

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN MODEL SAMBUNGAN DENGAN
PENINGGIAN PADA STRUKTUR GABLE FRAME DI PEMBANGUNAN
PASAR BARU KABUPATEN LUMAJANG**



Disusun Oleh :

Muhammad Agung Bimantara

12.21.003

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

ABSTRAKSI

“Studi Perbandingan Model Sambungan Dengan Peninggian Pada Struktur Gable Frame Di Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang”

Muhammad Agung Bimantara, oktober 2016
Dosen Pembimbing I : Ir. Ester Priskasari, MT
Dosen Pembimbing II : Mohammad Erfan. ST, MT

Seiring dengan berjalannya waktu, begitu pula dengan ilmu pengetahuan yang terus berkembang. Dituntutnya suatu kebutuhan, manusia tidak henti hentinya mengembangkan suatu ilmu pengetahuan yang dapat diaplikasikan di dalam kehidupan manusia yang selaras dengan sumber daya manusia. Dalam merencanakan suatu bangunan menggunakan struktur baja, diperlukan adanya alternatif perencanaan yang dimana dapat memberikan nilai tambah terhadap kekuatan maupun dari segi biaya. Perencanaan ini menggunakan metode Load and Resistance Factor Design (LRFD).

Sambungan yang sering digunakan dalam perencanaan struktur baja adalah sambungan sudut. Sambungan sudut lebih ekonomis dan mudah dalam pabrikan. Penulis bertujuan membandingkan 3 model sambungan yaitu sambungan sudut, sambungan tirus, dan sambungan lengkung yang penekanannya pada pemilihan panjang peninggian yang dibutuhkan dari suatu struktur *Gable Frame* untuk memikul beban-beban yang bekerja pada pembangunan Pasar Baru di Kabupaten Lumajang. Selanjutnya menentukan dimensi balok dan kolom dengan dibantu oleh program bantu STAAD PRO 2004, selanjutnya memperhitungkan sambungan kolom dengan balok, dan balok dengan balok, dimana dalam perhitungan sambungan akan didapatkan jumlah baut, tata letak, dan control sambungan. Pada perhitungan terakhir menentukan perletakan yang digunakan mulai dari dimensinya sampai nilai kapasitas dari perletakan.

Dari hasil perhitungan didapat sambungan sudut, sambungan tirus dan sambungan lengkung dalam merencanakan suatu struktur baja *Gable Frame* pada pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang didapatkan profil WF 390.300.10.16. Dimana jumlah baut profil dengan sambungan sudut didapat 8 buah baut, sedangkan sambungan tirus dan sambungan lengkung didapat 10 buah baut. Dengan selisih selisih 2 buah baut. Pada sambungan baja menggunakan Desain Faktor Beban Kapasitas dalam menghitung tebal plat, jumlah baut, dan kebutuhan las. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan kebutuhan sambungan yang optimal dan aman sesuai dengan beban yang berkerja pada struktur.

Kata Kunci : Sambungan Sudut dengan peninggian, Sambungan Tirus dengan peninggian, dan Sambungan Lengkung dengan peninggian.

KATA PENGANTAR

Atas hidayah dan ridho ALLAH S.W.T yang telah memberikan kesempatan dan semangat sehingga terselesaikannya Skripsi ini dengan judul **“Studi Perbandingan Model Sambungan Dengan Peninggian Pada Struktur Gable Frame Di Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang”**, Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil S-1 di Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyelesaian Skripsi akhir ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu tak lupa kiranya penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, M.T selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. H. Sudirman Indra., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
4. Ibu Ir. Munasih, M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1.
5. Ibu Ir. Ester Priskasari, M.T selaku Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Mohammad Efran. ST, M.T. selaku Dosen Pembimbing II.

Penulis menyadari Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itu dengan segala kerendahan hati penyusun mohon maaf yang sebesar-besarnya jika masih banyak terdapat kekurangan di dalamnya. Untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan, diakhir kata semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Penyusun

Muhammad Agung Bimantara
Nim. 12.21.003

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBAHAS.....	ii
LEMBAR KEASLIAN.....	iii
ABSTRAKSI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Maksud dan Tujuan.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Manfaat Analisa.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Material Baja.....	6
2.1.1 Sifat Utama Baja.....	6
2.1.2 Sifat Mekanis Baja.....	7
2.2 Pembebanan.....	8
2.2.1 Beban Mati.....	8
2.2.2 Beban Hidup.....	9
2.2.3 Beban Angin.....	11
2.3 Sambungan.....	11
2.3.1 Sambungan Balok - Kolom.....	12
2.3.2 Sambungan Balok - Balok.....	14

2.3.3 Sambungan Baut.....	15
2.3.4 Sambungan Las.....	15
2.4 Sambungan Dengan Peninggian.....	16
2.4.1 Sambungan Peninggian Sudut.....	16
2.4.2 Sambungan Peninggian Tirus.....	17
2.4.3 Sambungan Peninggian Lengkung.....	18
2.5 Base Plate.....	19
2.6 Metode Analisa LRFD (Load and Resistance Factor Design)...	20
2.6.1 Metode Plastis.....	20
2.6.2 Kombinasi Pembebanan.....	23
2.6.3 Perhitungan Balok.....	24
2.6.4 Perhitungan Kolom.....	27
2.6.5 Perhitungan Sambungan dan Alat Penyambung.....	31
2.6.6 Perhitungan Sambungan Las.....	34
2.6.7 Perhitungan Base Plate.....	34

BAB III METODELOGI

3.1 Pengumpulan Data.....	37
3.1.1 Data Primer.....	37
3.1.2 Data Sekunder.....	37
3.2 Metodologi Yang Digunakan.....	38
3.2.1 Observasi.....	38
3.2.2 Studi Pustaka.....	39
3.3 Analisa / Pengelolaan Data.....	39
3.4 Perhitungan Struktur.....	39
3.5 Gambar Perencanaan.....	40
3.6 Kesimpulan.....	40
3.7 Bagan Alir Analisis.....	41

BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR GABLE FRAME

4.1 Data Perencanaan.....	43
4.2 Panjang Balok Kuda-kuda.....	44

4.3	Pembebanan Pada Gording.....	45
4.3.1	Beban Mati.....	45
4.3.2	Beban Hidup.....	46
4.3.3	Beban Angin.....	48
4.3.4	Beban Hujan.....	48
4.4	Kombinasi Pembebanan.....	59
4.5	Perhitungan Konstruksi Metode LRFD.....	72
4.5.1	Perhitungan momen Portal.....	72
4.5.2	Perhitungan Balok Kolom.....	72
4.6	Perhitungan Sambungan Sudut Metode LRFD.....	84
4.6.1	Perhitungan Balok Kolom.....	84
4.6.2	Sambungan Rafter Tepi.....	85
4.7	Perhitungan Sambungan Tirus Metode LRFD.....	111
4.7.1	Perhitungan Balok Kolom.....	111
4.7.2	Sambungan Rafter Tepi.....	112
4.8	Perhitungan Sambungan Lengkung Metode LRFD.....	128
4.8.1	Perhitungan Balok Kolom.....	128
4.8.2	Sambungan Rafter Tepi.....	129
4.9	Perhitungan Sambungan Rafter Puncak.....	145
4.9.1	Sambungan Rafter Puncak.....	145
4.10	Perhitungan Sambungan Balok-Balok.....	172
4.11	Perhitungan Plat Landas (Base Plate).....	183

BAB V KESIMPULAN

5.1	Kesimpulan.....	189
5.2	Saran.....	189
	Daftar Pustaka.....	191
	Lampiran.....	
	Gambar Kerja.....	

DAFTAR TABEL

2.1 Sifat Mekanis Baja Struktur.....	7
2.2 Berat sendiri bangunan dan komponen gedung.....	9
2.3 Beban Hidup.....	10
2.4 Sifat Mekanis Baja Struktur.....	22
2.5 Batasan Rasio Kelangsingan Kompak.....	26
2.6 Batasan Rasio Kelangsingan Tidak Kompak.....	26
2.7 Batas Lendutan Maksimum.....	27
2.8 Tipe – tipe Baut.....	33
4.1 Pembebanan.....	60
4.2 Kombinasi Pembebanan Gording.....	60
4.3 Batas Lendutan Maksimum.....	64
4.4 Pembagian Beban Kuda-Kuda.....	69
4.5 Kombinasi Pembebanan Kuda-Kuda.....	69
4.6 Tabel Jarak Antar Baut.....	181

DAFTAR GAMBAR

2.1 Sambungan siku rangka-rigid.....	13
2.2 Struktur Gable Frame.....	14
2.3 Model sambungan tepi.....	14
2.4 Model Sambungan Puncak.....	15
2.5 Model sambungan peninggian sudut.....	15
2.6 Model sambungan peninggian tirus.....	18
2.7 Model sambungan peninggian lengkung.....	19
2.8 Penampang Landas Plat dan Notasi.....	19
2.9 Pondasi dengan angkur.....	20
2.10 Nomograf panjang tekuk kolom portal.....	30
2.11 Tata letak baut.....	34

3.1 Struktur portal Gable Frame.....	38
4.1 Struktur Portal Gable Frame.....	44
4.2 Denah Atap Kuda-kuda.....	45
4.3 Skema Pembebanan pada Gording Beban Mati.....	47
4.4 Skema Pembebanan untuk beban mati.....	47
4.5 Skema Pembebanan pada Gording Beban Hidup.....	49
4.6 Skema Pembebanan untuk Beban Hidup.....	49
4.7 Skema Pembebanan pada Gording Beban Angin.....	55
4.8 Skema Pembebanan untuk Beban Angin.....	57
4.9 Skema Pembebanan pada Gording Beban Hujan.....	59
4.10 Skema Pembebanan untuk Beban Hujan.....	60
4.11 Profil Kanal.....	63
4.12 Jarak-jarak Trekstang Pada Gording.....	67
4.13 Gaya Tarik Trekstang.....	67
4.14 Penampang WF.....	73
4.15 Monogram Faktor Panjang Tekuk.....	67
4.16 Jarak Pengaku Stiffner Pada Balok.....	74
4.17 Penamaan Sambungan.....	85
4.18 Skema Penyambungan Kolom Balok.....	85
4.19 Diagram Tegangan Baut.....	89
4.20 Gaya Tarik Pada Baut.....	91
4.21 Diagram Tegangan Baut.....	94
4.22 Gaya Tarik Pada Baut.....	96
4.23 Diagram Tegangan Baut	99
4.24 Gaya Tarik Pada Baut	102
4.25 Las Sudut.....	105
4.26 Penamaan Sambungan.....	112
4.27 Skema Penyambungan Kolom Balok.....	112
4.28 Diagram Tegangan Baut.....	116
4.29 Gaya Tarik Pada Baut	119
4.30 Las Sudut.....	122
4.31 Penamaan Sambungan.....	129

4.32 Skema Penyambungan Kolom Balok.....	129
4.33 Diagram Tegangan Baut.....	133
4.34 Gaya Tarik Pada Baut	136
4.35 Las Sudut.....	140
4.36 Skema Penyambungan Balok Balok.....	145
4.37 Diagram Tegangan Baut.....	149
4.38 Gaya Tarik Pada Baut.....	151
4.39 Diagram Tegangan Baut.....	154
4.40 Gaya Tarik Pada Baut.....	157
4.41 Diagram Tegangan Baut	160
4.42 Gaya Tarik Pada Baut	162
4.43 Las Sudut.....	166
4.44 Skema Penyambungan Balok-Balok.....	172
4.45 Skema Profil Balok.....	172
4.46 Jarak Pada Baut dan Gaya-gaya P.....	181
4.47 Gaya Bekerja Pada Baut.....	182
4.48 Penampang Plat Landas Dan Notasi.....	183
4.49 Pondasi Dengan Angkur.....	184

DAFTAR NOTASI

- E : Modulus Elastisitas Baja
- G : Modulus Geser μ : Angka Poisson (0,26)
- f_y : Tegangan leleh baja
- M_n : Momen lentur nominal (Nmm)
- M_u : Momen lentur akibat beban terfaktor (Nmm)
- ϕ_b : Faktor reduksi untuk lentur (0,9)
- ϕ_c : Faktor reduksi untuk tekan (0,75)
- ϕ_t : Faktor reduksi untuk tarik (0,75)
- D : Beban Mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural)
- L_r : Beban Hidup Atap
- W : Beban angin
- R : Beban hujan
- Z_x : Modulus penampang arah x (mm^3)
- I : Momen inersia profil (mm^4)
- d_T : Tinggi penampang T perlu (mm)
- t_w : Tebal badan balok (mm)
- t_f : Tebal flens penampang (mm)
- $\bar{\sigma}$: Tegangan lentur ijin balok WF (N/mm^2)

- σ_v : Tegangan geser ijin balok *WF* (N/mm²)
- θ : Sudut pemotongan *WF*
- σ_{\max} : Tegangan geser maksimum balok *WF* (N/mm²)
- V_u : Gaya geser yang terjadi (N)
- e : Panjang bidang horizontal (mm)
- s : Jarak antar panel (mm)
- I_g : Momen inersia balok *WF* (mm⁴)
- I_T : Momen inersia penampang T *WF* (mm⁴)
- t_f : Tebal *flens* penampang (mm)
- b_f : Lebar *flens* penampang (mm)
- λ_f : Rasio kelangsingan *flens* (sayap)
- λ_{pf} : Rasio kelangsingan maksimum pada *flens* untuk elemen kompak
- λ_w : Rasio kelangsingan *web* (badan)
- λ_{pw} : Rasio kelangsingan maksimum pada *web* untuk elemen kompak
- A_g : Luas bruto komponen struktur komposit, mm²
- A_{sr} : Luas batang tulangan menerus, mm²
- P_e : Beban tekuk kritis elastis (N)
- A_c : Luas beton (mm²)

- A_s : Luas penampang baja (mm^2)
- M_{nx} : Kuat lentur nominal terhadap sumbu x
- M_{ny} : Kuat lentur nominal terhadap sumbu y
- M_{ux} : Kuat lentur perlu terhadap sumbu x
- M_{uy} : Kuat lentur perlu terhadap sumbu y
- P_n : Kuat aksial nominal
- P_u : Kuat aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, (N)
- ϕ : Faktor reduksi (untuk konektor harga itu dengan tipe kejadian, seperti
0,75 untuk retakan tarik. 0,65 untuk geser pada baut berkekuatan tinggi
dan 0,75 untuk tumpuan baut pada sisi lubang).
- R_n : Kuat nominal baut (N)
- R_u : Beban terfaktor (N)
- S_1 : Jarak baut ke tepi (mm)
- S_2 : Jarak antar baut (mm)
- f_n : Tegangan tarik nominal, f_{nt} , atau tegangan geser, f_{nv} (MPa)
- A_b : Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm^2)
- t_p : Tebal plat (mm)
- d : Diameter baut nominal (mm)

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

n_1 : Jumlah kolom baut

n_2 : Jumlah baris baut

f_u^b : Kuat tarik nominal baut

a : Tinggi penampang tekan

R_{uw} : Beban terfaktor las

R_{nw} : Tahanan nominal per satuan panjang las (N/mm)

t_e : Tebal efektif las (mm)

a : tebal las sudut (mm)

f_{uw} : Kuat tarik las

L_w : Panjang las yang dibutuhkan

N : Panjang *base plate* (mm)

B : Lebar *base plate* (mm)

A_1 : Luas permukaan *base plate* (mm²)

A_2 : Luas permukaan yang ditumpu *base plate* (mm²)

e : Jarak Eksentrisitas Beban (mm)

T_u : Gaya tarik pada angkur

q : Gaya merata pada plat (N/mm)

t_p : Tebal *base plate*

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya bahan bangunan yang banyak dipakai adalah bahan baja, beton, dan kayu. Tetapi dengan semakin majunya teknologi, pembuatan bahan baja sangat banyak digunakan di Indonesia disamping bahan lainnya. Baja dapat digunakan sebagai bahan konstruksi seperti Gedung, Jembatan, dan bentuk-bentuk konstruksi lainnya.

Konstruksi bangunan besar seperti gudang, pabrik memerlukan ruangan yang cukup luas tanpa tiang-tiang penyangga di tengah ruangan, sehingga diperlukan suatu bahan konstruksi yang dapat digunakan untuk bentang yang cukup besar. Dengan demikian penggunaan bahan baja sebagai bahan konstruksi utama sangat ekonomis dan mudah didalam pelaksanaannya dibandingkan dengan bahan konstruksi yang lain. Tetapi sebagai perencana kekuatan dan keamanan adalah prioritas utama selain masalah ekonomis dan estetika struktur yang kita rencanakan. Struktur dinyatakan kuat dan aman apabila struktur tersebut mampu memikul segala gaya, tegangan dan juga lendutan yang timbul akibat pembebanan baik yang bersifat tetap ataupun sementara.

Suatu sambungan berfungsi untuk memindahkan gaya – gaya yang bekerja pada elemen – elemen struktur yang disambung. Sambungan dibuat karena keterbatasan bahan yang tersedia di pasaran dan juga untuk kemudahan pemasangan dilapangan serta kemudahan dalam hal pengangkutan. Misalkan saja akan dibuat suatu struktur rangka gading – gading kap terbuat dari baja profil

siku, maka tidak mungkin melaksanakannya secara langsung dilapangan karena tidak akan ekonomis, tetapi akan lebih hemat jika terlebih dahulu merakitnya di pabrikasi (*bengkel/workshop*), baru selanjutnya tinggal menyambungkan pada kolom – kolom dilapangan.

Konstruksi Gable Frame sering kali digunakan sebagai konstruksi bangunan gudang dan pabrik dan didalam perencanaan tampak yang digunakan untuk konstruksi baja tersebut kita mengenal tiga macam analisa yaitu secara Elastis ASD (Allowable Stress Design), secara Plastis dan secara LRFD (Load Resistance Factor Design). Di Indonesia kita dapat menggunakan spesifikasi LRFD ini didasarkan atas studi – studi statistik mengenai beban dan resistensi struktur baja yang terkena berbagai efek beban seperti momen lentur, geser, gaya aksial, dan momen puntir. Dengan pembahasan yang rasional atau beban dan resistensi, dapat kita peroleh hasil berupa struktur baja dengan keamanan keseluruhan yang baik.

Berdasarkan hal – hal yang di sebutkan diatas, maka penulis mencoba alternatif studi “**Studi Perbandingan Model Sambungan Dengan Peninggian Pada Struktur *Gable Frame* Di Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang**”.

1.2 Identifikasi Masalah

Tugas akhir ini dibuat berdasarkan data yang diperoleh dilapangan. Proyek yang digunakan oleh penulis adalah pembangunan di Pasar Baru Kabupaten Lumajang.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, perlu dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

- Berapa perbandingan jumlah baut yang dibutuhkan antara sambungan sudut, tirus, dan lengkung ?
- Berapa perbandingan jarak baut yang dibutuhkan antara sambungan sudut, tirus, dan lengkung ?
- Berapa perbandingan panjang peninggian yang dibutuhkan antara sambungan sudut, tirus, dan lengkung ?

1.4 Maksud dan Tujuan

Penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk membahas mengenai perencanaan model sambungan pada struktur Gable Frame dengan menggunakan sambungan baut dan sambungan las.

Adapun tujuannya adalah untuk :

1. Mengetahui jumlah baut yang dibutuhkan antara sambungan sudut, tirus, dan lengkung.
2. Mengetahui perbandingan jarak baut yang dibutuhkan antara sambungan sudut, tirus, dan lengkung.
3. Mengetahui panjang peninggian yang dibutuhkan antara sambungan sudut, tirus, dan lengkung.

1.5 Batasan Masalah

Agar masalah yang dibahas dalam tulisan ini mengarah kepada tujuan yang relevan dengan judulnya, maka perlu diadakan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Menghitung jumlah baut antara sambungan sudut, tirus, dan lengkung.
2. Menghitung panjang las yang dibutuhkan antara sambungan sudut, tirus, dan lengkung.
3. Menghitung panjang peninggian yang dibutuhkan antara sambungan sudut, tirus, dan lengkung.

Sedangkan untuk peraturan yang dipakai sebagai acuan penulis dalam perencanaan struktur *Gable Frame* ini adalah :

1. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 2013.
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, (SNI 03 – 1729 – 2013).
3. AISC, *Manual of Steel Construction*, Thirteenth Edition, 2005, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago.
4. AISC, LRFD, *Manual of Steel Construction*, second Edition, 1994, (*volume I : Structural Member, Specification, And Codes ; volume II : Connections*) American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago.
5. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729 : 2015).
6. Struktur Baja “Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010.

1.6 Manfaat Analisa

Studi analisa ini dilakukan dengan harapan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan suatu hasil analisa dengan perbandingan model sambungan Peninggian Sudut, Sambungan Peninggian Tirus, dan Sambungan Peninggian Lengkung sehingga dapat di pilih salah satu dari ketiganya mana yang lebih cocok untuk diterapkan pada pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang.
2. Memberikan informasi tentang sejauh mana perbedaan hasil dari perhitungan dengan perbandingan tiga model sambungan dengan peninggian yang berbeda pada struktur baja dengan model Gable Frame pada pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Material Baja

2.1.1. Sifat Utama Baja

Pemilihan akan bahan baja disebabkan dari keunggulan atau sifat umum dari baja itu sendiri, dimana tergantung dari bermacam – macam logam campuran dan proses pengerjaannya. Beberapa sifat umum dari baja :

(Ir. Sudirman Indra, MSc. Baja 1: 6)

1. Keteguhan (Solidity)

Yaitu batas dari tegangan dalam dimana perpatahan mulai berlangsung, dapat dikatakan pula sebagai daya perlawanan baja terhadap tarikan, tekanan dan lentur.

2. Elastisitas (Elasticity)

Yaitu kesanggupan dalam batas – batas pembebanan tertentu dan apabila sesudahnya pembebanan ditiadakan akan kembali ke bentuk semula.

3. Kekenyalan atau keliatan (Tenacity)

Merupakan kemampuan baja untuk menyerap energi mekanis atau kesanggupan untuk menerima perubahan – perubahan bentuk yang besar tanpa menderita kerugian berupa cacat – cacat atau kerusakan yang terlihat dari luar, dan dalam jangka pendek sebelum patah masih merubah bentuk.

4. Kemungkinan ditempa (Malleability)

Dalam keadaan pijar baja menjadi lembek dan plastis tanpa merugikan sifat – sifat keteguhannya sehingga dapat berubah bentuknya dengan baik.

5. Kemungkinan Dilas (Weldebility)

Sifat dalam keadaan panas digabungkan satu dengan yang lain dengan memakai atau tidak memakai bahan tambahan, tanpa merugikan sifat – sifat keteguhan.

6. Kekerasan (Hardness)

Adalah kekuatan melawan terhadap masuknya benda lain kedalamnya.

2.1.2 Sifat Mekanis Baja

Modulus Elastisitas Baja	:	E	= 2.1 x 10 ⁵ MPa
Modulus geser	:	G	= 80.000 MPa
Nisbah poisson	:	μ	= 0,3
Koefisien pemuaian	:	α	= 12 x 10 ⁻⁶ / °C

Tabel 2.1 Sifat Mekanis Baja Struktur

Mutu Baja	Tegangan Putus Minimum Fu (Mpa)	Tegangan Leleh Minimum Fy (Mpa)	Peregangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, ITB Bandung 2000)

2.2 Pembebanan

Pembebanan pada struktur bangunan merupakan salah satu hal yang terpenting dalam perencanaan sebuah gedung. Kesalahan dalam perencanaan beban atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu sangat penting bagi kita untuk merencanakan pembebanan pada struktur bangunan dengan sangat teliti agar bangunan yang didesain tersebut nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan. Beban adalah sekelompok gaya yang akan bekerja pada suatu luasan struktur. Setiap struktur yang akan direncanakan sebenarnya telah ditentukan oleh kode – kode pembebanan yang telah ditetapkan berupa standar nasional Indonesia (SNI).

2.2.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan, *finishing*, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut.

Beban mati yang di perhitungkan terdiri dari :

- a. Berat kolom sendiri.
- b. Berat sendiri balok induk, balok *sloof*, balok anak, balok ring.
- c. Berat dinding *precast*.
- d. Berat pelat lantai.
- e. Berat penutup lantai.

Besarnya beban mati pada suatu gedung dapat di lihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2 Berat sendiri bangunan dan komponen gedung

NO	Bahan Bangunan	Berat Sendiri (Kg/m ³)
1	Baja	7850
2	Batu alam	2600
3	Batu belah, batu bulat, atau batu gunung(berat tumpuk)	1500
4	Batu karang (berat tumpuk)	700
5	Batu pecah	1450
6	Besi tuang	7250
7	Beton	2200
8	Beton bertulang	2400
9	Kayu (kelas I)	1000
10	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa ayak)	1650
11	Pasangan bata merah	1700
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200
13	Pasangan batu cetak	2200
14	Pasangan batu karang	1450
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600
16	Pasir (jenuh air)	1800
17	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850
18	Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000
20	Timah hitam (timbel)	11400

(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, ITB Bandung 2000*)

2.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah atau beban akibat air hujan pada atap.

Tabel 2.3 Beban Hidup

Beban Hidup	Kg/m ²
a. Lantai dan tangga, kecuali yang di sebut dalam (b)	200
b. Lantai dan rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting, yang bukan untuk toko atau ruang kerja	125
c. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250
d. Lantai ruang olahraga	400
e. Lantai ruang dansa	500
f. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang di sebut dalam (a) s/d (e), seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop, dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400
g. Panggung penonton tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500
h. Tangga, bordes tangga, lantai, dan gang dari ruang-ruang yang disebut dalam poin (c)	300
i. Tangga, bordes tangga, lantai, dan gang dari ruang-ruang yang disebut dalam poin (d), (e), (f) dan (g)	500
j. Lantai ruang pelengkap dari ruang-ruang yang di sebut (c), (d), (e), (f), dan (g)	250
k. Lantai untuk : pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400
l. Lantai gedung parkir bertingkat :	
- Untuk lantai bawah	800
- Untuk lantai tingkat lainnya	400
m. Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, ITB

Bandung 2000)

2.2.3 Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada bangunan atau bagiannya karena adanya selisih tekanan udara (hembusan angin kencang). Beban angin ini ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan angin), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang bangunan yang ditinjau. Beban angin merupakan beban yang bekerja horisontal / tegak lurus terhadap tinggi bangunan. Untuk gedung – gedung yang dianggap tinggi angin harus diperhitungkan bebannya karena berpengaruh terhadap story drift/simpangan gedung dan penulangan geser. Besarnya beban angin yang bekerja pada struktur bangunan tergantung dari kecepatan angin, rapat massa udara, letak geografis, bentuk dan ketinggian bangunan, serta kekakuan struktur. Bangunan yang berada pada lintasan angin, akan menyebabkan angin berbelok atau dapat berhenti. Sebagai akibatnya, energi kinetik dari angin akan berubah menjadi energi potensial, yang berupa tekanan atau hisapan pada bangunan.

2.3 Sambungan

Sambungan mempunyai peran penting pada setiap struktur, baik dalam desain elastis maupun plastis. Karena suatu keruntuhan struktur lebih sering diakibatkan oleh sambungan daripada oleh batang itu sendiri. Dalam desain plastis, sambungan harus memungkinkan suatu struktur untuk mencapai kapasitas momen plastis penampangnya. Telah kita ketahui bahwa momen plastis sering terletak pada pertemuan dua batang atau lebih. Hal ini dapat dicapai dengan adanya teknik penyambungan modern, baik dengan menggunakan las, las sebagian, baut, ataupun paku keling.

2.3.1 Sambungan Balok - Kolom

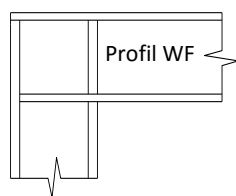
Pada sambungan Kolom ke Balok adalah menjadi tujuan desain untuk membuat transfer momen secara penuh dan sedikit atau tidak ada rotasi relatif dari batang–batang yang disambungkan tersebut, Pertimbangan desain yang utama adalah pada cara mentranmisikan beban–beban terpusat yang disebabkan gaya flens pada balok ke kolom disebelahnya. Pelat badan mungkin tidak mampu menerima beban tekan dari suatu flens balok tanpa adanya pengaku tambahan, sedangkan flens suatu kolom dapat memiliki deformasi yang berlebihan akibat gaya tarik dari suatu flens balok.

Dalam perencanaan suatu sambungan yang layak seharusnya sambungan dapat :

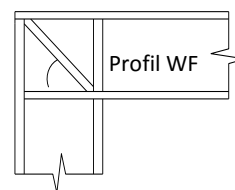
- a. Menstransfer momen ujung antara balok dan kolom
- b. Menstransfer geser ujung balok ke dalam kolom
- c. Menstransfer geser pada bagian atas kolom ke balok

Tiga macam keruntuhan suatu struktur pada daerah sambungan yaitu :

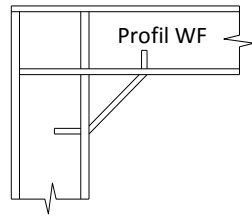
1. Keruntuhan pada daerah tekan, terjadi karena plastifikasi lokal web dan tekuk lokal web.
2. Keruntuhan pada daerah tarik, terjadi karena plastifikasi flens (sayap).
3. Keruntuhan akibat geser, terjadi pada web.



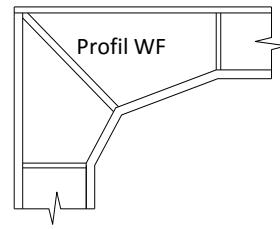
(a) sambungan siku tanpa pengaku



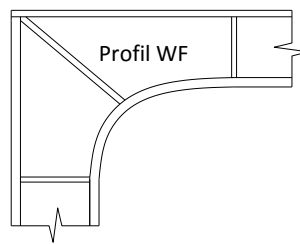
(b) sambungan siku dengan pengaku



(c) sambungan siku dengan pengaku lateral



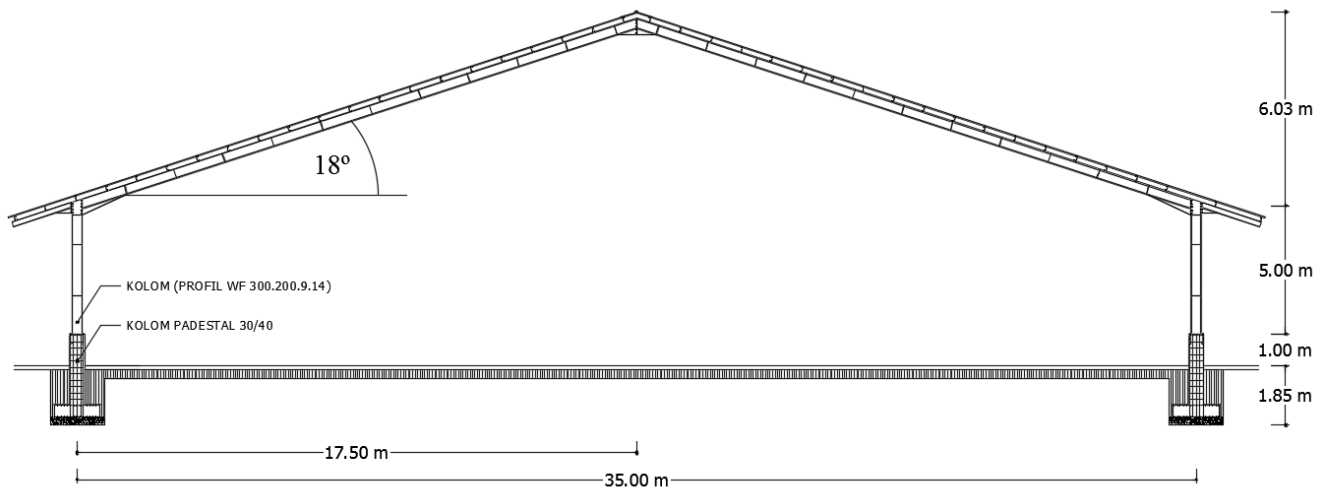
(d) sambungan siku dengan peninggian lurus (tirus)



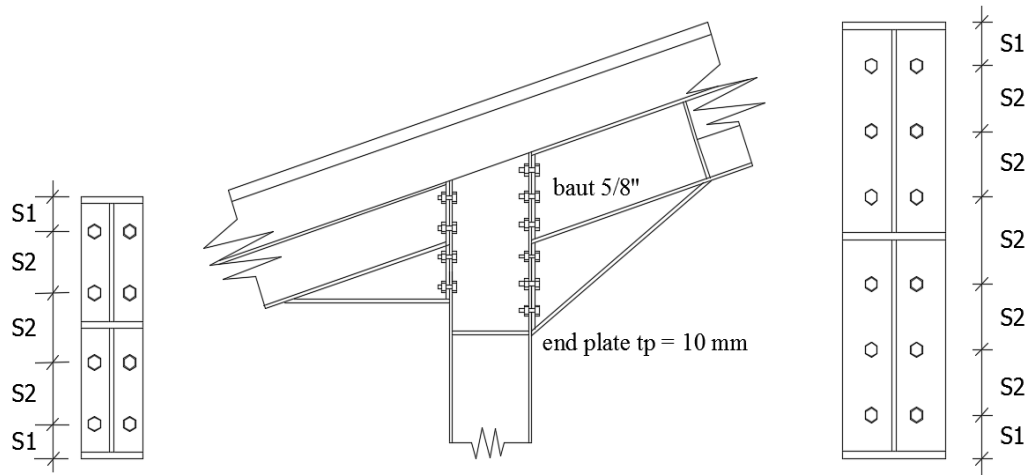
(e) sambungan siku dengan peninggian lengkung

(Struktur Baja 2; Charles G. Salmon; 13.8.1 hal.113)

Gambar 2.1 Sambungan siku rangka-rigid



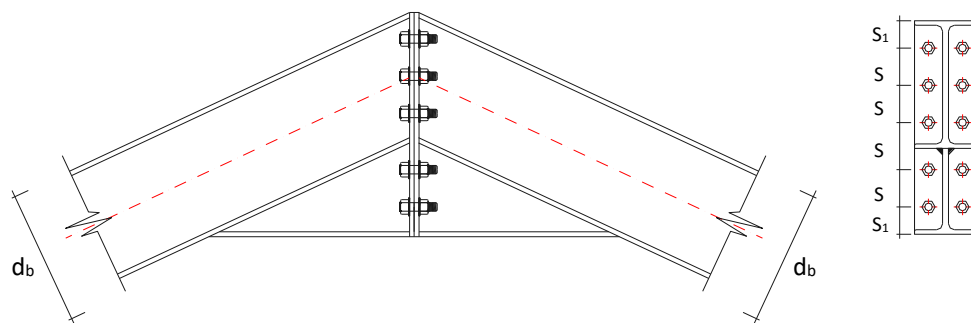
Gambar 2.2 Struktur Gable Frame



Gambar 2.3 Model sambungan tepi (sambungan kolom-balok)

2.3.2 Sambungan Balok – Balok

Pada Sambungan Balok ke Balok adalah menjadi tujuan desain untuk membuat transfer momen secara penuh dan sedikit atau tidak ada rotasi relatif dari batang-batang yang disambungkan tersebut, Pertimbangan desain yang utama adalah pada cara mentranmisikan beban-beban terpusat yang disebabkan gaya flens pada balok ke balok.



Gambar 2.4 Model sambungan puncak (sambungan balok-balok)

2.3.3 Sambungan Baut

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang disamping las yang cukup populer adalah baut terutama baut mutu tinggi. Baut mutu tinggi menggeser penggunaan paku keling sebagai alat pengencang karena beberapa kelebihan yang dimilikinya dibanding kan paku keling, seperti penggunaan tenaga kerja yang lebih sedikit, kemampuan menerima gaya yang lebih besar dan secara keseluruhan dapat menghemat biaya konstruksi. Selain mutu tinggi, ada pula baut mutu normal A 307 terbuat dari baja kadar karbon rendah.

Dua tipe dasar baut mutu tinggi yang di standarkan ASTM adalah tipe A325 dan A490. Baut ini mempunyai kepala berbentuk segi enam, baut A325 terbuat dari baja karbonyang memiliki kuat leleh 560 – 630 MPa sedangkan baut A490 yang terbuat dari baja alloy dengan kuat leleh 790 – 900 MPa.

2.3.4 Sambungan Las

Pengelasan adalah suatu proses penyambungan bahan logam yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasinya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi. Meskipun pemakaian las sudah sering dijumpai, akan tetapi pemakaian las dalam bidang konstruksi masih terbilang baru, hal ini antara lain disebabkan pemikiran para ahli mengenai beberapa kerugian las yaitu bahwa las dapat mengurangi tahanan lelah bahan (*fatigue strenght*) dibanding paku keling dan mereka juga berpendapat tidak mungkin untuk memastikan kualitas las yang baik.

2.4 Sambungan Dengan Peninggian

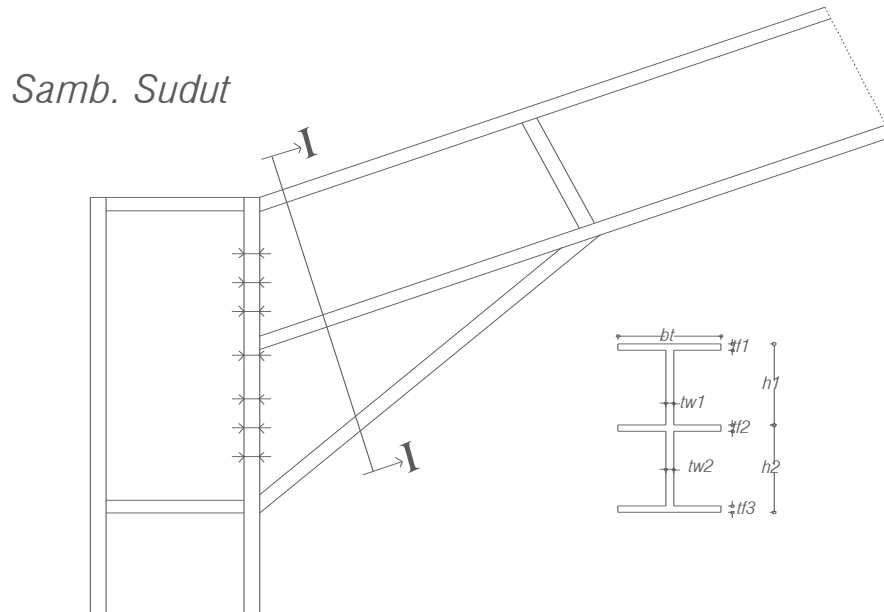
Dalam desain elastis, sambungan peninggian (haunched connections) diperlukan untuk menyesuaikan penampang terhadap bentuk bidang momennya agar dapat menghasilkan desain yang lebih ekonomis. Demikian jenis sambungan ini juga dimaksudkan untuk memperkecil ukuran batang dan menghemat biaya bahan. Akan tetapi, karena umumnya biaya pembuatan (biaya fabrikasi) sambungan ini cukup mahal, penghematan tersebut akan tereliminasi.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, ternyata sambungan ini mempunyai kekuatan yang cukup baik, walaupun terlihat adanya kekurangan dalam kapasitas rotasinya. Kekurangan ini sering dapat menimbulkan tekuk lateral pada bagian sayap tekan sebelum kondisi desain plastis harus memenuhi syarat kekuatan maupun ketahanan terhadap bahaya tekuk semacam itu agar dapat memungkinkan terbentuknya sendi plastis pada ujung peninggian tersebut.

2.4.1 Sambungan Peninggian Sudut Lurus

Sambungan Peninggian Sudut Lurus (straight corner connections) dibentuk dari pertemuan langsung dua batang. Pada suatu sambungan, gaya – gaya bagian sayap (flange) yang berasal dari momen dialihkan ke pelat badan sambungan sebagai geser V . Disamping itu, terdapat pula gaya geser vertical pada balok (V_b), dan gaya geser horizontal pada kolom (V_c), yang juga akan dialihkan ke pelat badan sambungan. Umumnya besar gaya – gaya geser ini cukup kecil dibandingkan dengan gaya geser yang berasal dari momen. Bahkan pada sambungan sudut yang sederhana, gaya – gaya tersebut berlawanan tanda dan cenderung mengurangi gaya geser actual yang ada pada sambungan. Analisis

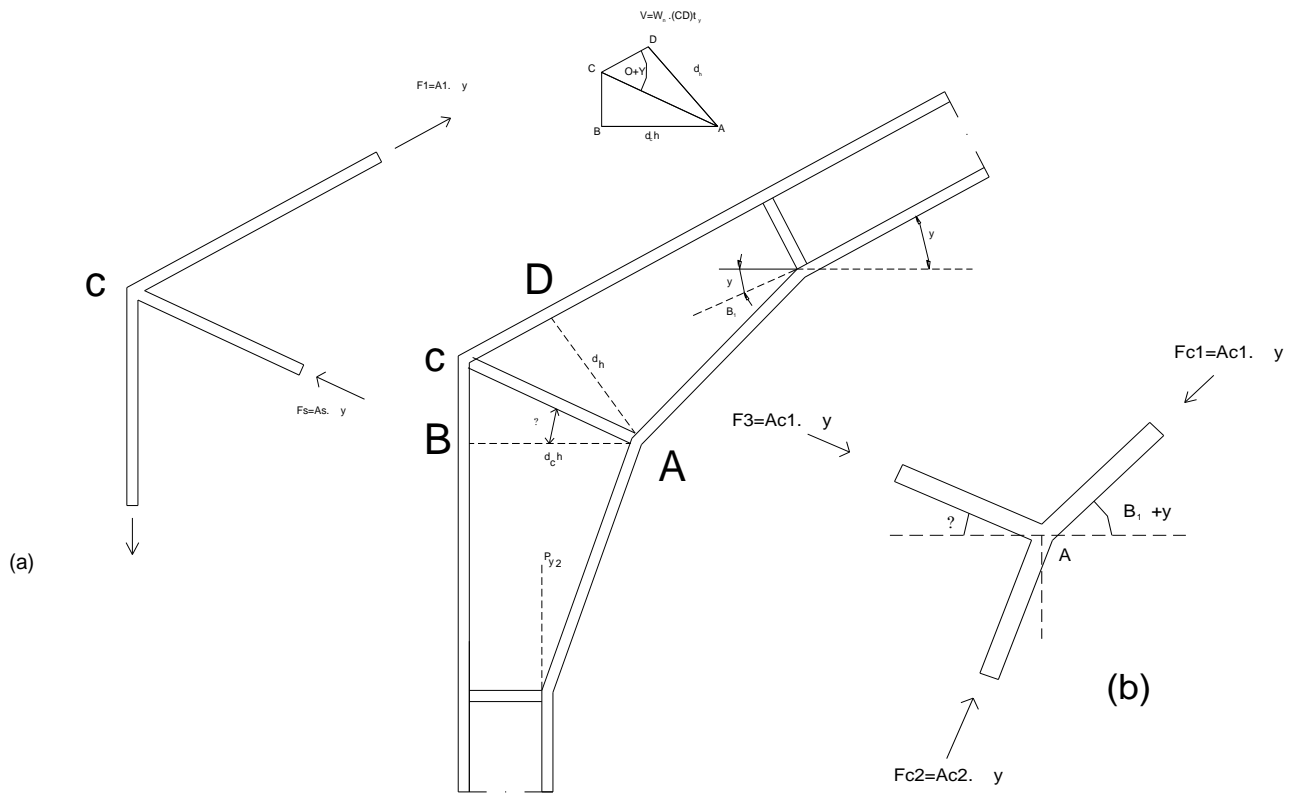
berikut ini hanya akan meninjau gaya geser yang berasal dari momen yang bekerja pada pelat badan sambungan.



Gambar 2.5 Model Sambungan Peninggian Sudut

2.4.2 Sambungan Peninggian Tirus

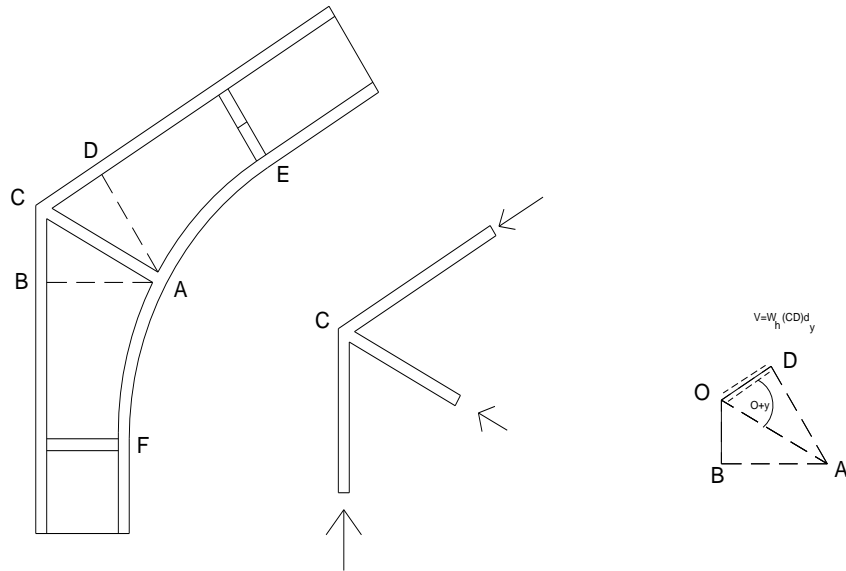
Sambungan Peninggian Tirus (tapered haunch connections). Biasanya, sambungan ini sebelah luar yang sejajar dengan sumbu portal, sedangkan bagian sayap sebelah luar yang sejajar dengan sumbu portal, seakan bagian sayap sebelah dalam membentuk sudut terhadap sumbu portal. Tebal pelat badan dan lebar sayap peninggian tersebut di buat sama dengan dimensi batang yang disambung. Tebal bagian sayap bawah dari peninggian harus diperbesar agar komponen horizontal T_c menjadi sama dengan gaya yang dilimpahkan oleh sayap bawah balok. Perbandingan tebal sayap (flange) ini haruslah sebesar $t / \cos \beta$.



Gambar 2.6 Model Sambungan Peninggian Tirus

2.4.3 Sambungan Peninggian Lengkung

Sambungan peninggian lengkung (curved haunch connections). Dalam uraian ini diasumsikan bahwa momen plastis terletak pada balok yang di sambung, dan penampang kritis ($x - x$) terletak pada jarak c atau sebesar sudut β dari potongan ($2 - 2$). Besarnya sudut untuk sebagian besar peninggian lengkung berkisar $12^{\circ(2,4)}$.

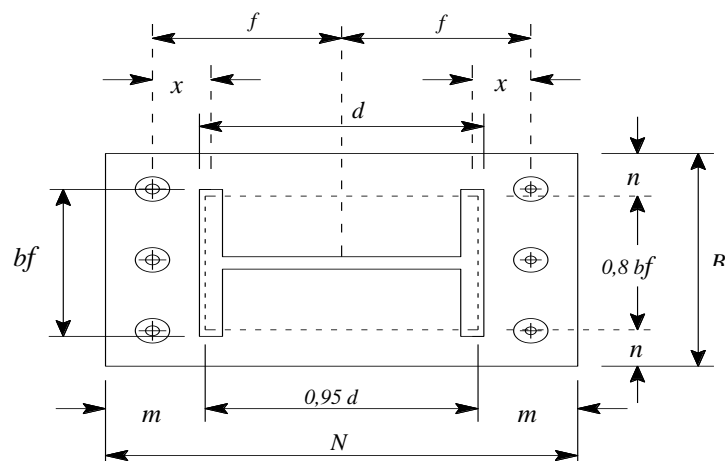


Gambar 2.7 Model Sambungan Lengkung

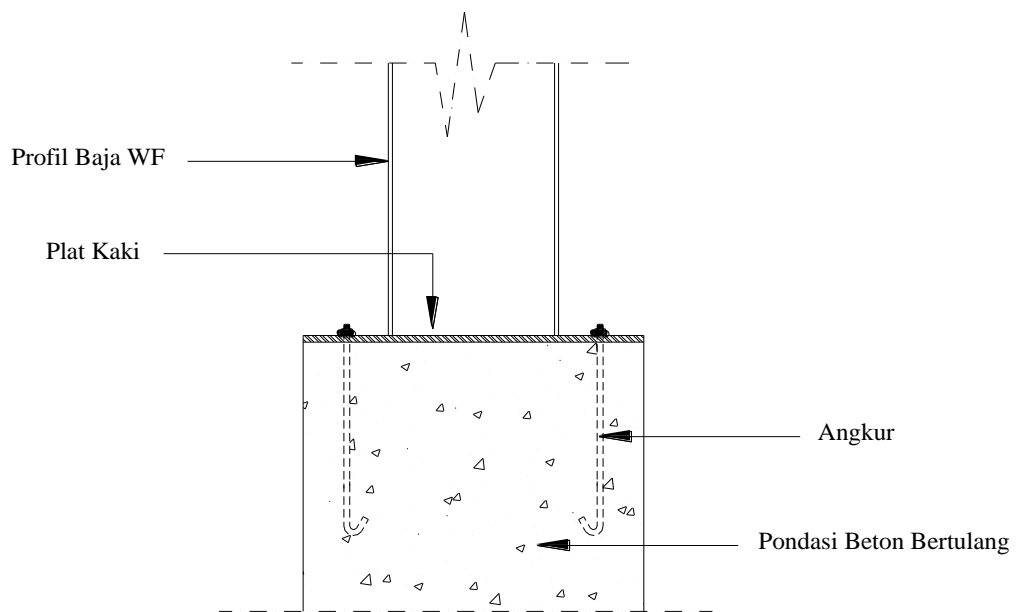
2.5 Base Plate

Base Plate sebagai desain penghubung antara kolom baja dan pondasi beton. Ada 2 type perletakan :

1. Sendi => Baut angkur tidak memikul momen, hanya memikul tekan / tarik.
2. Jepit => Sebagian baut angkur memikul tarik akibat momen dan yang lainnya memikul tekan.



Gambar 2.8. Penampang Landas Plat dan Notasi



Gambar 2.9. Pondasi Dengan ankur

2.6 Metode Analisa (*Load and Resistance Factor Design*)

2.6.1 Metode Plastis

Pendekatan umum berdasarkan faktor daya tahan dan beban, atau disebut dengan *Load Resistance Design Factor* (LRFD) ini adalah hasil penelitian dari *Advisory Task Force* yang dipimpin oleh T. V. Galambos. Pada metode ini diperhitungkan mengenai kekuatan nominal M_n penampang struktur yang dikalikan oleh faktor pengurangan kapasitas (*under-capacity*) ϕ , yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidak-pastian dalam besarnya daya tahan (*resistance uncertainties*). Selain itu diperhitungkan juga faktor gaya dalam *ultimite* atau M_u , dengan kelebihan beban (*overload*) γ (bilangan yang lebih besar dari 1,0) untuk menghitung ketidak-pastian dalam analisa struktur dalam

menahan beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), angin (*wind*), dan gempa (*earthquake*).

Struktur harus selalu direncanakan memikul beban yang lebih besar daripada yang diperkirakan dalam pemakaian normal. Kapasitas cadangan ini disediakan terutama untuk memperhitungkan kemungkinan beban yang berlebihan. Selain itu, kapasitas cadangan juga ditujukan untuk memperhitungkan kemungkinan pengurangan kekuatan penampang struktur. Penyimpangan pada dimensi penampang walaupun masih dalam batas toleransi bisa mengurangi kekuatan. Terkadang penampang baja mempunyai kekuatan leleh sedikit di bawah harga minimum yang ditetapkan, sehingga juga mengurangi kekuatan.

Kelebihan beban dapat diakibatkan oleh perubahan pemakaian dari yang direncanakan untuk struktur, penapsiran pengaruh beban yang terlalu rendah dengan penyederhanaan perhitungan yang berlebihan, dan variasi dalam prosedur pemasangan. Biasanya perubahan pemakaian yang drastis tidak ditinjau secara eksplisit atau tidak dicakup oleh faktor keamanan, namun prosedur pemasangan yang diketahui menimbulkan kondisi tegangan tertentu harus diperhitungkan secara eksplisit.

Secara umum, persamaan untuk persyaratan keamanan dapat ditulis sebagai berikut : (*Struktur Baja “ Desain dan perilaku : C.G Salmon, John E Johnson hal 28*)

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i$$

Dimana :

- ϕ = Faktor resistensi; factor reduksi
- R_n = Kekuatan nominal
- γ_i = Faktor- factor kelebihan beban
- Q_i = Beban

Dimana ruas kiri mewakili resistensi, atau kekuatan dari komponen atau struktur, sedangkan sisi kanan mewakili beban yang diharapkan akan ditanggung. Pada sisi kekuatan, harga nominal resistensi R_n dikalikan dengan faktor resistensi (reduksi kekuatan) ϕ untuk mendapatkan kekuatan desain (*disebut juga kekuatan yang dapat digunakan* atau *resistensi yang dapat digunakan*). Pada sisi beban Q_i dikalikan dengan faktor-faktor kelebihan beban γ_i , untuk mendapatkan jumlah beban-beban terfaktor ($\sum \gamma_i Q_i$). Nilai faktor mungkin saja berlainan untuk masing-masing tipe beban Q yang bekerja seperti beban mati (D), beban hidup (L), beban angin (W), beban gempa (E).

Tabel 2.4 Sifat Mekanis Baja Struktur

Kuat rencana untuk	Faktor reduksi (ϕ)
Komponen struktur yang memikul lentur :	
• Balok	0,90
• Balok plat berdinding penuh	0,90
• Plat badan yang memikul geser	0,90
• Plat badan pada tumpuan	0,90
• Pengaku	0,90
Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial :	
• Kuat penampang	0,85
• Kuat komponen struktur	0,85

Kuat rencana untuk	Faktor reduksi (ϕ)
Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial : <ul style="list-style-type: none"> • Terhadap kuat penampang • Terhadap kuat tarik fraktur 	0,90 0,75
Komponen struktur yang memikul aksi-aksi kombinasi ; <ul style="list-style-type: none"> • Kuat lentur atau geser • Kuat tarik • Kuat tekan 	0,90 0,90 0,85
Komponen struktur komposit : <ul style="list-style-type: none"> • Kuat tekan • Kuat tumpu beton • Lentur dengan distribusi tegangan plastis • Lentur dengan distribusi tegangan elastis 	0,85 0,60 0,85 0,90
Sambungan baut : <ul style="list-style-type: none"> • Baut yang memikul geser • Baut yang memikul tarik • Baut yang memikul kombinasi geser dan tarik • Lapis yang memikul tumpu 	0,75 0,75 0,75 0,75
Sambungan las : <ul style="list-style-type: none"> • Las tumpul penetrasi penuh • Las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian • Las pengisi 	0,90 0,75 0,75

(sumber :Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan Metode LRFD hal 14)

2.6.2 Kombinasi Pembebanan

Spesifikasi LRFD menggunakan tujuh kombinasi beban terfaktor yang diberikan dalam persamaan berikut : (Menurut SNI 1727 : 2013)

1) $1,4 D$

- 2) $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- 3) $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
- 4) $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- 5) $1,2 D + 1,0 E + L + 0,2 S$
- 6) $0,9 D + 1,0 W$
- 7) $0,9 D + 1,0 E$

Dimana :

- D = Beban Mati
- L = Beban Hidup
- L_r = Beban Hidup Atap
- W = Beban angin
- S = Beban salju
- E = Beban gempa
- R = Beban air hujan atau beban es

2.6.3 Perhitungan Balok

Persyaratan keamanan untuk balok pada desain faktor beban dan resistensi menurut LRFD dapat dinyatakan sebagai : (*Charles G. Salmon John E. Johnson hal. 425*)

$$\phi_b M_n \geq M_u$$

Dimana :

- ϕ_b : Faktor resistensi (reduksi kekuatan) untuk lentur = 0,90
- M_n : Kekuatan momen nominal
- M_u : Momen beban layan terfaktor

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

1. Penampang Kompak : $\lambda < \lambda_p$
2. Penampang tidak Kompak : $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$
3. Penampang langsing : $\lambda > \lambda_r$

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

$$M_n = M_p = Z \cdot f_y$$

Dimana :

M_p : Momen tahanan plastis

Z : Modulus plastis

f_y : Kuat leleh

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang tidak kompak pada saat $\lambda = \lambda_r$ adalah :

$$M_n = M_r = (f_y - f_r) \cdot S$$

Dimana :

f_y : Kuat leleh

f_r : Tegangan sisa (*residu*)

S : Modulus penampang

Besarnya tegangan sisa $f_r = 70$ MPa untuk penampang gilas panas, dan 115 MPa untuk penampang yang dilas. Bagi penampang yang tidak kompak yang mempunyai $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$, maka besarnya tahanan momen nominal dicari dengan melakukan interpolasi linier, sehingga diperoleh :

$$M_n = \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} M_p + \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} M_r$$

Dimana :

λ : Kelangsingan penampang balok ($b/2.t_f$)

λ_r, λ_p : Dapat dilihat di tabel 75-1 peraturan baja atau tabel 2.2

Tabel 2.5 Batasan Rasio Kelangsingan λ_p untuk penampang kompak

[Modulus Elastisitas Baja, E = 200.000 MPa]			
Tegangan Leleh (MPa)	Tekuk Lokal Flans $\frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$	Tekuk Lokal Web $\frac{h}{t_w} = \frac{1650}{\sqrt{f_y}}$	Tekuk Torsi Lateral $\frac{L}{r_r} = \frac{790}{\sqrt{f_y}}$
210	11,73	115,93	54,52
240	10,97	108,44	50,99
250	10,75	106,25	46,96
290	9,98	98,65	46,39
410	8,40	82,97	39,02

(Sumber; *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II*, Agus Setiawan, hal:184)

Tabel 2.6 Batasan Rasio Kelangsingan λ_r untuk penampang tidak kompak

[Modulus Elastisitas Baja, E = 200.000 MPa]		
Tegangan Leleh f_y (MPa)	Tekuk Lokal Flans $\frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$	Tekuk Lokal Web $\frac{h}{t_w} = \frac{2250}{\sqrt{f_y}}$
210	2,64	175,97
240	2,18	164,60
250	2,06	161,28
290	1,68	149,74

410	1,09	125,94
-----	------	--------

(Sumber; *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal:186*)

Batas-batas lendutan untuk keadaan kemampuan layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebanan ,serta elemen-elemen yang didukung oleh struktur tersebut. Batas lendutan maksimum diberikan dalam tabel. (Sumber; *SNI 03-1729-2002, hal.35*)

Tabel 2.7 Batas Lendutan Maksimum

Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor	Beban tetap	Beban sementara
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	$L/360$	-
Balok biasa	$L/240$	-
Kolom dengan analisis orde pertama saja	$h/500$	$h/200$
Kolom dengan analisis orde dua	$h/300$	$h/200$

dimana : L = panjang balok
 h = tinggi kolom

2.6.4 Perhitungan Kolom

Dari mekanika bahan dasar diketahui bahwa hanya kolom yang sangat pendek saja yang dapat dibebani sampai ke tegangan lelehnya. Situasi yang umum, yakni tekukan (buckling) atau lenturan tiba-tiba akibat ke tidak stabilan terjadi sebelum tercapainya kekuatan penuh material elemen yang bersangkutan. Dengan demikian, untuk desain elemen-elemen tersebut dalam struktur baja, diperlukan pengetahuan yang mendalam mengenai elemen batang tekan.

Teori kekuatan elemen tekan dikenalkan oleh *Leonard Euler*. Suatu batang tekan yang semula lurus mendapat pembebanan konsentrik, dimana semula semua serat dalam keadaan elastis sampai terjadi tekukan. Meskipun Euler membahas

tentang batang yang terjepit pada salah satu ujungnya dan bertumpuan sederhana pada ujung lainnya, logika yang sama juga dapat diterapkan pada kolom berujung sendi. Karena memiliki perlawanan rotasional ujung sama dengan nol, batang itu menjadi batang dengan kekuatan tekuk kecil.

Untuk beban Euler pada kolom dengan kedua ujung sendi besarnya adalah; (*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, hal: 317*)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L_k^2} \text{ dengan } I = r^2 \cdot A_g$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E A_g}{(L_k / r)^2}$$

Dimana :

E : Modulus elastisitas (kg/cm²) L_k : Panjang tekuk kolom (cm)

I : Momen inersia (cm⁴) π : Phi (3,14)

Untuk menentukan kekutan kolom dasar, beberapa kondisi perlu diasumsikan bagi sebuah kolom ideal. Sedangkan materialnya dapat diasumsikan bahwa terdapat sifat tegangan-tegangan tekan yang sama di seluruh penampang, tidak terdapat tegangan interval awal seperti yang terjadi karena pendinginan setelah penempaan atau pengelasan. Mengenai bentuk dan kondisi ujung, dapat diasumsikan bahwa kolom tersebut lurus dan prismatic sempurna, resultan beban bekerja melalui sumbu sentroid elemen tekan sampai elemen tekan tersebut melentur. Kondisi ujung harus ditentukan sehingga dapat panjang ujung jepit ekuivalennya. Kemudian asumsi lebih lanjut tentang tekuk, seperti teori defleksi kecil pada problema lentur biasa dapat diberlakukan dan gaya geser dapat diabaikan, serta puntiran atau distorsi penampang lintang tidak

terjadi selama lenturan. Untuk itu kekuatan sebuah kolom dapat diwujudkan sebagai; (*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, hal: 318*)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = A_g = F_{cr} \cdot A_g$$

Dimana :

E : Modulus elastisitas (kg/cm²)

KL/r : Rasio kerampingan efektif (panjang sendi ekuivalen)

K : Faktor panjang efektif

L : Panjang batang yang ditinjau (cm)

A_g : Luas penampang kotor (cm²)

I : Momen inersia (cm⁴)

r : Radius girasi = $\sqrt{I/A_g}$

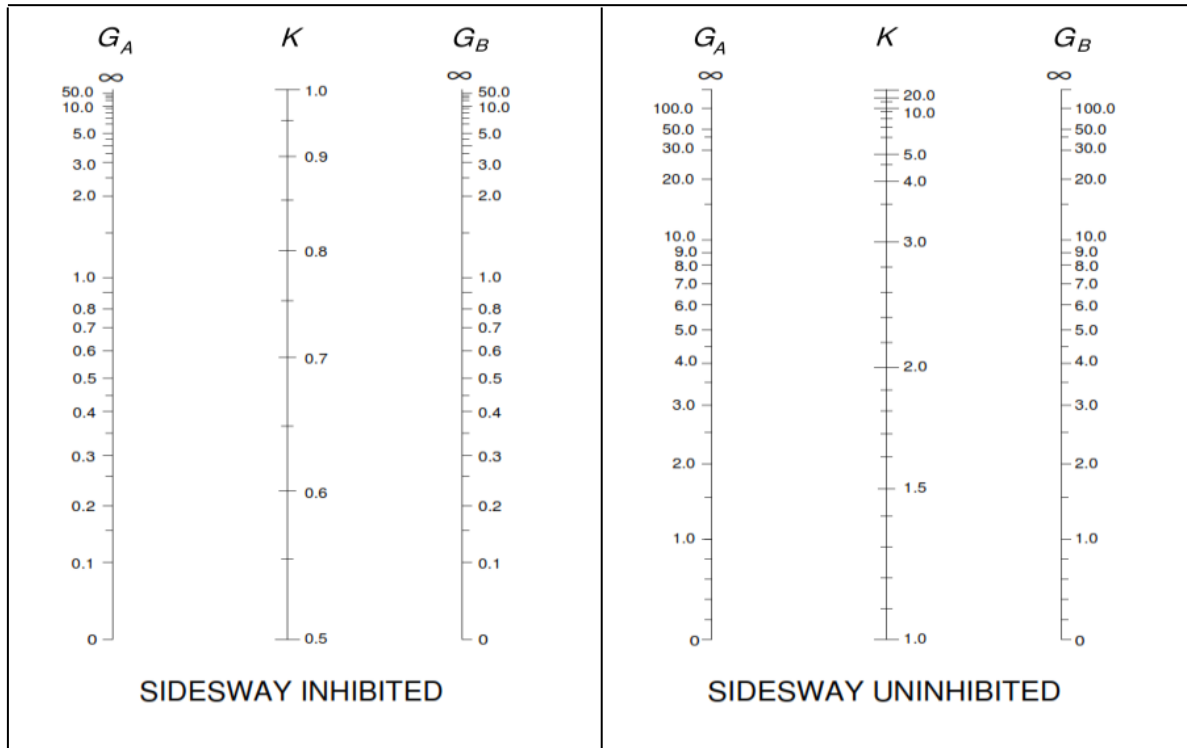
Kekuatan kolom mengasumsikan ujung sendi di mana tidak ada kekangan rotasional momen. Kekangan momen nol pada ujung merupakan situasi paling lemah untuk batang tekan yang salah satu ujungnya tidak dapat bergerak transversal relatif terhadap ujung lainnya. Untuk kolom berujung sendi, panjang ekivalen ujung sendi KL merupakan panjang L sebenarnya; dengan demikian $K = L$. Panjang ekivalen berujung sendi disebut sebagai panjang efektif. Untuk memaksa sendi plastis pada balok, maka kolom dibuat lebih kuat (*over strenght*). Untuk maksud tersebut, maka kolom direncanakan masih dalam keadaan elastis. Panjang efektif kolom (L_k) didapat dengan mengalihkan suatu faktor panjang efektif (k) dengan panjang kolom (L), nilai “ k ” didapat dari nomograf (*AISC, LRFD; Manual Of Steel Counstruction, Column Design 3-6*), dengan menghitung nilai G , yaitu :

$$G = \frac{\sum (I / L) \text{ kolom}}{\sum (I / L) \text{ balok}}$$

Dimana :

I : Momen kelembaman kolom/balok (cm⁴)

L : Panjang kolom/balok (cm)



(Sumber; AISC, LRFD; Manual Of Steel Counstraction, second edition; Column

Design 3-6)

Gambar 2.10 Nomograf panjang tekuk kolom portal

$$G = \frac{I \text{ KOLOM}}{I \text{ BALOK}}$$

I balok = tumpuan jepit dianggap kaku sekali $I = \infty$

$$G = \frac{I \text{ KOLOM}}{\infty} = 0$$

Maka, diasumsikan 1

Sendi = kekakuan dianggap 0

$$G = \frac{IKOLOM}{0} = \infty$$

Maka, diasumsikan 10

Kolom dengan kekangan yang besar terhadap rotasi dan translasi pada ujung-ujungnya (contohnya tumpuan jepit) akan mampu menahan beban yang besar dibandingkan dengan kolom yang mengalami rotasi serta translasi pada bagian tumpuannya (contohnya adalah tumpuan sendi). Selain tumpuan ujung, besar beban yang dapat diterima oleh suatu komponen struktur tekan juga tergantung dari panjang efektifnya. Semakin kecil panjang efektif suatu komponen struktur tekan, maka semakin kecil pula resiko terhadap masalah tekuk.

Panjang efektif suatu kolom secara sederhana dapat didefinisikan sebagai jarak diantara dua titik pada kolom tersebut yang mempunyai momen sama dengan nol, atau didefinisikan pula sebagai jarak diantara dua titik balok dari kelengkungan kolom.

2.6.5 Perhitungan Sambungan dan Alat Penyambung

Untuk baut yang memikul gaya terfaktor R_n , harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

Dimana :

R_n = Kuat nominal pada suatu penyambung dalam tarik

ϕ = Faktor reduksi kekuatan (0,75)

R_n = Kuat nominal alat penyambung (0,75)

a. Kekuatan tarik desain satu baut dihitung dengan :

$$\phi T_d = \phi_f T_n = \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

Keterangan :

ϕ_f : Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)

f_u^b : Tegangan tarik putus baut

A_b : Luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang tak berulir. (cm²) = (1/4.π.d²)

b. Kekuatan geser desain satu baut dihitung dengan :

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f \cdot r_l \cdot f_u^b \cdot A_b$$

Keterangan :

ϕ_f : Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)

f_u^b : Tegangan tarik putus baut

r_l : Untuk baut tanpa ulir pada bidang geser (0,5)

r_l : Untuk baut dengan ulir pada bidang geser (0,4)

A_b : Luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang tak berulir.(cm²) = (1/4.π.d²)

c. Kekuatan tumpu desain satu baut:

Kuat tumpu rencana bergantung pada yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung. Apabila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi pelat dalam arah kerja gaya lebih besar dari pada 1,5 kali diameter lubang, jarak antar lubang lebih besar dari 3 kali diameter lubang, dan ada lebih dari satu baut dalam arah kerja gaya, maka kuat rencana tumpu dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

Kuat tumpu yang dapat dari perhitungan diatas berlaku untuk semua jenis baut. Sedangkan untuk jenis baut selot panjang tegak lurus arah kerja gaya berlaku persamaan berikut ini :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,0 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

Keterangan :

ϕ_f : Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)

f_u : Tegangan tarik putus yang terendah dari baut atau pelat

t_p : Tebal plat

d_b : Diameter baut nominal pada daerah tak berulir

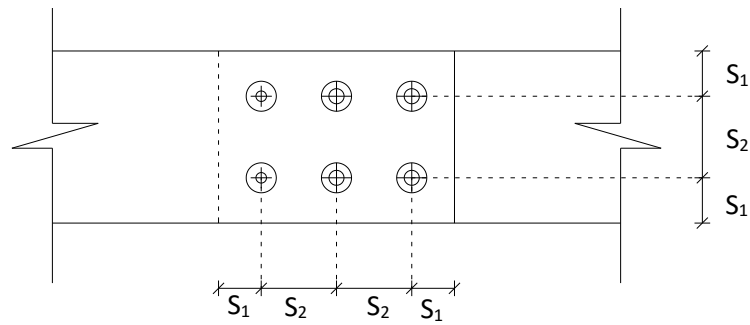
(Sumber : SNI 03–1729–2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 101)

Tabel 2.8 Tipe-tipe Baut

Tipe Baut	Diameter Baut (mm)	Proof Stress (MPa)	Kuat Tarik Min.(MPa)
A307	6,35 – 10,4	–	60
A325	12,7 – 25,4	585	825
	28,6 – 38,1	510	725
A490	12,7 – 38,1	825	1035

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan,hal:109)

Tata letak baut diatur dalam SNI 03–1729–2002 Pasal 13.4. Jarak antar pusat lubang baut harus diambil tidak kurang dari tiga kali diameter nominal baut, dan jarak antar baut tepi dengan ujung plat harus sekurang–kurangnya 1,5 diameter nominal baut, dan jarak maksimum antar pusat lubang baut tidak boleh melebihi $1,5 t_p$ (dengan t_p adalah tebal plat lapis tertipis dalam sambungan) atau 200 mm, sedangkan jarak tepi maksimum tidak boleh melebihi $(4t_p + 100 \text{ mm})$ atau 200 mm.



(Sumber; *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 57*)

Gambar 2.11 Tata Letak baut

Dimana Letak tepi baut : $3d_b < S < 1,5t_p$ atau 200 mm, dan jarak antar baut : $1,5d_b < S_1 < (4t_p + 100)$ atau 200 mm.

2.6.6 Perhitungan Sambungan Las

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet didasarkan atas resistensi geser melalui leher las sebagai berikut :

$$\phi R_{nw} = 0,75 t_e (0,60F_{EXX})$$

Dimana :

t_e : Dimensi lebar efektif

F_{EXX} : Kekuatan tarik material elektroda

t : Tebal material dasar disepanjang las

F_u : Kekuatan tarik logam dasar

(Sumber : *Charles G. Salmon dan John E. Johnson, Struktur Baja I*

hal 254)

2.6.7 Perhitungan Base Plate

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

$$P_u \leq \phi_c \cdot P_p$$

$$P_p = 0,85 \cdot f_c' \cdot A_t \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

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

dimana :

$$\phi_c : 0,60$$

$$f_c' : \text{Mutu kuat tekan beton, MPa}$$

$$A_t : \text{Luas penampang baja yang secara konsentris menumpu pada permukaan beton (mm}^2\text{)}$$

$$A_1 : \text{Luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani (mm}^2\text{)}$$

Untuk base plate yang termasuk katagori 1 (tidak ada momen lentur), maka :

$$A_t = B \cdot N$$

$$\text{Sehingga } P_u \leq (0,60) \cdot (0,85) \cdot f_c' \cdot B \cdot N \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$P_u \leq (0,60) \cdot (0,85) \cdot f_c' \cdot B \cdot N \cdot (2)$$

Angkur yang dipasang pada suatu base plate direncanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik, dan syarat sebagai berikut; (*Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, 13.18–13.21*)

$$V_{ub} \leq \phi \cdot F_v \cdot A_b$$

$$T_{ub} \leq \phi \cdot F_t \cdot A_b$$

Untuk angkur tipe A307 :

$$F_t = 407 - 1,9 f_v < 310$$

$$F_v = 166 \text{ MPa}$$

Untuk angkur tipe A325 :

$$F_t = 807 - 1,5 f_v < 621$$

$$F_v = 414 \text{ MPa}$$

Dimana :

V_{ub} : Gaya geser terfaktor pada angkur, (N)

T_{ub} : Gaya tarik terfaktor pada angkur, (N)

ϕ : Faktor tahanan pada angkur = (0,75)

F_v : Kuat geser nominal angkur, (Mpa)

A_b : Luas penampang angkur, (mm²)

F_t : Kuat tarik nominal angkur, (Mpa)

f_v : Tegangan geser yang terjadi pada angkur = $\frac{V_{ub}}{A_b}$

n : Jumlah angkur

BAB III

METODELOGI

3.1 Pengumpulan Data

Data–data yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

3.1.1 Data Primer

Merupakan data yang meliputi hasil tinjauan dan pengamatan langsung dilapangan berupa letak, luas area, rangkain yang terkait struktur bangunan.

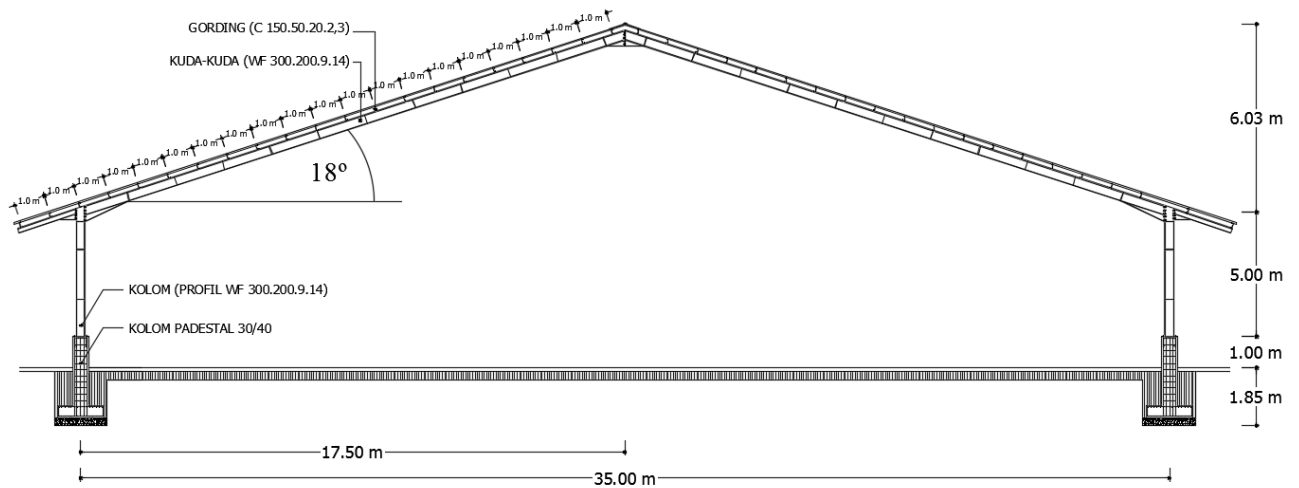
3.1.2 Data Sekunder

Merupakan data pendukung yang dipakai dalam studi analisis dalam penyusunan tugas akhir baik dari lapangan maupun dari literatur yang ada serta peraturan–peraturan yang terkait dalam studi analisis ini.

Data–data tersebut meliputi :

1. Data dimensi profil baja yang digunakan dilapangan..
2. Jenis atau model sambungan yang ada dilapangan.
3. Peraturan–peraturan yang digunakan.
4. Data teknis :
 - Bentang Struktur Portal : 35.00 meter
 - Jarak antar kuda–kuda : 6.00 meter
 - Tinggi Kolom : 6.00 meter

- Kemiringan kuda-kuda : 18°
- Jenis Atap : Zincalum CD760(12m x 1,9m)
- Jenis Baja Profil
 - Balok dan Kolom : Profil WF
 - Gording : Profil C



Gambar 3.1. Struktur Portal *Gable Frame*

5. Data non teknis :

- Metode analisa yang digunakan (LRFD)

3.2 Metodologi Yang Digunakan

Langkah yang digunakan setelah mengetahui data yang diperlukan adalah menentukan metode pengumpulan data. Adapun metode yang digunakan adalah observasi dan studi pustaka.

3.2.1 Observasi

Observasi merupakan metode pengumpulan data dengan cara peninjauan dan pengamatan langsung dilapangan.

3.2.2 Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan metode pengumpulan data dengan cara mencari referensi literatur, peraturan–peraturan terkait perencanaan dan standar yang digunakan.

3.3 Analisis / Pengolaan Data

Analisis dan pengolaan data dilakukan berdasarkan data yang dibutuhkan, sebagai acuan perbandingan dalam perhitungan struktur gable frame. Adapun analisis yang digunakan adalah membahas penggunaan balok baja WF dengan menggunakan metode yaitu metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*).

3.4 Perhitungan Struktur

Perancangan detail struktur Gable Frame dilakukan dengan membuat draft gambar rencana, menghitung konstruksi baja, merencanakan balok WF, kolom WF, dengan metode LRFD.

Adapun perhitungan struktur meliputi :

1. Pembebanan pada struktur *Gable Frame*.
2. Analisa struktur *Gable Frame* dengan menggunakan program *StaadPro2004*
3. Perencanaan balok *Profil WF (Wide Flange)*.
4. Perencanaan kolom (*Column*).
5. Perencanaan balok (*Beam*)
6. Perencanaan sambungan (*Connections*).
7. Perencanaan plat dasar (*base plate*)
8. Perencanaan Pondasi Padestal.

3.5 Gambar Perencanaan

Gambar perencanaan merupakan visualisasi dari analisa dan perancangan struktur Gable Frame. Tujuan dari gambar perencanaan adalah :

1. Sebagai pedoman dalam pelaksanaan dilapangan.
2. Mempermudah dalam pengawasan pada waktu pelaksanaan.

Dalam gambar perencanaan dibuat dengan benar dan selengkap mungkin, sehingga mempermudah dalam pembacaan. Ada pun beberapa yang dituangkan dalam gambar dalam studi analisis tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

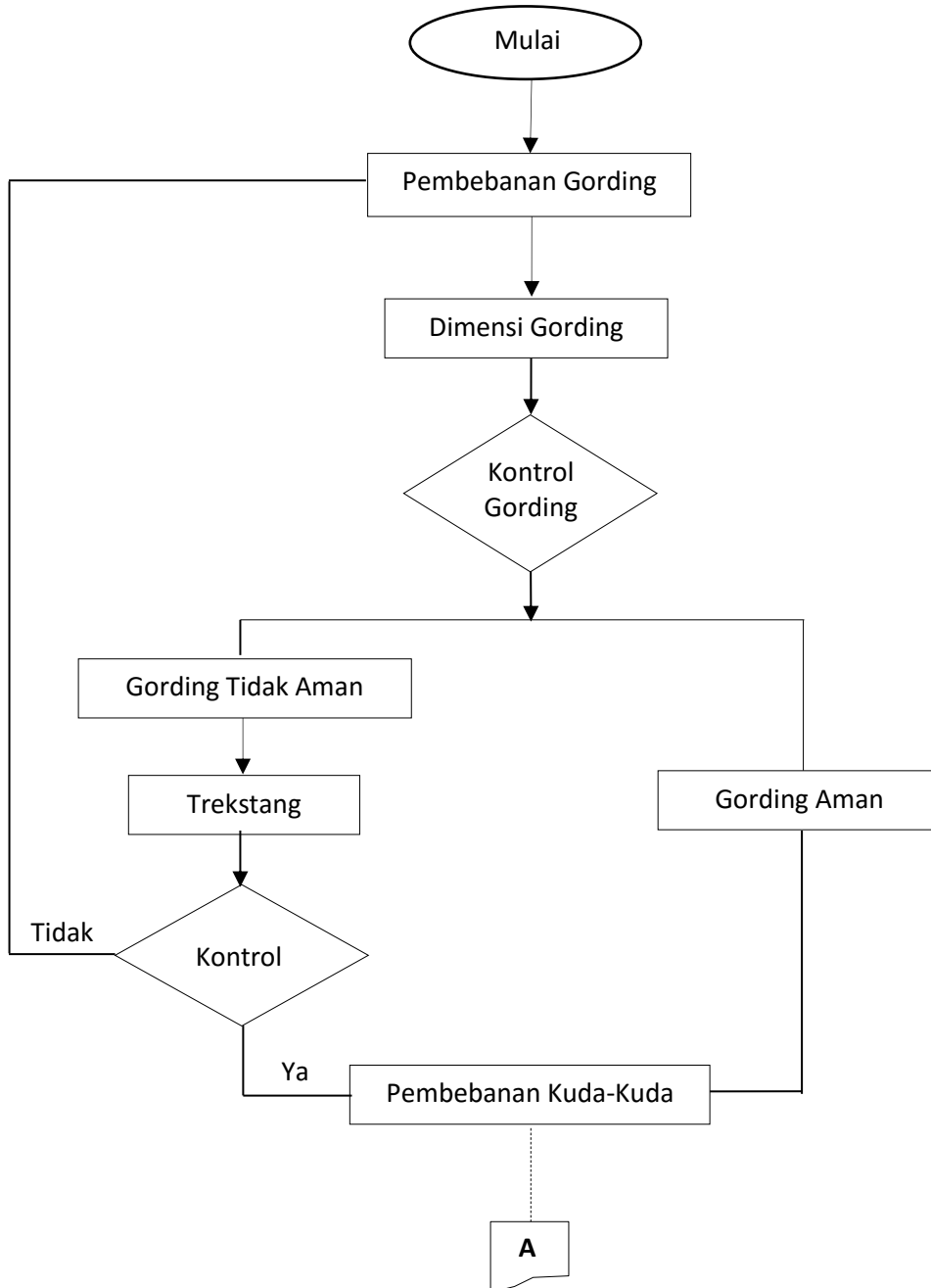
1. Gambar Portal Gable Frame.
2. Gambar Potongan.
3. Gambar Detail, (Sambungan, Base Plate)

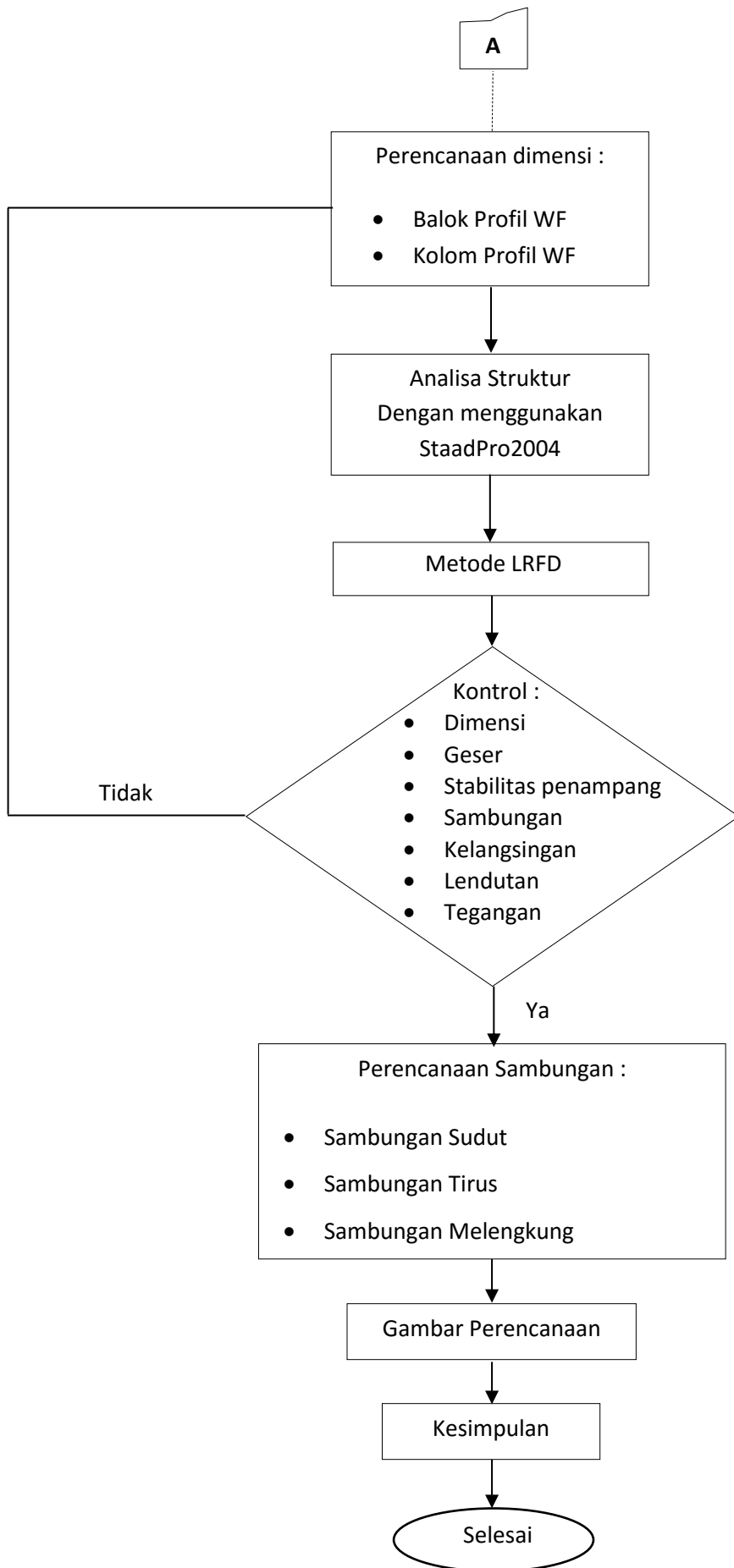
3.6 Kesimpulan

Setelah semua proses telah selesai maka didapat kesimpulan dari Studi Perbandingan Model Sambungan dengan peninggian untuk Struktur Gable Frame Pada Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang.

3.7 Bagan Alir Analisis

Bagan alir analisa perencanaan struktur *Gable Fame* :





4.6 Perhitungan Sambungan Sudut Dengan Peninggian

4.6.1 Perhitungan Sambungan Balok Kolom Profil WF 390.300.10.16

Data Perencanaan :

Balok WF 390.300.10.16

$$\text{Tinggi balok (d)} = 390 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal web (t}_w\text{)} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal flange (t}_f\text{)} = 16 \text{ mm}$$

Kolom WF 390.300.10.16

$$\text{Tinggi kolom (d)} = 390 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar kolom (b)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal web (t}_w\text{)} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal flange (t}_f\text{)} = 16 \text{ mm}$$

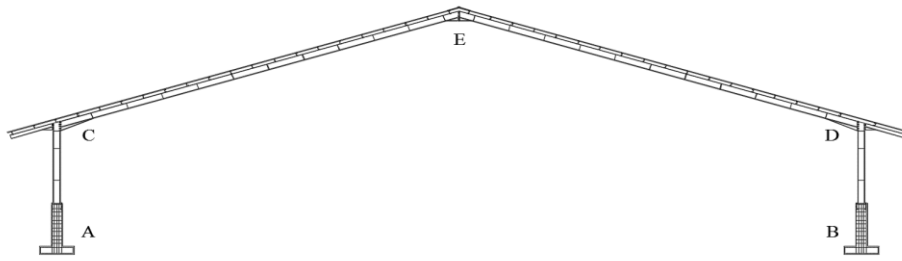
Hasil output dari program STAAD Pro di dapatkan

$$M_u = 27061 \text{ kg.m} = 270610000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 5235,5 \text{ kg} = 52355 \text{ N}$$

$$BJ 37 = f_y = 240 \text{ mpa}$$

$$f_u = 370 \text{ mpa}$$



Gambar 4.17. Penamaan sambungan

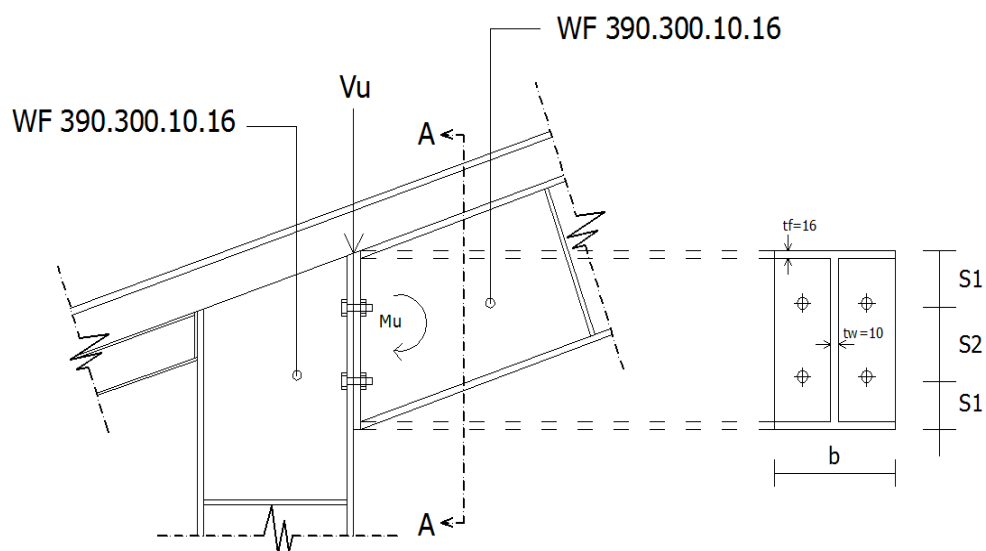
Sambungan C = Sambungan D (Rafter kolom balok)

Sambungan E (Rafter balok balok)

Sambungan A = Sambungan B (Base plate)

4.6.2 Sambungan Rafter Tepi (sambungan C dan D)

Diketahui :



S_1 = Jarak tepi baut

S_2 = Jarak antar baut

Gambar 4.18. Skema penyambungan kolom balok

a) Sambungan Baut

dimensi baut : $3/4$ in = 19 mm (SNI 1729:2015, hal 128)

kekuatan nominal pengecang baut A325 (SNI 1729:2015, hal 125)

$$F_{nt} \text{ (Kekuatan tarik nominal)} = 620 \text{ Mpa}$$

$$F_{nv} \text{ (Kekuatan geser nominal)} = 372 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan tarik pelat} = 240 \text{ MPa}$$

Luas Baut (A_b)

$$\begin{aligned} A_b &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 1/4 \times \pi \times 19^2 \\ &= 284,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan Tarik dan Geser dari baut : (SNI 1729:2015, hal 129)

Kuat nominal terhadap tarik :

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nt} \times A_b \\ &= 620 \times 284,88 \\ &= 176624,65 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times 176624,65 \\ &= 132468,49 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat nominal terhadap geser baut (1 bidang geser) :

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 284,88 \times 1 \\ &= 105974,79 \text{ N} \\ \emptyset R_n &= 0,75 \times 105974,8 \\ &= 79481,09 \text{ N} \end{aligned}$$

Jarak minimum,dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$\text{diameter baut : } 3/4 \text{ in} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pelat : } t_p = 16 \text{ mm} \quad t_f \leq t_p$$

Kuat nominal tumpu pada lubang - lubang baut :

(SNI 1729:2015, hal 132)

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 19 \times 16 \times 370 \\ &= 270662,40 \text{ N} \\ \emptyset R_n &= 0,75 \times 270662,40 \\ &= 202996,80 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil kuat nominal Yang Terkecil

$$\text{Geser} = 79481,09 \text{ N}$$

Perhitungan jumlah baut

$$n = \frac{V_u}{\phi \cdot R_{nv}} = \frac{52355}{79481,09} = 0,659 \text{ buah baut}$$

Dicoba = 4 buah baut

Kontrol kekuatan geser :

$$V_u / n \leq \phi R_{nv}$$
$$\frac{52355}{4} \leq 79481,09 \text{ N}$$
$$13089 \text{ N} < 79481,09 \text{ N} \quad \underline{\text{OK}}$$

Jarak minimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$\text{diameter baut} : \frac{3}{4} \text{ in} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pelat} : t = 16 \text{ mm}$$

Jarak maksimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$S_1 = 12 \cdot t \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 12 \cdot 16 \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{jarak pusat lubang ke tepi diambil} = 120 \text{ mm}$$

Jarak minimum antar baut

$$= 3 \cdot db$$

$$= 3 \cdot 19 = 57 \text{ mm}$$

Jarak maksimum antar baut

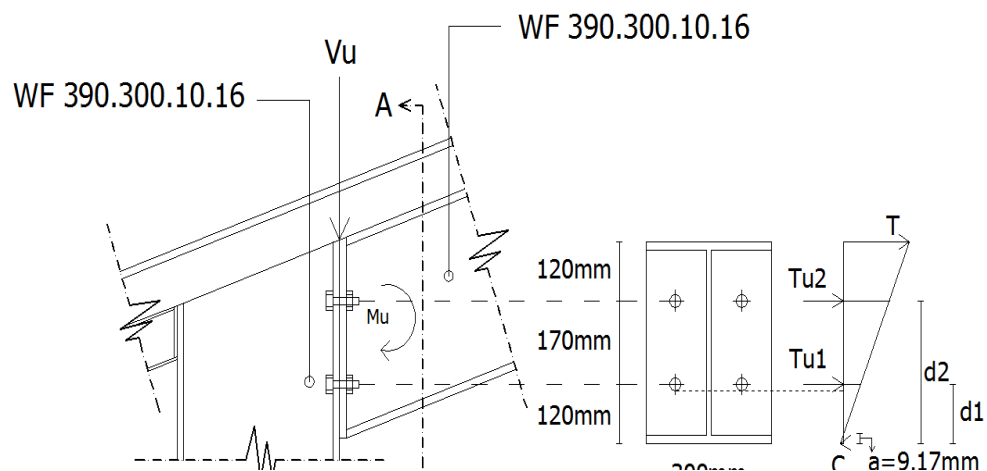
$$14 \cdot t \text{ atau } 180 \text{ mm}$$

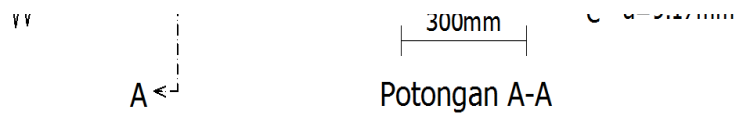
$$14 \cdot 16 \text{ atau } 180 \text{ mm}$$

$$224 \text{ mm atau } 180 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak dari baut ke baut} = 170 \text{ mm}$$

Kontrol terhadap tarik baut





Gambar 4.19. Diagram tegangan baut

Diketahui :

$$d1 = 120 \text{ mm}$$

$$d2 = 290 \text{ mm}$$

$$dt = d1 + d2$$

$$= 120 + 290$$

$$= 410 \text{ mm}$$

$$d = 390 \text{ mm}$$

$$\cos 18^\circ = 0,951$$

$$df = \frac{d}{\cos 18^\circ} = \frac{390}{0,951}$$

$$= 410 \text{ mm}$$

Kontrol terhadap tarik baut

Gaya tarik perlu :

Gaya Tarik Perlu (pada 2 baut dalam 1 baris)

$$Tu1 = \frac{Mu \cdot d1}{dt^2} = \frac{270610000 \cdot 120}{410^2} = 193177,87 \text{ N}$$

$$Tu2 = \frac{Mu \cdot d2}{dt^2} = \frac{270610000 \cdot 290}{410^2} = 466816,52 \text{ N}$$

$$f_u = \frac{400040,52 \text{ N}}{410^2}$$

Gaya Tarik pada baut

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \times f_{ub} \\ &= 284,88 \times 620 \\ &= 176624,65 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= \phi \cdot T_b \\ &= 0,75 \times 176624,65 \\ &= 132468,49 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena dalam 1 baris terdiri 2 baut, maka

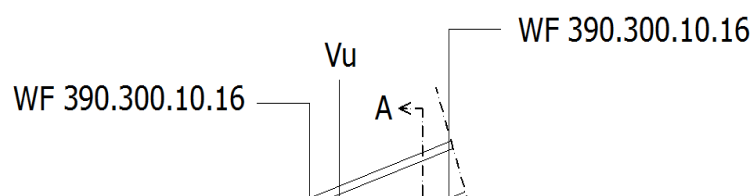
$$\begin{aligned} T_{d2} &= 2 \times T_d \\ &= 2 \times 132468,49 \\ &= 264936,97 \text{ N} \end{aligned}$$

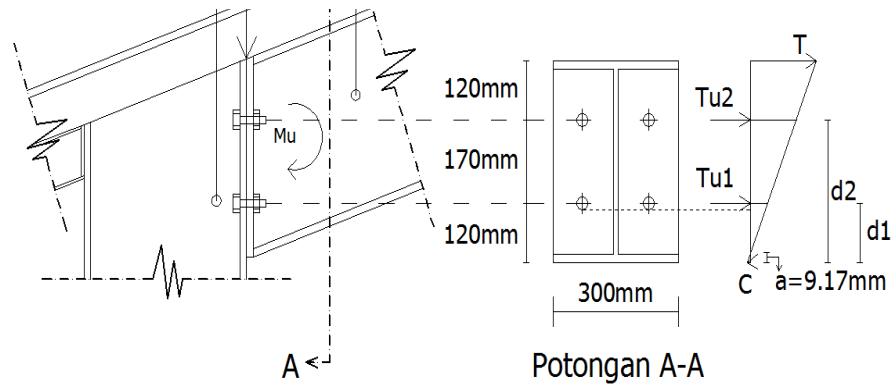
$$\text{Syarat : } T_u \leq T_d$$

$$T_{u1} = 193177,87 \text{ N} < 264936,97 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$T_{u2} = 466846,52 \text{ N} > 264936,97 \text{ N} \dots\dots\dots \text{ERROR}$$

Kontrol Kekuatan baut terhadap momen





Gambar 4.20. Gaya tarik pada baut

$$\text{Kuat nominal 1 baut terhadap tarik (Td)} = 132468,49 \text{ N}$$

$$\text{Garis netral diasumsikan } \leq S_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \Sigma T &= Tu1 + Tu2 \\ &= 193177,87 + 466846,52 \\ &= 660024,39 \text{ N} \end{aligned}$$

$$Td2 \cdot d1 = 264936,97 \cdot 120 = 31792436,4 \text{ N.mm}$$

$$Td2 \cdot d2 = 264936,97 \cdot 290 = 76831721,3 \text{ N.mm}$$

$$\sum_{i=1}^n Td \cdot d_i = 108624157,75 \text{ N.mm}$$

Garis netral pada pelat (a) :

$$a = \frac{\Sigma T}{f_y \cdot x \cdot b} = \frac{660024,39}{240 \cdot x \cdot 300}$$

$$= 9,17 \text{ mm} < S1 = 100 \text{ mm} , \text{ maka asumsi benar}$$

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

$$\phi M_n = \frac{0,9 \cdot 240 \cdot 9,17^2 \cdot 300}{2} + 108624157,75$$

$$= 111346858,97 \text{ N}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$111346858,97 \text{ N.mm} < 270610000 \text{ N.mm} \quad \mathbf{NO}$$

$$\text{Rasio momen} = 2,43 > 1$$

jika kontrol geser, kontrol tarik, dan kontrol momen tidak memenuhi syarat

maka, jumlah baut harus ditambah

$$\text{Dicoba} = 6 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan geser :

$$V_u / n \leq \phi R_{nv}$$

$$\frac{52355}{6} \leq 79481,09 \text{ N}$$

$$8726 \text{ N} < 79481,09 \text{ N} \quad \mathbf{OK}$$

Jarak minimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$\text{diameter baut} : \frac{3}{4} \text{ in} = 19 \text{ mm}$$

tebal pelat : $t = 16 \text{ mm}$

Jarak maksimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$\begin{aligned} S1 &= 12 \cdot t \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 12 \cdot 16 \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

jarak pusat lubang ke tepi diambil = 130 mm

Jarak minimum antar baut

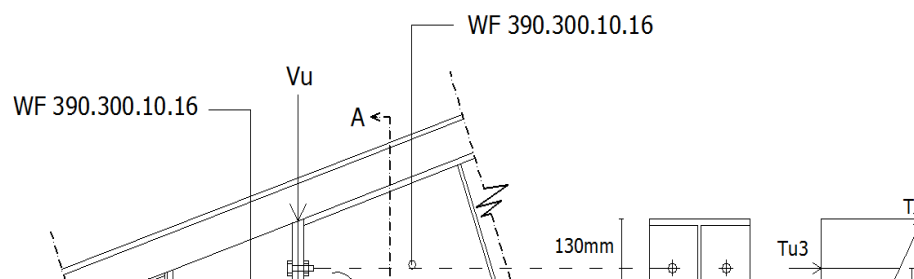
$$\begin{aligned} &= 3 \cdot d \\ &= 3 \cdot 19 = 57 \text{ mm} \end{aligned}$$

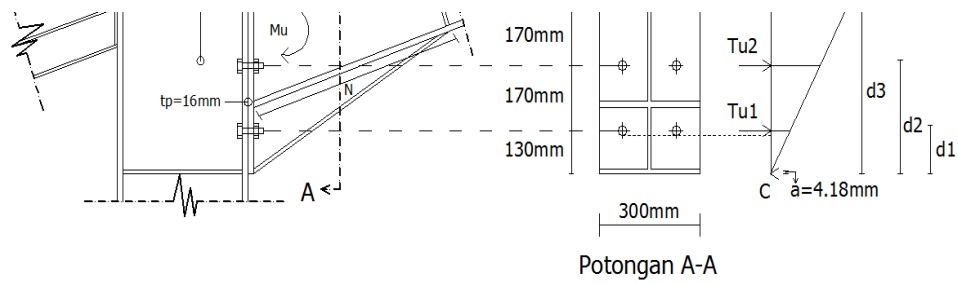
Jarak maksimum antar baut

$$\begin{aligned} &14 \cdot t \text{ atau } 180 \text{ mm} \\ &14 \cdot 16 \text{ atau } 180 \text{ mm} \\ &224 \text{ mm atau } 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak dari baut ke baut = 170 mm

Kontrol terhadap tarik baut





Gambar 4.21. Diagram tegangan baut

Diketahui :

$$d1 = 130 \text{ mm}$$

$$d2 = 300 \text{ mm}$$

$$d3 = 470 \text{ mm}$$

$$dt = d1 + d2 + d3$$

$$= 130 + 300 + 470$$

$$= 900 \text{ mm}$$

$$d = 390 \text{ mm}$$

$$\cos 18^\circ = 0,951$$

$$df = \frac{d}{\cos 18^\circ} = \frac{390}{0,951}$$

$$= 410 \text{ mm}$$

Kontrol terhadap tarik baut

Gaya tarik perlu :

Gaya Tarik Perlu (pada 2 baut dalam 1 baris)

$$Tu1 = \frac{Mu \cdot d1}{dt^2} = \frac{270610000 \cdot 130}{900^2} = 43431,23 \text{ N}$$

$$Tu2 = \frac{Mu \cdot d2}{dt^2} = \frac{270610000 \cdot 300}{900^2} = 100225,93 \text{ N}$$

$$Tu3 = \frac{Mu \cdot d3}{dt^2} = \frac{270610000 \cdot 470}{900^2} = 157020,62 \text{ N}$$

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 2 baut, maka

$$\begin{aligned} Td_2 &= 2 \times T_d \\ &= 2 \times 132468,49 \\ &= 264936,97 \text{ N} \end{aligned}$$

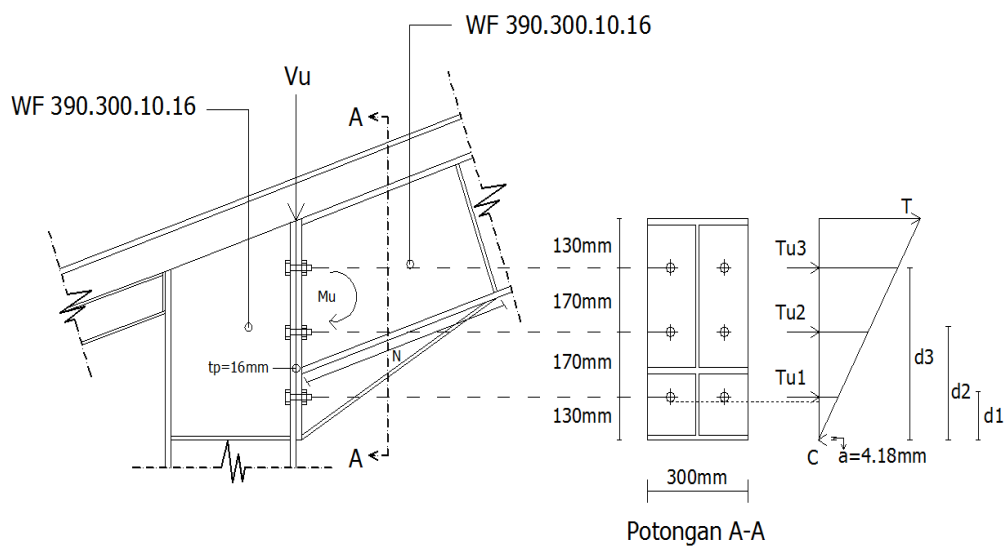
$$\text{Syarat : } Tu < Td$$

$$Tu1 = 43431,23 \text{ N} < 264936,97 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$Tu2 = 100225,93 \text{ N} < 264936,97 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$Tu3 = 157020,62 \text{ N} < 264936,97 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Kontrol Kekuatan baut terhadap momen



Gambar 4.22. Gaya tarik pada baut

$$\text{Kuat nominal 1 baut terhadap tarik (Td)} = 132468,49 \text{ N}$$

$$\text{Garis netral diasumsikan } < S_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \Sigma T &= Tu1 + Tu2 + Tu3 \\ &= 43431,23 + 100225,93 + 157020,62 \\ &= 300677,78 \text{ N} \end{aligned}$$

$$Td \cdot d1 = 264936,97 \cdot 130 = 34441806,1 \text{ N.mm}$$

$$Td \cdot d2 = 264936,97 \cdot 300 = 79481091,0 \text{ N.mm}$$

$$T d_2 \cdot d_3 = 264936,97 \cdot 470 = 124520376,0 \text{ N.mm}$$

$$\sum_{i=1}^n T d_i \cdot d_i = 238443273,11 \text{ N.mm}$$

Garis netral pada pelat (a) :

$$a = \frac{\sum T}{f_y \cdot x \cdot b} = \frac{300677,78}{240 \cdot x \cdot 300}$$

$$= 4,18 \text{ mm} < S1 = 100 \text{ mm} , \text{ maka asumsi benar}$$

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

$$\phi M_n = \frac{0,9 \cdot 240 \cdot 4,18^2 \cdot 300}{2} + 238443273,11$$

$$= 239008317,65 \text{ N}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$239008317,65 \text{ N.mm} < 270610000 \text{ N.mm} \quad \mathbf{NO}$$

$$\text{Rasio momen} = 1,13 > 1$$

jika kontrol geser, kontrol tarik, dan kontrol momen tidak memenuhi syarat

maka, jumlah baut harus ditambah

$$\text{Diambil} = 8 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_u / n &\leq \phi R_{nv} \\ \frac{52355}{8} &\leq 79481,09 \text{ N} \\ 6544 \text{ N} &< 79481,09 \text{ N} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Jarak minimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$\text{diameter baut : } 3/4 \text{ in} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pelat : } t = 16 \text{ mm}$$

Jarak maksimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$\begin{aligned} S1 &= 12 \cdot t \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 12 \cdot 16 \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{jarak pusat lubang ke tepi diambil} = 80 \text{ mm}$$

Jarak minimum antar baut

$$\begin{aligned} &= 3 \cdot d \\ &= 3 \cdot 19 = 57 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar baut

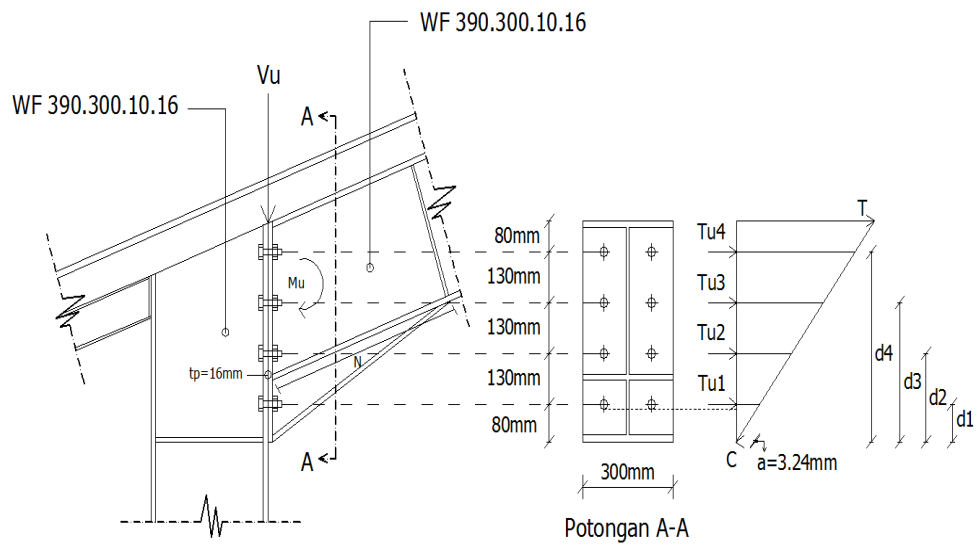
$$14 \cdot t \text{ atau } 180 \text{ mm}$$

14 16 atau 180 mm

224 mm atau 180 mm

Jarak dari baut ke baut = 140 mm

Kontrol terhadap tarik baut



Gambar 4.23. Diagram tegangan baut

Diketahui :

$$d_1 = 80 \text{ mm}$$

$$d_2 = 220 \text{ mm}$$

$$d_3 = 360 \text{ mm}$$

$$d_4 = 500 \text{ mm}$$

$$d_t = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$= 80 + 220 + 360 + 500$$

$$= 1160 \text{ mm}$$

$$d = 390 \text{ mm}$$

$$\cos 18^\circ = 0,951$$

$$\begin{aligned} df &= \frac{d}{\cos 18^\circ} = \frac{390}{0,951} \\ &= 410 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol terhadap tarik baut

Gaya tarik perlu :

Gaya Tarik Perlu (pada 2 baut dalam 1 baris)

$$Tu1 = \frac{Mu \cdot d1}{dt^2} = \frac{270610000 \cdot 80}{1160^2} = 16088,59 \text{ N}$$

$$Tu2 = \frac{Mu \cdot d2}{dt^2} = \frac{270610000 \cdot 220}{1160^2} = 44243,61 \text{ N}$$

$$Tu3 = \frac{Mu \cdot d3}{dt^2} = \frac{270610000 \cdot 360}{1160^2} = 72398,63 \text{ N}$$

$$Tu4 = \frac{Mu \cdot d4}{dt^2} = \frac{270610000 \cdot 500}{1160^2} = 100553,66 \text{ N}$$

Gaya Tarik pada baut

$$T_b = A_b \times f_{ub}$$

$$= 284,88 \times 620$$

$$= 176624,65 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} T_d &= \phi \cdot T_b \\ &= 0,75 \times 176624,65 \\ &= 132468,49 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena dalam 1 baris terdiri 2 baut, maka

$$\begin{aligned} T_{d2} &= 2 \times T_d \\ &= 2 \times 132468,49 \\ &= 264936,97 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat : $T_u < T_d$

$$T_{u1} = 16088,59 \text{ N} < 264936,97 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

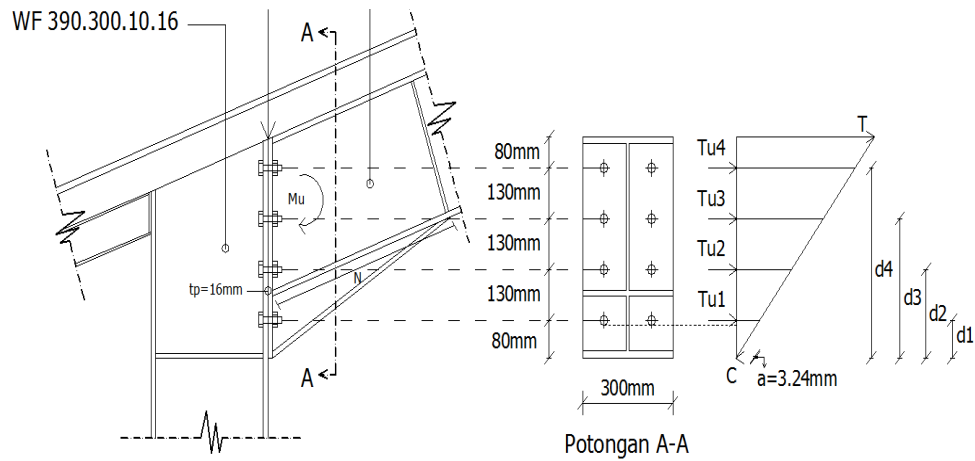
$$T_{u2} = 44243,61 \text{ N} < 264936,97 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$T_{u3} = 72398,63 \text{ N} < 264936,97 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$T_{u4} = 100553,66 \text{ N} < 264936,97 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Kontrol Kekuatan baut terhadap momen

$$\dots\dots\dots V_u \quad \left| \begin{array}{l} \text{WF 390.300.10.16} \\ \backslash \end{array} \right.$$



Gambar 4.24. Gaya tarik pada baut

$$\text{Kuat nominal 1 baut terhadap tarik (Td)} = 132468,49 \text{ N}$$

$$\text{Garis netral diasumsikan } < S_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \Sigma T &= Tu1 + Tu2 + Tu3 + Tu4 \\ &= 16088,59 + 44243,61 + 72398,63 + 100553,6564 \\ &= 233284,48 \text{ N} \end{aligned}$$

$$Td2 \cdot d1 = 264936,97 \cdot 80 = 21194957,6 \text{ N.mm}$$

$$Td2 \cdot d2 = 264936,97 \cdot 220 = 58286133,4 \text{ N.mm}$$

$$Td2 \cdot d3 = 264936,97 \cdot 360 = 95377309,2 \text{ N.mm}$$

$$Td2 \cdot d4 = 264936,97 \cdot 500 = 132468485,1 \text{ N.mm}$$

$$\sum_{i=1}^n Td \cdot d_i = 307326885,35 \text{ N.mm}$$

Garis netral pada pelat (a) :

$$a = \frac{\sum T}{f_y \cdot x \cdot b} = \frac{233284,48}{240 \cdot x \cdot 300}$$

$$= 3,24 \text{ mm} < S1 = 100 \text{ mm}, \text{ maka asumsi benar}$$

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

$$\phi M_n = \frac{0,9 \cdot 240 \cdot 3,24^2 \cdot 300}{2} + 307326885,35$$

$$= 307667020,66 \text{ N}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$307667020,66 \text{ N.mm} > 270610000 \text{ N.mm} \quad \underline{\text{OK}}$$

$$\text{Rasio momen} = 0,88 < 1$$

Kontrol web crippling (lipatan pada plat badan)

Kondisi dimana tanpa pengaku segitiga dihitung berdasarkan momen

nominal

$$\phi M_n = \phi \cdot x \cdot Z_x \cdot f_y$$

$$= 0,9 \cdot x \cdot 1052250 \cdot 240$$

$$= 227286000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= \frac{8 \times \phi \text{ Mn}}{2 \times L} \\
 &= \frac{8 \times 227286000}{2 \times 20651} \\
 &= 44024,8129 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dicoba tanpa pengaku, N (panjang pengaku)

Dicoba pengaku, N = 0 mm

(*Structural Steel Design*, Jack C. McCormac)

$$\phi P_n = \phi \times 0,4 \times t_w^2 \times \left[1 \left(\frac{3 \times N}{d} \right) \right]$$

$$\times \left[\frac{t_w}{t_f} \right]^{1,5} \times \sqrt{\frac{E \times f_y \times t_f}{t_w}}$$

$$\phi P_n = 0,75 \times 0,4 \times 10^2 \times \left[1 + \left(3 \times \frac{0}{390} \right) \right]$$

$$\times \left[\frac{10}{16} \right]^{1,5} \times \sqrt{\frac{200000 \times 240 \times 16}{10}}$$

$$= 30,000 \text{ N}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$30,000 \text{ N} < 44024,81 \text{ N} \quad \text{TIDAK AMAN}$$

Maka diberi pengaku pada sambungan

$$\text{Dicoba pengaku, } N = 500 \text{ mm}$$

$$\frac{N}{d} = \frac{500}{390} = 1,282051$$

$$\phi P_n = 0,75 \times 0,4 \times 10^2 \times \left[1 + \left(3 \times \frac{500}{390} \right) \right]$$

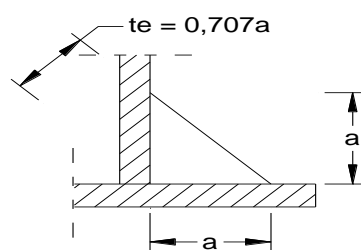
$$\times \left[\frac{10}{16} \right]^{1,5} \times \sqrt{\frac{200000 \times 240 \times 16}{10}}$$

$$= 499660,041 \text{ N}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$499660,041 \text{ N} > 44024,81 \text{ N} \quad \text{OK}$$

b) Las Sudut



Gambar 4.25. Las sudut

persyaratan ukuran las (SNI 1729:2015, hal 116)

$$\text{tebal pelat yang disambung} = 16 \text{ mm}$$

ukuran minimum las sudut (a)

$$16 < 17 = 6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{ukuran maksimum las sudut} &= \text{tebal pelat} - 2 \text{ mm} \\ &= 16 - 2 = 14 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil las sudut (a)} = 6 \text{ mm}$$

Throat Efektif untuk las sudut adalah

$$\begin{aligned} te &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 6 = 4,242 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai elektroda 60 :

$$\text{Tegangan leleh las} \quad F_{exx} = 354 \text{ Mpa}$$

Panjang Minimum Las sudut

$$\begin{aligned} l_{min} &= 4 \times a \\ &= 4 \times 6 = 24 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tegangan Nominal dari logam las

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \cdot F_{exx} \left(1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta \right) \\ &= 0,6 \cdot 354 \cdot \left(1 + 0,5 \sin^{1,5} 45 \right) \\ &= 275,5467 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Kuat rencana Las sudut

$$\emptyset R_{nw} = \emptyset \times F_{nw} \times te$$

$$= 0,75 \times 275,547 \times 4,242$$

$$= 876,6519 \text{ N/mm}$$

Panjang efektif las yang dibutuhkan L

$$= \left[2 \times bf \right] + \left[2 \pi r \right] + 2 \times (bf - tw - 2 \times r) + 2 \times (d - 2 \times tf - 2 \times r - tw) + \left[2 \times tf \right]$$

$$= \left[2 \times 300 \right] + \left[2 \times 3,14 \times 22 \right] + 2 \times (300 - 10 - 2 \times 16) + 2 \times (390 - 2 \times 16 - 2 \times 22 - 10) + 2 \times 16$$

$$= 1894,16 \text{ mm}$$

Kontrol las terhadap tegangan tarik

$$L_w = \frac{V_u}{\phi R_{nw}} = \frac{52355}{876,6519} = 59,72 \text{ mm}$$

$$L_w > l_{min}$$

$$59,72 \text{ mm} > 24,00 \text{ mm}$$

Panjang las yang digunakan = 1894,16 mm

c) Pelat Ujung (End Plate)

Menurut AISC hal 10-25 perencanaan tebal pelat ujung sebagai

berikut :

$$t \text{ min} = \sqrt{\frac{4 \times M_{eu}}{\phi \times F_y \times b_p}}$$

$$C_a = 1,36 \quad (\text{AISC Tabel 10-1})$$

$$b_p = b_f + 25,4 \text{ mm} = 300 + 25,4 \\ = 325,4 \text{ mm}$$

$$C_b = \sqrt{\frac{b_f}{b_p}} = \sqrt{\frac{300}{325,4}} = 0,921942$$

$$d_b = \text{Dimensi baut} = 19 \text{ mm}$$

$$a = 6 \text{ mm}$$

$$p_f = \text{jarak pusat baut ke tepi} - t_f$$

$$= 120 - 16 = 104 \text{ mm}$$

$$p_e = p_f - \frac{d_b}{4} - \text{Lebar kaki las}$$

$$= 104 - \frac{19}{4} - 6$$

$$= 93,2375 \text{ mm}$$

Luas sayap pada balok tarik (A_f)

$$\begin{aligned}
 Af &= bf \times tf \\
 &= 300 \times 16 = 4800 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas bersih web (A_w)

$$\begin{aligned}
 A_w &= (h - 2 tf) \times tw \\
 &= \left(390 - 2 \times 16 \right) \times 10 = 3580 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha_m &= C_a \times C_b \left(\frac{Af}{A_w} \right)^{1/3} \times \left(\frac{pe}{db} \right)^{1/4} \\
 &= 1,36 \times 0,921942 \times \left(\frac{4800}{3580} \right)^{1/3} \times \left(\frac{93,2375}{19,05} \right)^{1/4} \\
 &= 0,68567
 \end{aligned}$$

Gaya terfaktor pada sayap (P_{uf})

$$\begin{aligned}
 P_{uf} &= \frac{Mu}{h - tf} \\
 &= \frac{270610000}{390 - 16} \\
 &= 723556,1497 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Momen Pelat Ujung (M_{eu})

$$M_{eu} = \alpha_m \times P_{uf} \times \frac{pe}{4}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,68567 \times 723556,1497 \times \frac{93,2375}{4} \\
&= 11564266,39 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Tebal Pelat Ujung Minimum (t_{\min})

$$\begin{aligned}
t_{\min} &= \sqrt{\frac{4 \times Me_u}{\phi \times F_y \times b_p}} \\
&= \sqrt{\frac{4 \times 11564266,39}{0,9 \times 240 \times 325,40}} \\
&= 25,6539 \text{ mm} \sim 16 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Tebal pelat yang digunakan untuk sambungan C dan D adalah 16 mm

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa perhitungan Sambungan Sudut, Sambungan Tirus, dan Sambungan Lengkung pada struktur *Gable Frame* di pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

1. Dari hasil analisa perhitungan, untuk Sambungan Tirus dan Sambungan Lengkung didapatkan 10 buah baut, sedangkan untuk Sambungan Sudut hanya perlu 8 buah baut.
2. Dari hasil analisa perhitungan, untuk Sambungan Tirus dan Sambungan Lengkung didapatkan jarak tepi ke baut 100mm dan jarak baut ke baut 140mm, sedangkan untuk Sambungan Sudut didapatkan jarak ke tepi ke baut 80mm dan jarak baut ke baut 140mm.
3. Dari hasil analisa perhitungan, untuk Sambungan Tirus dan Sambungan Lengkung didapatkan panjang peninggian 700mm, sedangkan untuk Sambungan Sudut didapatkan 500mm.

6.2 Saran

Dari hasil perbandingan Sambungan Sudut, Sambungan Tirus, dan Sambungan Lengkung yang dilakukan, penulis memberikan saran agar pemilihan menggunakan Sambungan Sudut. Dalam segi efisien dari hasil analisa menggunakan Sambungan Sudut lebih efektif dibandingkan Sambungan Tirus dan Sambungan Lengkung. Untuk pengerjaan pabrikasi sambungan tipe tirus dan

sambungan tipe lengkung lebih membutuhkan ketelitian dibandingkan sambungan tipe sudut.



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

SKRIPSI

KETERANGAN

DIGAMBAR

Muhammad Agung Bimantara
12.21.003

DIPERIKSA

Ir. Ester Priskasari, MT

TTD

Mohammad Erfan ST, MT

TTD

JUDUL GAMBAR

SKALA

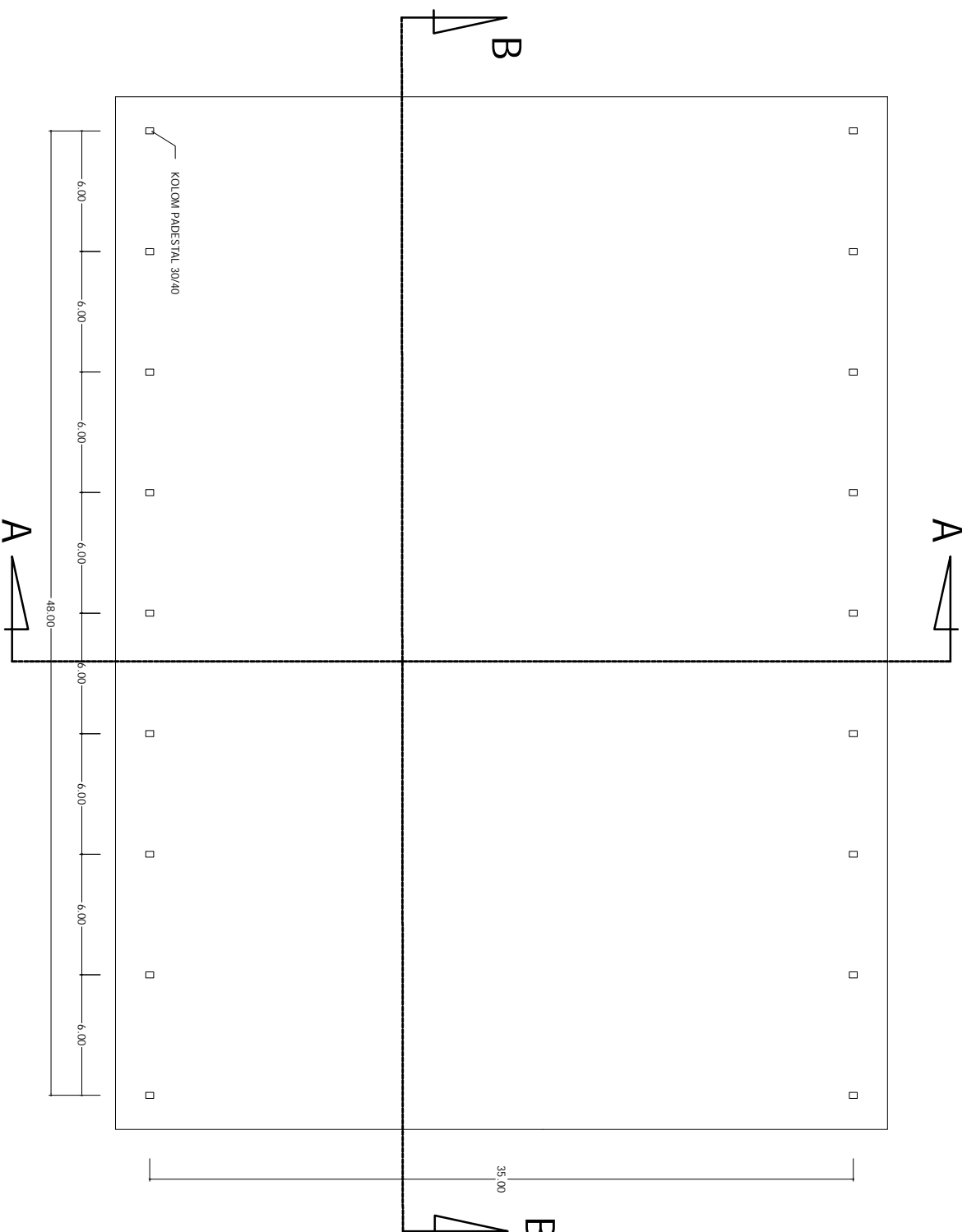
DENAH

1 : 300

JUMLAH LEMBAR NOMOR LEMBAR

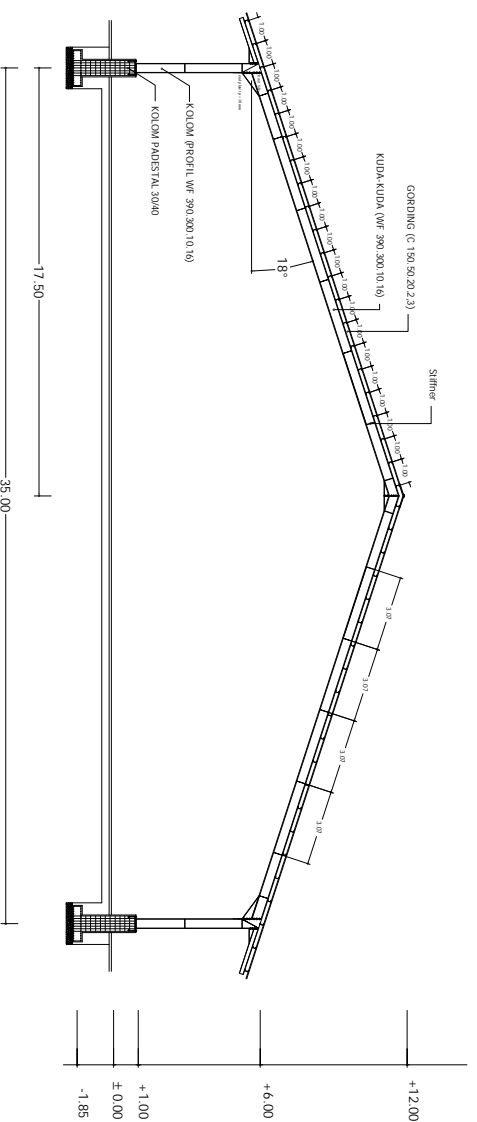
08

01

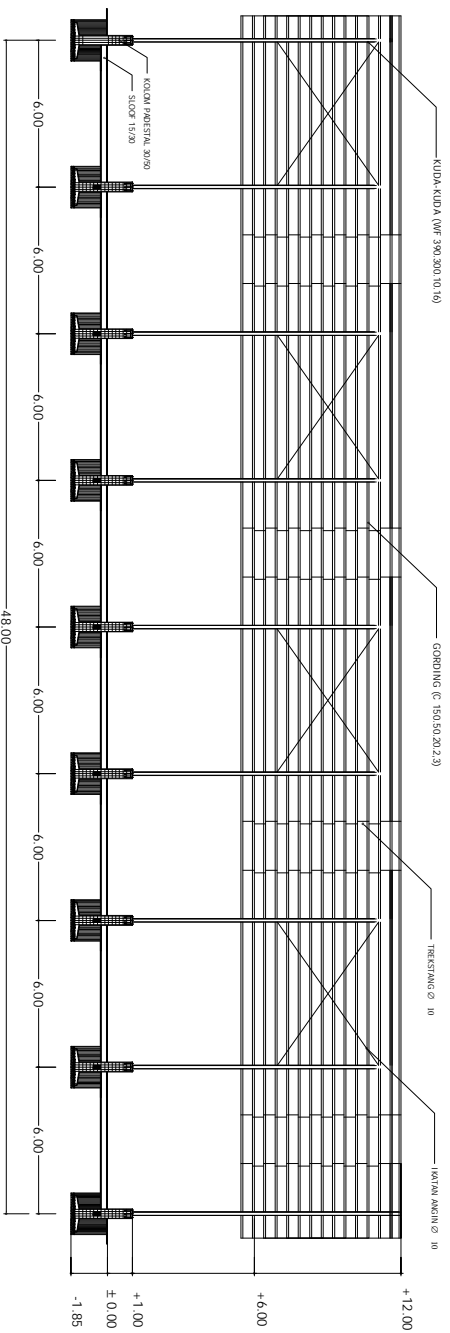


DENAH

SKALA 1:300




POTONGAN A - A
 SKALA 1 : 100




POTONGAN B - B
 SKALA 1 : 100



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

SKRIPSI

KETERANGAN

DIGAMBAR

Muhammad Agung Bimantara
 12.21.003

DIPERIKSA

Ir. Ester Priskasari, MT

TTD

Mohammad Erfan, ST, MT

TTD

JUDUL GAMBAR

SKALA

Potongan A - A

1 : 100

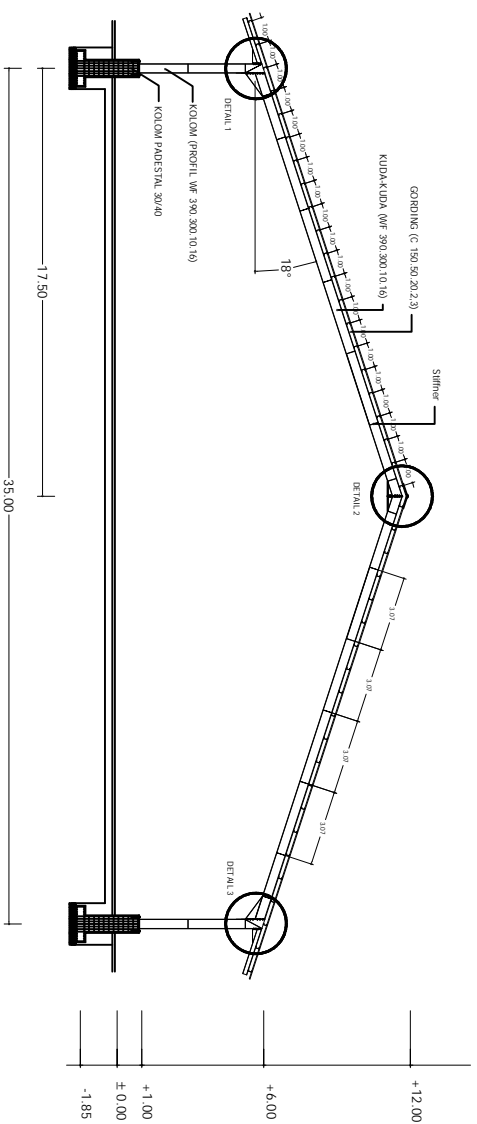
Potongan B - B

1 : 100

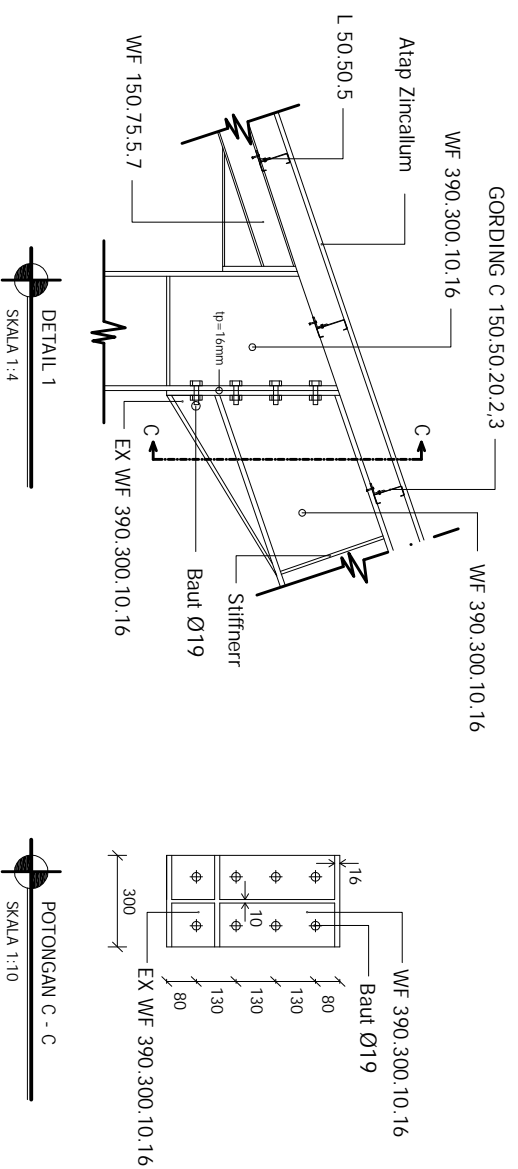
JUMLAH LEMBAR NOMOR LEMBAR

08

02

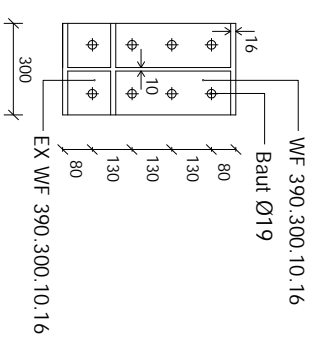



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 100

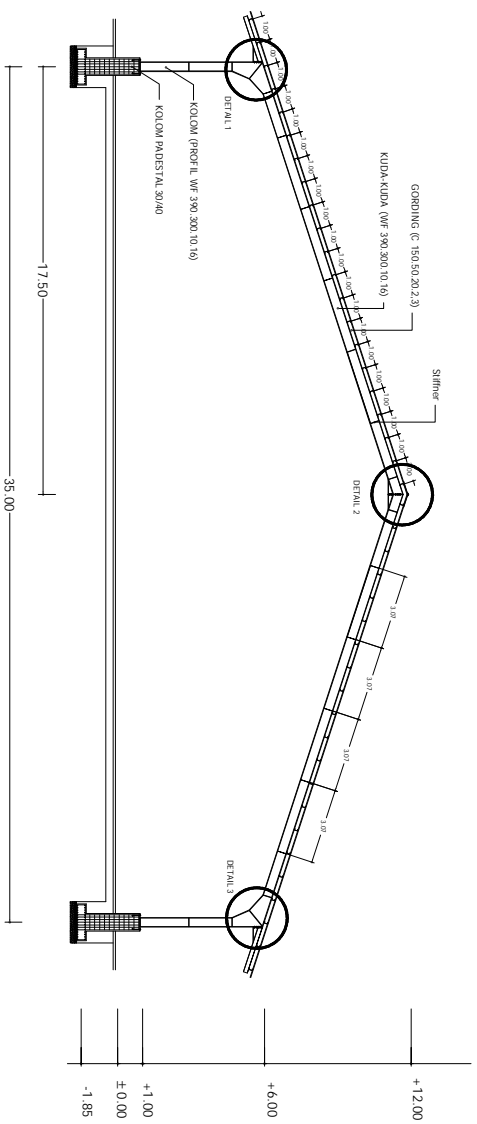


DETAIL 1
SKALA 1 : 4

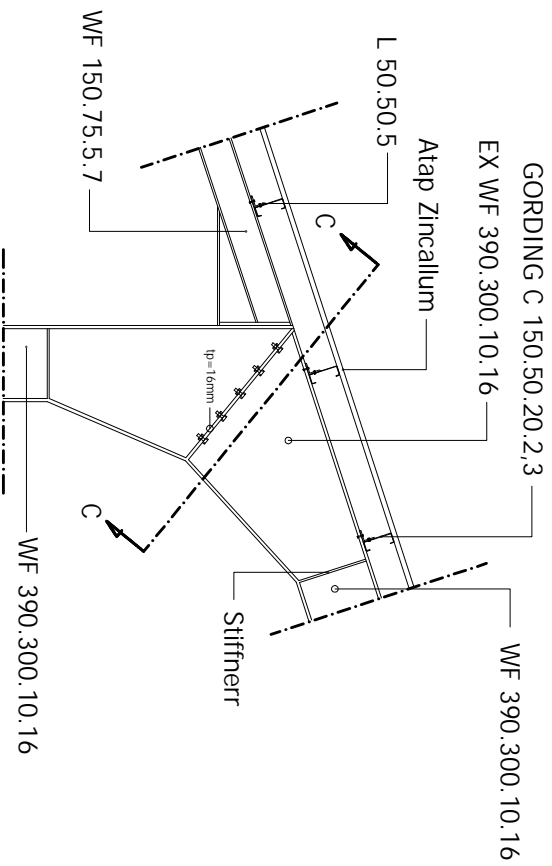
POTONGAN C - C
SKALA 1 : 10



 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG	
SKRIPSI	
KETERANGAN	
DIGAMBAR	
<u>Muhammad Agung Bimantara</u> 12.21.003	
DIPERIKSA	
<u>Ir. Ester Priskasari, MT</u> Mohammad Erfan, ST, MT	TTD
JUDUL GAMBAR	SKALA
Potongan A - A	1 : 100
DETAIL 1	1 : 4
Potongan C - C	1 : 10
JUMLAH LEMBAR	NOMOR LEMBAR
08	03

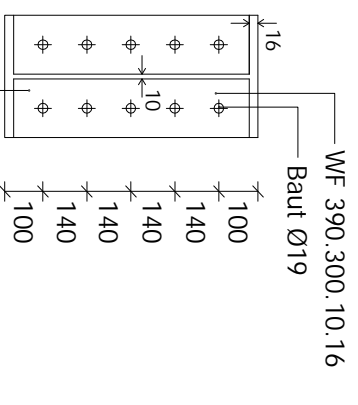


POTONGAN A-A
SKALA 1:100



DETAIL 1
SKALA 1:4

POTONGAN D - D
SKALA 1:10



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



SKRIPSI

KETERANGAN

DIGAMBAR

Muhammad Agung Bimantara
1221003

DIPERIKSA

Ir. Ester Priskasari, MT

Mohammad Erfan ST, MT

JUDUL GAMBAR

Potongan A - A

DETAIL 1

Potongan D - D

TTD

1 : 100

1 : 4

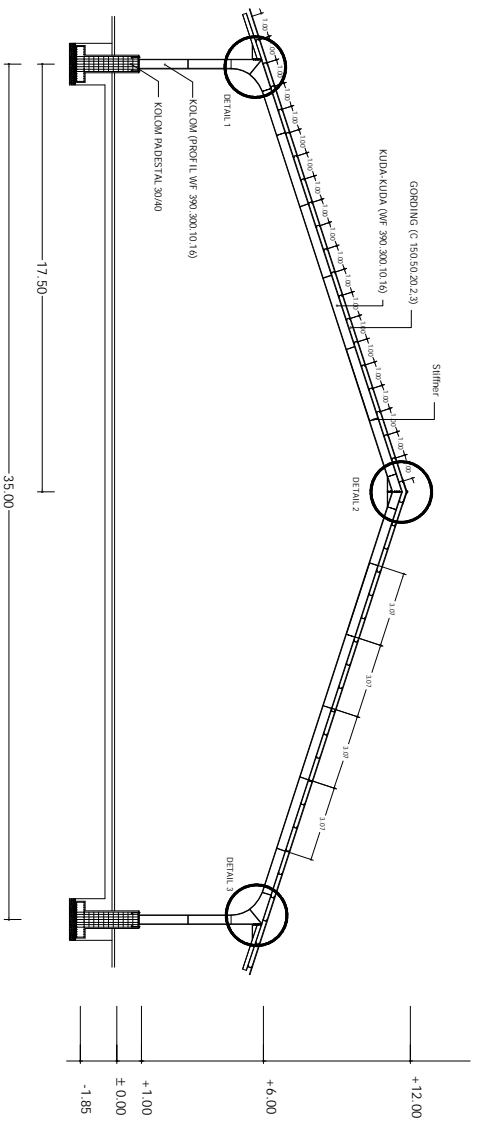
1 : 10

JUMLAH LEMBAR NOMOR LEMBAR

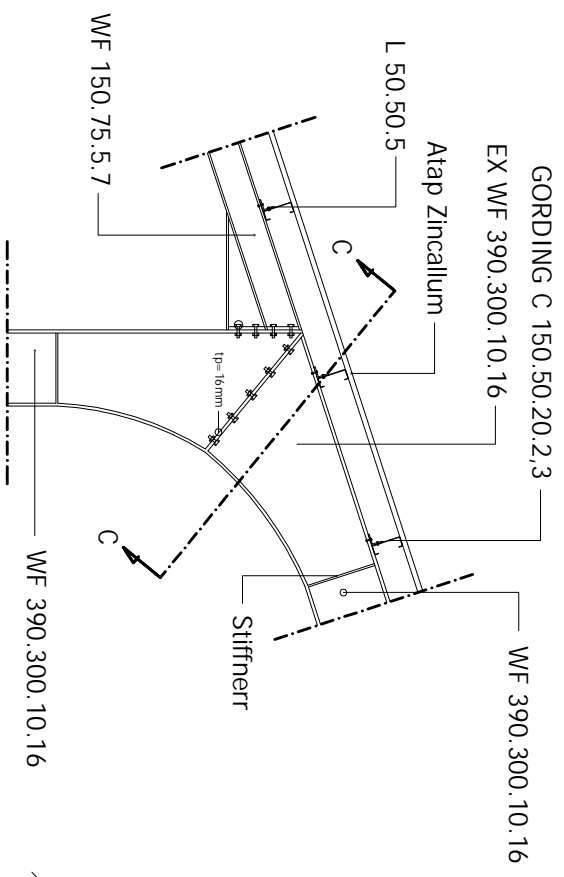
08

04

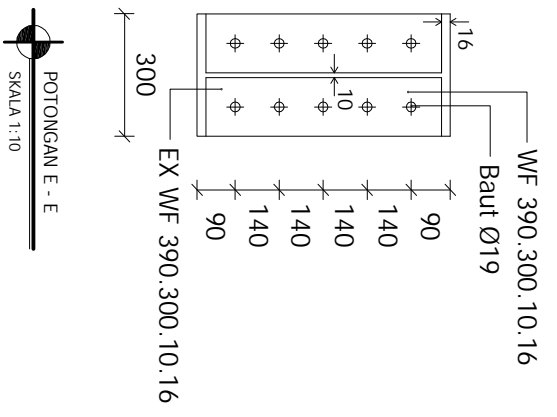
PROGRAM STUDI: TEKNIK SIPIL S-1 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG	
SKRIPSI	
KETERANGAN	
DIGAMBAR	
Muhammad Agung Bimantara 1221003	
DIPERIKSA	
Ir. Ester Priskasari, MT	TTD
Mohammad Erfan ST, MT	TTD
JUDUL GAMBAR	SKALA
Potongan A - A	1 : 100
DETAIL 1	1 : 4
Potongan D - D	1 : 10
JUMLAH LEMBAR	NOMOR LEMBAR
08	04




POTONGAN A-A
SKALA 1:100

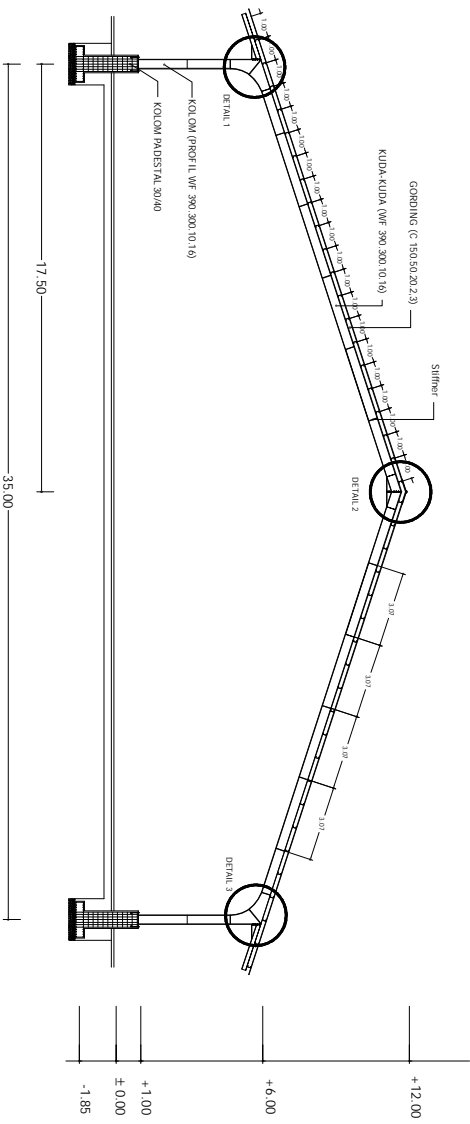


DETAIL 1
SKALA 1:4

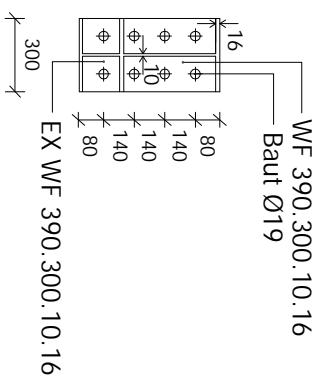
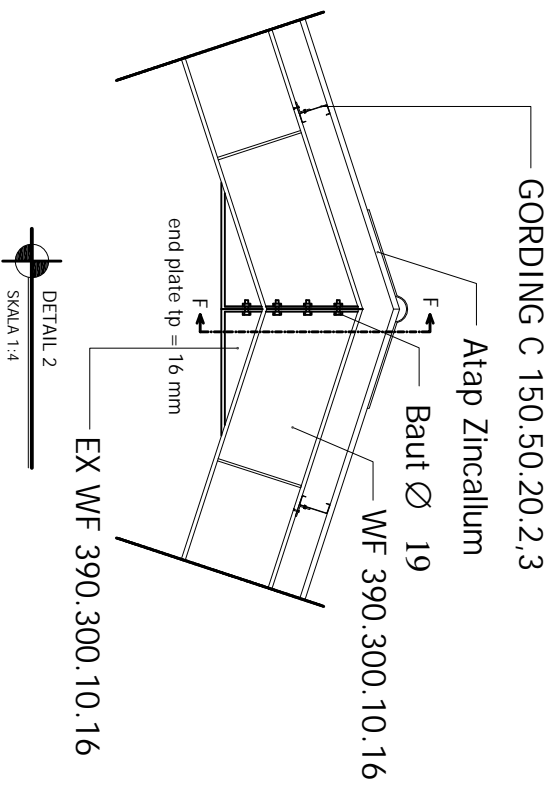


POTONGAN E - E
SKALA 1:10

 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG	
KETERANGAN	
SKRIPSI	
DIGAMBAR	
<u>Muhammad Agung Bimantara</u> 1221003	
DIPERIKSA	
<u>Ir. Ester Priskasari, MT</u> TTD	
<u>Mohammad Erfan ST, MT</u> TTD	
JUDUL GAMBAR	SKALA
Potongan A - A	1 : 100
DETAIL 1	1 : 4
Potongan C - C	1 : 10
Potongan E - E	1 : 10
JUMLAH LEMBAR	NOMOR LEMBAR
08	05



POTONGAN A-A
SKALA 1:100



POTONGAN F - F
SKALA 1:10



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

SKRIPSI

KETERANGAN

DIGAMBAR

Muhammad Agung Bimantara
1221003

DIPERIKSA

Ir. Ester Priskasari, MT

TTD

Mohammad Erfan ST, MT

TTD

JUDUL GAMBAR

SKALA

Potongan A - A

1 : 100

DETAIL 2

1 : 4

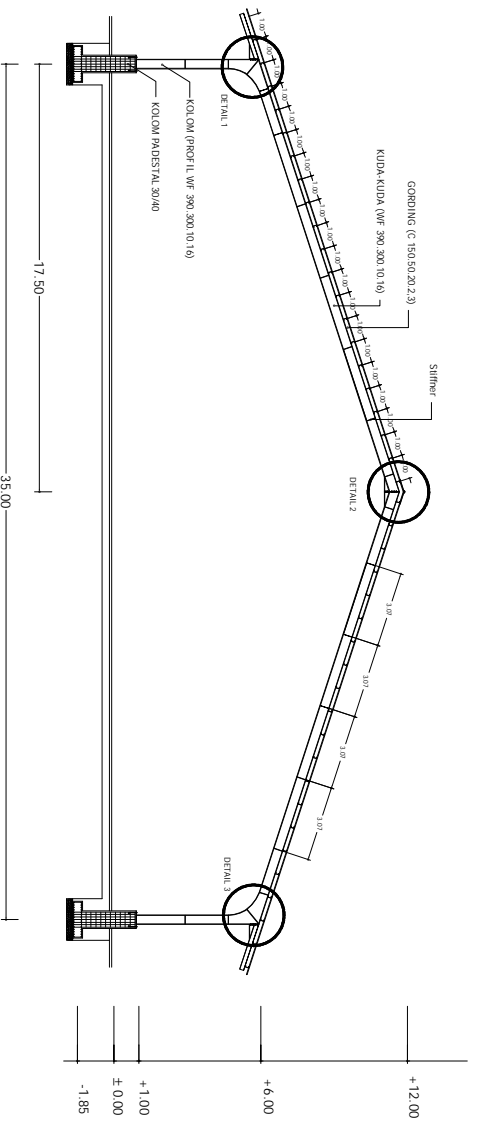
Potongan F - F

1 : 10

JUMLAH LEMBAR NOMOR LEMBAR

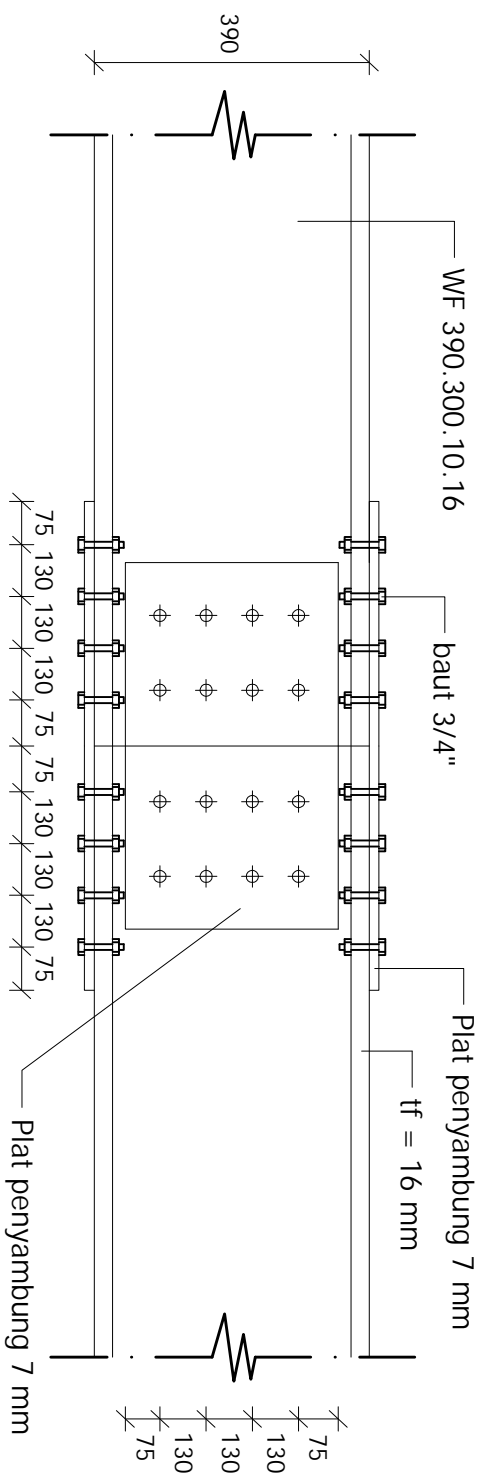
08


06



POTONGAN A-A

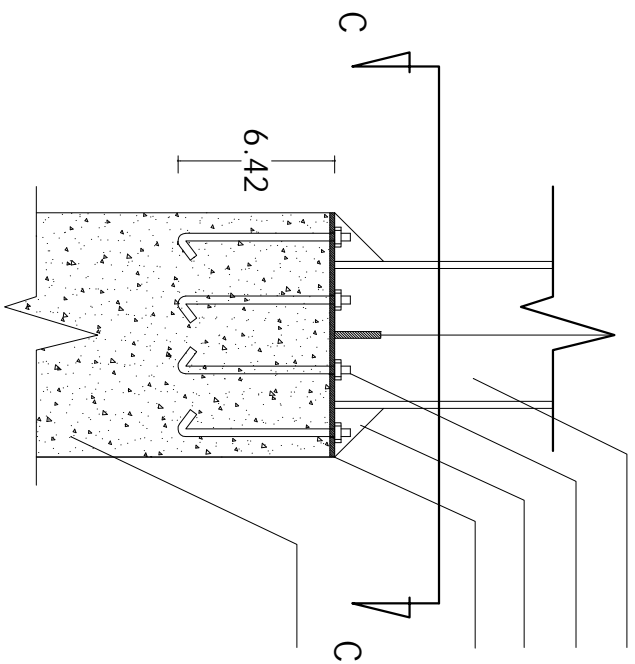
 SKALA 1:100



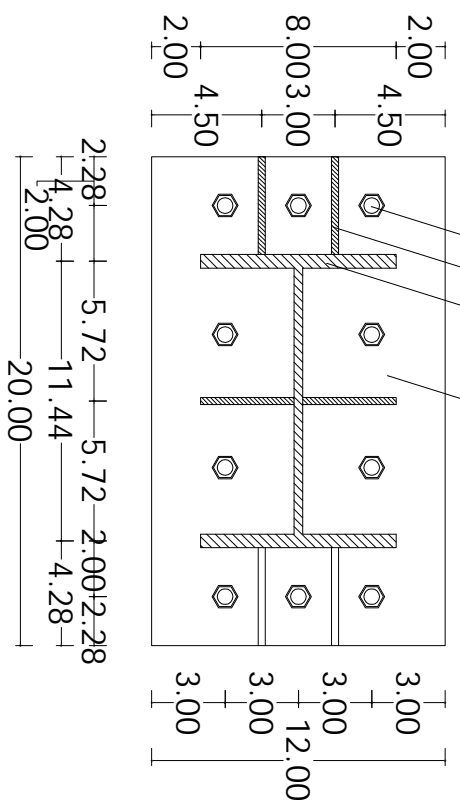
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG	
SKRIPSI	
KETERANGAN	
DIGAMBAR	
<u>Muhammad Agung Bimantara</u> 1221003 DIPERIKSA	
<u>Ir. Ester Priskasari, MT</u> TTD	TTD
<u>Mohammad Erfan ST, MT</u> TTD	
JUDUL GAMBAR	SKALA
Potongan A - A	1 : 100
SAMBUNGAN BALOK-BALOK	1 : 20
JUMLAH LEMBAR	NOMOR LEMBAR
08	07

WF 390.300.10.16
 Angkur A325 3/4" = 1,9 cm ; panjang = 25 cm
 Pelat Landas t = 1 cm
 Pelat Pengaku t = 1 cm

Kolom Padestal
 30cm x 50cm
 Angkur A325 3/4"
 Pelat pengaku t = 1cm
 WF 390.300.10.16
 Pelat Landas t = 1 cm



DETAIL BASEPLATE
 SKALA 1:15



POTONGAN C-C
 SKALA 1:7,5



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

SKRIPSI

KETERANGAN

DIGAMBAR

Muhammad Agung Bimantara
 1221003

DIPERIKSA

Ir. Ester Priskasari, MT

TTD

Mohammad Erfan, ST, MT

TTD

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL BASE PLATE 1 : 15

POTONGAN C-C 1 : 7,5

JUMLAH LEMBAR NOMOR LEMBAR

08	08
----	----

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2000 “*Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 03–1729–2002*”, Bandung.
- Departemen PU Ditjen Cipta Karya, 1983 “*Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)*” Jakarta.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1984 “*Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*” Bandung.
- Indra Sudirman., 2010 “*Struktur Baja 1, “Sifat dan Perilaku Baja*”, Malang.
- Laurentius Wahyudi & Sjahril A. Rahim “*Metode Plastis Analisis dan Desain*” Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1992
- Setiawan Agus, 2013 “*Perencanaan Struktur Baja, Metode LRFD*”, edisi pertama Erlangga, Jakarta.
- Setiawan Agus, 2013 “*Perencanaan Struktur Baja, Metode LRFD*”, edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- Salmon, C.G., & Johnson, J.E., 1995 “*Struktur Baja 2, Desain dan Prilaku*”, edisi kedua, PT. Gramedia Pusat Utama, Jakarta.
- Salmon, C.G., & Johnson, J.E., 1992 “*Struktur Baja, Desain dan Prilaku*”, edisi ketiga, PT. Gramedia Pusat Utama, Jakarta.
- SNI 1727:2013 “*Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*” Badan Standardisasi Nasional (BSN)
- SNI 1729:2015 “*Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*” Badan Standardisasi Nasional (BSN)
- Laurentius Wahyudi & Sjahril A. Rahim 1992 “*Metode Plastis Analisis dan Desain*”.
- Wiryanto Dewobroto. AISC 2010 “*Struktur Baja Perilaku, Analisis, & Desain*”. Edisi satu Lumina.