

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR BAJA MENGGUNAKAN BRESING
KONSENTRIS TIPE X PADA GEDUNG HOTEL IJEN SUITES MALANG**



Di Susun Oleh :

MAHESA GIOVANNI MANAHA

13.21.041

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

2017

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR BAJA MENGGUNAKAN BRESING
KONSENTRIS TIPE X PADA GEDUNG HOTEL IJEN SUITES MALANG**

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

Mahesa Giovanni Manaha


13.21.041

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


Ir. H. Sudirman Indra, MSc.


Mohamad Erfan, ST., MT.

Malang, September 2017

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

Institut Teknologi Nasional Malang



Ir. A. Agus Santosa, MT

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

2017

**PELEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR BAJA MENGGUNAKAN BRESING
KONSENTRIS TIPE X PADA GEDUNG HOTEL IJEN SUITES MALANG**

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada hari : Kamis

Tanggal : 3 Agustus 2017

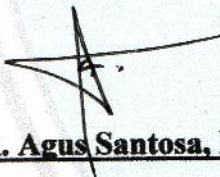
*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1*

Disusun Oleh :

**Mahesa Giovanni Manaha
13.21.041**

Disahkan Oleh :

Ketua



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

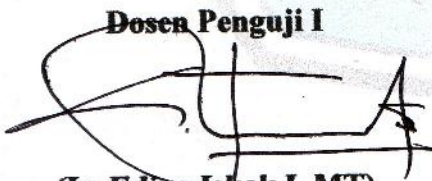
Sekretaris



(Ir. Munasih, MT)

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



(Ir. Eding Iskak I, MT)

Dosen Penguji II



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

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

2017

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mahesa Giovanni Manaha
NIM : 13.21.041
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan
Institusi : Institut Teknologi Nasional Malang

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

“STUDI PERENCANAAN STRUKTUR BAJA MENGGUNAKAN BRESING KONSENTRIS TIPE X PADA GEDUNG HOTEL IJEN SUITES MALANG”, adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur hasil karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil duplikasi atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, September 2017



Mahesa Giovanni Manaha

NIM : 13. 21. 041

ABSTRAKSI

“STUDI PERENCANAAN STRUKTUR BAJA MENGGUNAKAN BRESING KONSENTRIS TIPE X PADA GEDUNG HOTEL IJEN SUITES MALANG”, Oleh : Mahesa Giovanni Manaha (Nim : 13.21.041), Pembimbing I : Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc. Pembimbing II : M. Erfan, S.T., M.T. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Kebutuhan akan perencanaan struktur yang tidak hanya mampu menahan beban gravitasi tetapi juga beban lateral (gempa) mengingat Indonesia merupakan wilayah rawan gempa. Bangunan bertingkat memiliki resiko *displacement* yang dapat terjadi akibat beban gempa. Sehingga suatu struktur dituntut agar memiliki system struktur yang mampu mempertahankan gedung saat terjadi gempa.

Salah satu jenis sistem rangka baja yang dirancang untuk menahan beban gempa adalah Sistem Rangka Bresing Konsentris. Sistem ini memiliki sifat daktilitas namun juga bersifat kaku, dimana bresing diletakkan secara konsentris terhadap hubungan balok-kolom. Dalam kajian ini mengambil objek studi yakni gedung Hotel Ijen Suites Malang dengan bentang memanjang 57.75m dan bentang melintang 15.35m dan tinggi gedung 52.8m Perencanaan struktur di sesuaikan dengan peraturan SNI 1726-2012 dan SNI 1729-2015 dengan metode LRFD. Pemodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu ETABS 2016.

Hasil yang diperoleh dari perencanaan ulang, struktur utama menggunakan profil baja WF 450x200x9x14 untuk balok, WF 450x200x9x14 untuk balok link, WF 400x200x8x13 untuk bresing dan KC700x300x13x24 untuk kolom. Sambungan menggunakan dia penyambung yakni baut dengan mutu A325 diameter 3/4 in, sambungan las menggunakan elektroda 7014 dengan tebal las bervariasi yakni 6mm dan 10mm. Base pelate menggunakan ukuran 900mm x 900 mm dengan ketebalan 30 mm dan jumlah angkur 8 berdiameter 3/4 in.

Kata Kunci : Sistem Rangka Bresing Konsentris, Beban Gempa

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, Yang telah memberikan rahmat serta berkatnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.

Tak lepas dari berbagai hambatan, rintangan, dan kesulitan yang muncul, penyusun mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu tak lupa juga saya ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak DR. Ir. Nusa Sebayang, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil
3. Bapak Ir. H. Sudirman Indra, MSc., MT. Selaku Dosen Pembimbing 1 Laporan Skripsi
4. Bapak M. Erfan, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing 2 Laporan Skripsi

Dengan segala kerendahan hati penyusun menyadari bahwa dalam Laporan Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat penyusun harapkan, akhir kata semoga Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, September 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABTRAKSI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GRAFIK	xxi
DAFTAR NOTASI	xxii
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM)	6
2.2 Struktur Rangka Bresing	7
2.2.1 Sistem Rangka Bresing Eksentris	8
2.2.2 Sistem Rangka Bresing Konsentris	8

2.2.3 Mekanisme Gaya – Gaya yang Berkerja pada Rangka Bresing Konsentris dan Rangka Bresing Eksentris	10
2.3 Teori Desain Struktur Baja	11
2.4 Load and Resistance Factor Design	12
2.4.1 Kelebihan dan Kelemahan Metode LRFD	14
2.4.2 Faktor Beban	15
2.5 Perencanaan Elemen Struktur	18
2.5.1 Komponen Struktur Untuk Lentur (berdasarkan SNI 1729 : 2015)	18
2.5.2 Komponen Struktur Untuk Geser (berdasarkan SNI 1729 : 2015)	22
2.5.3 Komponen Struktur Untuk Tekan (berdasarkan SNI 1729 : 2015)	24
2.5.4 Komponen Struktur Untuk Tarik Axial (berdasarkan SNI 1729 : 2015)	27
2.5.5 Komponen Struktur yang Mengalami Gaya Kombinasi	28
2.6 Perencanaan Sambungan Baut	29
2.6.1 Kekuatan Geser Desain Tanpa Ulir pada Bidang Geser	30
2.6.2 Kekuatan Geser Desain Ada Ulir pada Bidang Geser	31
2.6.3 Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut	31

2.6.4 Kekuatan Tumpu Desain Baut	32
2.7 Sambungan Struktur	34
2.7.1 Sambungan Balok Kolom	34
2.7.2 Sambungan Momen dan Geser	
Balok – Balok	36
2.7.3 Sambungan Kolom	37
2.7.4 Sambungan Bresing	39
2.8 Plat Landasan (Base Plate)	40
BAB III: PERHITUNGAN STATIKA	45
3.1 Data – Data Perencanaan	45
3.1.1 Data Bangunan	45
3.1.2 Data Material	46
3.2 Metode Perencanaan	46
3.2.1 ProsedurPerencanaan	46
3.3 Pendimensian Struktur	50
3.3.1 Balok	50
3.3.2 Kolom	51
3.3.3 Bresing	52
3.3.4 Plat	52
3.4 Perencanaan Plat Lantai	56
3.4.1 Pembebanan Plat	57
3.4.2 Penulangan Plat D	58
3.5 Pembebanan	65
3.5.1 Beban Atap	66

3.5.2 Berat Lantai 14	71
3.5.3 Berat Lantai 13	79
3.5.4 Berat Lantai 12 s/d Lantai 3	85
3.5.5 Berat Lantai 2	92
3.5.6 Berat Lantai 1	98
3.6 Perhitungan Beban Gempa	107
3.6.1 Kategori Risiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan	107
3.6.2 Parameter Percepatan Gempa (S_s, S_1)	108
3.6.3 Kategori Desain Seismik (KDS)	110
3.6.4 Spektrum Respons Desain	115
3.6.5 Batasan Perioda Fundamental Struktur	118
3.6.6 Pemilihan Parameter Sistem Struktur (R, C_d, Ω_0)	119
3.6.7 Perhitungan Nilai <i>Base Shear</i>	120
3.6.8 Perhitungan Gaya Gempa Lateral (F)	121
3.7 Kontrol Simpangan Antar Lantai	129
3.8 Kontrol Simpangan Struktur	135
BAB IV: PERHITUNGAN KOMPONEN STRUKTUR	137
4.1 Lebar Efektif dan Momen Inersia Komposit	
Balok Induk	137
4.1.1 Balok Tepi	138
4.1.2 Balok Tengah	143
4.2 Lebar Efektif dan Momen Inersia Komposit	
Balok Anak	148

4.2.1 Balok Tepi	149
4.2.2 Balok Tengah	154
4.3 Perencanaan Balok Induk dengan Bentang 7,8 m	159
4.3.1 Kontrol Terhadap Lentur	159
4.3.2 Balok Terhadap Geser	165
4.3.3 Perhitungan <i>Shear Connector</i>	166
4.3.4 Kontrol Lendutan	170
4.4 Perencanaan Balok Anak dengan Bentang 3 m	171
4.4.1 Kontrol Terhadap Lentur	171
4.4.2 Balok Terhadap Geser	174
4.4.3 Perhitungan <i>Shear Connector</i>	174
4.4.4 Kontrol Lendutan	178
4.5 Perencanaan Bresing (Batang Tekan)	179
4.5.1 Cek Kelangsingan Penampang	180
4.5.2 Kontrol Tekuk Lateral	181
4.5.3 Kontrol Tekan Penampang	182
4.6 Perencanaan Bresing (Batang Tarik)	185
4.7 Perencanaan kolom Bentang 5 m	188
4.7.1 Kontrol Terhadap Tekan	189
4.7.2 Kontrol Lentur Penampang	195
4.7.3 Interaksi Gaya Aksial dan Momen Lentur	196
BAB V : PERENCANAAN SAMBUNGAN & <i>BASE PLATE</i>	197
5.1 Ssambungan Balok Induk – Balok Anak	197
5.1.1 Kontrol Terhadap Geser, Tumpu dan Tarik	200

5.1.2 Jumlah Baut dan Jarak Antar Baut	201
5.1.3 Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Geser	203
5.1.4 Kontrol Kekuatan Geser Block Baut	204
5.1.5 Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Tarik	206
5.1.6 Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Momen	209
5.2 Sambungan Bresing – Balok Induk (bawah)	210
5.2.1 Sambungan Sayap Bresing ke Plat Buhul	213
5.2.2 Sambungan Badan Bresing ke Plat Buhul	220
5.2.3 Sambungan Plat Buhul ke Kolom	227
5.2.4 Kuat Desain Las Fillet	234
5.3 Sambungan Bresing – Bresing	236
5.3.1 Sambungan Sayap Bresing ke Plat Buhul	238
5.3.2 Sambungan Badan Bresing ke Plat Buhul	245
5.4 Sambungan Balok Induk – Kolom	251
5.4.1 Sambungan Badan Balok pada Flens Kolom	256
5.4.2 Sambungan Flens Balok pada Kolom	264
5.5 Sambungan Kolom – Kolom	274
5.5.1 Sambungan Flens Kolom	275
5.5.2 Sambungan <i>Web</i> Kolom	278
5.6 Perhitungan Base Plate	287
BAB IV : KESIMPULAN DAN SARAN.....	296
6.1 Kesimpulan	296
6.2 Saran	301

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis-jenis Konfigurasi SRBE	8
Gambar 2.2	Jenis-jenis Konfigurasi SRBK	9
Gambar 2.3	Aliran Gaya - Gaya pada Sistem Rangka Bresing	10
Gambar 2.4	Kurva Hubungan Tegangan dan Regangan	11
Gambar 2.5	Kurva Tegangan Regangan pada Profil Baja	19
Gambar 2.6	Kegagalan Geser Baut Tanpa Ulir	30
Gambar 2.7	Kegagalan Geser Baut Ada Ulir	31
Gambar 2.8	Kegagalan Tarik Baut	32
Gambar 2.9	Kegagalan Tumpu Baut Ada Ulir	34
Gambar 2.10	Sambungan Balok Lurus	36
Gambar 2.11	Sambungan Balok Memanjang keBalok Melintang	36
Gambar 2.12	Macam – Macam Sambungan Kolom	38
Gambar 2.13	Sambungan Bresing yang Menggunakan Sambungan Sendi	39
Gambar 2.14	Sambungan Bresing yang Terpasang ke Kolom	39
Gambar 2.15	(a) Notasi Plat Landasan / Base Plate, (b) Beban yang Bekerja pada ase Plate	40
Gambar 2.16	Base Plate dengan Eksentrisitas Beban	41
Gambar 3.1	Penampang Balok Baja (Profil WF)	50
Gambar 3.2	Penampang Kolom Baja (Profil KC)	51
Gambar 3.3	Penampang Bresing baja (Profil WF)	52
Gambar 3.4	Denah Plat Lantai	56
Gambar 3.5	Penulangan Pelat dengan Tulangan <i>Wire Mesh</i>	64

Gambar 3.6	Berat Struktur untuk Menghitung Beban Gempa Per Lantai	65
Gambar 3.7	Nilai Parameter Percepatan Gempa	109
Gambar 4.1	Denah Pembalokan (Balok Induk Komposit)	137
Gambar 4.2	Lebar Efektif Pelat Penampang Komposit	138
Gambar 4.3	Jarak Titik Berat Penampang Komposit	139
Gambar 4.4	Garis Netral Balok Komposit	140
Gambar 4.5	Lebar Efektif Pelat Penampang Komposit	143
Gambar 4.6	Jarak Titik Berat Penampang Komposit	144
Gambar 4.7	Garis Netral Balok Komposit	145
Gambar 4.8	Denah Pembalokan (Balok Anak Komposit)	148
Gambar 4.9	Lebar Efektif Pelat Penampang Komposit	149
Gambar 4.10	Jarak Titik Berat Penampang Komposit	150
Gambar 4.11	Garis Netral Balok Komposit	151
Gambar 4.12	Lebar Efektif Pelat Penampang Komposit	154
Gambar 4.13	Jarak Titik Berat Penampang Komposit	155
Gambar 4.14	Garis Netral Balok Komposit	156
Gambar 4.15	Denah Lantai 2 (Balok yang Ditinjau)	159
Gambar 4.16	Garis Netral Penampang Jatuh pada Pelat	160
Gambar 4.17	Garis Netral Penampang Jatuh Pada badan Profil	164
Gambar 4.18	Letak Stud pada Penampang Profil	170
Gambar 4.19	Denah Lantai 13 (Balok yang Ditinjau)	171
Gambar 4.20	Garis Netral Penampang Jatuh dalam Pelat	172
Gambar 4.21	Letak Strud Pada Penampang Melintang Profil	178

Gambar 4.22	Denah Lantai 2 (Kolom yang Ditinjau)	188
Gambar 4.23	Letak Kolom dan Balok yang Ditinjau	189
Gambar 4.24	Alignment Chart untuk Menghitung K arah x	190
Gambar 4.25	Alignment Chart untuk Menghitung K arah y	192
Gambar 5.1	Perencanaan Sambungan	197
Gambar 5.2	Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk	200
Gambar 5.3	Letak dan Jarak Antar Baut	203
Gambar 5.4	Sambungan Bresing Terhadap Kolom dan Balok Induk	213
Gambar 5.5	Sambungan Bresing - Bresing	238
Gambar 5.6	Perencanaan Bresing dan Balok Induk Bawah	254
Gambar 5.7	Jarak Antar Baut dan Gaya – Gaya pada Baut	281
Gambar 5.8	Perencanaan Base Plate	287
Gambar 5.9	Gaya Pada Base Plate	291

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penjelasan Jenis – Jenis Struktur Rangka Pemikul Momen ...	6
Tabel 3.1	Berat balok Iduk Lantai Atap	67
Tabel 3.2	Berat Balok Anak Lantai Atap	69
Tabel 3.3	Berat Dinding Arah x dan y	70
Tabel 3.4	Total Beban Mati Atap	70
Tabel 3.5	Berat Balok Induk Lantai 14	72
Tabel 3.6	Berat Balok Anak Lantai 14	74
Tabel 3.7	Berat Bresing Lantai 14	75
Tabel 3.8	Berat Kolom Lantai 14	76
Tabel 3.9	Berat Dinding Lantai 14	76
Tabel 3.10	Total Berat Beban Mati Lantai 14	77
Tabel 3.11	Berat Balok Induk Lantai 13	80
Tabel 3.12	Berat Balok Anak Lantai 13	81
Tabel 3.13	Berat Bresing Lantai 13	83
Tabel 3.14	Berat Kolom Lantai 13	83
Tabel 3.15	Berat Dinding Lantai 13	84
Tabel 3.16	Total Berat Beban Mati Lantai 13	84
Tabel 3.17	Berat Balok Induk Lantai 12 – Lantai 3	86
Tabel 3.18	Berat Balok Anak Lantai Lantai 12 – Lantai 3	88
Tabel 3.19	Berat Bresing Lantai Lantai 12 – Lantai 3	89
Tabel 3.20	Berat Kolom Lantai Lantai 12 – Lantai 3	90
Tabel 3.21	Berat Dinding Lantai Lantai 12 – Lantai 3	90
Tabel 3.22	Total Berat Beban Mati Lantai Lantai 12 – Lantai 3	91

Tabel 3.23	Berat Balok Induk Lantai 2	93
Tabel 3.24	Berat Balok Anak Lantai 2	95
Tabel 3.25	Berat Bresing Lantai 2	96
Tabel 3.26	Berat Kolom Lantai 2	96
Tabel 3.27	Berat Dinding Lantai 2	97
Tabel 3.28	Total Berat Beban Mati Lantai 2	97
Tabel 3.29	Berat Balok Induk Lantai 1	100
Tabel 3.30	Berat Balok Anak Lantai 1	101
Tabel 3.31	Berat Bresing Lantai 1	103
Tabel 3.32	Berat Kolom Lantai 1	103
Tabel 3.33	Berat Dinding Lantai 1	103
Tabel 3.34	Total Berat Beban Mati Lantai 1	104
Tabel 3.35	Total Berat beban Seluruh Lantai	106
Tabel 3.36	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa	107
Tabel 3.37	Faktor Keutamaan Gempa	108
Tabel 3.38	Data SPT Hotel Ijen Suites Lubang No. B-1	110
Tabel 3.39	Data SPT Hotel Ijen Suites Lubang No. B-2	111
Tabel 3.40	Data SPT Hotel Ijen Suites Lubang No. B-3	111
Tabel 3.41	Klasifikasi Kelas Situs tanah	112
Tabel 3.42	Koefisien Situs F_a	113
Tabel 3.43	Koefisien Situs F_v	113
Tabel 3.44	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek	115

Tabel 3.45	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons	
	Percepatan pada Perioda 1 Detik	115
Tabel 3.46	Nilai S_a untuk $T < T_0$	116
Tabel 3.47	Nilai S_a untuk $T_s < T < 1.0$	117
Tabel 3.48	Koefisien untuk Batas Akhir Pada Perioda yang Dihitung	118
Tabel 3.49	Koefisien Untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung	118
Tabel 3.50	Faktor R, Cd dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	119
Tabel 3.51	Faktor Distribusi Vertikal	122
Tabel 3.52	Gaya Gempa Lateral per Lantai	123
Tabel 3.53	Nilai Pusat Massa dan Pusat Kekakuan (Output <i>ETABS</i>	
	2016)	125
Tabel 3.54	Eksentrisitas	127
Tabel 3.55	Eksentrisitas Rencana (<i>ed</i>)	127
Tabel 3.56	Koordinat Pusat Massa	128
Tabel 3.57	Koordinat Pusat Massa	128
Tabel 3.58	Simpangan Horizontal Struktur Arah x dan y	129
Tabel 3.59	Kontrol Simpangan Anatar Lantai arah x	132
Tabel 3.60	Kontrol Simpangan Anatar Lantai arah y	133
Tabel 3.61	Kontrol Simpangan Struktur	136
Tabel 4.1	Titik Berat Terhadap Sisi Bawah Penampang	139
Tabel 4.2	Titik Berat Terhadap Garis Netral Komposit	140
Tabel 4.3	Lebar Efektif Balok Tepi	141
Tabel 4.4	Momen Inersia Balok Induk Komposit (Tepi)	142
Tabel 4.5	Titik Berat Terhadap Sisi Bawah Penampang	144

Tabel 4.6	Titik Berat Terhadap Garis Netral Komposit	145
Tabel 4.7	Lebar Efektif Balok Tengah	146
Tabel 4.8	Momen Inersia Balok Induk Komposit (Tengah)	147
Tabel 4.9	Titik Berat Terhadap Sisi Bawah Penampang	150
Tabel 4.10	Titik Berat Terhadap Garis Netral Komposit	151
Tabel 4.11	Lebar Efektif Balok Tepi	152
Tabel 4.12	Momen Inersia Balok Induk Komposit (Tepi)	153
Tabel 4.13	Titik Berat Terhadap Sisi Bawah Penampang	155
Tabel 4.14	Titik Berat Terhadap Garis Netral Komposit	156
Tabel 4.15	Lebar Efektif Balok Tengah	157
Tabel 4.16	Momen Inersia Balok Induk Komposit (Tengah)	158
Tabel 4.17	Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tekan	164
Tabel 4.18	Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tarik	164
Tabel 5.1	Titik <i>Centroid</i> Plat Buhul	227
Tabel 5.2	Tabel Jarak Pada Baut	282
Tabel 5.3	Tabel Gaya dan Jarak Pada Baut (sumbu $x - x$)	283
Tabel 5.4	Tabel Jarak Pada Baut	284
Tabel 5.5	Tabel Gaya dan Jarak Pada Baut (sumbu $y - y$)	286
Tabel 6.1	Kontrol Simpangan Struktur	301

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1	Desain Respon Spektrum	117
Grafik 3.2	Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah x	134
Grafik 3.3	Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah y	135

DAFTAR NOTASI

- M_u = Momen lentur terfaktor (Bab 2.3.1)
- M_n = Momen nominal dari momen lentur penampang (Bab 2.3.1)
- E = Modulus Elastisitas Baja (Bab 2.3.1)
- f_y = Kuat Leleh Baja (Bab 2.3.1)
- b = Lebar sayap penampang profil WF (Bab 2.3.1)
- t_f = Tebal sayap penampang profil WF (Bab 2.3.1)
- h = Tinggi penampang profil WF (Bab 2.3.1)
- t_w = Tebal badan penampang profil WF (Bab 2.3.1)
- h_e = Tinggi bersih badan profil WF (Bab 2.3.1)
- λ_p = Parameter batas kelangsingan untuk elemen kompak (Bab 2.3.1)
- λ_r = Parameter batas kelangsingan untuk elemen non kompak (Bab 2.3.1)
- S_x = Modulus penampang elastis pada sumbu x (Bab 2.3.1)
- Z_x = Modulus penampang plastis pada sumbu x (Bab 2.3.1)
- V_u = Kuat geser terfaktor (Bab 2.3.2)
- V_n = Kuat geser nominal (Bab 2.3.2)
- A_w = Luas badan bruto penampang profil WF (Bab 2.3.2)
- K_n = Koefisien tekuk geser (Bab 2.3.2)
- F_e = Tegangan tekuk kritis elastis (Mpa) (Bab 2.3.3)
- A_g = Luas penampang bruto (Bab 2.3.3)
- K = Faktor panjang efektif (Bab 2.3.3)
- L = Panjang batang tekuk (Bab 2.3.3)
- r = Radius girasi atau jari – jari girasi (Bab 2.3.3)

- P_u = Kuat perlu aksial akibat beban terfaktor (Bab 2.3.4)
- P_n = Kuat nominal aksial penampang (Bab 2.3.4)
- A_g = Luas bruto komponen struktur (Bab 2.3.4)
- A_e = Luas neto efektif (Bab 2.3.4)
- f_u = Kuat tarik minimum penampang Baja (Bab 2.3.4)
- R_n = Kekuatan satu penyambung (Bab 2.4)
- ϕ = 0,65, suatu harga yang dipilih untuk mengkalibrasi (Bab 2.4.1)
- F_{ub} = Kekuatan tarik bahan baut (Bab 2.4.1)
- m = Banyaknya bidang geser yang terlibat (Bab 2.4.1)
- A_b = Luas penampang lintang pada arah melintang tangkai tak berulir dari baut tersebut (Bab 2.4.1)
- B = Lebar Plat Landasan (Bab 2.6)
- N = Panjang *base plate* (Bab 2.6)
- A_1 = Luas permukaan *base plate* (Bab 2.9)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini bangunan baja semakin banyak diminati. Sehingga baja merupakan salah satu material yang banyak digunakan oleh konstruksi bangunan, khususnya konstruksi bangunan tinggi. Karakteristik bangunan baja yang lebih ringan dibandingkan beton, memiliki kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tarik (*tensile strength*) yang tinggi sangat sesuai dalam dunia konstruksi. Daktilitas yang dimilikinya juga sangat memadai dalam perencanaan yang memperhitungkan beban gempa, sehingga menambah alasan untuk digunakan. Di Eropa, hampir seluruh bangunan yang ada merupakan bangunan baja (G. Setiawan, 2011). Dan di Indonesia sendiri tampaknya pamor dari bangunan baja mulai menggeser pamor dari bangunan beton. Adapun keunggulan menggunakan baja yakni :

- Baja memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dari pada beton maupun kayu. Kekuatan yang tinggi ini terdistribusi secara merata. Kekuatan baja bervariasi dari 300 MPa sampai 2000 MPa.
- Baja memiliki ukuran penampang yang bervariasi dibanding dengan bahan lain serta lebih mudah dibentuk.
- Pelaksanaannya lebih efisien.

Pada umumnya, bangunan yang terbuat dari material baja memiliki sifat fleksibel, tidak mudah patah (daktail). Perencanaan bangunan tinggi dengan menggunakan struktur baja harus memenuhi dua kriteria utama, yakni harus

memiliki kekuatan yang memadai dan kekakuan untuk menjaga simpangan antar lantai demi mencegah terjadinya gagal struktur dan kerusakan elemen non-struktur akibat beban lateral. Untuk menopang beban lateral terutama beban gempa pada struktur baja, maka digunakan pengaku (*bracing*). Salah satu jenis sistem rangka baja yang menggunakan *Bracing* ada Sistem Rangka Bresing Konsentrik. Sistem Rangka Bresing Konsentrik dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Kekakuan sistem ini terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur. Sistem ini penyerapan energinya dilakukan melalui pelelehan yang dirancang terjadi pada pelat buhul.

Oleh karena itu dalam penulisan tugas akhir ini, penulis mencoba untuk merencanakan kembali sistem struktur pada gedung Hotel Ijen Suites Malang dengan judul “*STUDI PERENCANAAN STRUKTUR BAJA MENGGUNAKAN BRESING KONSENTRIS TIPE PADA X GEDUNG HOTEL IJEN SUITES MALANG*”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- 1) Berapa dimensi profil baja untuk struktur utama (balok dan kolom) yang direncanakan dengan menggunakan SRBK pada gedung Hotel Ijen Suites Malang ?
- 2) Berapa dimensi bresing yang digunakan pada perencanaan gedung Hotel Ijen Suites Malang dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris ?

- 3) Berapa dimensi plat penyambung serta jumlah baut yang direncanakan dalam sambungan struktur pada perencanaan gedung Hotel Ijen Suites Malang dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris ?
- 4) Apakah simpangan antar tingkat struktur yang terjadi memenuhi syarat simpangan yang berlaku ?

1.3 Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya perencanaan tersebut, yaitu :

- 1) Mengetahui dimensi profil baja untuk struktur utama (balok dan kolom) yang direncanakan dengan menggunakan SRBK pada gedung Hotel Ijen Suites Malang.
- 2) Mengetahui dimensi bresing yang digunakan pada perencanaan gedung Hotel Ijen Suites Malang dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris.
- 3) Mengetahui dimensi plat penyambung serta jumlah baut yang direncanakan dalam sambungan struktur pada perencanaan gedung Hotel Ijen Suites Malang dengan menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentris.
- 4) Mengetahui simpangan antar tingkat struktur yang terjadi.

1.4 Manfaat

Beberapa manfaat yang diharapkan oleh penyusun dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagi penulis :

Menambah pengetahuan, pengalaman serta memperdalam ilmu ketekniksipilan bagi penyusun dalam merencanakan struktur gedung tahan gempa dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris.

2) Bagi lembaga pendidikan :

Memperkaya kanzanah pustaka Institut Teknologi Nasional Malang sehingga menambah referensi atau contoh untuk mendesain merencanakan struktur gedung tahan gempa dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris.

3) Bagi peneliti berikutnya

Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan atau dikembangkan lebih lanjut serta referensi terhadap perencanaan gedung yang serupa yakni Sistem Rangka Bresing Konsentris.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis mengambil beberapa batasan permasalahan yang menjadi patokan perencanaan, mengingat luasnya lingkup bahasan yang ada pada proyek pembangunan gedung Hotel Ijen Suites Malang sehingga tidak dimungkinkan untuk dibahas secara keseluruhan. Adapun batasan masalah tersebut, yaitu :

- 1) Menentukan dimensi profil baja untuk struktur utama (balok dan kolom) yang direncanakan dengan menggunakan SRBK pada gedung Hotel Ijen Suites Malang.

- 2) Menentukan berapa dimensi bresing yang digunakan pada perencanaan gedung Hotel Ijen Suites Malang dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris.
- 3) Menentukan dimensi plat penyambung serta jumlah baut yang direncanakan dalam sambungan struktur pada perencanaan gedung Hotel Ijen Suites Malang dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris.
- 4) Menentukan kontrol simpangan antar tingkat struktur sesuai dengan syarat yang berlaku.

Peraturan yang digunakan adalah :

1. Tinjauan pembebanan menggunakan SNI 1727:2013 serta "*Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*".
2. Beban gempa yang sesuai dengan SNI 1726 : 2012 "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*" dan nilai beban diperoleh dari Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (PPURG-1987).
3. Acuan untuk analisa struktur baja berdasarkan SNI 1729-2015 "*Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*".
4. Khusus perencanaan bresing didasarkan pada Pasal 15.12 (Persyaratan untuk Sistem Rangka Bresing Konsentrik) SNI 03-1729-2002 tentang "*Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*".
5. Perhitungan analisa Statika menggunakan Program bantu ETABS.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Struktur Rangka Pemikul Momen adalah struktur rangka yang hubungan balok dengan kolomnya didesain dengan sambungan momen. Pada SRPM, elemen balok terhubung kaku pada kolom dan tahanan terhadap gaya lateral diberikan terutama oleh momen lentur dan gaya geser pada elemen portal dan *joint*. SRPM memiliki kemampuan menyerap energi yang besar tetapi memiliki kekakuan yang rendah.

Rangka baja SRPM merupakan jenis rangka baja yang sering digunakan dalam aplikasi struktur baja di dunia konstruksi. Menurut SNI Baja 03-1729-2002, rangka baja SRPM dapat diklasifikasikan menjadi, Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Berikut tabel penjelasan dibawah ini

Tabel 2.1 Penjelasan Jenis – Jenis Struktur Rangka Pemikul Momen

Jenis – Jenis Struktur Rangka Pemikul Momen	Pengetian
Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus adalah desain strukur beton bertulang dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas yang tinggi). Dengan pendetailan mengikuti ketentuan SRPMK, maka faktor reduksi gaya gempa R dapat diambil sebesar 8, yang artinya bahwa gaya gempa rencana hanya 1/8 dari gaya gempa untuk elastis desain (Pengambilan nilai $R > 1$)

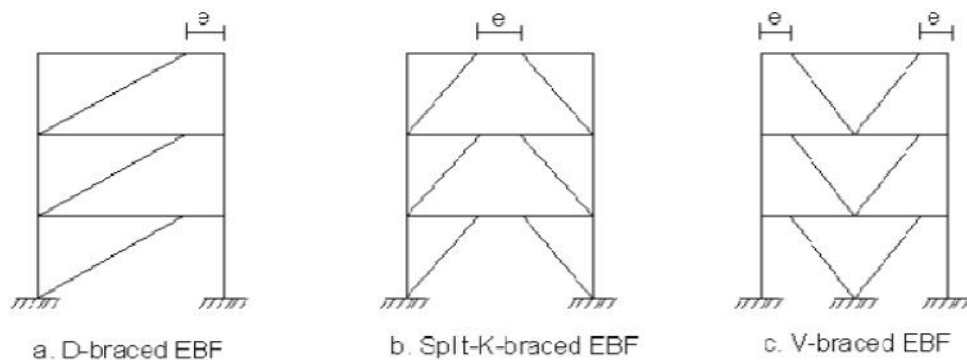
	artinya mempertimbangkan post-elastic desain).
Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)	Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah adalah system rangka ruang dalam mana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial, system ini pada dasarnya memiliki daktilitas sedang dan dapat digunakan di zona 1 hingga zona 4.
Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)	Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa, struktur diharapkan dapat mengalami deformasi inelastik secara terbatas pada komponen struktur dan sambungan-sambungannya akibat gaya gempa rencana. Dengan demikian, pada SRPMB kekakuan yang ada lebih besar dibandingkan dengan kekakuan pada SRPMK. Secara umum, SRPMB memiliki kekakuan yang lebih besar dan kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan SRPMK. Tetapi, SRPMB memiliki daktilitas yang lebih kecil dibandingkan dengan SRPMK untuk beban gempa yang sama.

2.2 Struktur Rangka Bresing (SRB)

Struktur rangka bresing merupakan sistem struktur yang didesain untuk menahan beban lateral berupa gempa. Elemen bresing berperilaku sebagai rangka batang yaitu hanya menerima gaya tarik atau tekan. Rangka bresing dikategorikan menjadi rangka bresing eksentrik dan rangka bresing konsentrik.

2.2.1 Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE)

Struktur rangka bresing eksentrik (SRBE) merupakan sistem struktur yang elemen bresing diagonalnya tidak bertemu pada suatu titik, karena adanya elemen penghubung atau disebut dengan *link*. Elemen *link* ini berfungsi sebagai pendisipasi energi pada saat terjadi gempa kuat (SNI Baja, 2002). Rangka bresing eksentrik memiliki beberapa tipe seperti pada Gambar 2.2.1 dibawah ini

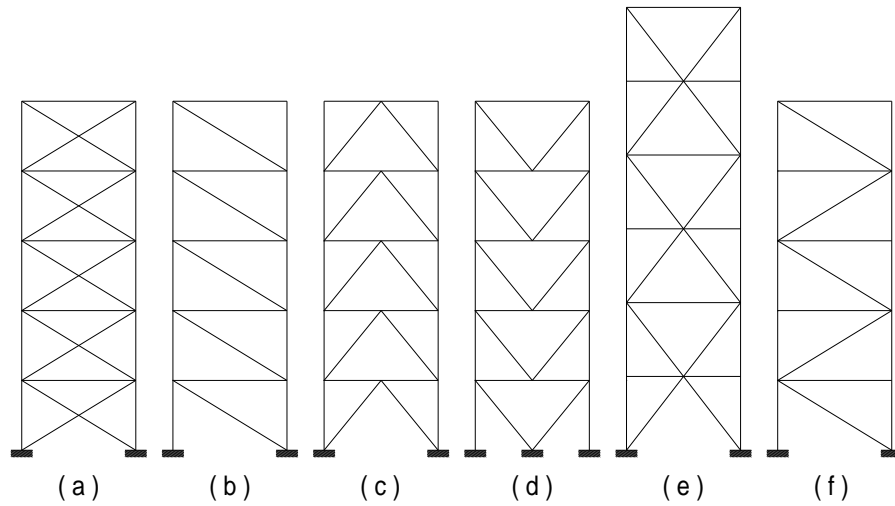


Gambar 2.1 Jenis - jenis konfigurasi SRBE

Sumber : AISC, 2010

2.2.2 Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK)

Struktur rangka bresing konsentris (SRBK) merupakan sistem struktur yang elemen bresing diagonalnya bertemu pada satu titik. SRBK dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu struktur rangka bresing konsentris biasa (SRBKB) dan struktur rangka bresing konsentris khusus (SRBKK). Rangka bresing konsentris memiliki beberapa tipe seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2 yaitu tipe x pada nomor a, tipe z pada nomor b, tipe v terbalik pada nomor c, tipe v pada nomor d, tipe x-2 tingkat pada nomor e, dan tipe k pada nomor f, seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.



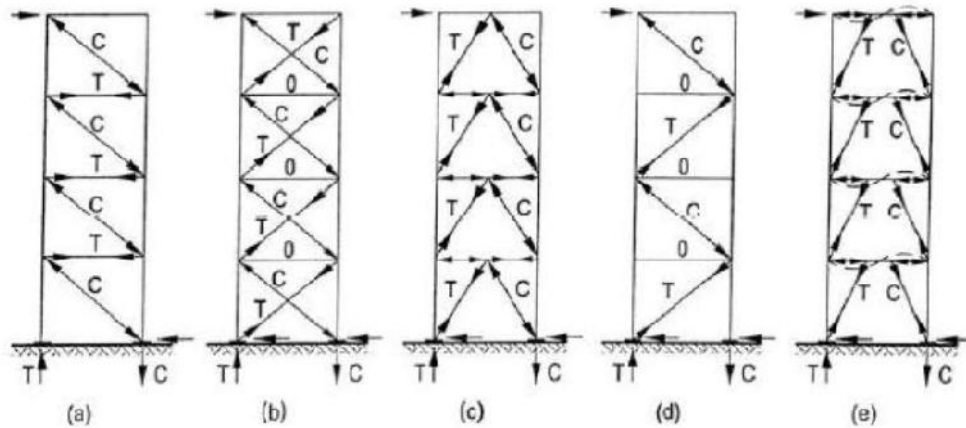
Gambar. 2.2 Jenis – Jenis Konfigurasi SRBK

Sumber : AISC, 2010

Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK) merupakan pengembangan dari system portal tak berpengaku atau lebih dikenal dengan *Moment Resisting Frames (MRF)*. Sistem SRBK dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Hal ini bertolak belakang dengan SRPM yang hanya bisa digunakan sebagai penahan momen. Elemen bresing pada sistem SRBK ini berfungsi untuk menahan kekakuan struktur karena dengan adanya bresing pada struktur, deformasi struktur akan menjadi lebih kecil sehingga kekakuan strukturnya meningkat.

2.2.3 Mekanisme Kerja Gaya – Gaya yang Bekerja pada Rangka Bresing Konsentris dan Rangka Bresing Eksentris

Mekanisme kerja gaya-gaya yang bekerja pada rangka bresing baik itu konsentris atau eksentris dapat ditunjukkan seperti gambar di bawah.



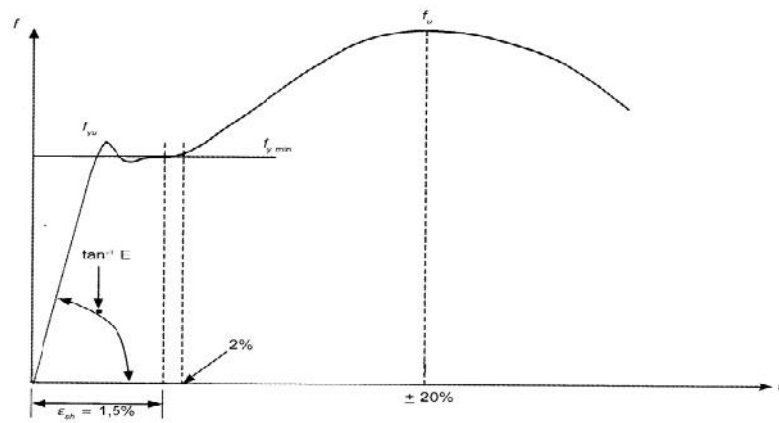
Gambar 2.3 Aliran gaya-gaya pada sistem rangka bresing

Sumber: Dewobroto, 2012

Adanya batang tekan (-) dan tarik (+) pada rangka dengan bresing, menunjukkan bahwa sistem *braced-frame* lebih optimal terhadap beban lateral daripada sistem *rigid-frame* yang mengandalkan penghubung balok horisontal saja.

2.3 Teori Desain Struktur Baja

Sifat mekanis baja merupakan yang sangat penting dalam desain konstruksi. Sifat ini di peroleh dari uji tarik baja, uji melibatkan pembebanan tarik sampel baja dan bersama ini dilakukan pembebanan dan panjangnya sehingga diperoleh tegangan dan regangnya.



Gambar 2.4 Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan ()

Hasil uji ini di tunjukan dalam diagram regangan dan tegangan. Titik f_y (*Titik Limit Perporcional*) pada diagram hubungan linear antara tegangan dan regangan, apabila dilakukan pembebanan tidak melewati titik ini baja masih bersifat elastis artinya apabila beban dihilangkan maka baja masih dapat kembali keadaan semula, tetapi apa bila dibebankan terus sampai melampaui titik tersebut maka baja tidak bersifat elastis lagi melainkan bersifat plastis sehingga baja tidak dapat kembali ke keadaan sebelum pembebanan.

Berdasarkan grafik tersebut maka ada beberapa hal yang mendasari penulis menerapkan metode LRFD dalam penyelesaian skripsi yaitu :

1. Rasional LRFD selalu menarik perhatian, dan menjadi suatu perangsang yang menjanjikan penggunaan bahan yang lebih ekonomis dan lebih baik untuk beberapa kombinasi beban dan konfigurasi structural. LRFD juga cenderung memberikan struktur yang lebih aman bila di bandingkan dengan ASD dalam mengkombinasikan beban-beban hidup dan mati dan memperlakukan mereka dengan cara yang sama.
2. LRFD akan memudahkan pemasukan informasi baru mengenai beban-beban dan variasi-variasi bila informasi tersebut telah diperoleh. Pengetahuan kita mengenai beban-beban beserta variasi mereka masih jauh dari mencukupi. Bila dikehendaki, pemisahan pembebanan dari resistensyaa akan memungkinkan pengubahan yang satu tanpa perlu mempengaruhi yang lainnya.
3. Perubahan-perubahan dalam berbagai factor kelebihan beban dan factor resistensi lebih muda dilakukan ketimbang mengubah tegangan ijin dari ASD.
4. LRFD membuat desain dalam segala macam material lebih muda dipertautkan. Variabilitas beban-beban sebenarnya tidak berkaitan dengan material yang digunakan dalam desain.

2.4 Load and Resistance Factor Design – LRFD

SNI 03-1729-2002 mengkombinasikan perhitungan kekuatan batas (*ultimate*) dengan kemampuan layan dan teori kemungkinan untuk keamanan

yang disebut juga metode *Load and Resistance Factor Design* - LRFD. Dalam metoda LRFD terdapat beberapa prosedur perencanaan dan biasa disebut perancangan kekuatan batas, perancangan plastis, perancangan limit, atau perancangan keruntuhan (*collapse design*).

LRFD didasarkan pada filosofi kondisi batas (*limit state*). Istilah kondisi batas digunakan untuk menjelaskan kondisi dari suatu struktur atau bagian dari suatu struktur tidak lagi melakukan fungsinya. Ada dua kategori dalam kondisi batas, yaitu batas kekuatan dan batas layan (*serviceability*).

Kondisi kekuatan batas (*strength limit state*) didasarkan pada keamanan atau kapasitas daya dukung beban dari struktur termasuk kekuatan plastis, tekuk (*buckling*), hancur, fatik, guling, dll. Kondisi batas layan (*serviceability limit state*) berhubungan dengan performansi (unjuk kerja) struktur dibawah beban normal dan berhubungan dengan hunian struktur yaitu defleksi yang berlebihan, gelincir, vibrasi, retak, dan deteriorasi. Struktur tidak hanya harus mampu mendukung beban rencana atau beban ultimate, tetapi juga beban servis/layan sebagaimana yang disyaratkan pemakai gedung. Misalnya suatu gedung tinggi harus dirancang sehingga goyangan akibat angin tidak terlalu besar yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan, takut atau sakit. Dari sisi kondisi batas kekuatan, rangka gedung tersebut harus dirancang supaya aman menahan beban ultimate yang terjadi akibat adanya angin besar 50-tahunan, meskipun boleh terjadi kerusakan kecil pada bangunan dan pengguna merasakan ketidaknyamanan.

Metode LRFD mengkosentrasikan pada persyaratan khusus dalam kondisi batas kekuatan dan memberikan keluasaan pada perancang teknik untuk menentukan sendiri batas layannya. Ini tidak berarti bahwa kondisi batas layan

tidak penting, tetapi selama ini hal yang paling penting (sebagaimana halnya pada semua peraturan untuk gedung) adalah nyawa dan harta benda publik. Akibatnya keamanan publik tidak dapat diserahkan kepada perancang teknik sendiri.

Dalam LRFD, beban kerja atau beban layan dikalikan dengan faktor beban atau faktor keamanan hampir selalu lebih besar dari 1,0 dan dalam perancangan digunakan 'beban terfaktor'. Besar faktor bervariasi tergantung tipe dan kombinasi pembebanan. Struktur direncanakan mempunyai cukup kekuatan ultimate untuk mendukung beban terfaktor. Kekuatan ini dianggap sama dengan kekuatan nominal atau kekuatan teoritis dari elemen struktur yang dikalikan dengan suatu faktor resistansi atau faktor overcapacity yang umumnya lebih kecil dari 1,0. Faktor resistansi ini dipakai untuk memperhitungkan ketidak pastian dalam kekuatan material, dimensi, dan pelaksanaan. Faktor resistansi juga telah disesuaikan untuk memastikan keseragaman reliabilitas dalam perancangan.

2.4.1 Kelebihan dan Kelemahan Metode LRFD

Pertanyaan yang sering muncul adalah: "apakah LRFD akan lebih menghemat dibandingkan dengan ASD?" Jawabannya adalah mungkin benar, terutama jika beban hidup lebih kecil dibandingkan beban mati. Perlu dicatat bahwa tujuan adanya LRFD bukanlah mendapatkan penghematan melainkan untuk memberikan reliabilitas yang seragam untuk semua struktur baja. Dalam ASD faktor keamanan sama diberikan pada beban mati dan beban hidup, sedangkan pada LRFD faktor keamanan atau faktor beban yang lebih kecil diberikan untuk beban mati karena beban mati dapat ditentukan dengan lebih pasti dibandingkan beban hidup. Akibatnya perbandingan berat yang dihasilkan dari

ASD dan LRFD akan tergantung pada rasio beban hidup terhadap beban mati. Untuk gedung biasa rasio beban hidup terhadap beban mati sekitar 0,25 s.d. 4,0 atau sedikit lebih besar. Untuk bangunan baja tingkat rendah, perbandingan tersebut akan sedikit diatas rentang ini. Dalam ASD kita menggunakan faktor keamanan yang sama untuk beban mati dan beban hidup tanpa melihat rasio beban. Jadi dengan ASD akan dihasilkan profil yang lebih berat dan faktor keamanan akan lebih naik dengan berkurangnya rasio beban hidup terhadap beban mati. Untuk rasio L/D lebih kecil dari 3, akan terdapat penghematan berat profil berdasarkan LRFD atau sekitar 1/6 untuk elemen tarik dan kolom dan 1/10 untuk balok. Sebaliknya jika rasio L/D sangat tinggi maka hampir tidak ada penambahan penghematan berat baja yang dilakukan berdasarkan LRFD dibandingkan ASD.

2.4.2 Faktor Beban

Tujuan dari faktor beban adalah untuk menaikkan nilai beban akibat ketidakpastian dalam menghitung besar beban mati dan beban hidup. Misalnya, berapa besar ketelitian yang dapat anda lakukan dalam menghitung beban angin yang bekerja pada gedung perkuliahan atau rumah anda sendiri?

Nilai faktor beban yang digunakan untuk beban mati lebih kecil dari pada untuk beban hidup karena perancang teknik dapat menentukan dengan lebih pasti besar beban mati dibandingkan dengan beban hidup. Beban yang berada pada tempatnya untuk waktu yang lama variasi besar bebannya akan lebih kecil, sedangkan untuk beban yang bekerja pada waktu relatif pendek akan mempunyai variasi yang besar. Prosedur dalam LRFD akan membuat perancang teknik lebih menyadari variasi beban yang akan bekerja pada struktur dibandingkan jika

perancangan dilakukan dengan metode perancangan tegangan ijin (Allowable Stress Design – ASD).

Kombinasi beban yang ditinjau di bawah ini didasarkan pada Pasal 6.2.2 SNI 03-1729-2002. Dalam persamaan ini: D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap; L adalah beban hidup dari pengguna gedung dan beban bergerak didalamnya, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, air hujan, dll; L_a adalah beban hidup atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak; H adalah beban hujan tidak termasuk genangan air hujan (ponding); E adalah beban gempa yang ditentukan menurut SNI 03-1726-2002 atau penggantinya. U menyatakan beban ultimate.

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_a \text{ atau } H)$$

Beban kejut hanya ada pada kombinasi beban kedua persamaan di atas. Jika terdapat beban angin dan gempa, maka kombinasi beban berikut harus digunakan:

$$U = 1,2D + 1,6(L_a \text{ atau } H) + (0,5L \text{ atau } 0,8W)$$

$$U = 1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ atau } H)$$

$$U = 1,2D \pm 1,0E + 0,5L$$

Dalam kelompok kombinasi diatas, beban kejut cukup ditinjau dengan persamaan pertama diatas. Untuk bangunan garasi, gedung untuk kepentingan umum, atau gedung lain dengan beban hidup melampaui 5 kPa (500 kg/m²), maka

faktor beban L pada semua persamaan diatas sama dengan 1,0 sehingga persamaan menjadi:

$$U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } H) + (1,0L \text{ atau } 0,8W)$$

$$U = 1,2D + 1,3W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } H)$$

$$U = 1,2D \pm 1,0E + 1,0L$$

Untuk memperhitungan kemungkinan adanya gaya ke atas (*uplift*), maka LRFD memberikan kombinasi beban lain. Kondisi ini mencakup kasus dimana gaya tarik muncul akibat adanya momen guling. Hal ini akan menentukan pada gedung tingkat tinggi dengan gaya lateral yang besar. Dalam kombinasi ini beban mati direduksi 10% untuk mencegah estimasi berlebih (*overestimate*).

Kemungkinan gaya angin dan gempa mempunyai tanda minus atau positif hanya perlu ditinjau pada persamaan di bawah ini. Jadi dalam persamaan sebelumnya, tanda untuk W dan E mempunyai tanda yang sama dengan suku lain dalam persamaan tersebut.

$$U = 0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E)$$

Besar beban (D, L, L_a, dll) harus mengacu pada peraturan muatan. Beban hidup rencana untuk lantai yang luas, bangunan tingkat tinggi, dll dapat direduksi.

2.5 Perencanaan Elemen Struktur

Tata cara perencanaan dijelaskan seperti pada SNI 1729 : 2015 sebagai berikut.

2.5.1 Komponen Struktur Untuk Lentur (berdasarkan SNI 1729 : 2015)

Sebuah balok yang memikul beban lentur murni terfaktor, M_u harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi hubungan :

$$M_u \leq \phi M_n \quad (2.1)$$

Untuk $\phi = 0,90$ (DFBK) $\phi = 1.67$ (DKI)

Dimana :

M_u : Momen lentur terfaktor (kg.m).

ϕ : Faktor reduksi

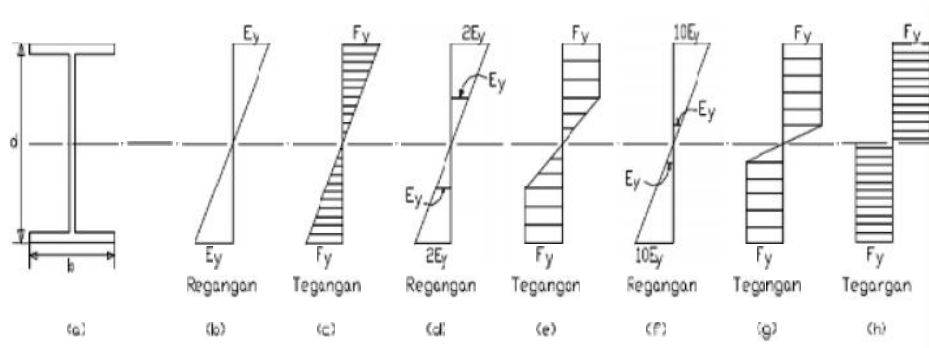
M_n : Kuat nominal dari momen lentur penampang (kg.m) yang ditentukan pada pasal F2 dan F3.

❖ Syarat Kekompakan

Sesuai SNI 1729-2015 pasal B4-1 untuk kondisi lentur, penampang diklasifikasikan sebagai penampang kompak, non-kompak atau penampang elemen langsing. Untuk penampang kompak, rasio lebar terhadap tebal tidak boleh melebihi batasnya λ_p , sesuai tabel 2.5.1. Jika rasio tebal terhadap lebar melebihi λ_p , tetapi tidak melebihi λ_r sesuai tabel 2.5.1 maka penampang disebut non-kompak. Jika rasio tebal terhadap lebar melebihi λ_r maka disebut penampang dengan elemen langsing.

❖ **Kelangsingan Penampang**

Pengertian penampang kompak, tak kompak dan langsing suatu komponen struktur yang mengalami lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya.



Gambar 2.5 Kurva Tegangan Regangan pada Profil Baja

- **Penampang kompak**

Untuk penampang-penampang yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$, kuat lentur nominal penampang adalah,

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x \quad (2.2)$$

Dimana :

M_n : Kekuatan lentur (momen) nominal (N-mm)

M_p : Momen lentur plastis (N-mm)

f_y : Tegangan leleh minimum baja (Mpa atau Nmm²)

Z_x : Modulus penampang plastis pada sumbu x (mm³)

- **Penampang tak-kompak**

Untuk penampang yang memenuhi $\lambda_f < \lambda \leq \lambda_{rf}$, kuat lentur nominal penampang ditentukan sebagai berikut:

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x) \left(\frac{\left\{ \begin{matrix} - \\ \end{matrix} \right\}_{pf}}{\left\{ \begin{matrix} r_f \\ - \\ \end{matrix} \right\}_{pf}} \right) \quad (2.3)$$

Dimana :

S_x : Modulus penampang elastis pada sumbu x (mm^3)

- Penampang langsing

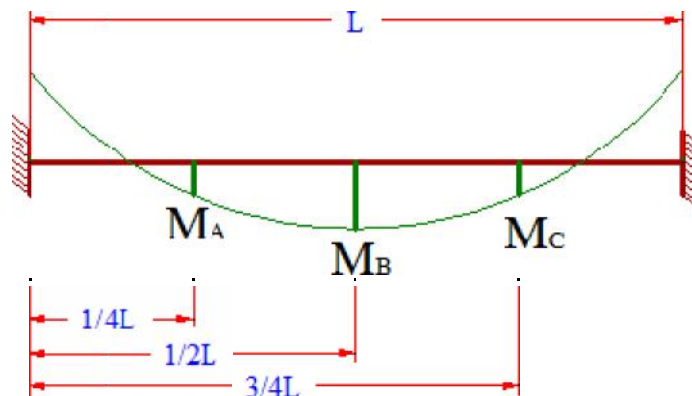
Untuk pelat sayap yang memenuhi $r_f \leq$ kuat lentur nominal penampang adalah :

$$M_n = M_r \left(\frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2 \quad (2.4)$$

❖ **Kuat lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral**

Faktor pengali momen C_b ditentukan sebagai berikut:

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (2.5)$$



Dimana :

C_b : Faktor modifikasi tekuk torsi-lateral

M_{\max} : Momen maksimum pada pada bentang yang ditinjau

M_A : Momen pada titik $1/4$ bentang yang ditinjau

MB : Momen pada titik ½ bentang yang ditinjau

MC : Momen pada titik ¾ bentang yang ditinjau

- Bentang pendek

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L \leq L_p$ kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah :

$$M_n = M_p \quad (2.6)$$

- Bentang menengah

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_p \leq L \leq L_r$, kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah :

$$M_n = C_b \left[(M_p - (M_p - 0,7f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \right] \leq M_p \quad (2.7)$$

- Bentang panjang

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_r \leq L$, kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah:

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \quad (2.8)$$

Dimana :

$$F_{cr} = C_b \frac{f}{L} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{fE}{L} \right)^2 I_y C_w}$$

G= Modulus elastisitas geser baja

(77200 Mpa)

J = Konstanta torsi (mm⁴)

$$= \frac{1}{3} \times H_e \times t_w^3 + 2 \left(\frac{1}{3} b f \times t_f^3 \right)$$

Bentang untuk pengekanan lateral, yakni :

L = Panjang bentang yang ditinjau

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (2.9)$$

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} \quad (2.10)$$

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2S_x} \quad (2.11)$$

Koefisien c ditentukan untuk profil I simetris ganda, yakni c = 1

Dimana :

E : Modulus elastisitas baja = 29000 ksi (200000Mpa)

J : Konstanta torsi, in⁴ (mm⁴)

S_x : Modulus penampang elastis disumbu x, in³ (mm³)

h_o : jarak antara titik berat sayap, in (mm)

2.5.2 Komponen Struktur Untuk Geser (berdasarkan SNI 1729 : 2015)

Pelat badan yang memikul gaya geser perlu (V_u) harus memenuhi,

$$V_u \leq \phi V_n \quad (2.12)$$

Keterangan:

V_u : Kuat geser perlu/terfaktor penampang (N).

V_n : Kuat geser perlu/terfaktor penampang (N).

ϕ_v : Faktor reduksi kuat geser, diambil $\phi=0,90$

wV_n adalah kuat geser rencana yang besarnya dapat ditentukan dari persamaan sebagai berikut : untuk kekuatan geser nominal, V_n dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser, adalah :

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v \quad (2.13)$$

Untuk badan dari semua profil simetris ganda dan simetris tunggal serta kanal lainnya, kecuali PSB bundar, koefisien geser badan (C_v) ditentukan sebagai berikut :

1. Leleh pada pelat badan $\frac{h}{t_w} = 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{F_y}}$

$$V_n = 0,60 A_w f_y \quad (2.14)$$

Dimana:

A_w : Luas pelat badan (mm²).

f_y : Tegangan leleh pelat badan (MPa).

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (2.15)$$

a : Jarak antara pengaku vertikal (mm).

H : Jarak bersih antara *fillets* untuk *rolled shapes* atau jarak bersih antara sayap untuk *built up shapes*.

2. Tekuk inelastik pada pelat badan $1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{F_y}}$

$$V_n = 0,60 A_w f_y \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1,15 \sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] \quad (2.16)$$

Dimana :

$$C_v = \frac{1,10 \sqrt{k_n E / F_y}}{h / t_w} \quad (2.17)$$

3. Tekuk elastic pada pelat badan $\frac{h}{t_w} > 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{F_y}}$

$$V_n = 0,60 A_w f_y \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1,15 \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha}{h}\right)^2}} \right] \quad (2.18)$$

Dimana :

$$C_v = \frac{1,10 k_n E}{(h / t_w)^2 F_y} \quad (2.19)$$

2.5.3 Komponen Struktur Untuk Tekan (berdasarkan SNI 1729 : 2015)

Batang tekan jarang sekali mengalami tekanan aksial saja. Namun bila pembebanan ditata sedemikian rupa hingga rotasi ujung dapat diabaikan atau beban dari batang-batang yang bertemu pada titik simpul bersifat simetris, maka batang tekan dapat direncanakan dengan aman sebagai batang yang dibebani secara konsentris.

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal E1) Kekuatan tekan desain, $\phi_c P_n$, dan Kekuatan Tekan tersedia, P_n / ϕ_c , di tentukan sebagai berikut : Ketentuan tekan nominal, P_n harus nilai terendah yang di peroleh berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi-lentur.

$$P_u \leq \phi_c P_n \quad (2.20)$$

$$t = 0,90 \text{ (DFBK)}$$

$$t = 1,67 \text{ (DKI)}$$

Untuk kondisi tekan, penampang di klasifikasikan sebagai elemen nonlangsing atau penampang elemen langsing. Untuk profil elemen nonlangsing,

rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi r . Jika rasio tersebut melebihi r disebut penampang dengan elemen-langsing.

Untuk kondisi lentur, penampang di klasifikasikan sebagai penampang Kompak, non kompak atau penampang elemen-langsing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dan rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya, p . Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi p . Tetapi tidak boleh melebihi r , maka penampang tersebut di sebut nonkompak. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari setiap elemen tekan melebihi r , disebut penampang dengan elemen langsing.

Rasio tebal-terhadap-lebar : Elemen Tekan Komponen Struktur yang menahan Tekan Aksial untuk PSB Bulat:

- Rasio Ketebalan-Terhadap-Lebar D/t
- Batasan Rasio Tebal-terhadap-lebar $= 0.11 \times \frac{E}{F_y}$

Rasio tebal-terhadap-lebar : Elemen tekan Komponen Struktur Menahan Lentur untuk PSB Bulat :

- Rasio Ketebalan-terhadap-lebar D/t
- $p = 0.07 \times \frac{E}{F_y}$ (2.21)
- $r = 0.31 \times \frac{E}{F_y}$ (2.22)

Dimana :

E : Modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 Mpa)

F_y : Tegangan leleh minimum yang di syaratkan, ksi (Mpa)

Panjang Efektif

Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif dapat memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$(K.L)/r < 200 \quad (2.23)$$

Kekuatan tekan nominal, P_n , harus nilai terendah berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk-lentur yang sesuai.

$$P_n = A_g \times F_{cr} \quad (2.24)$$

Tegangan Kritis, F_{cr} , harus di tentukan sebagai berikut :

a. Bila $\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$)

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] \cdot F_y \quad (2.25)$$

b. Bila $\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} > 2.25$)

$$F_{cr} = 0.877 \cdot F_e \quad (2.26)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K.L}{r}\right)^2} \quad (2.27)$$

Dimana :

F_e : Tegangan tekuk kritis elastis (Mpa)

A_g : Luas penampang bruto

K : Faktor panjang efektif

L : Panjang batang tekuk

r : Radius girasi atau jari – jari girasi

2.5.4 Komponen Struktur Untuk Tarik Aksial (berdasarkan SNI 1729 : 2015)

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal D1) Kekuatan Tarik desain, $\phi_t P_n$, dan Kekuatan Tarik tersedia, P_n/Ω_t , dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang netto.

$$P_u \leq \phi_t P_n \quad (2.28)$$

$$\Omega_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \phi_t = 1.67 \text{ (DKI)}$$

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal D2) Kekuatan tarik desain, $\phi_t P_n$, dan Kekuatan tarik tersedia, P_n/Ω_t , dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang netto.

(a.) Menghitung tegangan leleh tarik pada penampang Bruto

$$P_n = F_y \times A_g \quad (2.29)$$

$$\Omega_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \phi_t = 1.67 \text{ (DKI)}$$

(b.) Untuk keruntuhan Tarik (Putus) pada penampang Netto

$$P_n = F_u \times A_e \quad (2.30)$$

$$\Omega_t = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \phi_t = 2.00 \text{ (DKI)}$$

Dimana :

A_e : Luas Neto Efektif, in^2 (mm^2)

A_g : Luas Bruto dari komponen Struktur, in^2 (mm^2)

F_y : Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

F_u : Kekuatan Tarik Minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

P_n : Tegangan nominal aksial, ksi (MPa)

2.5.5 Komponen Struktur yang Mengalami Gaya Kombinasi

Komponen struktur yang mengalami gaya kombinasi adalah penampang simetris yang mengalami momen lentur dan aksial. Komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{W N_n} \geq 0,2$$

$$\frac{N_u}{W N_u} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{W M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{W M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (2.31)$$

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{W N_n} < 0,2$$

$$\frac{N_u}{2W N_u} + \left(\frac{M_{ux}}{W M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{W M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (2.32)$$

Untuk struktur rangka menggunakan bresing, ketentuan yang harus terpenuhi yaitu:

$$\left(\frac{M_{ux}}{W_b M'_{px}} \right)^{\zeta} + \left(\frac{M_{uy}}{W_b M'_{py}} \right)^{\zeta} \leq 1,0$$

$$\left(\frac{c_{mx} M_{ux}}{W_b M'_{nx}} \right)^{\eta} + \left(\frac{c_{my} M_{uy}}{W_b M'_{ny}} \right)^{\eta} \leq 1,0$$

Komponen struktur berpenampang I;

$$\text{Untuk } b_f/d < 0,5 \quad \zeta = 1,0$$

$$\text{Untuk } 0,5 \leq b_f/d \leq 1,0 \quad \zeta = 1,6 - \frac{N_u / N_y}{2[\ln(N_u / N_y)]}$$

$$\text{Untuk } b_f/d < 0,3 \quad \eta = 1,0$$

$$\text{Untuk } 0,3 \leq bf/d \leq 1,0 \quad y = 0,4 + \frac{N_u}{N_y} + \frac{b_f}{d} \geq 1,0$$

Keterangan:

b_f = adalah lebar sayap (mm)

d = adalah tinggi penampang (mm)

$$M'_{px} = 1,2 M_{px} \left[1 - \left(\frac{N_u}{N_y} \right) \right] \leq M_{px}$$

$$M'_{py} = 1,2 M_{py} \left[1 - \left(\frac{N_u}{N_y} \right)^2 \right] \leq M_{py}$$

$$M'_{ny} = M_{nx} \left(1 - \frac{N_u}{W_c N_n} \right) \left(1 - \frac{N_u}{N_{crx}} \right)$$

$$M'_{ny} = M_{ny} \left(1 - \frac{N_u}{W_c N_n} \right) \left(1 - \frac{N_u}{N_{cry}} \right)$$

\tilde{S}_x dan \tilde{S}_{iy} merupakan koefisien tekuk yang nilainya ditentukan dari harga \tilde{S}_x dan \tilde{S}_{iy} .

2.6 Perencanaan Sambungan Baut

Sambungan dalam suatu struktur merupakan bagian yang tidak mungkin diabaikan begitu saja, karena kegagalan pada sambungan dapat mengakibatkan kegagalan stuktur secara keseluruhan.

Syarat- syarat sambungan :

1. Harus kuat, aman tetapi cukup hemat.
2. Ditempat yang mudah terlihat, seharusnya dibuat seindah mungkin.
3. Mudah dalam pelaksanaan pemasangan di lapangan.
4. Pada satu titik sambungan sebaiknya dihindari penggunaan alat penyambung yang beda- beda.

Persyaratan keamanan yang diberikan LRFD untuk penyambung persamaan menjadi : (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 131)

$$\phi R_n \geq P_u \quad (2.33)$$

Dimana :

ϕ = factor resistansi (untuk konektor harga itu berkaitan dengan tipe kejadian, seperti 0,75 untuk retakan dalam tarik, 0,65 untuk geser pada baut berkekuatan tinggi, dan 0,75 untuk tumpu baut pada sisi lubang)

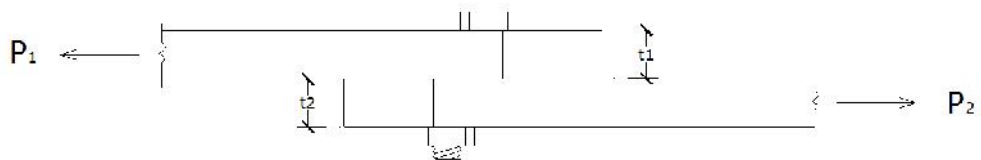
R_n = kekuatan satu penyambung

P_u = Beban terfaktor pada satu penyambung

2.6.1 Kekuatan Geser Desain Tanpa Ulir Pada Bidang Geser

Kekuatan ϕR_n , berdasarkan kekuatan geser penyambung tanpa ada ulir pada bidang geser menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) adalah :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_{ub}) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot F_{ub}) \cdot m \cdot A_b \end{aligned} \quad (2.34)$$



Gambar 2.6 Kegagalan geser baut tanpa ulir

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson 1992)

Dimana :

ϕ : 0,65, suatu harga yang dipilih untuk mengkalibrasi

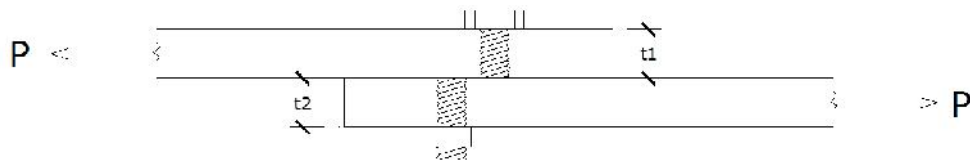
- Fub : kekuatan tarik bahan baut
- m : banyaknya bidang geser yang terlibat
- Ab : luas penampang lintang pada arah melintang tangkai tak berulir dari baut tersebut

2.6.2 Kekuatan Geser Desain Ada Ulir Pada Bidang Geser

Kekuatan desain ϕR_n bila terdapat ulir pada bidang geser menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132)

adalah :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,45 \cdot F_{ub}) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,45 \cdot F_{ub}) \cdot m \cdot A_b\end{aligned}\quad (2.35)$$



Gambar 2.7 Kegagalan geser baut ada ulir

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson 1992)

2.6.3 Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut

Kekuatan desain ϕR_n , berdasarkan kekuatan tarik penyambung menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) adalah :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot F_{ub} (0,75 \cdot A_b) \\ &= 0,75 \cdot F_{ub} (0,75 \cdot A_b)\end{aligned}\quad (2.36)$$

Atau :

$$\phi R_n = 0,75 \cdot (0,75 \cdot F_{ub}) \cdot A_b$$



Gambar 2.8 Kegagalan tarik baut

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson 1992)

Dimana :

ϕ : 0,75, suatu harga untuk bentuk kegagalan tarik

F_{ub} : kekuatan tarik bahan baut (120 ksi untuk baut A325, 150 ksi untuk baut A490)

A_b : luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang berulir.

2.6.4 Kekuatan Tumpu Desain Baut

Kekuatan desain ϕR_n , berdasarkan kekuatan tumpu pada lubang baut menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) dibagi menjadi beberapa kategori :

1. Untuk kondisi biasa (lubang standar atau lubang beralur pendek, jarak ujung tidak krang dari 1,5 D, dengan jarak baut dari pusat ke pusat tidak kurang dari 3 D, dengan dua atau lebih pada garis gaya), berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.37)$$

Dimana :

- ϕ : 0,75, harga untuk baut terhadap sisi lubang
- d : diameter nominal baut (bukan pada bagian ulir)
- t : ketebalan bagian yang disambung (misalnya pelat)
- F_u : kekuatan tarik baja untuk membentuk bagian yang disambung

2. Untuk lubang beralur pendek yang tegak lurus terhadap arah transmisi beban, jarak ujung tidak kurang dari 1,5 D, dengan jarak baut dari pusat ke pusat tidak kurang dari 3 D, dengan dua atau lebih pada garis gaya, berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.38)$$

Dimana : $\phi = 0,75$, harga untuk baut terhadap sisi lubang

3. Untuk baut yang paling berdekatan dengan pinggir dimana kondisi 1 dan 2 tidak terpenuhi, berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (L \cdot t \cdot F_u) \quad (2.39)$$

Dimana :

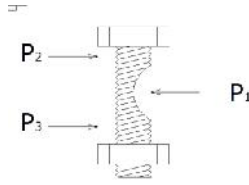
- ϕ : 0,75, harga untuk baut terhadap sisi lubang
- L : jarak ujung pada garis gaya, dari pusat suatu standar atau lubang berukuran lebih, atau dari pertengahan lebar lubang beralur pendek, sampai pinggiran bagian yang disambung

4. Bila perpanjangan lubang lebih besar dari 0,25 dapat dipergunakan persamaan :

$$\phi R_n : \phi \cdot (3,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.40)$$

Dimana :

- ϕ : 0,75, harga untuk baut terhadap sisi lubang



Gambar 2.9 Kegagalan tumpu baut ada ulir

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson 1992)

2.7 Sambungan Struktur

2.7.1 Sambungan Balok – Kolom

Perencanaan semua sambungan balok-ke-kolom yang digunakan pada Sistem Pemikul Beban Gempa harus didasarkan pada hasil – hasil pengujian kualifikasi yang menunjukkan rotasi inelastic sekurang-kurangnya 0,03 radian. Hasil-hasil pengujian kualifikasi didapat terhadap sekurang-kurangnya dari dua pengujian siklik dan diijinkan berdasarkan salah satu dari dua persyaratan berikut ini:

- a) Laporan penelitian atau laporan pengujian yang dilakukan untuk sambungan yang serupa dengan yang sedang direncanakan untuk suatu proyek;
- b) Pengujian yang dilakukan khusus untuk sambungan yang sedang direncanakan untuk suatu proyek dan cukup mewakili ukuran-ukuran komponen struktur, kekuatan bahan, konfigurasi sambungan, dan urutan pelaksanaan pada proyek tersebut.

Interpolasi atau ekstrapolasi dari hasil-hasil pengujian dengan ukuran-ukuran komponen struktur yang berbeda-beda harus dilakukan menggunakan

analisis rasional yang memperlihatkan distribusi tegangan dan besar gaya-gaya-dalam yang konsisten terhadap model uji sambungan dan dengan memperhatikan pengaruh negatif dari ukuran bahan dan ketebalan las yang lebih besar serta variasi dari sifat-sifat bahan. Ekstrapolasi dari hasilhasil pengujian harus didasarkan pada kombinasi serupa dari komponen struktur.

Sambungan yang sebenarnya harus dibuat menggunakan bahan, konfigurasi, proses, dan kendali kualitas demikian sehingga dapat menjamin keserupaannya dengan model uji sambungan. Balok – balok dengan hasil pengujian tegangan leleh kurang dari $85\% f_{ye}$ tidak boleh digunakan dalam pengujian kualifikasi.

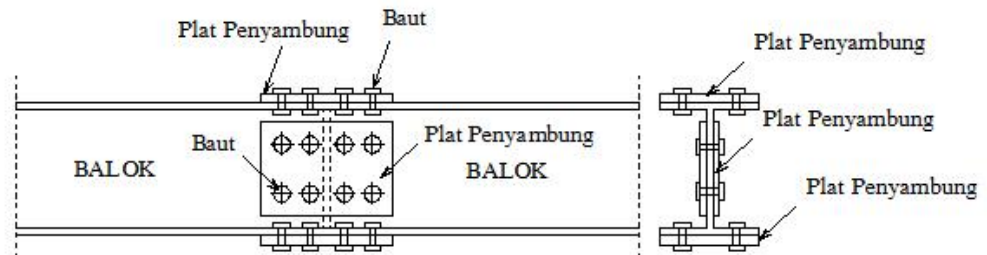
Pengujian sambungan balok-ke-kolom harus memperlihatkan kuat lentur, yang diukur di muka kolom, sekurang-kurangnya sama dengan momen plastis nominal balok M_p pada saat terjadinya rotasi inelastis yang disyaratkan, kecuali bila:

- a) Kuat lentur balok lebih ditentukan oleh tekuk lokal daripada oleh tegangan leleh bahan, atau bila sambungan menghubungkan balok dengan penampang melintang yang direduksi maka kuat lentur minimumnya sama dengan $0,8M_p$ dari balok pada pengujian.
- b) Sambungan-sambungan yang memungkinkan terjadinya rotasi dari komponen struktur yang tersambung dapat diijinkan, selama dapat ditunjukkan menggunakan analisis yang rasional bahwa tambahan simpangan antar lantai yang disebabkan oleh deformasi sambungan dapat diakomodasikan oleh struktur bangunan. Analisis rasional yang dilakukan harus memperhitungkan stabilitas sistem rangka secara keseluruhan dengan memperhatikan pengaruh orde kedua.

Karena di SNI tidak ada panduan, digunakan AISC manual untuk sambungan momen dengan gaya bolak balik.

2.7.2 Sambungan Momen dan Geser Balok - Balok

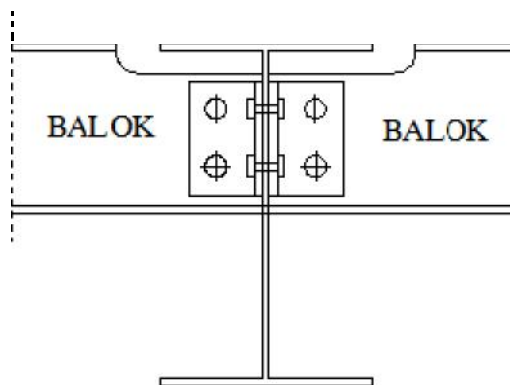
1) Sambungan Balok Lurus



Gambar 2.10 Sambungan Balok Lurus

Untuk sambungan balok lurus disarankan memberikan suatu sarana yang memungkinkan untuk menahan momen yang bekerja pada balok tersebut yang dinamakan sambungan momen. Pada sambungan ini disarankan untuk tidak diletakkan pada momen maksimal pada suatu bentang yang disambung.

2) Sambungan Geser Balok Memanjang – Melintang



Gambar 2.11 Sambungan Balok memanjang ke balok meintang

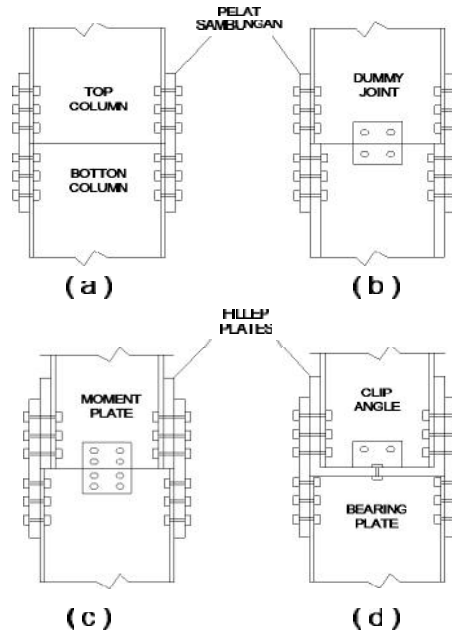
Bila balok merangka secara transversal ke gelagar atau balok lainnya, maka balok – balok tersebut mungkin ditempelkan ke salah satu ataupun kedua sisi dari badan gelagar dengan menggunakan sambungan balok dengan rangka sederhana atau dengan menggunakan dudukan yang dikombinasikan dengan sambungan balok rangka. Untuk sambungan balok ke balok disarankan memberikan suatu sarana yang memungkinkan gaya tarik yang ada pada suatu flens balok akan ditahan melintasi balok ditahan melintasi balok disebelahnya pada sisi lain dari badan gelagar.

2.7.3 Sambungan Kolom

Nama-nama sambungan didasarkan pada perencanaanya, yakni gaya dasar yang ada pada plat kolom. Sambungan yang dimaksudkan untuk menahan momen pada kolom disebut momen splices (sambungan momen), sedangkan untuk menahan gaya geser disebut shear splices (sambungan geser). Kolom dijadikan subjek untuk tiga macam gaya yaitu gaya aksial, horizontal, dan momen puntir/torsi aksi individu atau kombinasi. Sambungan dalam bentuk plat diletakan pada sayap kolom untuk menahan beban aksial dan beban kombinasi untuk momen, atau diletakan pada badan untuk menahan gaya horizontal.

Tipe-tipe sambungan kolom dapat dilihat pada gambar 2.9, dimana pada gb.(a) kolom atas dan kolom bawah sama bentuknya dan disambung dengan plat penyambung pada sayapnya. Sambungan tipe ini hanya cocok untuk tekan aksial. Pada gb.(b) kolom bagian atas dan bawah mempunyai lebar yang sama, tetapi ketebalan sayap atas lebih tipis dari pada kolombawah. Sambungan ini

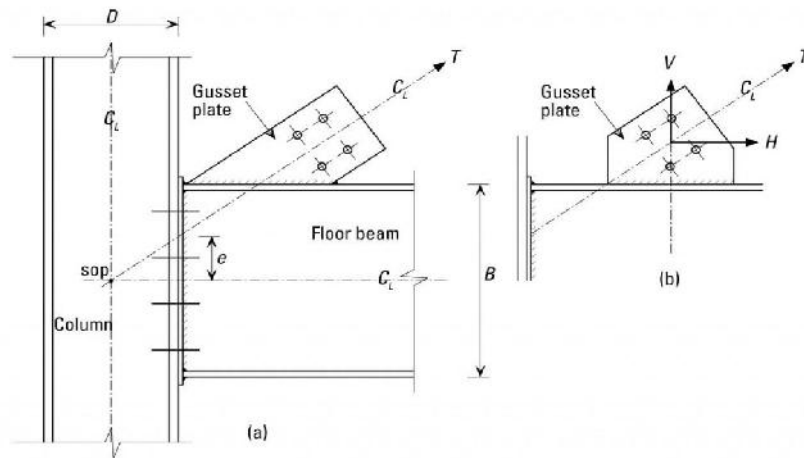
disesuaikan hanya untuk kolom yang menerima gaya aksial saja. Gb.(c) memperhatikan dua kolom dengan lebar yang tidak sama dengan menggunakan *filler plates* (plat pengisi). Plat pengisi akan memberikan ketebalan untuk membuat kolom atas sama lebarnya seperti kolom bawah. Jika kolom menerima momen tambahan, jumlah baut yang sudah dihitung boleh menggunakan plat momen seperti terlihat pada gb.(c). Pada bagian yang lebarnya tidak sama, kadang-kadang diperlukan plat tumpuan kira-kira tebal 5 cm untuk mendapatkan tempat penghubung yang baik untuk mentransfer beban ke kolom bawah seperti terlihat pada gb.(d).



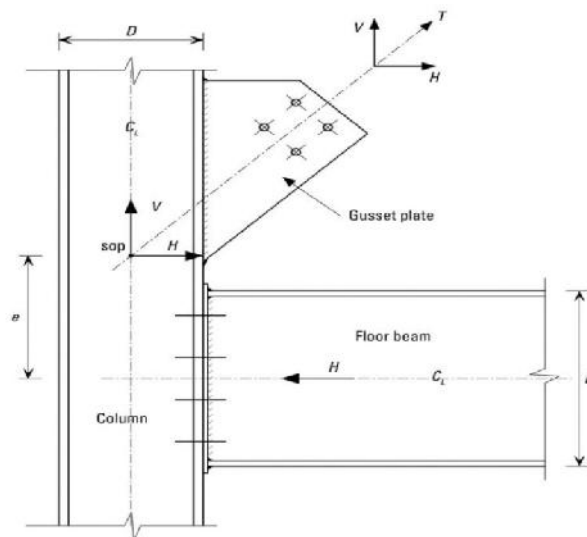
Gambar 2.12 Macam-macam sambungan kolom

2.7.4 Sambungan Bresing

Bresing tidak bisa menerima momen kecuali akibat berat sendiri, sehingga bresing berperilaku sebagai rangka batang yaitu batang tekan atau batang tarik. Oleh karena itu, sambungan bresing pada join balok-kolom menggunakan sambungan sederhana atau sendi sehingga hanya pada bagian badan bresing yang dipasang baut.



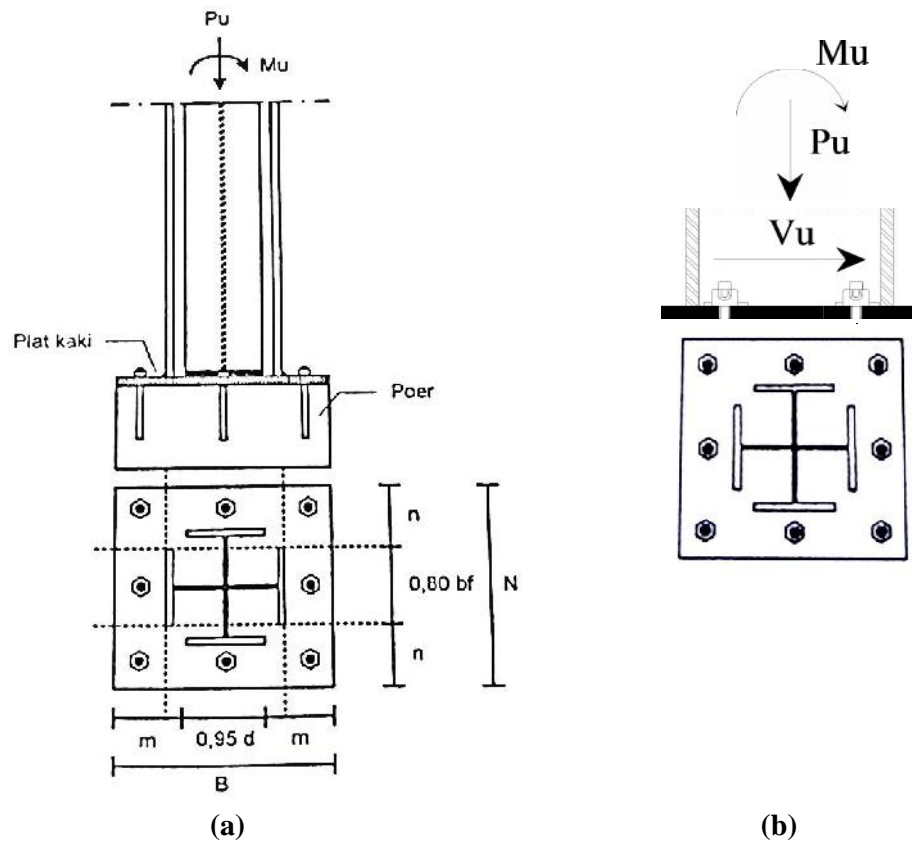
Gambar 2.13 Sambungan bresing yang menggunakan sambungan sendi



Gambar 2.14 Sambungan bresing yang terpasang ke kolom

2.8 Plat landasan (*Base plate*)

Dalam perencanaan suatu struktur baja , bagian penghubung antara kolom struktur dengan pondasi sering disebut dengan istilah Plat landasan (*base plate*). Pada umumnya suatu struktur base plate terdiri dari suatu plat dasar, angkur serta sirip-sirip pengaku (*stiffener*). Suatu sturuktur base plate dan angkur harus memiliki kemampuan untuk mentransfer gaya geser, gaya aksial dan momen lentur ke pondasi.



Gambar 2.15 (a) Notasi pada plat landasan /Base Plate, (b) Beban yang bekerja pada base plate

1) Dimensi *Base Plate* :

$$A1 = B \times N$$

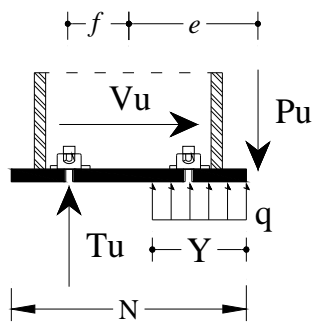
Dimana :

N : Panjang *base plate*

B : Lebar *base plate*

A1 : Luas permukaan *base plate*

2) Perhitungan Eksentrisitas :



Gambar 2.16 *Base Plate* dengan eksentrisitas beban

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

Dimana :

e : Jarak Eksentrisitas (mm)

Mu : Momen yang terjadi (Nmm)

Pu : Gaya tekan yang terjadi (N)

3) Perhitungan Tegangan Tumpu Pada Beton :

$$q = \phi_c \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot B \sqrt{\frac{A2}{A1}}$$

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

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

Dimana :

ϕ_c : Faktor Reduksi (0,65)

f'_c : Kuat tekan beton

B : Lebar *base plate*

T_u : 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

4) Perhitungan Angkur :

Angkur yang direncanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik.

1. Kontrol geser :

$$V_{ub} \leq \phi f_{nv} x A_b$$

2. Kontrol Tarik

$$T_{ub} \leq \phi f_{nt} x A_b$$

Dimana :

T_{ub} : Gaya tarik yang terjadi (N)

V_{ub} : Gaya geser yang terjadi (N)

A_b : Luas tubuh angkur (mm²)

ϕ : Faktor reduksi (0,75)

f_{nt} : Tegangan tarik nominal (MPa)

f_{nv} : Tegangan geser (MPa)

5) Tebal *Base Plate*

$$m = \frac{(N - 0,95.d)}{2} \quad (2.41)$$

$$n = \frac{(B - 0,8.b_f)}{2} \quad (2.42)$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2} \quad (2.43)$$

$$f = \frac{N}{2} - \text{Jarak as angkur dengan sisi terluar plat} \quad (2.44)$$

Maka :

$$t_p = 2,11 \sqrt{\frac{P_u \cdot m - \left(\frac{Y}{2}\right)}{B \cdot f_y}} \quad (2.45)$$

Dimana :

t_p : Tebal *base plate*

B : Lebar *base plate*

f_y : Tegangan leleh baja

d : Diameter Angkur Baut

6) Kontrol terhadap momen :

$$M_n \geq M_{pl} \quad (2.46)$$

$$M_{pl} = \frac{T_u \cdot x}{B} \quad (2.47)$$

$$M_n = M_p = \frac{t_p^2}{4} \cdot f_y \quad (2.48)$$

Dimana :

M_{pl} : Momen lentur terfaktor pada *base plate* (Nmm)

M_n : Momen nominal pada *base plate* (Nmm)

t_p : Tebal *base plate*

B : Lebar *base plate*

f_y : Tegangan leleh baja (Mpa)

BAB III

PERHITUNGAN STATIKA

3.1 Data - Data Perencanaan

3.1.1 Data Bangunan

Perencanaan struktur gedung menggunakan sistem rangka bresing eksentris. Pada skripsi ini mengambil objek studi gedung Hotel Ijen Suites Malang dengan data sebagai berikut :

- Nama gedung : Hotel Ijen Suites Malang
- Lokasi gedung : Jl. Ijen Nirwana Raya Blok A No.16, Malang
- Fungsi bangunan : Hotel
- Jumlah lantai : 14 + Atap
- Bentang memanjang : 57.75 m
- Bentang melintang : 15.35 m
- Luas bangunan : 886.46 m²
- Tinggi bangunan : 52.80 m
- Tinggi per lantai
 - Lantai 1 ke lantai 2 = 5.00 m
 - Lantai 2 ke lantai 3 = 3.50 m
 - Lantai 3 ke lantai 4 = 3.50 m
 - Lantai 4 ke lantai 5 = 3.50 m
 - Lantai 5 ke lantai 6 = 3.50 m
 - Lantai 6 ke lantai 7 = 3.50 m
 - Lantai 7 ke lantai 8 = 3.50 m
 - Lantai 8 ke lantai 9 = 3.50 m
 - Lantai 9 ke lantai 10 = 3.50 m
 - Lantai 10 ke lantai 11 = 3.50 m
 - Lantai 11 ke lantai 12 = 3.50 m

Lantai 12	ke	lantai 13	=	3.50 m
Lantai 13	ke	lantai 14	=	4.65 m
Lantai 14	ke	Atap	=	$\frac{4.65 \text{ m}}{\quad} +$
Total tinggi bangunan			=	52.80 m

3.1.2 Data Material

Dalam perencanaan ini gedung, mutu bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Profil Baja Struktur : *Wide Flange (WF)*
- Jenis baja profil : BJ 50 (tabel 5.3 SNI 1726 : 2002)
- Tegangan putus baja profil (f_u) : 500 MPa
- Tegangan leleh baja profil (f_y) : 290 MPa
- Mutu Baja Wire Mesh (f_{ys}) : BjTS 40 (tabel 6 SNI 2052 : 2002)
: 392 MPa
- Mutu shear conector ($f_{y_{sc}}$) : 250 MPa (tabel 6 SNI 2052 : 2002)
($f_{u_{sc}}$) : 410 MPa
- Modulus elastisitas baja (E_s) : 200000 Mpa
- Mutu beton (f'_c) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c) : $4700 \frac{f'_c}{25}$
: $4700 \frac{25}{25}$
: 23500 MPa

3.2 Metode Perencanaan

Metode perencanaan ini menggunakan metode analisis perancangan.

3.2.1 Prosedur Perencanaan

Langkah – langkah perencanaan SRBK adalah sebagai berikut :

- 1.) Menentukan dimensi profil baja untuk balok dan kolom serta bresing.

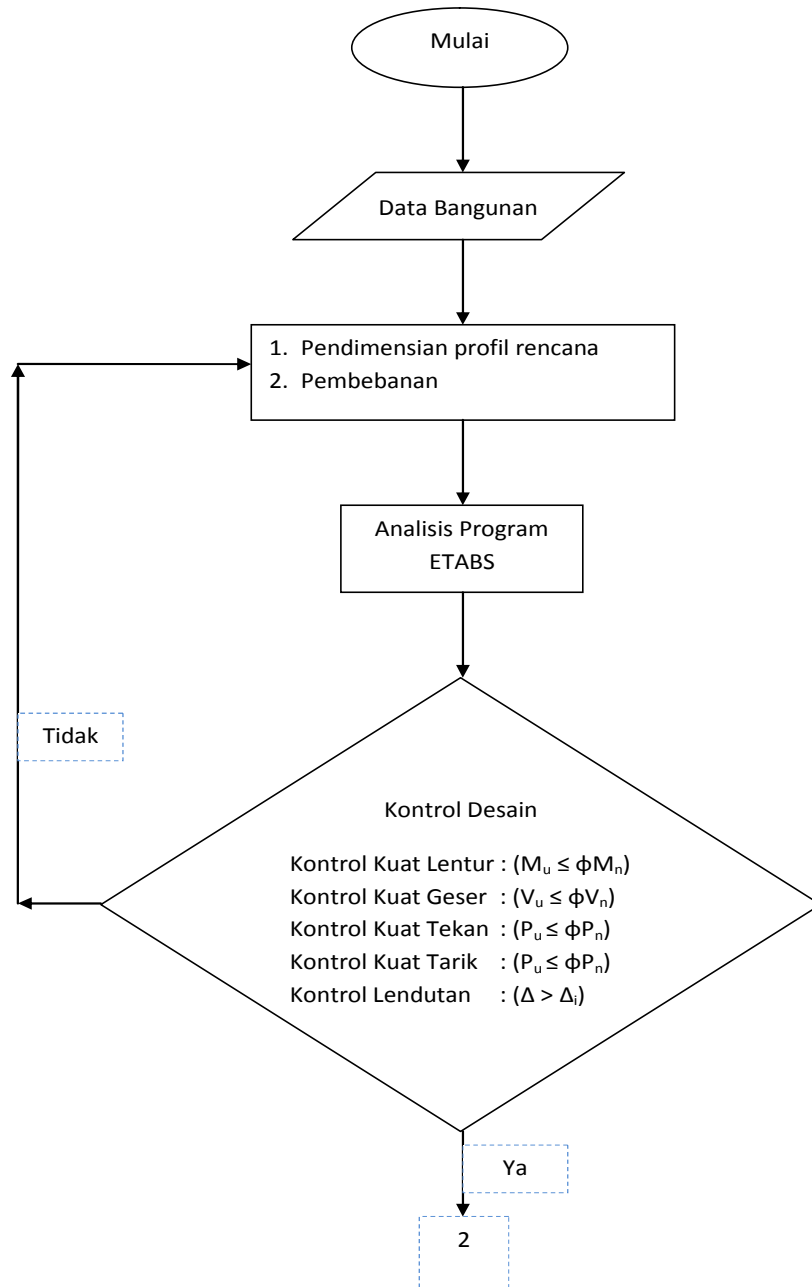
- 2.) Menghitung berat sendiri struktur dan berat yang diakibatkan oleh beban mati tambahan serta beban hidup.
- 3.) Menghitung beban gempa yang bekerja menggunakan metode respons spectrum berdasarkan SNI 03-1726-2012. Adapun data-data yang diperlukan dalam mencari gaya gempa lateral yang bekerja yakni :
 - Grafik respons spectrum yang didasarkan pada wilayah gempa pada lokasi gedung, jenis tanah sedang (SD), dan waktu getar alami yang diperoleh dari puskim.pu.go.id untuk wilayah Malang.
 - Faktor keuatamaan bangunan (I_e) diambil menurut kategori risiko gedung hotel pada tabel Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa SNI 03-1726-2012.
 - Faktor reduksi gempa maksimum untuk SRBK pada tabel Faktor R, Cd dan 0 untuk sistem penahan gaya gempa SNI 03-1726-2012.
- 4.) Membuat pemodelan struktur dan letak bresing serta memasukan beban-beban yang bekerja pada struktur. Adapun beban yang bekerja pada struktur yakni beban mati, beban hidup dan beban gempa. Analisis dilakukan dengan memasukan pengaruh P-delta. Pemodelan menggunakan program bantu ETABS.
- 5.) Melakukan analisa struktur yang telah dimodelkan dengan bantuan program ETABS.
- 6.) Memeriksa rasio tegangan masing-masing elemen struktur yang tidak boleh lebih besar dari 1.

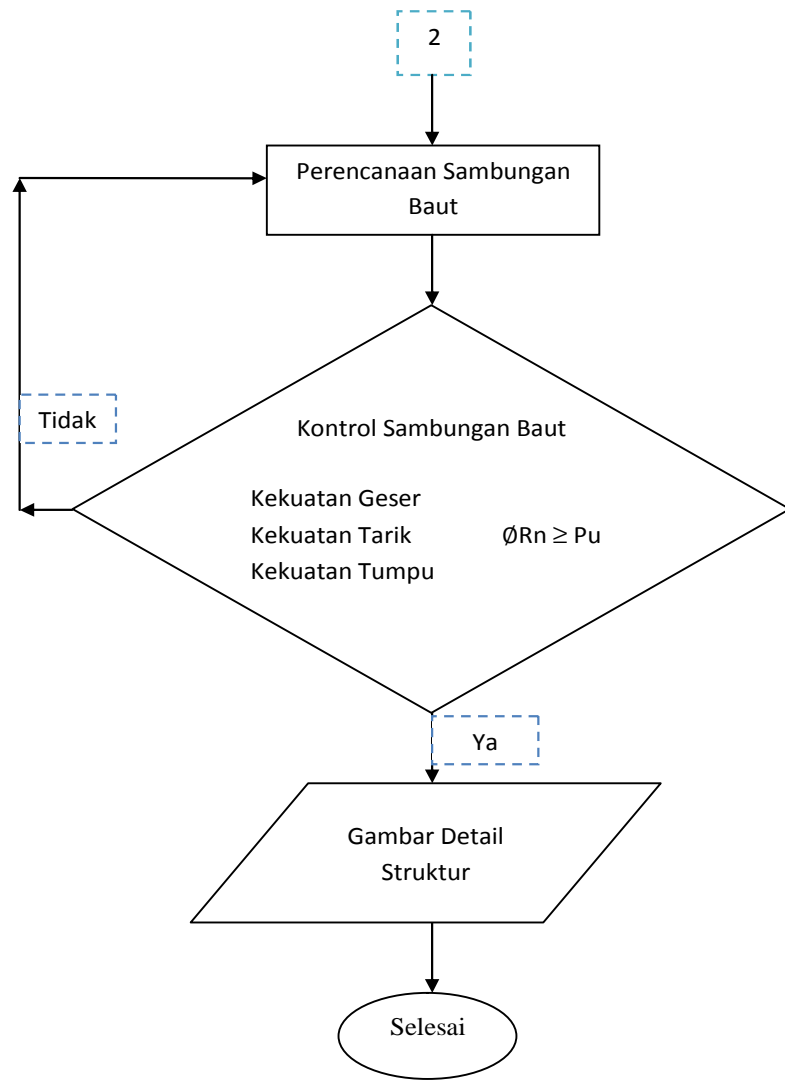
$$\frac{R_u}{\Phi \cdot R_n} < 1$$
- 7.) Pemeriksaan simpangan yang terjadi pada struktur akibat beban gempa. Simpangan yang terjadi pada struktur dapat diketahui melalui program bantu ETABS.
- 8.) Merencanakan sambungan struktur. Adapun berat sambungan struktur diasumsikan sebesar 10% dari berat total baja yang terpakai. Sambungan

struktur yang digunakan yakni sambungan baut.

9. Membuat gambar struktur berdasarkan hasil perencanaan.

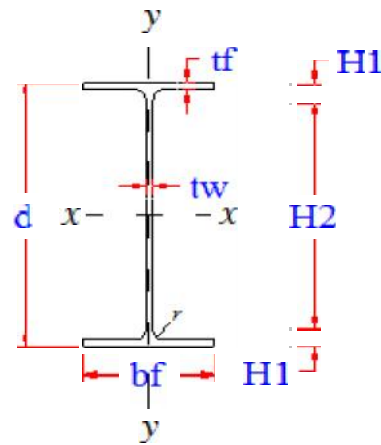
Prosedur perencanaan kemudian dituangkan dalam bagan alir sebagai berikut :





3.3 Pendimensionian Struktur

3.3.1 Balok



Gambar 3.1 Penampang Balok Baja (Profil WF)

Digunakan dimensi balok sebagai berikut :

1) Balok induk

Digunakan profil baja WF 450 x 200 x 9 x 14

Dari tabel baja diperoleh :

d : 450.0 mm	r : 18.0 mm	I_y : 1870.0 cm ⁴
b_f : 200.0 mm	H_1 : 32.0 mm	i_x : 18.61 cm
t_w : 9.0 mm	H_2 : 386.0 mm	i_y : 4.40 cm
t_f : 14.0 mm	w : 75.96 Kg/m	S_x : 1489.00 cm ³
A_g : 96.76 cm ²	I_x : 33500.0 cm ⁴	S_y : 187.00 cm ³

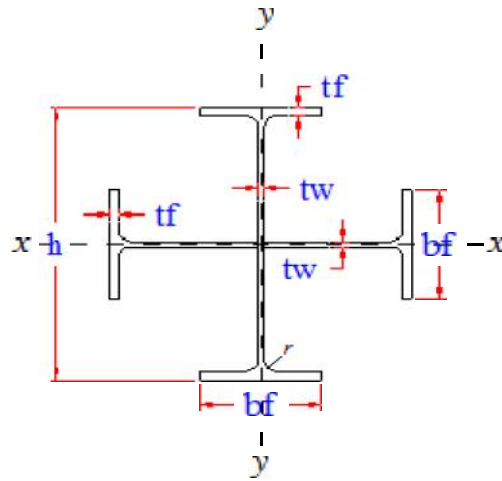
2) Balok Anak

Digunakan profil baja WF 350 x 175 x 7 x 11

Dari tabel baja diperoleh :

d : 350.0 mm	r : 14.0 mm	I_y : 984.0 cm ⁴
b_f : 175.0 mm	H_1 : 25.0 mm	i_x : 14.68 cm
t_w : 7.0 mm	H_2 : 300.0 mm	i_y : 3.95 cm
t_f : 11.0 mm	w : 49.56 Kg/m	S_x : 777.00 cm ³
A_g : 63.14 cm ²	I_x : 13600.0 cm ⁴	S_y : 112.00 cm ³

3.3.2 Kolom



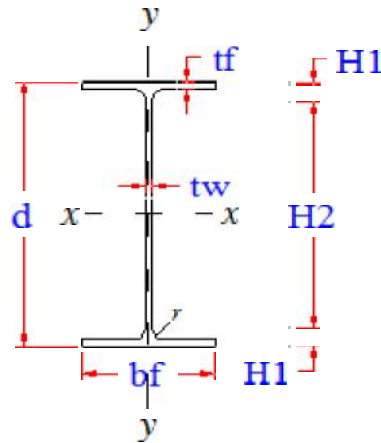
Gambar 3.2 Penampang Kolom Baja (Profil Kingcross)

Digunakan profil baja KC untuk kolom 700 x 300 x 13 x 24

Dari tabel baja diperoleh :

h : 700.0 mm	r : 28.0 mm	I_y : 220791.0 cm ⁴
b_f : 300.0 mm	H_1 : 52.0 mm	i_x : 21.21 cm
t_w : 13.0 mm	H_2 : 596.0 mm	i_y : 21.65 cm
t_f : 24.0 mm	w : 369.70 Kg/m	S_x : 6051.4 cm ³
A_g : 471.0 cm ²	I_x : 211800.0 cm ⁴	S_y : 6193.3 cm ³

3.3.3 Bresing



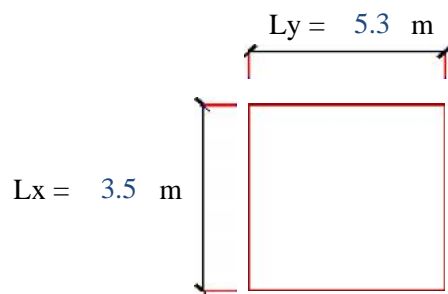
Gambar 3.3 Penampang Bresing Baja (Profil WF)

Digunakan profil baja WF untuk bresing 400 x 200 x 8 x 13

Dari tabel baja diperoleh :

d : 400.0 mm	r : 16.0 mm	I_y : 1740.0 cm ⁴
b_f : 200.0 mm	H_1 : 29.0 mm	i_x : 16.79 cm
t_w : 8.0 mm	H_2 : 342.0 mm	i_y : 4.55 cm
tf : 13.0 mm	w : 66.03 Kg/m	S_x : 1185.00 cm ³
A_g : 84.12 cm ²	I_x : 23700.0 cm ⁴	S_y : 174.00 cm ³

3.3.4 Plat

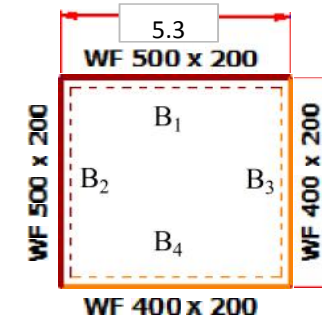


Rasio bentang terpanjang terhadap bentang terpendek ()

$$= \frac{L_y}{L_x} = \frac{5.3}{3.5} = 1.5$$

Digunakan tulangan Wire Mesh.

1) Perhitungan f_m , sebagai berikut :



Momen inersia balok :

$$\begin{aligned}
 I_{b1} (\text{WF } 500 \times 200) &= 33500 \text{ cm}^4 \\
 &= 335000000 \text{ mm}^4 \\
 I_{b2} (\text{WF } 500 \times 200) &= 33500 \text{ cm}^4 \\
 &= 335000000 \text{ mm}^4 \\
 I_{b3} (\text{WF } 400 \times 200) &= 13600 \text{ cm}^4 \\
 &= 136000000 \text{ mm}^4 \\
 I_{b4} (\text{WF } 500 \times 200) &= 33500 \text{ cm}^4 \\
 &= 335000000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Momen Inersia plat, direncanakan :

- Arah x

$$\text{Tinggi plat (h)} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang plat (b)} = 5300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{p1} &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 5300 \times 120^3 \\
 &= 763200000.0 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- Arah y

$$\text{Tinggi plat (h)} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang plat (b)} = 3500 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{p2} &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 3500 \times 120^3 \\
 &= 504000000.0 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Dengan, Modulus elastisitas beton (E_c) = 23500 MPa

Modulus elastisitas baja (E_s) = 200000 MPa

Maka rasio kekakuan penampang balok terhadap kekakuan penampang pelat adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \bullet \quad r_1 &= \frac{E_s \times I_{b1}}{E_c \times I_{P1}} = \frac{200000 \times 335000000}{23500 \times 763200000} = 3.7357 \\ \bullet \quad r_2 &= \frac{E_s \times I_{b2}}{E_c \times I_{P2}} = \frac{200000 \times 335000000}{23500 \times 504000000} = 5.6569 \\ \bullet \quad r_3 &= \frac{E_s \times I_{b3}}{E_c \times I_{P2}} = \frac{200000 \times 136000000}{23500 \times 504000000} = 2.2965 \\ \bullet \quad r_4 &= \frac{E_s \times I_{b4}}{E_c \times I_{P1}} = \frac{200000 \times 335000000}{23500 \times 763200000} = 3.7357 \end{aligned}$$

Sehingga, rata-rata rasio kekakuan balok terhadap penampang (α_{fm}) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \alpha_{fm} &= \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4}{4} \\ &= \frac{3.74 + 5.66 + 2.3 + 2.3}{4} \\ &= 3.4964 > 2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 9.5.3.3 (c) untuk $\alpha_{fm} > 2$, ketebalan plat minimum tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} \bullet \quad h &= \frac{Ln \times [0,8 + f_{yr} / 1400]}{36 + (9 \times \quad)} \\ h &= \frac{5300 \times \left(0.80 + \frac{392}{1400} \right)}{36 + [9 \times 1.5]} \\ &= 115.337 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

- dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Ketebalan Plat Maksimum (h_{Max}) yaitu :

$$\begin{aligned}
 h_{maks} &= \frac{Ln \times [0,8 + fy / 1400]}{36} \\
 &= \frac{5300 \times \left(0.80 + \frac{392}{1400} \right)}{36.00} \\
 &= 208.46667 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

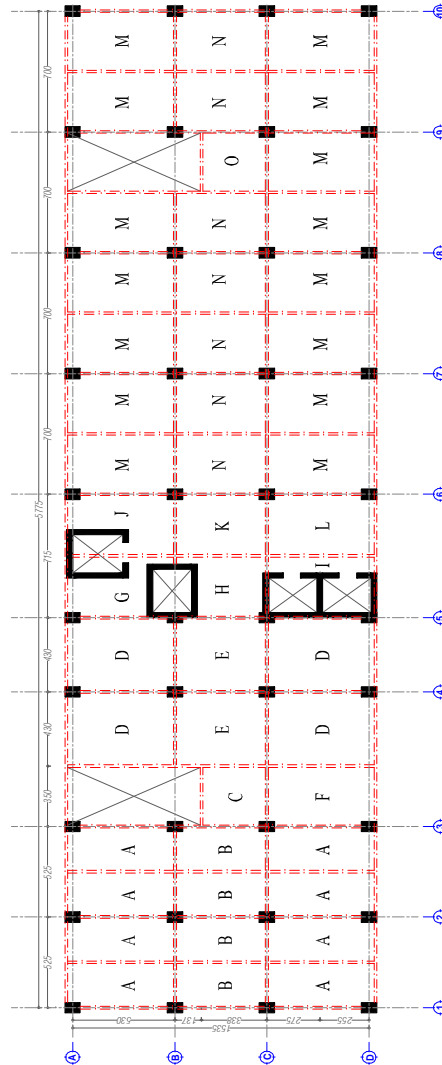
Maka digunakan plat dengan ketebalan (h_{plat}) = 120 mm

Kontrol tebal plat : $h_{min} < h < h_{maks}$

$$115.337 < 120 < 208.47 \quad \dots\dots\dots\mathbf{OK}$$

3.4 Perencanaan Plat Lantai

Seperti telah disebutkan pada sub bab 3.3.4 bahwa perencanaan plat ini menggunakan plat dengan tulangan . Sebagai berikut :



Gambar 3.4 Denah Plat Lantai

Digunakan data sebagai berikut :

- Tebal plat : 120 mm
- D tul utama x : 9 mm
- D tul utama y : 9 mm
- Tebal selimut beton : 20 mm
- Lebar (b) : 1000 mm
- Mutu beton (f'_c) : 25 MPa
- tulangan (f_{yt}) : 392 MPa
- 1 : 0.85

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 f_y} \quad \text{tidak lebih kecil dari} \quad \rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{25}}{4 \times 392} = 0.0032 \quad \text{tidak lebih kecil dari}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{392} = 0.0036$$

Dengan demikian digunakan ρ_{\min} yakni : 0.0036

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0.85 \times 0.85 \times \frac{25}{392} \times \frac{600}{600 + 392}$$

$$= 0.02786964$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times b$$

$$= 0.75 \times 0.0279$$

$$= 0.021$$

3.4.1 Pembebanan Plat

- *Beban mati :*

$$\text{Berat sendiri} = 0.12 \times 24 = 2.88 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat tegel} = 0.24 \text{ kN/m}^2, \text{ per cm tebal. Digunakan tebal } 0.7 \text{ cm, maka}$$

$$= 0.24 \times 0.7 = 0.168 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat tegel} = 0.21 \text{ kN/m}^2, \text{ per cm tebal. Digunakan tebal } 3.0 \text{ cm, maka}$$

$$= 0.21 \times 3.0 = 0.630 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Plafon} = 0.063 = 0.063 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Brt penggantung} = 0.030 = 0.030 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 3.771 \text{ kN/m}^2$$

- *Beban hidup :*

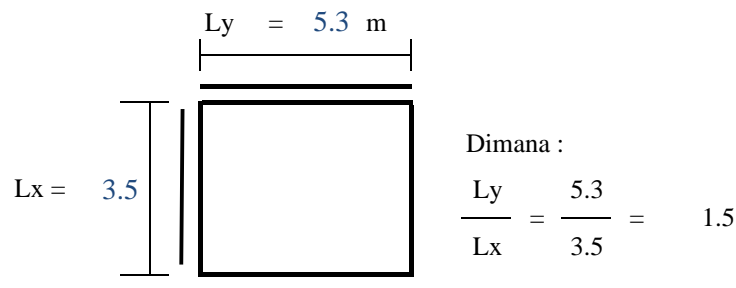
$$\begin{aligned} \text{Berat beban hidup} & \quad 2.5 & \quad = \frac{2.50 \text{ kN/m}^2}{\text{ql} = 2.50 \text{ kN/m}^2} \end{aligned}$$

- *Beban terfaktor*

$$\begin{aligned} q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l & = \left[1.2 \times 3.77 \right] + \left[1.6 \times 2.50 \right] \\ & = 8.5246 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3.4.2 Penulangan Plat D

$$M = \pm 0.001 \cdot q_u \cdot \ell_x^2 \cdot C$$



Dgn mengetahui nilai Ly/Lx maka dapat ditentukan nilai C, yakni :

$$C_{t_x} : 79 \quad C_{t_y} : 57$$

$$C_{\ell_x} : 38 \quad C_{\ell_y} : 15$$

Sehingga dapat ditentukan nilai momen sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{t_x} & = - 0.001 \times q_u \times \ell_x^2 \times C_{t_x} \\ & = - 0.001 \times 8.525 \times 4^2 \times 79 \\ & = - 8.2497 \text{ kNm} \\ & = - 8249681.7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\ell_x} & = 0.001 \times q_u \times \ell_x^2 \times C_{\ell_x} \\ & = 0.001 \times 8.525 \times 4^2 \times 38 \\ & = 3.9682 \text{ kNm} \\ & = 3968201.3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{t_y} & = - 0.001 \times q_u \times \ell_x^2 \times C_{t_y} \\ & = - 0.001 \times 8.525 \times 4^2 \times 57 \\ & = - 5.9523 \text{ kNm} \\ & = - 5952302 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_t y &= 0.001 \times q_u \times l_x^2 \times C_{t_y} \\
 &= 0.001 \times 8.525 \times 4^2 \times 15 \\
 &= 1.5664 \text{ kNm} \\
 &= 1566395.3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Tumpuan arah x

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama arah } x \\
 &= 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 9 \\
 &= 95.50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{\phi} = \frac{8249682}{0.8} = 10312102 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{10312102.1}{1000 \times 96^2} = 1.13068195 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{392}{0.85 \times 25} = 18.447059 \\
 &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{18.447} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.1307 \times 18.4471}{392}} \right] \\
 &= 0.00296551 \\
 &= 0.0030 < \min = 0.0036 < \max = 0.021
 \end{aligned}$$

Maka digunakan yakni : 0.0036

Dengan demikian perhitungan As yakni :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= m \times b \times d \\
 &= 0.0036 \times 1000 \times 95.50 \\
 &= 341.07 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan plat dengan ϕ tul = 9

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot r^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 9^2$$

$$= 63.59 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{As \cdot b}{As \text{ perlu}} = \frac{63.6 \times 1000}{341.07}$$

$$= 186.43 \text{ mm} \quad 175 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$As_{\text{ada}} = \frac{As \cdot b}{s} = \frac{63.6 \times 1000}{175} = 363.3 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{perlu}} = 341.07 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{ada}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$363.3 \text{ mm}^2 \geq 341.07 \text{ mm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

Lapangan arah x

$$d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama arah } x$$

$$= 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 9$$

$$= 95.50 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mtx}{\phi} = \frac{3968201}{0.8} = 4960252 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{4960251.6}{1000 \times 96^2} = 0.54387233 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0.85xf'c} = \frac{392}{0.85 \times 25} = 18.447059$$

$$= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn \times m}{fy}} \right]$$

$$= \frac{1}{18.447} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.5439 \times 18.4471}{392}} \right]$$

$$= 0.00140565$$

$$= 0.0014 < \text{min} = 0.0036 < \text{max} = 0.021$$

Maka digunakan yakni : 0.0036

Dengan demikian perhitungan As yakni :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0036 \times 1000 \times 95.50 \\
 &= 341.07 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan plat dengan \emptyset tul = 9

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 9^2 \\
 &= 63.59 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{A_s \cdot b}{A_{s\text{perlu}}} = \frac{63.6 \times 1000}{341.07} \\
 &= 186.43 \text{ mm} \quad 175 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{s\text{ada}} = \frac{A_s \cdot b}{s} = \frac{63.6 \times 1000}{175} = 363.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = 341.07 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{ada}} \geq A_{s\text{perlu}}$$

$$363.3 \text{ mm}^2 \geq 341.07 \text{ mm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

Tumpuan arah y

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan utama arah y} \\
 &= 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 9 \\
 &= 95.50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_{ty}}{\emptyset} = \frac{5952302}{0.8} = 7440377 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{7440377.4}{1000 \times 96^2} = 0.8158085 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f'_c} = \frac{392}{0.85 \times 25} = 18.447059$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right] \\
&= \frac{1}{18.447} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.8158 \times 18.4471}{392}} \right] \\
&= 0.0021227 \\
&= 0.0021 < \min = 0.0036 < \max = 0.021
\end{aligned}$$

Maka digunakan yakni : 0.0036

Dengan demikian perhitungan As yakni :

$$\begin{aligned}
A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
&= 0.0036 \times 1000 \times 95.50 \\
&= 341.07 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Direncanakan plat dengan D tul = 9

$$\begin{aligned}
A_s &= \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 9^2 \\
&= 63.59 \text{ mm}^2 \\
s &= \frac{A_s \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{63.6 \times 1000}{341.07} \\
&= 186.43 \text{ mm} \quad 175 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{s_{\text{ada}}} = \frac{A_s \cdot b}{s} = \frac{63.6 \times 1000}{175} = 363.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 341.07 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{ada}}} \geq A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$363.3 \text{ mm}^2 \geq 341.07 \text{ mm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

Lapangan arah y

$$\begin{aligned}
d &= h - \text{tebal selimut beton} - \emptyset \text{ tul utama } x - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul utama } y \\
&= 120.00 - 20 - 9 - \frac{1}{2} \cdot 9 \\
&= 86.50 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_t y}{\phi} = \frac{1566395}{0.8} = 1957994 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1957994.1}{1000 \times 87^2} = 0.2616852 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{392}{0.85 \times 25} = 18.447059$$

$$= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{18.447} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.2617 \times 18.4471}{392}} \right]$$

$$= 0.00067173$$

$$= 0.0007 < \min = 0.0036 < \max = 0.021$$

Maka digunakan yakni : 0.0036

Dengan demikian perhitungan A_s yakni :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0036 \times 1000 \times 86.50 \\ &= 308.93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan plat dengan D tul = 9

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 9^2 \\ &= 63.59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_s \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{63.6 \times 1000}{308.93} \\ &= 205.82 \text{ mm} \quad 175 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol :

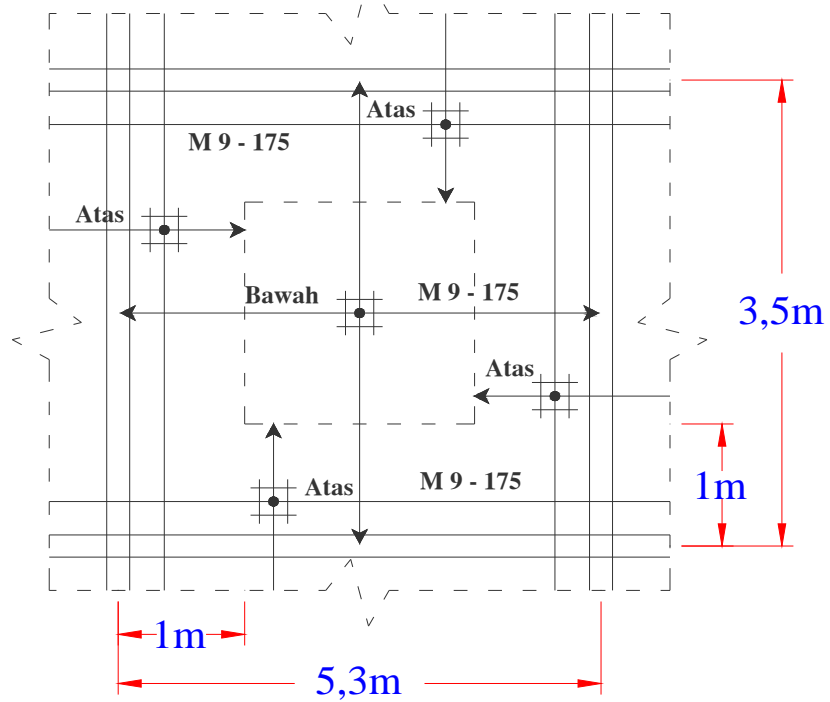
$$A_{s_{\text{ada}}} = \frac{A_s \cdot b}{s} = \frac{63.6 \times 1000}{175} = 363.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 308.93 \text{ mm}^2$$

As_{ada} ≥ As_{perlu}

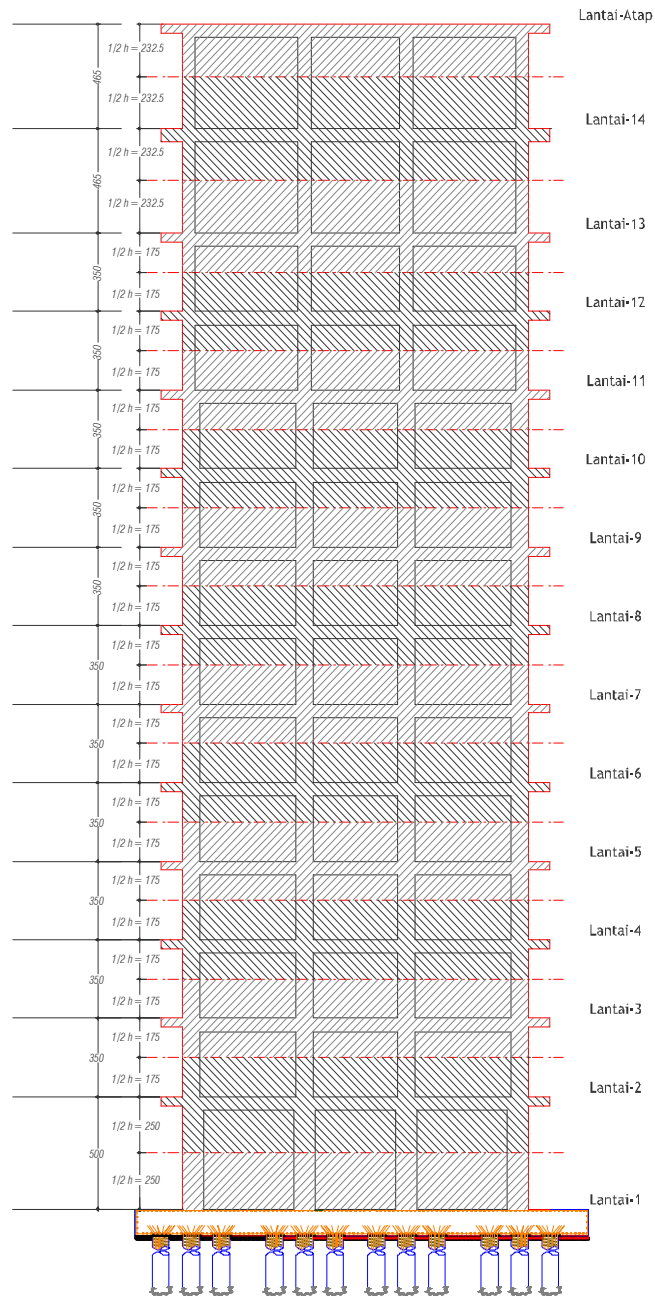
363.3 mm² 308.93 mm² OK

Maka digunakan tulangan Wire Mesh M9 - 175.



Gambar 3.5 Penulangan pelat dengan tulangan Wire Mesh

3.5 Pembebanan



Gambar 3.6 Berat struktur untuk menghitung beban gempa per lantai

Besarnya beban yang bekerja pada struktur didasarkan pada SNI 1727 - 2013.

Adapun beban-beban yang bekerja pada struktur yakni sebagai berikut :

- Berat penutup lantai : 24.0 Kg/m²
tebal keramik, 0.7cm : 24.0 Kg/m² x 0.7 cm = 16.8 Kg/m²
- Berat spesi (adukan) : 21.0 Kg/m²
tebal spesi 3cm, maka : 21.0 Kg/m² x 3.0 cm = 63 Kg/m²
- Berat plafon : 6.25 Kg/m²
- Berat penggantung : 3.0 Kg/m²
- Berat ME : 35.0 Kg/m²
- Berat beton bertulang : 2400.0 Kg/m³
- Berat volum bata ringan : 650.0 Kg/m³
- Tebal dinding : 0.15 cm
- Beban hidup atap : 100.0 Kg/m²
- Beban hidup lantai : 250.0 Kg/m²

Berikut perincian perhitungan berat perlantai, yakni :

3.5.1 Berat Atap

a. Beban Mati (W_{dead})

- Berat plat lantai = Luas plat x tebal plat x berat volum beton
Luas = (# x 15) + (3.5 x 5.3)
= 582.66 m²
Maka berat plat = 582.7 x 0.12 x 2400
= 167806.8 Kg
- Berat plafon = Berat Plafon + Berat penggantung
= 6 + 3
= 9.25 kg/m²

$$\begin{aligned} \text{Berat plafon} &= \text{Luas Plafon} \times \text{berat plafon per m}^2 \\ &= 582.7 \times 9.25 \\ &= 5389.6 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Berat ME = Luas plat x berat

$$\begin{aligned} &= 582.7 \times 35.0 \\ &= 20393.2 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Berat balok = $L \times \text{balok} \times w$
 dimana, L : Panjang bentang balok
 : Jumlah balok
 w : Berat profil baja

Tabel 3.1 Berat balok induk lantai atap

Balok (B1)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
line 1	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 2	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 3	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 4	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 5	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 6	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 7	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81

line A	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	1	531.72
	3.5	75.96	1	265.86
line B	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	1	531.72
	3.5	75.96	1	265.86
line C	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	1	531.72
line D	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	1	531.72
TOTAL				19859.74

- Berat balok anak = $L \times \text{balok} \times w$

dimana, L : Panjang bentang balok

: Jumlah balok

w : Berat profil baja

Tabel 3.2 Berat balok anak lantai atap

Balok (B2)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
Line 1a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 2a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 3a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 3b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 4a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 5a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 5b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 6a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 7a	5.3	49.56	2	525.3
TOTAL				6611.3

• Berat Kolom = $\frac{1}{2}H \times \text{kolom} \times w$

dimana, H : Tinggi Kolom

: Jumlah Kolom

w : Berat profil baja

Berat kolom = $2.325 \times 28 \times 369.7$

= 24067.47 Kg

- Berat Dinding = $t \times h \times B_v \text{ Bata merah} \times L$
 dimana, t : tebal dinding (0.15 m)
 h : tinggi dinding (m) (tinggi lantai - h balok)
 B_v : berat volum bata merah (650 Kg/m³)
 L : Panjang bentang dinding (panjang bentang - b.kolom)

Tabel 3.3 Berat dinding arah x dan y

Dinding	t (m)	h (m)	Bv (kg/m ³)	L (m)	Berat
Arah x	0.15	1.9	650	76.00	13893.75
Aray y	0.15	1.9	650	28.60	5228.438
TOTAL					19122.19

- Berat sambungan = 10 % x berat total baja yg digunakan
 Berat total baja = Berat kolom + berat balok induk + berat balok anak
 = 24067.47 + 19859.742 + 6611.304
 = 50538.52 Kg
 Berat sambungan = 10 % x 50538.516
 = 5053.9 Kg

Dengan demikian, total berat beban mati untuk atap, yakni :

Tabel 3.4 Total beban mati atap

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat atap	167806.80
Berat Plafon	5389.63
Berat ME	20393.19
Berat balok induk	19859.74
Berat kolom	24067.47
Berat balok anak	6611.30
Berat dinding	19122.19
Berat sambungan	5053.85
Total berat (w dead)	268304.17

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

Tebal genangan air : 0.05 m

Berat jenis air : 1000 Kg/m³

Koefisien reduksi : 0.3

- Beban plat atap = Luasan x beban guna atap x koef. Reduksi

$$\begin{aligned} WL_1 &= 582.7 \times 100 \times 0.3 \\ &= 17479.9 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Beban air Hujan = Luasan x tebal genangan air x berat jenis air

$$\begin{aligned} WL_2 &= 582.663 \times 0.05 \times 1000 \\ &= 29133.1 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Total beban hidup = Nilai terbesar dari WL_1 dan WL_2

$$= 29133.1 \text{ Kg}$$

Maka total beban yang terjadi pada atap adalah :

$$\begin{aligned} \Sigma W &= W_{dead} + W_{live} \\ &= 268304.17 + 29133.1 \\ &= 297437.30 \text{ Kg} \end{aligned}$$

3.5.2 Berat Lantai 14

a. Beban Mati (W_{dead})

• Berat plat lantai = Luas plat x tebal plat x berat volum beton

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{Luas total} - \text{Luas Void} \\ &= 886.463 - 63.9 \\ &= 822.57 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka berat plat} &= 822.6 \times 0.12 \times 2400 \\ &= 236898.7 \text{ Kg} \end{aligned}$$

• Berat plafon = Berat Plafon + Berat penggantung

$$= 6 + 3$$

- $$= 9.25$$
- Berat plafon = Luas Plafon x berat plafon per m²
- $$= 822.6 \times 9.25$$
- $$= 7608.7 \text{ Kg}$$
- Berat ME = Luas plat x berat

$$= 822.6 \times 35.0$$

$$= 28789.8 \text{ Kg}$$
 - Berat ps Keramik = Berat Keramik + berat spesi per m²

$$= 16.8 + 63$$

$$= 79.8 \text{ Kg/m}^2$$

Luasan = Luas plat dalam - Luas Void

$$= 582.7 - 63.9$$

$$= 519 \text{ m}^2$$

Berat ps keramik = Berat ps keramik per m² x luasan

$$= 79.8 \times 519$$

$$= 41397.4 \text{ Kg}$$
 - Berat balok = L x balok x w

dimana, L : Panjang bentang balok
 : Jumlah balok
 w : Berat profil baja

Tabel 3.5 Berat balok induk lantai 14

Balok (B ₁)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
line 1	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 2	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81

line 3	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 4	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 5	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 6	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 7	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 8	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 9	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 10	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line A	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
line B	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488

line C	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
line D	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
TOTAL				29206.62

- Berat balok anak = $L \times \text{balok} \times w$
dimana, L : Panjang bentang balok anak
: Jumlah balok anak
w : Berat profil baja

Tabel 3.6 Berat balok anak lantai 14

Balok (B ₂)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
Line 1a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 2a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 3a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 3b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 4a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4

Line 5a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 5b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 6a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 7a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 8a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 9a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
TOTAL				8368.206

- Berat bresing = $L \times \text{bresing} \times w$
dimana, L : Panjang bresing
: Jumlah bresing (terdapat pada 2 sisi bangunan)
w : Berat profil baja

Tabel 3.7 Berat bresing lantai 14

Arah	Panjang bresing (L) m	Jumlah sisi ()	Berat profil (w) Kg/m	Berat Kg
Arah X	46.52	2	66.03	6143.4
Arah Y	41.52	2	66.03	5483.1
TOTAL				11626.6

- Berat Kolom = $\frac{1}{2}H \times \text{jumlah kolom} \times w$
 dimana, H : Tinggi Kolom
 : Jumlah Kolom
 w : Berat profil baja

Tabel 3.8 Berat kolom lantai 14

Kolom	Tinggi, H (m)	Jumlah, Σ (buah)	Berat Profil (kg/m)	Berat Kolom (Kg)
Atas	2.325	28	369.7	24067.47
Bawah	2.325	40	369.7	34382.10
TOTAL				58449.57

- Berat Dinding = $t \times h \times \text{Bv Bata merah} \times L$
 dimana, t : tebal dinding (0.15 m)
 h : tinggi dinding (m) (tinggi lantai - tinggi balok)
 B_v : berat volum bata merah (650 Kg/m³)
 L : Panjang bentang dinding (panjang bentang - lebar kolom)

Tabel 3.9 Berat dinding lantai 14

Dinding	Arah	tebal, t (m)	Tinggi, h (m)	Bv. Bata (kg/m ³)	Panjang (m)	Berat (Kg)
Atas	Arah x	0.15	1.875	650	76	13893.75
	Arah y	0.15	1.875	650	28.6	5228.438
Bawah	Arah x	0.15	1.875	650	118.933	21742.44
	Arah y	0.15	1.875	650	75.39	13782.23
TOTAL						54646.86

- Berat sambungan = 10 % x berat total baja yg digunakan

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total baja} &= \text{Berat kolom} + \text{berat balok induk} + \text{berat balok anak} \\
 &\quad + \text{ bresing} \\
 &= 58449.57 + 29206.62 + 8368.206 \\
 &\quad + 11626.6 \\
 &= 107650.96 \text{ Kg} \\
 \text{Berat sambungan} &= 10 \% \times 107650.96 \\
 &= 10765.1 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, total berat beban mati untuk atap, yakni :

Tabel 3.10 Total berat beban mati lantai 14

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat atap	236898.72
Berat Plafon	7608.73
Berat ME	28789.78
Berat pas. Keramik	41397.45
Berat balok induk	29206.62
Berat kolom	58449.57
Berat balok anak	8368.21
Berat Bresing	11626.56
Berat dinding	54646.86
Berat sambungan	10765.10
Total berat (w dead)	487757.58

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

Tebal genangan air : 0.05 m

Berat jenis air : 1000 Kg/m³

Koefisien reduksi : 0.3

- Plat Luar (atap)

- Beban plat atap = Luasan x beban guna atap x koef. Reduksi

- Luas = Luas total - luas plat dalam

- = 886.463 - 582.663

- = 303.8 m²

- beban plat atap = 303.8 x 100 x 0.3

- WL₁ = 9114.0 Kg

- Beban air Hujan = Luasan x tebal genangan air x berat jenis air

- WL₂ = 303.8 x 0.05 x 1000

- = 15190.0 Kg

- Total beban hidup = Nilai terbesar dari WL₁ dan WL₂

- = 15190.0 Kg

- Plat dalam (lantai)

- Beban plat lantai = Luasan x beban guna atap x koef. Reduksi

- Luas = Luas plat dalam - luas void

- = 582.663 - 63.898

- = 518.8 m²

- beban plat lantai = 518.8 x 250 x 0.3

- = 38907.4 Kg

- Total beban hidup = 15190.0 + 38907.4

- = 54097.4 Kg

Maka total beban yang terjadi pada lantai 14 adalah :

$$\Sigma W = W_{dead} + W_{live}$$

$$= 487757.58 + 54097.4$$

$$= 541854.96 \text{ Kg}$$

3.5.3 Berat Lantai 13

a. Beban Mati (W_{dead})

- Berat plat lantai = Luas plat x tebal plat x berat volum beton

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \text{Luas total} - \text{Luas Void} \\ &= 886.463 - 63.9 \\ &= 822.57 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka berat plat} &= 822.6 \times 0.12 \times 2400 \\ &= 236898.7 \text{ Kg}\end{aligned}$$

- Berat plafon = Berat Plafon + Berat penggantung

$$\begin{aligned}&= 6 + 3 \\ &= 9.25\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat plafon} &= \text{Luas Plafon} \times \text{berat plafon per m}^2 \\ &= 822.6 \times 9.25 \\ &= 7608.7 \text{ Kg}\end{aligned}$$

- Berat ME = Luas plat x berat

$$\begin{aligned}&= 822.6 \times 35.0 \\ &= 28789.8 \text{ Kg}\end{aligned}$$

- Berat ps Keramik = Berat Keramik + berat spesi per m²

$$\begin{aligned}&= 16.8 + 63 \\ &= 79.8 \text{ Kg/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat ps keramik} &= \text{Berat ps keramik per m}^2 \times \text{luasan} \\ &= 79.8 \times 822.57 \\ &= 65640.7 \text{ Kg}\end{aligned}$$

- Berat balok = $L \times \text{balok} \times w$ (balok luar link +link)

dimana, L : Panjang bentang balok

: Jumlah balok

w : Berat profil baja

Tabel 3.11 Berat balok induk lantai 13

Balok (B ₁)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
line 1	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 2	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 3	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 4	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 5	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 6	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 7	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 8	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 9	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 10	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line A	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88

line B	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
line C	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
line D	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
TOTAL				29206.62

- Berat balok anak = $L \times \text{balok} \times w$
dimana, L : Panjang bentang balok anak
: Jumlah balok anak
w : Berat profil baja

Tabel 3.12 Berat balok anak lantai 13

Balok (B ₂)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
Line 1a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 2a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4

Line 3a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 3b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 4a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 5a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 5b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 6a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 7a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 8a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 9a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
TOTAL				8368.206

- Berat bresing = $L \times \text{bresing} \times w$

dimana, L : Panjang bresing

: Jumlah bresing (terdapat pada 2 sisi bangunan)

w : Berat profil baja

Tabel 3.13 Berat bresing lantai 13

Arah	Panjang bresing (L) m	Jumlah sisi ()	Berat profil (w) Kg/m	Berat Kg
Arah X	89.16	2	66.03	11774.5
Arah Y	84.44	2	66.03	11151.1
TOTAL				22925.6

• Berat Kolom = $\frac{1}{2}H \times \text{jumlah kolom} \times w$

dimana, H : Tinggi Kolom

: Jumlah Kolom

w : Berat profil baja

Tabel 3.14 Berat kolom lantai 13

Kolom	Tinggi, H (m)	Jumlah, Σ (buah)	Berat Profil (kg/m)	Berat Kolom (Kg)
Atas	2.33	40	369.7	34382.10
Bawah	1.75	40	369.7	25879.00
TOTAL				60261.1

• Berat Dinding = $t \times h \times B_v \text{ Bata merah} \times L$

dimana, t : tebal dinding (0.15 m)

h : tinggi dinding (m) (tinggi lantai - h balok)

B_v : berat volum bata merah (650 Kg/m³)

L : Panjang bentang dinding (panjang bentang - lebar balok)

Tabel 3.15 Berat dinding lantai 13

Dinding	Arah	tebal, t (m)	Tinggi, h (m)	Bv. Bata (kg/m ³)	Panjang (m)	Berat (Kg)
Atas	Arah x	0.15	1.88	650	118.933	21742.44
	Arah y	0.15	1.88	650	75.39	13782.23
Bawah	Arah x	0.15	1.30	650	126.47	16030.07
	Arah y	0.15	1.30	650	90.3	11445.53
TOTAL						63000.27

- Berat sambungan = 10 % x berat total baja yg digunakan
 Berat total baja = Berat kolom + berat balok induk + berat balok anak
 + bresing
 = 60261.10 + 29206.62 + 8368.206
 + 22925.6
 = 120761.5 Kg
 Berat sambungan = 10 % x 120761.54
 = 12076 Kg

Dengan demikian, total berat beban mati untuk atap, yakni :

Tabel 3.16 Total berat beban mati lantai 13

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat atap	236898.72
Berat Plafon	7608.73
Berat ME	28789.78
Berat pas. Keramik	65640.69
Berat balok induk	29206.62
Berat kolom	60261.10
Berat balok anak	8368.21
Berat Bresing	22925.62
Berat dinding	63000.27

Berat sambungan	12076.15
Total berat (w dead)	534775.88

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

Koefisien reduksi : 0.3

- Beban plat lantai = Luasan x beban lantai x koef. Reduksi

Luas = Luas plat dalam - luas void

$$= 886.463 - 63.898$$

$$= 822.6 \text{ m}^2$$

beban plat lantai = $822.6 \times 250 \times 0.3$

$$= 61692.4 \text{ Kg}$$

Maka total beban yang terjadi pada lantai 13 adalah :

$$\begin{aligned} \Sigma W &= W_{dead} + W_{live} \\ &= 534775.88 + 61692.4 = 596468.25 \text{ Kg} \end{aligned}$$

3.5.4 Berat Lantai 12 - Lantai 3

a. Beban Mati (W_{dead})

• Berat plat lantai = Luas plat x tebal plat x berat volum beton

Luas = Luas total - Luas Void

$$= 886.463 - 63.9$$

$$= 822.57 \text{ m}^2$$

Maka berat plat = $822.6 \times 0.12 \times 2400$

$$= 236898.7 \text{ Kg}$$

• Berat plafon = Berat Plafon + Berat penggantung

$$= 6 + 3$$

$$= 9.25$$

$$\begin{aligned} \text{Berat plafon} &= \text{Luas Plafon} \times \text{berat plafon per m}^2 \\ &= 822.6 \times 9.25 \\ &= 7608.7 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Berat ME = Luas plat x berat

$$\begin{aligned} &= 822.6 \times 35.0 \\ &= 28789.8 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Berat ps Keramik = Berat Keramik + berat spesi per m²

$$\begin{aligned} &= 16.8 + 63 \\ &= 79.8 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat ps keramik} &= \text{Berat ps keramik per m}^2 \times \text{luasan} \\ &= 79.8 \times 822.57 \\ &= 65640.7 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Berat balok = L x balok x w
 dimana, L : Panjang bentang balok
 : Jumlah balok
 w : Berat profil baja

Tabel 3.17 Berat balok induk lantai 12 -lantai 3

Balok (B ₁)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
line 1	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 2	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 3	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 4	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81

line 5	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 6	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 7	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 8	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 9	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 10	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line A	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
line B	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
line C	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
	5.25	75.96	2	797.58

line D	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
TOTAL				29206.62

- Berat balok anak = $L \times \text{balok} \times w$
dimana, L : Panjang bentang balok anak
: Jumlah balok anak
w : Berat profil baja

Tabel 3.18 Berat balok anak lantai 12 - lantai 3

Balok (B ₂)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
Line 1a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 2a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 3a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 3b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 4a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 5a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 5b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4

Line 6a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 7a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 8a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 9a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
TOTAL				8368.206

- Berat bresing = $L \times \text{bresing} \times w$
dimana, L : Panjang bresing
: Jumlah bresing (terdapat pada 2 sisi bangunan)
w : Berat profil baja

Tabel 3.19 Berat bresing lantai 12 - lantai 3

Arah	Panjang bresing (L) m	Jumlah sisi ()	Berat profil (w) Kg/m	Berat Kg
Arah X	85.28	2	66.03	11262.1
Arah Y	85.84	2	66.03	11336.0
TOTAL				22598.1

- Berat Kolom = $\frac{1}{2}H \times \text{kolom} \times w$
dimana, H : Tinggi Kolom
: Jumlah Kolom
w : Berat profil baja

Tabel 3.20 Berat kolom lantai 12 - lantai 3

Kolom	Tinggi, H (m)	Jumlah, Σ (buah)	Berat Profil (kg/m)	Berat Kolom (Kg)
Atas	1.75	40	369.7	25879.00
Bawah	1.75	40	369.7	25879.00
TOTAL				51758

- Berat Dinding = $t \times h \times B_v \text{ Bata merah} \times L$
 dimana, t : tebal dinding (0.15 m)
 h : tinggi dinding (m) (tingging lantai - h balok)
 B_v : berat volum bata merah (650 Kg/m³)
 L : Panjang bentang dinding (panjang bentang - b kolom)

Tabel 3.21 Berat dinding lantai 12 - lantai 3

Dinding	Arah	tebal, t (m)	Tinggi, h (m)	Bv. Bata (kg/m ³)	Panjang (m)	Berat (Kg)
Atas	Arah x	0.15	1.30	650	126.47	16030.07
	Arah y	0.15	1.30	650	90.3	11445.53
Bawah	Arah x	0.15	1.30	650	209.7	26579.48
	Aray y	0.15	1.30	650	216	27378
TOTAL						81433.07

- Berat sambungan = 10 % x berat total baja yg digunakan
 Berat total baja = Berat kolom + berat balok induk + berat balok anak
 + bresing
 = 51758.00 + 29206.62 + 8368.206
 + 22598.1
 = 111930.93 Kg

$$\begin{aligned} \text{Berat sambungan} &= 10 \% \times 111930.93 \\ &= 11193.1 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Dengan demikian, total berat beban mati untuk atap, yakni :

Tabel 3.22 Total berat beban mati lantai 12 - lantai 3

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat atap	236898.72
Berat Plafon	7608.73
Berat ME	28789.78
Berat pas. Keramik	65640.69
Berat balok induk	29206.62
Berat kolom	51758.00
Berat balok anak	8368.21
Berat Bresing	22598.11
Berat dinding	81433.07
Berat sambungan	11193.09
Total berat (w dead)	543495.01

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

Koefisien reduksi : 0.3

- Beban plat lantai = Luasan x beban lantai x koef. Reduksi

Luas = Luas plat dalam - luas void

= 886.463 - 63.898

= 822.6 m²

beban plat lantai = 822.6 x 250 x 0.3

= 61692.4 Kg

Maka total beban yang terjadi pada lantai 12 - lantai 3 adalah :

$$\begin{aligned}\Sigma W &= W_{dead} + W_{live} \\ &= 543495.01 + 61692.4 \\ &= 605187.38 \text{ Kg}\end{aligned}$$

3.5.5 Berat Lantai 2

a. Beban Mati (W_{dead})

- Berat plat lantai = Luas plat x tebal plat x berat volum beton

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \text{Luas total} - \text{Luas Void} \\ &= 886.463 - 63.9 \\ &= 822.57 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka berat plat} &= 822.6 \times 0.12 \times 2400 \\ &= 236898.7 \text{ Kg}\end{aligned}$$

- Berat plafon = Berat Plafon + Berat penggantung
= 6 + 3
= 9.25

$$\begin{aligned}\text{Berat plafon} &= \text{Luas Plafon} \times \text{berat plafon per m}^2 \\ &= 822.6 \times 9.25 \\ &= 7608.7 \text{ Kg}\end{aligned}$$

- Berat ME = Luas plat x berat
= 822.6 x 35.0
= 28789.8 Kg

- Berat ps Keramik = Berat Keramik + berat spesi
per m² = 16.8 + 63
= 79.8 Kg/m²

$$\begin{aligned}\text{Berat ps keramik} &= \text{Berat ps keramik per m}^2 \times \text{luasan} \\ &= 79.8 \times 822.57 \\ &= 65640.7 \text{ Kg}\end{aligned}$$

- Berat balok = $L \times \text{jumlah balok} \times w$
 dimana, L : Panjang bentang balok
 : Jumlah balok
 w : Berat profil baja

Tabel 3.23 Berat balok induk lantai 2

Balok (B ₁)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
line 1	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 2	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 3	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 4	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 5	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 6	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 7	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 8	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 9	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 10	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
	5.25	75.96	2	797.58

line A	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
line B	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
line C	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
line D	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
TOTAL				29206.62

- Berat balok anak = $L \times \text{balok} \times w$
dimana, L : Panjang bentang balok anak
: Jumlah balok anak
w : Berat profil baja

Tabel 3.24 Berat balok anak lantai 2

Balok (B ₂)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
Line 1a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 2a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 3a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 3b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 4a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 5a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 5b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 6a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 7a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 8a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 9a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
TOTAL				8368.206

- Berat bresing = $L \times \text{jumlah bresing} \times w$
 dimana, L : Panjang bresing
 : Jumlah bresing (terdapat pada 2 sisi bangunan)
 w : Berat profil baja

Tabel 3.25 Berat bresing lantai 2

Arah	Panjang bresing (L) m	Jumlah sisi ()	Berat profil (w) Kg/m	Berat Kg
Arah X	90.48	2	66.03	11948.8
Arah Y	85.84	2	66.03	11336.0
TOTAL				23284.8

- Berat Kolom = $\frac{1}{2}H \times \text{jumlah kolom} \times w$
 dimana, H : Tinggi Kolom
 : Jumlah Kolom
 w : Berat profil baja

Tabel 3.26 Berat kolom lantai 2

Kolom	Tinggi, H (m)	Jumlah, Σ (buah)	Berat Profil (kg/m)	Berat Kolom (Kg)
Atas	1.75	40	369.7	25879.00
Bawah	2.50	40	369.7	36970.00
TOTAL				62849

- Berat Dinding = $t \times h \times B_v \text{ Bata merah} \times L$
 dimana, t : tebal dinding (0.15 m)
 h : tinggi dinding (m) (tinggi lantai - h balok)
 B_v : berat volum bata merah (1700 Kg/m³)
 L : Panjang bentang dinding (panjang bentang - b balok)

Tabel 3.27 Berat dinding lantai 2

Dinding	Arah	tebal, t (m)	Tinggi, h (m)	Bv. Bata (kg/m ³)	Panjang (m)	Berat (Kg)
Atas	Arah x	0.15	1.30	1700	209.7	69515.55
	Arah y	0.15	1.30	1700	216	71604
Bawah	Arah x	0.15	2.05	1700	209.7	109620.7
	Arah y	0.15	2.05	1700	216	112914
Total Berat dinding lantai 2						363654.2

- Berat sambungan = 10 % x berat total baja yg digunakan
 Berat total baja = Berat kolom + berat balok induk + berat balok anak
 + bresing
 = 62849.00 + 29206.62 + 8368.206
 + 23284.82
 = 123708.6 Kg
 Berat sambungan = 10 % x 123708.65
 = 12371 Kg

Dengan demikian, total berat beban mati untuk atap, yakni :

Tabel 3.28 Total berat beban mati lantai 2

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat atap	236898.72
Berat Plafon	7608.73
Berat ME	28789.78
Berat pas. Keramik	65640.69
Berat balok induk	29206.62
Berat kolom	62849.00
Berat balok anak	8368.21

Berat Bresing	23284.82
Berat dinding	363654.23
Berat sambungan	12370.86
Total berat (w_{dead})	838671.64

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

Koefisien reduksi : 0.3

- Beban plat lantai = Luasan x beban lantai x koef. Reduksi

Luas = Luas plat dalam - luas void

$$= 886.463 - 63.898$$

$$= 822.6 \text{ m}^2$$

beban plat lantai = $822.6 \times 250 \times 0.3$

$$= 61692.4 \text{ Kg}$$

Maka total beban yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} \Sigma W &= W_{dead} + W_{live} \\ &= 838671.64 + 61692.4 \\ &= 900364.02 \text{ Kg} \end{aligned}$$

3.5.6 Berat Lantai 1

a. Beban Mati (W_{dead})

• Berat plat lantai = Luas plat x tebal plat x berat volum beton

Luas = Luas total - Luas Void

$$= 835.363 - 63.9$$

$$= 771.47 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Maka berat plat} &= 771.5 \times 0.12 \times 2400 \\ &= 222181.9 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Berat plafon = Berat Plafon + Berat penggantung

$$\begin{aligned} &= 6 + 3 \\ &= 9.25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat plafon} &= \text{Luas Plafon} \times \text{berat plafon per m}^2 \\ &= 771.5 \times 9.25 \\ &= 7136.1 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Berat ME = Luas plat x berat

$$\begin{aligned} &= 771.5 \times 35.0 \\ &= 27001.3 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Berat ps Keramik = Berat Keramik + berat spesi per m²

$$\begin{aligned} &= 16.8 + 63 \\ &= 79.8 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat ps keramik} &= \text{Berat ps keramik per m}^2 \times \text{luasan} \\ &= 79.8 \times 771.47 \\ &= 61562.9 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Berat balok = L x balok x w
 dimana, L : Panjang bentang balok
 : Jumlah balok
 w : Berat profil baja

Tabel 3.29 Berat balok induk lantai 1

Balok (B ₁)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
line 1	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 2	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 3	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 4	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 5	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 6	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 7	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 8	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 9	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line 10	5.3	75.96	2	805.176
	4.75	75.96	1	360.81
line A	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88

line B	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
line C	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
line D	5.25	75.96	2	797.58
	7.8	75.96	1	592.488
	4.3	75.96	1	326.628
	7.15	75.96	1	543.114
	7	75.96	4	2126.88
TOTAL				29206.62

- Berat balok anak = $L \times \text{balok} \times w$
dimana, L : Panjang bentang balok anak
: Jumlah balok anak
w : Berat profil baja

Tabel 3.30 Berat balok anak lantai 1

Balok (B ₂)	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok ()	Berat Kg
Line 1a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 2a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4

Line 3a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 3b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 4a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 5a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 5b	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 6a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 7a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 8a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
Line 9a	5.3	49.56	2	525.3
	4.75	49.56	1	235.4
TOTAL				8368.206

- Berat bresing = $L \times \text{bresing} \times w$

dimana, L : Panjang bresing

: Jumlah bresing (terdapat pada 2 sisi bangunan)

w : Berat profil baja

Tabel 3.31 Berat bresing lantai 1

Arah	Panjang bresing (L) m	Jumlah sisi ()	Berat profil (w) Kg/m	Berat Kg
Arah X	47.84	2	66.03	6317.8
Arah Y	42.92	2	66.03	5668.0
TOTAL				11985.8

• Berat Kolom = $H \times \text{kolom} \times w$

dimana, H : Tinggi Kolom

: Jumlah Kolom

w : Berat profil baja

Tabel 3.32 Berat kolom lantai 1

Kolom	Tinggi, H (m)	Jumlah, Σ (buah)	Berat Profil (kg/m)	Berat Kolom (Kg)
Atas	2.50	40	369.7	36970.00
Bawah	0.00	0	369.7	0.00
TOTAL				36970

• Berat Dinding = $t \times h \times B_v \text{ Bata merah} \times L$

dimana, t : tebal dinding (0.15 m)

h : tinggi dinding (m) (tinggi lantai - h balok)

B_v : berat volum bata merah (650 Kg/m³)

L : Panjang bentang dinding

Tabel 3.33 Berat dinding lantai 1

Dinding	Arah	tebal, t (m)	Tinggi, h (m)	Bv. Bata (kg/m ³)	Panjang (m)	Berat (Kg)
Atas	Arah x	0.15	2.05	650	194.5	38875.69
	Arah y	0.15	2.05	650	141	28182.38

Bawah	Arah x	0.15	0.00	650	0	0
	Aray y	0.15	0.00	650	0	0
TOTAL						67058.06

- Berat sambungan = 10 % x berat total baja yg digunakan
Berat total baja = Berat kolom + berat balok induk + berat balok anak
+ bresing
= 36970.00 + 29206.62 + 8368.206
+ 11985.77
= 86530.59 Kg
Berat sambungan = 10 % x 86530.59
= 8653.1 Kg

Dengan demikian, total berat beban mati untuk atap, yakni :

Tabel 3.34 Total berat beban mati lantai 1

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat atap	222181.92
Berat Plafon	7136.05
Berat ME	27001.28
Berat pas. Keramik	61562.91
Berat balok induk	29206.62
Berat kolom	36970.00
Berat balok anak	8368.21
Berat Bresing	11985.77
Berat dinding	67058.06
Berat sambungan	8653.06
Total berat (w dead)	480123.87

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

Koefisien reduksi : 0.3

- Beban plat lantai = Luasan x beban lantai x koef. Reduksi

Luas = Luas plat dalam - luas void

$$= 886.463 - 63.898$$

$$= 822.6 \text{ m}^2$$

beban plat atap = $822.6 \times 250 \times 0.3$

$$= 61692.4 \text{ Kg}$$

Maka total beban yang terjadi adalah :

$$\Sigma W = W_{dead} + W_{live}$$

$$= 480123.87 + 61692.4$$

$$= 541816.24 \text{ Kg}$$

Dengan demikian, total berat struktur untuk masing-masing lantai yakni :

Tabel 3.35 Total berat beban seluruh lantai

Lantai	Berat (Kg)
Atap	297437.30 Kg
Lantai 14	541854.96 Kg
Lantai 13	596468.25 Kg
Lantai 12	605187.38 Kg
Lantai 11	605187.38 Kg
Lantai 10	605187.38 Kg
Lantai 9	605187.38 Kg
Lantai 8	605187.38 Kg
Lantai 7	605187.38 Kg
Lantai 6	605187.38 Kg
Lantai 5	605187.38 Kg
Lantai 4	605187.38 Kg
Lantai 3	605187.38 Kg
Lantai 2	900364.02 Kg
Lantai 1	541816.24 Kg
TOTAL	8929814.59 Kg

3.6 Perhitungan Beban Gempa

3.6.1 Kategori Risiko Struktur Bangunan & Faktor Keutamaan

Kategori risiko struktur bangunan dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 3.36 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, 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 risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi 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 risiko 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 bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, 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 ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Berdasarkan fungsi gedung Hotel Ijen Suites Malang yakni : Hotel, maka gedung ini termasuk dalam kategori risiko : **II**

Adapun faktor keutamaan gempa gedung ini ditentukan berdasarkan tabel berikut

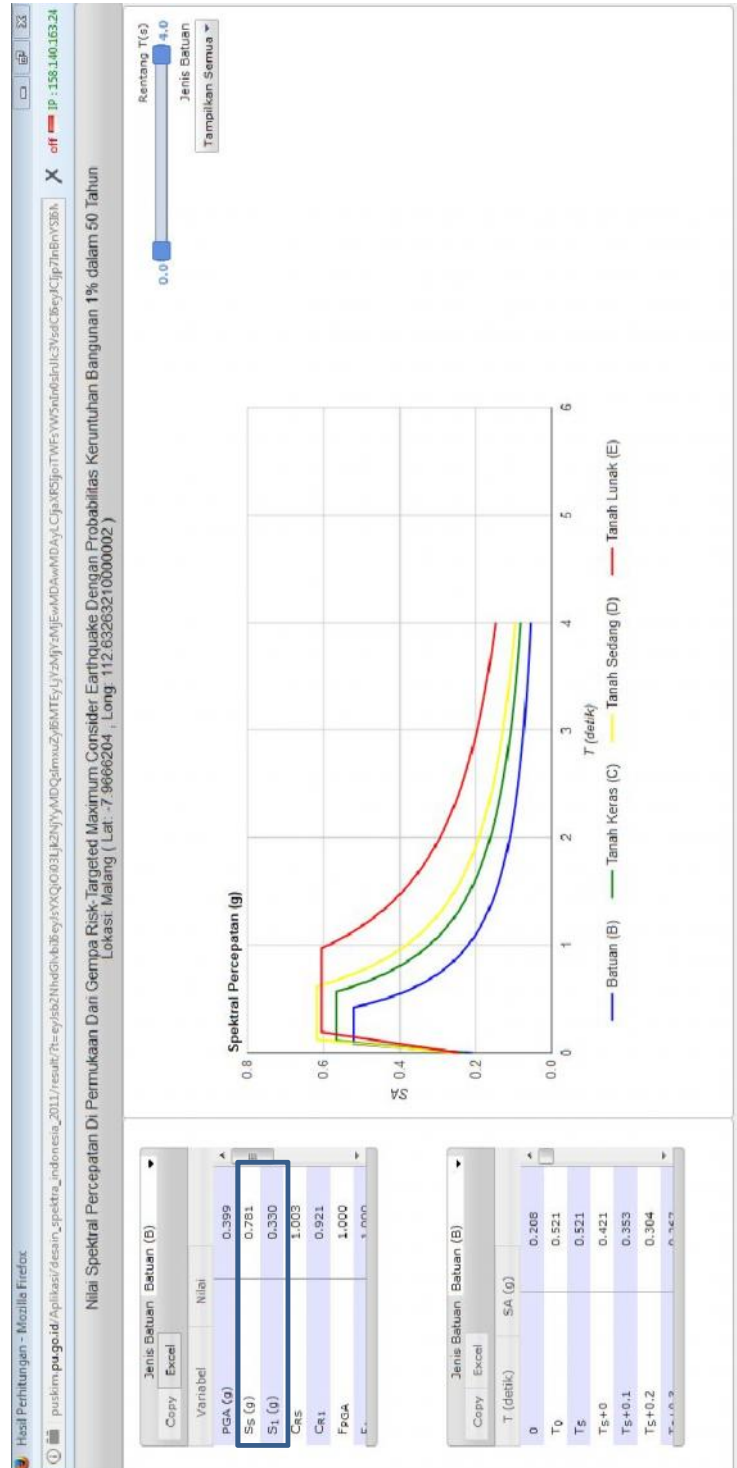
Tabel 3.37 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Berdasarkan kategori risiko gedung ini yakni : II, maka faktor keutamaan gempa yakni : 1.0

3.6.2 Parameter Percepatan Gempa (S_s, S_1)

Menentukan nilai parameter percepatan gempa dapat menggunakan bantuan puskim.pu.go.id untuk wilayah Malang, sebagai berikut :



Gambar 3.7 Nilai Parameter Percepatan Gempa

Berdasarkan hasil penelurusan tersebut, dapat diketahui nilai parameter yakni :

$$S_S : 0.781 \text{ g}$$

$$S_I : 0.33 \text{ g}$$

3.6.3 Kategori Desain Seismik (KDS)

1) Menentukan klasifikasi dan koefisien kelas situs

Klasifikasi situs tanah ditentukan dari data SPT Hotel Ijen Suites tahun 2013 dengan data dan perhitungan sebagai berikut :

Tabel 3.38 Data SPT Hotel Ijen Suites lubang No. B-1

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (Ti) (m)	Ni	Ti/Ni
	0	0	0	
Lapisan 1	2.5	2.5	18	0.139
Lapisan 2	4.5	2	17	0.118
Lapisan 3	7.5	3	20	0.150
Lapisan 4	9.5	2	8	0.250
Lapisan 5	12	2.5	11	0.227
Lapisan 6	14.5	2.5	22	0.114
Lapisan 7	17	2.5	11	0.227
Lapisan 8	19.5	2.5	17	0.147
Lapisan 9	22	2.5	23	0.109
Lapisan 10	25	3	36	0.083
Jumlah		25		1.564

Didapatkan nilai N_I dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\bar{N}_I = \frac{\sum Ti}{\sum Ti/Ni} = \frac{25}{1.564} = 15.987$$

Tabel 3.39 Data SPT Hotel Ijen Suites lubang No. B-2

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (Ti) (m)	Ni	Ti/Ni
	0	0	0	
Lapisan 1	2.5	2.5	18	0.139
Lapisan 2	4.5	2	16	0.125
Lapisan 3	7.5	3	36	0.083
Lapisan 4	9.5	2	11	0.182
Lapisan 5	12	2.5	14	0.179
Lapisan 6	14.5	2.5	12	0.208
Lapisan 7	17	2.5	13	0.192
Lapisan 8	19.5	2.5	26	0.096
Lapisan 9	22	2.5	19	0.132
Lapisan 10	25	3	17	0.176
Jumlah		25		1.512

Didapatkan nilai N_2 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\bar{N}_2 = \frac{\sum Ti}{\sum Ti/Ni} = \frac{25}{1.512} = 16.529$$

Tabel 3.40 Data SPT Hotel Ijen Suites lubang No. B-3

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (Ti) (m)	Ni	Ti/Ni
	0	0	0	
Lapisan 1	2.5	2.5	17	0.147
Lapisan 2	4.5	2	8	0.250
Lapisan 3	7.5	3	11	0.273
Lapisan 4	9.5	2	8	0.250

Lapisan 5	12	2.5	8	0.313
Lapisan 6	14.5	2.5	13	0.192
Lapisan 7	17	2.5	13	0.192
Lapisan 8	19.5	2.5	16	0.156
Lapisan 9	22	2.5	16	0.156
Lapisan 10	25	3	22	0.136
Jumlah		25		2.066

Didapatkan nilai N_3 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\bar{N}_3 = \frac{\sum T_i}{\sum T_i/N_i} = \frac{25}{2.066} = 12.102$$

Dari nilai \bar{N}_1 , \bar{N}_2 , dan \bar{N}_3 disimpulkan bahwa $15 < \bar{N} < 50$ dikarenakan dari 3 data SPT, 2 data SPT mempunyai nilai $\bar{N} > 15$. Sehingga :

Tabel 3.41 Klasifikasi Kelas Situs Tanah

Kelas Situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{60}	\bar{s}_u (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 : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, dan 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25kPa$		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1) Keterangan: N/A = tidak dapat dipakai	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi 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/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa.		

Dengan mengetahui klasifikasi situs tanah yakni : **Tanah Sedang** , maka dapat ditentukan koefisien F_a dan F_v sesuai tabel berikut :

Tabel 3.42 Koefisien Situs Fa

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE _R) terpetakan pada perioda 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 1,25
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	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Untuk mendapatkan nilai koefisien Fa dilakukan interpolasi linear, sebagai brkt :

Dengan mengetahui nilai S_s : 0.781 dan berdasarkan tabel diatas maka diketahui

nilai S_s berada diantara :

$$\text{untuk } S_{s_x} = 0.75 \quad \text{Fa}_x = 1.2$$

$$\text{untuk } S_{s_y} = 1 \quad \text{Fa}_y = 1.1$$

Sehingga dapat diinterpolasi sebagai berikut :

$$Fa = Fa_x + \frac{\left[S_s - S_{s_y} \right]}{\left[S_{s_x} - S_{s_y} \right]} \times Fa_x - Fa_y$$

$$Fa = 1.2 + \frac{\left[0.781 - 1.000 \right]}{\left[0.750 - 1.000 \right]} \times \left[1.2 - 1.1 \right] = 1.288$$

Dengan demikian untuk S_s = 0.781 diperoleh Fa = 1.288

Tabel 3.43 Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE _R) terpetakan pada perioda pendek, T = 1 detik (S ₁)				
	S _s 0,1	S _s 0,2	S _s 0,3	S _s 0,4	S _s 0,5
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	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,5
SF	SS ^b				

Untuk mendapatkan nilai koefisien Fa dilakukan interpolasi linear, sebagai brkt :
 Dengan mengetahui nilai S : 0.33 dan berdasarkan tabel diatas maka diketahui
 nilai S berada diantara : ¹

$$\begin{array}{l} \text{untuk } S_{Ix} = 0.4 \quad \text{didapat} \quad Fv_x = 1.6 \\ \text{untuk } S_{Iy} = 0.3 \quad \text{didapat} \quad Fv_y = 1.8 \end{array}$$

Sehingga dapat diinterpolasi sebagai berikut :

$$Fv = Fv_x + \frac{\left[S_I - S_{I_x} \right]}{\left[S_{I_y} - S_{I_x} \right]} \times \left[Fv_y - Fv_x \right]$$

$$Fv = 1.6 + \frac{\left[0.33 - 0.400 \right]}{\left[0.300 - 0.400 \right]} \times \left[1.8 - 1.6 \right] = 1.74$$

Dengan demikian untuk S = 0.33 diperoleh Fv = 1.74

2) Menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1}

Dengan mengetahui klasifikasi dan koefisien kelas situs maka dapat ditentukan parameter spektrum respons percepatan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_{MS} &= Fa \times Ss \quad \dots\dots\dots (2.1) \\ &= 1.288 \times 0.781 \\ &= 1.006 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{MI} &= Fv \times S_I \quad \dots\dots\dots (2.2) \\ &= 1.740 \times 0.33 \\ &= 0.574 \end{aligned}$$

Adapun parameter percepatan spectral desain ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad \dots\dots\dots (2.3) \\ &= \frac{2}{3} \times 1.2876 \times 0.781 \\ &= 0.6704 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{DI} &= \frac{2}{3} \times S_{MI} \dots\dots\dots (2.4) \\
 &= \frac{2}{3} \times 1.74 \times 0.33 \\
 &= 0.3828 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menentukan kategori desain seismik berdasarkan tabel dibawah ini :

Tabel 3.44 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Diketahui nilai $S_{DS} = 0.6704 \text{ g} > 0.5$ Untuk Kategori Risiko : II maka terkasuk kategori desain seismik **D**

Tabel 3.45 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 detik

Nilai S_{DI}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

Diketahui nilai $S_{DI} = 0.3828 \text{ g} > 0.2$ Untuk Kategori Risiko : II maka terkasuk kategori desain seismik **D**

3.6.4 Spectrum Respons Design

$$T_0 = 0.2 \times \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$T_0 = 0.2 \times \frac{0.3828}{0.6704}$$

$$= 0.1142 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$T_s = \frac{0.3828}{0.6704}$$

$$= 0.571 \text{ detik}$$

Untuk $T = 0$, maka : $S_a = S_{DS} \times 0.4$
 $= 0.6704 \times 0.4$
 $= 0.2682 \text{ detik}$

Untuk $T < T_0$, maka : $S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots (2.5)$

$$S_a = 0.67 \left(0.4 + 0.6 \frac{0.01}{0.1142} \right)$$

= 0.3034 detik , selanjutnya ditabelkan yakni :

<i>T</i>	<i>S_a</i>	<i>T</i>	<i>S_a</i>
0.01	0.3033875	0.06	0.4795043
0.02	0.3386109	0.07	0.5147277
0.03	0.3738342	0.08	0.5499511
0.04	0.4090576	0.09	0.5851744
0.05	0.444281	0.1	0.6203978

Tabel 3.46 Nilai *S_a* untuk $T < T$

Untuk $t = T_0$ s/d $t = T_s$ maka $S_a = S_{DS} = 0.6704 \text{ detik}$

Untuk $T_s < T < 1.0$, maka :

$$S_a = \frac{S_{DI}}{T}, \text{ misalkan } T = 0.57 \dots\dots\dots (2.6)$$

$$= \frac{0.3828}{0.57} = 0.6716 \text{ detik, selanjutnya ditampilkan dlm tabel dibawah}$$

Tabel 3.47 Nilai Sa untuk Ts < T < 1.0

T	Sa	T	Sa	T	Sa	T	Sa	T	Sa
0.58	0.66	0.65	0.5889	0.72	0.5317	0.79	0.4846	0.86	0.4451
0.59	0.6488	0.66	0.58	0.73	0.5244	0.8	0.4785	0.87	0.44
0.6	0.638	0.67	0.5713	0.74	0.5173	0.81	0.4726	0.88	0.435
0.61	0.6275	0.68	0.5629	0.75	0.5104	0.82	0.4668	0.89	0.4301
0.62	0.6174	0.69	0.5548	0.76	0.5037	0.83	0.4612	0.9	0.4253
0.63	0.6076	0.7	0.5469	0.77	0.4971	0.84	0.4557	0.91	0.4207
0.64	0.5981	0.71	0.5392	0.78	0.4908	0.85	0.4504	0.92	0.4161

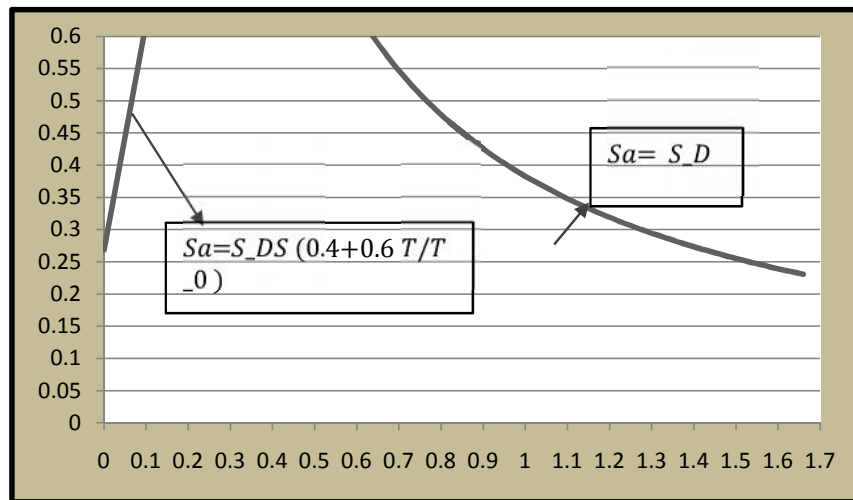
Untuk T = 1.0 maka :

$$Sa = \frac{S_{DI}}{T}$$

$$Sa = \frac{0.3828}{1.0}$$

$$= 0.3828 \text{ detik}$$

Dengan demikian, diperoleh grafik respon spektrum sebagai berikut :



Grafik 3.1 Desain Respon Spektrum

3.6.5 Batasan Perioda Fundamental Struktur

Struktur pada gedung ini memiliki ketinggian mencapai 14 lantai + Atap yakni lebih besar dari 12 tingkat. Sehingga perioda fundamental (T_a) ditentukan sebagai berikut :

Menentukan koefisien C_u

Tabel 3.48 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yg Dihitung

Parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik (S_{D1})	Koefisien C_u
0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
0,1	1,7

Diketahui $S_{D1} = 0.3828$ g maka koefisien $C_u = 1.4$

Tabel 3.49 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yg Dihitung

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka Baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua system struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Dengan demikian diperoleh : $C_t = 0.0731$ & $x = 0.75$

- Arah x

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t(t) \dots\dots\dots (2.9) \\
 &= 0.0731 \times 52.8^{0.75} \\
 &= 1.4318 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$T_{\max} = C_u \cdot T_a \dots\dots\dots (2.10)$$

$$= 1.4 \times 1.4318$$

$$= 2.0046 \text{ detik}$$

$$T_a < T_{\max} \dots\dots\dots \text{OK}$$

• Arah y

$$T_a = C_{-}(t) \dots\dots\dots (2.9)$$

$$= 0.0731 \times 52.8^{0.75}$$

$$= 1.4318 \text{ detik}$$

$$T_{\max} = C_u \cdot T_a \dots\dots\dots (2.10)$$

$$= 1.4 \times 1.4318$$

$$= 2.0046 \text{ detik}$$

$$T_a < T_{\max} \dots\dots\dots \text{OK}$$

3.6.6 Pemilihan Parameter Sistem Struktur (R , C_d dan ρ)

Sistem Penahan gaya Seismik	R	ρ	C_d	Batasan tinggi struktur, h_n (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Rangka Baja dengan Bresing Eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
Rangka Baja dengan bresing konsentris Khusus	8	2	5	TB	TB	48	48	30
Rangka Baja dengan bresing konsentris Biasa	3 ¼	2	3 ¼	TB	TB	10	10	TI

Tabel 3.50 Faktor R , C_d dan ρ untuk sistem penahan gaya gempa

Dari Tabel diatas maka di dapat nilai Faktor R , C_d dan ρ untuk sistem penahan gaya dengan menggunakan Sistem rangka baja bresing konsentris khusus karena termasuk dalam kategori desain seismik D seperti pada SNI 1726-2012 hal. 40 adalah sebagai berikut :

$$R = 8.00$$

$$C_d = 2.00$$

$$\rho = 5.00$$

3.6.7 Perhitungan Nilai *Base Shear*

Perhitungan Geser Dasar Seismik, sebagai berikut :

$$V = C_s \times W \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

W = Berat seismik efektif

C_s = Koefisien respons seismik, perhitungan nilai C_s yakni :

$$= \frac{S_{DS}}{(R/I_e)} = \frac{0.6704104}{(8 / 1)} = 0.0838013 \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan syarat :

- Nilai C_s tidak perlu melebihi berikut ini $= \frac{S_{D1}}{T \times (R/I_e)} \quad \dots\dots (2.13)$

$$C_{S \max} = \frac{0.382800}{1.43 \times (8 / 1)} = 0.0334187$$

- Tidak kurang dari : $C_s = 0,044 S_{DS} I_e \quad 0,01$

$$\begin{aligned} C_{S \min} &= 0.044 S_{DS} I_e \quad \dots\dots\dots (2.14) \\ &= 0.044 \times 0.6704 \times 1 \\ &= 0.0245817 \end{aligned}$$

$$C_{S \min} = 0.01$$

Digunakan $C_s \min = 0.0245817$

- Untuk $S1 = 0,6$ g, nilai C_s harus tidak kurang dari :

$$C_{S \min} = \frac{0,5 \times S_1}{(R/I_e)}$$

Karena nilai $S1 = 0.33 < 0.6$ maka rumusan ini tidak digunakan.

Sehingga,

$$C_s \min = 0.0246 < C_s \max = 0.0334 < C_s = 0.0838$$

Maka digunakan $C_{sx} = 0.0334187$

$$C_{sy} = 0.0334187$$

Sehingga nilai V_x dan V_y adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_x &= C_{s_x} \cdot W \dots\dots\dots (2.11) \\ &= 0.0334 \times 8929814.587 \\ &= 298422.50 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_x &= C_{s_y} \cdot W \dots\dots\dots (2.11) \\ &= 0.0334 \times 8929814.587 \\ &= 298422.50 \text{ Kg} \end{aligned}$$

3.6.8 Perhitungan Gaya Gempa Lateral (F)

Gaya gempa lateral dihitung dengan rumus :

$$F = C_v \cdot V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Dimana :

C_v = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral design total atau geser di dasar struktur

W_i & W_x = Bagian berat seismik sfektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i & h_x = Tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x

K = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 detik atau kurang , $K = 1$
- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 2,5 detik atau lebih , $K = 2$
- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 dan 2,5 detik k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Dengan $T_a = 1.4318345$ detik, dan

$K_1 = 1.0$ untuk $T_{a1} = 0.5$ diinterpolasi sebagai berikut :

$K_2 = 2.0$ untuk $T_{a2} = 2.5$

$$K = K_1 + \frac{(T_a - T_{a1})}{(T_{a2} - T_{a1})} \times (K_2 - K_1)$$

$$K = 1 + \frac{(1.4318 - 0.500)}{(2.500 - 0.500)} \times (2 - 1)$$

$$= 1.4659172$$

Maka digunakan $K_x = 1.4659172$

$$K_y = 1.4659172$$

Tabel 3.51 (Faktor Distribusi Vertikal)

Lantai	Berat (Wi)	Tinggi (hi)	hi ^{Kx}	hi ^{Ky}	Wi x hi ^{Kx}	Wi x hi ^{Ky}
	Kg	m	m	m	kgm	kgm
Atap	297437.296	52.8	335.15	335.15	99686006	99686006
Lantai 14	541854.958	48.2	292.784	292.784	158646308	158646308
Lantai 13	596468.25	43.5	252.284	252.284	150479378	150479378
Lantai 12	605187.382	40.0	223.094	223.094	135013511	135013511
Lantai 11	605187.382	36.5	195.071	195.071	118054328	118054328
Lantai 10	605187.382	33.0	168.274	168.274	101837009	101837009
Lantai 9	605187.382	29.5	142.77	142.77	86402697.9	86402697.9
Lantai 8	605187.382	26.0	#####	118.641	71799876.2	71799876.2
Lantai 7	605187.382	22.5	#####	95.9815	58086811.1	58086811.1
Lantai 6	605187.382	19.0	74.9112	74.9112	45335333.9	45335333.9
Lantai 5	605187.382	15.5	55.5812	55.5812	33637028.8	33637028.8
Lantai 4	605187.382	12.0	38.1936	38.1936	23114274.3	23114274.3
Lantai 3	605187.382	8.5	23.0383	23.0383	13942514.2	13942514.2
Lantai 2	900364.018	5.0	10.5836	10.5836	9529065.52	9529065.52
TOTAL	8387998.35				1105564142	1105564142

Tabel 3.52 Gaya Gempa Lateral Per Lantai

Lantai	Cv_x	Cv_y	V_x (Kg)	V_y (Kg)	Fx (Kg)	Fy (Kg)
Atap	0.0901675	0.0901675	298423	298423	26908.025	26908.025
Lantai 14	0.1434981	0.1434981	298423	298423	42823.049	42823.049
Lantai 13	0.1361109	0.1361109	298423	298423	40618.568	40618.568
Lantai 12	0.1221218	0.1221218	298423	298423	36443.9	36443.9
Lantai 11	0.106782	0.106782	298423	298423	31866.146	31866.146
Lantai 10	0.0921132	0.0921132	298423	298423	27488.64	27488.64
Lantai 9	0.0781526	0.0781526	298423	298423	23322.49	23322.49
Lantai 8	0.0649441	0.0649441	298423	298423	19380.783	19380.783
Lantai 7	0.0525404	0.0525404	298423	298423	15679.245	15679.245
Lantai 6	0.0410065	0.0410065	298423	298423	12237.267	12237.267
Lantai 5	0.0304252	0.0304252	298423	298423	9079.5693	9079.5693
Lantai 4	0.0209072	0.0209072	298423	298423	6239.1853	6239.1853
Lantai 3	0.0126112	0.0126112	298423	298423	3763.4722	3763.4722
Lantai 2	0.0086192	0.0086192	298423	298423	2572.1597	2572.1597
TOTAL					298422.5	298422.5

Pengaruh Gaya Gempa Vertikal

Pengaruh beban gempa vertikal E_v sesuai dengan SNI 1726-2012 hal.81 adalah :

Diketahui :

$$= 1,3 \quad S_{ds} = 0,670 \text{ g}$$

$$E_v = 0,20 \times S_{ds} \times D = 0,20 \times 0,670 \times D = 0,1341 D$$

Kombinasi Pembebanan

- 1) 1,4 D
- 2) 1,2 D + 1,6 L
- 3) $1,2 D + 1 L + 0,3 (Q_{ex} + 0,20 S_{ds} D) + 1 (Q_{ey} + 0,20 S_{ds} D)$
 $1,2 D + 1 L + 0,39 Q_{ex} + 0,04 D + 1,3 Q_{ey} + 0,13 D$
 $1,37 D + 1 L + 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}$
- 4) $1,29 D + 1 L - 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}$
- 5) $1,11 D + 1 L + 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}$
- 6) $1,03 D + 1 L - 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}$
- 7) $1,37 D + 1 L + 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey}$
- 8) $1,11 D + 1 L - 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey}$
- 9) $1,29 D + 1 L + 1,3 Q_{ex} - 0,39 Q_{ey}$
- 10) $1,03 D + 1 L - 1,3 Q_{ex} - 0,39 Q_{ey}$
- 11) $1,07 D + 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}$
- 12) $0,99 D - 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}$
- 13) $0,81 D + 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}$
- 14) $0,73 D - 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}$
- 15) $1,07 D + 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey}$
- 16) $0,81 D - 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey}$
- 17) $0,99 D + 1,3 Q_{ex} - 0,39 Q_{ey}$
- 18) $0,73 D - 1,3 Q_{ex} - 0,39 Q_{ey}$

Hasil output dari Program ETABS, untuk menghitung koordinat pusat massa.

Ukuran gedung :

L₁ : 15.35 m

L₂ 57.75 m

Tabel 3.53 Nilai Pusat Massa dan Pusat Kekakuan (Output ETABS 2015)

TABLE: Centers of Mass and Rigidity											
Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR
		kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	m	m
Lantai 2	D1	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	28.5425	7.6744
Lantai 3	D2	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	28.6928	7.6738
Lantai 4	D3	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	28.8532	7.6743
Lantai 5	D4	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	29.0423	7.6751
Lantai 6	D5	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	29.2531	7.676
Lantai 7	D6	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	29.4775	7.6771
Lantai 8	D7	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	29.7072	7.6782
Lantai 9	D8	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	29.9348	7.6792
Lantai 10	D9	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	30.1538	7.6803
Lantai 11	D10	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	30.3587	7.6812
Lantai 12	D11	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	30.5444	7.6821
Lantai 13	D12	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	30.7092	7.6829
Lantai 14	D13	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	2404.94	2404.94	28.3831	7.63	30.8738	7.6837
Atap	D14	648.67	648.67	18.0447	7.675	648.67	648.67	18.0447	7.675	21.9849	7.6767

Menurut SNI 1726 : 2012 pasal 5.4.3 yang menyatakan bahwa : Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana (ed). Apabila ukuran horizontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa, dinyatakan dengan b. maka eksentrisitas rencana (ed) harus ditentukan sebagai berikut :

a) Untuk $ed < 0.3b$, maka $ed = 1.5 e + 0.05 b$

$$\text{atau } ed = e - 0,05 b$$

b) Untuk $ed > 0.3b$, maka $ed = 1.33 e + 0.1 b$

$$\text{atau } ed = 1.17 e - 0,1 b$$

Apabila arah beban gempa searah sumbu X, maka $b = 15.35 \text{ m}$

Apabila arah beban gempa searah sumbu Y, maka $b = 57.75 \text{ m}$

$$\begin{aligned} 0.3 b \text{ (untuk beban gempa arah } x) &= 0.3 \times 15.35 \\ &= 4.61 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.3 b \text{ (untuk beban gempa arah } x) &= 0.3 \times 57.75 \\ &= 17.3 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung eksentrisitas rencana (ed) :

$$\begin{aligned} \text{Lantai 1, arah } x \quad ed &= \text{Pusat massa} - \text{Pusat Rotasi} \\ &= 28.3831 - 28.543 \\ &= -0.1594 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{arah } y \quad ed &= \text{Pusat massa} - \text{Pusat Rotasi} \\ &= 7.63 - 7.674 \\ &= -0.0444 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk lantai 2 dan seterusnya ditampilkan seperti pada tabel berikut :

Tabel 3.54 Eksentrisitas (E)

Lantai	Pusat Massa		Pusat Kekakuan		Eksentrisitas (e)	
	X	Y	X	Y	X	Y
Lantai 2	28.3831	7.6300	28.5425	7.6744	-0.1594	-0.0444
Lantai 3	28.3831	7.6300	28.6928	7.6738	-0.3097	-0.0438
Lantai 4	28.3831	7.6300	28.8532	7.6743	-0.4701	-0.0443
Lantai 5	28.3831	7.6300	29.0423	7.6751	-0.6592	-0.0451
Lantai 6	28.3831	7.6300	29.2531	7.6760	-0.87	-0.046
Lantai 7	28.3831	7.6300	29.4775	7.6771	-1.0944	-0.0471
Lantai 8	28.3831	7.6300	29.7072	7.6782	-1.3241	-0.0482
Lantai 9	28.3831	7.6300	29.9348	7.6792	-1.5517	-0.0492
Lantai 10	28.3831	7.6300	30.1538	7.6803	-1.7707	-0.0503
Lantai 11	28.3831	7.6300	30.3587	7.6812	-1.9756	-0.0512
Lantai 12	28.3831	7.6300	30.5444	7.6821	-2.1613	-0.0521
Lantai 13	28.3831	7.6300	30.7092	7.6829	-2.3261	-0.0529
Lantai 14	28.3831	7.6300	30.8738	7.6837	-2.4907	-0.0537
Atap	18.0447	7.6750	21.9849	7.6767	-3.9402	-0.0017

Karena nilai $E_d < 0.3b$ maka digunakan rumus eksentrisitas bagian (a)

Tabel 3.55 Eksentrisitas (Rencana (ed))

Lantai	$ed = 1,5e + 0,05b$		$ed = e - 0,05b$	
	X	Y	X	Y
Lantai 2	0.53	2.82	-0.9269	-2.9319
Lantai 3	0.30	2.82	-1.0772	-2.9313
Lantai 4	0.06	2.82	-1.2376	-2.9318
Lantai 5	-0.22	2.82	-1.4267	-2.9326
Lantai 6	-0.54	2.82	-1.6375	-2.9335
Lantai 7	-0.87	2.82	-1.8619	-2.9346
Lantai 8	-1.22	2.82	-2.0916	-2.9357
Lantai 9	-1.56	2.81	-2.3192	-2.9367
Lantai 10	-1.89	2.81	-2.5382	-2.9378
Lantai 11	-2.20	2.81	-2.7431	-2.9387
Lantai 12	-2.47	2.81	-2.9288	-2.9396
Lantai 13	-2.72	2.81	-3.0936	-2.9404
Lantai 14	-2.97	2.81	-3.2582	-2.9412
Atap	-5.14	2.88	-4.7077	-2.8892

Koordinat pusat massa yang baru dihitung sebagai berikut :

$$X_{m'} = X_{CR} + ed$$

$$Y_{m'} = Y_{CR} + ed$$

Tabel 3.56 Koordinat Pusat Massa

Lantai	Pusat Kekakuan		ed = 1,5e + 0,05b		Koordinat Pusat Massa	
	X	Y	X	Y	Xm'	Ym'
Lantai 2	28.54	7.67	0.53	2.82	29.0709	10.4953
Lantai 3	28.69	7.67	0.30	2.82	28.9958	10.4956
Lantai 4	28.85	7.67	0.06	2.82	28.9156	10.4954
Lantai 5	29.04	7.68	-0.22	2.82	28.8210	10.4950
Lantai 6	29.25	7.68	-0.54	2.82	28.7156	10.4945
Lantai 7	29.48	7.68	-0.87	2.82	28.6034	10.4940
Lantai 8	29.71	7.68	-1.22	2.82	28.4886	10.4934
Lantai 9	29.93	7.68	-1.56	2.81	28.3748	10.4929
Lantai 10	30.15	7.68	-1.89	2.81	28.2653	10.4924
Lantai 11	30.36	7.68	-2.20	2.81	28.1628	10.4919
Lantai 12	30.54	7.68	-2.47	2.81	28.0700	10.4915
Lantai 13	30.71	7.68	-2.72	2.81	27.9876	10.4911
Lantai 14	30.87	7.68	-2.97	2.81	27.9053	10.4907
Atap	21.98	7.68	-5.14	2.88	16.8421	10.5617

Tabel 3.57 Koordinat Pusat Massa

Lantai	Pusat Kekakuan		ed = e - 0,05b		Koordinat Pusat Massa	
	X	Y	X	Y	Xm'	Ym'
Lantai 2	28.5425	7.6744	-0.93	-2.93	27.6156	4.7425
Lantai 3	28.6928	7.6738	-1.08	-2.93	27.6156	4.7425
Lantai 4	28.8532	7.6743	-1.24	-2.93	27.6156	4.7425
Lantai 5	29.0423	7.6751	-1.43	-2.93	27.6156	4.7425
Lantai 6	29.2531	7.6760	-1.64	-2.93	27.6156	4.7425
Lantai 7	29.4775	7.6771	-1.86	-2.93	27.6156	4.7425
Lantai 8	29.7072	7.6782	-2.09	-2.94	27.6156	4.7425
Lantai 9	29.9348	7.6792	-2.32	-2.94	27.6156	4.7425
Lantai 10	30.1538	7.6803	-2.54	-2.94	27.6156	4.7425
Lantai 11	30.3587	7.6812	-2.74	-2.94	27.6156	4.7425
Lantai 12	30.5444	7.6821	-2.93	-2.94	27.6156	4.7425
Lantai 13	30.7092	7.6829	-3.09	-2.94	27.6156	4.7425
Lantai 14	30.8738	7.6837	-3.26	-2.94	27.6156	4.7425
Atap	21.9849	7.6767	-4.71	-2.89	17.2772	4.7875

3.7 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Berikut ini tabel simpangan horisontal, yakni :

- Faktor Keutamaan Gempa (I_e) : 1.0 (Kategori II)
- Koefisien modifikasi respon (R) : 8
- Faktor pembesaran Defleksi (c_d) : 2
- Simpangan antar lantai ijin : $0.020 h_i$
- Simpangan Antar Lantai Arah X

$$\begin{aligned} \text{ex Atap} &= dx \text{ Atap} - dx \text{ lantai 14} \\ &= 77.26 - 70.71 \\ &= 6.55 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Simpangan Antar Lantai Arah Y

$$\begin{aligned} \text{ex Atap} &= dy \text{ Atap} - dy \text{ lantai 14} \\ &= 53.94 - 47.63 \\ &= 6.31 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya, ditabelkan seperti dibawah ini :

Tabel 3.58 Simpangan horisontal struktur arah x dan y

Story	Tinggi Lantai	Simpangan Struktur		Simpangan ant lantai	
		Arah x	Arah y	Arah x	Arah y
		dx	dy	x	y
	m	mm	mm	mm	mm
Atap	52.8	77.257	53.940	6.549	6.3
Story14	48.15	70.708	47.632	6.459	5.3
Story13	43.5	64.249	42.326	5.122	4.0
Story12	40	59.127	38.308	5.458	4.1
Story11	36.5	53.669	34.182	5.712	4.2
Story10	33	47.957	30.008	5.89	4.2
Story9	29.5	42.067	25.835	5.978	4.1

Story8	26	36.089	21.721	5.968	4.0
Story7	22.5	30.121	17.731	5.852	3.8
Story6	19	24.269	13.933	5.625	3.5
Story5	15.5	18.644	10.403	5.268	3.2
Story4	12	13.376	7.215	4.782	2.7
Story3	8.5	8.594	4.469	4.256	2.2
Story2	5	4.338	2.276	4.338	2.3
Story1	0	0	0	0	0.0

Dimana :

\overline{dx} = Simpangan struktur arah x

\overline{dy} = Simpangan struktur arah y

\overline{x} = Simpangan antar lantai arah x

\overline{y} = Simpangan antar lantai arah y

Defleksi arah x lantai 2

$$\text{Lantai 2} = e_2 = 4.34 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar :

$$\delta_{2x} = \frac{C_d \overline{x} e_2}{I_e} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$= \frac{2 \overline{x} 4.34}{1.00} = 8.68 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= 0.020 \times h_2 \\ &= 0.020 \times 5000 \\ &= 100.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{2x} &\leq a \\ &= 8.68 \leq 100.00 \end{aligned}$$

Defleksi arah y lantai 2

$$\text{Lantai 2} = e_2 = 2.28 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar :

$$\begin{aligned} 2x &= \frac{C_d \times e_2}{I_E} \\ &= \frac{2 \times 2.28}{1.00} = 4.55 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_2 &= 0.020 \times h_2 \\ &= 0.020 \times 5000 \\ &= 100.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 &= 2x \leq a \\ &= 4.55 \leq 100.00 \end{aligned}$$

Defleksi arah x lantai 3

$$\text{Lantai 3} = e_3 = 4.26 \text{ mm}$$

$$\text{Lantai 2} = e_2 = 4.34 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar :

$$\begin{aligned} 3x &= \frac{C_d \times e_{3x}}{I_E} \\ &= \frac{2 \times 4.26}{1.00} = 8.51 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3x &= \frac{C_d \times (e_3 - e_2)}{I_E} \\ &= \frac{2 \times -0.08}{1.00} = -0.16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_3 &= 0.020 \times h_3 \\ &= 0.020 \times 3500 \\ &= 70.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 &= 2x \leq a \\ &= -0.16 \leq 70.00 \end{aligned}$$

Defleksi arah y lantai 3

$$\text{Lantai 3} = e_2 = 2.19 \text{ mm}$$

$$\text{Lantai 2} = e_1 = 2.28 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar :

$$\begin{aligned} 3y &= \frac{C_d \times e_{3y}}{I_E} \\ &= \frac{2 \times 2.19}{1.00} = 4.39 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3y &= \frac{C_d \times (e_3 - e_2)}{I_E} \\ &= \frac{2 \times -0.08}{1.00} = -0.17 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_3 &= 0.020 \times h_3 \\ &= 0.020 \times 3500 \\ &= 70.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 &= 3y \leq a \\ &= -0.17 \leq 70.00 \end{aligned}$$

Tabel 3.59 Kontrol Simpangan antar Lantai x

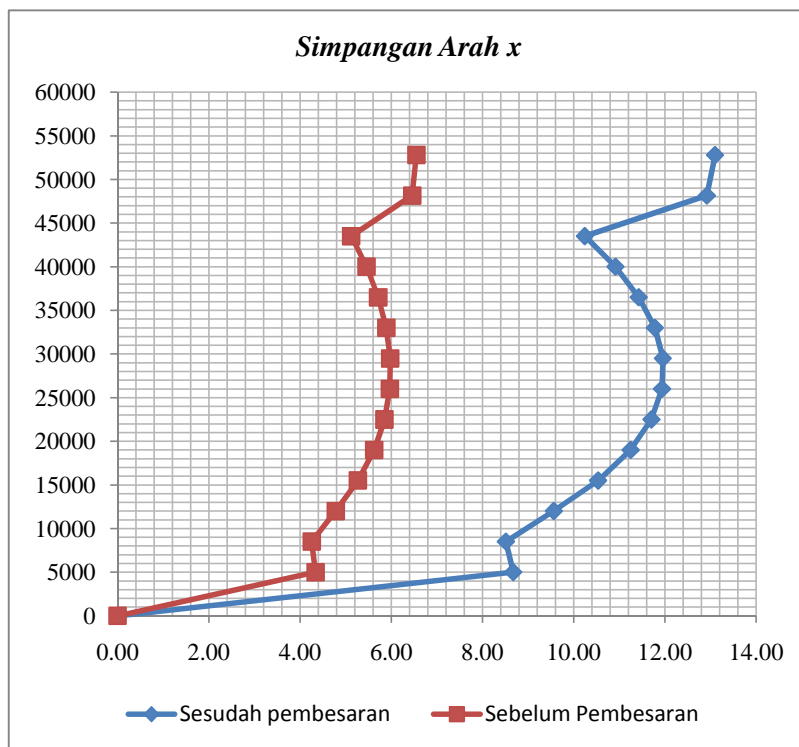
Lantai	Tinggi Lantai	Perpindahan elastis	Perpindahan diperbesar	Simpangan ant. Tingkat	Simpangan antar lantai yang diijinkan	
		e_x	x	i	a	$< a$
		mm	mm	mm	mm	
rf	4650	6.55	13.10	0.18	93	OK
14	4650	6.46	12.92	2.67	93	OK
13	3500	5.12	10.24	-0.67	70	OK

12	3500	5.46	10.92	-0.51	70	OK
11	3500	5.71	11.42	-0.36	70	OK
10	3500	5.89	11.78	-0.18	70	OK
9	3500	5.98	11.96	0.02	70	OK
8	3500	5.97	11.94	0.23	70	OK
7	3500	5.85	11.70	0.45	70	OK
6	3500	5.63	11.25	0.71	70	OK
5	3500	5.27	10.54	0.97	70	OK
4	3500	4.78	9.56	1.05	70	OK
3	3500	4.26	8.51	-0.16	70	OK
2	5000	4.34	8.68	8.68	100	OK
1	0	0.00	0.00	0.00	0	OK

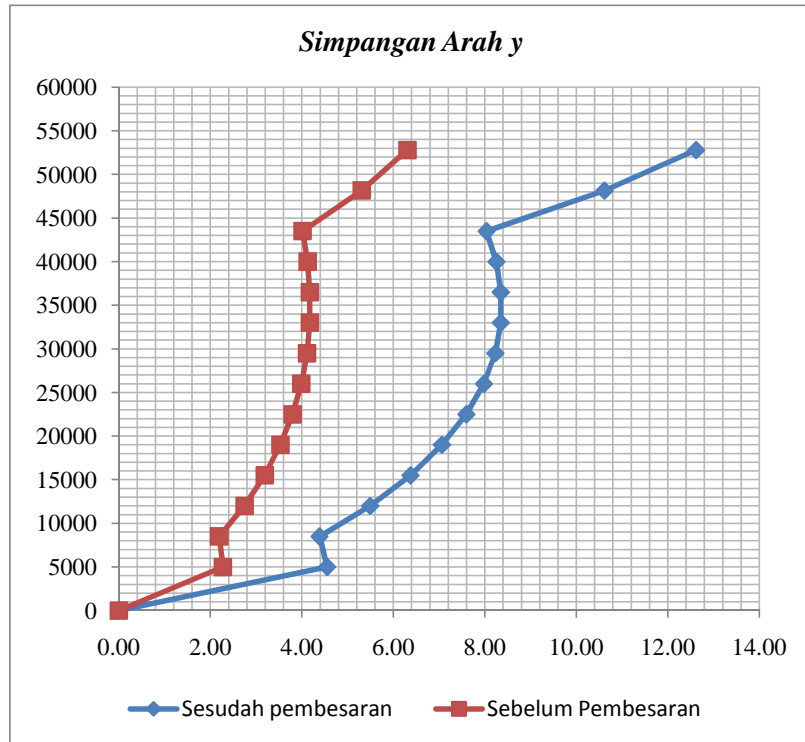
Tabel 3.60 Kontrol Simpangan antar Lantai y

Lantai	Tinggi Lantai	Perpindahan elastis	Perpindahan diperbesar	Simpangan ant. Tingkat	Simpangan antar lantai yang diijinkan	
		ey	y	i	a	< a
		mm	mm	mm	mm	
15	4650	6.31	12.62	2.00	93	OK
14	4650	5.31	10.61	2.58	93	OK
13	3500	4.02	8.04	-0.22	70	OK
12	3500	4.13	8.25	-0.10	70	OK
11	3500	4.17	8.35	0.00	70	OK
10	3500	4.17	8.35	0.12	70	OK
9	3500	4.11	8.23	0.25	70	OK
8	3500	3.99	7.98	0.38	70	OK
7	3500	3.80	7.60	0.54	70	OK

6	3500	3.53	7.06	0.68	70	OK
5	3500	3.19	6.38	0.88	70	OK
4	3500	2.75	5.49	1.11	70	OK
3	3500	2.19	4.39	-0.17	70	OK
2	5000	2.28	4.55	4.55	100	OK
1	0	0.00	0.00	0.00	0	OK



Grafik 3.2 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah x



Grafik 3.3 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah y

3.8 Kontrol Simpangan Struktur

Persyaratan simpangan antar tingkat struktur gedung tidak boleh melebihi 2% dari jarak antar tingkat (SNI 1729 : 2002), maka :

$$\begin{aligned}
 dm &= 0.02 \times h_i \\
 &= 0.02 \times 5 \\
 &= 0.100 \text{ m} \\
 &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kontrol simpangan struktur pada arah x dan y dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

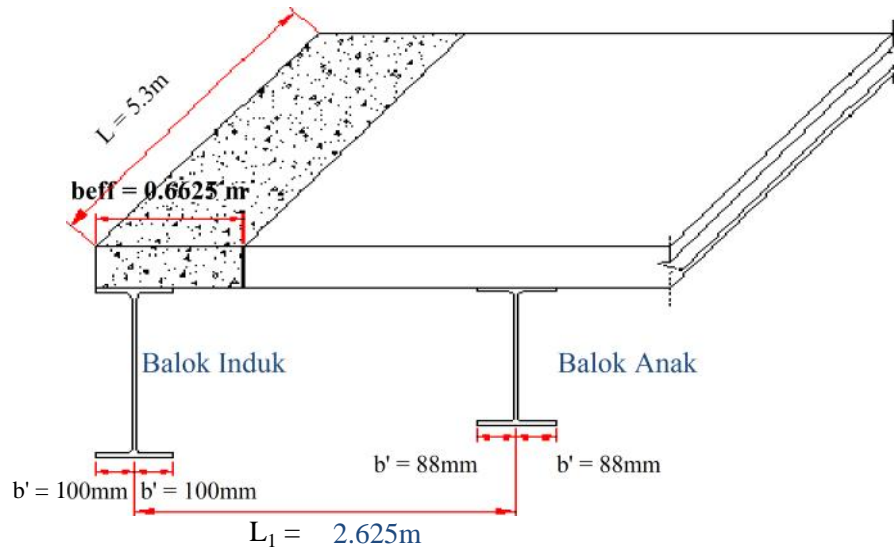
Tabel 3.61 Kontrol Simpangan Struktur

Story	Tinggi Lantai	Simpangan Struktur		Syarat		Ket
		Arah x dx	Arah y dy	Arah x dm _x	Arah y dmy _y	
	m	mm	mm	mm	mm	
Atap	52.8	77.257	53.9	93	93	OK
Story14	48.15	70.708	47.6	93	93	OK
Story13	43.5	64.249	42.3	70	70	OK
Story12	40	59.127	38.3	70	70	OK
Story11	36.5	53.669	34.2	70	70	OK
Story10	33	47.957	30.0	70	70	OK
Story9	29.5	42.067	25.8	70	70	OK
Story8	26	36.089	21.7	70	70	OK
Story7	22.5	30.121	17.7	70	70	OK
Story6	19	24.269	13.9	70	70	OK
Story5	15.5	18.644	10.4	70	70	OK
Story4	12	13.376	7.2	70	70	OK
Story3	8.5	8.594	4.5	70	70	OK
Story2	5	4.338	2.3	100	100	OK
Story1	0	0	0.0	0	0	OK

Digunakan profil baja WF 450 x 200 x 9 x 14

Dari tabel baja diperoleh :	t_f	: 14.0 mm
d	: 450.0 mm	A_g : 96.76 cm ²
b_f	: 200.0 mm	I_x : 33500 Cm ⁴
t_w	: 9.0 mm	I_y : 1870 Cm ⁴

4.1.1 Balok Tepi (misalkan B2 dgn bentang (L) = 5.30 m)



Gambar 4.2 Lebar efektif plat penampang komposit

1) Lebar Efektif (b_{eff})

Perhitungan lebar efektif pelat beton (b_{eff}) gelagar tepi, yakni :

- $b_{eff} = \frac{1}{8} L = \frac{1}{8} \times 5300 = 662.5 \text{ mm}$
- $b_{eff} = (L_1 / 2) + b' = (2625) / 2 + 100 = 1413 \text{ mm}$

Maka digunakan b_{eff} terkecil yakni : 662.5 mm

2) Momen Inersia Penampang Komposit

Perbandingan modulus elastisitas baja dan beton (n) :

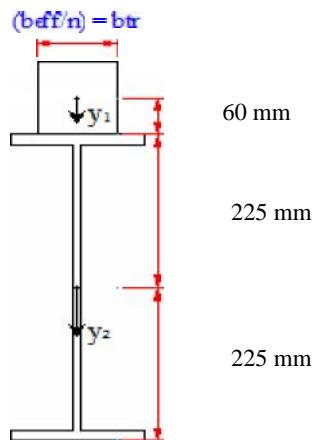
$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{23500} = 8.5106383 \text{ MPa}$$

Lebar transformasi dari lebar efektif pelat beton yakni :

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{662.5}{8.5106} = 77.84 \text{ mm}$$

Luas area transformasi pelat beton yakni :

$$\begin{aligned} A_{tr} &= b_{tr} \times t_s \\ &= 77.84 \times 120 \\ &= 9341 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4.3 Jarak titik berat penampang komposit

Perhitungan titik berat penampang terhadap sisi bawah :

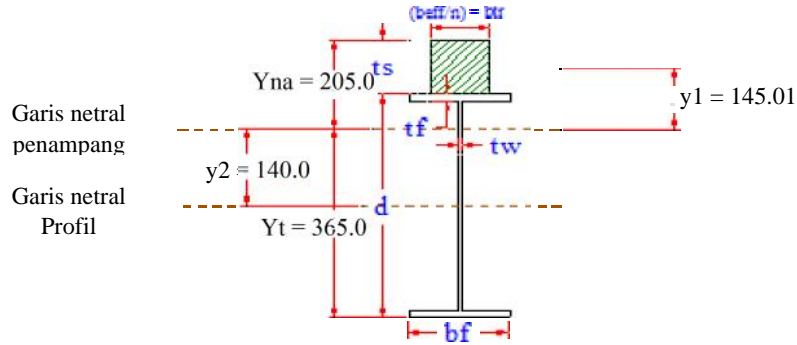
Tabel 4.1 Titik berat terhadap sisi bawah penampang

Elemen	Luas Area (A) (mm ²)	Lengan (y) thdp sisi bawah (mm)	A . Y (mm ³)
Pelat	9341.25	510	4764037.5
Balok	9676	225	2177100.0
TOTAL	19017.25		6941137.5

$$Y_t = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{6941137.5}{19017.25}$$

= 364.99165 mm, dari serat bawah penampang

$$\begin{aligned}
 Y_{na} &= d + t_s - Y_t \\
 &= 450 + 120 - 364.9917 \\
 &= 205.008 \text{ mm, dari serat atas penampang}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.4 Garis Netral Balok Komposit

Perhitungan momen inersia pelat beton :

$$\begin{aligned}
 I_{x \text{ plat}} &= \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 77.8 \times 120^3 \\
 &= 11209500.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{y \text{ plat}} &= \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 120 \times 77.8^3 \\
 &= 4717058.341 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Titik berat terhadap garis netral komposit

Elemen	Luas Area (A) (mm ²)	Lengan (y) thdp grs netral komposit (mm)	A . Y ² (mm ⁴)
Pelat	9341.25	145.008	196422395.5
Balok	9676	139.992	189626984.5
TOTAL	19017.25		386049379.9

Maka momen inersia penampang komposit, yakni :

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_x \text{ plat} + I_x \text{ Profil} + A \cdot Y^2 \\
 &= 11209500.00 + 335000000.00 + 386049379.9 \\
 &= 732258879.9 \text{ mm}^4 \\
 &= 73225.888 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y &= I_y \text{ plat} + I_y \text{ Profil} \\
 &= 4717058.34 + 18700000.00 \\
 &= 23417058.34 \text{ mm}^4 \\
 &= 2341.7058 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk hasil perhitungan lebar efektif dan momen inersia balok komposit (induk tepi) ditampilkan pada tabel berikut :

4.3 Tabel Lebar efektif balok tepi

Balok	Panjang (L) (mm)	Jarak sumbu balok ke (mm)		Lebar efektif (beff) (mm)		
		Balok t.dekat (L_1)	Tepi plat (b')	$1/8L$	$L_1/2 + b'$	Dipakai yg terkecil
B1	5250	5300	100	656.3	2750	656.25
B2	5300	5250	100	662.5	2725	662.5
B3	4750	5250	100	593.8	2725	593.75
B4	7800	5300	100	975	2750	975
B5	4300	5300	100	537.5	2750	537.5
B6	7150	5300	100	893.8	2750	893.75
B7	7000	5300	100	875	2750	875

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

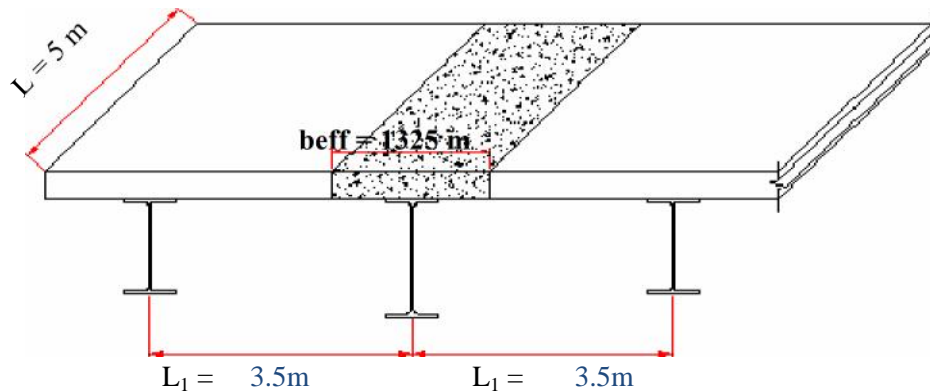
$$t_s = 120 \text{ cm}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{23500} = 8.51064$$

4.4 Tabel Momen Inersia Balok Induk Komposit (Tepi)

No	b_r (mm)	A_{tr} (mm ²)	Titik berat thd serat bawah		Garis Netral		I_x Plat (mm ⁴)	Titik berat thd serat bawah		I_{tr} (mm ⁴)
			A . Y (plat) (mm ³)	A . Y (balok) (mm ³)	Y _t (mm)	Y _{na} (mm)		A . Y ² (plat) (mm ⁴)	A . Y ² (balok) (mm ⁴)	
B1	77.11	9253.13	4719093.75	2177100	364.317	205.683	11103750	196385215.8	187802495.8	730291461.6
B2	77.84	9341.25	4764037.5	2177100	364.992	205.008	11209500	196422395.5	189626984.5	732258879.9
B3	69.77	8371.88	4269656.25	2177100	357.203	212.797	10046250	195457358.8	169113742.9	709617351.7
B4	114.56	13747.5	7011225	2177100	392.27	177.73	16497000	190546769.3	270725683.2	812769452.5
B5	63.16	7578.75	3865162.5	2177100	350.18	219.82	9094500	193580531.6	151622411.5	689297443.1
B6	105.02	12601.9	6426956.25	2177100	386.215	183.785	15122250	193094134.3	251482859	794699243.3
B7	102.81	12337.5	6292125	2177100	384.729	185.271	14805000	193611169.9	246866247.2	790282417.1

4.1.2 Balok Tengah (misalkan B8 dgn bentang (L) = 5.3 m)



Gambar 4.5 Lebar efektif plat penampang komposit

1) Lebar Efektif (b_{eff})

Perhitungan lebar efektif pelat beton (b_{eff}) gelagar tengah, yakni :

- $b_{eff} = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 5300 = 1325 \text{ mm}$
- $b_{eff} = \frac{(L_1 + L_2)}{2} = \frac{(3500 + 3500)}{2} = 3500 \text{ mm}$

Maka digunakan b_{eff} terkecil yakni : 1325 mm

2) Momen Inersia Penampang Komposit

Perbandingan modulus elastisitas baja dan beton (n) :

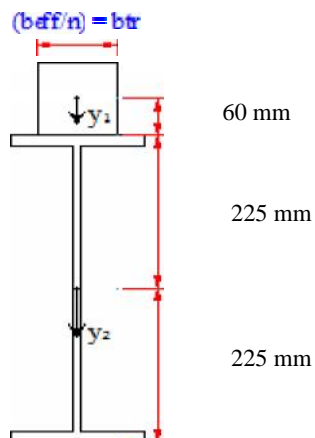
$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{23500} = 8.5106383 \text{ MPa}$$

Lebar transformasi dari lebar efektif pelat beton yakni :

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{1325}{8.5106} = 155.69 \text{ mm}$$

Luas area transformasi pelat beton yakni :

$$\begin{aligned} A_{tr} &= b_{tr} \times t_s \\ &= 155.7 \times 120 \\ &= 18683 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4.6 Jarak titik berat penampang komposit

Perhitungan titik berat penampang terhadap sisi bawah :

Tabel 4.5 Titik berat terhadap sisi bawah penampang

Elemen	Luas Area (A) (mm ²)	Lengan (y) thdp sisi bawah (mm)	A . Y (mm ³)
Pelat	18682.5	510	9528075.0
Balok	9676	225	2177100
TOTAL	28358.5		11705175

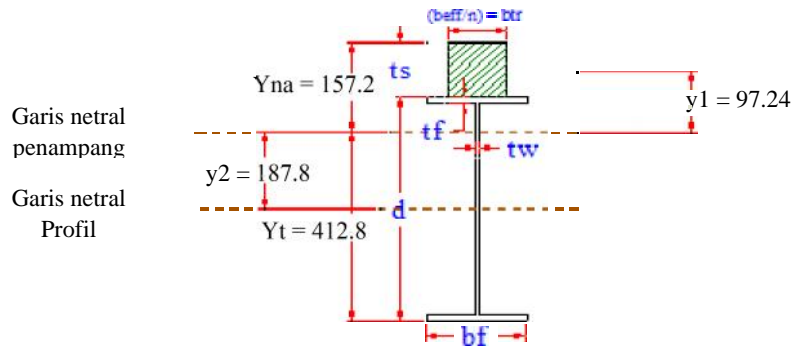
$$Y_t = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{11705175}{28358.5}$$

$$= 412.7572 \text{ mm, dari serat bawah penampang}$$

$$Y_{na} = d + t_s - Y_t$$

$$= 450 + 120 - 412.7572$$

$$= 157.243 \text{ mm, dari serat atas penampang}$$



Gambar 4.7 Garis Netral Balok Komposit

Perhitungan momen inersia pelat beton :

$$\begin{aligned}
 I_{x \text{ plat}} &= \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 155.7 \times 120^3 \\
 &= 22419000.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{y \text{ plat}} &= \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 120 \times 155.7^3 \\
 &= 37736466.73 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.6 Titik berat terhadap garis netral komposit

Elemen	Luas Area (A) (mm ²)	Lengan (y) thdp grs netral komposit (mm)	A . Y ² (mm ⁴)
Pelat	18682.5	97.243	176664756.6
Balok	9676	187.757	341105758.1
TOTAL	28358.5		517770514.7

Maka momen inersia penampang komposit, yakni :

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_x \text{ plat} + I_x \text{ Profil} + A \cdot Y \\
 &= 22419000.00 + 335000000.00 + 517770514.7 \\
 &= 875189514.7 \text{ mm}^4 \\
 &= 87518.951 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y &= I_y \text{ plat} + I_y \text{ Profil} \\
 &= 37736466.73 + 18700000.00 \\
 &= 56436466.73 \text{ mm}^4 \\
 &= 5643.6467 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

4.7 Tabel Lebar efektif balok tengah

Balok	Panjang (L) (mm)	Jarak sumbu balok ke (mm)		Lebar efektif (beff) (mm)		
		Balok t.dekat (L_1)	Balok t.dekat (L_2)	1/4L	$(L_1 + L_2)/2$	Dipakai yg terkecil
B8	5300	3500	3500	1325	3500	1325
B9	4750	2625	2625	1188	2625	1187.5
B10	5250	5300	4750	1313	5025	1312.5
B11	7800	5300	4750	1950	5025	1950
B12	4300	5300	4750	1075	5025	1075
B13	7150	5300	4750	1788	5025	1787.5
B14	7000	5300	4750	1750	5025	1750

$$E_s = 200000 \text{ Mpa} \quad n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{23500} = 8.51064$$

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

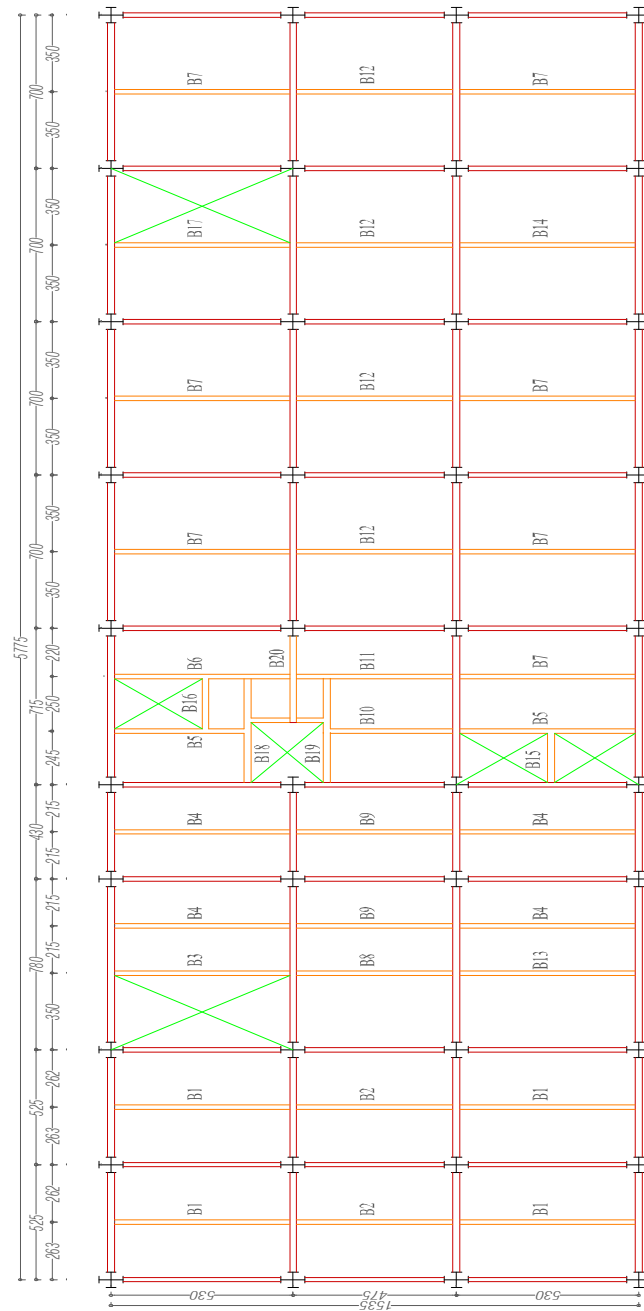
$$t_s = 120 \text{ cm}$$

4.8 Tabel Momen Inersia Balok Induk Komposit (Tengah)

No	b _{tr} (mm)	A _{tr} (mm ²)	Titik berat thd serat bawah		Garis Netral		Ix Plat (mm ⁴)	Titik berat thd serat bawah		I _{tr} (mm ⁴)
			A . Y (plat) (mm ³)	A . Y (balok) (mm ³)	Yt (mm)	Yna (mm)		A . Y ² (plat) (mm ³)	A . Y ² (balok) (mm ³)	
B8	155.69	18682.5	9528075	2177100	412.76	157.24	22419000	176664756.6	341105758.1	875189514.7
B9	139.53	16743.8	8539312.5	2177100	405.62	164.38	20092500	182421811	315670235.4	853184546.4
B10	154.22	18506.3	9438187.5	2177100	412.15	157.85	22207500	177193806.5	338899636.4	873300942.9
B11	229.13	27495	14022450	2177100	435.81	134.19	32994000	151330572	430015923.5	949340495.5
B12	126.31	15157.5	7730325	2177100	398.95	171.05	18189000	186910264	292795817.1	832895081.0
B13	210.03	25203.8	12853912.5	2177100	430.94	139.06	30244500	157543277.3	410363928.7	933151706.0
B14	205.63	24675	12584250	2177100	429.72	140.28	29610000	159022959.6	405528268.7	929161228.3

4.2 Lebar Efektif dan Momen Inersia Komposit

Balok Anak



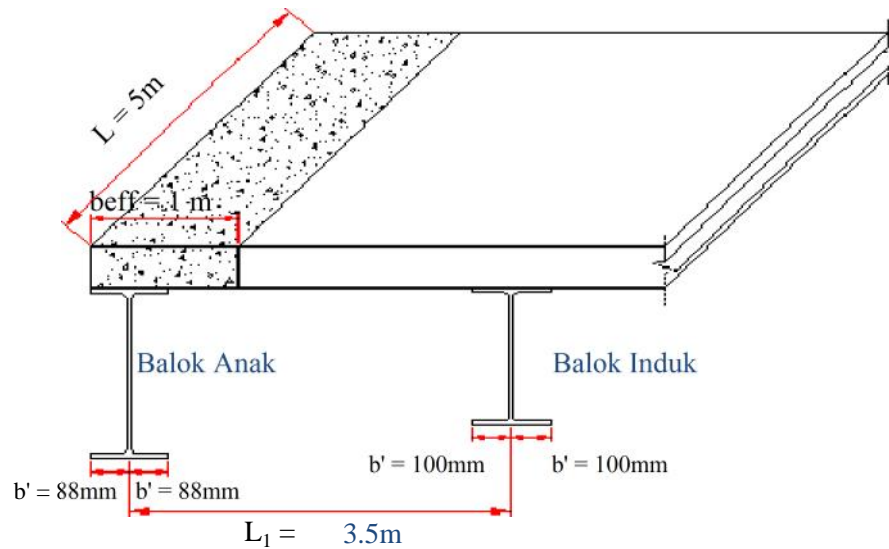
4.8 Denah Pembalokan (Balok Anak Komposit)

Digunakan profil baja WF 350 x 175 x 7 x 11

Dari tabel baja diperoleh :

d	: 350.0 mm	A_g	: 63.14 cm ²
b_f	: 175.0 mm	I_x	: 13600 Cm ⁴
t_w	: 7.0 mm	I_y	: 984 Cm ⁴
t_f	: 11.0 mm		

4.2.1 Balok Tepi (misalkan B17 dgn bentang (L) = 5.3 m)



Gambar 4.9 Lebar efektif Plat penampang komposit

1) Lebar Efektif (b_{eff})

Perhitungan lebar efektif pelat beton (b_{eff}) gelagar tepi, yakni :

- $b_{eff} = \frac{1}{8} L = \frac{1}{8} \times 5300 = 662.5 \text{ mm}$
- $b_{eff} = (L_1 / 2) + b' = (3500 / 2) + 87.5 = 1838 \text{ mm}$

Maka digunakan b_{eff} terkecil yakni : 662.5 mm

2) Momen Inersia Penampang Komposit

Perbandingan modulus elastisitas baja dan beton (n) :

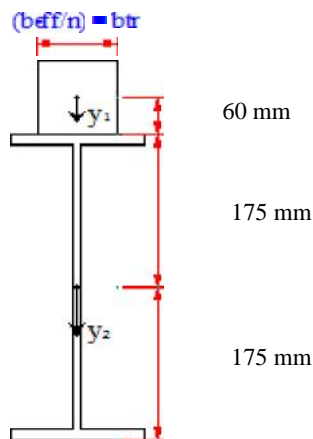
$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{23500} = 8.5106383 \text{ MPa}$$

Lebar transformasi dari lebar efektif pelat beton yakni :

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{662.5}{8.5106} = 77.84 \text{ mm}$$

Luas area transformasi pelat beton yakni :

$$\begin{aligned} A_{tr} &= b_{tr} \times t_s \\ &= 77.84 \times 120 \\ &= 9341 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



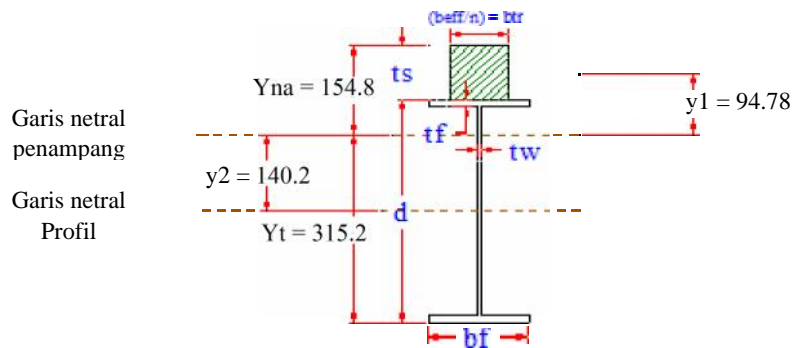
Gambar 4.10 Jarak titik berat penampang komposit

Perhitungan titik berat penampang terhadap sisi bawah :

Tabel 4.9 Titik berat terhadap sisi bawah penampang

Elemen	Luas Area (A) (mm ²)	Lengan (y) thdp sisi bawah (mm)	A . Y (mm ³)
Pelat	9341.25	410	3829912.5
Balok	6314	175	1104950.0
TOTAL	15655.25		4934862.5

$$\begin{aligned}
 Y_t &= \frac{A \cdot y}{A} = \frac{4934862.5}{15655.25} \\
 &= 315.22093 \text{ mm, dari serat bawah penampang} \\
 Y_{na} &= d + t_s - Y_t \\
 &= 350 + 120 - 315.2209 \\
 &= 154.779 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.11 Garis Netral Balok Komposit

Perhitungan momen inersia pelat beton :

$$\begin{aligned}
 I_{x \text{ plat}} &= \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 77.8 \times 120^3 \\
 &= 11209500.00 \text{ mm} \\
 I_{y \text{ plat}} &= \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 120 \times 77.8^3 \\
 &= 4717058.341 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Titik berat terhadap garis netral komposit

Elemen	Luas Area (A) (mm ²)	Lengan (y) thdp grs netral komposit (mm)	A · Y ² (mm ⁴)
Pelat	9341.25	94.779	83913118.32
Balok	6314	140.221	124145298.8
TOTAL	15655.25		208058417.1

Maka momen inersia penampang komposit, yakni :

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_x \text{ plat} + I_x \text{ Profil} + A \cdot Y^2 \\
 &= 11209500.00 + 136000000.00 + 208058417.1 \\
 &= 355267917.1 \text{ mm}^4 \\
 &= 35526.792 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y &= I_y \text{ plat} + I_y \text{ Profil} \\
 &= 4717058.34 + 9840000.00 \\
 &= 14557058.34 \text{ mm}^4 \\
 &= 1455.7058 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk hasil perhitungan lebar efektif dan momen inersia balok komposit (anak tepi) ditampilkan pada tabel berikut :

4.11 Tabel Lebar efektif balok tepi

Balok	Panjang (L) (mm)	Jarak sumbu balok ke (mm)		Lebar efektif (beff) (mm)		
		Balok t.dekat (L_1)	Tepi plat (b')	1/8L	$L_1/2 + b'$	Dipakai yg terkecil
	B3	5300	2150	87.5	662.5	1162.5
B5	5300	2450	87.5	662.5	1312.5	662.5
B6	5300	2200	87.5	662.5	1187.5	662.5
B15	2450	2650	87.5	306.3	1412.5	306.25
B16	2500	2550	87.5	312.5	1362.5	312.5
B17	5300	3500	87.5	662.5	1837.5	662.5
B18	2950	5300	87.5	368.8	2737.5	368.75
B19	2950	4750	87.5	368.8	2462.5	368.75

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

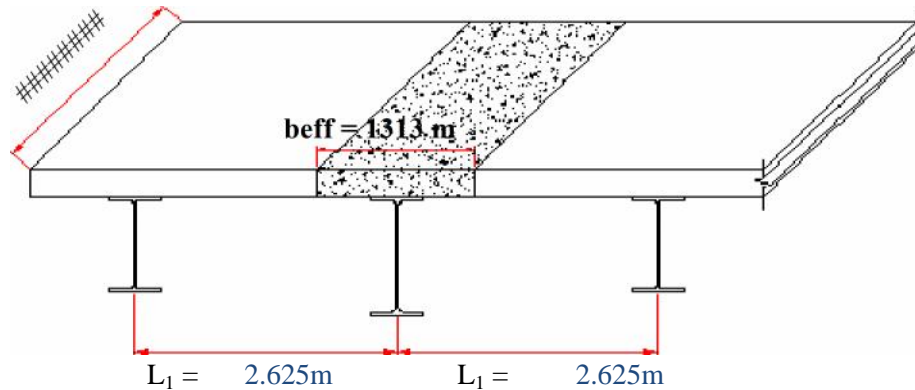
$$t_s = 120 \text{ cm}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{23500} = 8.51064$$

4.12 Tabel Momen Inersia Balok Anak Komposit (Tepi)

No	b _{tr} (mm)	A _{tr} (mm ²)	Titik berat thd serat bawah		Garis Netral		Ix Plat (mm ⁴)	Titik berat thd serat bawah		I _{tr} (mm ⁴)
			A . Y (plat) (mm ³)	A . Y (balok) (mm ³)	Y _t (mm)	Y _{na} (mm)		A . Y ² (plat) (mm ⁴)	A . Y ² (balok) (mm ⁴)	
B3	77.84	9341.25	3829912.5	1104950	315.221	154.779	11209500	83913118.32	124145298.8	355267917.1
B5	77.84	9341.25	3829912.5	1104950	315.221	254.779	11209500	354396611.6	10214305.5	511820417.1
B6	77.84	9341.25	3829912.5	1104950	315.221	254.779	11209500	354396611.6	10214305.5	511820417.1
B7	35.98	4318.13	1770431.25	1104950	270.443	299.557	5181750	247807133.9	131131.7975	389120015.7
B15	36.72	4406.25	1806562.5	1104950	271.59	298.41	5287500	250448328.1	73420.61673	391809248.8
B16	77.84	9341.25	3829912.5	1104950	315.221	254.779	11209500	354396611.6	10214305.5	511820417.1
B17	77.84	9341.25	3829912.5	1104950	315.221	254.779	11209500	354396611.6	10214305.5	511820417.1
B18	43.33	5199.38	2131743.75	1104950	281.125	288.875	6239250	272363626.3	236848.1496	414839724.4
B19	43.33	5199.38	2131743.75	1104950	281.125	288.875	6239250	272363626.3	236848.1496	414839724.4

4.2.2 Balok Tengah (misalkan B1 dgn bentang (L) = 5.25 m)



Gambar 4.12 Lebar efektif plat penampang komposit

1) Lebar Efektif (b_{eff})

Perhitungan lebar efektif pelat beton (b_{eff}) gelagar tengah, yakni :

- $b_{eff} \quad \frac{1}{4} L \quad = \quad \frac{1}{4} \times \quad 5250$
1313 mm
- $b_{eff} \quad \frac{(L_1 + L_2)}{2} \quad = \quad \frac{(2625 + 2625)}{2}$
2625 mm

Maka digunakan b_{eff} terkecil yakni : 1312.5 mm

2) Momen Inersia Penampang Komposit

Perbandingan modulus elastisitas baja dan beton (n) :

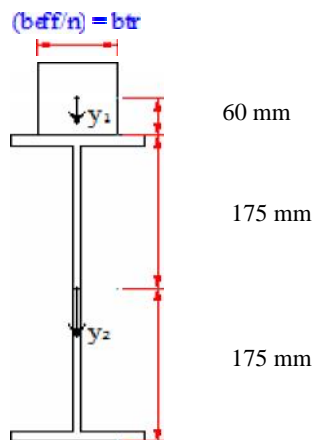
$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{23500} = 8.5106383 \text{ MPa}$$

Lebar transformasi dari lebar efektif pelat beton yakni :

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{1312.5}{8.5106} = 154.22 \text{ mm}$$

Luas area transformasi pelat beton yakni :

$$\begin{aligned} A_{tr} &= b_{tr} \times t_s \\ &= 154.22 \times 120 \\ &= 18506 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4.13 Jarak titik berat penampang komposit

Perhitungan titik berat penampang terhadap sisi bawah :

Tabel 4.13 Titik berat terhadap sisi bawah penampang

Elemen	Luas Area (A) (mm ²)	Lengan (y) thdp sisi bawah (mm)	A · Y (mm ³)
Pelat	18506.25	410	7587562.5
Balok	6314	175	1104950
TOTAL	24820.25		8692512.5

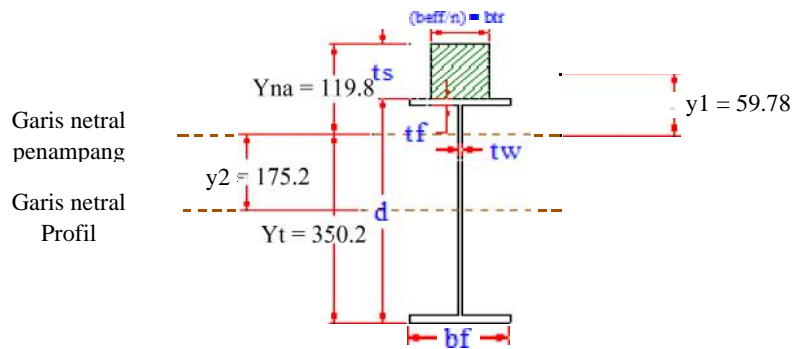
$$Y_t = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{8692512.5}{24820.25}$$

$$= 350.21857 \text{ mm, dari serat bawah penampang}$$

$$Y_{na} = d + t_s - Y_t$$

$$= 350 + 120 - 350.2186$$

$$= 119.781 \text{ mm}$$



Gambar 4.14 Garis Netral Balok Komposit

Perhitungan momen inersia pelat beton :

$$I_{x \text{ plat}} = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 154.2 \times 120^3$$

$$= 22207500.00 \text{ mm}^4$$

$$I_{y \text{ plat}} = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 120 \times 154.2^3$$

$$= 36678497.43 \text{ mm}^4$$

Tabel 4.14 Titik berat terhadap garis netral komposit

Elemen	Luas Area (A) (mm ²)	Lengan (y) thdp grs netral komposit (mm)	A . Y ² (mm ⁴)
Pelat	18506.25	59.781	66137991.38
Balok	6314	175.219	193849572.9
TOTAL	24820.25		259987564.2

Maka momen inersia penampang komposit, yakni :

$$I_x = I_{x \text{ plat}} + I_{x \text{ Profil}} + A \cdot Y$$

$$= 22207500.00 + 136000000.00 + 259987564.2$$

$$= 418195064.2 \text{ mm}^4$$

$$= 41819.506 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned}
 I_y &= I_y \text{ plat} + I_y \text{ Profil} \\
 &= 36678497.43 + 18700000.00 \\
 &= 55378497.43 \text{ mm}^4 \\
 &= 5537.8497 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

4.15 Tabel Lebar efektif balok anak tengah

Balok	Panjang (L)	Jarak sumbu balok ke		Lebar efektif (beff)		
	(mm)	Balok t.dekat (L ₁)	Balok t.dekat (L ₂)	1/4L	(L ₁ + L ₂)/2	Dipakai yg terkecil
B1	5300	2625	4000	1325	3312.5	1325
B2	4750	2625	4000	1188	3312.5	1187.5
B4	5300	2150	4000	1325	3075	1325
B7	5300	3500	3750	1325	3625	1325
B8	4750	3500	2150	1188	2825	1187.5
B9	4750	2150	2150	1188	2150	1187.5
B10	3500	2450	2500	875	2475	875
B11	4750	2500	2200	1188	2350	1187.5
B12	4750	3500	3500	1188	3500	1187.5
B13	5300	3500	2150	1325	2825	1325
B14	5300	3500	3500	1325	3500	1325
B20	4200	5300	4750	1050	5025	1050

$$E_s = 200000 \text{ Mpa} \quad n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{23500} = 8.51064$$

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

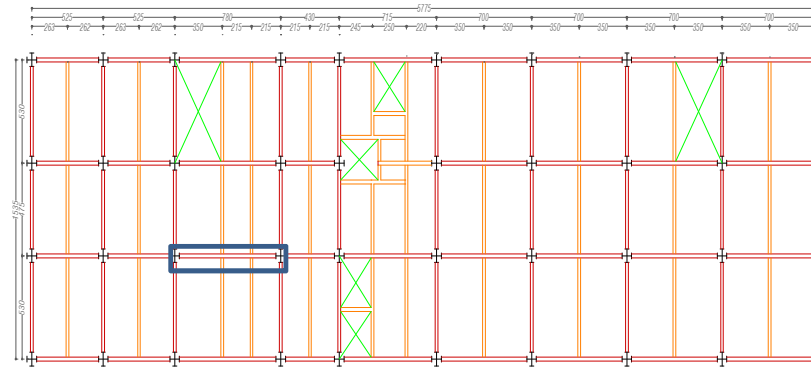
$$t_s = 120 \text{ cm}$$

4.16 Tabel Momen Inersia Balok Anak Komposit (Tengah)

No	b _{tr} (mm)	A _{tr} (mm ²)	Titik berat thd serat bawah		Garis Netral		Ix Plat (mm ⁴)	Titik berat thd serat bawah		I _{tr} (mm ⁴)
			A . Y (plat) (mm ³)	A . Y (balok) (mm ³)	Y _t (mm)	Y _{na} (mm)		A . Y ² (plat) (mm ³)	A . Y ² (balok) (mm ³)	
B1	155.69	18682.5	7659825	1104950	350.64	119.36	22419000	65829637.59	194783371	419032008.6
B2	139.53	16743.8	6864937.5	1104950	345.65	124.35	20092500	69336794.25	183870438.5	409299732.7
B4	155.69	18682.5	7659825	1104950	350.64	119.36	22419000	65829637.59	194783371	419032008.6
B7	155.69	18682.5	7659825	1104950	350.64	119.36	22419000	65829637.59	194783371	419032008.6
B8	139.53	16743.8	6864937.5	1104950	345.65	124.35	20092500	69336794.25	183870438.5	409299732.7
B9	139.53	16743.8	6864937.5	1104950	345.65	124.35	20092500	69336794.25	183870438.5	409299732.7
B10	102.81	12337.5	5058375	1104950	330.45	139.55	14805000	78080847.06	152569282.7	381455129.7
B11	139.53	16743.8	6864937.5	1104950	345.65	124.35	20092500	69336794.25	183870438.5	409299732.7
B12	139.53	16743.8	6864937.5	1104950	345.65	124.35	20092500	69336794.25	183870438.5	409299732.7
B13	155.69	18682.5	7659825	1104950	350.64	119.36	22419000	65829637.59	194783371	419032008.6
B14	155.69	18682.5	7659825	1104950	350.64	119.36	22419000	65829637.59	194783371	419032008.6

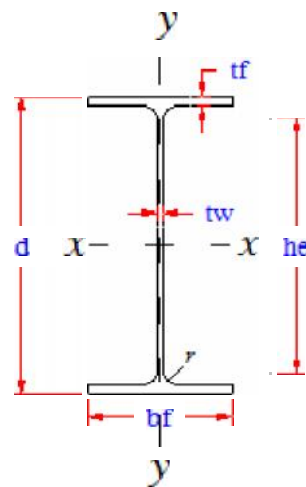
4.3 Perencanaan Balok Induk dengan bentang 7.8 m

Terdapat pada lantai 2 dengan label B164



Gambar 4.15 Denah lantai 2 (balok yang ditinjau)

Digunakan profil baja WF 450 x 200 x 9 x 14



Dari tabel baja diperoleh :

d : 450.0 mm

b_f : 200.0 mm

t_w : 9.0 mm

t_f : 14.0 mm

A_g : 96.80 cm²

I_x : 33500 Cm⁴

I_y : 1870 Cm⁴

r : 18.0 mm

i_x : 18.61 cm

i_y : 4.40 cm

f_y : 290 Mpa

E_s : 200000 Mpa

t_s : 120 mm

f'_c : 25 Mpa

4.3.1 Kontrol terhadap lentur

Desain Momen Positif

1) Kontrol Kekompakan Penampang

Menurut pasal I3-2a SNI 1729 : 2015, kekuatas lentur desain

penampang didesain dengan keadaan momen plastis apabila :

- Sayap (*flange*) - Kompak

$$f = \frac{bf}{2 \cdot tf} = \frac{200}{2 \cdot 14} = 7.143$$

$$pf = 0.38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 9.9793$$

Karena $f < pf$ sayap profil kompak

- Badan (*Web*) - Kompak

$$w = \frac{he}{tw} = \frac{d - 2(tf + r)}{tw}$$

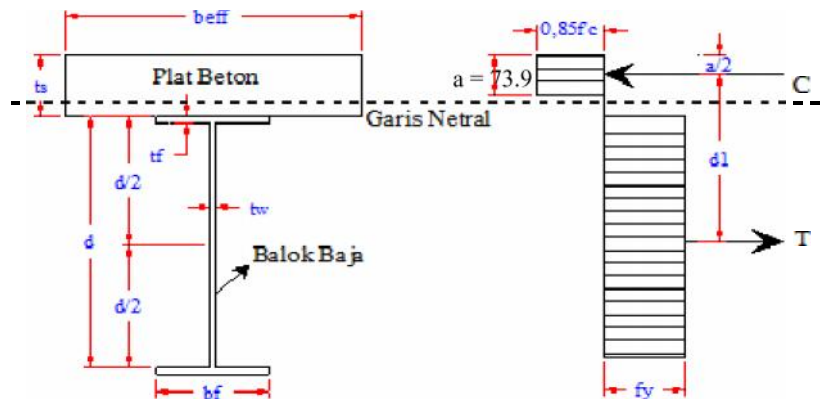
$$= \frac{450 - 2(14 + 18)}{9} = 42.89$$

$$pw = 3.67 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3.67 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 96.38$$

Karena $w < pw$ badan profil kompak

Maka penampang didesain dengan keadaan momen plastis

- 2) Misalkan garis netral jatuh di pelat beton, maka :



Gambar 4.16 Garis netral penampang jatuh dalam pelat

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c \cdot b_{eff}} < t_s \\
 &= \frac{9680.0 \times 290}{0.85 \times 25 \times 1787.5} < 120 \\
 &= 73.904072 < 120
 \end{aligned}$$

Sehingga garis netral jatuh di pelat beton

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 \times PNA \\
 73.90 &= 0.85 \times PNA \\
 PNA &= \frac{73.90}{0.85} = 86.946 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya tekan (C)} &= 0.85 \cdot f_c \cdot b_{eff} \cdot a \\
 &= 0.85 \times 25 \times 1788 \times 73.90 \\
 &= 2807200 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang lengan (d1)} &= \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \\
 &= \frac{450}{2} + 120 - \frac{73.90}{2} \\
 &= 308.04796 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian diperoleh momen nominal (Mn), yakni :

$$\begin{aligned}
 M_n &= C \times d1 \\
 &= 2807200 \times 308.0 \\
 &= 864752244 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &\geq M_u \\
 0.9 \times 864752244 &\geq 122308582 \text{ Nmm} \\
 778277019.6 \text{ Nmm} &\geq 122308582 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Desain Momen Negatif

Digunakan tulangan bagi pelat dgn diameter 8 - 150 dan jumlah N tulangan plat dalam beff yakni : 6 buah tulangan, maka didapat luas tulangan (A_{sr}) yakni :

$$\begin{aligned}A_{sr} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times N \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 8^2 \times 6 \\ &= 301.44 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan yang menambah kekuatan tarik nominal (T_{sr}) :

$$\begin{aligned}T_{sr} &= A_{sr} \times f_y \\ &= 301.44 \times 240 \\ &= 72345.6 \text{ N}\end{aligned}$$

Apabila daerah tekan terjadi pada seluruh penampang profil baja maka gaya tekan yang terjadi (C_{max}) sebesar :

$$\begin{aligned}C_{max} &= A_s \times f_y \\ &= 9680 \times 290 \\ &= 2807200 \text{ N}\end{aligned}$$

Dikarenakan C_s lebih kecil dari C_{max} , maka :

$$C_s = C_{max} - T_s \text{ dimana } C_s = T$$

$$T = C_{max} - T_s$$

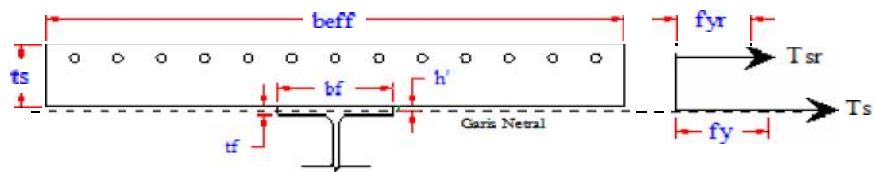
$$T_s + T_{sr} = C_{max} - T_{sr}$$

$$\begin{aligned}T_s &= \frac{C_{max} - T_{sr}}{2} = \frac{2807200 - 72345.6}{2} \\ &= 1367427.2 \text{ N}\end{aligned}$$

Berdasarkan hukum kesetimbangan yakni $C = T$, maka didapat :

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

Dimisalkan garis netral jatuh pada sayap profil, maka $h' < t_f$



$$T_{sr} + T_s = A_{sr} \times f_{yr} + A \times f_y$$

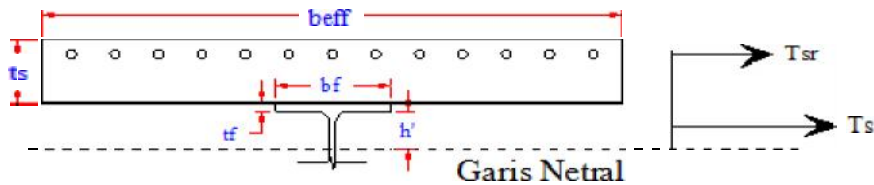
$$T_{sr} + T_s = A_{sr} \times f_{yr} + (b_f \times h') \times f_y$$

$$72345.6 + 1367427 = 301.44 \times 240 + (200 \times h') \times 290$$

$$1439772.8 = 72345.6 + 58000 h'$$

$$h' = \frac{1367427.2}{58000} = 23.58 \text{ mm} > 14 \text{ mm}$$

Maka garis netral plastis berada pada badan profil baja



Dimisalkan garis netral jatuh pada sayap profil, maka $h' < 0,5 d$

$$T_{sr} + T_s = A_{sr} \times f_{yr} + A \times f_y$$

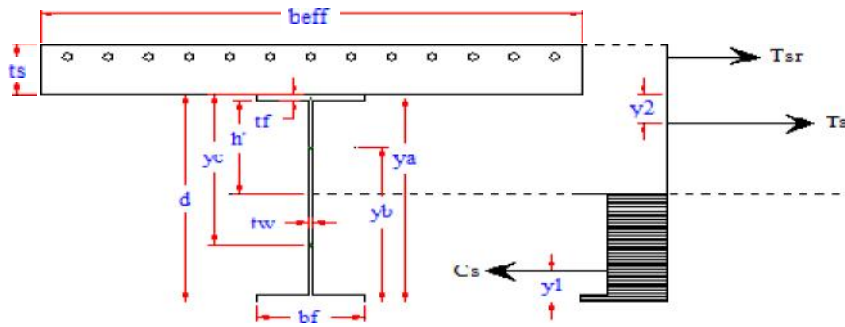
$$T_{sr} + T_s = A_{sr} \times f_{yr} + [(b_f \times t_f) + (h' \times t_w)] \times f_y$$

$$72345.6 + 1367427 = 301.44 \times 240 + [(200 \times 14) + (h' \times 9)] \times 290$$

$$1439772.8 = 72345.6 + 812000 + 2610 h'$$

$$h' = \frac{555427.2}{2610}$$

$$= 212.807356 \text{ mm} < 225 \text{ mm}$$



Gambar 4.17 Garis netral penampang jatuh pada badan profil

Y1 adalah titik berat dari penampang profil yang mengalami tekan dimana terletak gaya Cs yang diukur dari serat bawah penampang :

Tabel 4.17 Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tekan

Elemen	Luas (A) mm ²	Lengan (Y) mm	A . Y mm ³
Profil WF	9680	d/2 = 225	2178000
Flens = -(tf x bf)	-2800	ya = 443	-1240400
Badan = -(h' x tw)	-1915.3	yb = 329.60	-631264.7
TOTAL	4964.7		306335.3

$$Y1 = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{306335.3029}{4964.7} = 61.70226 \text{ mm}$$

Y2 adalah titik berat dari penampang profil yang mengalami tarik dimana terletak gaya Ts yang diukur dari serat atas profil baja :

Tabel 4.18 Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tarik

Elemen	Luas (A) mm ²	Lengan (Y) mm	A . Y mm ³
Profil WF	9680	d/2 = 225	2178000
Flens = -(tf x bf)	-2800	ya = 443	-1240400
Badan = -(d-h'-2tf)*tw	-1882.7	yc = 331.40	-623945
TOTAL	4997.3		313655.1

$$Y2 = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{313655.096}{4997.3} = 62.76534 \text{ mm}$$

Momen internal terhadap titik Cs :

$$\begin{aligned} Mn1 &= T_{sr} \times [d - y1 + ts - (p + 1/2 \text{ Ø tulangan plat})] \\ &= 72345.6 \times [450 - 61.70 + 120 - (20 + 1/2 \cdot 8)] \\ &= 35036810.47 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn2 &= Ts \times [d - (Y1 + Y2)] \\ &= 1367427.2 \times [450 - (61.702 + 62.77)] \\ &= 445141860.70 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka momen nominal yakni :

$$\begin{aligned} Mn &= Mn1 + Mn2 \\ &= 35036810.47 + 445141860.70 \\ &= 480178671.17 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \phi Mn &\geq Mu \\ 0.9 \times 480178671.17 &\geq 162290021 \text{ Nmm} \\ 432160804.1 \text{ Nmm} &\geq 162290021 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

4.3.2 Kontrol terhadap geser

$$\begin{aligned} \frac{h_e}{t_w} &= \frac{450 - 2(14 + 18)}{9} \\ &= 42.889 < 260 \text{ Maka digunakan } K_n = 5 \\ 1.10 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} &= 1.10 \sqrt{\frac{5 \times 200000}{290}} \\ &= 64.594 \end{aligned}$$

$$\text{Karena, } \frac{h_e}{t_w} = 42.889 < 1.10 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} = 64.594 \text{ Maka,}$$

Digunakan $C_v = 1$

Kuat geser nominal dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0.6 \times f_y \times (t_w \times h_e) \times C_v \\ &= 0.6 \times 290 \times (9 \times 386.0) \times 1 \\ &= 604476.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$b \times V_n \geq V_u$$

$$0.9 \times 604476.00 \geq 125259.28 \text{ Nmm}$$

$$544028.4 \text{ Nmm} \geq 125259.28 \text{ Nmm}$$

4.3.3 Perhitungan *shear connector*

Digunakan shear connector stud baja berkepala dengan diameter

Diameter maksimum stud yang diijikan :

$$\begin{aligned} 2.5 t_f &= 2.5 \times 14 \\ &= 35.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan stud dengan diameter : $\# \text{ in} = 15.88 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{Luas stud (Asa)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 15.88^2 \\ &= 197.83 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal satu buah stud (Q_n) :

$$\begin{aligned} Q_n &= 0.5 \times A_{sa} \times \frac{f_c \times E_c}{25} \leq A_{sa} \times f_u \\ &= 0.5 \times 197.83 \times \frac{25 \times 23500}{25} \leq 197.8 \times 410 \\ &= 75817.78012 \text{ N} < 81111.229 \text{ N} \\ Q_n &= 81111.23 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser maksimum pada daerah momen positif adalah yang terkecil dari :

- Kehancuran beton

$$\begin{aligned} V_h &= 0.85 \times f'_c \times b_{eff} \times t_s \\ &= 0.85 \times 25 \times 1787.5 \times 120 \\ &= 4558125 \text{ N} \end{aligned}$$

- Leleh tarik dari penampang baja

$$\begin{aligned} V_h &= f_y \times A_s \\ &= 290 \times 9680 \\ &= 2807200 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka digunakan $V_h = 2807200 \text{ N}$

Gaya geser maksimum pada daerah momen negatif adalah :

$$\begin{aligned} V_h &= f_{yr} \times A_{sr} \\ &= 240 \times 301.44 \\ &= 72345.6 \text{ N} \end{aligned}$$

Jumlah penghubung geser yang dibutuhkan yakni :

- Momen positif

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{2807200}{75817.7801} = 37.025616 \quad 38 \text{ buah}$$

- Momen negatif

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{72345.6}{75817.7801} = 0.9542036 \quad 1 \text{ buah}$$

Maka, digunakan stud dengan jumlah : 38 buah pada 1/2 bentang

dan sejumlah 76 buah stud sepanjang bentang balok.

Pendetailan jarak stud menurut SNI 1729 : 2015 pasal I8 (3e) yakni :

$$S_{min} = 4 \ d$$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \times 15.875 \\
 &= 63.5 \text{ mm} \\
 S_{\max} &= 32 \times d \\
 &= 32 \times 15.875 \\
 &= 508 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jika $bf = 200$ mm, maka

$$n = \frac{bf}{S_{\min}} = \frac{200}{63.5} = 3.15 \approx 2 \text{ buah}$$

dengan n adalah jumlah stud pada penampang melintang balok.

Dengan demikian digunakan 2 stud dalam 1 baris melintang balok dan terdapat 38 baris stud sepanjang bentang balok

$$\text{Panjang bentang (L)} = 7800 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar stud (S)} = \frac{7800}{38} = 205.3 \text{ mm}$$

$$\text{Maka digunakan S} = 205 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\min} = 63.5 \text{ mm} < S = 205 \text{ mm} < S_{\max} = 508 \text{ mm}$$

Jarak stud dlm 1 baris melintang (S_a) yakni :

$$S_a = \frac{bf}{n} = \frac{200}{2} = 100 \text{ mm}$$

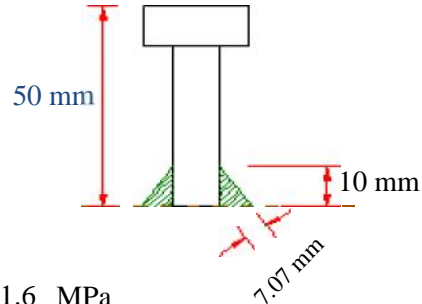
Syarat :

$$S_{\min} = 63.5 \text{ mm} < S = 100 \text{ mm} < S_{\max} = 508 \text{ mm}$$

Perhitungan las fillet pada penghubung geser :

Dicoba las fillet $\frac{1}{2}$ in, electrode = 80 Ksi, tebal efektif las :

$$\begin{aligned} a &= 10 \text{ mm} \\ t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \times 10 \\ &= 7.07 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$F_{EXX} = 80 \times 6.895 = 551.6 \text{ MPa}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &= 0.75 \times t_e \times (0.6 \times F_{EXX}) \\ &= 0.75 \times 7.07 \times (0.6 \times 551.6) \\ &= 1754.9154 \text{ N/mm panjang las} \end{aligned}$$

Panjang keliling konektor (K) :

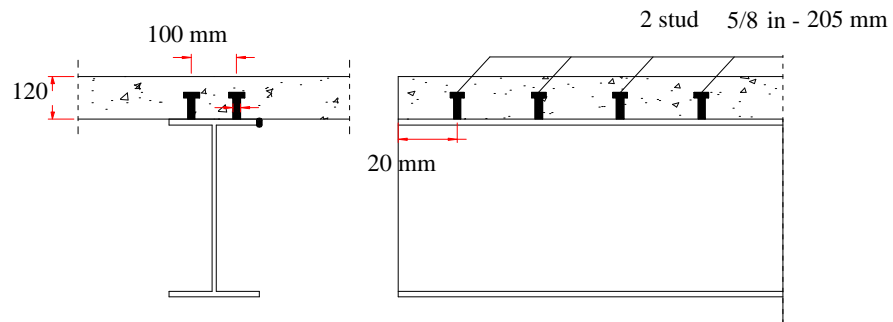
$$\begin{aligned} K &= \pi \times d \\ &= 3.14 \times 15.875 \\ &= 49.8475 \text{ mm} \end{aligned}$$

Las sekeliling konektor

$$\phi R_{nw \text{ perlu}} = \frac{Q_n}{K} = \frac{75817.7801}{49.8475} = 1520.995 \text{ N}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \phi R_{nw \text{ perlu}} &< \phi R_{nw} \\ 1520.994636 \text{ N} &< 1754.9154 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 4.18 Letak stud pada penampang profil

4.3.4 Kontrol lendutan

Lendutan yang diijinkan

$$= \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 7800 = 21.67 \text{ mm}$$

Besar lendutan yang terjadi (diambil dari program ETABS balok B164):

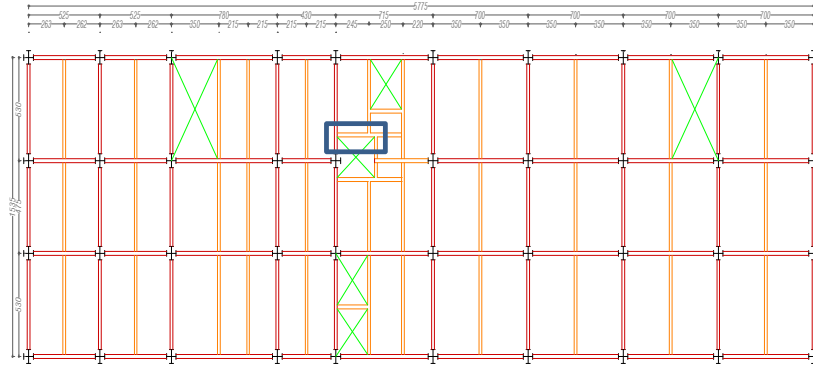
$$i = 18.039 \text{ mm}$$

Maka :

$$= 21.7 \text{ mm} > i = 18.039 \text{ mm}$$

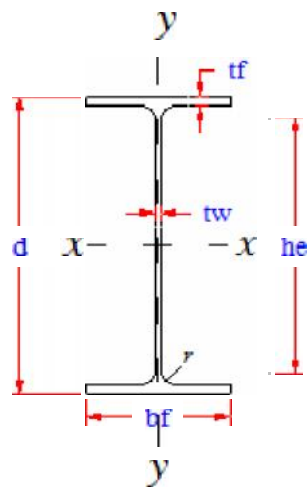
4.4 Perencanaan Balok Anak dengan bentang 3.00 m

Terdapat pada lantai 13 dengan label B9



Gambar 4.19 Denah lantai 13 (balok yang ditinjau)

Digunakan profil baja WF 350 x 175 x 7 x 11



Dari tabel baja diperoleh :

d : 350.0 mm

b_f : 175.0 mm

t_w : 7.0 mm

t_f : 11.0 mm

A_g : 63.14 cm²

I_x : 13600 Cm⁴

I_y : 984 Cm⁴

r : 14.0 mm

t_s : 120.0 mm

h_e : 300.0 mm

E_s : 200000 Mpa

f_y : 290 Mpa

E_c : 23500 Mpa

f_c : 25 Mpa

4.4.1 Kontrol terhadap lentur

Desain Momen Positif

1) Kontrol Kekompakan Penampang

Menurut pasal I3-2a SNI 1729 : 2015, kekuatan lentur desain

penampang didesain dengan keadaan momen plastis apabila :

- Sayap (*flange*) - Kompak

$$f = \frac{bf}{2 \cdot tf} = \frac{175}{2 \cdot 11} = 7.9545$$

$$pf = 0.38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 9.9793$$

Karena $f < pf$ sayap profil kompak

- Badan (*Web*) - Kompak

$$w = \frac{he}{tw} = \frac{d - 2 (tf + r)}{tw}$$

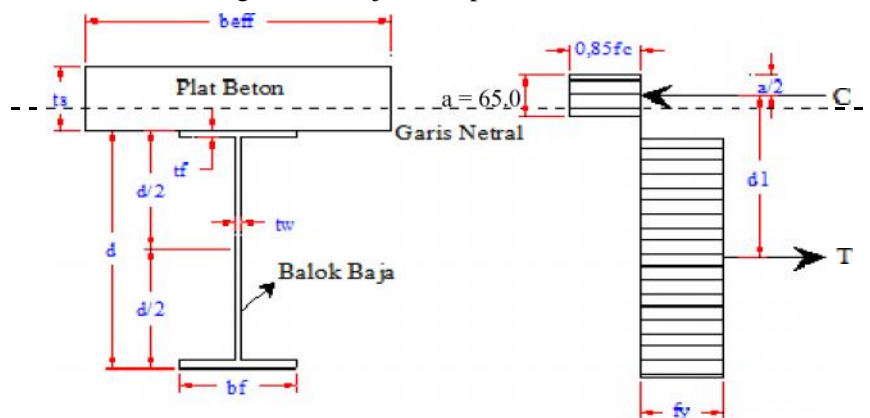
$$= \frac{350 - 2 (11 + 14)}{7} = 42.86$$

$$pw = 3.67 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3.67 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 96$$

Karena $w < pw$ badan profil kompak

Maka penampang didesain dengan keadaan momen plastis

2) Misalkan garis netral jatuh di pelat beton, maka :



Gambar 4.20 Garis netral penampang jatuh dalam pelat

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fc \cdot beff} < ts$$

$$= \frac{6314.0 \times 290}{0.85 \times 25 \times 1325} < 120$$

$$= 65.032098 < 120$$

Sehingga garis netral jatuh di pelat beton

$$a = \beta_1 \times PNA$$

$$65.03 = 0.85 \times PNA$$

$$PNA = \frac{65.0}{0.85} = 76.508 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya tekan (C)} &= 0.85 \cdot f_c \cdot b_{eff} \cdot a \\ &= 0.85 \times 25 \times 1325 \times 65.03 \\ &= 1831060 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang lengan (d1)} &= \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \\ &= \frac{350}{2} + 120 - \frac{65.03}{2} \\ &= 262.48395 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan demikian diperoleh momen nominal (Mn), yakni :

$$\begin{aligned} M_n &= C \times d1 \\ &= 1831060 \times 262.48 \\ &= 480623863.6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$b \quad M_n \geq M_u$$

$$0.9 \times 480623863.6 \geq 105735954 \text{ Nmm}$$

$$432561477.3 \text{ Nmm} \geq 105735954 \text{ Nmm}$$

4.4.2 Kontrol terhadap geser

$$\begin{aligned}\frac{h_e}{t_w} &= \frac{350 - 2(11 + 14)}{7} \\ &= 42.857 < 260 \text{ Maka digunakan } K_n = 5 \\ 1.10 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} &= 1.10 \sqrt{\frac{5 \times 200000}{290}} \\ &= 64.594\end{aligned}$$

Karena, $\frac{h_e}{t_w} = 42.857 < 1.10 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} = 64.594$ Maka,

Digunakan $C_v = 1$

Kuat geser nominal dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}V_n &= 0.6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0.6 \times f_y \times (t_w \times h_e) \times C_v \\ &= 0.6 \times 290 \times (7 \times 300.0) \times 1 \\ &= 365400.0 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}{}_b V_n &\geq V_u \\ 0.9 \times 365400.00 &\geq 58430.01 \text{ Nmm} \\ 328860 \text{ Nmm} &\geq 58430.01 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

4.4.3 Perhitungan *shear connector*

Digunakan shear connector stud baja berkepala dengan diameter

Diameter maksimum stud yang diijikan :

$$\begin{aligned}2.5 t_f &= 2.5 \times 11 \\ &= 27.5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka digunakan stud dengan diameter : $5/8 \text{ in} = 15.875 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{Luas stud (Asa)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 15.875^2 \\ &= 197.83 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal satu buah stud (Qn) :

$$\begin{aligned} Q_n &= 0.5 \times A_{sa} \times \frac{f_c \times E_c}{25} \\ &= 0.5 \times 197.83 \times \frac{25 \times 23500}{25} \\ &= 75817.78 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser maksimum pada daerah momen positif adalah yang terkecil dari :

- Kehancuran beton

$$\begin{aligned} V_h &= 0.85 \times f_c \times b_{eff} \times t_s \\ &= 0.85 \times 25 \times 1325 \times 120 \\ &= 3378750 \text{ N} \end{aligned}$$

- Leleh tarik dari penampang baja

$$\begin{aligned} V_h &= f_y \times A_s \\ &= 290 \times 6314 \\ &= 1831060 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka digunakan $V_h = 1831060 \text{ N}$

Gaya geser maksimum pada daerah momen negatif adalah :

$$\begin{aligned} V_h &= f_{yr} \times A_{sr} \\ &= 240 \times 351.68 \\ &= 84403.2 \text{ N} \end{aligned}$$

Jumlah penghubung geser yang dibutuhkan yakni :

- Momen positif

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{1831060}{75817.78} = 24.150799 \quad 25 \text{ buah}$$

- Momen negatif

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{84403.2}{75817.78} = 1.1132376 \quad 2 \text{ buah}$$

Maka, digunakan stud dengan jumlah : 25 buah pada 1/2 bentang dan sejumlah 50 buah stud sepanjang bentang balok.

Pendetailan jarak stud menurut SNI 1729 : 2015 pasal I8 (3e) yakni :

$$\begin{aligned} S_{\min} &= 4 d \\ &= 4 \times 15.875 \\ &= 63.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 32 \times d \\ &= 32 \times 15.875 \\ &= 508 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jika $bf = 175 \text{ mm}$, maka

$$n = \frac{bf}{S_{\min}} = \frac{175}{63.5} = 2.7559 \approx 2 \text{ buah}$$

dengan n adalah jumlah stud pada penampang melintang balok.

Dengan demikian digunakan 2 stud dalam 1 baris melintang balok dan terdapat 25 baris stud sepanjang bentang balok

$$\text{Panjang bentang (L)} = 3000 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar stud (S)} = \frac{3000}{25} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Maka digunakan S} = 160 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\min} = 63.5 \text{ mm} < S = 160 \text{ mm} < S_{\max} = 508 \text{ mm}$$

Jarak stud dlm 1 baris melintang (S_a) yakni :

$$S_a = \frac{bf}{n} = \frac{175}{2} = 88 \text{ mm}$$

Maka digunakan $S = 80 \text{ mm}$

Syarat :

$$S_{\min} = 63.5 \text{ mm} < S = 80 \text{ mm} < S_{\max} = 508 \text{ mm}$$

Perhitungan las fillet pada penghubung geser :

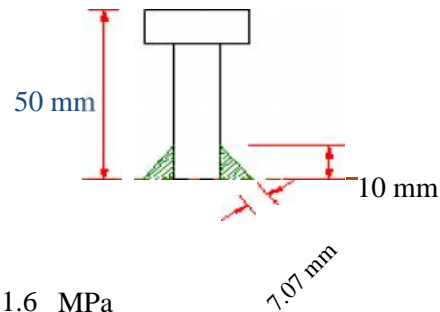
Dicoba las fillet $\frac{1}{2}$ in, electrode = 80 Ksi, tebal efektif las :

$$a = 10 \text{ mm}$$

$$t_e = 0.707 a$$

$$= 0.707 \times 10$$

$$= 7.07 \text{ mm}$$



$$F_{\text{EXX}} = 80 \times 6.895 = 551.6 \text{ MPa}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

$$\phi R_{\text{nw}} = 0.75 \times t_e \times (0.6 \times F_{\text{EXX}})$$

$$= 0.75 \times 7.07 \times (0.6 \times 551.6)$$

$$= 1754.9154 \text{ N/mm panjang las}$$

Panjang keliling konektor (K) :

$$K = \pi \times d$$

$$= 3.14 \times 15.875$$

$$= 49.8475 \text{ mm}$$

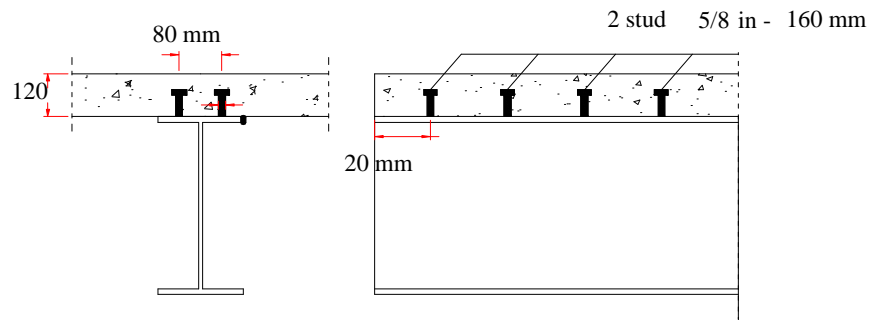
Las sekeliling konektor

$$\phi R_{\text{nw perlu}} = \frac{Q_n}{K} = \frac{75817.78}{49.8475} = 1520.9946 \text{ N}$$

Syarat :

$$\phi R_{\text{nw perlu}} < \phi R_{\text{nw}}$$

$$1520.9946 \text{ N} < 1754.9154 \text{ N}$$



Gambar 4.21 Letak stud pada penampang melintang profil

4.4.4 Kontrol lendutan

Lendutan yang diijinkan

$$= \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 3000 = 8.333 \text{ mm}$$

Besar lendutan yang terjadi (diambil dari program ETABS balok B1):

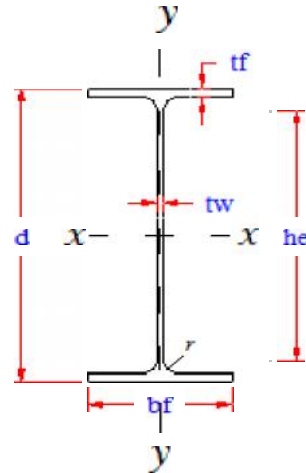
$$i = 8.234 \text{ mm}$$

Maka :

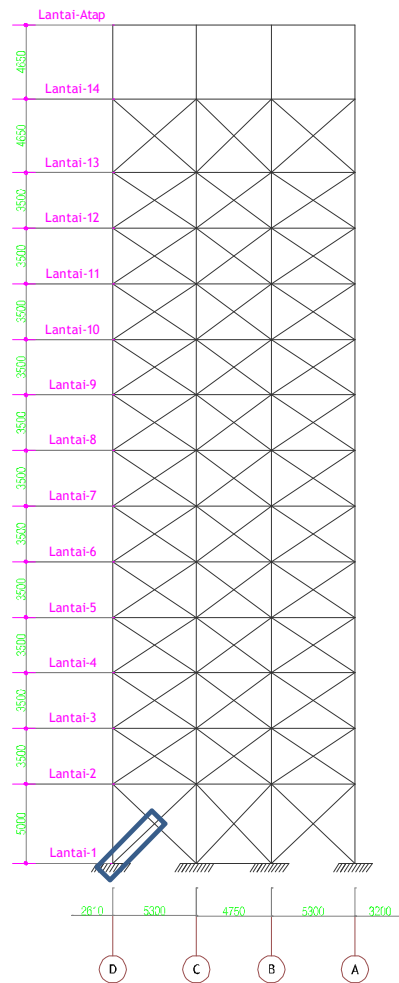
$$= 8.3 \text{ mm} > i = 8.234 \text{ mm}$$

4.5 Perencanaan Bresing (Batang Tekan)

Digunakan profil baja WF untuk bresing 400 x 200 x 8 x 13



d	: 400.0 mm	r	: 16.0 mm
b_f	: 200.0 mm	S_x	: 1185.0 cm ³
t_w	: 8.0 mm	S_y	: 174.0 cm ³
t_f	: 13.0 mm	r_x	: 16.8 cm
A_g	: 84.1 cm ²	r_y	: 4.6 cm
I_x	: 23700.0 cm ⁴	f_y	: 290 MPa
I_y	: 1740.0 cm ⁴	f_u	: 500 MPa



4.5.1 Cek kelangsingan penampang

Pengecekan kelangsingan untuk elemen yang menahan tekan aksial

(menurut SNI 1729:2015 tabel B4 . 1a), yakni :

- Sayap (*flange*)

$$\frac{bf}{2 \quad tf} = \frac{200}{2 \quad x \quad 13} = 7.6923$$

$$0.56 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0.56 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 14.7063$$

Karena, $bf / 2tf < 0.56 \sqrt{E/fy}$ maka, elemen : non langsing

- Badan (*Web*)

$$\frac{he}{tw} = \frac{400 - 2(13 + 16)}{8} = 42.75$$

$$1.49 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1.49 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 39.1293$$

Karena, $he / tw > 1.49 \sqrt{(E/fy)}$ maka, elemen : langsing

4.5.2 Kontrol Tekuk Lateral

Diketahui :

$$L = 4362.4 \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1.76 \times 46 \times \sqrt{\frac{200000}{290}}$$

$$= 2103.0038 \text{ mm}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$$

dimana :

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2 S_x} = \frac{17400000 \times 387}{2 \times 1185000}$$

$$= 2841.2658 \text{ maka :}$$

$$= 53.30352543$$

J = Konstanta torsi

$$= \sum h_e \times tw^3 + 2(\sum bf \times tf^3)$$

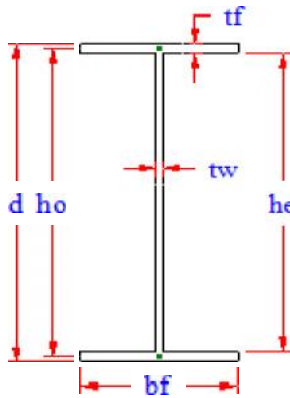
$$= 342 \times 8^3 + 2(200 \times 13^3)$$

$$= 351301.33 \text{ mm}^3$$

G = Modulus elastisitas geser baja menurut SNI 1729 : 2015

hal xviii) sebesar :

$$= 77200 \text{ Mpa}$$



c = Untuk profil I = 1

$$L_r = 1,95 \times 25661 \frac{200000}{0,7 \times 290} \sqrt{\frac{8866667 \times 1}{259000683} + \sqrt{\left(\frac{8866667 \times 1}{259000683}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 290}{200000}\right)^2}}$$

$$= 6070.488 \text{ mm}$$

Karena :

$L < L_p$ termasuk Bentang pendek

$L_p < L < L_r$ termasuk Bentang menengah

$L > L_r$ termasuk Bentang panjang

Maka bresing ini termasuk : Bentang menengah

Karena $L_p > L < L_r$ maka diberi pengaku

$$L_b = \frac{L}{3} = \frac{4362.4}{3} = 1454 \text{ mm}$$

Sehingga

$$L_b = 1454.1 \text{ mm} < L_p = 2103 \text{ mm} < L_r = 6070.5 \text{ mm}$$

4.5.3 Kontrol Tekan Penampang

Perhitungan kuat tekan nominal penampang untuk batang bresing dengan elemen langsing :

1) Perhitungan F_{cr}

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{Q f_y}}$$

Dimana :

K = Menurut SNI 1729 : 2015 lampiran 7 pasal 7.3 (3 a) untuk sistem rangka terbreis dimana ketahanan terhadap beban lateral tidak bergantung pada kekakuan lentur kolom, nilai K (faktor panjang efektif) diambil sebesar 1

Rasio kelangsingan efektif yakni :

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{1 \times 4362.4}{167.9} = 25.982 < 200$$

$$\frac{KL}{r_y} = \frac{1 \times 3643.1}{45.5} = 80.069 < 200$$

Rasio kelangsingan efektif $x = 25.982 < y = 80.069$ maka arah y menentukan tekuk, sehingga dalam perhitungan selanjutnya ditinjau pada arah y

Q = Faktor reduksi neto, untuk komponen dgn elemen langsing
= $Q_s \times Q_a$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal E7, untuk penampang yg terdiri dari penampang langsing diperkaku maka :

$$Q_s = 1$$

Q_a dihitung sebagai berikut :

$$A_g = 8412 \text{ mm}^2$$

Karena, $bf / 2tf < 1.49 \sqrt{E/f_y}$ maka :

$$b_e = 1.92 \cdot t_f \cdot \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0.38}{(bf / 2tf)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b$$

f diambil sebagai F_{cr} dan dihitung berdasarkan $Q = 1$

Perhitungan F_{cr} :

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{Q \cdot f_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{200000}{1 \times 290}} = 123.69$$

Karena, $KL / r > 4.71 \sqrt{E/f_y}$ maka :

$$F_{cr} = 0.877 F_e$$

F_e = tegangan tekuk kritis elastis (Mpa). Untuk tekuk kritis lentur, F_e dihitung dengan menggunakan persamaan E3-4 SNI 1729 : 2015 sebagai berikut :

$$= \frac{^2 E}{(KL / r_x)^2} = \frac{3.14^2 \times 200000}{80.07^2}$$

$$= 24627.8 \text{ MPa}$$

Maka,

$$F_{cr} = 0.877 \times 24627.755$$

$$= 21598.54129 \text{ Mpa}$$

$$b_e = 1.92 \times 13 \times \sqrt{\frac{200000}{21598.541}} \left[1 - \frac{0.38}{7.6923} \right] \times \sqrt{\frac{200000}{21598.541}} \leq b/2$$

$$= 64.535766 < 100 \text{ mm}$$

$$A_e = 2 (b_e \times t_f) + h_e \times t_w$$

$$= 2 (64.536 \times 13) + 374 \times 8$$

$$= 4669.9299 \text{ mm}^2$$

Sehingga :

$$Q_a = \frac{A_e}{A_g} = \frac{4669.9299}{8412} = 0.5552$$

$$Q = Q_s \times Q_a$$

$$= 1.0 \times 0.5552$$

$$= 0.555$$

Dengan demikian,

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{Q f_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{200000}{0.6 \times 290}} = 166.01$$

Karena, $KL / r > 4.71 \sqrt{E / f_y}$ maka :

$$F_{cr} = 21598.541 \text{ Mpa}$$

2) Kekuatan tekan nominal (P_n)

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \times A_g \\ &= 21599 \times 8412 \\ &= 181686929 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut SNI 1729 : 2002, pasal 15.13.6.1 kuat aksial dan batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial yang yang ditimbulkan oleh $1.25 R V_n$, sebagai berikut :

$$R_y = \text{faktor kuat leleh} = f_{ye} / f_y > 1.0$$

Untuk profil BJ 50 atau yang lebih keras digunakan $R_y = 1.3$

$$\begin{aligned} P_{u \text{ tekan}} &= 1.25 R_y P_u \\ &= 1.25 \times 1.3 \times 675891.7 \\ &= 1098324 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \phi_c P_n &\geq P_u \\ 0.9 \times 181686929.34 &\geq 1098324.013 \text{ Nmm} \\ 163518236.4 \text{ Nmm} &\geq 1098324.013 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

4.6 Perencanaan Bresing (Batang Tarik)

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal D2, kekuatan tarik desain $\phi_t P_n$, didapat dari nilai terendah dari :

a) Untuk leleh tarik pada penampang bruto

$$P_n = F_y A_g$$

b) Untuk leleh tarik pada penampang neto

$$P_n = F_y A_e$$

Luas bruto (A_g) dihitung menurut SNI 1729 : 2015 Pasal B4.3a yakni :

$$\begin{aligned} A_g &= \text{Luas penampang melintang total} \\ &= 8412 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas netto efektif (A_e) dihitung menurut SNI 1729 : 2013 pasal D3 :

$$A_e = A_n \times U$$

dimana :

A_n (menurut SNI 1729 : 2015 pasal 3b) yakni :

$$\begin{aligned} A_n &= 0.85 \times A_g \\ &= 0.85 \times 8412 \\ &= 7150.2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$U = 1$$

$$\begin{aligned} A_e &= 7150.2 \times 1.0 \\ &= 7150.2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan demikian, untuk leleh tarik pada penampang bruto

$$\begin{aligned} P_n &= F_y A_g \\ &= 290 \times 8412 \\ &= 2439480 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk leleh tarik pada penampang neto

$$\begin{aligned} P_n &= F_y A_e \\ &= 290 \times 7150.2 \\ &= 2073558 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut SNI 1729 : 2002, pasal 15.13.6.1 kuat lentur dan batang bresing harus direncanakan berdasarkan momen lentur yang yang ditimbulkan oleh $1.25 R V_n$, sebagai berikut :

$$R_y = \text{faktor kuat leleh} = f_{ye} / f_y > 1.0$$

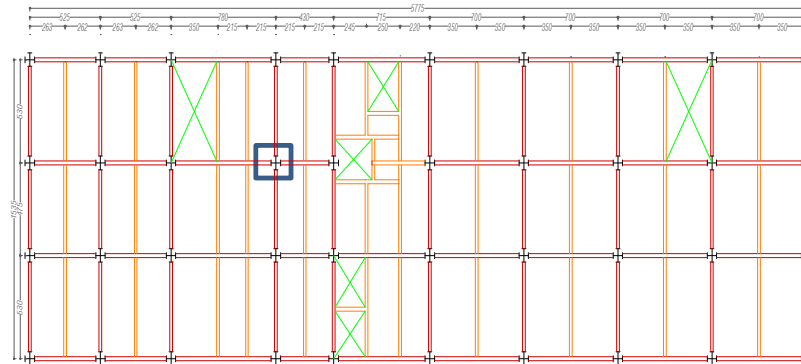
Untuk profil BJ 50 atau yang lebih keras digunakan $R_y = 1.3$

$$\begin{aligned}
 P_n &= 1.25 R_y P_u \\
 &= 1.25 \times 1.3 \times 675891.7 \\
 &= 1098324
 \end{aligned}$$

Syarat :

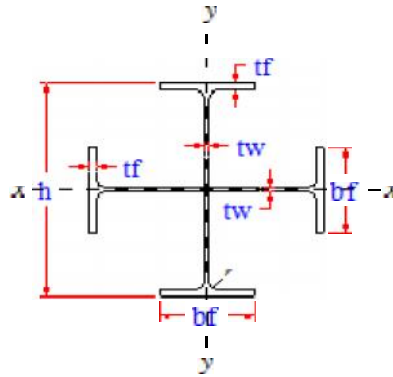
$$\begin{aligned}
 \phi P_n &\geq P_u \\
 0.9 \times 2073558.00 &\geq 1098324.013 \text{ Nmm} \\
 1866202.2 \text{ Nmm} &\geq 1098324.013 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

4.7 Perencanaan Kolom dengan tinggi 5.00 m



Gambar 4.22 Denah Lantai 2 (Kolom yang Ditinjau)

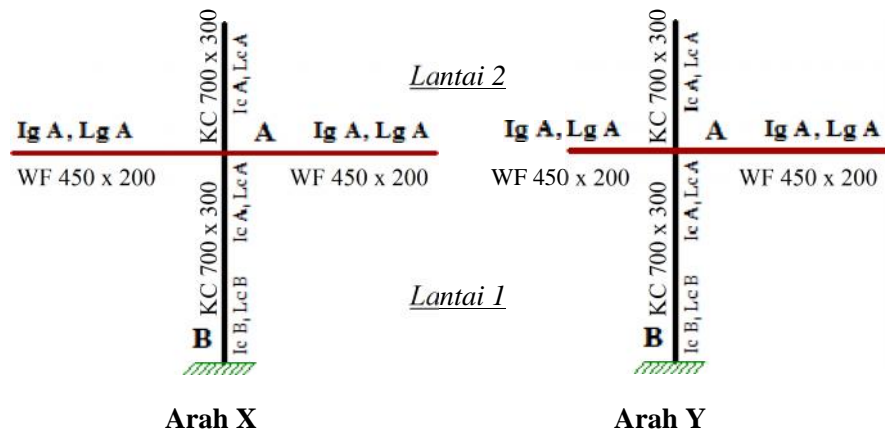
Terdapat pada lantai base dengan label



Digunakan profil baja KC untuk kolom 700 x 300 x 13 x 24

Dari tabel baja diperoleh :

h	: 700.0 mm	r	: 28.0 mm	I_y	: 220791.0 cm ⁴
b_f	: 300.0 mm	H_1	: 52.0 mm	r_x	: 21.21 cm
t_w	: 13.0 mm	H_2	: 596.0 mm	r_y	: 21.65 cm
t_f	: 24.0 mm	w	: 369.70 Kg/m	S_x	: 6051.4 cm ³
A_g	: 471.0 cm ²	I_x	: 211800.0 cm ⁴	S_y	: 6193.3 cm ³
Z_x	: 7356.3 cm ³	f_u	: 500 MPa	E_s	: 200000 MPa
Z_y	: 7505.0 cm ³	f_y	: 290 MPa	h_e	: 596.0 mm



Gambar 4.23 Letak kolom dan balok yang ditinjau

4.7.1 Kontrol Terhadap Tekan

Pengecekan kelangsingan untuk elemen yang menahan tekan aksial (menurut SNI 1729:2015 tabel B4 . 1a), yakni :

- Sayap (*flange*)

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 24} = 6.25$$

$$0.56 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0.56 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 14.7063$$

Karena, $bf / 2tf < 0.56 \sqrt{E/fy}$ maka, elemen : non langsing

- Badan (*Web*)

$$\frac{he}{tw} = \frac{700 - 2(24 + 28 + 13)}{13} = 43.85$$

$$1.49 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1.49 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 39.1293$$

Karena, $he / tw > 1.49 \sqrt{E/fy}$ maka, elemen : langsing

Menentukan panjang efektif kolom (KL) sebagai berikut :

- 1) Nilai K (faktor panjang efektif) kolom arah x

Kolom dianggap merupakan rangka bergoyang karena terjadi *displacement* akibat beban gempa.

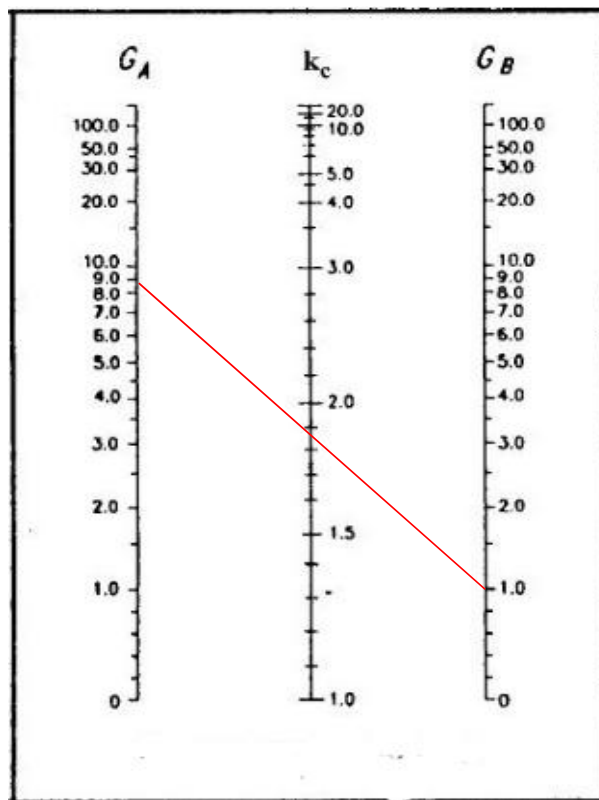
$$G_A = \frac{(EI/L)_{\text{kolom}}}{(E_k I_k / L)_{\text{balok}}}$$

$$= \frac{\left(\frac{200000 \times 211800000}{5000} + \frac{200000 \times 211800000}{3500} \right)}{\left(\frac{96189.40 \times 853184546}{7000} + \frac{96189.40 \times 853184546}{7000} \right)}$$

$$= 8.77$$

G_B = Untuk kolom yang terhubung kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G diambil sebesar : 1

Kemudian nilai K diperoleh dengan menggunakan *Alignment Chart* untuk struktur bergoyang sebagai berikut :



Gambar 4.24 Alignment Chart untuk menghitung K arah x

Sumber : SNI 1729 : 2002

Dari grafik tersebut, nilai K diperoleh sebesar : 1.9

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal E2 Rasio kelangsingan efektif disyaratkan sebagai berikut :

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{1.90 \times 5000}{212.1} = 44.79 < 200$$

2) Nilai K (faktor panjang efektif) kolom arah y

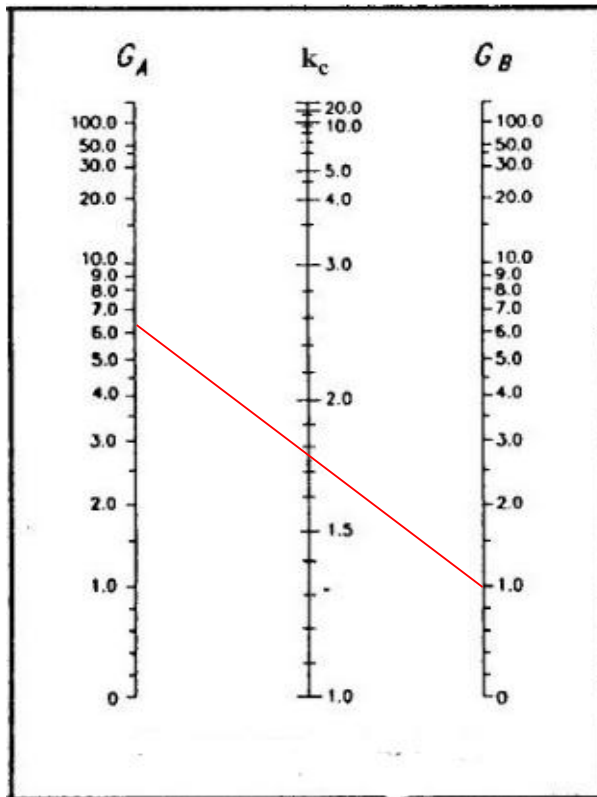
$$G_A = \frac{(EI/L)_{\text{kolom}}}{(E_k I_k / L)_{\text{balok}}}$$

$$= \frac{\left(\frac{200000 \times 2118000000}{5000} + \frac{200000 \times 2118000000}{3500} \right)}{\left(\frac{96189.40 \times 853184546.41}{4750} + \frac{96189.40 \times 875189514.69}{5300} \right)}$$

$$= 6.204517$$

$G_B =$ Untuk kolom yang terhubung kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G diambil sebesar : 1

Kemudian nilai K diperoleh dengan menggunakan *Alignment Chart* untuk struktur bergoyang sebagai berikut :



Gambar 4.25 Alignment Chart untuk menghitung K arah y

Sumber : SNI 1729 : 2002

Dari grafik tersebut, nilai K diperoleh sebesar : 1.80

Rasio kelangsingan efektif sebagai berikut :

$$\frac{KL}{r_y} = \frac{1.80 \times 5000}{216.5} = 41.57 < 200$$

Rasio kelangsingan efektif $x = 44.79 > y = 41.57$
 maka arah x menentukan tekuk, sehingga dalam perhitungan selanjutnya ditinjau pada arah x

Perhitungan tegangan kritis tekuk dan lentur menurut SNI 1729 : 2015

pasal E7 untuk komponen dengan elemen langsing :

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{Q f_y}}$$

Dimana :

Q = Faktor reduksi neto, untuk komponen dgn elemen langsing
sebesar : 1

Dengan demikian,

$$\frac{KL}{r} = 44.790193$$

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{Q f_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{200000}{1 \times 290}} = 123.69$$

Karena, $KL/r < 4.71 \sqrt{E/Q f_y}$ Maka F_{cr} dirumuskan :

$$F_{cr} = Q \left[0.658 \sqrt{\frac{Q f_y}{F_e}} \right] f_y$$

Dimana :

F_e = tegangan tekuk kritis elastis (Mpa). Untuk tekuk kritis lentur,

F_e dihitung dengan menggunakan persamaan E3-4 SNI 1729 :

2015 sebagai berikut :

$$= \frac{^2 E}{(KL / r_x)^2} = \frac{3.14^2 \times 200000}{44.79^2} = 44025.7 \text{ MPa}$$

Maka, tegangan kritis dihitung sebagai berikut :

$$F_{cr} = 1 \times \left[0.658 \sqrt{\frac{1 \times 290}{44025.7}} \right] \times 290$$
$$= 289.20157 \text{ Mpa}$$

Sedangkan untuk tegangan kritis tekuk dan puntir dihitung dgn nilai F_e

ditentukan menurut persamaan E4-4 SNI 1729 : 2015, sebagai berikut :

$$F_e = \left[\frac{^2 EC_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y}$$

dimana :

G = Modulus elastisitas geser baja (menurut SNI 1729 : 2015 hal
xviii) sebesar : 77200 MPa

$$\begin{aligned}
J &= \text{Konstanta torsi} \\
&= x h_e x t_w^3 x + 2 (x b_f x t_f^3) \\
&= x 596 x 13^3 x + 2 (x 300 x 24^3) \\
&= 3201270.7 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_w &= \text{Konstanta pilin} \\
&= \frac{1}{4} h_e^2 I_y \\
&= \frac{1}{4} x 596.0^2 x 2207910000 \\
&= 196071239640000.00 \text{ mm}^6
\end{aligned}$$

Karena, kolom bertumpuan jepit-jepit dapat dianggap $K_z L = KL$

Maka nilai F_e adalah :

$$\begin{aligned}
F_e &= \left(\frac{3.14^2 x 200000 x 1.96E+14}{9500^2} + \left[77200 x 3201270.7 \right] \right) \\
&\quad x \frac{1}{2118000000 + 2207910000} \\
&= 1047.456454
\end{aligned}$$

Dengan memperoleh nilai F_e , tegangan kritis dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
F_{cr} &= 1 x \left(0.658 \frac{1 x 290}{1047.5} \right) x 290 \\
&= 258.26872 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

Menghitung kuat tekan nominal.

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal E7, kuat tekan nominal (P_n) harus dihitung dari nilai terendah berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur dan tekuk torsi. Karena F_{cr} tekuk lentur $>$ F_{cr} tekuk puntir, maka tekuk yang terjadi adalah puntir

$$\begin{aligned}
P_n &= F_{cr} x A_g \\
&= 258.27 x 47100 \\
&= 12164457 \text{ N}
\end{aligned}$$

Syarat :

$$c \quad P_n \geq P_u$$

$$0.9 \times 12164456.69 \geq 3857324.69 \quad \text{Nmm}$$

$$10948011.02 \quad \text{Nmm} \geq 3857324.69 \quad \text{Nmm}$$

4.7.2 Kontrol Lentur Penampang

Pengecekan kelangsingan untuk elemen yang menahan momen lentur (menurut SNI 1729:2015 tabel B4 . 1b), yakni :

- Sayap (*flange*) - Kompak

$$f = \frac{bf}{2 \quad tf} = \frac{300}{2 \quad \times \quad 24} = 6.25$$

$$p_f = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 9.9793$$

Karena $f < p_f$ sayap profil kompak

- Badan (*Web*) - Kompak

$$w = \frac{he}{tw} = \frac{700 - 2(24 + 28)}{13} = 45.846$$

$$p_w = 3.67 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.67 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 96$$

Karena $w < p_w$ badan profil kompak

Maka penampang didesain dengan keadaan momen plastis

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = f_y \times Z_x \\ &= 290 \quad \times \quad 7356340.0 \\ &= 2133338600 \quad \text{Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$c \quad M_n \geq M_u$$

$$0.9 \times 2133338600.0 \geq 108152054 \quad \text{Nmm}$$

$$1920004740 \quad \text{Nmm} \geq 108152054 \quad \text{Nmm}$$

4.7.3 Interaksi Gaya Aksial dan Momen Lentur

Interaksi gaya aksial dan momen lentur menurut SNI 1729 : 2015 pasal

H1-1, dihitung sebagai berikut :

$$P_u = 3857324.7$$

$$P_n = 12164457$$

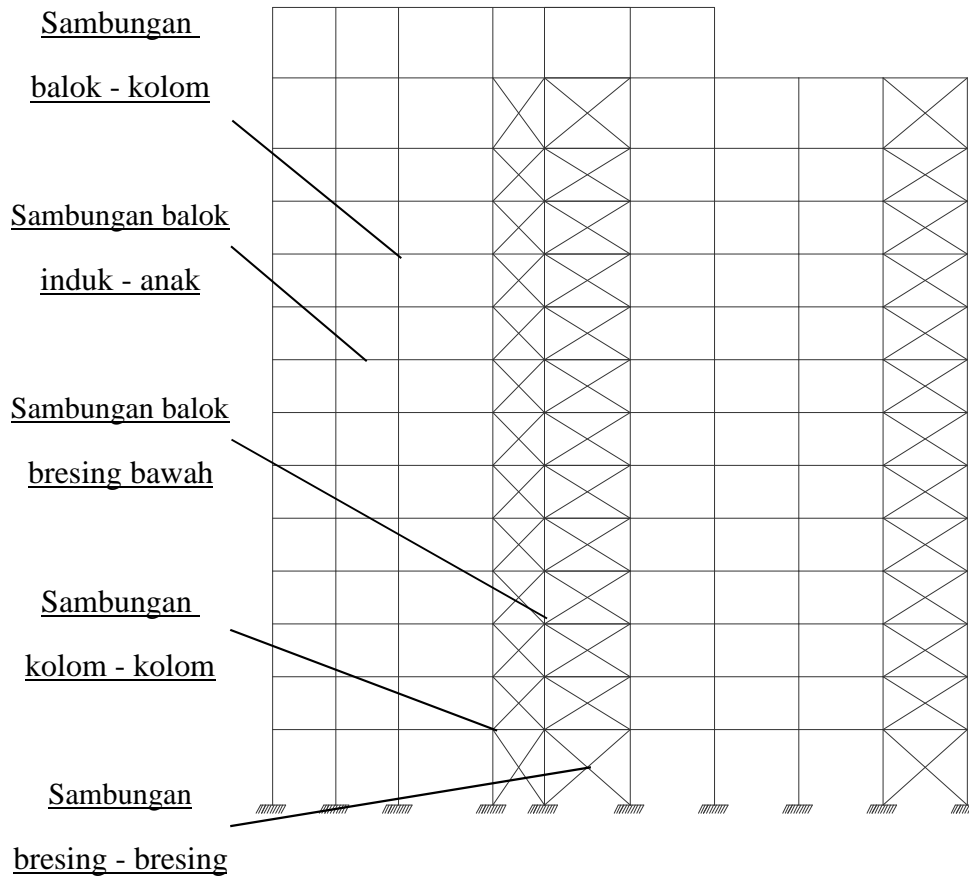
$$\text{Jika, } \frac{P_u}{P_n} = \frac{3857324.7}{12164457} = 0.3171 > 0.2, \text{ maka :}$$

$$\frac{P_u}{P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux} + M_{uy}}{M_{nx} + M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$0.3171 + \frac{8}{9} \left(\frac{141670620.6}{2133338600} + 0 \right) \leq 1.0$$

$$0.3761273 < 1.0$$

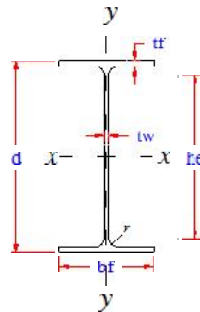
BAB V
PERENCANAAN SAMBUNGAN Dan *BASE PLATE*



Gambar 5.1 Perencanaan Sambungan

5.1 Sambungan Balok Induk - Balok Anak

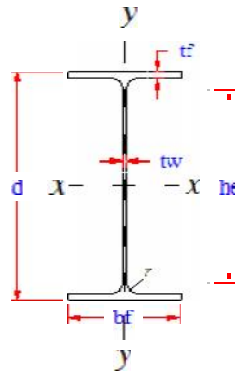
Digunakan profil WF balok induk 450 x 200 x 9 x 14



Dari tabel baja diperoleh :

d	: 450.0 mm	r	: 18.0 mm	I_y	: 1870.0 cm ⁴
b_f	: 200.0 mm	H_1	: 32.0 mm	r_x	: 18.61 cm
t_w	: 9.0 mm	H_2	: 386.0 mm	r_y	: 4.40 cm
tf	: 14.0 mm	w	: 75.96 Kg/m	S_x	: 1489.0 cm ³
A_g	: 96.8 cm ²	I_x	: 33500.0 cm ⁴	S_y	: 187.0 cm ³
f_u	: 500 Mpa	E_s	: 200000 MPa		
f_y	: 290 MPa	h_e	: 386.0 mm		

Digunakan profil WF balok anak 350 x 175 x 7 x 11



Dari tabel baja diperoleh :

d	: 350.0 mm	r	: 14.0 mm	I_y	: 984.0 cm ⁴
b_f	: 175.0 mm	H_1	: 25.0 mm	r_x	: 14.7 cm ⁴
t_w	: 7.0 mm	H_2	: 300.0 mm	r_y	: 4.0 cm ⁴
tf	: 11.0 mm	w	: 49.56 Kg/m	S_x	: 777.0 cm ⁴
A_g	: 63.1 mm	I_x	: 13600.0 cm ⁴	S_y	: 112.0 cm ⁴
h_e	: 300.0 mm				

Baut yang digunakan yakni :

$$\text{Diameter baut } (d_b) = \frac{3}{4} \text{ in} = 19.05 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Baut } (A_b) = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 = 284.88 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas lubang } (l_b) = d_b + 2 = 21.05 \text{ mm}$$

Mutu baut yang digunakan (menurut SNI 1729 : 2015, Tabel J3.2, hal 125), yakni :

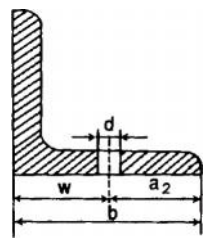
$$\text{Mutu baut} = \text{A325}$$

$$\text{Kuat tarik minimum } (f_{ub}) = 620 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan geser baut } (f_{nv}) = 372 \text{ Mpa (ulir drat, 1 bisang geser)}$$

Direncanakan menggunakan plat siku penyambung 80 x 80 x 6

Dimensi penampang : $b = 80 \text{ mm}$ (Tabel Profil Konstruksi



$t = 80 \text{ mm}$ baja, Ir. Morisco, hal 38)

$$w = 45 \text{ mm}$$

$$d_{b_{maks}} = 23 \text{ mm}$$

$$t_p = 6 \text{ mm}$$

Mutu siku penyambung yang digunakan yakni : BJ 37

$$f_{yp} = 240 \text{ Mpa}$$

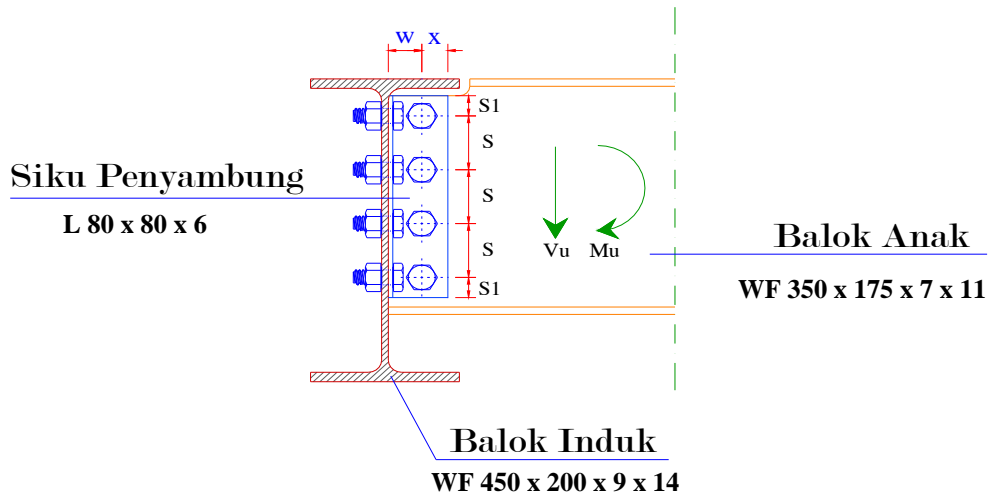
$$f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

Hasil output dari program etabs untuk balok anak :

$$M_u : 105735954 \text{ Nmm}$$

$$V_u : 58430.01 \text{ N}$$

Sambungan direncanakan sebagai berikut :



Gambar 5.2 Perencanaan Sambungan Balok Anak - Balok Induk

5.1.1 Kontrol terhadap Geser, Tumpu dan Tarik

1) *Kontrol Nominal tumpu :*

- Pada lubang baut bagian plat siku

$$\begin{aligned} R_n &= 2.4 \times \ell_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 6 \times 370 \\ &= 112154.4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{n_{\text{siku}}} &= 0.75 \times 112154.4 \\ &= 84115.8 \text{ N} \end{aligned}$$

- Pada lubang baut bagian web dari balok anak

$$\begin{aligned} R_n &= 2.4 \times \ell_b \times t_w \times f_u \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 7 \times 500 \\ &= 176820 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n_{\text{web}}} &= 0.75 \times 176820 \\ &= 132615 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil kuat nominal tumpu terkecil yakni = 84115.8 N

2) *Kuat Nominal Geser Baut (2 bidang geser)*

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.6, kuat geser baut dihitung :

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 284.88 \times 2 \\ &= 211949.58 \text{ N} \\ \phi R_{nv} &= 0.75 \times 211949.58 \\ &= 158962.18 \text{ N} \end{aligned}$$

3) *Kuat Nominal Tarik Baut*

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.6, kuat tarik baut dihitung :

$$\begin{aligned} R_{nt} &= f_{nt} \times A_b \\ &= 620 \times 284.88 \\ &= 176624.65 \text{ N} \\ \phi R_{nt} &= 0.75 \times 176624.65 \\ &= 132468.49 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil yakni : 84115.8 N

5.1.2 Jumlah baut dan jarak antar baut

1) *Perhitungan Jumlah Baut*

$$n = \frac{V_u}{R_n} = \frac{58430.01}{84115.8} = 0.6946 \quad 4 \text{ baut}$$

2) *Menghitung jarak baut*

- Jarak Tepi Baut

Jarak tepi minimum (S_1) menurut tabel J3.4M SNI 1729 : 2015

untuk baut dengan diameter : $3/4$ in, yakni 1 in

Jarak tepi Maksimum (S_{max}) menurut SNI 1729 : 2015 pasal

J3.5 adalah nilai terendah dari :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= 12 \cdot t_p \\ &= 12 \cdot 6 \\ &= 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} = 150 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 72 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S_1 = 30 \text{ mm}$$

- Jarak antar baut S

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.3, jarak minimum baut :

$$\begin{aligned} S_{min} &= 3 \cdot d \\ &= 3 \cdot 19.05 \\ &= 57.15 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.5(a), jarak maksimum baut adalah yang terendah dari :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= 24 \cdot t_p \\ &= 24 \cdot 6 \\ &= 144 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} = 305 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 144 \text{ mm}$$

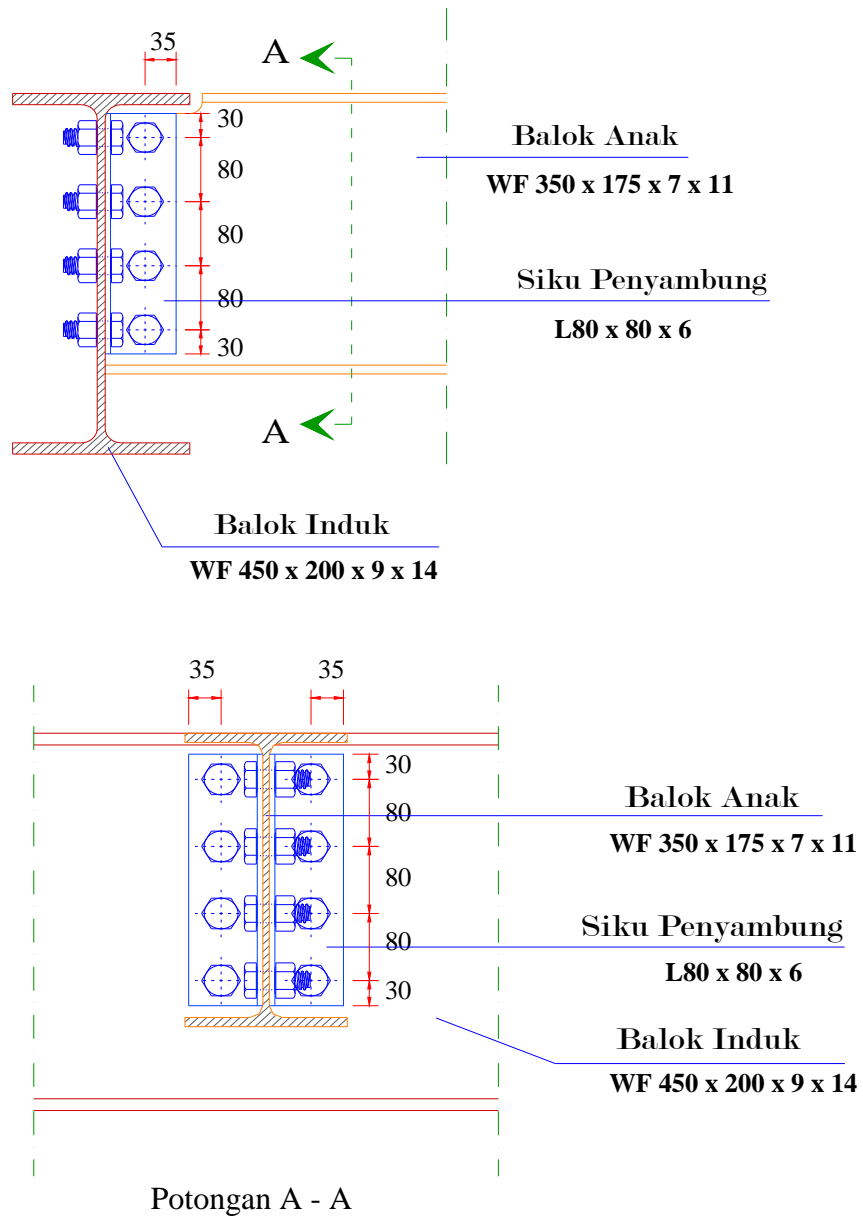
$$\text{Digunakan jarak } S = 80 \text{ mm}$$

- Jarak baut ke web balok induk (w)

$$w = 45 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} x &= b - w \\ &= 80 - 45 \\ &= 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gambar perencanaan lerak baut sebagai berikut :



Gambar 5.3 Letak dan jarak antar baut

5.1.3 Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Geser

$$V_{ub} = \frac{V_u}{n} \leq \phi R_{nv}$$

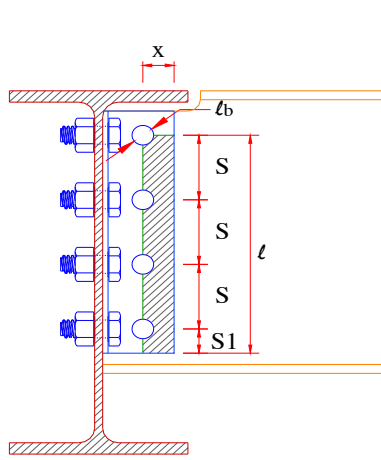
$$\begin{aligned}
 &= \frac{58430.01}{4} \\
 &= 14607.503 \text{ N} < 158962.18 \text{ N}
 \end{aligned}$$

5.1.4 Kontrol Kekuatan Geser Blok Baut

Kontrol kekuatan geser blok pada balok anak sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \ell &= S + S + S + S_1 \\
 &= 80 + 80 + 80 + 30 \\
 &= 270 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{bs} &= \text{Koefisien reduksi, bila tegangan tarik merata maka } U_{bs} \text{ senilai} \\
 &= 1.0
 \end{aligned}$$



1) Luasan Geser pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gv}) :

$$\begin{aligned}
 A_{gv} &= tp \times \ell \\
 &= 6 \times 270 \\
 &= 1620 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung Luas netto (A_{nv}) :

- $\ell_b \text{ total} = \ell_b \times \text{jumlah lubang}$

- $$A_{nv} = tp \times (\ell - \ell_b \text{ total})$$

$$= 6 \times (270 - 74)$$

$$= 1178 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{nv} < 85\% \times A_{gv}$$

$$1178 \text{ mm}^2 < 85\% \times 1620$$

$$1178 \text{ mm}^2 < 1377 \text{ mm}^2$$

2) Luasan Tarik pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gt}) :

$$A_{gt} = tp \times x$$

$$= 6 \times 35$$

$$= 210 \text{ mm}^2$$

Menghitung Luas netto (A_{nt}) :

- $$\ell_b \text{ total} = \ell_b \times \text{jumlah lubang}$$

$$= 21.05 \times 0.5$$

$$= 10.525 \text{ mm}$$
- $$A_{nt} = tp \times (\ell - \ell_b \text{ total})$$

$$= 6 \times (35 - 11)$$

$$= 146.85 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{nt} < 85\% \times A_{gt}$$

$$147 \text{ mm}^2 < 85\% \times 210$$

$$147 \text{ mm}^2 < 179 \text{ mm}^2$$

3) Kuat nominal dihitung sebagai berikut :

Menurut AISC - LRFD pasal J4.1, kuat putus geser dihitung :

$$0.6 f_u A_{nv} = 0.6 \times 370 \times 1178$$

$$= 261504.9 \text{ N}$$

Menurut AISC - LRFD pasal J4.2, kuat putus tarik dihitung :

$$f_u A_{nt} = 370 \times 146.85$$

$$= 54335 \text{ N}$$

Menurut, AISC - LRFD pasal J4.3, kuat geser blok dihitung :

Apabila $f_u A_{nt} < 0.6 f_u A_{nv}$, maka :

$$\phi R_n = \phi [0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \leq \phi [0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}]$$

$$= 0.75 \times [0.6 \times 370 \times 1178 + 1 \times 370 \times 147]$$

$$0.75 \times [0.6 \times 240 \times 1620 + 1 \times 370 \times 147]$$

$$= 236879.6 \text{ N} > 215710.9 \text{ N}$$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan

tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan :

$$\phi R_n = 215710.9 \text{ N}$$

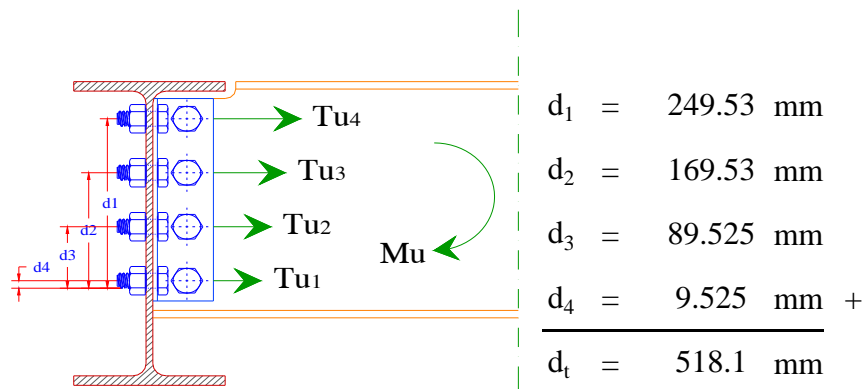
Syarat :

$$\phi R_n > V_u$$

$$215711 \text{ N} > 58430 \text{ N}$$

5.1.5 Kontrol kekuatan baut terhadap tarik

Kontrol kekuatan baut pada balok induk terhadap tarik yang disebabkan oleh momen ultimit yakni :



Kontrol terhadap tarik baut

Gaya Tarik Perlu (pada 2 baut dalam 1 baris)

$$T_{u1} = \frac{M_u \times d_4}{d_t^2} = \frac{105735954 \times 9.525}{518^2} = 3752.0 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \times d_3}{d_t^2} = \frac{105735954 \times 89.525}{518^2} = 35265 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \times d_2}{d_t^2} = \frac{105735954 \times 169.53}{518^2} = 66777 \text{ N}$$

$$T_{u4} = \frac{M_u \times d_1}{d_t^2} = \frac{105735954 \times 249.53}{518^2} = 98290 \text{ N}$$

Gaya Tarik pada baut

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \times f_{ub} \\ &= 284.88 \times 620 \\ &= 176624.65 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= \phi T_b \\ &= 0.75 \times 176624.65 \\ &= 132468.49 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena dalam 1 baris terdiri dari 2 baut, maka

$$T_{d2} = 2 \times T_d$$

$$= 2 \times 132468.49$$

$$= 264936.97 \text{ N}$$

$$\text{Syarat : } Tu < Td$$

$$T_{u1} = 3752.0 < 264936.97$$

$$T_{u2} = 35264.7 < 264936.97$$

$$T_{u3} = 66777.4 < 264936.97$$

$$T_{u4} = 98290.1 < 264936.97$$

Kontrol kekuatan baut pada balok induk terhadap tarik yang disebabkan oleh momen akibat reaksi dan jarak baut (w) :

$$Mu = w \times Vu$$

$$= 45 \times 58430.01$$

$$= 2629350.5 \text{ Nmm}$$

Kontrol terhadap tarik baut

Gaya Tarik Perlu (pada 2 baut dalam 1 baris)

$$T_{u1} = \frac{Mu \times d_4}{d_t^2} = \frac{2629350.5 \times 9.525}{518^2} = 93.3 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{Mu \times d_3}{d_t^2} = \frac{2629350.5 \times 89.525}{518^2} = 877 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{Mu \times d_2}{d_t^2} = \frac{2629350.5 \times 169.53}{518^2} = 1661 \text{ N}$$

$$T_{u4} = \frac{Mu \times d_1}{d_t^2} = \frac{2629350.5 \times 249.53}{518^2} = 2444 \text{ N}$$

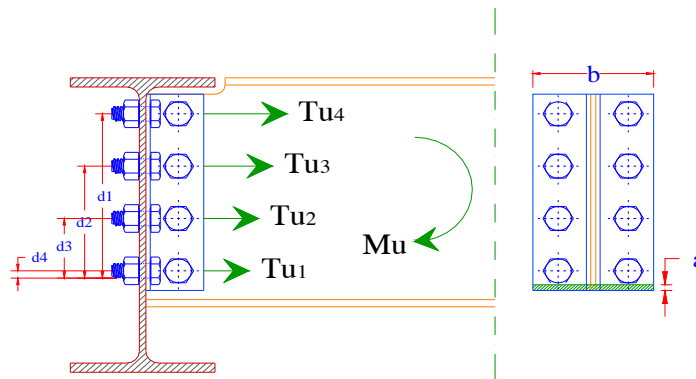
Gaya Tarik pada dua baut dalam 1 baris

$$Td_2 = 264936.97 \text{ N}$$

$$\text{Syarat : } Tu < Td$$

$$\begin{aligned}
 T_{u1} &= 93.3 < 264936.97 \\
 T_{u2} &= 876.9 < 264936.97 \\
 T_{u3} &= 1660.6 < 264936.97 \\
 T_{u4} &= 2444.2 < 264936.97
 \end{aligned}$$

5.1.6 Kontrol kekuatan baut terhadap momen



$$\text{Kuat nominal 1 baut terhadap tarik (Td)} = 132468 \text{ N}$$

$$\text{Garis netral diasumsikan } < S_1 = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 T &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} + T_{u5} \\
 &= 3752.0 + 35264.67 + 66777.36 + 98290.05 \\
 &= 204084.06 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$T d_2 \times d_2 = 264936.97 \times 249.53 = 66108397.47 \text{ Nmm}$$

$$T d_2 \times d_3 = 264936.97 \times 169.53 = 44913439.86 \text{ Nmm}$$

$$T d_2 \times d_4 = 264936.97 \times 89.525 = 23718482.25 \text{ Nmm}$$

$$T d_2 \times d_5 = 264936.97 \times 9.525 = 2523524.64 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 \sum_{(i=1)}^n & \\
 &= 137263844.2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Garis netral pada pelat siku (a) :

$$a = \frac{T}{f_{yp} \times b} = \frac{204084.1}{240 \times 167}$$

$$= 5.0919178 \text{ mm} < S_1 = 30 \text{ mm} \text{ Maka asumsi benar.}$$

Momen rencana :

$$\phi M_n = \frac{0.9 \times f_{yp} \times a^2 \times b}{2} + \sum_{i=1}^n$$

$$= \frac{0.9 \times 240.0 \times 5.0919^2 \times 167}{2} + 137263844.2$$

$$= 137731474.9 \text{ Nmm}$$

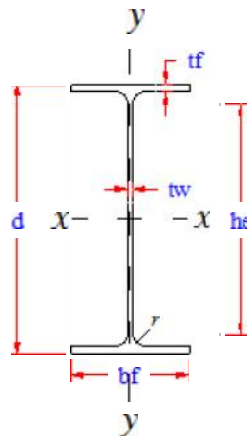
Syarat

$$M_u < \phi M_n$$

$$105735954 < 137731475 \text{ N}$$

5.2 Perencanaan sambungan Bresing dan Balok induk (bawah)

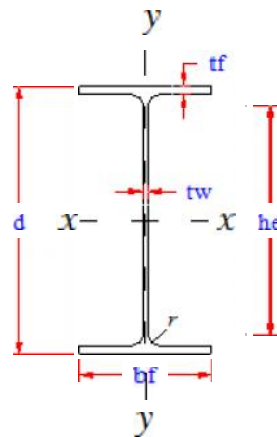
Digunakan profil WF bresing 400 x 200 x 8 x 13



Dari tabel baja diperoleh :

d	: 400.0 mm	r	: 16.0 mm	I_y	: 1740.0 cm ⁴
b_f	: 200.0 mm	H_1	: 29.0 mm	r_x	: 16.8 cm
t_w	: 8.0 mm	H_2	: 342.0 mm	r_y	: 4.6 cm
tf	: 13.0 mm	w	: 66.03 Kg/m	S_x	: 1185.0 cm ³
A_g	: 84.1 mm	I_x	: 23700.0 cm ⁴	S_y	: 174.0 cm ³
he	: 342.0 mm	f_y	: 290 Mpa	f_u	: 500 Mpa

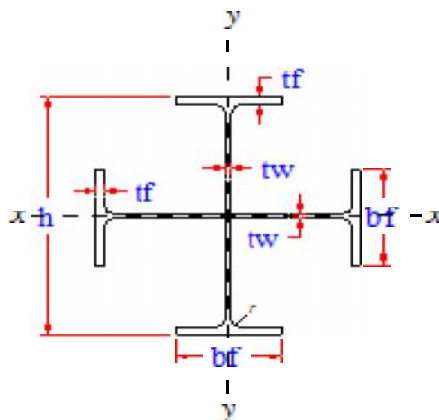
Digunakan profil WF balok induk 450 x 200 x 9 x 14



Dari tabel baja diperoleh :

d	: 450.0 mm	r	: 18.0 mm	I_y	: 1870.0 cm ⁴
b_f	: 200.0 mm	H_1	: 32.0 mm	r_x	: 18.61 cm
t_w	: 9.0 mm	H_2	: 386.0 mm	r_y	: 4.40 cm
tf	: 14.0 mm	w	: 75.96 Kg/m	S_x	: 1489.0 cm ³
A_g	: 96.8 cm ²	I_x	: 33500.0 cm ⁴	S_y	: 187.0 cm ³

Digunakan profil baja KC untuk kolom 700 x 300 x 13 x 24



Dari tabel baja diperoleh :

h	: 700.0 mm	r	: 28.0 mm	I_y	: 220791.0 cm ⁴
b _f	: 300.0 mm	H ₁	: 52.0 mm	r _x	: 21.21 cm
t _w	: 13.0 mm	H ₂	: 596.0 mm	r _y	: 21.65 cm
t _f	: 24.0 mm	w	: 369.70 Kg/m	S _x	: 6051.4 cm ³
A _g	: 471.0 cm ²	I _x	: 211800.0 cm ⁴	S _y	: 6193.3 cm ³
Z _x	: 7356.3 cm ³	E _s	: 200000 MPa		
Z _y	: 7505.0 cm ³	h _e	: 596.0 mm		

Baut yang digunakan :

Diameter baut (d _b)	=	3/4 in	=	19.05 mm
Luas Baut	=	1/4 . Ø ²	=	284.88 mm ²
Luas lubang (ℓ _b)	=	d _b + 2	=	21.05 mm

Mutu baut yang digunakan (menurut SNI 1729 : 2015, Tabel J3.2, hal 125), yakni :

Mutu baut	=	A325
Kuat tarik minimum (f _{ub})	=	620 Mpa
Tegangan geser baut (f _{nv})	=	372 Mpa (ulir drat, 1 bisang geser)

Direncanakan menggunakan gusset plate dengan tebal = 10 mm

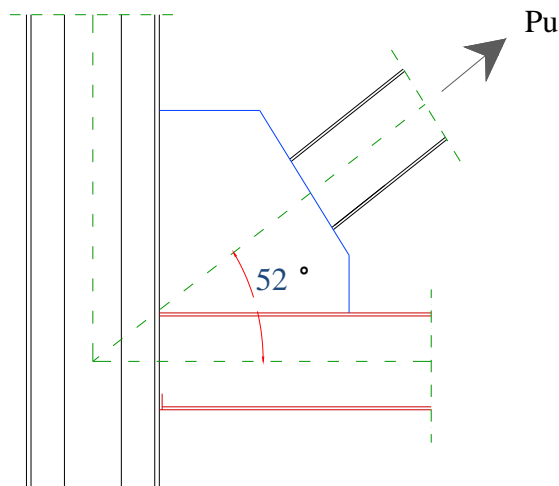
$$f_{yp} = 240 \text{ Mpa}$$

$$f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

Hasil output etabs untuk bresing :

$$P_u = 675891.7 \text{ N}$$

$$V_u = 1648.13 \text{ N}$$



Gambar 5.4 Sambungan Bresing terhadap Kolom dan Balok Induk

5.2.1 Sambungan Sayap Bresing ke plate buhul

Mendistribusikan gaya ke daerah web dan flens bresing

Untuk daerah flens

$$P_{uf} = \frac{P_u \times (bf \quad tf)}{A}$$

$$= \frac{675891.7 \times (200 \times 13)}{8412}$$

$$= 208906.14 \text{ N}$$

Untuk daerah web

$$P_{uw} = P_u - 2 P_{uf}$$

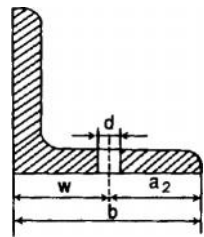
$$= 675891.7 - 2 \times 208906.14$$

$$= 258079.43 \text{ N}$$

Desain flens bresing ke plat buhul

Direncanakan menggunakan plat siku penyambung 80 x 80 x 10

Dimensi penampang : b = 80 mm (Tabel Profil Konstruksi



t = 80 mm baja, Ir. Morisco, hal 38)

w = 45 mm

db_{maks} = 23 mm

t_p = 10 mm

A = 19.2 cm²

x = 2.82 cm

1) *Kontrol Nominal tumpu :*

- Pada lubang baut bagian plat siku

$$R_n = 2.4 \times \ell_b \times t_p \times f_u$$

$$= 2.4 \times 21.05 \times 10 \times 370$$

$$= 186924 \text{ N}$$

$$R_{n_{siku}} = 0.75 \times 186924$$

$$= 140193 \text{ N}$$

- Pada lubang baut bagian web dari bresing

$$\begin{aligned}
 R_n &= 2.4 \times t_b \times t_f \times f_u \\
 &= 2.4 \times 21.05 \times 13 \times 500 \\
 &= 328380 \text{ N} \\
 \phi R_{n_{web}} &= 0.75 \times 328380 \\
 &= 246285 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Diambil kuat nominal tumpu terkecil yakni = 140193 N

2) *Kuat Nominal Geser Baut (1 bidang geser)*

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\
 &= 372 \times 284.88 \times 1 \\
 &= 105974.79 \text{ N} \\
 \phi R_{nv} &= 0.75 \times 105974.79 \\
 &= 79481.091 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil yakni : 79481.091 N

$$n = \frac{P_{uf}}{\phi R_{nv}} = \frac{208906.14}{79481.091} = 2.6284 \quad 4 \text{ baut}$$

Pada salah satu sisi flens dibutuhkan 4 baut, maka pemasangan baut yakni terdapat 4 baut pada plat buhul & dipasang 4 baut pada flens bresing

Pemeriksaan kekuatan tarik siku penyambung.

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi F_y \times A_g \\
 &= 0.9 \times 240 \times 1920 \\
 &= 414720.0 \text{ N} > P_{uf} = 208906.14 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pemeriksaan kapasitas tarik dari kriteria faktor penampang berlubang :

$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - l_b \times t_p \\
 &= 1920 - 21.05 \times 10 \\
 &= 1709.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U &= 1 - x/b < 0.9 \\
 &= 1 - 28 / 80 < 0.9 \\
 &= 0.6475 < 0.9
 \end{aligned}$$

Maka digunakan nilai $U = 0.6475$

$$\begin{aligned}
 U A_n &= 0.6475 \times 1709.5 \\
 &= 1106.9013 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U A_n &< 0.85 A_g \\
 1106.9013 &< 0.85 \times 1920 \\
 1106.9013 &< 1632.00
 \end{aligned}$$

Dengan demikian luas efektif (A_e) :

$$\begin{aligned}
 A_e &= U A_n \\
 &= 1106.9013 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi F_u \times A_e \\
 &= 0.75 \times 370 \times 1106.9 \\
 &= 307165.1 \text{ N} > P_{uf} = 208906.14 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menghitung jarak baut :

- Jarak Tepi Baut

Jarak tepi minimum (S_1) menurut tabel J3.4M SNI 1729 : 2015

untuk baut dengan diameter : $3/4$ in, yakni 1 in

Jarak tepi Maksimum (S_{max}) menurut SNI 1729 : 2015 pasal

J3.5 adalah nilai terendah dari

$$S_{maks} = 12 t_p$$

$$= 12 \times 10$$

$$= 120 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 150 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S_1 = 30 \text{ mm}$$

- Jarak antar baut S

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.3, jarak minimum baut :

$$S_{min} = 3 d$$

$$= 3 \times 19.05$$

$$= 57.15 \text{ mm}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.5(a), jarak maksimum baut adalah yang terendah dari :

$$S_{maks} = 24 t_p$$

$$= 24 \times 10$$

$$= 240 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 305 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S = 80 \text{ mm}$$

- Jarak baut ke web balok induk (w)

$$w = 45 \text{ mm}$$

$$x = b - w$$

$$= 80 - 45$$

$$= 35 \text{ mm}$$

Gambar perencanaan lerak baut sebagai berikut :

Kontrol kekuatan geser blok plat

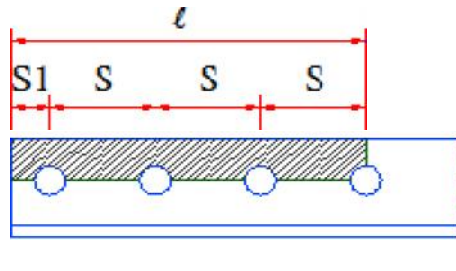
Kontrol kekuatan geser blok pada balok anak sebagai berikut :

Dimana :

U_{bs} = Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J4.3, nilai U_{bs} diambil sebesar
1.0 untuk tegangan tarik merata

$$\begin{aligned} \ell &= S + S + S + S_1 \\ &= 80 + 80 + 80 + 30 \\ &= 270 \text{ mm} \end{aligned}$$

U_{bs} = Koefisien reduksi, bila tegangan tarik merata maka U_{bs} senilai
= 1.0



1) Luasan Geser pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gv}) :

$$\begin{aligned} A_{gv} &= tp \times \ell \\ &= 10 \times 270 \\ &= 2700 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung Luas netto (A_{nv}) :

- Lebar lubang (ℓ_b) :

- ℓ_b total = $\ell_b \times$ jumlah lubang

$$\begin{aligned} &= 21.05 \times 3.5 \\ &= 73.675 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $A_{nv} = tp \times (\ell - \ell_b \text{ total})$

$$\begin{aligned} &= 10 \times (270 - 73.7) \\ &= 1963.3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$A_{nv} < 85\% \times A_{gv}$$

$$1963 \text{ mm}^2 < 85\% \times 2700$$

$$1963 \text{ mm}^2 < 2295 \text{ mm}^2$$

2) Luasan Tarik pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gt}) :

$$\begin{aligned} A_{gt} &= tp \times x \\ &= 10 \times 35 \\ &= 350 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung Luas netto (A_{nt}) :

- $$\begin{aligned} \ell_b \text{ total} &= \ell_b \times \text{jumlah lubang} \\ &= 21.05 \times 0.5 \\ &= 10.525 \text{ mm} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} A_{nt} &= tp \times (\ell - \ell_b \text{ total}) \\ &= 10 \times (35 - 10.53) \\ &= 244.75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$A_{nt} < 85\% \times A_{gt}$$

$$245 \text{ mm}^2 < 85\% \times 350$$

$$245 \text{ mm}^2 < 298 \text{ mm}^2$$

3) Kuat nominal dihitung sebagai berikut :

Menurut AISC - LRFD pasal J4.1, kuat putus geser dihitung :

$$\begin{aligned} 0.6 fu A_{nv} &= 0.6 \times 370 \times 1963.3 \\ &= 435841.5 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut AISC - LRFD pasal J4.2, kuat putus tarik dihitung :

$$\begin{aligned}
 f_u A_{nt} &= 370 \times 244.75 \\
 &= 90557.5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menurut, AISC - LRFD pasal J4.3, kuat geser blok dihitung :

Apabila $f_u A_{nt} < 0.6 f_u A_{nv}$, maka :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi [0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \leq \phi [0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \\
 &= 0.75 \times [0.6 \times 370 \times 1963.3 + 1 \times 370 \times 245] \\
 &\quad 0.75 \times [0.6 \times 240 \times 2700 + 1 \times 370 \times 245] \\
 &= 394799.3 \text{ N} > 359518.1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan

tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan :

$$\phi R_n = 359518.1 \text{ N}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &> P_{uf} \\
 359518 \text{ N} &> 208906 \text{ N}
 \end{aligned}$$

5.2.2 Sambungan Badan Bresing ke plate buhul

Pada plat buhul, baut di pasang 1 baris dengan menggunakan plat

$$10 \times 200$$

Kontrol terhadap Geser, Tumpu dan Tarik

1) *Kontrol Nominal tumpu :*

- Pada lubang baut bagian plat siku

$$\begin{aligned}
 R_n &= 2.4 \times \ell_b \times t_p \times f_u \\
 &= 2.4 \times 21.05 \times 10 \times 370 \\
 &= 186924 \text{ N} \\
 R_{n \text{ siku}} &= 0.75 \times 186924
 \end{aligned}$$

$$= 140193 \text{ N}$$

- Pada lubang baut bagian web dari bresing

$$\begin{aligned} R_n &= 2.4 \times t_b \times t_w \times f_u \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 8 \times 500 \\ &= 202080 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n_{web}} &= 0.75 \times 202080 \\ &= 151560 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil kuat nominal tumpu terkecil yakni = 140193 N

2) *Kuat Nominal Geser Baut (1 bidang geser)*

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 284.88 \times 1 \\ &= 105974.79 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 0.75 \times 105974.79 \\ &= 79481.091 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil yakni : 79481.091 N

Jumlah baut dan jarak antar baut

1) *Perhitungan Jumlah Baut*

$$n = \frac{P_{uw}}{R_{nv}} = \frac{258079.43}{79481.091} = 3.2471 \quad 4 \text{ baut}$$

2) *Menghitung jarak baut*

- Jarak Tepi Baut

Jarak tepi minimum (S_1) menurut tabel J3.4M SNI 1729 : 2015

untuk baut dengan diameter : mm in, yakni 1 in

Jarak tepi Maksimum (S_{max}) menurut SNI 1729 : 2015 pasal

J3.5 adalah nilai terendah dari

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= 12 \ t_p \\
 &= 12 \ x \ 10 \\
 &= 120 \ \text{mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{maks} = 150 \ \text{mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 120 \ \text{mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S_1 = 50 \ \text{mm}$$

- Jarak antar baut S

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.3, jarak minimum baut :

$$\begin{aligned}
 S_{min} &= 3 \ d \\
 &= 3 \ x \ 19.05 \\
 &= 57.15 \ \text{mm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.5(a), jarak maksimum baut adalah yang terendah dari :

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= 24 \ t_p \\
 &= 24 \ x \ 10 \\
 &= 240 \ \text{mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{maks} = 305 \ \text{mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 240 \ \text{mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S = 100.0 \ \text{mm}$$

- Jarak baut ke web balok induk (w)

$$w = 50 \ \text{mm}$$

Kontrol tegangan plat penyambung

$$t = 10 \ \text{mm}$$

$$\ell = 200 \ \text{mm}$$

Ae diambil lebih kecil dari An dan 0.85 Ag

$$\begin{aligned}
 A_n &= t \ x \ \ell - n \ x \ \ell_b \\
 &= 10 \ x \ 200 - 2 \ x \ 21.05
 \end{aligned}$$

$$= 1957.900 \text{ mm}^2$$

$$0.85 A_g = 0.85 \times 2000$$

$$= 1700 \text{ mm}^2$$

Maka A_e diambil : 1700 mm^2

Pemeriksaan kekuata tarik dari kriteria leleh penampang utuh

$$\phi R_n = \phi F_u \times A_e$$

$$= 0.75 \times 370 \times 1700$$

$$= 471750 \text{ N} > P_{uw} = 258079.43 \text{ N}$$

Kontrol kekuatan geser blok plat

Kontrol kekuatan geser blok pada balok anak sebagai berikut :

Dimana :

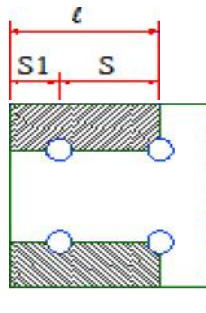
$$\ell = S + S_1$$

$$= 100 + 50$$

$$= 150 \text{ mm}$$

$$U_{bs} = \text{Koefisien reduksi, bila tegangan tarik merata maka } U_{bs} \text{ senilai}$$

$$= 1.0$$



1) Luasan Geser pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gv}) :

$$A_{gv} = 2 \times tp \times \ell$$

$$= 2 \times 10 \times 150$$

$$= 3000 \text{ mm}^2$$

Menghitung Luas netto (A_{nv}) :

- Lebar lubang (ℓ_b) :
- $\ell_b \text{ total} = \ell_b \times \text{jumlah lubang}$

$$= 21.05 \times 1.5$$

$$= 31.575 \text{ mm}$$
- $A_{nv} = 2 \times tp \times (\ell - \ell_b \text{ total})$

$$= 2 \times 10 \times (150 - 31.6)$$

$$= 2368.5 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{nv} < 85\% \times A_{gv}$$

$$2369 \text{ mm}^2 < 85\% \times 3000$$

$$2369 \text{ mm}^2 < 2550 \text{ mm}^2$$

2) Luasan Tarik pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gt}) :

$$A_{gt} = tp \times x$$

$$= 10 \times 50$$

$$= 500 \text{ mm}^2$$

Menghitung Luas netto (A_{nt}) :

- $\ell_b \text{ total} = \ell_b \times \text{jumlah lubang}$

$$= 21.05 \times 0.5$$

$$= 10.525 \text{ mm}$$
- $A_{nt} = 2 \times tp \times (\ell - \ell_b \text{ total})$

$$= 2 \times 10 \times (50 - 10.53)$$

$$= 394.75 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{nt} < 85\% \times A_{gt}$$

$$395 \text{ mm}^2 < 85\% \times 500$$

$$395 \text{ mm}^2 < 425 \text{ mm}^2$$

3) Kuat nominal dihitung sebagai berikut :

Menurut AISC - LRFD pasal J4.1, kuat putus geser dihitung :

$$\begin{aligned} 0.6 f_u A_{nv} &= 0.6 \times 370 \times 2368.5 \\ &= 525807 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut AISC - LRFD pasal J4.2, kuat putus tarik dihitung :

$$\begin{aligned} f_u A_{nt} &= 370 \times 394.75 \\ &= 146057.5 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut, AISC - LRFD pasal J4.3, kuat geser blok dihitung :

Apabila $f_u A_{nt} < 0.6 f_u A_{nv}$, maka :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi [0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \leq \phi [0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \\ &= 0.75 \times [0.6 \times 370 \times 2368.5 + 1 \times 370 \times 395] \\ &\quad 0.75 \times [0.6 \times 240 \times 3000 + 1 \times 370 \times 395] \\ &= 503898.4 \text{ N} > 433543.1 \text{ N} \end{aligned}$$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan

tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan :

$$\phi R_n = 433543.1 \text{ N}$$

Syarat :

$$\phi R_n > P_{uw}$$

$$433543 \text{ N} > 258079 \text{ N}$$

Kontrol kuat tarik fraktur bresing :

Diambil $A_e = A_n$ dimana :

$$\begin{aligned} A_n &= A - n \times l_b \times t_p \\ &= 2000 - 2 \times 21.05 \times 10 \\ &= 1579 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 \times f_u \times A_n \\ &= 0.75 \times 370 \times 1579 \\ &= 438172.5 \text{ N} \\ &= 438172.5 \text{ N} > P_{uw} = 258079.427 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol terhadap plat buhul

Gaya geser pada masing baut :

$$\frac{V_u}{n} = \frac{1648.13}{4} = 412.03 \text{ N/baut}$$

Digunakan plat dengan ketebalan = 10 mm Kontrol nominal tumpu

flens profil bresing pada lubang baut bagian plat buhul :

$$\begin{aligned} R_n &= 2.4 \times l_b \times t_p \times f_u \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 10 \times 370 \\ &= 186924 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n \text{ plat}} &= 0.75 \times 186924 \\ &= 140193 \text{ N} > V_u / n = 412.0325 \end{aligned}$$

5.2.3 Sambungan Plat Buhul ke Kolom

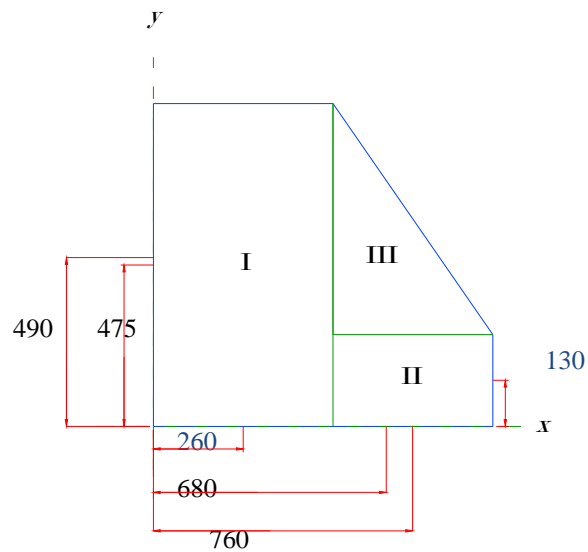
Digunakan plat buhul dengan tebal : 10 mm

Panjang vertikal : 950 mm

Panjang horizontal : 1000 mm

set back : 15 mm

Titik berat buhul dihitung sebagai berikut :



Tabel 5.1 Titik centroid plat buhul

Bidang	Luas (A) (mm ²)	Titik berat terhadap y	A . Y (mm ³)	Titik berat terhadap x	A . X (mm ³)
I	494000	475	234650000	260.000	128440000
II	124800	130	16224000	680.000	84864000
III	165600	490.00	81144000	760.000	125856000
	784400		332018000		339160000

$$= \frac{A \cdot x}{A} + sb = 447.38144 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{A \cdot Y}{A} = 423.27639 \text{ mm}$$

Distribusi gaya dari bresing ke balok dan kolom

$$e_b = \frac{d_b}{2} = \frac{450}{2} = 225.0 \text{ mm}$$

$$e_k = \frac{d_k}{2} = \frac{700}{2} = 350.0 \text{ mm}$$

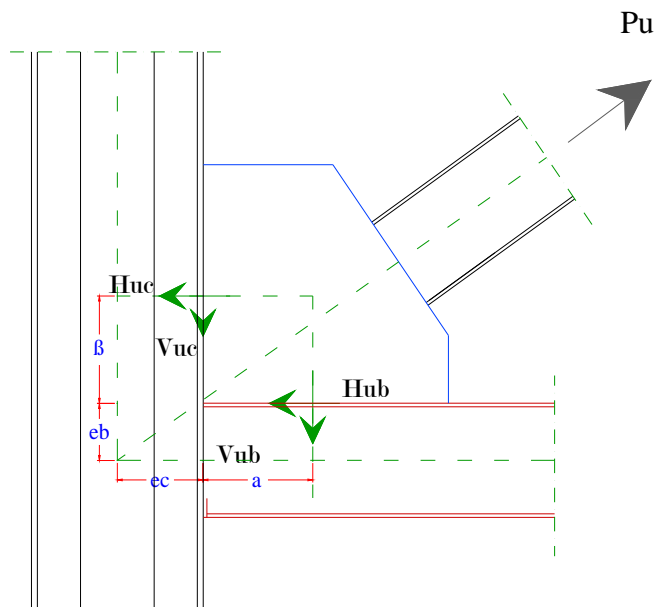
$$r = \sqrt{(447 + e_c)^2 + (423 + e_b)^2}$$

$$= \sqrt{(447 + 350.0)^2 + (423 + 225.0)^2}$$

$$= 1027.6573 \text{ mm}$$

Menurut Manual AISC - LRFD hal 1825, proyeksi gaya aksial dan geser pada masing masing komponen bresing kolom dan balok sebagai berikut :

Pada sambungan plat buhul ke kolom :



$$H_{uc} = \frac{e_c}{r} P_u = \frac{350.0}{1027.7} \times 675891.7$$

$$= 230195.52 \text{ N}$$

$$V_{uc} = \frac{423.3}{r} Pu = \frac{423.3}{1027.7} \times 675891.7$$

$$= 278389.51 \text{ N}$$

Pada sambungan plat buhul ke balok

$$H_{ub} = \frac{447.4}{r} Pu = \frac{447.4}{1027.7} \times 675891.7$$

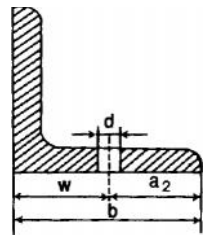
$$= 294243.43 \text{ N}$$

$$V_{ub} = \frac{e_b}{r} Pu = \frac{225.0}{1027.7} \times 675891.7$$

$$= 147982.83 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan plat siku penyambung 90 x 90 x 10

Dimensi penampang : b = 90 mm (Tabel Profil Konstruksi



t = 90 mm baja, Ir. Morisco, hal 38)

w = 50 mm

db_{maks} = 23 mm

t_p = 10 mm

Kontrol terhadap Geser, Tumpu dan Tarik

1) *Kontrol Nominal tumpu :*

- Pada lubang baut bagian plat siku

$$R_n = 2.4 \times \ell_b \times t_p \times f_u$$

$$= 2.4 \times 21.05 \times 10 \times 370$$

$$= 186924 \text{ N}$$

$$R_{n \text{ siku}} = 0.75 \times 186924$$

$$= 140193 \text{ N}$$

- Pada lubang baut bagian plat buhul

$$\begin{aligned} R_n &= 2.4 \times l_b \times t \times f_u \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 10 \times 370 \\ &= 186924 \text{ N} \\ \phi R_{n_{web}} &= 0.75 \times 186924 \\ &= 140193 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil kuat nominal tumpu terkecil yakni = 140193 N

2) *Kuat Nominal Geser Baut (2 bidang geser)*

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 284.88 \times 2 \\ &= 211949.58 \text{ N} \\ \phi R_{nv} &= 0.75 \times 211949.58 \\ &= 158962.18 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil yakni : 140193 N

Jumlah baut dan jarak antar baut

1) *Perhitungan Jumlah Baut*

$$n = \frac{V_{uc}}{R_{nv}} = \frac{278389.51}{140193} = 1.9858 \quad 6 \text{ baut}$$

2) *Menghitung jarak baut*

- Jarak Tepi Baut

Jarak tepi minimum (S_1) menurut tabel J3.4M SNI 1729 : 2015

untuk baut dengan diameter : $3/4$ in, yakni 1 in

Jarak tepi Maksimum (S_{max}) menurut SNI 1729 : 2015 pasal

J3.5 adalah nilai terendah dari

$$S_{maks} = 12 \text{ tp}$$

$$= 12 \times 10$$

$$= 120 \text{ mm}$$

$$\text{Smaks} = 150 \text{ mm}, \text{ Maka Smaks} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S_1 = 100 \text{ mm}$$

- Jarak antar baut S

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.3, jarak minimum baut :

$$S_{\min} = 3 d$$

$$= 3 \times 19.05$$

$$= 57.15 \text{ mm}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.5(a), jarak maksimum baut adalah yang terendah dari :

$$\text{Smaks} = 24 t_p$$

$$= 24 \times 10$$

$$= 240 \text{ mm}$$

$$\text{Smaks} = 305 \text{ mm}, \text{ Maka Smaks} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S = 150 \text{ mm}$$

- Jarak baut ke web balok induk (w)

$$w = 50 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan geser blok plat

Kontrol kekuatan geser blok pada balok anak sebagai berikut :

Dimana :

$$\ell = S + S + S + S + S + S_1$$

$$= 150 + 150 + 150 + 150 + 150 + 100$$

$$= 550 \text{ mm}$$

$$U_{bs} = \text{Koefisien reduksi, bila tegangan tarik merata maka } U_{bs} \text{ senilai}$$

$$= 1.0$$

1) Luasan Geser pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gv}) :

$$A_{gv} = tp \times \ell$$

$$= 10 \times 550$$

$$= 5500 \text{ mm}^2$$

Menghitung Luas netto (A_{nv}) :

- Lebar lubang (ℓ_b) :
- $\ell_b \text{ total} = \ell_b \times \text{jumlah lubang}$

$$= 21.05 \times 5.5$$

$$= 115.78 \text{ mm}$$
- $A_{nv} = tp \times (\ell - \ell_b \text{ total})$

$$= 10 \times (550 - 115.8)$$

$$= 4342.3 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{nv} < 85\% \times A_{gv}$$

$$4342 \text{ mm}^2 < 85\% \times 5500$$

$$4342 \text{ mm}^2 < 4675 \text{ mm}^2$$

2) Luasan Tarik pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gt}) :

$$A_{gt} = tp \times x$$

$$= 10 \times 40$$

$$= 400 \text{ mm}^2$$

Menghitung Luas netto (A_{nv}) :

- $\ell_b \text{ total} = \ell_b \times \text{jumlah lubang}$
 $= 21.05 \times 0.5$
 $= 10.525 \text{ mm}$
- $A_{nt} = tp \times (\ell - \ell_b \text{ total})$
 $= 10 \times (40 - 10.53)$
 $= 294.75 \text{ mm}^2$

Syarat :

$$A_{nt} < 85\% \times A_{gt}$$

$$295 \text{ mm}^2 < 85\% \times 400$$

$$295 \text{ mm}^2 < 340 \text{ mm}^2$$

3) Kuat nominal dihitung sebagai berikut :

Menurut AISC - LRFD pasal J4.1, kuat putus geser dihitung :

$$0.6 f_u A_{nv} = 0.6 \times 370 \times 4342.3$$

$$= 963979.5 \text{ N}$$

Menurut AISC - LRFD pasal J4.2, kuat putus tarik dihitung :

$$f_u A_{nt} = 370 \times 294.75$$

$$= 109057.5 \text{ N}$$

Menurut, AISC - LRFD pasal J4.3, kuat geser blok dihitung :

Apabila $f_u A_{nt} < 0.6 f_u A_{nv}$, maka :

$$\phi R_n = \phi [0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \leq \phi [0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}]$$

$$= 0.75 \times [0.6 \times 370 \times 4342.3 + 1 \times 370 \times 295]$$

$$= 0.75 \times [0.6 \times 240 \times 5500 + 1 \times 370 \times 295]$$

$$= 804777.8 \text{ N} > 675793.1 \text{ N}$$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan :

$$\phi R_n = 675793.1 \text{ N}$$

Syarat :

$$\phi R_n > V_{uc}$$

$$675793 \text{ N} > 278390 \text{ N}$$

5.2.4 Kuat Desain Las Fillet

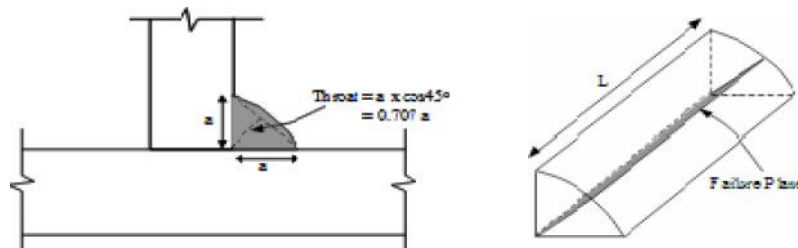
Sambungan las yang digunakan yakni electrode E7014

$$F_{EXX} = 482 \text{ Mpa}$$

Tebal las rencana (a), disyaratkan sebagai berikut :

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2b tabel J2.4, tebal las minimum (a_{min}) pada bagian yang disambung dengan ketebalan paling tipis (t) = 10 mm yang mana $6 \text{ mm} < t = 10 < 13 \text{ mm}$, yakni : 5 mm

Tebal las maksimum yang disyaratkan dalam SNI 1729 : 2015 pasal J2.2b(b) untuk material dengan tebal paling tipis (t) = 10 mm, yakni $a_{max} = t - 2 = 8 \text{ mm}$ Maka tebal las rencana (a) = 6 mm

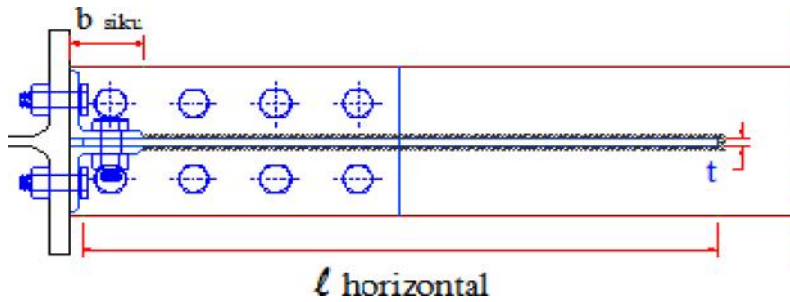


$$\text{tebal efektif } (t_e) = a \times \cos 45^\circ$$

$$\text{Throat} = 6 \times \cos 45$$

$$= 4.2426 \text{ mm}$$

Panjang bagian yang dilas (L)



$$\begin{aligned}
 L &= 2 \times \left(l_{\text{horizontal}} - b_{\text{siku}} \right) + t \\
 &= 2 \times \left[1000 - 90 \right] + 10 \\
 &= 1830 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2.2b Panjang las (L_w) minimum yakni

$$\begin{aligned}
 L_{w \text{ min}} &= 4 \ a \\
 &= 4 \times 6 \\
 &= 24 \text{ mm} < L_w = 1830.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan panjang efektif disyaratkan sebagai berikut :

Untuk $L_w > 300 \ a$ ($= 1800 \text{ mm}$), maka $L_{w \text{ max}}$ yakni :

$$\begin{aligned}
 L_{w \text{ eff}} &= L_w \times \left(1.2 - 0.002 \ L_w / a \right) \\
 &= 1830.0 \times \left(1.2 - 0.002 \times 1830.0 / 6 \right) \\
 &= 1079.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2.2a luas efektif adalah panjang efektif

($L_{w \text{ eff}}$) dikalikan dengan throat efektif las, yang dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= L_{w \text{ eff}} \times t_e \\
 &= 1079.7 \times 4.2426 \\
 &= 4580.7791 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tegangan nominal las per mm² (SNI 1729 : 2015 tabel J2-5 Lanjutan) :

$$\begin{aligned}f_{nw} &= 0.6 \times f_{EXX} \\ &= 0.6 \times 482 \\ &= 289.2 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Kekuatan desain Las (ϕP_n , menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2.4(a)

yakni :

Kuat nominal las, yakni :

$$\begin{aligned}P_{nw} &= f_{nw} \times A_{we} \\ &= 289.2 \times 4580.7791 \\ &= 1324761.3 \text{ N}\end{aligned}$$

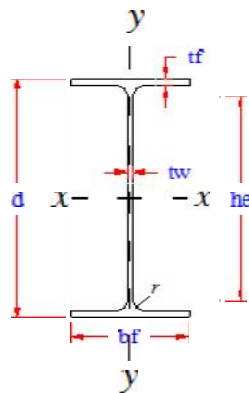
$$\begin{aligned}\phi P_{nw} &= 0.75 \times 1324761.3 \\ &= 993571 \text{ N}\end{aligned}$$

Kontrol terhadap gaya yang bekerja

$$\begin{aligned}\phi P_n &> \text{Hub} \\ 993571 \text{ N} &> 294243.43 \text{ N}\end{aligned}$$

5.3 Perencanaan sambungan Bresing - Bresing

Digunakan profil WF bresing 400 x 200 x 8 x 13



Dari tabel baja diperoleh :

d	: 400.0 mm	r	: 16.0 mm	I_y	: 1740.0 cm ⁴
b_f	: 200.0 mm	H_1	: 29.0 mm	r_x	: 16.8 cm
t_w	: 8.0 mm	H_2	: 342.0 mm	r_y	: 4.6 cm
t_f	: 13.0 mm	w	: 66.03 Kg/m	S_x	: 1185.0 cm ³
A_g	: 84.1 mm	I_x	: 23700.0 cm ⁴	S_y	: 174.0 cm ³
he	: 342.0 mm	f_y	: 290 Mpa	f_u	: 500 Mpa

Baut yang digunakan :

$$\text{Diameter baut } (d_b) = \frac{3}{4} \text{ in} = 19.05 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Baut} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 = 284.88 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas lubang } (l_b) = d_b + 2 = 21.05 \text{ mm}$$

Mutu baut yang digunakan (menurut SNI 1729 : 2015, Tabel J3.2, hal 125), yakni :

$$\text{Mutu baut} = \text{A325}$$

$$\text{Kuat tarik minimum } (f_{ub}) = 620 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan geser baut } (f_{nv}) = 372 \text{ Mpa (ulir drat, 1 bisang geser)}$$

$$\text{Direncanakan menggunakan gusset plate dengan tebal} = 10 \text{ mm}$$

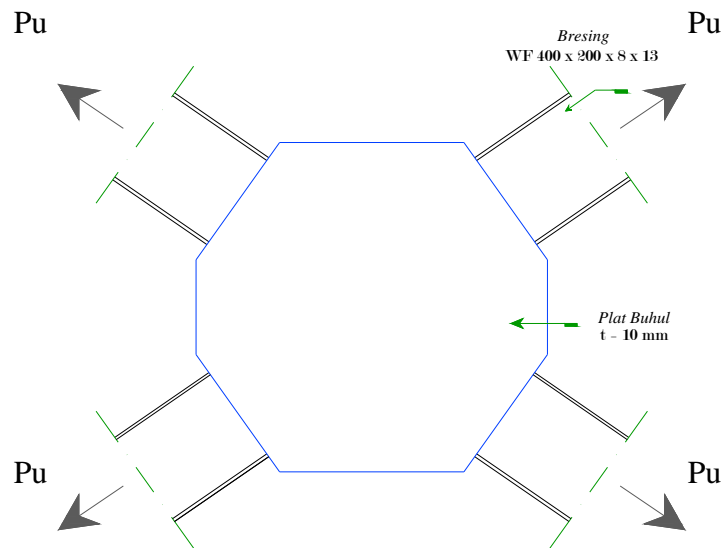
$$f_{yp} = 240 \text{ Mpa}$$

$$f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

Hasil output etabs untuk bresing :

$$P_u = 675891.7 \text{ N}$$

$$V_u = 1648.13 \text{ N}$$



Gambar 5.5 Sambungan Bresing - Bresing

5.3.1 Sambungan Sayap Bresing ke plate buhul

Mendistribusikan gaya ke daerah web dan flens bresing

Untuk daerah flens

$$\begin{aligned}
 P_{uf} &= \frac{P_u \times (bf \cdot tf)}{A} \\
 &= \frac{675891.7 \times (200 \times 13)}{8412} \\
 &= 208906.14 \text{ N}
 \end{aligned}$$

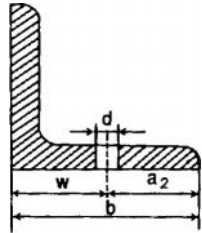
Untuk daerah web

$$\begin{aligned}
 P_{uw} &= P_u - 2 P_{uf} \\
 &= 675891.7 - 2 \times 208906.14 \\
 &= 258079.43 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Desain flens bresing ke plat buhul

Direncanakan menggunakan plat siku penyambung 80 x 80 x 10

Dimensi penampang : b = 80 mm (Tabel Profil Konstruksi



t = 80 mm baja, Ir. Morisco, hal 38)

w = 45 mm

db_{maks} = 23 mm

t_p = 10 mm

A = 19.2 cm²

x = 2.82 cm

1) *Kontrol Nominal tumpu :*

- Pada lubang baut bagian plat siku

$$\begin{aligned} Rn &= 2.4 \times \ell_b \times tp \times fu \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 10 \times 370 \\ &= 186924 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn_{\text{siku}} &= 0.75 \times 186924 \\ &= 140193 \text{ N} \end{aligned}$$

- Pada lubang baut bagian web dari bresing

$$\begin{aligned} Rn &= 2.4 \times \ell_b \times tf \times fu \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 13 \times 500 \\ &= 328380 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Rn_{\text{web}} &= 0.75 \times 328380 \\ &= 246285 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil kuat nominal tumpu terkecil yakni = 140193 N

2) *Kuat Nominal Geser Baut (2 bidang geser)*

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\
 &= 372 \times 284.88 \times 2 \\
 &= 211949.58 \text{ N} \\
 \phi R_{nv} &= 0.75 \times 211949.58 \\
 &= 158962.18 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil yakni : 140193 N

$$n = \frac{P_{uf}}{\phi R_{nv}} = \frac{208906.14}{140193} = 1.4901 \quad 4 \text{ baut}$$

Pada salah satu sisi flens dibutuhkan 4 baut, maka pemasangan baut yakni terdapat 4 baut pada plat buhul & dipasang 4 baut pada flens bresing

Pemeriksaan kekuatan tarik siku penyambung.

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi F_y \times A_g \\
 &= 0.9 \times 240 \times 1920 \\
 &= 414720.0 \text{ N} > P_{uf} = 208906.14 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pemeriksaan kapasitas tarik dari kriteria faktor penampang berlubang :

$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - \ell_b \times t_p \\
 &= 1920 - 21.05 \times 10 \\
 &= 1709.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U &= 1 - x / b < 0.9 \\
 &= 1 - 28 / 80 < 0.9 \\
 &= 0.6475 < 0.9
 \end{aligned}$$

Maka digunakan nilai $U = 0.6475$

$$U A_n = 0.6475 \times 1709.5$$

$$= 1106.9013 \text{ mm}^2$$

$$U A_n < 0.85 A_g$$

$$1106.9013 < 0.85 \times 1920$$

$$1106.9013 < 1632.00$$

Dengan demikian luas efektif (A_e) :

$$A_e = U A_n$$

$$= 1106.9013 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = \phi F_u \times A_e$$

$$= 0.75 \times 370 \times 1106.9$$

$$= 307165.1 \text{ N} > P_{uf} = 208906.14 \text{ N}$$

Menghitung jarak baut :

- Jarak Tepi Baut

Jarak tepi minimum (S_1) menurut tabel J3.4M SNI 1729 : 2015

untuk baut dengan diameter : $3/4$ in, yakni 1 in

Jarak tepi Maksimum (S_{max}) menurut SNI 1729 : 2015 pasal

J3.5 adalah nilai terendah dari

$$S_{maks} = 12 t_p$$

$$= 12 \times 10$$

$$= 120 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 150 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S_1 = 30 \text{ mm}$$

- Jarak antar baut S

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.3, jarak minimum baut :

$$S_{min} = 3 d$$

$$= 3 \times 19.05$$

$$= 57.15 \text{ mm}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.5(a), jarak maksimum baut adalah yang terendah dari :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= 24 \text{ tp} \\ &= 24 \times 10 \\ &= 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} = 305 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 240 \text{ mm}$$

Digunakan jarak $S = 80 \text{ mm}$

- Jarak baut ke web balok induk (w)

$$\begin{aligned} w &= 45 \text{ mm} \\ x &= b - w \\ &= 80 - 45 \\ &= 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gambar perencanaan lerak baut sebagai berikut :

Kontrol kekuatan geser blok plat

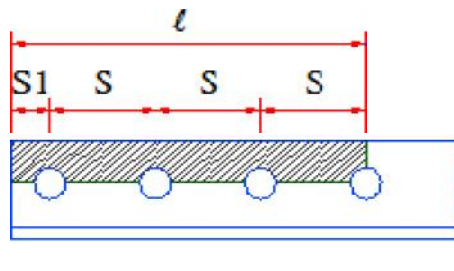
Kontrol kekuatan geser blok pada balok anak sebagai berikut :

Dimana :

U_{bs} = Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J4.3, nilai U_{bs} diambil sebesar 1.0 untuk tegangan tarik merata

$$\begin{aligned} \ell &= S + S + S + S_1 \\ &= 80 + 80 + 80 + 30 \\ &= 270 \text{ mm} \end{aligned}$$

U_{bs} = Koefisien reduksi, bila tegangan tarik merata maka U_{bs} senilai 1.0



1) Luasan Geser pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gv}) :

$$\begin{aligned}
 A_{gv} &= tp \times l \\
 &= 10 \times 270 \\
 &= 2700 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung Luas netto (A_{nv}) :

- Lebar lubang (l_b) :

- $l_b \text{ total} = l_b \times \text{jumlah lubang}$

$$\begin{aligned}
 &= 21.05 \times 3.5 \\
 &= 73.675 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- $A_{nv} = tp \times (l - l_b \text{ total})$

$$\begin{aligned}
 &= 10 \times (270 - 73.7) \\
 &= 1963.3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &< 85\% \times A_{gv} \\
 1963 \text{ mm}^2 &< 85\% \times 2700 \\
 1963 \text{ mm}^2 &< 2295 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

2) Luasan Tarik pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gt}) :

$$\begin{aligned}
 A_{gt} &= tp \times x \\
 &= 10 \times 35
 \end{aligned}$$

$$= 350 \text{ mm}^2$$

Menghitung Luas netto (A_{nv}) :

- $\ell_b \text{ total} = \ell_b \times \text{jumlah lubang}$

$$= 21.05 \times 0.5$$

$$= 10.525 \text{ mm}$$

- $A_{nt} = t_p \times (\ell - \ell_b \text{ total})$

$$= 10 \times (35 - 10.53)$$

$$= 244.75 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{nt} < 85\% \times A_{gt}$$

$$245 \text{ mm}^2 < 85\% \times 350$$

$$245 \text{ mm}^2 < 298 \text{ mm}^2$$

3) Kuat nominal dihitung sebagai berikut :

Menurut AISC - LRFD pasal J4.1, kuat putus geser dihitung :

$$0.6 f_u A_{nv} = 0.6 \times 370 \times 1963.3$$

$$= 435841.5 \text{ N}$$

Menurut AISC - LRFD pasal J4.2, kuat putus tarik dihitung :

$$f_u A_{nt} = 370 \times 244.75$$

$$= 90557.5 \text{ N}$$

Menurut, AISC - LRFD pasal J4.3, kuat geser blok dihitung :

Apabila $f_u A_{nt} < 0.6 f_u A_{nv}$, maka :

$$\phi R_n = \phi [0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \leq \phi [0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}]$$

$$= 0.75 \times [0.6 \times 370 \times 1963.3 + 1 \times 370 \times 245]$$

$$= 0.75 \times [0.6 \times 240 \times 2700 + 1 \times 370 \times 245]$$

$$= 394799.3 \text{ N} > 359518.1 \text{ N}$$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan :

$$\phi R_n = 359518.1 \text{ N}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \phi R_n &> P_{uf} \\ 359518 \text{ N} &> 208906 \text{ N} \end{aligned}$$

5.3.2 Sambungan Badan Bresing ke plate buhul

Pada plat buhul, baut di pasang 1 baris dengan menggunakan plat

10 x 200

Kontrol terhadap Geser, Tumpu dan Tarik

1) *Kontrol Nominal tumpu :*

- Pada lubang baut bagian plat siku

$$\begin{aligned} R_n &= 2.4 \times l_b \times t_p \times f_u \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 10 \times 370 \\ &= 186924 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{n_{\text{siku}}} &= 0.75 \times 186924 \\ &= 140193 \text{ N} \end{aligned}$$

- Pada lubang baut bagian web dari bresing

$$\begin{aligned} R_n &= 2.4 \times l_b \times t_w \times f_u \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 8 \times 500 \\ &= 202080 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n_{\text{web}}} &= 0.75 \times 202080 \\ &= 151560 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil kuat nominal tumpu terkecil yakni = 140193 N

2) *Kuat Nominal Geser Baut (1 bidang geser)*

$$\begin{aligned}R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 284.88 \times 1 \\ &= 105974.79 \text{ N} \\ \phi R_{nv} &= 0.75 \times 105974.79 \\ &= 79481.091 \text{ N}\end{aligned}$$

Diambil yang terkecil yakni : 79481.091 N

Jumlah baut dan jarak antar baut

1) *Perhitungan Jumlah Baut*

$$n = \frac{P_{uw}}{R_{nv}} = \frac{258079.43}{79481.091} = 3.2471 \quad 4 \text{ baut}$$

2) *Menghitung jarak baut*

- **Jarak Tepi Baut**

Jarak tepi minimum (S_1) menurut tabel J3.4M SNI 1729 : 2015

untuk baut dengan diameter : mm in, yakni 1 in

Jarak tepi Maksimum (S_{max}) menurut SNI 1729 : 2015 pasal

J3.5 adalah nilai terendah dari

$$\begin{aligned}S_{maks} &= 12 \text{ tp} \\ &= 12 \times 10 \\ &= 120 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{maks} = 150 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 120 \text{ mm}$$

Digunakan jarak $S_1 = 50 \text{ mm}$

- **Jarak antar baut S**

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.3, jarak minimum baut :

$$S_{min} = 3 \text{ d}$$

$$= 3 \times 19.05$$

$$= 57.15 \text{ mm}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.5(a), jarak maksimum baut adalah yang terendah dari :

$$S_{maks} = 24 \text{ tp}$$

$$= 24 \times 10$$

$$= 240 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 305 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 240 \text{ mm}$$

Digunakan jarak $S = 100.0 \text{ mm}$

- Jarak baut ke web balok induk (w)

$$w = 50 \text{ mm}$$

Kontrol tegangan plat penyambung

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$\ell = 200 \text{ mm}$$

A_e diambil lebih kecil dari A_n dan $0.85 A_g$

$$A_n = t \times \ell - n \times \ell_b$$

$$= 10 \times 200 - 2 \times 21.05$$

$$= 1957.900 \text{ mm}^2$$

$$0.85 A_g = 0.85 \times 2000$$

$$= 1700 \text{ mm}^2$$

Maka A_e diambil : 1700 mm^2

Pemeriksaan kekuatan tarik dari kriteria leleh penampang utuh

$$\phi R_n = \phi F_u \times A_e$$

$$= 0.75 \times 370 \times 1700$$

$$= 471750 \text{ N} > P_{uw} = 258079.43 \text{ N}$$

Kontrol kekuatan geser blok plat

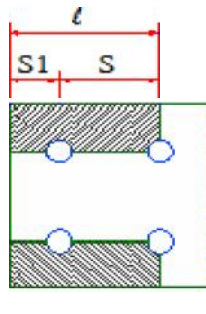
Kontrol kekuatan geser blok pada balok anak sebagai berikut :

Dimana :

U_{bs} = Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J4.3, nilai U_{bs} diambil sebesar
1.0 untuk tegangan tarik merata

$$\begin{aligned} \ell &= S + S_1 \\ &= 100 + 50 \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

U_{bs} = Koefisien reduksi, bila tegangan tarik merata maka U_{bs} senilai
= 1.0



1) Luasan Geser pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gv}) :

$$\begin{aligned} A_{gv} &= 2 \times tp \times \ell \\ &= 2 \times 10 \times 150 \\ &= 3000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung Luas netto (A_{nv}) :

- Lebar lubang (ℓ_b) :
- ℓ_b total = $\ell_b \times$ jumlah lubang
= 21.05 x 1.5

$$= 31.575 \text{ mm}$$

- $$A_{nv} = 2 \times tp \times (\ell - \ell_b \text{ total})$$

$$= 2 \times 10 \times (150 - 31.6)$$

$$= 2368.5 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{nv} < 85\% \times A_{gv}$$

$$2369 \text{ mm}^2 < 85\% \times 3000$$

$$2369 \text{ mm}^2 < 2550 \text{ mm}^2$$

2) Luasan Tarik pada Pelat Siku

Menghitung Luas bruto (A_{gt}) :

$$A_{gt} = tp \times x$$

$$= 10 \times 50$$

$$= 500 \text{ mm}^2$$

Menghitung Luas netto (A_{nt}) :

- $$\ell_b \text{ total} = \ell_b \times \text{jumlah lubang}$$

$$= 21.05 \times 0.5$$

$$= 10.525 \text{ mm}$$
- $$A_{nt} = 2 \times tp \times (\ell - \ell_b \text{ total})$$

$$= 2 \times 10 \times (50 - 10.53)$$

$$= 394.75 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{nt} < 85\% \times A_{gt}$$

$$395 \text{ mm}^2 < 85\% \times 500$$

$$395 \text{ mm}^2 < 425 \text{ mm}^2$$

3) Kuat nominal dihitung sebagai berikut :

Menurut AISC - LRFD pasal J4.1, kuat putus geser dihitung :

$$\begin{aligned} 0.6 f_u A_{nv} &= 0.6 \times 370 \times 2368.5 \\ &= 525807 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut AISC - LRFD pasal J4.2, kuat putus tarik dihitung :

$$\begin{aligned} f_u A_{nt} &= 370 \times 394.75 \\ &= 146057.5 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut, AISC - LRFD pasal J4.3, kuat geser blok dihitung :

Apabila $f_u A_{nt} < 0.6 f_u A_{nv}$, maka :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi [0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \leq \phi [0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \\ &= 0.75 \times [0.6 \times 370 \times 2368.5 + 1 \times 370 \times 395] \\ &\quad 0.75 \times [0.6 \times 240 \times 3000 + 1 \times 370 \times 395] \\ &= 503898.4 \text{ N} > 433543.1 \text{ N} \end{aligned}$$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan

tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan :

$$\phi R_n = 433543.1 \text{ N}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \phi R_n &> P_{uw} \\ 433543 \text{ N} &> 258079 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol kuat tarik fraktur bresing :

Diambil $A_e = A_n$ dimana :

$$\begin{aligned} A_n &= A - n \times \ell_b \times t_p \\ &= 2000 - 2 \times 21.05 \times 10 \\ &= 1579 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi R_n &= 0.75 \times f_u \times A_n \\
&= 0.75 \times 370 \times 1579 \\
&= 438172.5 \text{ N} \\
&= 438172.5 \text{ N} > P_{uw} = 258079.427 \text{ N}
\end{aligned}$$

Kontrol terhadap plat buhul

Gaya geser pada masing baut :

$$\frac{V_u}{n} = \frac{1648.13}{4} = 412.03 \text{ N/baut}$$

Digunakan plat dengan ketebalan = 10 mm Kontrol nominal tumpu

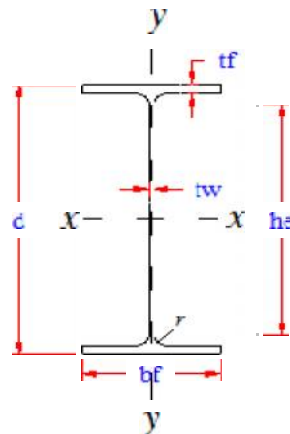
flens profil bresing pada lubang baut bagian plat buhul :

$$\begin{aligned}
R_n &= 2.4 \times l_b \times t_p \times f_u \\
&= 2.4 \times 21.05 \times 10 \times 370 \\
&= 186924 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi R_{n \text{ plat}} &= 0.75 \times 186924 \\
&= 140193 \text{ N} > V_u / n = 412.0325
\end{aligned}$$

5.4 Sambungan Balok Induk - Kolom

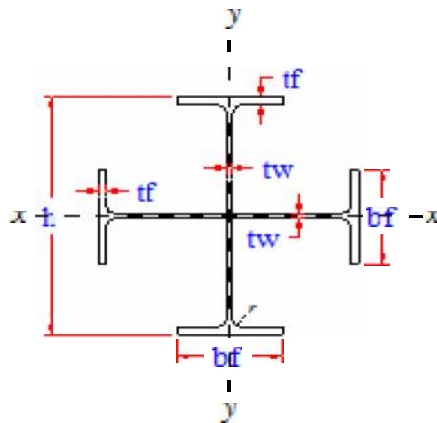
Digunakan profil WF balok induk 450 x 200 x 9 x 14



Dari tabel baja diperoleh :

d	: 450.0 mm	r	: 18.0 mm	I_y	: 1870.0 cm ⁴
b_f	: 200.0 mm	H_1	: 32.0 mm	r_x	: 18.61 cm
t_w	: 9.0 mm	H_2	: 386.0 mm	r_y	: 4.40 cm
tf	: 14.0 mm	w	: 75.96 Kg/m	S_x	: 1489.0 cm ³
A_g	: 96.8 cm ²	I_x	: 33500.0 cm ⁴	S_y	: 187.0 cm ³
f_u	: 500 Mpa	E_s	: 200000 MPa		

Digunakan profil kolom :



Digunakan profil baja KC untuk kolom 700 x 300 x 13 x 24

Dari tabel baja diperoleh :

h	: 700.0 mm	r	: 28.0 mm	I_y	: 220791.0 cm ⁴
b_f	: 300.0 mm	H_1	: 52.0 mm	r_x	: 21.21 cm
t_w	: 13.0 mm	H_2	: 596.0 mm	r_y	: 21.65 cm
tf	: 24.0 mm	w	: 369.70 Kg/m	S_x	: 6051.4 cm ³
A_g	: 471.0 cm ²	I_x	: 211800.0 cm ⁴	S_y	: 6193.3 cm ³
Z_x	: 7356.3 cm ³	f_u	: 500 Mpa	E_s	: 200000 MPa
Z_y	: 7505.0 cm ³	f_y	: 290 MPa	h_e	: 596.0 mm
E_c	: 23500 Mpa	f'_c	: 25 Mpa		

Baut yang digunakan :

$$\text{Diameter baut } (d_b) = \frac{3}{4} \text{ in} = 19.05 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Baut} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 = 284.88 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diameter lubang } (l_b) = d_b + 2 = 21.05 \text{ mm}$$

Mutu baut yang digunakan (menurut SNI 1729 : 2015, Tabel J3.2, hal 125), yakni :

$$\text{Mutu baut} = A325$$

$$\text{Kuat tarik minimum } (f_{ub}) = 620 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan geser baut } (f_{nv}) = 372 \text{ Mpa (ulir drat, 1 bisang geser)}$$

Plat yang digunakan :

$$f_{yp} = 240 \text{ Mpa}$$

$$f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

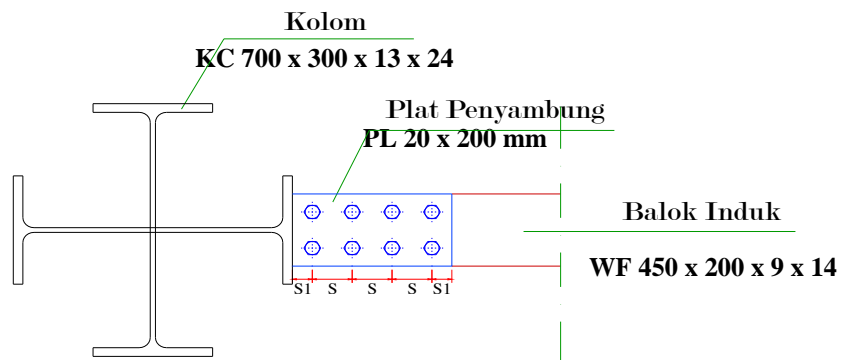
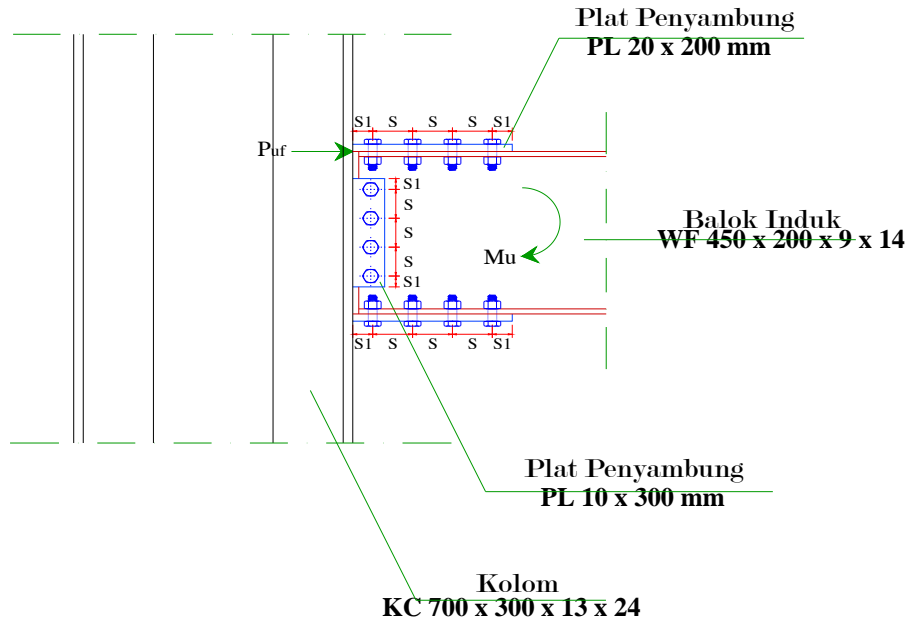
Hasil analisa balok induk yang diperoleh dari program Etabs :

$$M_u = 122308582 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 125259.28 \text{ N}$$

$$M_{pr} = 540201005 \text{ Nmm}$$

Sambungan direncanakan sebagai berikut :



Gambar 5.6 Perencanaan bresing dan Balok Induk bawah

Pemeriksaan desain kekuatan lentur balok :

$$Z_{\text{req}} = \frac{M_u}{0.9 \times f_y} = \frac{540201005.1}{0.9 \times 290} = 2069735.65 \text{ mm}^3$$

Diasumsikan terdapat : 2 baris baut pada sambungan flens balok & flens kolom.

$$\begin{aligned}
 A_{fg} &= bf \times tf \\
 &= 200 \times 14 \\
 &= 2800 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{fn} &= A_{fg} - \left[2 \times t_b \times tf \right] \\
 &= 2800 - \left[2 \times 21.05 \times 14 \right] \\
 &= 2210.6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menurut *Manual AISC LRFD* pasal B.10 (hal 759) pelubangan salah satu sayap disyaratkan apabila :

$$\begin{aligned}
 0.75 \times f_u \times A_{fn} &> 0.90 \times f_y \times A_{fg} \\
 0.75 \times 500 \times 2210.6 &> 0.90 \times 290 \times 2800 \\
 828975 &> 730800
 \end{aligned}$$

Maka luas tegangan efektif flens balok adalah :

$$\begin{aligned}
 A_{fe} &= \frac{5 \times f_u}{6 \times f_y} A_{fn} = \frac{5 \times 500}{6 \times 290} \times 2210.6 \\
 &= 2350.3506 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Persentase reduksi Luas total terhadap luas efektif yakni :

$$\frac{A_{fe}}{A_{fg}} \times 100\% = \frac{2350.3506}{2800} \times 100\% = 83.9\%$$

Maka persentase reduksi yakni :

$$100\% - 83.9\% = 16.06\%$$

Karena terdapat reduksi luas bruto menjadi luas efektif maka modulus plastis efektif penampang (Z_e) dihitung sebagai berikut :

$$Z_x = \left\{ (bf - tw) \cdot tf \cdot (d - tf) \right\} + \left(\frac{tw \cdot d^2}{4} \right)$$

if penampang (Z_e) dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned}
&= \{(200 - 9) \times 14 \times (450 - 14)\} + \frac{9 \times 450^2}{4} \\
&= 1165864.0 \text{ mm}^3 \\
Z_e &= Z_x - 2 \left(16.1\% A_{fg} \frac{d}{2} \right) \\
&= 1165864.0 - 2 \left(0.161 \times 2800 \times \frac{450}{2} \right) \\
&= 963521.8 \text{ mm}^3
\end{aligned}$$

Apabila :

$$Z_{req} = 2069735.7 \text{ mm}^3 > Z_e = 963521.8 \text{ mm}^3$$

5.4.1 Merencanakan Sambungan badan balok pada flens kolom

Digunakan plat 10 mm x 300 mm

Kontrol baut terhadap geser, tumpu dan tarik

1) Kontrol Nominal tumpu :

- Pada lubang baut bagian plat penyambung

$$\begin{aligned}
R_n &= 2.4 \times \ell_b \times t_p \times f_u \\
&= 2.4 \times 21.05 \times 10 \times 370 \\
&= 186924 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R_{n_{plat}} &= 0.75 \times 186924 \\
&= 140193 \text{ N}
\end{aligned}$$

- Pada lubang baut bagian web dari balok induk

$$\begin{aligned}
R_n &= 2.4 \times \ell_b \times t_w \times f_u \\
&= 2.4 \times 21.05 \times 9 \times 500 \\
&= 227340 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{n_{web}} &= 0.75 \times 227340 \\ &= 170505 \text{ N}\end{aligned}$$

Diambil kuat nominal tumpu terkecil yakni = 140193 N

2) *Kuat Nominal Geser Baut (1 bidang geser)*

$$\begin{aligned}R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 284.88 \times 1 \\ &= 105974.79 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{nv} &= 0.75 \times 105974.79 \\ &= 79481.091 \text{ N}\end{aligned}$$

Diambil yang terkecil yakni : 79481.091 N

Perhitungan jumlah dan jarak antar baut

1) Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{R_{nv}} = \frac{125259.28}{79481.091} = 1.576 \quad 4 \text{ baut}$$

2) Kontrol kekuatan baut terhadap

$$\begin{aligned}V_{ub} &= \frac{V_u}{n} \leq \phi R_n \\ &= \frac{125259.28}{4} \\ &= 31314.82 \text{ N} < 79481.091 \text{ N}\end{aligned}$$

Sehingga jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

3) Menghitung jarak baut

- Jarak Tepi Baut

Jarak tepi minimum (S_1) menurut tabel J3.4M SNI 1729 : 2015 untuk baut dengan diameter : $\frac{3}{4}$ in, yakni 1 in

Jarak tepi Maksimum (S_{max}) menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.5 adalah nilai terendah dari

$$\begin{aligned} S_{maks} &= 12 \text{ tp} \\ &= 12 \times 10 \\ &= 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} = 150 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 120 \text{ mm}$$

Digunakan jarak $S_1 = 30 \text{ mm}$

- Jarak antar baut S

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.3, jarak minimum baut :

$$\begin{aligned} S_{min} &= 3 \text{ d} \\ &= 3 \times 19.05 \\ &= 57.15 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.5(a), jarak maksimum baut adalah yang terendah dari :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= 24 \text{ tp} \\ &= 24 \times 10 \\ &= 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} = 305 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 240 \text{ mm}$$

Digunakan jarak $S = 80 \text{ mm}$

- Jarak baut ke tepi plat (w)

$$w = 30 \text{ mm}$$

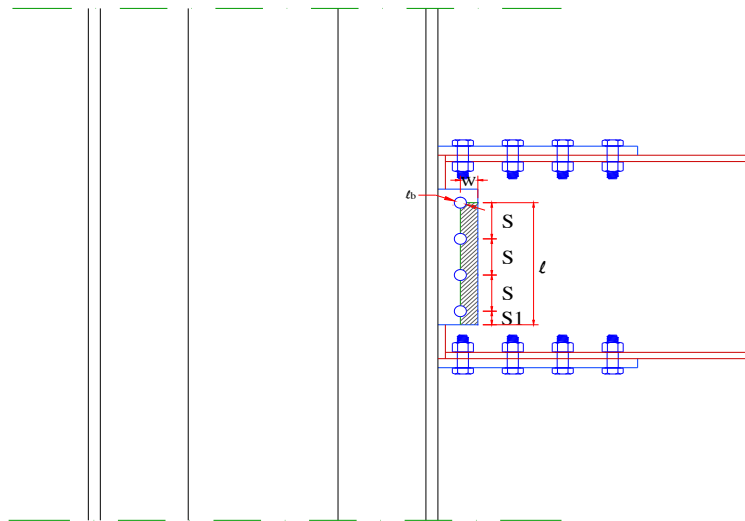
Kontrol kekuatan geser blok plat :

Kontrol kekuatan geser blok pada balok anak sebagai berikut :

Dimana :

$$\begin{aligned} \ell &= S + S + S + S_1 \\ &= 80 + 80 + 80 + 30 \\ &= 270.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{bs} &= \text{Koefisien reduksi, bila tegangan tarik merata maka } U_{bs} \text{ senilai} \\ &= 1.0 \end{aligned}$$



1) Luasan Geser pada Pelat penyambung

Menghitung Luas bruto (A_{gv}) :

$$\begin{aligned} A_{gv} &= 2 \times tp \times \ell \\ &= 2 \times 10 \times 270 \\ &= 5400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung Luas netto (A_{nv}) :

- $\ell_b \text{ total} = \ell_b \times \text{jumlah baut}$

$$= 21.05 \times 3.5$$

$$= 73.675 \text{ mm}$$

- $A_{nv} = tp \times 2 \times (\ell - \ell_b \text{ total})$
- $= 10 \times 2 \times (270 - 74)$
- $= 3926.5 \text{ mm}^2$

Syarat :

$$A_{nv} < 85\% \times A_{gv}$$

$$3927 \text{ mm}^2 < 85\% \times 5400$$

$$3927 \text{ mm}^2 < 4590 \text{ mm}^2$$

2) Luasan Tarik pada Pelat penyambung

Menghitung Luas bruto (A_{gt}) :

$$A_{gt} = 2 \times tp \times w$$

$$= 2 \times 10 \times 30$$

$$= 600 \text{ mm}^2$$

Menghitung Luas netto (A_{nt}) :

- $\ell_b \text{ total} = \ell_b \times \text{jumlah baut}$

$$= 21.05 \times 0.5$$

$$= 10.525 \text{ mm}$$

- $A_{nt} = tp \times 2 \times (w - \ell_b \text{ total})$

$$= 10 \times 2 \times (30 - 10.53)$$

$$= 389.5 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{nt} < 85\% \times A_{gt}$$

$$390 \text{ mm}^2 < 85\% \times 600$$

$$390 \text{ mm}^2 < 510 \text{ mm}^2$$

3) Kuat nominal dihitung sebagai berikut :

Menurut AISC - LRFD pasal J4.1, kuat putus geser dihitung :

$$\begin{aligned}0.6 f_u A_{nv} &= 0.6 \times 370 \times 3926.5 \\ &= 871683 \text{ N}\end{aligned}$$

Menurut AISC - LRFD pasal J4.2, kuat putus tarik dihitung :

$$\begin{aligned}f_u A_{nt} &= 370 \times 389.5 \\ &= 144115 \text{ N}\end{aligned}$$

Menurut, AISC - LRFD pasal J4.3, kuat geser blok dihitung :

Apabila $f_u A_{nt} < 0.6 f_u A_{nv}$, maka :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi [0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \leq \phi [0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \\ &= 0.75 \times [0.6 \times 370 \times 3926.5 + 1 \times 370 \times 390] \\ &\quad 0.75 \times [0.6 \times 240 \times 5400 + 1 \times 370 \times 390] \\ &= 761848.5 \text{ N} > 691286.3 \text{ N}\end{aligned}$$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan

tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan :

$$\phi R_n = 691286.3 \text{ N}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\phi R_n &> V_u \\ 691286 \text{ N} &> 125259 \text{ N}\end{aligned}$$

Sambungan plat ke flens kolom (las fillet)

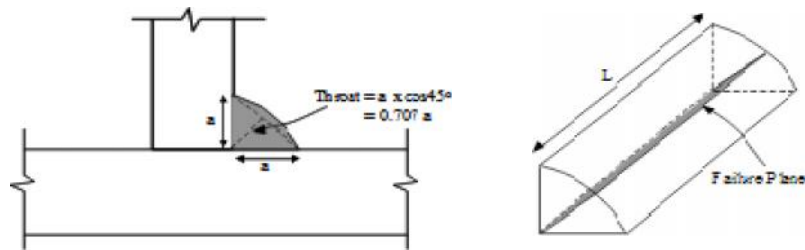
Sambungan las yang digunakan yakni electrode E7014

$$F_{EXX} = 482 \text{ Mpa}$$

Tebal las rencana (a), disyaratkan sebagai berikut :

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2b tabel J2.4, tebal las minimum (a_{\min}) pada bagian yang disambung dengan ketebalan paling tipis (t) = 10 mm yang mana $6 \text{ mm} < t = 10 < 13 \text{ mm}$, yakni : 5 mm

Tebal las maksimum yang disyaratkan dalam SNI 1729 : 2015 pasal J2.2b(b) untuk material dengan tebal paling tipis (t) = 10 mm, yakni $a_{\max} = t - 2 = 8 \text{ mm}$ Maka tebal las rencana (a) = 6 mm

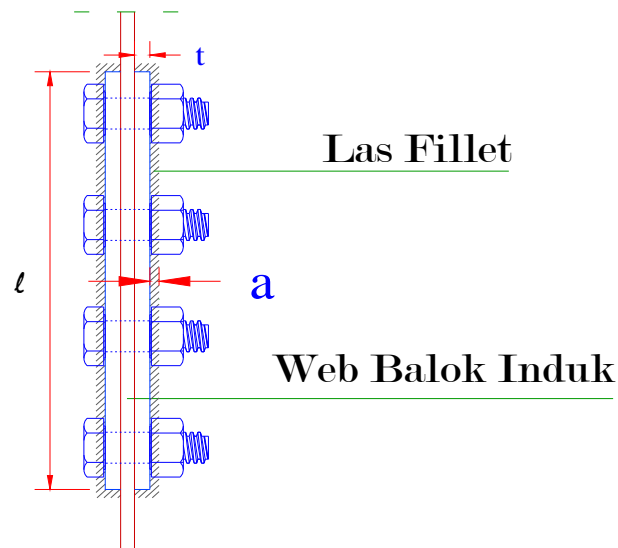


$$\text{tebal efektif } (t_e) = a \times \cos 45^\circ$$

$$\text{Throat} = 6 \times \cos 45$$

$$= 4.2426 \text{ mm}$$

Panjang bagian yang dilas (L)



$$\begin{aligned}
 Lw &= \left[2 \times t + 1 \right] \\
 &= \left[2 \times 10 + 300 \right] \\
 &= 320 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2.2b Panjang las (Lw) minimum yakni

$$\begin{aligned}
 Lw_{\min} &= 4 a \\
 &= 4 \times 6 \\
 &= 24 \text{ mm} < Lw = 320.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan panjang efektif disyaratkan sebagai berikut :

Untuk $Lw < 100 a$ ($= 600 \text{ mm}$), maka Lw_{\max} yakni :

$$\begin{aligned}
 Lw_{\text{eff}} &= Lw \\
 &= 320.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2.2a luas efektif adalah panjang efektif

(Lw_{eff}) dikalikan dengan throat efektif las, yang dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_{\text{we}} &= Lw_{\text{eff}} \times t_e \\
 &= 320.0 \times 4.2426 \\
 &= 1357.645 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tegangan nominal las per mm^2 (SNI 1729 : 2015 tabel J2-5 Lanjutan) :

$$\begin{aligned}
 f_{\text{nw}} &= 0.6 \times f_{\text{EXX}} \\
 &= 0.6 \times 482 \\
 &= 289.2 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Kekuatan desain Las (ϕP_n , menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2.4(a)

yakni :

Kuat nominal las, yakni :

$$P_{\text{nw}} = f_{\text{nw}} \times A_{\text{we}}$$

$$= 289.2 \times 1357.645$$

$$= 392630.94 \text{ N}$$

$$\phi P_{nw} = 0.75 \times 392630.94$$

$$= 294473.2 \text{ N}$$

Kontrol terhadap gaya yang bekerja

$$\phi P_n > V_u$$

$$294473.2 \text{ N} > 125259.28 \text{ N}$$

5.4.2 Merencanakan Sambungan flens balok dengan kolom

Desain plat pengambung pada flens balok

Menghitung gaya pada sayap balok :

$$P_{uf} = \frac{M_u}{d} = \frac{122308582}{450} = 271796.85 \text{ N}$$

Digunakan plat 20 mm x 200 mm

Kontrol baut terhadap geser, tumpu dan tarik

1) Kontrol Nominal tumpu :

- Pada lubang baut bagian plat penyambung

$$\begin{aligned} R_n &= 2.4 \times l_b \times t_p \times f_u \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 20 \times 370 \\ &= 373848 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{n_{plat}} &= 0.75 \times 373848 \\ &= 280386 \text{ N} \end{aligned}$$

- Pada lubang baut bagian flens dari balok induk

$$\begin{aligned} R_n &= 2.4 \times l_b \times t_f \times f_u \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 14 \times 500 \end{aligned}$$

$$= 353640 \text{ N}$$

$$\phi R_{n_{web}} = 0.75 \times 353640$$

$$= 265230 \text{ N}$$

Diambil kuat nominal tumpu terkecil yakni = 265230 N

2) *Kuat Nominal Geser Baut (1 bidang geser)*

$$R_{nv} = f_{nv} \times A_b \times m$$

$$= 372 \times 284.88 \times 1$$

$$= 105974.79 \text{ N}$$

$$\phi R_{nv} = 0.75 \times 105974.79$$

$$= 79481.091 \text{ N}$$

Diambil yang terkecil yakni : 79481.091 N

Perhitungan jumlah dan jarak antar baut

1) Perhitungan Jumlah Baut berdasarkan geser

$$n = \frac{P_{uf}}{R_n} = \frac{271796.85}{265230} = 1.0248$$

Perhitungan Jumlah Baut berdasarkan kuat tumpu

$$n = \frac{V_u}{R_{nv}} = \frac{125259.28}{79481.091} = 1.576$$

Maka digunakan jumlah baut terbesar yakni : 1.576 8

2) Kontrol kekuatan baut terhadap

$$V_{ub} = \frac{V_u}{n} \leq \phi R_{nv}$$

$$= \frac{125259.28}{8}$$

$$= 15657.41 \text{ N} < 79481.091 \text{ N}$$

Sehingga jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

3) Menghitung jarak baut

- Jarak Tepi Baut

Jarak tepi minimum (S_1) menurut tabel J3.4M SNI 1729 : 2015

untuk baut dengan diameter : $\frac{3}{4}$ in, yakni 1 in

Jarak tepi Maksimum (S_{max}) menurut SNI 1729 : 2015 pasal

J3.5 adalah nilai terendah dari

$$S_{maks} = 12 \text{ tp}$$

$$= 12 \times 20$$

$$= 240 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 150 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 150 \text{ mm}$$

Digunakan jarak $S_1 = 50 \text{ mm}$

- Jarak antar baut S

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.3, jarak minimum baut :

$$S_{min} = 3 \text{ d}$$

$$= 3 \times 19.05$$

$$= 57.15 \text{ mm}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.5(a), jarak maksimum baut

adalah yang terendah dari :

$$S_{maks} = 24 \text{ tp}$$

$$= 24 \times 20$$

$$= 480 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 305 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 305 \text{ mm}$$

Digunakan jarak S = 100 mm

- Jarak baut ke tepi plat (w)

$$w = 50 \text{ mm}$$

Pemeriksaan terhadap kuat tarik dari plat penyambung pada sayap balok induk

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.90 \times f_y \times A_g \\ &= 0.90 \times 240 \times [20 \times 200] \\ &= 864000 \text{ N} > P_{uf} = 271796.85 \end{aligned}$$

Pemeriksaan terhadap tarik fraktur dari plat penyambung

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.90 \times f_u \times A_n \\ &= 0.90 \times 370 \times [(200 - 2 \times 21.05) \times 20] \\ &= 1051614 \text{ N} > P_{uf} = 271796.85 \end{aligned}$$

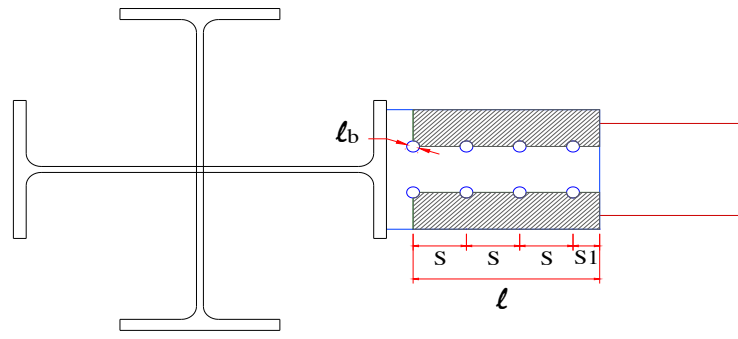
Kontrol kekuatan geser blok plat :

Kontrol kekuatan geser blok pada balok anak sebagai berikut :

Dimana :

$$\begin{aligned} \ell &= S + S + S + S_1 \\ &= 100 + 100 + 100 + 50 \\ &= 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{bs} &= \text{Koefisien reduksi, bila tegangan tarik merata maka } U_{bs} \text{ senilai} \\ &= 1.0 \end{aligned}$$



1) Luasan Geser pada Pelat penyambung

Menghitung Luas bruto (A_{gv}) :

$$\begin{aligned}
 A_{gv} &= 2 \times t_p \times l \\
 &= 2 \times 20 \times 350 \\
 &= 14000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung Luas netto (A_{nv}) :

- $l_b \text{ total} = l_b \times \text{jumlah baut}$

$$\begin{aligned}
 &= 21.05 \times 3.5 \\
 &= 73.675 \text{ mm}
 \end{aligned}$$
- $A_{nv} = t_p \times 2 \times (l - l_b \text{ total})$

$$\begin{aligned}
 &= 20 \times 2 \times (350 - 74) \\
 &= 11053 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &< 85\% \times A_{gv} \\
 11053 \text{ mm}^2 &< 85\% \times 14000 \\
 11053 \text{ mm}^2 &< 11900 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

2) Luasan Tarik pada Pelat penyambung

Menghitung Luas bruto (A_{gv}) :

$$\begin{aligned} A_{gt} &= 2 \times tp \times w \\ &= 2 \times 20 \times 50 \\ &= 2000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung Luas netto (A_{nv}) :

- $\ell_b \text{ total} = \ell_b \times \text{jumlah baut}$
$$\begin{aligned} &= 21.05 \times 0.5 \\ &= 10.525 \text{ mm} \end{aligned}$$
- $A_{nt} = tp \times 2 \times (w - \ell_b \text{ total})$
$$\begin{aligned} &= 20 \times 2 \times (50 - 10.53) \\ &= 1579 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} A_{nt} &< 85\% \times A_{gt} \\ 1579 \text{ mm}^2 &< 85\% \times 2000 \\ 1579 \text{ mm}^2 &< 1700 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

3) Kuat nominal dihitung sebagai berikut :

Menurut AISC - LRFD pasal J4.1, kuat putus geser dihitung :

$$\begin{aligned} 0.6 fu A_{nv} &= 0.6 \times 370 \times 11053 \\ &= 2453766 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut AISC - LRFD pasal J4.2, kuat putus tarik dihitung :

$$\begin{aligned} fu A_{nt} &= 370 \times 1579 \\ &= 584230 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut, AISC - LRFD pasal J4.3, kuat geser blok dihitung :

Apabila $fu A_{nt} < 0.6 fu A_{nv}$, maka :

$$\begin{aligned}
\phi R_n &= \phi [0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \leq \phi [0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \\
&= 0.75 \times [0.6 \times 370 \times 11053 + 1 \times 370 \times 1579] \\
&\quad 0.75 \times [0.6 \times 240 \times 14000 + 1 \times 370 \times 1579] \\
&= 2278497.0 \text{ N} > 1950172.5 \text{ N}
\end{aligned}$$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan :

$$\phi R_n = 1950172.5 \text{ N}$$

Syarat :

$$\phi R_n > P_{uf}$$

$$1950173 \text{ N} > 271797 \text{ N}$$

Sambungan plat ke flens kolom (las fillet)

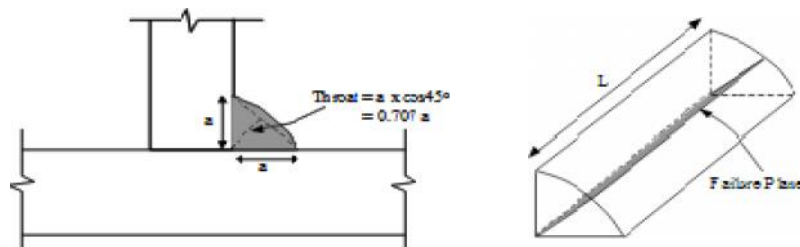
Sambungan las yang digunakan yakni electrode E7014

$$F_{EXX} = 482 \text{ Mpa}$$

Tebal las rencana (a), disyaratkan sebagai berikut :

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2b tabel J2.4, tebal las minimum (a_{\min}) pada bagian yang disambung dengan ketebalan paling tipis (t) = 20 mm yang mana $19 \text{ mm} < t = 20 \text{ mm}$, yakni : 8 mm

Tebal las maksimum yang disyaratkan dalam SNI 1729 : 2015 pasal J2.2b(b) untuk material dengan tebal paling tipis (t) = 20 mm, yakni $a_{\max} = t - 2 = 18 \text{ mm}$ Maka tebal las rencana (a) = 10 mm



$$\text{tebal efektif } (t_e) = a \times \cos 45^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{Throat} &= 10 \times \cos 45 \\ &= 7.0711 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned} L_w &= [2 \times t + 2 \times l] \\ &= [2 \times 20 + 2 \times 260] \\ &= 560 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2.2b Panjang las (L_w) minimum yakni

$$\begin{aligned} L_{w \min} &= 4 a \\ &= 4 \times 10 \\ &= 40 \text{ mm} < L_w = 560.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sedangkan panjang efektif disyaratkan sebagai berikut :

Untuk $L_w < 100 a$ ($= 1000 \text{ mm}$), maka $L_{w \max}$ yakni :

$$\begin{aligned} L_{w \text{ eff}} &= L_w \\ &= 560.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2.2a luas efektif adalah panjang efektif

($L_{w \text{ eff}}$) dikalikan dengan throat efektif las, yang dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_{we} &= L_{w \text{ eff}} \times t_e \\ &= 560.0 \times 7.0711 \\ &= 3959.798 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan nominal las per mm^2 (SNI 1729 : 2015 tabel J2-5 Lanjutan) :

$$\begin{aligned} f_{nw} &= 0.6 \times f_{EXX} \\ &= 0.6 \times 482 \\ &= 289.2 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Kekuatan desain Las (ϕP_n , menurut SNI 1729 : 2015 pasal J2.4(a)

yakni :

Kuat nominal las, yakni :

$$\begin{aligned} P_{nw} &= f_{nw} \times A_{we} \\ &= 289.2 \times 3959.798 \\ &= 1145173.6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nw} &= 0.75 \times 1145173.6 \\ &= 858880.18 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol terhadap gaya yang bekerja

$$\begin{aligned} \phi P_n &> P_{uf} \\ 858880.18 \text{ N} &> 271796.85 \text{ N} \end{aligned}$$

Pemeriksaan kuat tekan plat penyambung

Diasumsikan $K_c = 0.65$

$\ell =$ Jarak tepi baut + setback

setback diambil sebesar 15 mm

$= 65.0 \text{ mm}$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{200 \times 20^3 / 12}{200 \times 20}} = 5.7735027$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{0.65 \times 65.0}{5.773502692} = 7.3179$$

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135.97$$

Karena, $KL / r < 4.71 \sqrt{E / Q f_y}$ Maka F_{cr} dirumuskan :

$$F_{cr} = 0.658 \frac{Q_{fy}}{F_e} f_y$$

Dimana :

F_e = tegangan tekuk kritis elastis (Mpa). Untuk tekuk kritis lentur,
 F_e dihitung dengan menggunakan persamaan E3-4 SNI 1729 :
 2015 sebagai berikut :

$$= \frac{^2 E}{(KL / r)^2} = \frac{3.14^2 \times 200000}{7.32^2} = 269464.7 \text{ MPa}$$

Maka, tegangan kritis dihitung sebagai berikut :

$$F_{cr} = \frac{240}{0.658 \times 269464.7} \times 240$$

$$= 239.91055 \text{ Mpa}$$

Desain kuat tekak A

$$P_n = F_{cr} \times A$$

$$= 239.91 \times 200 \times 20$$

$$= 959642.19 \text{ N}$$

Syarat :

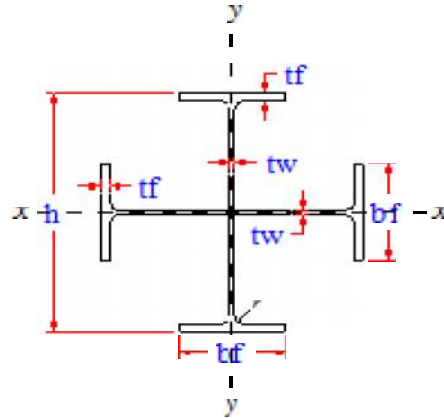
$$\phi P_n > P_{uf}$$

$$0.9 \times 959642.19 > 271796.85 \text{ N}$$

$$863677.9748 \text{ N} > 271796.85 \text{ N}$$

5.5 Sambungan Kolom - Kolom

Digunakan profil kolom :



Digunakan profil baja KC untuk kolom 700 x 300 x 13 x 24

Dari tabel baja diperoleh :

h	: 700.0 mm	r	: 28.0 mm	I_y	: 220791.0 cm ⁴
b_f	: 300.0 mm	H_1	: 52.0 mm	r_x	: 21.21 cm
t_w	: 13.0 mm	H_2	: 596.0 mm	r_y	: 21.65 cm
t_f	: 24.0 mm	w	: 369.70 Kg/m	S_x	: 6051.4 cm ³
A_g	: 471.0 cm ²	I_x	: 211800.0 cm ⁴	S_y	: 6193.3 cm ³
Z_x	: 7356.3 cm ³	f_u	: 500 Mpa	E_s	: 200000 MPa
Z_y	: 7505.0 cm ³	f_y	: 290 MPa	h_e	: 596.0 mm
E_c	: 23500 Mpa			f'_c	: 25 Mpa

Baut yang digunakan :

$$\begin{aligned} \text{Diameter baut } (d_b) &= \frac{3}{4} \text{ in} = 19.05 \text{ mm} \\ \text{Luas Baut} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 = 284.88 \text{ mm}^2 \\ \text{Diameter lubang } (l_b) &= d_b + 2 = 21.05 \text{ mm} \end{aligned}$$

Mutu baut yang digunakan (menurut SNI 1729 : 2015, Tabel J3.2, hal 125), yakni :

Mutu baut = A325

Kuat tarik minimum (f_{ub}) = 620 Mpa

Tegangan geser baut (f_{nv}) = 372 Mpa (ulir drat, 1 bisang geser)

Plat yang digunakan :

f_{yp} = 240 Mpa

f_{up} = 370 MPa

Hasil analisa kolom yang diperoleh dari program Etabs :

P_u = 3346362.8 N

V_a = 10506.67 N

M_a = 18615217 Nmm

V_b = 35406.79 N

M_b = 24947199 Nmm

5.5.1 Merencanakan Sambungan Flens Kolom

Digunakan plat 14 mm x 300 mm

$$\begin{aligned} P_{uf} &= P_u \times \frac{bf \cdot tf}{A_g} = 3346362.8 \times \frac{300 \times 24}{47100} \\ &= 511545.9 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol baut terhadap geser, tumpu dan tarik

1) Kontrol Nominal tumpu :

- Pada lubang baut bagian plat penyambung

$$\begin{aligned} R_n &= 2.4 \times \ell_b \times tp \times fu \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 14 \times 370 \\ &= 261693.6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$R_{n_{plat}} = 0.75 \times 261693.6$$

$$= 196270.2 \text{ N}$$

- Pada lubang baut bagian web dari balok induk

$$\begin{aligned} R_n &= 2.4 \times t_b \times t_f \times f_u \\ &= 2.4 \times 21.05 \times 24 \times 500 \\ &= 606240 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n_{web}} &= 0.75 \times 606240 \\ &= 454680 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil kuat nominal tumpu terkecil yakni = 196270.2 N

2) *Kuat Nominal Geser Baut (2 bidang geser)*

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 284.88 \times 2 \\ &= 211949.58 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 0.75 \times 211949.58 \\ &= 158962.18 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil yakni : 158962.18 N

Perhitungan jumlah dan jarak antar baut

1) Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{P_{uf}}{R_{nv}} = \frac{511545.9}{158962.18} = 3.218 \quad 8 \text{ baut}$$

2) Kontrol kekuatan baut terhadap geser

$$\begin{aligned} V_{ub} &= \frac{V_u}{n} \leq \phi R_n \\ &= \frac{10506.67}{8} \end{aligned}$$

$$= 1313.3338 \text{ N} < 158962.18 \text{ N}$$

Sehingga jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

3) Menghitung jarak baut

- Jarak Tepi Baut

Jarak tepi minimum (S_1) menurut tabel J3.4M SNI 1729 : 2015

untuk baut dengan diameter : $\frac{3}{4}$ in, yakni 1 in

Jarak tepi Maksimum (S_{max}) menurut SNI 1729 : 2015 pasal

J3.5 adalah nilai terendah dari

$$S_{maks} = 12 \text{ tp}$$

$$= 12 \times 14$$

$$= 168 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 150 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S_1 = 60 \text{ mm}$$

- Jarak antar baut S

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.3, jarak minimum baut :

$$S_{min} = 3 \text{ d}$$

$$= 3 \times 19.05$$

$$= 57.15 \text{ mm}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.5(a), jarak maksimum baut

adalah yang terendah dari :

$$S_{maks} = 24 \text{ tp}$$

$$= 24 \times 14$$

$$= 336 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 305 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{maks} = 305 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S = 180 \text{ mm}$$

- Jarak baut ke tepi plat (w)

$$w = 60 \text{ mm}$$

5.5.2 Merencanakan Sambungan Web Kolom

Digunakan plat 13 mm x 200 mm

$$\begin{aligned}
 P_{uw} &= \frac{P_u - 4 \times P_{uf}}{4} \\
 &= \frac{3346362.8 - 4 \times 511545.9}{4} \\
 &= 325044.79 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol baut terhadap geser, tumpu dan tarik

1) Kontrol Nominal tumpu :

- Pada lubang baut bagian plat penyambung

$$\begin{aligned}
 R_n &= 2.4 \times \ell_b \times t_p \times f_u \\
 &= 2.4 \times 21.05 \times 13 \times 370 \\
 &= 243001.2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{n_{\text{plat}}} &= 0.75 \times 243001.2 \\
 &= 182250.9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Pada lubang baut bagian web dari kolom

$$\begin{aligned}
 R_n &= 2.4 \times \ell_b \times t_w \times f_u \\
 &= 2.4 \times 21.05 \times 13 \times 500 \\
 &= 328380 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{n_{\text{web}}} &= 0.75 \times 328380 \\
 &= 246285 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Diambil kuat nominal tumpu terkecil yakni = 182250.9 N

2) *Kuat Nominal Geser Baut (2 bidang geser)*

$$\begin{aligned}R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 284.88 \times 2 \\ &= 211949.58 \text{ N} \\ \phi R_{nv} &= 0.75 \times 211949.58 \\ &= 158962.18 \text{ N}\end{aligned}$$

Diambil yang terkecil yakni : 158962.18 N

Perhitungan jumlah dan jarak antar baut

1) Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{P_{uw}}{R_{nv}} = \frac{325044.79}{158962.18} = 2.0448 \quad 8 \text{ baut}$$

2) Kontrol kekuatan baut terhadap geser

$$\begin{aligned}V_{ub} &= \frac{V_u}{n} \leq \phi R_n \\ &= \frac{10506.67}{8} \\ &= 1313.3338 \text{ N} < 158962.18 \text{ N}\end{aligned}$$

Sehingga jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

3) *Menghitung jarak baut*

- Jarak Tepi Baut

Jarak tepi minimum (S_1) menurut tabel J3.4M SNI 1729 : 2015

untuk baut dengan diameter : $\frac{3}{4}$ in, yakni 1 in

Jarak tepi Maksimum (S_{max}) menurut SNI 1729 : 2015 pasal

J3.5 adalah nilai terendah dari

$$S_{maks} = 12 \text{ tp}$$

$$= 12 \times 13$$

$$= 156 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = 150 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{\text{maks}} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S_1 = 50 \text{ mm}$$

- Jarak antar baut S

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.3, jarak minimum baut :

$$S_{\text{min}} = 3 d$$

$$= 3 \times 19.05$$

$$= 57.15 \text{ mm}$$

Menurut SNI 1729 : 2015 pasal J3.5(a), jarak maksimum baut adalah yang terendah dari :

$$S_{\text{maks}} = 24 t_p$$

$$= 24 \times 13$$

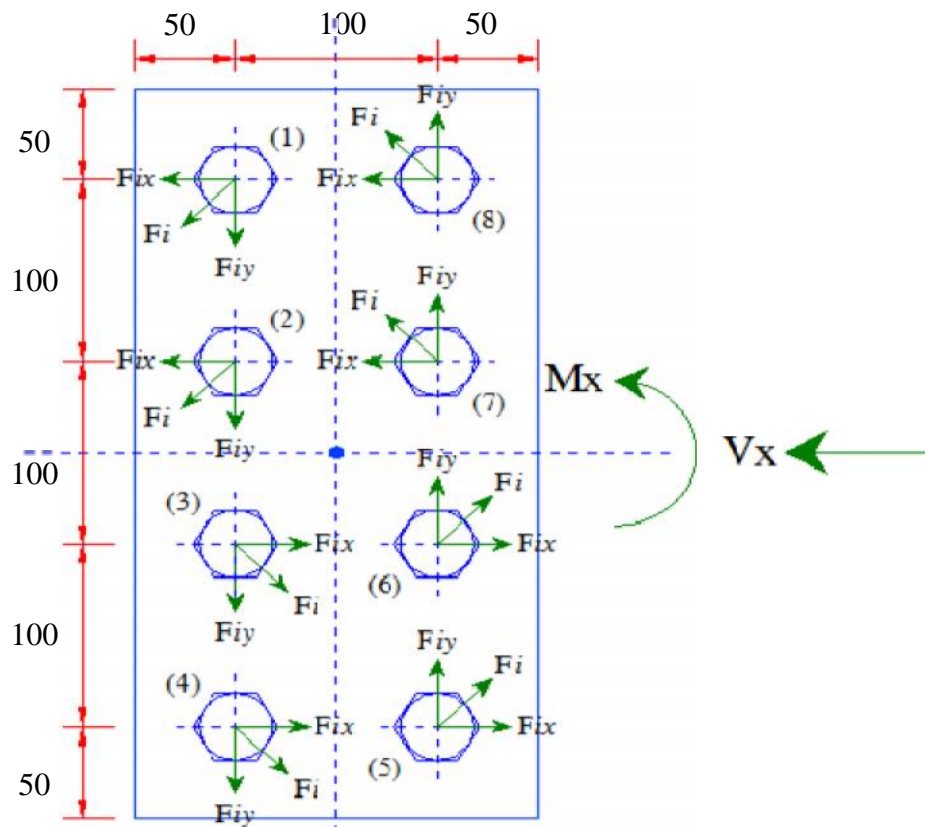
$$= 312 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = 305 \text{ mm}, \text{ Maka } S_{\text{maks}} = 305 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } S = 100 \text{ mm}$$

- Jarak baut ke tepi plat (w)

$$w = 50 \text{ mm}$$



Gambar 5.7 Jarak Antar Baut dan Gaya Gaya Pada Baut

Kontrol Pada arah sumbu global X - X

Beban yang dipikul baut akibat gaya Geser :

$$V_{ia} = \frac{V_a}{n} = \frac{-10506.67}{8} = -1313.3338 \text{ N}$$

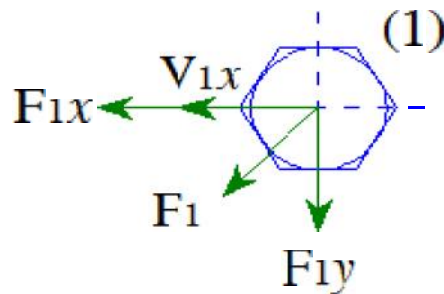
Beban yang bekerja pada masing masing baut dapat diperhatikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.2 Tabel Jarak Pada Baut

i	x_i (mm)	y_i (mm)	x_i^2 (mm ²)	y_i^2 (mm ²)
1	-50	150	2500	22500

2	-50	50	2500	2500
3	-50	-50	2500	2500
4	-50	-150	2500	22500
5	50	-150	2500	22500
6	50	-50	2500	2500
7	50	50	2500	2500
8	50	150	2500	22500
			$\sum xi^2 = 20000$	$\sum yi^2 = 100000$
			$\sum xi^2 + yi^2 = 120000$	

Misalkan gaya yang bekerja pada baut no. 1

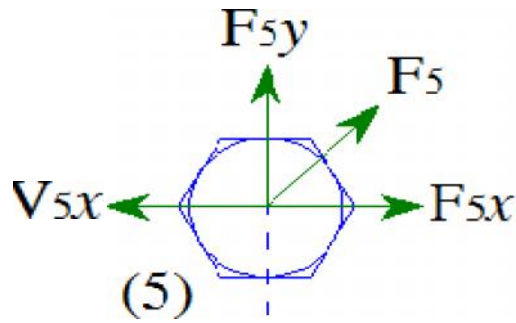


$$F_{1x} = \frac{Ma \cdot y_1}{xi^2 + yi^2} = \frac{18615217 \cdot x \cdot 150}{120000} = -23269.021 \text{ N}$$

$$F_{1y} = \frac{Ma \cdot x_1}{xi^2 + yi^2} = \frac{18615217 \cdot x \cdot 50}{120000} = -7756.3404 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \sqrt{(V_{1a} + F_{1x})^2 + F_{1y}^2} \\
 &= \sqrt{-(1313.33 + -23269.021)^2 + -7756.3^2} \\
 &= 25776.986
 \end{aligned}$$

Misalkan gaya yang bekerja pada baut no. 5



$$F_{5x} = \frac{M_a \cdot y_5}{x_i^2 + y_i^2} = \frac{18615217 \cdot x \cdot 150}{120000} = 23269.021 \text{ N}$$

$$F_{5y} = \frac{M_a \cdot x_5}{x_i^2 + y_i^2} = \frac{18615217 \cdot x \cdot 50}{120000} = 7756.3404 \text{ N}$$

$$F_5 = \sqrt{(V_{5a} + F_{5x})^2 + F_{5y}^2}$$

$$= \sqrt{-(1313.33 + 23269.021)^2 + 7756.3^2}$$

$$= 23285.468$$

Untuk gaya gaya selanjutnya ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 5.3 Tabel Gaya dan Jarak Pada Baut (sumbu x - x)

i	$M_a \cdot x_i$ (Nmm ²)	$M_a \cdot y_i$ (Nmm ²)	Fix (N)	Fiy (N)	Via (N)	Fi (N)
1	930760851.5	2792282555	-23269	-7756.3	-1313.33375	25776.98578
2	930760851.5	930760851.5	-7756.34	-7756.3	-1313.33375	11933.97698
3	930760851.5	930760851.5	7756.34	-7756.3	-1313.33375	10083.31056
4	930760851.5	2792282555	23269	-7756.3	-1313.33375	23285.46826
5	930760851.5	2792282555	23269	7756.34	-1313.33375	23285.46826
6	930760851.5	930760851.5	7756.34	7756.34	-1313.33375	10083.31056
7	930760851.5	930760851.5	-7756.34	7756.34	-1313.33375	11933.97698
8	930760851.5	2792282555	-23269	7756.34	-1313.33375	25776.98578
					Fmax	25776.986

Syarat :

$$F_{\max} < \phi R_{nv}$$
$$25776.986 < 158962.18 \text{ N}$$

Kontrol Pada arah sumbu global Y - Y

Beban yang dipikul baut akibat gaya Geser :

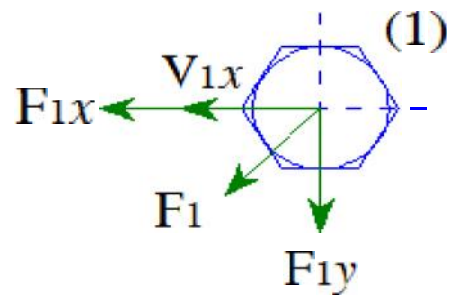
$$V_{ib} = \frac{V_b}{n} = \frac{35406.79}{8} = 4425.8488 \text{ N}$$

Beban yang bekerja pada masing masing baut dapat diperhatikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.4 Tabel Jarak Pada Baut

i	x_i (mm)	y_i (mm)	x_i^2 (mm ²)	y_i^2 (mm ²)
1	-50	150	2500	22500
2	-50	50	2500	2500
3	-50	-50	2500	2500
4	-50	-150	2500	22500
5	50	-150	2500	22500
6	50	-50	2500	2500
7	50	50	2500	2500
8	50	150	2500	22500
			$x_i^2 = 20000$	$y_i^2 = 100000$
			$x_i^2 + y_i^2 = 120000$	

Misalkan gaya yang bekerja pada baut no. 1



$$F_{1x} = \frac{Mb \cdot y_1}{xi^2 + yi^2} = \frac{24947199 \cdot x \cdot 150}{120000} = -31183.998 \text{ N}$$

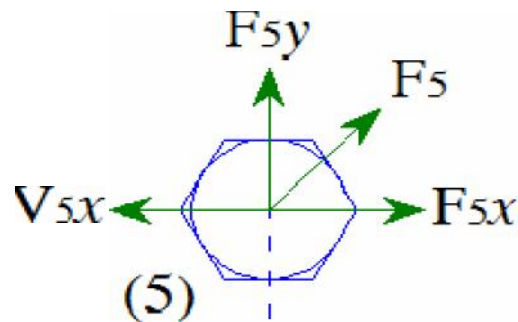
$$F_{1y} = \frac{Mx \cdot x_1}{xi^2 + yi^2} = \frac{24947199 \cdot x \cdot 50}{120000} = -10394.666 \text{ N}$$

$$F_1 = \sqrt{(v_{1b} + F_{1x})^2 + F_{1y}^2}$$

$$= \sqrt{(4425.85 + (-31183.998))^2 + (-10394.7)^2}$$

$$= 28706.23$$

Misalkan gaya yang bekerja pada baut no. 5



$$F_{5x} = \frac{Mx \cdot y_5}{xi^2 + yi^2} = \frac{24947199 \cdot x \cdot 150}{120000} = 31183.998 \text{ N}$$

$$F_{5y} = \frac{Mx \cdot x_5}{xi^2 + yi^2} = \frac{24947199 \cdot x \cdot 50}{120000} = 10394.666 \text{ N}$$

$$F_5 = \sqrt{(v_{5x} + F_{5x})^2 + F_{5y}^2}$$

$$= \sqrt{(4425.85 + 31183.998)^2 + 10394.7^2}$$

$$= 37095.961$$

Untuk gaya gaya selanjutnya ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 5.5 Tabel Gaya dan Jarak Pada Baut (Sumbu y - y)

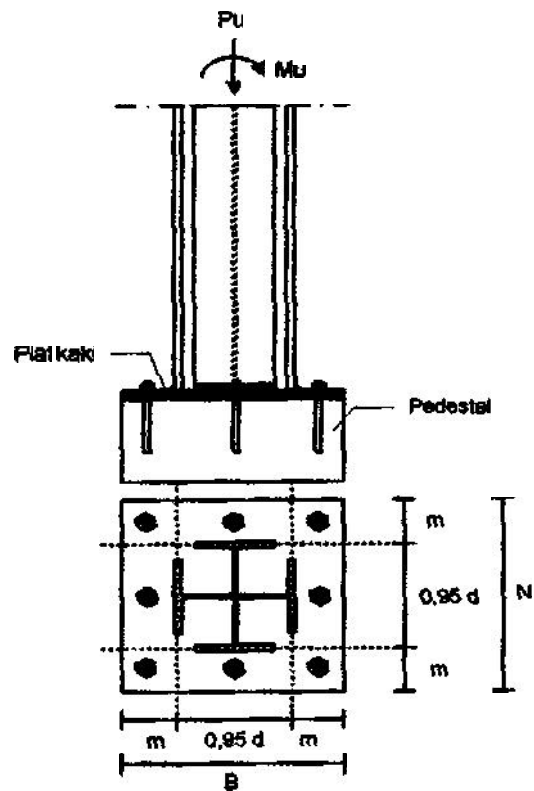
i	Mb . xi (Nmm ²)	Mb . yi (Nmm ²)	Fix (N)	Fiy (N)	Vib (N)	Fi (N)
1	1247359936	3742079807	-31184	-10395	4425.84875	28706.23026
2	1247359936	1247359936	-10394.7	-10395	4425.84875	11986.48676
3	1247359936	1247359936	10394.7	-10395	4425.84875	18102.39612
4	1247359936	3742079807	31184	-10395	4425.84875	37095.96066
5	1247359936	3742079807	31184	10394.7	4425.84875	37095.96066
6	1247359936	1247359936	10394.7	10394.7	4425.84875	18102.39612
7	1247359936	1247359936	-10394.7	10394.7	4425.84875	11986.48676
8	1247359936	3742079807	-31184	10394.7	4425.84875	28706.23026
					Fmax	37095.961

Syarat :

$$F_{\max} < \phi R_{nv}$$

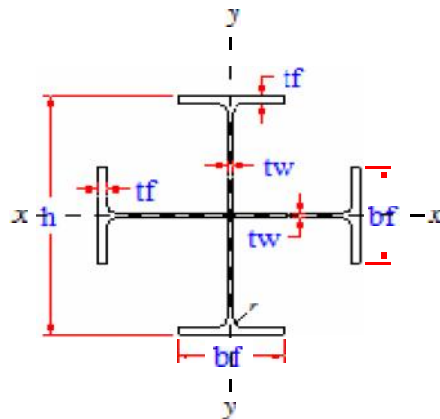
$$37095.961 < 158962.18 \text{ N}$$

5.6 Perhitungan Base Plate



Gambar 5.8 Perencanaan Base Plate

Digunakan profil kolom :



Digunakan profil baja KC untuk kolom 700 x 300 x 13 x 24

Dari tabel baja diperoleh :

h	: 700.0 mm	r	: 28.0 mm	I _y	: 220791.0 cm ⁴
b _f	: 300.0 mm	H ₁	: 52.0 mm	r _x	: 21.21 cm
t _w	: 13.0 mm	H ₂	: 596.0 mm	r _y	: 21.65 cm
t _f	: 24.0 mm	w	: 369.70 Kg/m	S _x	: 6051.4 cm ³
A _g	: 471.0 cm ²	I _x	: 211800.0 cm ⁴	S _y	: 6193.3 cm ³
Z _x	: 7356.3 cm ³	f _u	: 500 Mpa	E _s	: 200000 MPa
Z _y	: 7505.0 cm ³	f _y	: 290 MPa	h _e	: 596.0 mm
E _c	: 23500 Mpa			f _c	: 35 Mpa

Angkur yang digunakan :

Baut angkur

- \varnothing_a (diameter) = $\frac{3}{4}$ in = 19.05 mm

$$f_{yp} = 240 \text{ Mpa}$$

$$f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

Hasil analisa yang diperoleh dari program Etabs :

$$P_u = 3857324.7 \text{ N} = 385732.47 \text{ kg}$$

$$V_u = 35406.49 \text{ N}$$

$$M_u = 108152054 \text{ Nmm}$$

Mencari dimensi base plate yang akan digunakan :

a. Dimensi rencana base plate :

Luas bidang plat dasar perlu (A₁) :

$$P_u \leq \phi P_p$$

$$P_u \leq (0.85 \times f_c \times a_1)$$

$$3857324.7 \leq 0.6 \times (0.85 \times 35 \times a_1)$$

$$a_1 = 216096.6213 \text{ mm}^2$$

Luas plat dasar harus lebih besar dari luas profil kolom.

Luas profil kolom = $a_2 = 47100 \text{ mm}^2$

$$\Delta = \frac{0.95 \times h - 0.80 \times bf}{2}$$

$$= \frac{0.95 \times 700 - 0.80 \times 300}{2} = 212.5 \text{ mm}$$

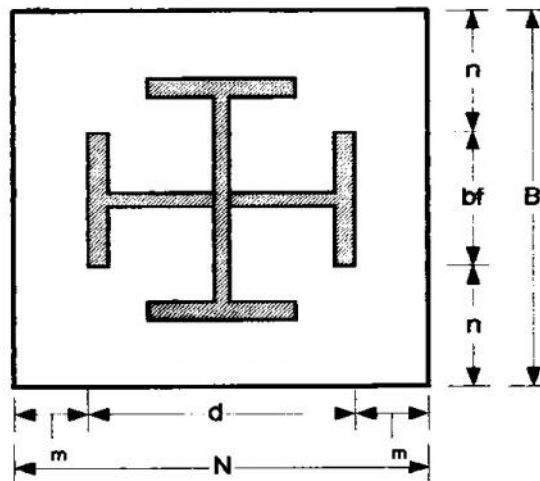
$$N = \sqrt{a_1} + \Delta = \sqrt{216096.62} + 212.5$$

$$= 677.362 \approx 900 \text{ mm}$$

$$B = \frac{A_1}{N} = \frac{216096.62}{900} = 240.107 \text{ cm} \quad 900 \text{ mm}$$

Sehingga dimensi plat dasar yang dipakai = 900 x 900

b. Tebal pelat dasar



Penentuan nilai m dan n

$$n = \frac{B - 0.8 \times bf}{2} = \frac{900 - 0.80 \times 300}{2} = 330 \text{ mm}$$

$$0.95 h = 0.95 \times 700 = 665 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 m &= 0.50 \times (N - 0.95 \times h) \\
 &= 0.5 \times (900 - 665.0) \\
 &= 117.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tebal plat yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 t_p &= \sqrt{\frac{2 \times P_u \times m^2}{B \times N \times (0.90 \times f_y)}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 3857324.7 \times 117.5^2}{900 \times 900 \times (0.90 \times 240)}} \\
 &= 4.6732624 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_p &= \sqrt{\frac{2 \times P_u \times n^2}{B \times N \times (0.90 \times f_y)}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 3857324.7 \times 330^2}{900 \times 900 \times (0.90 \times 240)}} \\
 &= 5.70488 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari perencanaan diatas maka dipakai pelat dasar dengan dimensi 80 cm x 80 cm dengan ketebalan pelat landasan = 30 mm

c. Perencanaan baut angkur

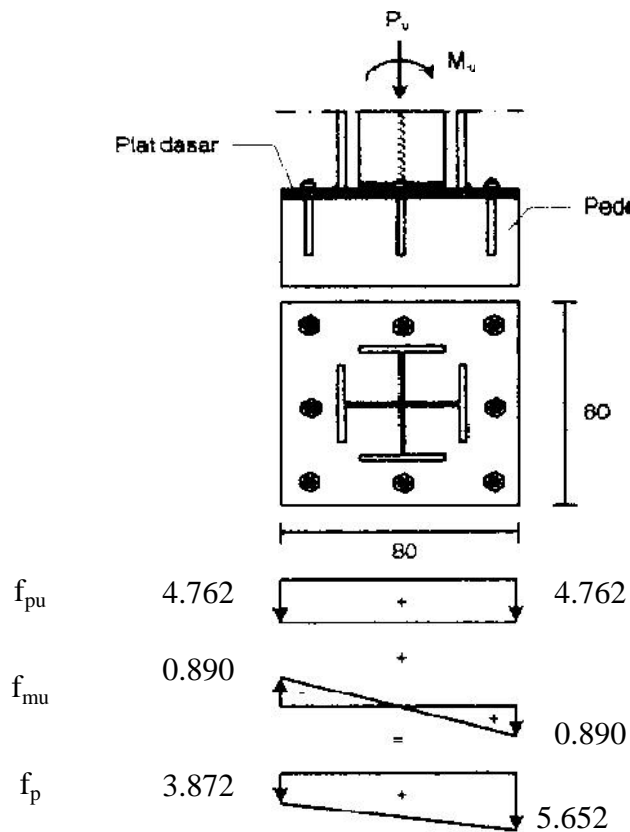
$$M_u = 108152054 \text{ Nmm}$$

$$P_u = 3857324.7 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 f_p &= \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_u}{w} = \frac{3857324.7}{900 \times 900} \pm \frac{108152054}{1/6 \times 900^3} \\
 &= 4.762 \pm 0.890
 \end{aligned}$$

$$f_{p \max} = 4.762 + 0.890 = 5.652 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{p \min} = 4.762 - 0.890 = 3.872 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 5.9 Gaya Pada Base Plate

Pada diagram tegangan diatas menunjukkan bahwa plat mengalami gaya tekan sepanjang sb X dan tidak ada gaya tarik. Baut kuat menahan tekan tetapi berbahaya terhadap kegagalan akibat geser. Maka direncanakan terhadap gaya geser yang terjadi.

- d. Digunakan baut mutu tinggi A 325 dimana kekuatan tarik minimumnya (f_u) adalah sebesar :

$$f_u = 825 \text{ Mpa}$$

Kuat nominal baut dalam geser :

$$R_n = \phi \cdot r_i \cdot f_u^b \cdot m \cdot A_b$$

Dimana :

$$\phi = 0.75 \text{ faktor reduksi kekuatan untuk fraktur}$$

$$f_u^b = \text{kekutan tarik baut}$$

$$m = \text{jumlah bidang geser (irisan tunggal =1)}$$

$$r_1 = 0.4 \text{ untuk baut denan ulir pada bidang geser}$$

$$\begin{aligned} Ab &= \text{luas bruto penampang baut (direncanakan gunakan} \\ &\text{ baut diameter } 3/4 \text{ ") } \\ &= 1/4 \times \pi \times 1 (19.05)^2 \\ &= 284.878 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka :

$$R_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot m \cdot Ab$$

$$\begin{aligned} R_n &= 0.75 \times 0.40 \times 825 \times 1 \cdot 284.878 \\ &= 70507.42 \text{ N/baut} \end{aligned}$$

e. Penentuan jumlah angkur :

Gaya angkur akibat gaya geser :

$$V_u = 140588.42 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_u}{\phi \cdot R_n} = \frac{140588.42}{70507.42} \\ &= 1.994 \approx 3 \text{ baut pada tiap sisi} \end{aligned}$$

f. Gaya geser diterima untuk 1 baut :

$$V_u = 140588.42 \text{ N} = 14058.842 \text{ kg}$$

$$V_{\text{baut}} = \frac{R}{n} = \frac{70507.42}{3.00} = 23502.4732 \text{ kg}$$

g. Tegangan geser yang dipikul 1 baut :

$$F_v \text{ baut A325} = 372 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Hal.151, Pusataka 9)}$$

$$F_v = \frac{V_{\text{baut}}}{A_{\text{baut}}} = \frac{23502.47}{284.88}$$

$$= 82.500 \text{ kg/cm}^2 \leq 372 \text{ kg/cm}^2$$

h. Kuat Desain Tekan dan Tarik Las Fillet

Digunakan sambungan las fillet sebagai berikut :

Sambungan las yang digunakan yakni electrode E7014

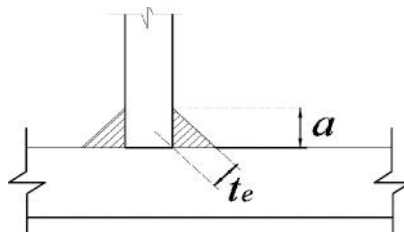
$$f_{uw} = 506 \text{ Mpa}$$

$$\text{tebal las rencana (a)} = 14 \text{ mm}$$

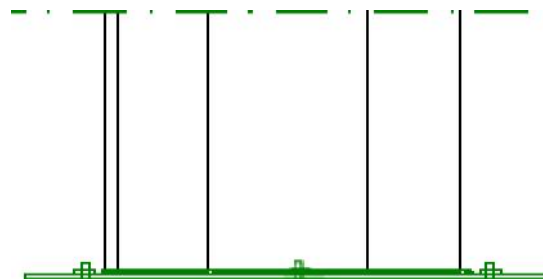
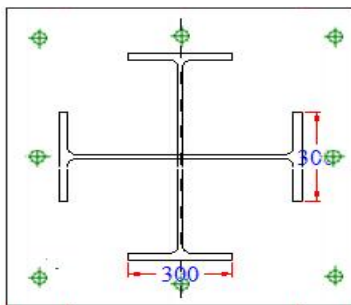
$$\text{tebal efektif (t}_e\text{)} = 0.707 a$$

$$= 0.707 \times 14$$

$$= 9.898 \text{ mm}$$



Panjang bagian yang dilas (L)



$$L = [4 \times bf] + [4 \pi r] + 4 \times [bf - tw - 2 \times r]$$

$$+ 4 \times [d - 2tf - 2r - tw] + [8 \times tf]$$

$$= [4 \times 300] + [4 \times 3.14 \times 28] + 4 \times (300 - 13 -$$

$$\begin{aligned}
& 2 \times 28) + 4 \times (700 - 2 \times 24 - 2 \times 28 - 13) \\
& + (8 \times 24) \\
& = 4537.68 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Luas efektif las :

$$\begin{aligned}
A_{we} &= L \times t_e \\
&= 4537.7 \times 9.898 \\
&= 44913.957 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Kuat nominal las per mm² :

$$\begin{aligned}
f_{nw} &= 0.6 \times f_{uw} \\
&= 0.6 \times 506 \\
&= 303.6 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

Kuat nominal las, yakni :

$$\begin{aligned}
P_{nw} &= f_{nw} \times A_{we} \\
&= 303.6 \times 44913.957 \\
&= 13635877 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi P_{nw} &= 0.75 \times 13635877 \\
&= 10226908 \text{ N}
\end{aligned}$$

Gaya yang bekerja pada balok

$$P_u = 3857324.7 \text{ N}$$

Kontrol terhadap gaya yang bekerja

$$\begin{aligned}
\phi P_n &> P_u \\
10226908 \text{ N} &> 3857324.7 \text{ N}
\end{aligned}$$

i. Kontrol panjang angkur

Menurut Manual AISC LRFD hal tabel 8-26 panjang minimum angkur disyaratkan sebagai berikut : untuk angkur mutu A325

dengan diameter diantara $1/2$ in s/d 1 in, panjang minimum
 angkur (L_{min}) yakni = $17 D$, dimana D adalah diameter angkur.

$1/2$ in $< D = 3/4$ in < 1 in maka :

$$\begin{aligned} L_{min} &= 17 D \\ &= 17 \times 19.05 \\ &= 323.85 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang angkur dihitung sebagai berikut :

$$L = \sqrt{\frac{A_{cp}}{3.14}}$$

$$\text{Dimana } A_{cp} = \frac{T_n}{\phi f_c} = \frac{F_u \times A_b}{0.75 \times f_c}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{825 \times 284.88}{0.75 \times 35} \\ &= 1589057.2 \end{aligned}$$

$$L = \sqrt{\frac{1589057.2}{3.14}} = 711.38539$$

Panjang angkur yang digunakan (L_a) = 800 mm

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

$$\begin{aligned} L &= \frac{f_y}{4 \times f_c'} \times D \\ &= \frac{825}{4 \times 35} \times 19 \\ &= 664.13 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $L_a = 800\text{mm} > L = 664\text{mm} > L_{min} = 323.85$

BAB VI
KESIMPULAN dan SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan struktur rangka baja menggunakan bresing konsentris pada gedung Hotel Ijen Suites Malang, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1) Profil baja yang digunakan pada struktur yakni :

- Balok Induk digunakan profil WF 450 x 200 x 9 x 14
 - d : 450.0 mm
 - b_f : 200.0 mm
 - t_w : 9.0 mm
 - t_f : 14.0 mm
- Balok anak digunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11
 - d : 350.0 mm
 - b_f : 175.0 mm
 - t_w : 7.0 mm
 - t_f : 11.0 mm
- Kolom digunakan profil KC 700 x 300 x 13 x 24
 - h : 700.0 mm
 - b_f : 300.0 mm
 - t_w : 13.0 mm
 - t_f : 24.0 mm

Dengan data material sebagai berikut :

- Jenis baja profil : BJ 50
- Tegangan putus baja profil (f_u) : 500 MPa
- Tegangan leleh baja profil (f_y) : 290 MPa
- Mutu Baja Tulangan (f_{yT}) : BjTP 24

- : 240 MPa
- Mutu shear conector ($f_{y\ sc}$) : 250 MPa
- $(f_{u\ sc})$: 410 MPa
- Modulus elastisitas baja (E_s) : 200000 Mpa

2) Berdasarkan hasil perencanaan, bresing diletakan pada sisi luar struktur. Adapun dimensi bresing yang digunakan yakni :

Bresing digunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13

d : 400.0 mm

b_f : 200.0 mm

t_w : 8.0 mm

t_f : 13.0 mm

Gambar letak bresing terlampir.

3) Dari hasil analisa pada sambungan, maka digunakan sambungan las maupun baut pada struktur dengan rincian sebagai berikut :

Mutu baut yang digunakan :

Mutu baut = A325

Kuat tarik minimum (f_{ub}) = 620 Mpa

Tegangan geser baut (f_{nv}) = 372 Mpa (ulir drat, 1 bdang geser)

Mutu las yang digunakan = E7014

F_{EXX} = 482 Mpa

- Sambungan balok induk - balok anak

Digunakan plat siku penyambung dengan dimensi L 80 x 80 x 6

Diameter baut (d_b) = 3/4 in = 19.05 mm

Jumlah baut (1 sisi) = 4 baut

Jarak baut ke tepi (S_1) = 30 mm

Jarak antar baut (S) = 80 mm

- Sambungan Bresing - Bresing

Sambungan sayap bresing dan plat buhul

Siku penyambung	=	L	80	x	80	x	10
Diameter baut (d_b)	=	3/4	in	=	19.05	mm	
Jumlah baut	=	8	baut				
Jarak baut ke tepi (S_1)	=	30	mm				
Jarak antar baut (S)	=	80	mm				

Sambungan badan bresing dan plat buhul

Plat penyambung	=	PL	10	x	200	mm
Diameter baut (d_b)	=	3/4	in	=	19.05	mm
Jumlah baut	=	8	baut			
Jarak baut ke tepi (S_1)	=	50	mm			
Jarak antar baut (S)	=	100	mm			

Plat buhul yang digunakan :

Tebal Plat	=	10	mm
Panjang vertikal	=	1250	mm
Panjang horizontal :	=	1300	mm
set back	=	15	mm

- Sambungan balok Induk - Kolom - Bresing

Sambungan sayap bresing dan plat buhul

Siku penyambung	=	L	80	x	80	x	10
Diameter baut (d_b)	=	3/4	in	=	19.05	mm	
Jumlah baut	=	8	baut				
Jarak baut ke tepi (S_1)	=	30	mm				
Jarak antar baut (S)	=	80	mm				

Sambungan badan bresing dan plat buhul

Plat penyambung	=	PL	10	x	200	mm
Diameter baut (d_b)	=	3/4	in	=	19.05	mm

Jumlah baut	=	8	baut
Jarak baut ke tepi (S_1)	=	50	mm
Jarak antar baut (S)	=	100	mm

Plat buhul yang digunakan :

Tebal Plat	=	10	mm
Panjang vertikal	=	950	mm
Panjang horizontal :	=	1000	mm
set back	=	15	mm

Sambungan plat buhul dan kolom

Siku penyambung	=	L	90	x	90	x	10
Diameter baut (d_b)	=	3/4	in	=	19.05	mm	
Jumlah baut	=	6	baut				
Jarak baut ke tepi (S_1)	=	100	mm				
Jarak antar baut (S)	=	150	mm				

Sambungan plat buhul dan balok

Dipakai sambungan las fillet dengan mutu las elektroda

Tebal las rencana (a)	=	6	mm
-----------------------	---	---	----

- Sambungan balok Induk - kolom

Sambungan badan balok pada kolom dengan rincian :

Plat penyambung	=	PL	10	x	300	mm
Diameter baut (d_b)	=	3/4	in	=	19.05	mm
Jumlah baut	=	4	baut			
Jarak baut ke tepi (S_1)	=	30	mm			
Jarak antar baut (S)	=	80	mm			
Mutu las	=	E7014				
Tebal las rencana (a)	=	6	mm			

Sambungan flens balok pada kolom dengan rincian :

Plat penyambung	=	PL 20	x	200	mm
Diameter baut (d_b)	=	3/4 in	=	19.05	mm
Jumlah baut (1 sisi)	=	8	baut		
Jarak baut ke tepi (S_1)	=	50	mm		
Jarak antar baut (S)	=	100	mm		
Mutu las	=	E7014			
Tebal las rencana (a)	=	10	mm		

- Sambungan Kolom

Sambungan antar flens kolom

Plat penyambung	=	PL 14	x	300	mm
Diameter baut (d_b)	=	3/4 in	=	19.05	mm
Jumlah baut	=	8	baut		
Jarak baut ke tepi (S_1)	=	60	mm		
Jarak antar baut (S)	=	180	mm		

Sambungan antar badan kolom

Plat penyambung	=	PL 13	x	200	mm
Diameter baut (d_b)	=	3/4 in	=	19.05	mm
Jumlah baut	=	8	baut		
Jarak baut ke tepi (S_1)	=	50	mm		
Jarak antar baut (S)	=	100	mm		

- Base plate menggunakan ukuran 900 x 900 mm dengan ketebalan = 30 mm

Adapun jumlah angkur yang digunakan = 8 angkur

Diameter angkur (d)	=	3/4 in	=	19.05	mm
Jumlah baut (1 sisi)	=	3	angkur		
Panjang angkur	=	800	mm		

- 4) Berikut simpangan antar tingkat struktur (output ETABS) beserta kontrol simpangan berupa tabel :

Tabel 6.1 Kontrol Simpangan Struktur

Story	Tinggi Lantai	Simpangan Struktur		Syarat		Ket
		Arah x	Arah y	Arah x	Arah y	
		dx	dy	dm _x	dmy _y	
m	mm	mm	mm	mm		
Atap	52.8	77.257	53.9	93	93	OK
Story14	48.15	70.708	47.6	93	93	OK
Story13	43.5	64.249	42.3	70	70	OK
Story12	40	59.127	38.3	70	70	OK
Story11	36.5	53.669	34.2	70	70	OK
Story10	33	47.957	30.0	70	70	OK
Story9	29.5	42.067	25.8	70	70	OK
Story8	26	36.089	21.7	70	70	OK
Story7	22.5	30.121	17.7	70	70	OK
Story6	19	24.269	13.9	70	70	OK
Story5	15.5	18.644	10.4	70	70	OK
Story4	12	13.376	7.2	70	70	OK
Story3	8.5	8.594	4.5	70	70	OK
Story2	5	4.338	2.3	100	100	OK
Story1	0	0	0.0	0	0	OK

6.2 Saran

Dengan kemajuan teknologi saat ini, perencanaan struktur gedung portal , kita dapat menggunakan fasilitas program bantu contohnya ETABS yang mampu menghasilkan penulangan dan hasil output secara langsung, tetapi tetap memperhatikan peraturan-peraturan yang ada akan lebih efisien dan dapat menghemat biaya pelaksanaan pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2015*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1726-2013*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung SNI 1727-2013*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Pusat Penelitian dan Perkembangan Pemukiman, Peta Zonasi Gempa Indonesia

C.G. Salmon and J.E. Johnson, 1992, *Struktur Baja Desain dan Perilaku* (dengan penekanan pada LRFD), Gramedia Pustaka Utama

Indarto, Himawan, dkk. 2013. *Aplikasi SNI Gempa 1726 : 2012 for Dummies*. Semarang. BDF

Stiawan Agus.2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002)*. Jakarta. Erlangga