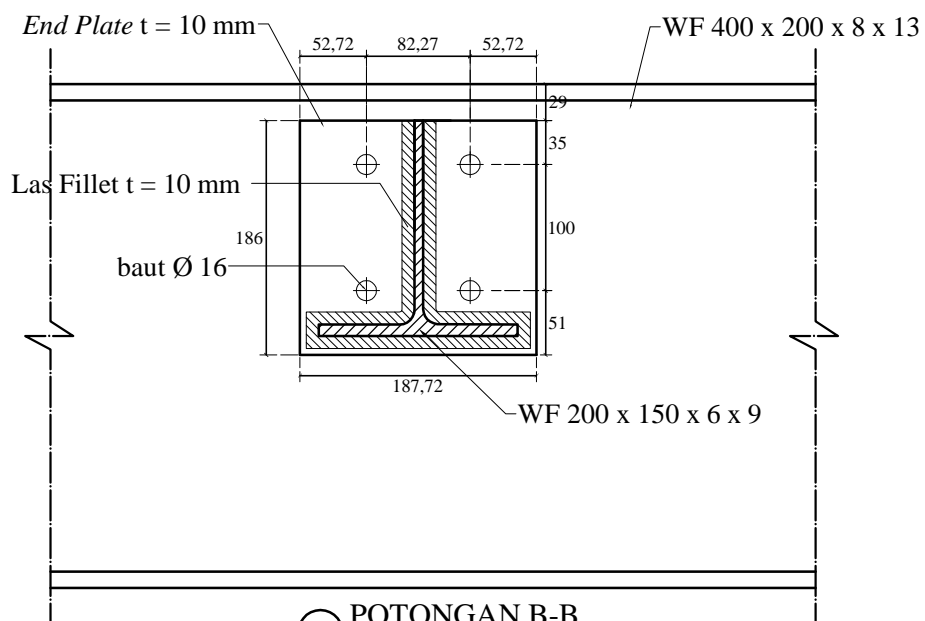
INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL MALANG
2016



TAMPAK ATAS
SKALA 1 : 60



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 60



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 60

LEMBAR PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah memberikan hidayah dan petunjuk kepada hamba, sehingga selesailah karya yang sederhana ini yang menuntun hamba untuk lebih dekat dengan ridho-Mu.

Untuk Bapak, Ibu, dan Kakak yang telah memberikan bantuan materi dan dorongan semangat selama penyelesaian Skripsi ini.

Untuk Teman – teman Jurusan Teknik Sipil angkatan 2012-2014 Program Strata S1 yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini, sukses buat kita semua!!

Dan untuk Teman-teman Seperjuangan selama 5 tahun kuliah, mulai dari politeknik hingga berakhir di ITN Malang, yang telah banyak membantu dalam penanganan kegiatan selama saya menyusun skripsi ini, teruslah berjuang!!

Kupersembahkan karya kecilku ini untuk kalian semua yang tersayang dan yang ku banggakan, sebagai ucapan terimakasihku atas segala kemudahan dan petunjuk yang diberikan oleh Allah SWT.

Aamiin.