

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAP BAJA DENGAN
PEMAKAIAN BALOK CASTELLA DAN KOLOM BAJA PROFIL WF
(WIDE FLANGE) PADA PROYEK REHABILITASI PASAR
LUMAJANG**



Disusun oleh :

RANDI AGUSTA MAKARTI MUKTI TAMA

11.21.085

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
M A L A N G
2015**

REFERENCE

EXAMINATION REPORT ON THE INVESTIGATION OF THE
THE RESULTS OF THE INVESTIGATION ARE AS FOLLOWS: THE
OF THE INVESTIGATION REPORT IS AS FOLLOWS: THE
EXAMINATION

DATE RECEIVED

FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION

200.12.11

THE BUREAU OF INVESTIGATION

OF THE FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION

WASHINGTON, D. C. 20535

200.12.11

FBI

SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAP BAJA DENGAN PEMAKAIAN BALOK CASTELLA DAN KOLOM BAJA PROFIL WF (WIDE FLANGE) PADA PROYEK REHABILITASI PASAR LUMAJANG



Disusun oleh :

**RANDI AGUSTA MAKARTI MUKTI TAMA
11.21.085**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
M A L A N G
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAP BAJA DENGAN PEMAKAIAN
BALOK CASTELLA DAN KOLOM BAJA PROFIL WF (*WIDE FLANGE*) PADA
PROYEK REHABILITASI PASAR LUMAJANG

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

RANDI AGUSTA MAKARTI MUKTI TAMA

11.21.085

Mengetahui :


Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



Ir. A. Agus Santosa, MT.
NIP.Y.1018700155

Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Ir. Ester Priskasari, MT.
NIP.Y.1028800187

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

2015

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAP BAJA DENGAN PEMAKAIAN
BALOK CASTELLA DAN KOLOM BAJA PROFIL WF (WIDE FLANGE) PADA
PROYEK REHABILITASI PASAR LUMAJANG

*Dipertahankan dihadapan dewan penguji ujian skripsi jenjang strata satu (S-1)
Pada hari kamis 13 Agustus 2015*

*Dan diterima untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik Sipil*

Disusun Oleh :

RANDI AGUSTA MAKARTI MUKTI TAMA

11.21.085

Disahkan Oleh :

Ketua



Ir. A. Agus Santosa, M.T.
NIP.Y.1018700155

Sekretaris



Lila Ayu Ratna Winanda, S.T. M.T.
NIP.Y.1030800419

Anggota Penguji :

Penguji I



Ir. A. Agus Santosa, M.T.
NIP.Y.1018700155

Penguji II



Ir. Sudirman Indra, M.Sc
NIP.Y.10183033354

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2015



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
JL. Bendungan Sigura-gura No.2 telp. 551951-551431
MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Randi Agusta Makarti Mukti Tama
NIM : 11.21.085
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAP BAJA DENGAN PEMAKAIAN
BALOK *CASTELLA* DAN KOLOM BAJA PROFIL WF (*WIDE FLANGE*) PADA
PROYEK REHABILITASI PASAR LUMAJANG

Adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya.

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

Malang, 25 Agustus 2015

Yang membuat pernyataan



(Randi Agusta Makarti Mukti Tama)

ABSTRAKSI

Randi Agusta M.M.T (11.21.085), (2015), “Studi Perencanaan Struktur Atap Baja Dengan Pemakaian Balok Castella dan Kolom Baja Profil WF (*Wide Flange*) Pada proyek Rehabilitasi Pasar Lumajang”, Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Intitut Teknologi Nasional Malang, Dosen Pembimbing I : Ir. Bambang Wedyantadji, MT., Dosen Pembimbing II: Ir. Ester Priskasari, MT.

Dengan semakin cepatnya perkembangnya dunia pendidikan di indonesia termasuk juga dunia pendidikan di kalangan perguruan tinggi. Diprovinsi jawa timur yang merupakan pusat pendidikan di indonesia banyak mengalami kemajuan pendidikan khususnya kota malang yang merupakan tempat singgahan banyak mahasiswa untuk mencari ilmu. Oleh karna itu, mahasiswa sebagai aset bangsa dituntut untuk berfikir kreatif dan inovatif untuk memunculkan gagasan – gagasan sesuai dengan bidangnya, agar nantinya ilmu dari mahasiswa benar – benar dapat di implementasikan sesuai dengan bidangnya masing – masing.

Dalam dunia konstruksi juga banyak mengalami perkembangan dengan banyaknya permintaan akan bangunan dengan berbagai macam fungsi, Untuk merencanakan suatu bangunan yang menggunakan struktur baja, dapat direncanakan dengan alternatif baja *castella* yang dimaksudkan untuk mendapatkan profil yang lebih tinggi dari profil aslinya, sehingga memiliki kekuatan yang lebih besar. Dengan adanya lubang pada profil maka berat sendiri pada profil juga berkurang jika dibandingkan dengan profil yang memiliki tinggi yang sama.

Bagian struktur bangunan yang sangat penting dan merupakan struktur pokok dalam suatu bangunan salah satunya adalah kolom, di dalam dunia konstruksi kolom beton merupakan bentuk umum yang populer namun pembahas disini akan membahas tentang kolom baja dengan menggunakan profil WF (*Wide Flange*).

Dari hasil perhitungan didapatkan ukuran optimal profil baja castella 441.200.8.12 yang diperoleh dari profil H 294.200.8.12 dengan sudut pemotongan 45°. Untuk kolom mendapatkan profil baja WF (*Wide Flange*) 200.200.8.12

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. Dan untuk Base Plate menggunakan ukuran 400 mm x 400 mm dengan ketebalan 20 mm.

Kata Kunci : Baja Castella, Kolom Baja Profil WF (*Wide Flange*), Sambungan, Base Plate

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, Yang telah memberikan rahmat, hidayah serta inayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul. “STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAP BAJA DENGAN PEMAKAIAN BALOK *CASTELLA* DAN KOLOM BAJA PROFIL WF (*WIDE FLANGE*) PADA PROYEK REHABILITASI PASAR LUMAJANG”.

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah agar memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana di Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil kepada penulis, terutama kepada yang saya hormati :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MTA Selaku REKTOR ITN Malang.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
3. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT. selaku dosen pembimbing I
4. Ibu Ir. Ester Priskasari, MT. selaku dosen pembimbing II

5. dan semua pihak yang membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, 25 Juli 2015
Penulis,

Randi Agusta M.M.T
NIM : 11.21.085

DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAKSI	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR NOTASI.....	vii

Bab I : Pendahuluan

1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	4
1.3 Tujuan penulisan	5
1.4 Manfaat penulisan	5
1.5 Batasan masalah	6

Bab II : Landasan Teori

2.1 Material Baja	7
2.1.1 Sifat Utama Material Baja	7
2.1.2 Sifat Mekanis Baja	8
2.2 Pembebanan Bangunan	10
2.2.1 Katagori Resiko Bangunan Dan Struktur Lainnya Untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa, Dan Es.....	10
2.2.2 Beban-Beban Pada Bangunan	11
a. Beban Mati	11
b. Beban Hidup	11
c. Beban Air Hujan	12

d. Beban Angin	12
2.2.3 Kombinasi Pembebanan	15
2.3 Desain LRFD Struktur Baja	16
2.3.1 Filosofi Desain	16
2.3.2 Konsep Dasar	17
2.4 Profil Baja <i>Castella Beam</i>	23
2.4.1 Geometri Penampang <i>Castella Beam</i>	24
2.4.2 Desain Penampang Balok <i>Castella Beam</i>	26
2.5 Kolom	35
2.5.1 Kekuatan Kolom Dasar	36
2.5.2 Panjang Tekuk Kolom	37
2.6 Perencanaan sambungan	40
2.6.1 Sambungan Baut	41
2.6.2 Sambungan Balok Balok - Kolom	42
2.6.3 Sambungan Balok Ujung – Balok Ujung	47
2.6.4 Sambungan Las	47
2.7 Plat landasan (Base plate)	51
2.8 Diagram Alir Analisis	58

Bab III : Data Perencanaan

3.1 Perencanaan Gording	61
3.1.1 Akibat Beban Mati	63
3.1.2 Akibat Beban Angin	64
3.1.3 Akibat Beban Hidup Atap	67
3.1.4 Akibat Beban Air Hujan	68
3.1.5 Beban Pada Gording	69
3.1.6 Kombinasi Pembebanan	69
3.1.7 Perhitungan Trekstang	74
3.2 Perhitungan Pembebanan	75
3.2.1 Beban Mati	75
3.2.2 Beban Hidup	77
3.2.3 Beban Angin	78
3.2.4 Beban Air Hujan	82

3.2.5	Pembebanan Pada Bangunan	83
-------	--------------------------------	----

Bab IV : Perencanaan Konstruksi

4.1	Perencanaan Balok Castella.....	84
4.2	Perencanaan Kolom Baja Profil WF (Wide Flange)	99
4.3	Perencanaan Sambungan	103
4.3.1	Sambungan Puncak (Rafter)	104
4.3.2	Sambungan Balok Kolom	117
4.3.3	Sambungan Balok Kantilever	134
4.4	Perencanaan Sambungan <i>Base Plate</i>	151

Bab V : Kesimpulan

5.1	Kesimpulan.....	160
-----	-----------------	-----

Daftar Pustaka.....

Lampiran.....

DAFTAR GAMBAR

Bab I : Pendahuluan

Bab II : Landasan Teori

2.1	Distribusi tegangan pada level beban berbeda	21
2.2	Diagram tegangan regangan	21
2.3	Hexagonal Castellated beam	23
2.4	Circular Castellated beam	24
2.5	Octagonal Castellated beam	24
2.6	Tinggi setelah pemotongan baja	25
2.7	Dimensi geometri penampang Castellated beam	29
2.8	Penampang T	34
2.9	Gaya geser pada penampang	34
2.10	Komponen Desai Struktur	38
2.11	Sambungan Baut	42
2.12	Sambungan kolom - balok	42
2.13	Interaksi geser dan tarik pada baut	43
2.14	Sambungan balok ujung – balok ujung	47
2.15	Tebal (throat) efektif las sudut	47
2.16	Notasi pada plat landasan (<i>Base plate</i>)	51
2.17	Beban yang bekerja pada <i>Base plate</i>	52

Bab III : Data Perencanaan

3.1	Skema Pembebanan Untuk Beban Mati	77
3.2	Skema Pembebanan Untuk Beban Hidup	77

Bab III : Data Perencanaan

4.1	Rumus Penentuan Potongan Balok Castella	85
4.2	Modifikasi Castella Beam	85
4.3	Potongan Balok T	89
4.4	Dimensi Profil Castella Yang Di Pakai	98

4.5	Diagram Tegangan Baut	116
4.6	Diagram Tegangan Baut	129
4.7	Diagram Tegangan Baut	142
4.8	Perencanaan Base Plate	151
4.9	Dimensi Base Plate yang digunakan	158
4.10	Tebal efektif las sudut (Throat efektif)	158

DAFTAR NOTASI

- E : Modulus Elastisitas Baja(200.000 MPa)
- G : Modulus Geser (79.300 MPa)
- 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)
- dg : Tinggi balok (castella) setelah peninggian (mm)
- db : Tinggi balok (balok asli) sebelum peninggian (mm)
- S_g : Modulus plastisitas penampang balok setelah peninggian (mm^3)
- S_b : Modulus plastisitas penampang balok sebelum peninggian (mm^3)
- K_l : Perbandingan tinggi balok setelah peninggian dan sebelum peninggian.
- h : Pertambahan tinggi akibat pemotongan zig – zag (mm)
- 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 *castella* (N/mm²)
 σ_v : Tegangan geser ijin balok *castella* (N/mm²)
 θ : Sudut pemotongan *castella*
 σ_{max} : Tegangan geser maksimum balok *castella* (N/mm²)
 V_u : Gaya geser yang terjadi (N)
 e : Panjang bidang horizontal (mm)
 s : Jarak antar panel (mm)
 I_g : Momen inersia balok *castella* (mm⁴)
 I_T : Momen inersia penampang T *castella* (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 (mm²)
 E_c : Modulus elastisitas beton = $0,043W_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$, (Mpa)
 C_1 : Koefisien untuk perhitungan kekakuan dari suatu komponen Struktur tekan komposit terbungkus beton.

- F_{ysr}** : Tegangan leleh minimum yang diisyaratkan dari batang tulangan, (Mpa)
- I_c** : Momen inersia penampang beton di sumbu netral elastis dari penampang komposit (mm⁴)
- I_s** : Momen inersia profil baja di sumbu netral elastis dari penampang komposit, (mm⁴)
- I_{sr}** : Momen inersia batang tulangan di sumbu netral elastis dari penampang komposit (mm⁴)
- K** : Faktor panjang efektif
- f_c** : Kekuatan tekan beton yang disyaratkan, Mpa
- W_c** : Berat beton per unit volume (1500 < W_c < 2500 kg/m³)
- 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)
- Ø** : 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)
- S₁** : Jarak baut ke tepi (mm)
- S₂** : 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
 α : 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* (mm^2)
 A_2 : Luas permukaan yang ditumpu *base plate* (mm^2)
 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

Dengan semakin cepatnya perkembangnya dunia pendidikan di indonesia termasuk juga dunia pendidikan di kalangan perguruan tinggi, baik perguruan tinggi negeri maupun perguruan tinggi swasta. Diprovinsi jawa timur yang merupakan pusat pendidikan di indonesia banyak mengalami kemajuan pendidikan khususnya kota malang yang merupakan tempat singgahan banyak mahasiswa untuk mencari ilmu, terbukti dengan banyaknya perguruan tinggi negeri maupun swasta yang terbesar di kota malang. Oleh karna itu, mahasiswa sebagai aset bangsa dituntut untuk berfikir kreatif dan inovatif untuk memunculkan gagasan – gagasan sesuai dengan bidangnya, agar nantinya ilmu dari mahasiswa benar – benar dapat di implementasikan sesuai dengan bidangnya masing – masing.

Dalam dunia konstruksi juga banyak mengalami perkembangan dengan banyaknya permintaan akan bangunan dengan berbagai macam fungsi. Bukan hanya masalah desain yang harus diperhatikan, melainkan juga masalah bahan konstruksi dan struktur yang diperlukan. Baja merupakan salah satu bahan konstruksi yang sangat banyak mengalami perkembangan dengan berbagai macam manfaatnya. Baja dapat mengurangi kelemahan yang dimiliki oleh beton yaitu dengan alternatif untuk balok

panjang. Kemampuan ini tidak dimiliki beton yang cenderung memerlukan beberapa kolom sebagai balok penyangga balok.

Perencanaan desain ini memanfaatkan ilmu pengetahuan yang didapatkan selama kuliah di Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang yaitu diantaranya tentang mekanika tegangan, analisa struktur, struktur baja, dan yang lainnya dengan mencari beberapa referensi yang secara khusus membahas tentang stabilitas struktur berdasarkan aturan desain demi menjamin suatu keamanan serta kenyamanan. Seperti yang diketahui bahwa sangat banyak metode yang digunakan dalam dunia konstruksi diantaranya *American Institute of Steel Construction (AISC)*, *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*.

Trend penalaran akhir – akhir ini lebih mengarah kepada spesifikasi LRFD, dimana filosofi kekuatan desainnya menggunakan beban – beban layanan terfaktor serta membandingkan kekuatan yang diperoleh terhadap beban. Dalam menggunakan metode LRFD ini suatu profil dapat dihitung hingga mencapai titik plastis dari penampang tersebut sebelum akhirnya runtuh. Sesuai dengan perhitungan menggunakan metode LRFD tersebut maka didapat titik maksimalprofil penampang, hal ini berbeda dengan metode ASD yang menggunakan tegangan ijinmaksimal. Oleh karna itu dengan didapat kekuatan yang maksimal maka akan didapat profil yang lebih ekonomis.

Penggunaan baja *castella* dalam dunia konstruksi sudah tidak asing lagi dikarenakan beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dengan menggunakan baja *castella* diantaranya untuk mendapatkan profil lebih tinggi dari profil aslinya, dengan profil yang lebih tinggi dari pada aslinya maka akan didapatkan kekuatan yang lebih besar, serta keuntungan lainnya adalah lubang yang ada di profil *castella* maka beratnya akan menjadi lebih ringan dengan kapasitas tinggi dan kekuatan yang besar.

Bagian struktur bangunan yang sangat penting dan merupakan struktur pokok dalam suatu bangunan salahsatunya adalah kolom, di dalam dunia konstruksi kolom beton merupakan bentuk umum yang populer namun pembahas disini akan membahas tentang kolom baja dengan menggunakan profil WF (*Wide Flange*). Ini merupakan salah satu dari profil baja struktural yang paling banyak digunakan dalam setiap konstruksi – konstruksi baja. Sebagian penggunaanya terkadang bingung karna profil jenis ini memiliki variasi beberapa nama, misalnya sering disebut profil H, HWF, H-BEAM, IWF, atau I. Di beberapa tempat juga menyebut dengan istilah WH, SH, dan MH. Sebagai material bangunan, keunggulan baja terletak pada segi bentuk maupun strukturnya yang kokoh. Kedua nilai ini membantu para ahli sipil untuk memperkirakan lebih matang lagi dalam membangun konstruksi baja dengan tingkat presisi dan akurasi yang lebih tinggi. Apalagi baja memiliki daktilitas yang tinggi, dalam artian meski tarikan dan tegangannya tinggi tidak membuat material langsung hancur atau putus.

Untuk pembahasan pada tulisan ini penulis membahas terkait peren canaan struktur atap dengan menggunakan baja castellan ndan kolom baja dengan menggunakan profil baja WF (*Wide Flange*). Untuk pererencanaan struktur bangunan harus memperhatikan fungsi bangunan, kekuatan, keamanan, kestabilan, dan pertimbangan ekonomis. Jadi, seorang perencana dalam merencanakan sebuah bangunan harus memperhatikan aspek kuat, aman, nyaman, dan harus ekonomis. Dari beberapa pemaparan diatas penulis mengambil judul “STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAP BAJA DENGAN PEMAKAIAN BALOK CASTELLA DAN KOLOM BAJA PROFIL WF (*WIDE FLANGE*) PADA PROYEK REHABILITASI PASAR LUMAJANG”

1.2 Rumusan Masalah

Dari pemaparan latar belakang diatas, penulis dapat merumuskan masalah yang timbul, yaitu :

1. Berapa dimensi struktur atap dengan baja *castella* yang dibutuhkan?
2. Berapa dimensi kolom baja dengan menggunakan profil baja WF (*Wide Flange*) yang dibutuhkan?
3. Bagaimanakah sambungan antara struktur atap baja *castella* dan kolom baja profil WF (*Wide Flange*)?
4. Bagaimana gambar perencanaan setelah dilakukan studi perencanaan struktur atap baja *castella* dan kolom baja profil WF (*Wide Flange*)?

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan yang ingin dicapai penulis dalam skripsi ini adalah :

1. Mengetahui berapa besar dimensi struktur atap dengan baja *castella*.
2. Mengetahui berapa dimensi kolom baja dengan menggunakan profil baja WF (*Wide Flange*).
3. Bagaimana sambungan antara struktur atap baja *castella* dan kolom baja profil WF (*Wide Flange*).
4. Bagaimana gambar perencanaan setelah dilakukan studi perencanaan struktur atap baja *castella* dan kolom baja profil WF (*Wide Flange*).

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat yang ingin dicapai penulis dalam skripsi ini adalah :

1. Memberikan informasi kepada semua pihak yang bermain di dalam dunia konstruksi dan yang membutuhkan serta memerlukan terkait penggunaan baja *castella* sebagai struktur atap.
2. Memberikan informasi kepada semua pihak yang bermain di dalam dunia konstruksi dan yang membutuhkan serta memerlukan terkait penggunaan kolom baja profil baja WF (*Wide Flange*).
3. Memberikan informasi kepada semua pihak yang bermain di dalam dunia konstruksi dan yang membutuhkan serta memerlukan terkait sambungan antara struktur atap baja *castella* dan kolom baja profil WF (*Wide Flange*).

4. Memberikan informasi kepada semua pihak yang bermain di dalam dunia konstruksi dan yang membutuhkan serta memerlukan terkait gambar perencanaan setelah dilakukan studi perencanaan struktur atap baja *castella* dan kolom baja profil WF (*Wide Flange*).

1.5 Batasan Masalah

Agar penulis skripsi ini bisa terarah dan terencana, penulis memberikan batasan – batasan penulisan sebagai berikut :

1. Mendapatkan dimensi struktur atap dengan baja *castella*.
2. Mendapatkan dimensi kolom baja dengan menggunakan profil baja WF (*Wide Flange*).
3. Mengetahui bagaimana sambungan antara struktur atap baja *castella* dan kolom baja profil WF (*Wide Flange*).
4. Mengetahui bagaimana gambar perencanaan setelah dilakukan studi perencanaan struktur atap baja *castella* dan kolom baja profil WF (*Wide Flange*).

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Material Baja

2.1.1 Sifat Utama Baja

Baja sebagai bahan dasar dari struktur mempunyai sifat – sifat utama yang dapat memberikan kekuatan sehingga dapat menahan beban yang timbul pada suatu struktur.

Adapun sifat utama dari baja, yaitu :

1. Elastisitas (Elasticity)

Elastisitas (*Elasticity*) adalah kesanggupan untuk berubah bentuk dalam batas – batas pembebanan tertentu dan apabila beban diiadakan, maka akan kembali ke bentuk semula.

2. Kekenyalan (Tenacity)

Kekenyalan (*Tenacity*) adalah kemampuan baja untuk menyerap energi mekanis atau kesanggupan untuk menerima perubahan bentuk yang besar tanpa mengalami cacat atau kerusakan yang terlihat dari luar dan dalam jangka waktu yang sangat pendek sebelum patah, masih bisa berubah bentuknya.

3. Keteguhan (*Solidity*)

Merupakan batas dari tegangan dalam, dimana pertahanan mulai berlangsung.

4. Kekerasan (*Hardness*)

Merupakan kekuatan melawan terhadap masuknya benda lain kedalam baja.

5. Dapat ditimpa (*Mulleability*)

Karena baja memiliki sifat keteguhan sehingga dapat diubah bentuknya dengan baik, baja dapat menjadi lembek dan plastis tanpa mempengaruhi sifat – sifat baja tersebut.

6. Dapat disambung atau di las (*Weldability*)

Sifat baja dalam keadaan panas dapat digabungkan satu sama lain dengan memakai atau tidak memakai bahan tambahan tanpa mempengaruhi sifat – sifat keteguhannya.

2.1.2 Sifat Mekanis Baja

(Sumber : Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Erlangga, 2008.Hal 20.

Derdasarkan SNI 03-1729-2002. Hal 9-184)

Berikut merupakan sifat – sifat mekanik dari materialbaja:

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

- Koefesien Muai Panjang, $\alpha = 12.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

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

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Mekanis Baja Struktural

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

(Sumber : *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga, 2008. Hal 20
 Berdasarkan SNI 03-1729-2002)

2.2 Pembebanan Bangunan

2.2.1 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa, dan Es.

Tabel 2.2 Kategori Risiko Bangunan

Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur	Kategori Risiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia. Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan. Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis	III
Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting. Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat. Bangunan gedung dan struktur lain	IV

<p>(termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenangan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis. Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.</p>	
---	--

(Sumber : SNI 1727 : 2013, Hal 3 dari 194)

2.2.2 Beban – Benan Pada Bangunan

a. Beban Mati

Berdasarkan (SNI 1727 : 2013, Hal 15 dari 195). Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

b. Beban Hidup

Berdasarkan (SNI 1727 : 2013, Hal 15 dari 195). Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

- Reduksi Beban Hidup Merata

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_u \cdot A_T}} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- L = Beban hidup rencana tereduksi
- Lo = Beban hidup rencana tanpa reduksi
- Ku = Faktor elemen beban hidup
- A_T = Luas tributari dalam

c. Beban Air Hujan

Berdasarkan (SNI 1727 : 2013, Hal 38 dari 195). Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

$$R = 0,0098(ds + dh) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- R = Beban air hujan pada atap.
- ds = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam mm.
- dh = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam mm.

d. 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.

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, besarnya tekanan tiup angin ini harus diambil minimum 25 kg/m² luas bidang bangunan yang ditinjau. Sedangkan untuk di laut sampai sejauh 5 km dari tepi pantai tekanan tiup angin ini diambil minimum 40 kg/m².

- **Faktor Arah Angin (*K_d*)**

Tabel 2.3 Faktor Arah Angin (*K_d*)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin <i>K_d</i> *
Bangunan Gedung Sistem Penahan Beban Angin Utama Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85 0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

(Sumber SNI 1727:20013. Hal 50 dari 195)

- **Efek Tiupan Angin (*G*)**

Faktor efek-tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85. (SNI 1727 : 2013, Hal 54 dari 195)

- **Koefisien eksposur tekanan velositas (*K_z*)**

Berdasarkan (SNI 1727 : 2013, Hal 57 dari 195)

$$K_z = 2.01 \times \left(\frac{Z}{Z_g}\right)^{2/a} \dots\dots\dots (2.3)$$

K_z = Koefisien eksposur tekanan velositas

Z = Tinggi rata-rata atap diatas tanah

- Tekanan Velositas q_z .(SNI 1727 : 2013, Hal 54 dari 195)

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

..... (2.4)

Dimana :

K_d = faktor arah angin

K_z = koefisien eksposur tekanan velositas

K_{zt} = faktor topografi tertentu

V = kecepatan angin dasar

Q_z = tekanan velositas dihitung menggunakan Persamaan

- Koefisien Tekanan Neto

Tabel 2.4 Koefisien Tekanan Neto

Sudut atap θ	Kasus beban	Arah angin, $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$			
		Aliran angin tidak terhalang		Aliran angin terhalang	
		C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}
$7,5^\circ$	A	1,1	-0,3	-1,6	-1
	B	0,2	-1,2	-0,9	-1,7
15°	A	1,1	-0,4	-1,2	-1
	B	0,1	-1,1	-0,6	-1,6
$22,5^\circ$	A	1,1	0,1	-1,2	-1,2
	B	-0,1	-0,8	-0,8	-1,7
30°	A	1,3	0,3	-0,7	-0,7
	B	-0,1	-0,9	-0,2	-1,1
$37,5^\circ$	A	1,3	0,6	-0,6	-0,6
	B	-0,2	-0,6	-0,3	-0,9
45°	A	1,1	0,9	-0,5	-0,5
	B	-0,3	-0,5	-0,3	-0,7

(Sumber : SNI 1727 : 2013, Hal 73 dari 195)

• Tekanan Angin Desain

$$p = qh \times G \times CN \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

- P = Beban Angin.
- G = Faktor Efek Tiupan Angin.
- qz = tekanan velositas.
- CN = Tekanan Neto.

2.2.3 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan (SNI1727 : 2013, Hal 11 dari 195) adalah :

- a. 1,4D
- b. 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau S atau R)
- c. 1,2D + 1,6 (Lr atau S atau R) + (L atau 0,5W)
- d. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr atau S atau R)
- e. 1,2D + 1,0E + L + 0,2S
- f. 0,9D + 1,0W
- g. 0,9D + 1,0E

Dimana :

- D = Beban Mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural)
- L = Beban Hidup (beban yang dapat bergerak)
- Lr = Beban Hidup Atap
- W = Beban angin
- S = Beban salju
- E = Beban gempa
- R = Beban air hujan atau beban es

2.3 Desain LRFD Struktur Baja

Secara umum, suatu struktur dikatakan aman apabila syarat sebagai berikut :

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i \cdot Q_i \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

ϕ = Faktor Reduksi

γ_i = Faktor Beban

R_n = Tahanan Nominal

Q_i = Beban Yang Bekerja

Dimana ruas kanan dari persamaan tersebut mewakili *resistensi*, atau kekuatan dari komponen atau system, sedangkan sisi kiri mewakili bebanyang diharapkan akan ditanggung. Pada sisi kekuatan, harga nominal *resistensi* R_n dikalikan dengan factor resistensi (Reduksi kekuatan) ϕ untuk mendapatkan kekuatan desain. Pada sisi beban dari persamaan diatas, berbagai efek beban Q_i (beban mati, beban hidup, beban angin) dikalikan dengan factor – factor kelebihan beban γ_i untuk mendapatkan jumlah dari beban – beban terfaktor.

Format umum dari spesifikasi LRFD yang diberikan pada persamaan diatas. Secara umum persamaan tersebut berarti bahwa kekuatan (ϕR_n) yang disediakan dalam desain paling tidak harus sama dengan pemfaktoran beban – beban yang bekerja.

2.3.1 Filosofi Desain

Struktur dan batang-batang struktur harus memiliki kekuatan yang cukup, seperti ketahanan dan kekakuan yang cukup sehingga dapat berfungsi selama umur

layanan dari struktur tersebut. Desain harus menyediakan cadangan kekuatan untuk menanggung beban layanan, yakni struktur harus memiliki sediaan terhadap kemungkinan kelebihan beban. Kelebihan beban dapat terjadi akibat perubahan fungsi struktur, akibat terlalu rendahnya taksiran atas efek-efek beban karena penyederhanaan berlebihan dalam analisis strukturalnya dan akibat variasi-variasi dalam prosedur konstruksinya. Disamping itu harus ada sediaan terhadap kemungkinan kekuatan material yang lebih rendah. Penyimpangan dalam dimensi batang, meskipun dalam batas toleransi yang dapat diterima, akan menyebabkan suatu batang memiliki kekuatan atau mutu yang lebih rendah dari yang telah direncanakan. Dalam merencanakan suatu struktur juga harus memperhitungkan kekuatan dari masing-masing fungsi struktur itu sendiri, misalnya dalam merencanakan sambungan (*connection*) harus direncanakan lebih kuat dari kekuatan batang (*frame*), hal ini sebagai antisipasi dari kegagalan pada sambungan karena kegagalan sambungan pada suatu struktur akan mengakibatkan keruntuhan struktur itu sendiri tanpa peringatan. Oleh karena itu desain struktural harus tetap memberikan keamanan yang cukup terhadap kelebihan beban (*Overload*) atau kurang kekuatan (*Understrength*).

2.3.2 Konsep Dasar

2.3.2.1 Teori Kekuatan Batas

Komponen struktur beserta sambungannya harus direncanakan untuk keadaan kekuatan batas sebagai berikut :

1. Beban-beban dan aksi-aksi harus ditentukan sesuai dengan beban mati, hidup, angin hujan, hidup atap, dan gempa.
2. Pengaruh-pengaruh aksi terfaktor (R_u) sebagai akibat dari beban-beban keadaan batas harus ditentukan dengan analisis struktur
3. Kuat Rencana (ϕR_n) harus ditentukan dari kuat nominal (R_n) yang ditentukan berdasarkan komponen struktur, dikalikan dengan faktor reduksi (ϕ)
4. Semua komponen struktur dan sambungan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga kuat rencana (R_n) tidak kurang dari pengaruh aksi terfaktor

(R_u) yaitu :

$$\boxed{R_u \leq \phi R_n} \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana:

R_u : kuat terfaktor atau kuat perlu

ϕR_n : kuat rencana

2.3.2.2 Faktor Reduksi

Faktor reduksi dalam perencanaan struktur berdasarkan metode LRFD ditentukan dalam *table 6.4.2 SNI 03-1729-2002*, sebagai berikut :

- a) Komponen struktur memikul lentur $\phi = 0,90$

- b) Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial $\phi = 0,85$
- c) Komponen struktur yang memikul gaya tarik
 - 1. Terhadap kuat tekan leleh $\phi = 0,90$
 - 2. Terhadap kuat tarik fraktur $\phi = 0,75$
- d) Komponen struktur yang memikul gaya aksial dan lentur $\phi = 0,90$
- e) Komponen struktur komposit
 - 1. Kuat tekan $\phi = 0,85$
 - 2. Kuat tumpu beton $\phi = 0,60$
 - 3. Kuat lentur dengan distribusi tegangan plastis $\phi = 0,85$
 - 4. Kuat lentur dengan distribusi tegangan plastis $\phi = 0,90$
- f) Sambungan baut $\phi = 0,75$
- g) Sambungan las
 - 1. Las tumpul penetrasi penuh $\phi = 0,90$
 - 2. Las sudut, las tumpul penetrasi sebagian, las pengisi $\phi = 0,75$

2.3.2.3 Batang Lentur

Komponen struktur lentur memikul beban – beban gravitasi, seperti beban mati dan beban hidup. Komponen struktur ini merupakan kombinasi dari elemen tekan dan elemen tarik, sehingga konsep dari komponen struktur tarik dan tekan akan dikombinasikan. Komponen ini diasumsikan sebagai komponen tak tertekuk, karena bagian elemen mengalami tekan, sepenuhnya terkekang baik dalam arah sumbu kuat, maupun sumbu lemahnya. (Agus steiawan, *Komponen Struktur Lentur.2008*)

Distribusi tegangan pada profil WF akibat momen lentur diperlihatkan dalam gambar 2.1. Pada daerah beban layan, penampang masih elastis (gambar 2.1 a), kondisi elastis berlangsung hingga tegangan pada serat terluar mencapai kuat lelehnya (f_y). Setelah mencapai regangan leleh (ϵ_y), regangan leleh akan terus naik tanpa diikuti kenaikan tegangan. Ketika kuat leleh tercapai pada serat terluar (gambar 2.1 b), tahanan momen nominal sama dengan momen leleh M_{yx} , dan besarnya adalah :

$$M_n = M_{yx} = S_x \cdot f_y \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

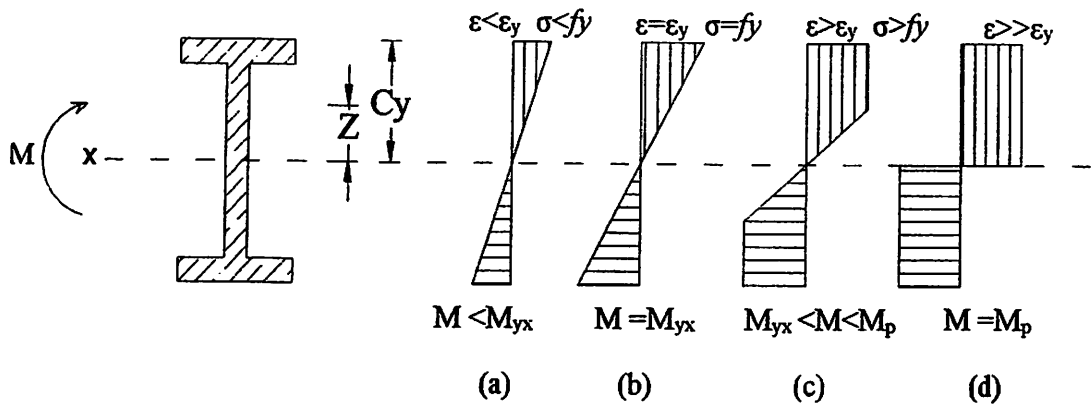
S_x : Modulus penampang arah x

Dan pada saat kondisi pada gambar 2.1 d tercapai, semua serat dalam penampang melampaui regangan lelehnya, dan dinamakan kondisi *plastis*. Tahanan momen nominal dalam kondisi ini dinamakan momen plastis (M_p), yang besarnya adalah :

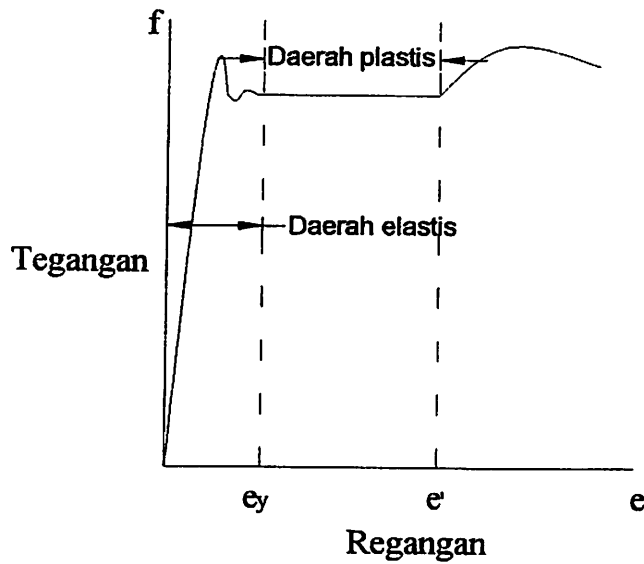
$$M_p = f_y \cdot Z$$

..... (2.9)

Dengan Z dikenal sebagai modulus plastis.



Gambar 2.1 Distribusi tegangan pada level beban berbeda



Gambar 2.2 Diagram tegangan – regangan material baja

Struktur batang lentur dikatakan aman apabila :

- Kontrol kekuatan lentur

$$\boxed{M_u < \phi \cdot M_n} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

ϕ : Faktor reduksi untuk lentur (0,9)

M_n : Momen lentur nominal (Nmm)

M_u : Momen lentur akibat beban terfaktor (Nmm)

- Kontrol kekuatan lentur

$$\boxed{\frac{1}{240} L > \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{EI} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{EI}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

L : Panjang gelagar

q : Beban merata (N/mm)

E : Modulus elastisitas baja (N/mm²)

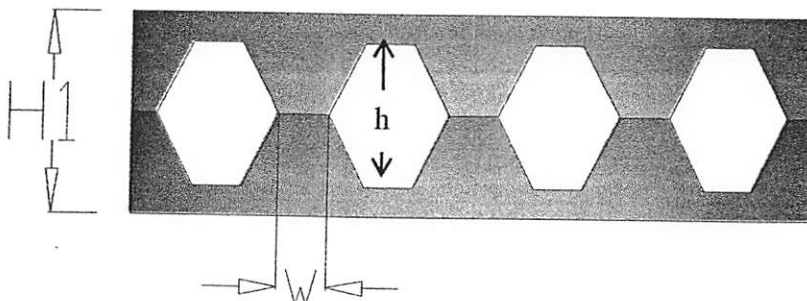
I : Momen inersia profil (mm⁴)

P : Muatan hidup (N)

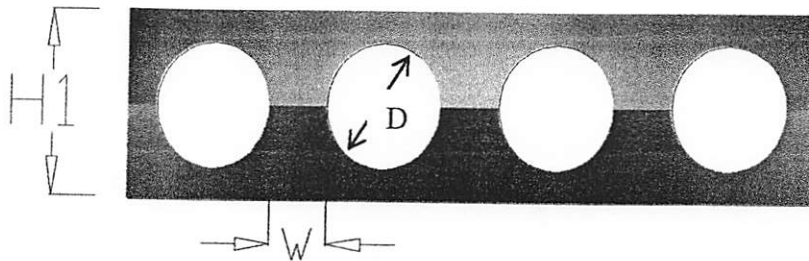
2.4 Profil Baja *Castella Beam*

Saat ini banyak sekali berbagai penelitian yang dilakukan oleh para ahli untuk menemukan berbagai solusi – solusi baru dalam mengurangi biaya pembangunan konstruksi baja. Karena adanya batasan – batasan terhadap *defleksi* maksimum yang diijinkan, sehingga kekuatan dari struktur baja tidak dapat keuntungan yang terbaik. Oleh karna itu, beberapa metode baru ditemukan untuk meningkatkan kekuatan komponen struktur baja tanpa meningkatkan berat baja itu sendiri. Salah satu dari sekian solusinya adalah penggunaan *Castellated Beam*. (Sevak Demirdjian, 1999)

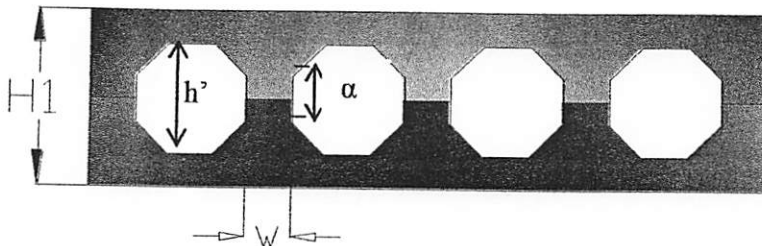
Profil baja *Castellated Beam* ialah profil baja I, H, atau U yang kemudian pada bagian badannya potongan memanjang dengan pola zig – zag. Kemudian bentuk dasar profil baja diubah dengan menggeser atau membalik setengah bagian profil baja dengan cara dilas pada bagian “gigi – giginya”. Sehingga terbentuk profil baja baru dengan lubang berbentuk segi enam (*hexagonal*), segi delapan (*Octagonal*) dan lingkaran (*Circular*). (Johann Grunbauer, 2001)



Gambar 2.3 Hexagonal Castellated beam



Gambar 2.4 Circular Castellated beam



Gambar 2.5 Octagonal Castellated beam

2.4.1. Geometri Penampang Castella Beam

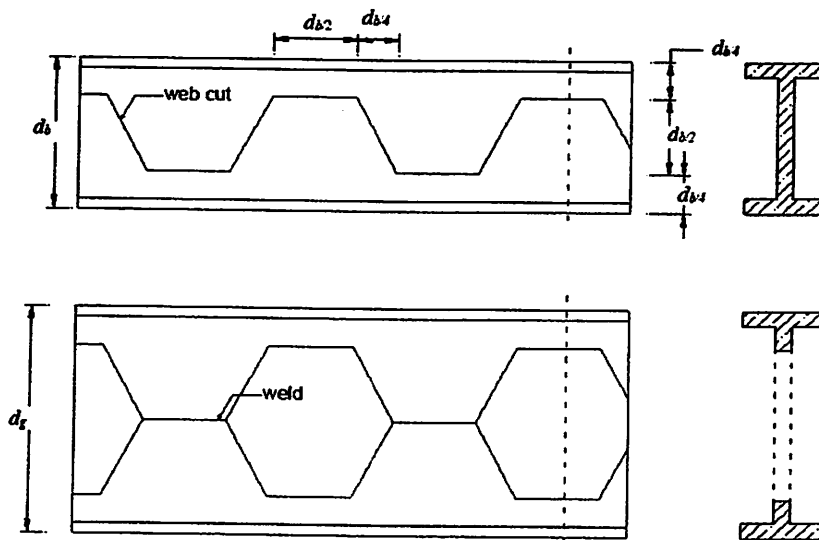
Geometri penampang *castella* beam dibagi menjadi tiga parameter, yaitu: (*L. Amayreh dan M. P. Saka, 2005*)

1. Sudut Pemotongan (θ)

Sudut Pemotongan (θ) mempengaruhi jumlah *castellation* (N per unit panjang). Riset membuktikan bahwa dengan adanya penambahan N tidak berpengaruh banyak terhadap kekakuan elastis *Castellated Beam*, akan tetapi perlu meningkatkan daktilitas serta kapasitas rotasi. Sudut pemotongan berkisar antara 45° - 70° .

2. EkspansionRatio (α)

Ekspansionratio(α) adalah ratio penambahan tinggi yang dicapai *castellation* secara teoritis tinggi asli balok bertambah 50% dari tinggi semula, namun secara keseluruhan ketinggian pada bagian T (*tee section*) terdapat faktor pembatas.



Gambar 2.6 Tinggi Pemotongan Baja Castella

3. Welding Lenght (e)

Bila panjang bidang disambung (las) terlalu pendek. Maka akan terjadi kegagalan gaya geser horizontal pada badan profil, begitu juga sebaliknya apabila panjang bidang yang disambung (las) terlalu panjang, berdampak pada pertambahan panjang bagian T (*tee section*) dimana akan terjadi

kegagalan lentur *Vierendeel*. Jadi, panjang yang diijinkan untuk dua tipe kegagalan tersebut. (Sevak Demirdjian, 1999)

Dengan pendekatan rumus, sebagai berikut :

$$\tan\phi = \frac{h}{b} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$d_g = d_b + h \dots\dots\dots (2.13)$$

$$d_t = \frac{d_b - h}{2} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$b = \frac{h}{\tan\phi} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$s = 2(b + e) \dots\dots\dots (2.16)$$

2.4.2. Desain penampang Balok *Castellated Beam*

Desain *Castellated Beam* berdasarkan *Design of Welded Structure*, mengenai *Open web expanded beams and girders*.

1. Menentukan modulus plastisitas tampang yang diperlukan balok *Castella*(Z_g) untuk momen lentur maksimum.

$$Z_g = \frac{Mu}{\phi \cdot fy} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

Z_g : Modulus plastisitas penampang balok (cm^3)

M_u : Momen ultimate ($kgcm$)

ϕ : Faktor reduksi (0,90 : untuk lentur)

f_y : Tegangan leleh profil (kg/cm^2)

2. Menentukan perbandingan tinggi balok *castella* dengan tinggi balok aslinya.

Diamsuksikan kenaikan tinggi balok mencapai 1,5 kali dari tinggi balok aslinya.

$$K_1 = \frac{d_g}{d_h} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$1,5 = \frac{d_g}{d_b} = \frac{Z_g}{Z_b} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$Z_b = \frac{Z_g}{1,5} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

K_1 : Perbandingan tinggi balok setelah peninggian dan sebelum peninggian.

d_g : Tinggi balok (*castella*) setelah peninggian (cm)

d_b : Tinggi balok (balok asli) sebelum peninggian (cm)

Z_g : Modulus plastisitas penampang balok setelah peninggian (cm³)

Z_b : Modulus plastisitas penampang balok sebelum peninggian (cm³)

3. Menentukan tinggi pemotongan zig – zag (h) :

$$h = d_b \cdot (K_1 - 1) \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

h : Pertambahan tinggi akibat pemotongan zig – zag (cm)

Perkiraan tinggi penampang T yang diperlukan :

(*Design of welded structure, hal 4.7 – 15*)

$$d_T \geq \frac{V_u}{2 \cdot t_w \cdot f_y} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

d_T : Tinggi penampang T perlu (cm)

V_u : Gaya geser terfaktor (kg)

t_w : Tebal badan balok (cm)

f_y : Tegangan leleh profil (kg/cm²)

4. Menentukan tinggi penampang T.

$$d_T = \frac{d_g}{2} - h \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

d_T : Tinggi penampang T (cm)

5. Menentukan tinggi tangkai penampang T.

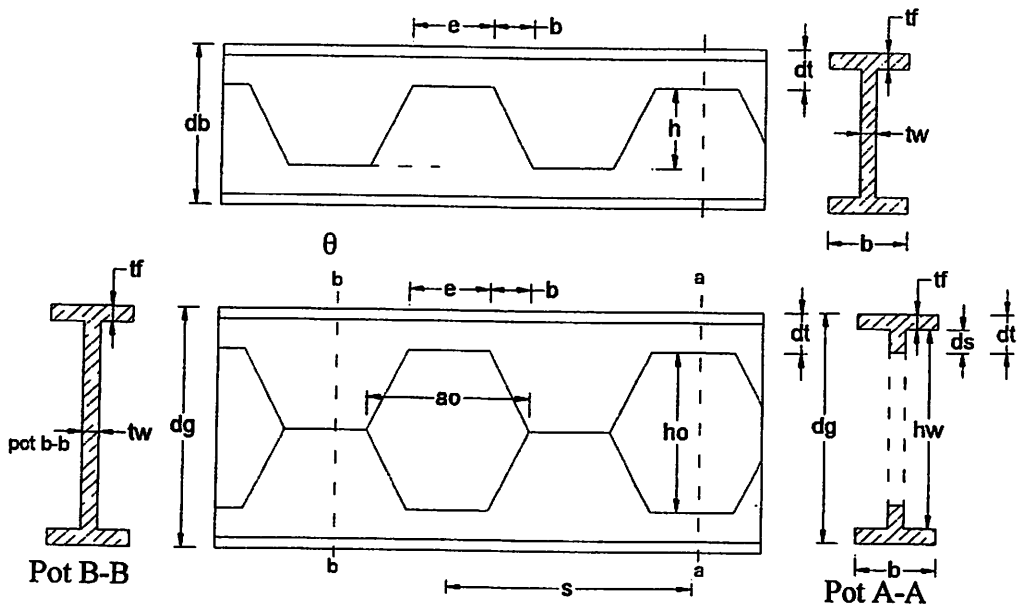
$$d_s = d_T - t_f \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

d_s : Tinggi tangkai penampang T (cm)

d_T : Tinggi penampang T (cm)

t_f : Tebal flens penampang (cm)



Gambar 2.7. Dimensi geometri penampang Castellated Beam

6. Menentukan profil, kontrol kriteria dan kapasitas penampang :

$$\lambda_f = \frac{b_f}{t_f} < \lambda_{pf} = \frac{170}{\sqrt{fy}} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$\lambda_w = \frac{h_w}{t_w} < \lambda_{pw} = \frac{1680}{\sqrt{fy}} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

t_f : Tebal flens penampang (cm)

b_f : Lebar flens penampang (cm)

t_w : Tebal web (badan) penampang (cm)

h_w : Tinggi bersih web (badan) penampang (cm)

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

7. Menentukan tegangan geser ijin balok *castella* :

$$\tau = \frac{4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \theta}{180}\right)^2}{3 \cdot \tan \theta} f_{cr} \leq f_y \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

f_{ijin} : Tegangan geser ijin balok *castella*(kg/cm²)

θ : Sudut dalam

f_{cr} : Tegangan kritis (kg/cm²)

8. Menentukan tegangan geser maksimum balok *castella* :

$$f_{max} = 1,16 \cdot \frac{V_u}{t_w \cdot d_g} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana :

f_{max} : Tegangan geser maksimum balok *castella* (kg/cm²)

V_u : Gaya geser *ultimate*(kg)

9. Rasio tegangan geser maksimum untuk balok berbadan utuh dan tegangan geser ijin untuk balok berlubang (K_2) :

$$\frac{e}{s} = \frac{f_{max}}{f_{ijin}} = K_2 \dots\dots\dots (2.29)$$

10. Menentukan panjang bidang T dan panjang badan balok pada garis netral :

$$e \geq \frac{2 \cdot h \cdot \tan \theta}{\frac{1}{k_2} - 2} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$s = 2 \cdot (e + h \cdot \tan \theta) \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana :

e : Panjang bidang horizontal (cm)

s : Jarak antar panel (cm)

11. Menentukan ukuran dimensi balok *castella* :

a. Luas penampang T balok *castella* :

$$A_T \geq A_f + A_s \dots\dots\dots (2.32)$$

b. Modulus kelembaman penampang T balok *castella* :

$$W_T = A_f \cdot \left(d_s + \frac{t_f}{2} \right) + A_s \cdot \frac{d_s}{2} \dots\dots\dots (2.33)$$

c. Modulus inersia penampang T balok *castella* :

$$I_T = A_f \cdot \left(d_s^2 + d_s \cdot t_f + \frac{t_f^2}{3} \right) + A_s \cdot \frac{d_s^2}{3} \dots\dots\dots (2.34)$$

d. Jarak garis berat penampang T pada ujung tangkai balok *castella* :

$$C_s = \frac{W_T}{A_T} \dots\dots\dots (2.35)$$

e. Momen inersia tangkai penampang T:

$$I_t = I_T - C_s \cdot W_T \dots\dots\dots (2.36)$$

f. Modulus tahanan tangkai penampang T pada ujung tangkai :

$$Z_s = \frac{I_t}{C_s} \dots\dots\dots (2.37)$$

g. Jarak antara garis berat penampang T atas dan bawah :

$$d = 2 \cdot (h + C_s) \dots\dots\dots (2.38)$$

h. Momen inersia balok *castella*:

$$I_g = 2 \cdot I_t \dots\dots\dots (2.39)$$

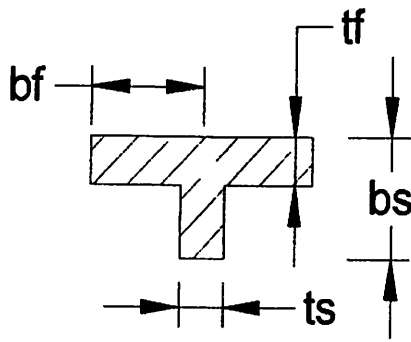
$$A_w \cdot d^2$$

i. Modulus tahanan balok *castella*:

$$Z_g = (b \cdot t_f) \cdot (d_g - t_f) + (d_s - t_w) \cdot \left(2 \cdot \left(\frac{1}{2} d_s - h \right) \right) \dots\dots\dots (2.40)$$

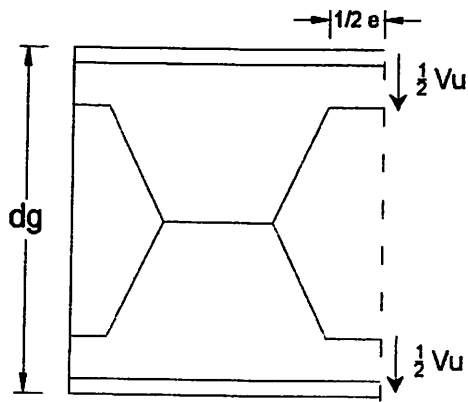
12. Pemeriksaan bagian T yang merupakan bagian yang mengalami gaya tekan aksial

$$\frac{b_f}{t_f} \leq \frac{3000 b_s}{\sqrt{f_y} t_s} \leq \frac{4000}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (2.41)$$



Gambar 2.8. Penampang T

13. Pemeriksaan kuat geser nominal pada penampang T:



Gambar 2.9. Pengaruh geser nominal pada penampang

$$V_{nT} = \frac{4 \cdot Z_g \cdot f_y}{e}$$

$$V_n = 2 \cdot V_{nT}$$

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

..... (2.42)

..... (2.43)

..... (2.44)

Dimana :

V_{nT} : Gaya geser nominal penampang T

V_n : Gaya geser nominal penampang

V_u : Gaya geser *ultimate*

2.5 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 *elastic* 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 dengan kedua ujung sendi besarnya adalah :(*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, 6.3.1*)

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{Lk^2} \text{ dengan } I = r^2 \cdot Ag. \dots\dots\dots (2.45)$$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E \cdot Ag}{(Lk/r)^2} \dots\dots\dots (2.46)$$

Dimana :

E : modulus elastisitas (kg/cm^2) Lk : panjang tekuk kolom (cm)

I : momen inersia (cm^4) π : phi (3,14)

2.5.1 Kekuatan Kolom Dasar

Untuk menentukan kekuatan 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 prismatik sempurna, resultan beban bekerja melalui sumbu *sentroid* elemen tekan sampai elemen tekan tersebut melentur. Kondisi ujung harus ditentukan sehingga dapat panjang ujung jepit *ekuivalen*. 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 254*)

$$F_{cr} = P / A = \frac{\pi^2 E \cdot Ag}{(KL/r)^2} \dots\dots\dots (2.47)$$

Dimana :

E : modulus elastisitas (kg/cm^2)

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

K : faktor panjang efektif

L : panjang batang yang ditinjau (cm)

Ag : luas penampang kotor (cm^2)

I : momen inersia (cm^4)

r : radius girasi = $\sqrt{I / Ag}$

2.5.2 Panjang Tekuk Kolom

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 semacam ini, panjang ekuivalen ujung sendi KL merupakan panjang L sebenarnya; dengan demikian $K = 1$. Panjang ekuivalen 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 .

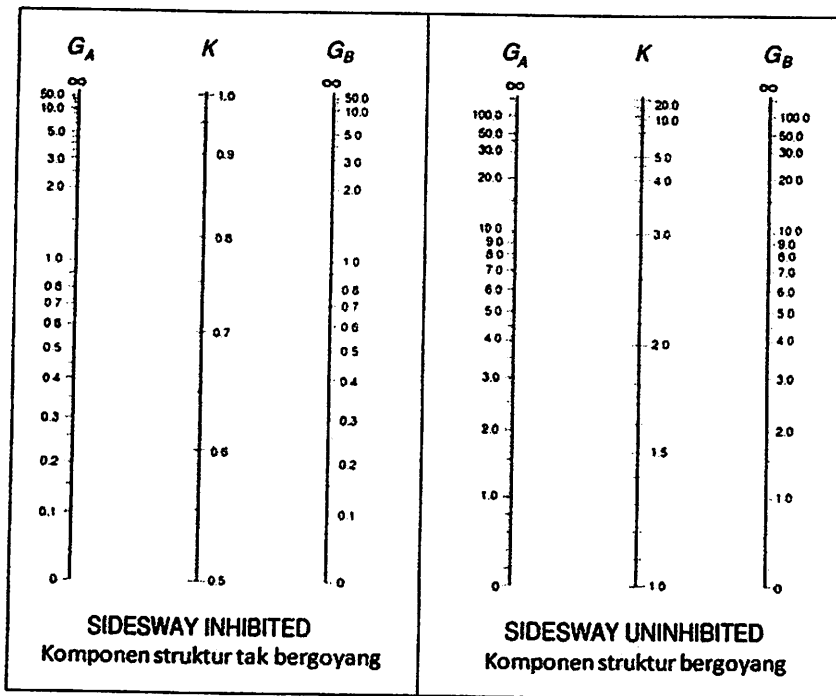
(Sumber : Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Erlangga, 2008. Hal 58), dengan menghitung nilai G , yaitu :

$$G = \frac{\sum (I/L)_{kolom}}{\sum (I/L)_{balok}} \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

I : momen kelembaman kolom/balok (cm^4)s

L : Panjang Kolom/Balok (cm)



Gambar 2.10 Komponen Desain Struktur

(Sumber : Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Erlangga, 2008. Hal 59. Berdasarkan SNI 03-1729-2002. Hal 33-184)

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 belok dari kelengkungan kolom.

Tabel 2.5 Panjang Efektif Kolom

Garis terputus menunjukkan posisi kolom saat tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai k_c teoritis	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Nilai k_c desain	0,65	0,80	1,2	1,0	2,1	2,0
Keterangan kode ujung						

(Sumber : *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga, 2008. Hal 58. Berdasarkan SNI 03-1729-2002. Hal 32-184)

2.6 Perencanaan Sambungan

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

Syarat – syarat sambungan :

- Harus kuat, aman tetapi cukup ekonomis.
- Ditempat yang mudah terlihat sebaiknya dibuat seindah mungkin.
- Mudah dalam pelaksanaan pemasangan dilapangan.
- Pada satu titik sambungan sebaiknya dihindari penggunaan alat penyambung yang berbeda.

Persyaratan keamanan yang diberikan LRFD untuk peyambung persamaannya menjadi.

$$\boxed{Ru \leq \phi Rn} \dots\dots\dots(2.49)$$

Dimana :

ϕ = Faktor reduksi (untuk konektor harga itu dengan tipe kejadian, seperti

0,75 untuk retakan tarik. 0,65 untuk geser pada baut berkekuatan tinggi

(Sumber : Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Erlangga,2008. Hal 110)

2.6.1 Sambungan Baut

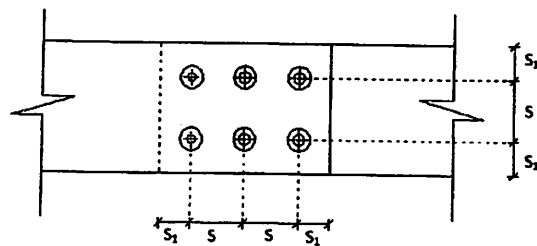
Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang disamping las yang cukup populer adalah baut terutama baut mutu tinggi. Baut mutu tinggi menggeser penggunaan paku keling sebagai alat pengencang karena beberapa kelebihan 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.

Tabel 2.6 Sambungan Baut

Tipe Baut	Diameter Baut (mm)	Proof Stress (MPa)	Kuat Tarik
A307	6,35 – 104	–	60
A325	12,7 – 25,4	585	825
	28,6 – 38,1	510	725
A490	12,7 – 38,1	825	1035

(Sumber : Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga, 2008. Hal 110)

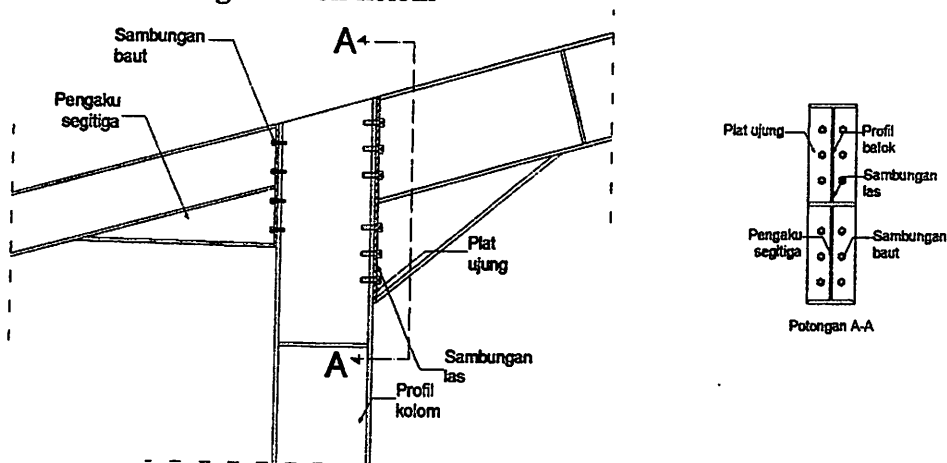
Tata letak baut diatur dalam SNI 03-1729-2002 Pasal 13.4. Jarak antar pusat lubang baut harus diambil tidak kurang dari tiga kali diameter nominal baut, dan jarak antar baut tepi dengan ujung plat harus sekurang-kurangnya 1,5 diameter nominal baut, dan jarak maksimum antar pusat lubang baut tidak boleh 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.



Gambar 2.11 Sambungan Baut

(Sumber : Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga, 2008. Hal 111)

2.6.2 Sambungan Balok-kolom



Gambar 2.12 Sambungan kolom – balok

Kontrol jarak antar baut :

a. Jarak baut ke tepi

$$1,5 \text{ db} < \text{jarak baut ke tepi} < 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

b. Jarak antar baut

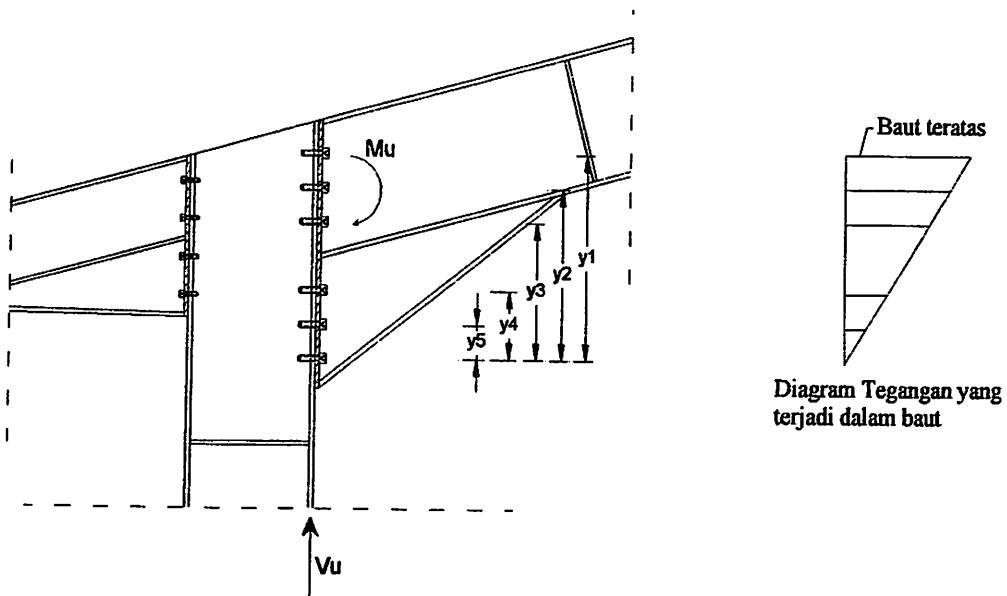
$$3 \text{ db} < \text{jarak antar baut} < (4 \text{ tp} + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Dimana :

db : Diameter baut

tp : Tebal plat

(Sumber : Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga, 2008. Hal 111)



Gambar 2.13 Interaksi Geser dan Tarik pada Baut

a. Kekuatan tarik desain baut

$$R_n = (0,75 F_u^b) A_b \dots\dots\dots (2.50)$$

Dimana :

R_n = Kuat nominal baut

F_u^b = kekuatan tarik bahan baut (MPa)

A_b = Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

(Sumber : Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Erlangga,2008. Hal 110)

b. Kekuatan geser desain baut

$$R_n = (r_l \cdot F_u^b) m A_b \dots\dots\dots (2.51)$$

Diamana :

F_u^b : kekuatan tarik bahan baut (MPa)

r_l : 0,50 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

r_l : 0,40 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

m : banyaknya bidang geser yang terlibat (irisan tunggal atau irisan ganda)

A_b : Luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang tak berulir

(Sumber : Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Erlangga,2008. Hal 110)

c. Kekuatan tumpu desain baut

Kekuatan desain berdasarkan kekuatan tumpu pada lubang baut.

$$Rn = 1,2.l_c.t_p.F_u \leq 2,4.d.t_p.F_u \dots\dots\dots (2.52)$$

dimana :

d : diameter baut nominal (mm)

t_p : ketebalan bagian yang disambung (mm)

F_u : kekuatan Tarik minimum yang disyaratkan (Mpa)

L_c : jarak antara tepi lubang ke tepi plat (mm)

(Sumber : SNI 2015-1792; Hal 132 dari 242)

d. Jumlah Baut Yang dipakai

❖ Berdasarkan Kekuatan Tarik Nominal Baut

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} \dots\dots\dots (2.53)$$

Dimana :

R_u = Beban Terfaktor (Tarik)

R_n = Tahanan Nominal Baut (Kekuatan Tarik)

n = Jumlah Baut

∅ = Faktor Reduksi (0.75)

❖ Berdasarkan Kekuatan Geser Nominal Baut

$$n = \frac{Ru}{\phi Rn} \dots\dots\dots (2.54)$$

Dimana :

Ru = Beban Terfaktor (Geser)

Rn = Tahanan Nominal Baut (Kekuatan Geser)

n = Jumlah Baut

ϕ = Faktor Reduksi (0.75)

e. Kontrol Momen

$$\phi . M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i \dots\dots\dots (2.55)$$

$$\sum_{i=1}^n T \cdot d_i = 0,5 F_u \cdot ab \cdot d_i \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana :

F_u = Tegangan Tarik baut

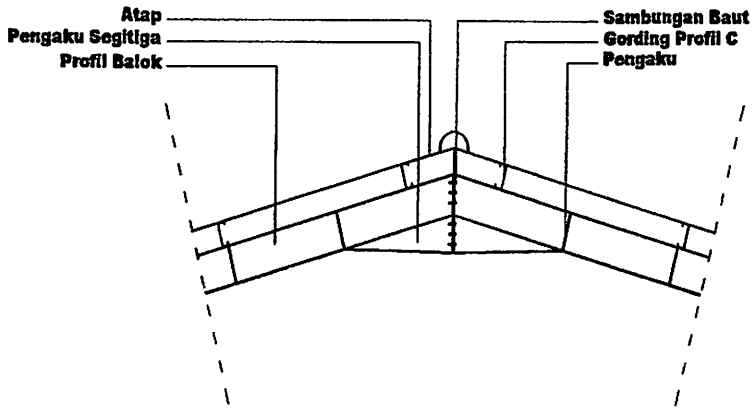
d_i = jumlah jarak tiap baut ke ujung penampang profil

ab = Luas Tubuh Baut

d Terjauh = Jarak Terjauh Baut

2.6.3 Sambungan Balok Ujung - Balok Ujung

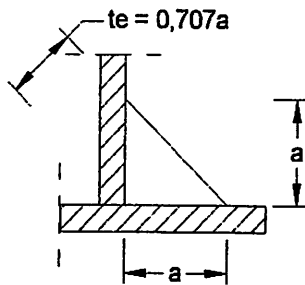
Sambungan Momen Plat Ujung (End-plate moment connection)



Gambar 2.14 Sambungan Balok ujung – Balok ujung

Pada prinsipnya menggunakan sambungan momen plat ujung (End-plate moment connection) yang telah dibahas sebelumnya pada sub bab sambungan kolom – balok.

2.6.4 Sambungan Las



Gambar 2.15 Tebal(throat) efektif las sudut

a. Tebal Las Sudut

Tabel 2.7 Ukuran minimum las sudut

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

Sumber : SNI 1729:2015

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

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

b. Kontrol sambungan las

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad (2.57)$$

Dimana :

R_u : Beban terfaktor las

R_{nw} : Tahanan nominal per satuan panjang las

ϕ : Faktor reduksi (0,75)

Tabel 2.8 Tipe Elektroda las

Elektroda	Tegangan leleh minimum		Kuat tarik minimum (f_{tw})	
	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
E 60	50	354	67	460
E 70	57	495	70	485
E 80	67	460	72	495
E 100	87	600	100	690
E 110	97	670	110	760

Sumber: (Padosbajayo, 1994)

c. Tahanan nominal Las

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e \cdot 0,6 f_{uw}$$

..... (2.58)

Dimana :

ϕ : Faktor reduksi (0,75)

t_e : Tebal efektif las (0,707a) dengan a = tebal las sudut

f_{uw} : Kuat tarik las

d. Panjang Las yang dibutuhkan :

$$L_w = \frac{R_u}{\phi \times R_{nw}}$$

..... (2.59)

Dimana .:

L_w : Panjang las yang dibutuhkan

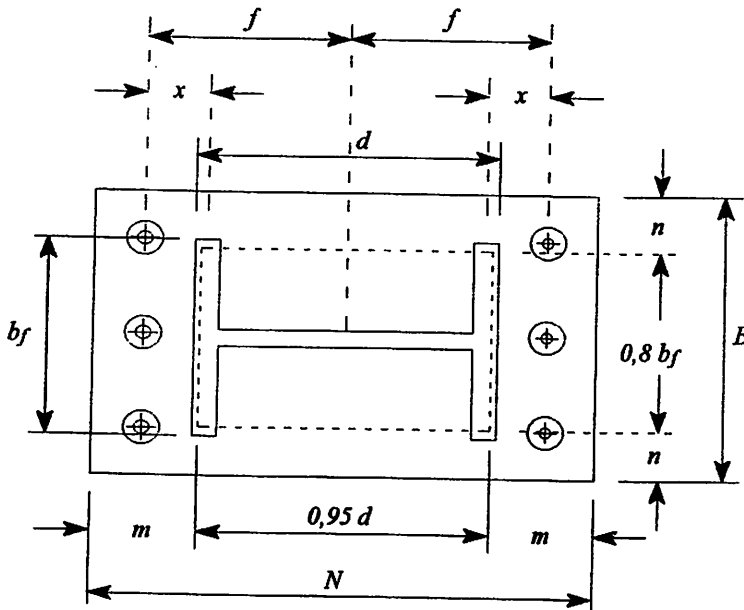
R_u : Beban terfaktor (N)

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

2.7 Base Plate

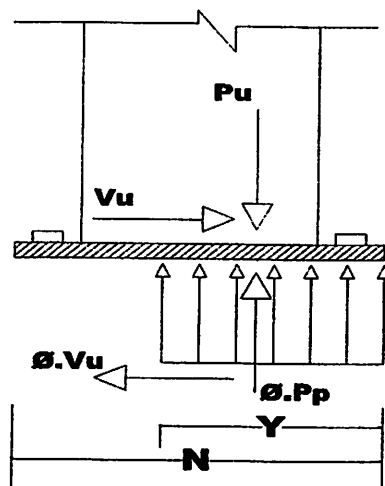
Dalam perencanaan suatu struktur baja, bagian penghubung antara kolom struktur dengan pondasi sering disebut dengan istilah *base plate*. Pada umumnya suatu struktur base plate terdiri dari suatu plat dasar, angkur serta sirip-sirip pengaku (*stiffener*). Suatu sturuktur *base plate* dan angkur harus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

Suatu *base plate* penahan momen, sesuai konsep LRFD harus didesain agar kuat rencana minimal sama atau lebih besar dari pada kuat perlu, yaitu momen lentur (M_u), gaya aksial (P_u), dan gaya geser (V_u) untuk semua macam kombinasi pembebanan yang dipersyaratkan.



Gambar 2.16 Gambar Base Plate

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 330)



Gambar 2.17 Beban Yang Bekerja Pada Base Plate

(Sumber; *Perencanaan Struktur Baja LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 333*)

e. Langkah 1

$$P_u = \phi \cdot P_p \dots\dots\dots(2.60)$$

$$P_u = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c \cdot B \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \dots\dots\dots(2.61)$$

Dimana :

P_p : Kekuatan penampang profil

P_u : Beban *ultimate*

f_c : Kuat tekan beton

A : Luas penampang *base plate*

$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$: ≤ 2 (Sesuai Buku LRFD, Agus Setiawan, Hal 331)

f. Langkah 2

Menghitung Dimensi BasePlate

$$m = \frac{(N - 0,95.d)}{2} \dots\dots\dots (2.62)$$

$$n = \frac{(B - 0,8.bf)}{2} \dots\dots\dots (2.63)$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{tf}{2} \dots\dots\dots (2.64)$$

Dimana :

m : Jarak antara ujung terluar baja dengan tepi *base plate*

N : Panjang *base plate*

B : Lebar *base plate*

d : Tinggi profil baja

bf : Lebar profil baja

x : jarak antara tengah sayap profil kolom WF dengan baut angkur

f : Jarak angkur ke sumbu *BasePlate* dan sumbu kolom

tf :Tebal sayap profil Kolong

$$e = \frac{Mu}{Pu} \dots \dots \dots (2.65)$$

Dimana :

- e : Jarak Eksentrisitas (mm)
- Mu : Momen yang terjadi (Nmm)
- Pu : Gaya tekan yang terjadi (N)

Perhitungan Tegangan Tumpu Pada Beton :

$$q = \phi_c \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot B \sqrt{\frac{A2}{A1}} \dots \dots \dots (2.66)$$

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left(-\left(f + \frac{N}{2}\right)\right)^2 - \frac{2Pu(f + e)}{q}} \dots \dots \dots (2.67)$$

$$Tu = q \cdot Y - Pu \dots \dots \dots (2.68)$$

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

g. Langkah 3

Menghitung Tebal Base Plate

$$t_p = (m \text{ atau } n) \sqrt{\frac{2 \cdot P_u}{0,9 \cdot f_y \cdot B \cdot N}} \dots\dots\dots (2.69)$$

Dimana :

t_p : Tebal *base plate*

f_y : Tegangan leleh baja

B : Lebar *base plate*

b_f : Lebar profil baja

N : Tinggi *base plate*

Perhitungan Angkur :

Angkur yang direncanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik.

Kontrol geser :

$$V_{ub} \leq \phi f_{nv} \times A_b \dots\dots\dots (2.70)$$

Kontrol Tarik :

$$T_{ub} \leq \phi f_{nt} x A_b V_{ub} \dots\dots\dots (2.71)$$

Dimana :

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

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

A_b : Luas tubuh angkur (mm^2)

ϕ : Faktor reduksi (0,75)

f_{nt} : Tegangan tarik nominal (MPa)

f_{nv} : Tegangan geser (MPa)

Kontrol terhadap momen :

$$M_n \geq M_{pl} \dots\dots\dots (2.72)$$

$$M_{pl} = \frac{T_u \cdot x}{B} \dots\dots\dots (2.73)$$

$$M_n = M_p = \frac{t p^2}{4} \cdot f_y \dots\dots\dots (2.74)$$

Dimana :

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

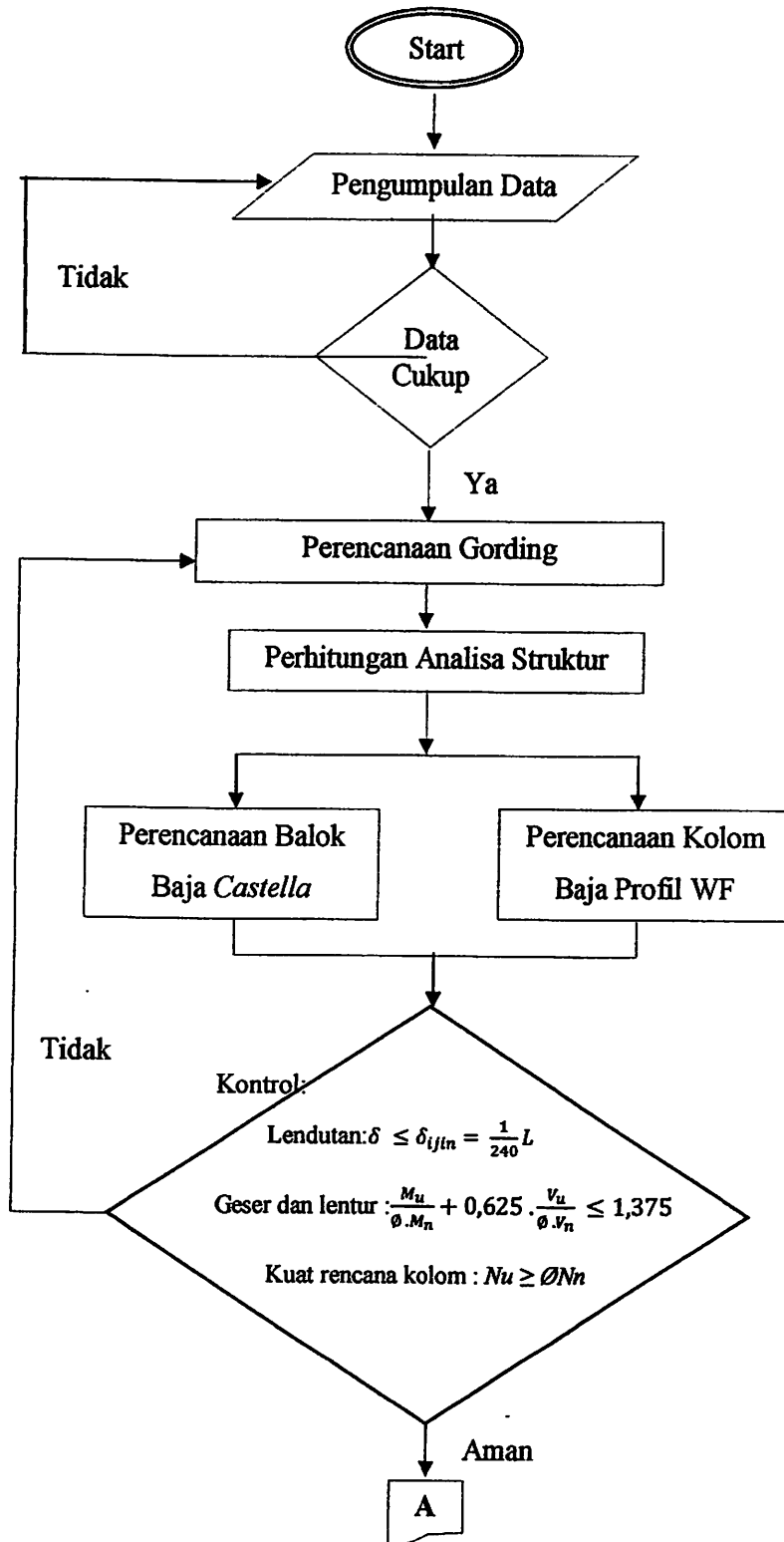
M_n : Momen nominal pada *base plate* (Nmm)

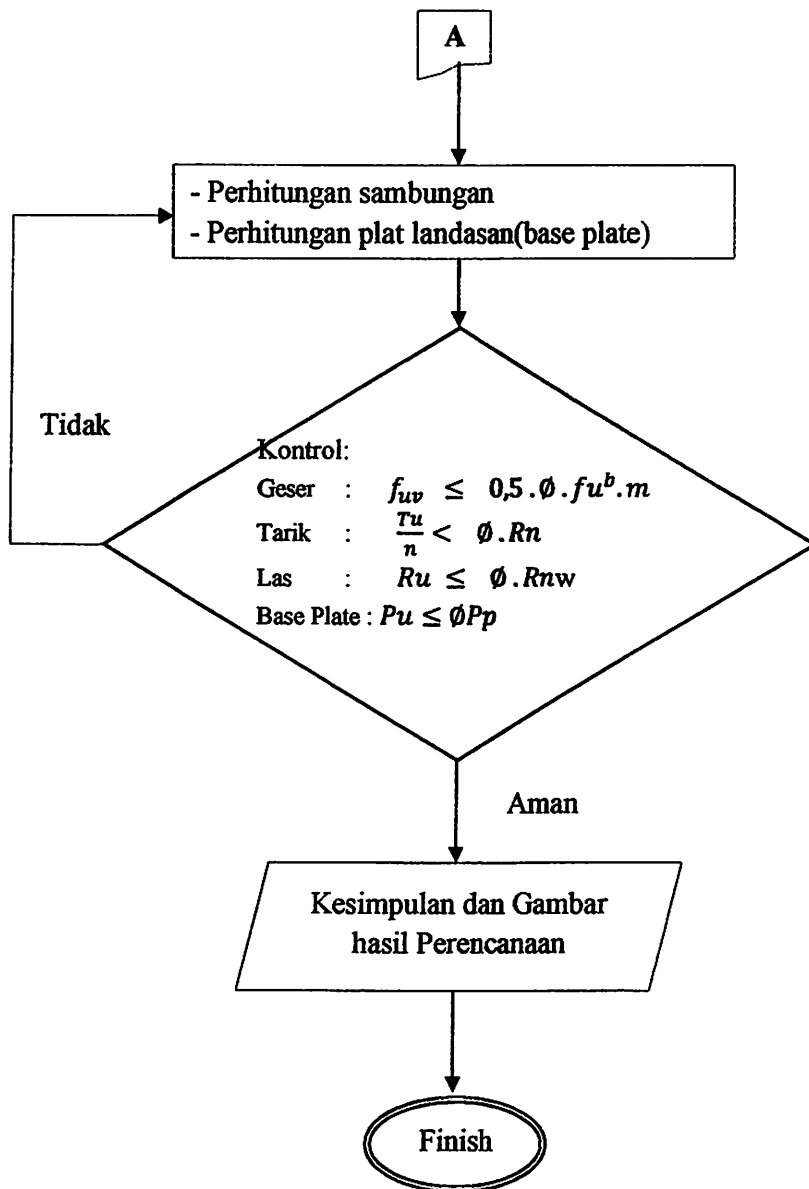
t_p : Tebal *base plate*

B : Lebar *base plate*

f_y : Tegangan leleh baja (Mpa)

2.8 Diagram Alir Analisis





BAB III

DATA PERENCANAAN

Diketahui :

Lebar Bangunan (L)	=	19.55	m
Tinggi Kolom (H)	=	5	m
Kemiringan Atap	=	20	°
Jarak Antar Portal	=	6	m
Jenis Baja	=	Bj 37	
		Fy = 240	Mpa
		Fu = 370	Mpa
		Regangan =	20%
Tipe Baut	=	A307	
		Fu = 60	Mpa
		diameter = 1.35	- 104 mm
Jenis Las	=	Elektroda 80	
		Fyw = 495	Mpa
Prifil Balok	=	Prifil Hexagonal Castellated Beam	
Prifil Kolom	=	Kolom Baja Profil WF	
Prifil Gording	=	Prifil Kanal	
Penutup Atap	=	Galvalum Tipe Spanrib	

3.1 Perencanaan Gording

Jarak Antar Gording

Diketahui :

$$\text{Lebar bangunan (L)} = 19.55 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan atap} = 20^\circ$$

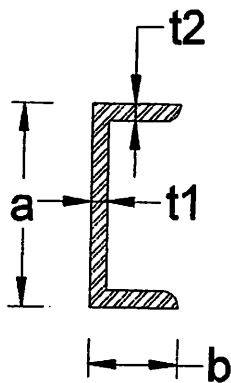
Panjang balok miring

$$= \frac{1}{2} L / \cos \alpha + \text{Tirisan}$$

$$= \frac{1}{2} 19.55 / \cos 20 + 1.60$$

$$= 12.000 \text{ m}$$

Dicoba profil Channel 150 . 75 . 9 . 12.5



$$a = 150 \text{ mm} \quad Z_x = 115 \text{ cm}^3$$

$$b = 75 \text{ mm} \quad Z_y = 23.6 \text{ cm}^3$$

$$t_1 = 6.5 \text{ mm} \quad I_x = 864 \text{ cm}^4$$

$$t_2 = 10 \text{ mm} \quad I_y = 122 \text{ cm}^4$$

$$g = 18.6 \text{ kg/m} \quad f_y = 240 \text{ Mpa}$$

TABEL 3.1 jarak gording pemasangan atap galvalum

TEBAL (mm)	JARAK GORDING (M) - YANG DISARANKAN UNTUK MODEL SPANDEK				BERAT PER M ²	MIN OVERLAP <10
	ATA P			DINDING		
	BENTANG MENERUS	BENTANG TUNGGAL	KANTILAYER	JARAK RANGKA		
0,35	1,35	1,20	0,30	1,70	2,65	20 cm
0,40	1,60	1,35	0,35	1,90	3,10	20 cm
0,50	1,85	1,60	0,45	2,20	3,80	20 cm

Diambil dari tabel :

Tebal Atap = 0.35 mm

Jarak Gording = 1.2 m

Berat Atap = 2.65 kg/m²

Diketahui :

Berat gording yang diasumsikan = 18.6 kg/m (Tabel Baja C)

Berat galvalum tipe spanrib = 2.65 x Lebihan atap

= 2.65 x 1.2

= 3.18 kg/m²

Jarak antar gording = 1.2 m (Tabel 3.1)

Jarak antar portal = 6 m (Gambar)

3.1.1 Akibat beban mati (D) :

- Berat sendiri gording = 18.6 kg/m
- Berat atap = Jarak Gording x Berat Atap
= 1.2 x 3.18
= 3.816 kg/m
- Berat sendiri gording + Berat atap = 18.6 + 3.816
= 22.416 kg/m
- Berat Sambungan (10%) = 22.416 x 10%
= 2.2416 kg/m
- Total Beban Mati (D) = 22.416 + 2.2416
= 24.658 kg/m

- $D_y = D \times \cos \alpha$
= 24.66 x cos 20
= 23.171 kg/m
- $D_x = D \times \sin \alpha$
= 24.66 x sin 20
= 8.433 kg/m

3.1.2 Akibat beban angin (W) :

Menentukan Tekanan Angin Sesuai SNI 1727-2013 Hal. 64

a. Menentukan katagori resiko bangunan gedung atau struktur lain

Bangunan Pasar Termasuk Dalam Katagori Resiko 2

b. Kecepatan angin dasar (V)

diambil V Sebesar = 25 km/jam ~ 6.9444 m/s

c. Parameter Beban Angin

1. Faktor arah angin (K_d)

TABEL 3.2 Faktor arah angin

(Berdasarkan SNI 1727:20013. Hal 50 dari 195)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung Sistem Penahan Beban Angin Utama Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama Segi empat Segi enam Bundar	0,90
	0,95
	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara Segi tiga, segi empat, persegi panjang Penampang lainnya	0,85
	0,95

Karena tipe struktur masuk dalam sistem penahan beban angin

utama maka :

diambil K_d = 0.85

2. Faktor Topografi (K_z) (SNI 1727:2013. Hal 54 dari 195)

$$\text{Diambil } K_z = 1.0$$

3. Faktor efek tiupan angin (G)

$$\text{Diambil } = 0.85 \quad (\text{SNI 1727:2013. Hal 54 dari 195})$$

d. Eksposur tekanan velositas (K_z atau K_h)

Masuk Dalam eksposur C :

Dataran Terbuka dengan penghalang terbesar yang memiliki tinggi umumnya kurang dari 9,1 m

(SNI 1727:2013. Hal 51 dari 195)

Dari SNI 1727:2013, Hal 57 dari 195 didapatkan :

$$\alpha = 9.5$$

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

$$Z = \text{Tinggi rata - rata atap dari atas tanah} = 6.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} K_z &= 2.01 \times \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{2/\alpha} \\ &= 2.01 \times \left(\frac{6.5}{274.32} \right)^{0.2105} \\ &= 0.9142 \end{aligned}$$

e. Tekanan Velositas (q atau qh) (SNI 1727:2013.Hal 66 dari 195)

$$\begin{aligned}
 qh &= 0.613 \times Kz \times Kzt \times Kd \times V^2 \\
 &= 0.613 \times 0.9142 \times 1.00 \times 0.85 \times 6.9444^2 \\
 &= 22.971 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

f. Koefisien tekanan Neto Berdasarkan SNI 1727:2013. Hal 73

TABEL 3.3 koefisien tekanan neto

Sudut atap θ	Kasus beban	Arah angin, $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$			
		Allran angin tidak terhalang		Allran angin terhalang	
		C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}
$7,5^\circ$	A	1,1	-0,3	-1,6	-1
	B	0,2	-1,2	-0,9	-1,7
15°	A	1,1	-0,4	-1,2	-1
	B	0,1	-1,1	-0,6	-1,6
$22,5^\circ$	A	1,1	0,1	-1,2	-1,2
	B	-0,1	-0,8	-0,8	-1,7
30°	A	1,3	0,3	-0,7	-0,7
	B	-0,1	-0,9	-0,2	-1,1
$37,5^\circ$	A	1,3	0,6	-0,6	-0,6
	B	-0,2	-0,6	-0,3	-0,9
45°	A	1,1	0,9	-0,5	-0,5
	B	-0,3	-0,5	-0,3	-0,7

Diambil dari tabel :

$$C_{NW} = 1.1$$

$$C_{NL} = 0.1$$

g. Menghitung Tekanan Angin (SNI 1727:2013. Hal 163 dari 195)

$$\begin{aligned}
 1 \text{ P tekan} &= qh \times G \times C_{NW} \\
 &= 22.971 \times 0.85 \times 1.1 \\
 &= 21.478 \text{ N/m}^2 \sim 2.15 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned}
 W \text{ Tekan} &= \text{jarak gording} \times P \\
 &= 1.2 \times 2.15 \\
 &= 2.58 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2 \ P \text{ hisap} &= qh \times G \times CNL \\
 &= 22.971 \times 0.85 \times 0.10 \\
 &= 1.953 \text{ N/m}^2 \sim 0.195 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned}
 W \text{ Tekan} &= \text{jarak gording} \times P \\
 &= 1.2 \times 0.20 \\
 &= 0.23 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

3.1.3 Akibat beban hidup atap

$$L_r = 96 \text{ kg} \quad (\text{SNI 1727:2013. Hal 27 dari 195})$$

$$\begin{aligned}
 L_{ry} &= L_r \times \cos \alpha \\
 &= 96 \times \cos 20 \\
 &= 90.210 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{rx} &= L_r \times \sin \alpha \\
 &= 96 \times \sin 20 \\
 &= 32.834 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3.1.4 Akibat beban air hujan (R)

Berdasarkan SNI 1727:2013, hal 38. Didapatkan :

$$R = 0,0098(ds + dh) \quad ,\text{dalam KN/m}^2$$

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

$$ds, \text{ diambil : } \quad 15 \quad \text{mm}$$

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

$$dh, \text{ diambil : } \quad 5 \quad \text{mm}$$

$$\begin{aligned} R &= 0.0098 \quad \times \quad [15 + 5] \\ &= 0.196 \text{ KN/m}^2 \quad \sim \quad 19.6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hujan (R)} &= \text{Jarak Gording} \quad \times \quad R \\ &= 1.2 \quad \times \quad 19.6 \\ &= 23.52 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_y &= R \quad \times \quad \cos \alpha \\ &= 23.52 \quad \times \quad \cos 20 \\ &= 22.102 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_x &= R \quad \times \quad \sin \alpha \\ &= 23.52 \quad \times \quad \sin 20 \\ &= 8.044 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.1.5 Beban Pada gording

TABEL 3.4 beban pada gording arah x dan arah y

Tipe Arah	D	Lr	R	W	
	(kg/m)	(kg)	(kg/m)	Tekan (kg/m)	Hisap (kg/m)
y	23.171	0.000	22.102	2.58	0.23
x	8.433	0.000	8.044		

3.1.6 Kombinasi Pembebanan

1 1.4 D

Arah x = 32.4387907

Arah y = 11.8067542

2 1.2 D + 1 R

Arah x = 49.9062482

Arah y = 18.1643888

3 1.2 D + 1.0 W + 0.5 R

Arah x = 41.1984664

Arah y = 16.4852354

4 1.2 D

Arah x = 27.8046777

Arah y = 10.1200751

$$5 \quad 0.9 \quad D + W$$

$$\text{Arah x} = 23.1965118$$

$$\text{Arah y} = 9.93305979$$

$$6 \quad 0.9 \quad D$$

$$\text{Arah x} = 20.8535083$$

$$\text{Arah y} = 7.5900563$$

Diambil Kombinasi Pembebanan terbesar

$$Q_x = 49.906 \text{ kg/m}$$

$$Q_y = 18.164 \text{ kg/m}$$

Nilai koefisien (0,0858) diambil dari tabel potma dengan menggunakan 1 trekstang

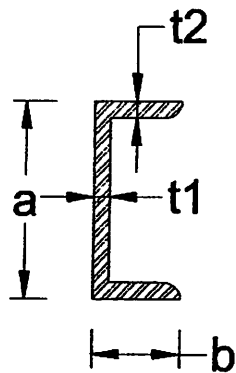
(dumber : Buku konstruksi baja; Ir. A.P.Potma, Hal 118)

$$L \text{ gording} = 600 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 0.0858 \times 49.906 \times 600^2 \\ &= 1541504.193 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= 18.164 \times 300^2 \\ &= \frac{\quad\quad\quad}{8.000} \\ &= 204349.374 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Dicoba profil Channel 150 . 75 . 9 . 12.5



$a =$	150 mm	$Z_x =$	115 cm ³
$b =$	75 mm	$Z_y =$	23.6 cm ³
$t_1 =$	6.5 mm	$I_x =$	864 cm ⁴
$t_2 =$	10 mm	$I_y =$	122 cm ⁴
$g =$	18.6 kg/m	$f_y =$	240 Mpa

Kontrol Memen :

- Arah x

$$Z_{\text{perlu}} = \frac{M_{ux}}{\phi_b \times F_y} = \frac{1541504.193}{0.9 \times 24000}$$

$$Z_{\text{perlu}} = 71.366 \text{ cm}^3 < Z_x = 115 \text{ cm}^3 \quad \text{ok}$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \times f_y \\ &= 115 \times 240000 \\ &= 27600000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_b \times M_{nx} &> M_{ux} \\ 0.9 \times 27600000 &> 1541504.193 \\ 24840000.00 &> 1541504.193 \quad \text{ok} \end{aligned}$$

- Arah y

$$Z_{\text{perlu}} = \frac{M_{uy}}{\phi_b \times F_y} = \frac{204349.374}{0.9 \times 24000}$$

$$Z_{\text{perlu}} = 9.461 \text{ cm}^3 < Z_y = 23.6 \text{ cm}^3 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \times f_y \\ &= 23.6 \times 240000 \\ &= 5664000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_b \times M_{ny} &> M_{uy} \\ 0.9 \times 5664000 &> 204349.374 \\ 5097600.00 &> 204349.374 \quad \text{ok} \end{aligned}$$

Kontrol Tegangan :

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \times M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \times M_{ny}} < 1$$

$$\begin{aligned} \frac{1541504.193}{0.9 \times 27600000} + \frac{204349.374}{0.9 \times 6E+06} &< 1 \\ 0.1021447 &< 1 \quad \text{ok} \end{aligned}$$

Kontrol lendutan :

$$\Delta \text{ ijin} = \frac{1}{300} L \quad (\text{sumber : SNI-03-1729-2002, Hal 15 dari 184})$$

$$= \frac{1}{300} 600$$

$$= 2 \text{ cm}$$

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{Q_x \times L^3}{E \times I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{49.906 \times 600^3}{2000000 \times 864}$$

$$= 0.081227617$$

$$f_y = \frac{5}{384} \times \frac{Q_y \times L^3}{E \times I_y}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{18.164 \times 300^3}{2000000 \times 122}$$

$$= 0.026171795$$

$$f_{max} = \sqrt{f_x + f_y}$$

$$= \sqrt{0.0812^2 + 0.0262^2}$$

$$= 0.09 \text{ cm} < 2.00 \text{ cm} \quad \text{Aman}$$

3.1.7 Perhitungan Trekstang :

$$\begin{aligned} P_u &= 1.2 D + 1 R + L_r \\ &= 1.2 \times 24.66 \times 1.200 + 23.52 \times 1.200 + 96 \\ &= 1.2 \times 29.59 + 28.224 + 96 \\ &= 159.731 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_u \cdot \sin \alpha = \frac{159.731}{\sin \alpha} = \frac{159.731}{0.342} = 467.02 \text{ kg} \sim 4670.22 \text{ N}$$

Untuk tegangan leleh $\phi = 0,9$

$$P_u = \phi f_y \times A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{\phi \times f_y} = \frac{4670.220}{0.9 \times 250} = 20.757 \text{ mm}^2$$

Untuk tegangan putus $\phi = 0.75$

$$P_u = \phi f_y \times 0.75 \times A_g$$

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{P_u}{0.75 \times f_y \times 0.75} \\ &= \frac{4670.220}{0.75 \times 240 \times 0.75} \\ &= 34.594 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_g = 1/4 \times \pi \times d^2 = 34.594$$

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{A_g}{1/4 \times \pi}} \\ &= \sqrt{\frac{34.594}{1/4 \times \pi}} \\ &= 6.64 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai trekstang dengan $\emptyset = 7 \text{ mm}$

3.2 Perhitungan Pembebanan

3.2.1 Beban Mati (D)

a) Beban Gording Tepi

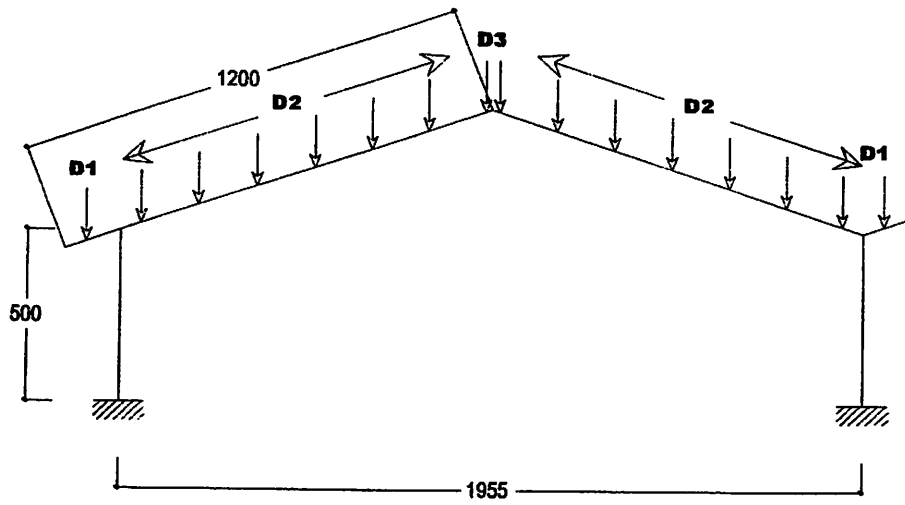
- Berat sendiri gording = 18.6 kg/m
- Berat atap = Jarak Gording x Berat Atap x Jarak Portal
 $= \left[\frac{1}{2} \times 1.2 + 1 \right] \times 2.65 \times 6$
 = 17.49 kg
- Berat Gording = 18.6 x 6
 = 111.6 kg
- Berat Sambungan (10%) = 129.09 x 10%
 = 12.909
- Total Beban Mati (D1) = 111.6 + 12.909 + 17.49
 = 142 kg

b) Beban Gording Tengah

- Berat sendiri gording = 18.6 kg/m
- Berat atap = Jarak Gording x Berat Atap x Jarak Portal
= 1.2 x 3.18 x 6
= 22.896 kg
- Berat Gording = 18.6 x 6
= 111.6 kg
- Berat Sambungan (10%) = 134.5 x 10%
= 13.45
- Total Beban Mati (D2) = 111.6 + 13.45 + 22.896
= 147.95 kg

c) Beban Puncak

- Berat sendiri gording = 18.6 kg/m
- Berat atap = Jarak Gording x Berat Atap x Jarak Portal
= $\left[\frac{1}{2} \cdot 1.2 + 0.2 \right] \times 3.18 \times 6$
= 13.356 kg
- Berat Gording = 18.6 x 6
= 111.6 kg
- Berat Sambungan (10%) = 124.96 x 10%
= 12.496
- Total Beban Mati (D3) = 111.6 + 12.496 + 13.356
= 137.45 kg

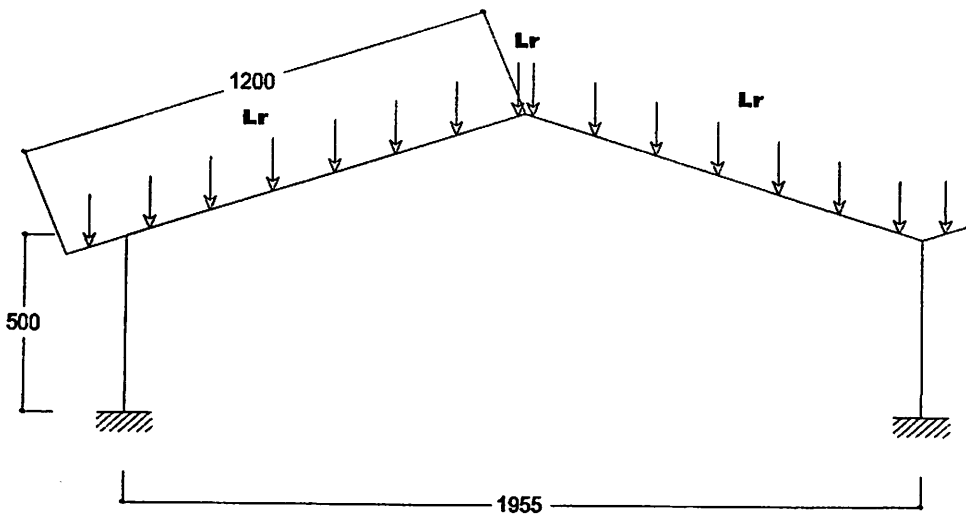


Gambar 3.1 Skema Pembebanan untuk Beban Mati

3.2.2 Beban Hidup

$L_r = 96 \text{ kg}$ (SNI 1727:2013. Hal 27 dari 195)

$L_r \text{ kantilefer} = 192 \text{ kg}$



Gambar 3.2 Skema Pembebanan untuk Beban Hidup

3.2.3 Beban Angin (W)

Menentukan Tekanan Angin Sesuai SNI 1727-2013 Hal. 64

- a. Menentukan katagori resiko bangunan gedung atau struktur lain

Bangunan Pasar Termasuk Dalam Katagori Resiko 2

- b. Kecepatan angin dasar (V)

$$\text{diambil V Sebesar} = 25 \text{ km/jam} \sim 6.9444 \text{ m/s}$$

- c. Parameter Beban Angin

1. Faktor arah angin (K_d)

TABEL 3.5 Faktor arah angin

(Berdasarkan SNI 1727:20013. Hal 50 dari 195)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung Sistem Penahan Beban Angin Utama Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama Segi empat Segi enam Bundar	0,90
	0,95
	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
	0,85
Rangka batang menara Segi tiga, segi empat, persegi panjang Penampang lainnya	0,85 0,95

Karena tipe struktur masuk dalam sistem penahan beban angin

utama maka :

$$\text{diambil } K_d = 0.85$$

2. Faktor Topografi (K_{zt}) (SNI 1727:2013. Hal 54 dari 195)

$$\text{Diambil } K_{zt} = 1.0$$

3. Faktor efek tiupan angin (G)

$$\text{Diambil } = 0.85 \quad (\text{SNI 1727:2013. Hal 54 dari 195})$$

d. Eksposur tekanan velositas (K_z atau K_h)

Masuk Dalam eksposur C :

Dataran Terbuka dengan penghalang terbesar yang memiliki tinggi umumnya kurang dari 9,1 m

(SNI 1727:2013. Hal 51 dari 195)

Dari SNI 1727:2013, Hal 57 dari 195 didapatkan :

$$\alpha = 9.5$$

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

$$Z = \text{Tinggi rata - rata atap dari atas tanah} = 6.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} K_z &= 2.01 \times \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{2/\alpha} \\ &= 2.01 \times \left(\frac{6.5}{274.32} \right)^{0.2105} \\ &= 0.9142 \end{aligned}$$

e. Tekanan Velositas (q atau qh) (SNI 1727:2013.Hal 66 dari 195)

$$\begin{aligned}
 qh &= 0.613 \times Kz \times Kzt \times Kd \times V^2 \\
 &= 0.613 \times 0.9142 \times 1.00 \times 0.85 \times 6.9444^2 \\
 &= 22.971 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

f. Koefisien tekanan Neto Berdasarkan SNI 1727:2013. Hal 73

TABEL 3.6 koefisien tekanan neto

Sudut atap θ	Kasus beban	Arah angin, $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$			
		Allran angin tidak terhalang		Allran angin terhalang	
		C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}
$7,5^\circ$	A	1,1	-0,3	-1,6	-1
	B	0,2	-1,2	-0,9	-1,7
15°	A	1,1	-0,4	-1,2	-1
	B	0,1	-1,1	-0,6	-1,6
$22,5^\circ$	A	1,1	0,1	-1,2	-1,2
	B	-0,1	-0,8	-0,8	-1,7
30°	A	1,3	0,3	-0,7	-0,7
	B	-0,1	-0,9	-0,2	-1,1
$37,5^\circ$	A	1,3	0,6	-0,6	-0,6
	B	-0,2	-0,6	-0,3	-0,9
45°	A	1,1	0,9	-0,5	-0,5
	B	-0,3	-0,5	-0,3	-0,7

Diambil dari tabel :

$$C_{NW} = 1.1$$

$$C_{NL} = 0.1$$

g. Menghitung Tekanan Angin (SNI 1727:2013. Hal 163 dari 195)

$$\begin{aligned}
 1 \text{ P tekan} &= qh \times G \times C_{NW} \\
 &= 22.971 \times 0.85 \times 1.1 \\
 &= 21.478 \text{ N/m}^2 \sim 2.15 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- W Tepi = jarak gording x jarak Portal x P
 = $\left[\frac{1}{2} \cdot 1.2 + 1 \right] \times 6 \times 2.15$
 = 14.18 kg

- W Tengah = jarak gording x jarak Portal x P
 = 1.2 x 6 x 2.15
 = 15.46 kg

- W Puncak = jarak gording x jarak Portal x P
 = $\left[\frac{1}{2} \cdot 1.2 + 0.2 \right] \times 6 \times 2.15$
 = 9.02 kg

2 P hisap = $qh \times G \times CNL$
 = 22.971 x 0.85 x 0.10
 = 1.953 N/m² ~ 0.195 kg/m²

- W Tepi = jarak gording x jarak Portal x P
 = $\left[\frac{1}{2} \cdot 1.2 + 1 \right] \times 6 \times 0.20$
 = 1.29 kg

- W Tengah = jarak gording x jarak Portal x P
 = 1.2 x 6 x 0.20
 = 1.41 kg

- W Puncak = jarak gording x jarak Portal x P
 = $\left[\frac{1}{2} \cdot 1.2 + 0.2 \right] \times 6 \times 0.20$
 = 0.82 kg

3.2.4 Beban Air Hujan

Berdasarkan SNI 1727:2013, hal 38. Didapatkan :

$$R = 0,0098(ds + dh) \quad ,\text{dalam KN/m}^2$$

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

$$ds, \text{diambil :} \quad 10 \quad \text{mm}$$

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

$$dh, \text{diambil :} \quad 5 \quad \text{mm}$$

$$\begin{aligned} R &= 0.0098 \quad x \quad [10 + 5] \\ &= 0.147 \text{ KN/m}^2 \sim 14.7 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hujan (R1)} &= \text{Jarak Gording} \times \text{Jarak portal} \times R \\ &= \left[\frac{1}{2} \times 1.2 + 1 \right] \times 6 \times 14.70 \\ &= 97.02 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hujan (R2)} &= \text{Jarak Gording} \times \text{Jarak portal} \times R \\ &= 1.2 \times 6 \times 14.70 \\ &= 105.84 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hujan (R3)} &= \text{Jarak Gording} \times \text{Jarak portal} \times R \\ &= \left[\frac{1}{2} \times 1.2 + 0.2 \right] \times 6 \times 14.70 \\ &= 61.74 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.2.5 Pembebanan Pada Bangunan

TABEL 3.7 Pembebanan

Beban	D	Lr	R	W	
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	
				Tekan	Hisap
Tepi	142.00	192.00	97.02	14.18	1.29
Tengah	147.95	96.00	105.84	15.46	1.41
Puncak	137.45	96.00	61.74	9.02	0.82

BAB IV

PERENCANAAN KONSTRUKSI

▪ Hasil Analisa Struktur

Data dari hasil perhitungan STAAD Pro V8i diperoleh :

$$M_u = 67.00 \quad \text{KNm} = 67000000 \quad \text{Nmm}$$

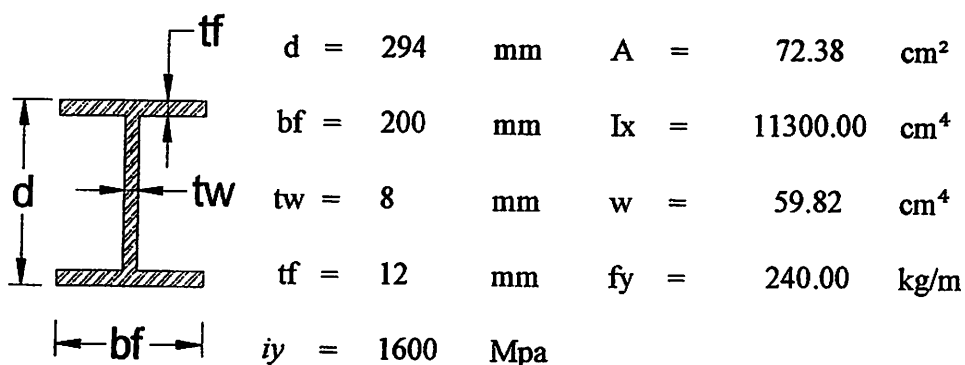
$$V_u = 18.40 \quad \text{KN} = 18400 \quad \text{N}$$

$$N_u = 12.90 \quad \text{KN} = 12900 \quad \text{N}$$

4.1 Perencanaan Balok *Castella*

▪ Data Profil Balok (Sebelum dipotong)

Dicoba profil H 294 . 200 . 8 . 12



(Ir. Rudi gunawan. Tabel Profil Konstruksi Baja)

▪ Data Material

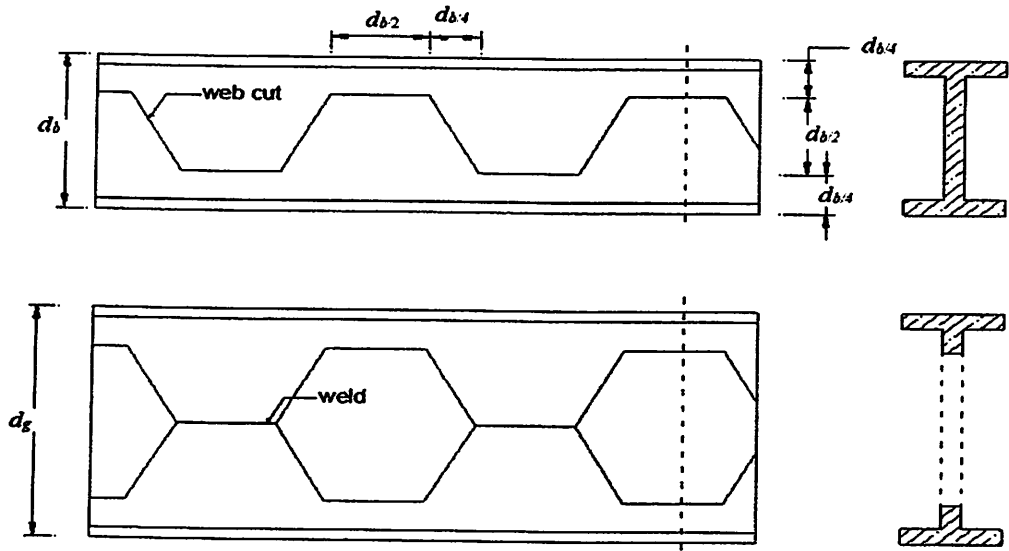
Mutu Baja : Bj 37

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

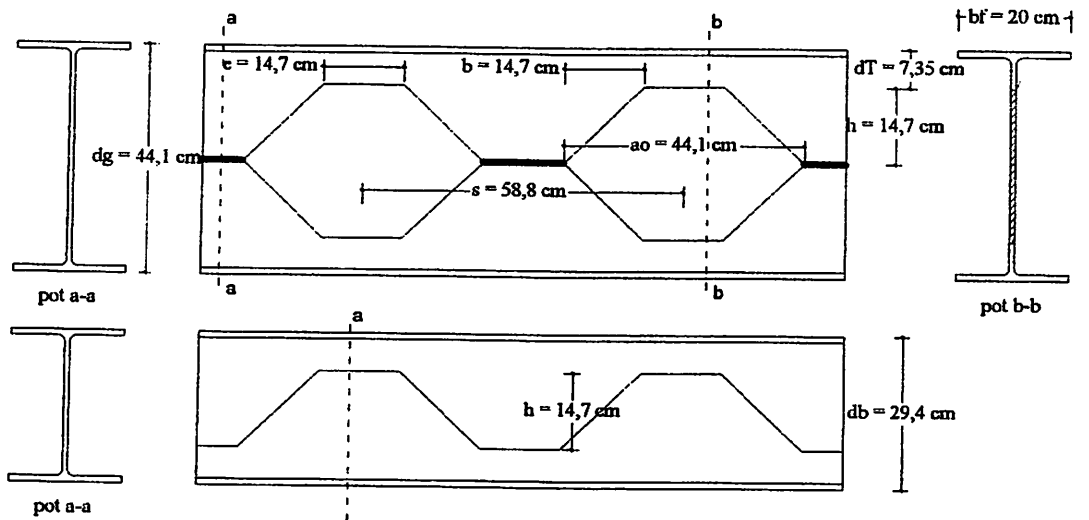
$$f_u = 370 \quad \text{MPa}$$

$$\text{Modulus Elastisitas} = 200000 \quad \text{MPa}$$

▪ Menentukan Potongan Balok Castella Dengan Menggunakan :



Gambar 4.1 Rumus Penentuan Potongan Balok Castella



Gambar 4.2 Modifikasi *Castellated Beam*

▪ Didapat data sesuai gambar :

$$\begin{aligned}
 dg &= 441 \text{ mm} & dt &= 73.5 \text{ mm} & Z_x &= 769000 \text{ mm}^3 \\
 \theta &= 45^\circ & db &= 294 \text{ mm} & &= 769000 \times 1.12 \\
 h &= 147 \text{ mm} & ao &= 441 \text{ mm} & &= 861280 \\
 ho &= 294 \text{ mm} & e &= 147 \text{ mm} & Z_y &= 160000 \text{ mm}^3 \\
 bf &= 200 \text{ mm} & S &= 588 \text{ mm} & &= 160000 \times 1.12 \\
 tf &= 12 \text{ mm} & tw &= 8 \text{ mm} & &= 179200
 \end{aligned}$$

1. Menentukan modulus penampang minimum balok castella (Z_g) untuk momen lentur maksimum.

$$\begin{aligned}
 S_g &= \frac{M_u}{\phi \times f_y} = \frac{67000000}{0.9 \times 240} = 310185.19 \text{ mm}^3 \\
 &= 310.19 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

2. Perbandingan tinggi balok baja castella dengan tinggi profil baja
 sesungguhnya, Diasumsikan kenaikan tinggi balok *castella* mencapai $\pm 1,5$
 kali dari tinggi balok asli.

$$\begin{aligned}
 K1 &= \frac{dg}{db} \\
 1.5 &= \frac{dg}{db} = \frac{S_g}{S_b}
 \end{aligned}$$

3. Modulus penampang balok asli

$$S_b = \frac{S_g}{K1} = \frac{310185.2}{1.5} = 206790.123 \text{ mm}^3$$
$$= 206.79 \text{ cm}^3$$

Menentukan nilai perbandingan tinggi (K1) yang sebenarnya :

$$K1 = \frac{S_g}{S_b} = \frac{310.19}{206.79} = 1.50$$

4. Menentukan Tinggi Pemotongan Zig-Zag (h)

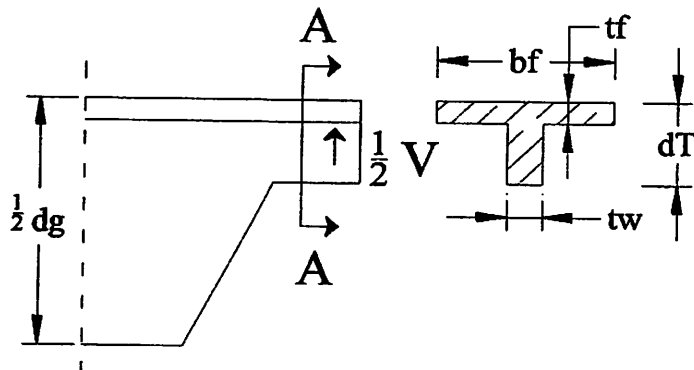
$$h = db \times [K1 - 1]$$
$$= 294 \times [1.50 - 1]$$
$$= 147 \text{ mm}$$

Perkiraan tinggi penampang T yang diperlukan .

(Design of Welded Structure, hal 7-15)

$$dT = \frac{Vu}{2 \times tw \times fy}$$
$$dT = \frac{18400}{2 \times 8 \times 240}$$
$$= 11.98 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 h &\leq db - 2 \times dT \\
 &= 294 - 2 \times 11.979 \\
 &= 270.04 \text{ mm} \\
 h &= 147 \text{ mm} \leq 270.04 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.3 Potongan Balok T

5. Dimensi balok castella

Menentukan tinggi balok castella

$$\begin{aligned}
 dg &= db + h \\
 &= 294 + 147 \\
 &= 441 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan Tinggi Penampang T

$$\begin{aligned}
 dt &= \frac{dg}{2} - h \\
 &= \frac{441}{2} - 147 \\
 &= 73.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan Tinggi Tangkai Penampang T

$$\begin{aligned} ds &= dt - tf \\ &= 74 - 12 \\ &= 61.5 \end{aligned}$$

6. Tegangan lentur tekan yang diijinkan pada plat badan balok Castella :

$$\bar{\sigma} = \left(1 - \frac{10.434}{C_c^2} \times \left(\frac{h}{tw} \right)^2 \right) \times 0.6 \times fy$$

Dimana,

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{fy}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 3.14^2 \times 200000}{240}}$$

$$= 128.306606 \text{ Mpa}$$

$$\bar{\sigma} = \left(1 - \frac{10.434}{128.31^2} \times \left(\frac{147}{8} \right)^2 \right) \times 0.6 \times 240$$

$$= 113.18 \text{ Mpa}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \frac{4 \left(\frac{\pi \times \theta}{180^\circ} \right)^2}{3 \times \tan \theta} \times \bar{\sigma} \leq 0,4 \times f_y \\ &= \frac{4 \left(\frac{3,14 \times 45}{180} \right)^2}{3 \times \tan 45^\circ} \times 113,18 \leq 0,4 \times 240 \\ &= 92,996 \text{ Mpa} < 96 \text{ Mpa} \quad \text{AMAN}\end{aligned}$$

7. Merencanakan tegangan geser maksimum sepanjang garis netral badan balok castella, diasumsikan sebagai balok dengan badan utuh :

$$\begin{aligned}\sigma_{maks} &= 1,16 \times \frac{95\% \times V}{t_w \times d_g} \\ &= 1,16 \times \frac{95\% \times 18400}{8 \times 441} \\ &= 5,74739229 \text{ Mpa} < \sigma_v = 92,996 \text{ Mpa} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

8. Setelah diketahui tegangan geser maksimum untuk balok berbadan utuh dan tegangan geser ijin untuk balok *castella*, diperoleh rasio :

$$\begin{aligned}\frac{e}{s} &= \frac{f_{max}}{\sigma_v} = K2 \\ K2 &= \frac{5,74739229}{92,9961131} = 0,0618\end{aligned}$$

$$e \geq \frac{2 \times h \times \operatorname{tg} \theta}{\frac{1}{K^2} - 2}$$

$$\geq \frac{2 \times 147 \times \operatorname{tg} 45}{\frac{1}{0.0618} - 2}$$

$$\geq 20.7325864 \text{ mm} \quad \text{maka diambil} \quad e = 147 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} s &= 2 \left[e + h \times \tan \theta \right] \\ &= 2 \left[147 + 147 \times \tan 45 \right] \\ &= 588 \text{ mm} \end{aligned}$$

9. Menentukan ukuran dimensi balok *castella* :

Luas penampang T balok *castella* :

$$\begin{aligned} AT &= Af + As \\ &= b \times tf + ds \times tw \\ &= 200 \times 12 + 61.5 \times 8 = 2892.00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Modulus kelembaman penampang T balok *castella* :

$$\begin{aligned}
 My &= Af \left(ds + \frac{tf}{2} \right) + As \times \frac{ds}{2} \\
 &= 2400 \left(61.5 + \frac{12}{2} \right) + 492 \times \frac{61.5}{2} \\
 &= 177129 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Modulus inersia penampang T balok *castella* :

$$\begin{aligned}
 Iy &= Af \left(ds^2 + ds \times tf + \frac{tf^2}{3} \right) + As \times \frac{ds^2}{3} \\
 &= 2400 \left(61.5^2 + 61.5 \times 12 + \frac{12^2}{3} \right) \\
 &\quad + 2400 \times \frac{61.5^2}{3} \\
 &= 13989600 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Jarak garis berat penampang T dari ujung tangkai balok *castella* :

$$Cs = \frac{W_T}{A_T} = \frac{177129}{2892.00} = 61.248 \text{ mm}$$

Momen inersia tangkai penampang T :

$$\begin{aligned}IT &= I_y - C_s \times M_y \\ &= 13989600 - 61.248 \times 177129 \\ &= 3140816.24 \text{ mm}^4\end{aligned}$$

Modulus tahanan tangkai penampang T pada ujung tangkai :

$$S_s = \frac{IT}{C_s} = \frac{3140816.24}{61.24792531} = 51280.37 \text{ mm}^3$$

Jarak antara garis berat penampang T atas dan bawah :

$$\begin{aligned}d &= 2 \times h + C_s \\ &= 2 \times 147 + 61.248 \\ &= 416.495851 \text{ mm}\end{aligned}$$

Momen inersia balok *castella* :

$$\begin{aligned}I_g &= 2 \times I_t + \frac{A T \times d^2}{2} \\ &= 2 \times 3140816.24 + \frac{2892.00 \times 416.495851^2}{2} \\ &= 257117508.00 \text{ mm}^4\end{aligned}$$

Modulus tahanan balok *castella* :

$$\begin{aligned}
 S_g &= \frac{2 \times I_g}{d_g} \\
 &= \frac{2 \times 257117508.00}{441} \\
 &= 1166065.80 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

10. Kontrol tegangan

$$\begin{aligned}
 C_c &= \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{f_y}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 3.14^2 \times 200000}{240}} \\
 &= 128.190
 \end{aligned}$$

Tegangan ijin :

$$\begin{aligned}
 \bar{f} &= \left(1 - \frac{10.434}{C_c^2} \times \left(\frac{e}{tw} \right)^2 \right) \times 0.6 \times f_y \\
 &= \left(1 - \frac{10.434}{16432.67} \times \left(\frac{147}{8} \right)^2 \right) \times 0.6 \times 240 \\
 &= 113.1283406 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_T &= \frac{V \times e}{4 \times S_g} \\
 &= \frac{18400 \times 147}{4 \times 51280.37} \\
 &= 13.186 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_b &= \frac{F}{A_T} = \frac{M}{d \times A_T} \\
 &= \frac{67000000}{416.5 \times 2892.00} \\
 &= 55.624 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan total

$$\begin{aligned}
 f_{\text{total}} &= f_T + f_b \leq 113.128341 \\
 &13.186 + 55.624 \leq 113.128341 \\
 &68.811 \leq 113.128341 \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

11 Pemeriksaan bagian T yang merupakan bagian yang mengalami gaya

tekan aksial: (Hal 4.7-6 Castellated Beam)

$$\frac{bf}{tf} \leq \frac{3000}{\sqrt{fy}}$$

$$\begin{aligned}bf &= 0.5 \times b \\ &= 0.5 \times 200 = 100 \text{ mm} \\ tf &= 12 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\frac{100}{12} = 8.3333$$

$$\frac{3000}{\sqrt{240}} = 193.65$$

$$8.3333 \leq 193.65$$

AMAN TIDAK PERLU PENGAKU

$$\frac{bs}{ts} \leq \frac{4000}{\sqrt{fy}}$$

$$\begin{aligned}bf &= dt \\ &= 73.5 \text{ mm} \\ tf &= 12 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\frac{73.5}{12} = 6.125$$

$$\frac{4000}{\sqrt{240}} = 258.20$$

$$6.125 \leq 258.20$$

AMAN TIDAK PERLU PENGAKU

13. Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal :

$$\lambda_f = \frac{bf}{tf} = \frac{200}{12} = 8.3333$$

$$\lambda_w = \frac{h}{tw} = \frac{441}{8} = 52.125$$

$$\lambda_{pf} = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10.973$$

$$\lambda_{pw} = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108.444$$

$$\lambda_f < \lambda_{pf}$$

$$8.3333 < 10.97 \quad , \text{Maka Kompak}$$

$$\lambda_w < \lambda_{pw}$$

$$52.1 < 108.4 \quad , \text{Maka Kompak}$$

14. Kontrol lendutan :

$$\Delta \text{ ijin} = \frac{1}{300} L \quad (\text{sumber : SNI-03-1729-2002})$$

$$= \frac{1}{300} 12000$$

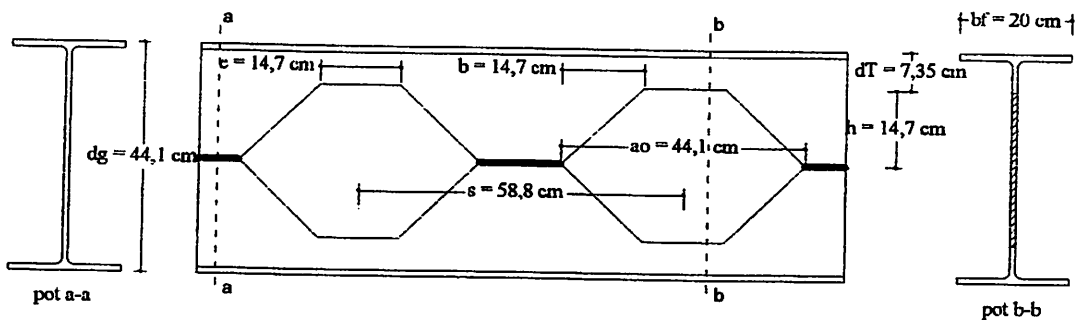
$$= 40 \text{ mm}$$

$$f_x = \frac{5 \times M \times L^2}{48 \times E \times I_g}$$

$$\begin{aligned}
 f_x &= \frac{5 \times 67000000 \times 12000^2}{48 \times 200000 \times 257117508.0} \\
 &= 19.544 \text{ mm} \\
 &= 19.544 \text{ mm} \longrightarrow < \Delta \text{ ijin} = 40 \text{ mm} \quad \text{AMAN}
 \end{aligned}$$

Maka untuk balok Castella menggunakan profil :

$$\begin{aligned}
 dg &= 441 \text{ mm} & dt &= 73.5 \text{ mm} & Z_x &= 861280 \text{ mm}^3 \\
 \theta &= 45^\circ & ao &= 441 \text{ mm} & Z_y &= 179200 \text{ mm}^3 \\
 h &= 147 \text{ mm} & e &= 147 \text{ mm} \\
 ho &= 294 \text{ mm} & S &= 588 \text{ mm} \\
 bf &= 200 \text{ mm} & tw &= 8 \text{ mm} \\
 tf &= 12 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.4 Dimensi Profil Castella yang di pakai

4.2 Perencanaan Kolom Baja Profil WF (Wide Flange)

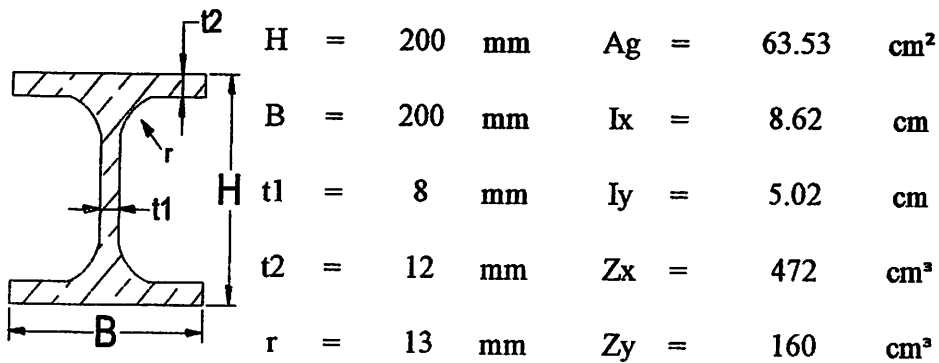
▪ Hasil analisa struktur

$$P_u = 4399 \text{ kg} = 43990 \text{ N}$$

$$M_u = 3024 \text{ Kgm} = 30240000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 605 \text{ kg} = 6050 \text{ N}$$

Dicoba profil WF 200 . 200 . 8 . 12



(Berdasarkan PT. Gunung Garuda (Profil WF). Hal 1)

▪ Data material

$$\text{Mutu baja} = \text{BJ41} \quad (f_y = 240 \text{ Mpa})$$

$$(f_u = 370 \text{ Mpa})$$

$$E \text{ baja} = 200000 \text{ Mpa}$$

a. Kontrol Penampang (berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 19-20 dari 242)

$$\lambda_f = \frac{b_f}{t_f} = \frac{200}{12} = 8.3333$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{200 - 2 t_f}{8} = 22.000$$

$$\lambda_{pf} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10.970$$

$$\lambda_{pw} = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108.542$$

$$\lambda_f < \lambda_{pf}$$

$$8.3333 < 10.97 \quad , \text{ Maka Kompak}$$

$$\lambda_w < \lambda_{pw}$$

$$22.0 < 108.5 \quad , \text{ Maka Kompak}$$

b. Nilai k, faktor Panjang Tekuk

$$k = 1 \quad (\text{Berdasarkan SNI 2015, Lampiran 7, Hal 237 dari 242})$$

c. Panjang Efektif Kolom (Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 35 dari 242)

$$\begin{aligned} \frac{K \times L}{r} &= \frac{1 \times 500}{13.0} \\ &= 38.462 \end{aligned}$$

d. Kontrol Tekuk Lentur (Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 35 dari 242)

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 \cdot E}{(KL/2)^2} \\ &= \frac{3.14 \times 200000}{38.462^2} \\ &= 424.528 \end{aligned}$$

$$\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$$

$$\frac{240}{424.53} \leq 2.25$$

$$0.5653 \leq 2.25$$

$$F_{cr} = 0.658 (f_y/f_e)$$

$$F_{cr} = 0.658 (f_y/f_e)$$

$$F_{cr} = 0.7893 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\ &= 0.7893 \times 6353 \\ &= 501436 \text{ N} \end{aligned}$$

e. Kekuatan Tekan Desain *(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 33 dari 242)*

$$\begin{aligned} P_c &= \phi \cdot P_n \\ &= 0.9 \times 501436 \\ &= 451293 \text{ N} \end{aligned}$$

f. Kekuatan Lentur *(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 50 dari 242)*

$$\begin{aligned} \phi M_n &= F_y \times Z_x \\ &= 240 \text{ Mpa} \times 472 \text{ cm}^3 \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \times 472 \text{ cm}^3 \\ &= 113280000 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_n = 113280000 \times 0.9 = 101952000 \text{ kgm}$$

g. Interaksi Lentur dan Gaya Tekan

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 79 dari 242)

$$\frac{P_u}{P_c} \leq 0.2$$

$$\frac{43990}{451293} \leq 0.2$$

$$0.0975 \leq 0.2$$

$$\begin{aligned} M_{cx} &= \phi M_n \\ &= 0.9 \times 113280000 \\ &= 101952000 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\frac{P_u}{2P_c} + \left[\frac{M_u}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right] \leq 1.0$$

$$\frac{43990}{902585} + \left[\frac{30240000}{101952000} + \frac{0}{M_{cy}} \right] \leq 1.0$$

$$0.34534794 \leq 1.0 \quad \text{Aman}$$

4.3 Perencanaan Sambungan

- Balok Castella :

Tinggi Balok (d) = 441 mm

Lebar Balok (bf) = 200 mm

Tebal web (tw) = 8 mm

Tebal Flange (tf) = 12 mm

- Profil Baja Profil Wf (Wide Flange) :

Tinggi Balok (d) = 200 mm

Lebar Balok (bf) = 200 mm

t1 atau tw = 8 mm

t2 atau tf = 12 mm

- Balok kantilever :

Tinggi Balok (d) = 150 mm

Lebar Balok (bf) = 150 mm

Tebal web (tw) = 7 mm

Tebal Flange (tf) = 10 mm

4.3.1 Sambungan puncak (Rafter)

a. Sambungan baut

Diketahui :

$$V_u = 18400 \quad \text{N}$$

$$M_u = 67000000 \quad \text{Nmm}$$

$$P_u = 12900 \quad \text{N}$$

Tabel 4.1 Kekuatan Nominal Pengencang dan Bagian yang Berulir, ksi (MPa)

(Berdasarkan SNI 1729:2015, hal 125 dari 242)

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, F_{nt} ksi (MPa) ^[a]	Kekuatan Geser Nominal dalam Sambungan Tipe-Tumpu, F_{nv} ksi (MPa) ^[b]
Baut A307	45 (310)	27 (188) ^[c]
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	90 (620)	54 (372)
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	90 (620)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	113 (780)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	113 (780)	84 (579)
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,450 F_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,563 F_u$

^[a] Untuk baut kekuatan tinggi yang menahan beban fatik tarik, lihat Lampiran 3
^[b] Untuk ujung sambungan yang dibebani dengan panjang pola pengencang lebih besar dari 38 in. (965 mm), F_{nv} harus direduksi sampai 83,3 % dari nilai tabulasi. Panjang pola pengencang merupakan jarak maksimum sejajar dengan garis gaya antara sumbu baut-baut yang menyambungkan dua bagian dengan satu permukaan lekatan.
^[c] Untuk baut A307 nilai yang ditabulasikan harus direduksi sebesar 1 persen untuk setiap 1/16 in. (2 mm) di atas diameter 5 dari panjang pada pegangan/grip tersebut.
^[d] Ulir diizinkan pada bidang geser.

Digunakan baut diameter M20" ,mm (A325)

Tegangan tarik baut (f_{nt}) = 620 MPa

Tegangan geser baut (f_{nv}) = 375 MPa

Tabel 4.2 Dimensi Lubang Nominal, mm

(Berdasarkan SNI 1729:2015, hal 126 dari 242)

Diameter Baut	Dimensi Lubang			
	Standar (Diameter)	Ukuran-lebih (Diameter)	Slot-Pendek (Lebar x Panjang)	Slot-Panjang (Lebar x Panjang)
M16	18	20	18 x 22	18 x 40
M20	22	24	22 x 26	22 x 50
M22	24	28	24 x 30	24 x 55
M24	27 ^[a]	30	27 x 32	27 x 60
M27	30	35	30 x 37	30 x 67
M30	33	38	33 x 40	33 x 75
≥ M36	$d + 3$	$d + 8$	$(d + 3) \times (d + 10)$	$(d + 3) \times 2,5d$

^[a] Izin yang diberikan memungkinkan penggunaan baut 1 in. jika diinginkan.

Diameter baut M20 : Standar = 18 mm

Ukuran-Lebih = 20 mm

Diambil Ukuran Diameter = 20 mm

Luas Tubuh Baut

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

$$\begin{aligned}
 A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \\
 &= 314.286 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

• Kuat nominal terhadap tarik :

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nt} \times A_b \\
 &= 620 \times 314.286 \\
 &= 194857.1429 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset R_n &= 0.75 \times 194857.1429 \\
 &= 146142.8571 \text{ N}
 \end{aligned}$$

• Kuat nominal terhadap geser :

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nv} \times A_b \\
 &= 375 \times 314.286 \\
 &= 117857.1429 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0.75 \times 117857.1429 \\
 &= 88392.85714 \text{ N}
 \end{aligned}$$

• Kuat nominal tumpu pada lubang - lubang baut :

Tabel 4.3 Jarak Tepi Minimum

(Berdasarkan SNI 1729:2015, hal 128 dari 242)

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	1,25d

^[a]Jika diperlukan, jarak tepi terkecil diizinkan asalkan ketentuan yang sesuai Pasal J3.10 dan J4 dipenuhi, tetapi jarak tepi yang kurang dari satu diameter baut tidak diizinkan tanpa persetujuan dari Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana.
^[b]Untuk ukuran-berlebih atau lubang-lubang slot, lihat Tabel J3.5M.

Jarak tepi minimum baut diameter 20 mm = 26 mm

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 132 dari 242)

$$\begin{aligned}
 l_c &= \text{diambil jarak bersih baut ke tepi plat} = 26 - 1/2 d \\
 &= 16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset Rn &= 1.2 \times lc \times tp \times fu \\ &= 1.2 \times 16 \times 25 \times 370 \\ &= 177600 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 2.4 \times d \times tp \times fu \\ &= 2.4 \times 20 \times 25 \times 370 \\ &= 444000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$1.2 \times lc \times tp \times fu \leq 2.4 \times d \times tp \times fu$$

$$177600 \text{ N} < 444000 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Dimana :

fu = Tegangan tarik material yang disambung

d = Diameter baut

lc = Jarak bersih baut ke tepi plat

tp = Ketebalan plat penyambung

Diambil yang terkecil :

$$\text{Geser} = 88392.85714 \text{ N}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$n = \frac{Vu}{\emptyset Rn} = \frac{18400}{0.75 \times 88392.85714} = 0.277549 \sim 2 \text{ baut}$$

Diambil = 4 buah baut dalam baris

Kontrol kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi R_n \times n \\ 18400 \text{ N} &\leq 88392.85714 \times 2 \\ 18400 \text{ N} &< 176785.7143 \text{ N} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Dimana :

- Ru atau Vu = Beban Terfaktor
- Rn = Tahanan nominal baut
- n = Jumlah baut yang dibutuhkan
- ϕ = Faktor reduksi diambil sebesar 0,75

ketebalan end plate :

$$\begin{aligned} P_{uf} &= \frac{M_u}{d - t_f} \\ &= \frac{67000000}{670 - 24} \\ &= 103715.1703 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_p &= b_f + 1 \text{ in.} \\ &= 200 + 25.4 \text{ mm} \\ &= 225.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$C_a = 1.45$$

aisc-manual (LRFD) tabel 10-1

$$C_b = \sqrt{\frac{b_f}{b_p}}$$
$$= \sqrt{\frac{200}{225.4}}$$
$$= 0.941972$$

$$P_f = d_b + 12.7$$
$$= 441 + 12.7$$
$$= 453.7$$

$$P_e = p_f - \frac{d_b}{4} - w_t$$
$$= 453.7 - \frac{441}{4} - 12.7$$
$$= 330.75$$

$$A_f = 134000 \text{ (Luas Penampang Plat)}$$

$$A_w = 12272 \text{ (Luas Penampang Profil baja)}$$

$$\begin{aligned}
\alpha_m &= C_A \times C_b \left(\frac{A_f}{A_w} \right)^{1/3} \times \left(\frac{P_e}{d_b} \right)^{1/4} \\
&= 1.45 \times 0.941972 \left(\frac{134000}{12272} \right)^{1/3} \times \left(\frac{330.75}{441} \right)^{1/4} \\
&= 2.820
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{eu} &= \alpha_m \times P_{uf} \times \frac{P_e}{4} \\
&= 3 \times 103715.170 \times \frac{330.75}{4} \\
&= 24183360.89
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t_{p \text{ min}} &= \sqrt{\frac{4 M_{eu}}{\phi F_y b_p}} \\
&= \sqrt{\frac{4 \times 24183361}{0.9 \times 240 \times 225.4}} \\
&= 22.287 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Diambil tebal plat = 25 mm

Penentuan Jarak Baut

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

$$\text{Jarak tepi minimum baut diameter 20 mm} = 26 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi maksimum baut} &= 12 \text{ tp} \quad \text{atau} \quad 150 \text{ mm} \\ &= 300 \quad \text{atau} \quad 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil jarak tepi maksimum baut} = 225 \text{ mm}$$

$$\bullet \text{ Jarak tepi yang digunakan} = 100$$

(Berdasarkan Buku LRFD edisi 1, Hal 111)

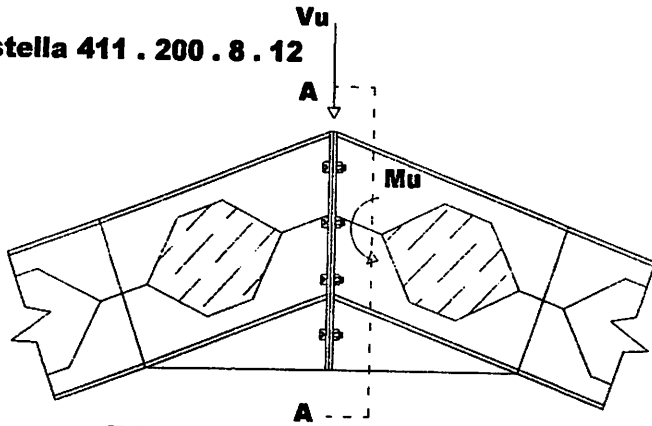
$$\text{Jarak minimum antar baut} = 3 \text{ d} = 75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak maksimum antar baut} &= 14 \text{ tp} \quad \text{atau} \quad 180 \text{ mm} \\ &= 140 \quad \text{atau} \quad 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

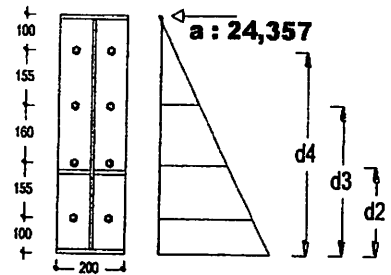
$$\text{diambil} = 150 \text{ mm dan } 170 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{0.75 \times f_{nt} \times n_1 \times n_2 \times A_b}{f_y \times b} \\ &= \frac{0.75 \times 620 \times 2 \times 4 \times 314.286}{240 \times 200} \\ &= 24.357 \text{ mm} \end{aligned}$$

Castella 411 . 200 . 8 . 12



Tebal Plat penyanggung (tp) = 21 mm



Potongan A - A

Gambar 4.5 Diagram tegangan baut

Jarak baut (d_i)

$$d1 = 100 \text{ mm} \quad d3 = 415 \text{ mm}$$

$$d2 = 255 \text{ mm} \quad d4 = 570 \text{ mm}$$

diambil yang terjauh : $d4$

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

(sumber : struktur baja charles G. Salmon, Hal 114)

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n T &= 0.5 \times F_u \times A_b \\ &= 0.5 \times 370 \times 314.286 \\ &= 58142.85714 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_i &= d1 + d2 + d3 + d4 \\ &= 100 + 255 + 415 + 570 \\ &= 1340 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^n T \cdot d_i = 58142.85714 \times 1340$$

$$= 77911428.57$$

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

$$\phi \cdot M_n = \frac{0,9 \times 240 \times 593.270 \times 200}{2} + 77911428.6$$

$$= 90726069.39 \text{ Nmm}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$90726069.39 \text{ Nmm} \geq 67000000 \quad \text{OK}$$

b. Sambungan Las

Tabel 4.4 Ukuran Minimum Las Sudut

(Berdasarkan Buku LRFD edisi 1, Hal 139)

Tebal Plat (mm)	Ukuran Minimum Las Sudut
$t \geq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

Diambil :

$$\text{Tebal plat} = 25 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Ukuran maksimum las sudut (a)} &= \text{tebal plat} - 1.6 \text{ mm} \\ &= 25 - 1.6 = 23 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

Panjang Las

(Sumber : Buku LRFD edisi 1, Hal 140)

$$\begin{aligned} t &= 4 \times \text{Panjang Las} \\ &= 24 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal efektif las sudut

(Sumber : Buku LRFD edisi 1, Hal 141)

$$\begin{aligned} te &= 0.707 \times a \\ &= 0.707 \times 6 \\ &= 4.242 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Efektif Las} &= \text{Panjang Las} \times \text{Tebal efektif las sudut} \\ &= 24 \times 4.242 \end{aligned}$$

$$= 101.808 \quad \text{(Sumber : Buku LRFD edisi 1, Hal 141)}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 7 mm per mm panjang :

Tabel 4.5 Tegangan leleh dan tegangan tarik las Tipe Elektroda las

(Berdasarkan Padosbajayo, 1994)

Elektroda	Tegangan leleh minimum		Kuat tarik minimum	
	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
E 60	50	354	67	460
E 70	57	495	70	485
E 80	67	460	72	495
E 100	87	600	100	690
E 110	97	670	110	760

Kuat rencana las sudut ukuran 7 mm per satuan panjang :

Dipakai tipe Elektroda 80 :

$$\begin{aligned}
 f_{uw} &= 495 \text{ Mpa} \\
 \emptyset \times R_{nw} &= \emptyset \times t_e \times \left[0.6 \times f_{uw} \right] \\
 &= 0.75 \times 4.242 \times \left[0.6 \times 495 \right] \\
 &= 944.9055 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Kuat runtuh geser plat :

$$\begin{aligned}
 \text{nilai maks. } \emptyset \times R_{nw} &= \emptyset \times t \times \left[0.6 \times f_u \right] \\
 &= 0.75 \times 25.000 \times \left[0.6 \times 370 \right] \\
 &= 4162.5 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Kuat Runtuh Geser Plat > Kuat Rencana Per Satuan Panjang Las Sudut

$$4162.5 > 944.9055$$

Aman

Beban geser terfaktor, V_u :

$$V_u = 18400 \text{ N}$$

Panjang total las yang dibutuhkan (L_w) :

$$L_w = \frac{V_u}{\phi \times R_{nw}} = \frac{18400}{944.9055} = 19.473 \text{ mm}$$

4.3.2. Sambung Balok Kolom

a. Sambungan Baut

Diketahui :

$$V_u = 18400 \quad \text{N}$$

$$M_u = 67000000 \quad \text{Nmm}$$

$$P_u = 12900 \quad \text{N}$$

Tabel 4.6 Kekuatan Nominal Pengencang dan Bagian yang Berulir, ksi (MPa)

(Berdasarkan SNI 1729:2015, hal 125 dari 242)

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, F_{nt} , ksi (MPa) ^[a]	Kekuatan Geser Nominal dalam Sambungan Tipe-Tumpu, F_{nv} , ksi (MPa) ^[b]
Baut A307	45 (310)	27 (188) ^[c]
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	90 (620)	54 (372)
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	90 (620)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	113 (780)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	113 (780)	84 (579)
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,450 F_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,563 F_u$
<p>^[a] untuk baut kekuatan tinggi yang menahan beban fatik tarik, lihat Lampiran 3</p> <p>^[b] Untuk ujung sambungan yang dibebani dengan panjang pola pengencang lebih besar dari 38 in. (965 mm), F_{nv} harus direduksi sampai 83,3 % dari nilai tabulasi. Panjang pola pengencang merupakan jarak maksimum sejajar dengan garis gaya antara sumbu baut-baut yang menyambungkan dua bagian dengan satu permukaan lekatan.</p> <p>^[c] Untuk baut A307 nilai yang ditabulasikan harus direduksi sebesar 1 persen untuk setiap 1/16 in. (2 mm) di atas diameter 5 dari panjang pada pegangan/grip tersebut.</p> <p>^[d] Ulir diizinkan pada bidang geser.</p>		

Digunakan baut diameter M20" ,mm (A325)

$$\text{Tegangan tarik baut } (f_{nt}) = 620 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan geser baut } (f_{nv}) = 375 \text{ MPa}$$

Tabel 4.7 Dimensi Lubang Nominal

(Berdasarkan SNI 1729:2015, hal 126 dari 242)

Diameter Baut	Dimensi Lubang			
	Standar (Diameter)	Ukuran-lebih (Diameter)	Slot-Pendek (Lebar x Panjang)	Slot-Panjang (Lebar x Panjang)
M16	18	20	18 x 22	18 x 40
M20	22	24	22 x 26	22 x 50
M22	24	28	24 x 30	24 x 55
M24	27 ^[a]	30	27 x 32	27 x 60
M27	30	35	30 x 37	30 x 67
M30	33	38	33 x 40	33 x 75
≥ M36	d + 3	d + 8	(d + 3) x (d + 10)	(d + 3) x 2,5d

^[a] Izin yang diberikan memungkinkan penggunaan baut 1 in. jika diinginkan.

$$\text{Diameter baut M20 : Standar} = 18 \text{ mm}$$

$$\text{Ukuran-Lebih} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil Ukuran Diameter} = 20 \text{ mm}$$

Luas Tubuh Baut

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \\ &= 314.286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Kuat nominal terhadap tarik :

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

$$\begin{aligned} R_n &= f_{nt} \times A_b \\ &= 620 \times 314.286 \\ &= 194857.1429 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 \times 194857.1429 \\ &= 146142.8571 \text{ N} \end{aligned}$$

• Kuat nominal terhadap geser :

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nv} \times A_b \\
 &= 375 \times 314.286 \\
 &= 117857.1429 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset R_n &= 0.75 \times 117857.1429 \\
 &= 88392.85714 \text{ N}
 \end{aligned}$$

• Kuat nominal tumpu pada lubang - lubang baut :

Tabel 4.8 Jarak Tepi Minimum

(Berdasarkan SNI 1729:2015, hal 128 dari 242)

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	1,25d

^[a]Jika diperlukan, jarak tepi terkecil diizinkan asalkan ketentuan yang sesuai Pasal J3.10 dan J4 dipenuhi, tetapi jarak tepi yang kurang dari satu diameter baut tidak diizinkan tanpa persetujuan dari *Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana.*
^[b]Untuk ukuran-berlebih atau lubang-lubang slot, lihat Tabel J3.5M.

Jarak tepi minimum baut diameter 20 mm = 26 mm

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 132 dari 242)

$$\begin{aligned}
 l_c &= \text{diambil jarak bersih baut ke tepi plat} &= 26 - 1/2 d \\
 & &= 16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= 1.2 \times l_c \times t_p \times f_u \\ &= 1.2 \times 16 \times 25 \times 370 \\ &= 177600 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 2.4 \times d \times t_p \times f_u \\ &= 2.4 \times 20 \times 25 \times 370 \\ &= 444000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$1.2 \times l_c \times t_p \times f_u \leq 2.4 \times d \times t_p \times f_u$$

$$177600 \text{ N} < 444000 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Dimana :

f_u = Tegangan tarik material yang disambung

d = Diameter baut

l_c = Jarak bersih baut ke tepi plat

t_p = Ketebalan plat penyambung

Diambil yang terkecil :

$$\text{Geser} = 88392.85714 \text{ N}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$n = \frac{V_u}{\emptyset R_n} = \frac{18400}{0.75 \times 88392.85714} = 0.277549 \sim 2 \text{ baut}$$

Diambil = 4 buah baut dalam baris

Kontrol kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi R_n \times n \\ 18400 \text{ N} &\leq 88392.85714 \times 2 \\ 18400 \text{ N} &< 176785.7143 \text{ N} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Dimana :

- Ru atau Vu = Beban Terfaktor
- Rn = Tahanan nominal baut
- n = Jumlah baut yang dibutuhkan
- ϕ = Faktor reduksi diambil sebesar 0,75

ketebalan end plate :

$$\begin{aligned} P_{uf} &= \frac{M_u}{d - t_f} \\ &= \frac{67000000}{670 - 24} \\ &= 103715.1703 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_p &= b_f + 1 \text{ in.} \\ &= 200 + 25.4 \text{ mm} \\ &= 225.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

aisc-manual (LRFD) tabel 10-1

$$C_a = 1.45$$

$$C_b = \sqrt{\frac{b_f}{b_p}}$$
$$= \sqrt{\frac{200}{225.4}}$$
$$= 0.941972$$

$$P_f = d_b + 12.7$$

$$= 441 + 12.7$$

$$= 453.7$$

$$P_e = p_f - \frac{d_b}{4} - w_t$$

$$= 453.7 - \frac{441}{4} - 12.7$$

$$= 330.75$$

$$A_f = 134000 \text{ (Luas Penampang Plat)}$$

$$A_w = 12272 \text{ (Luas Penampang Profil baja)}$$

$$\begin{aligned}
\alpha_m &= C_A \times C_b \left(\frac{A_f}{A_w} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{P_e}{d_b} \right)^{\frac{1}{4}} \\
&= 1.45 \times 0.941972 \left(\frac{134000}{12272} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{330.75}{441} \right)^{\frac{1}{4}} \\
&= 2.820
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{eu} &= \alpha_m \times P_{uf} \times \frac{P_e}{4} \\
&= 3 \times 103715.170 \times \frac{330.75}{4} \\
&= 24183360.89
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t_{p \text{ min}} &= \sqrt{\frac{4 M_{eu}}{\phi F_y b_p}} \\
&= \sqrt{\frac{4 \times 24183360.89}{0.9 \times 240 \times 225.4}} \\
&= 22.287 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Diambil tebal plat = 25 mm

Penentuan Jarak Baut

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

Jarak tepi minimum baut diameter 20 mm = 26 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi maksimum baut} &= 12 \text{ tp} \quad \text{atau} \quad 150 \text{ mm} \\ &= 300 \quad \text{atau} \quad 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil jarak tepi maksimum baut} = 225 \text{ mm}$$

$$\bullet \text{ Jarak tepi yang digunakan} = 100$$

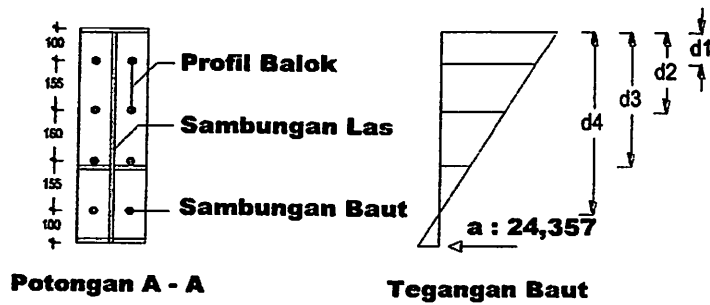
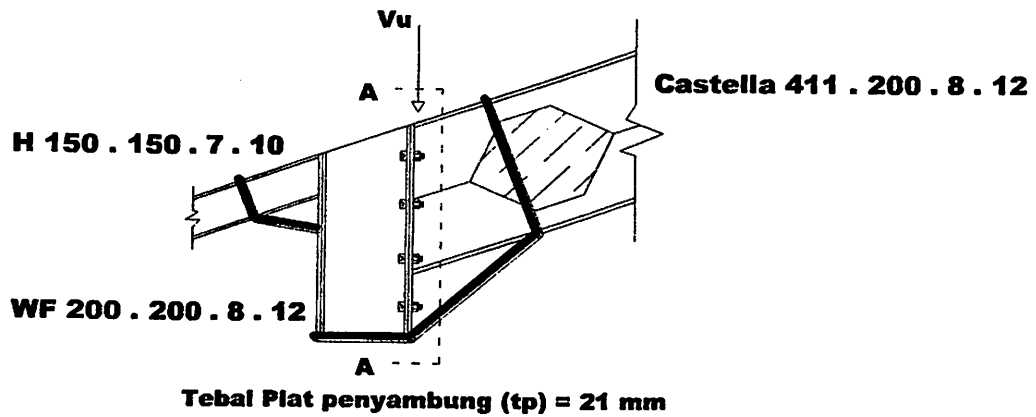
(Berdasarkan Buku LRFD edisi 1, Hal 111)

$$\text{Jarak minimum antar baut} = 3 \text{ d} = 75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak maksimum antar baut} &= 14 \text{ tp} \quad \text{atau} \quad 180 \text{ mm} \\ &= 140 \quad \text{atau} \quad 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil} = 150 \text{ mm dan } 170 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{0.75 \times f_{nt} \times n_1 \times n_2 \times A_b}{f_y \times b} \\ &= \frac{0.75 \times 620 \times 2 \times 4 \times 314.286}{240 \times 200} \\ &= 24.357 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.6 Diagram tegangan baut

Jarak baut (d_i)

$$d_1 = 100 \text{ mm} \qquad d_3 = 415 \text{ mm}$$

$$d_2 = 255 \text{ mm} \qquad d_4 = 570 \text{ mm}$$

diambil yang terjauh : d_4

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

(sumber : struktur baja charles G. Salmon, Hal 114)

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n T &= 0.5 \times F_u \times A_b \\ &= 0.5 \times 370 \times 314.286 \\ &= 58142.85714\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_i &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\ &= 100 + 255 + 415 + 570 \\ &= 1340\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n T \cdot d_i &= 58142.85714 \times 1340 \\ &= 77911428.57\end{aligned}$$

$$\phi \cdot M_n = \frac{0.9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i$$

$$\phi \cdot M_n = \frac{0.9 \times 240 \times 593.270 \times 200}{2} + 77911428.6$$

$$= 90726069.39 \text{ Nmm}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$90726069.39 \text{ Nmm} \geq 12900 \text{ OK}$$

b. Sambungan Las

Tabel 4.9 Ukuran Minimum Las Sudut

(Berdasarkan Buku LRFD edisi 1, Hal 139)

Teba Plat (mm)	Ukuran Minimum Las Sudut
$t \geq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

Diambil :

Tebal plat = 25 mm

Ukuran minimum las sudut (a) = 6 mm

Ukuran maksimum las sudut (a) = tebal plat - 1.6 mm
 = 25 - 1.6 = 23 mm

Diambil ukuran las sudut (a) = 6 mm

Panjang Las

(Sumber : Buku LRFD edisi 1, Hal 140)

$$t = 4 \times \text{Panjang Las}$$

$$= 24 \text{ mm}$$

Tebal efektif las sudut

(Sumber : Buku LRFD edisi 1, Hal 141)

$$te = 0.707 \times a$$

$$= 0.707 \times 6$$

$$= 4.242 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Efektif Las} &= \text{Panjang Las} \times \text{Tebal efektif las sudut} \\
 &= 24 \times 4.242 \\
 &= 101.808 \qquad \qquad \qquad (\text{Sumber : Buku LRFD edisi 1, Hal 141})
 \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 7 mm per mm panjang :

Tabel 4.10 Tegang leleh dan tegangan tarik las Tipe Elektroda las

(Berdasarkan Padosbajayo, 1994)

Elektroda	Tegangan leleh minimum		Kuat tarik minimum	
	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
E 60	50	354	67	460
E 70	57	495	70	485
E 80	67	460	72	495
E 100	87	600	100	690
E 110	97	670	110	760

Kuat rencana las sudut ukuran 7 mm per satuan panjang :

Dipakai tipe Elektroda 80 :

$$\begin{aligned}
 f_{uw} &= 495 \text{ Mpa} \\
 \phi \times R_{nw} &= \phi \times t_e \times \left[0.6 \times f_{uw} \right] \\
 &= 0.75 \times 4.242 \times \left[0.6 \times 495 \right] \\
 &= 944.9055 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Kuat runtuh geser plat :

$$\begin{aligned} \text{nilai maks. } \phi \times R_{nw} &= \phi \times t \times \left[0.6 \times f_u \right] \\ &= 0.75 \times 25.000 \times \left[0.6 \times 370 \right] \\ &= 4162.5 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Kuat Runtuh Geser Plat > Kuat Rencana Per Satuan Panjang Las Sudut

$$4162.5 > 944.9055 \quad \text{Aman}$$

Beban geser terfaktor, V_u :

$$V_u = 67000000 \text{ N}$$

Panjang total las yang dibutuhkan (L_w) :

$$L_w = \frac{V_u}{\phi \times R_{nw}} = \frac{18400}{944.9055} = 19.473 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan sambungan balok kolom :

Besarnya tegangan geser yang terjadi pada plat badan :

$$\begin{aligned} \tau_v &= \frac{Mu}{t_w \times d_{\text{balok}} \times d_{\text{kolom}}} \\ &= \frac{67000000}{8 \times 441 \times 200} = 94.95464853 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Besarnya tegangan geser yang diijinkan pada plat badan :

$$\begin{aligned}\bar{\sigma}_v &= 0.6 \times f_y \\ &= 0.6 \times 240 \\ &= 144 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\tau_v \leq \bar{\sigma}_v$$

$$94.95464853 \text{ MPa} < 144 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Besarnya tebal plat badan yang diperlukan :

$$\begin{aligned}twt &= \frac{M_u \times \sqrt{3}}{f_y \times d_{\text{balok}} \times d_{\text{kolom}}} \\ &= \frac{67000000 \times \sqrt{3}}{240 \times 441 \times 200} \\ &= 5.482209 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$twt \leq tw$$

$$5.482209 \text{ mm} < 8 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

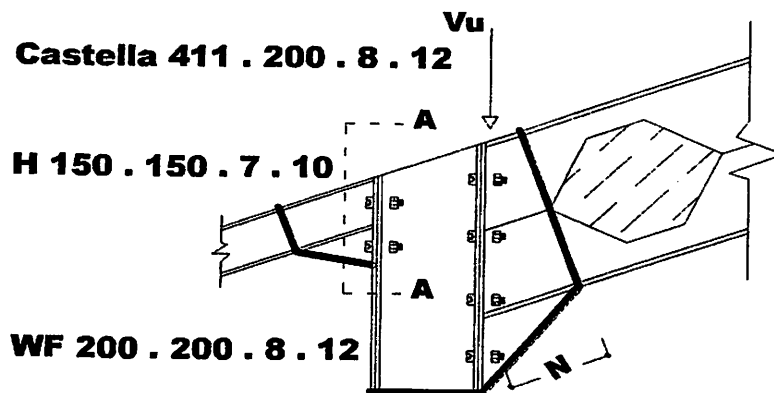
Pada sambungan plat badan perlu pengaku diagonal.

Kontrol *web crippling* (lipatan pada plat badan)

Kondisi dimana tanpa pengaku segitiga dihitung berdasarkan momen nominal :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times Z_x \times f_y \\ &= 0.9 \times 861280 \times 240 \\ &= 186036480 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{8 \times \phi M_n}{2 \times L} \\ &= \frac{8 \times 186036480}{2 \times 12000} \\ &= 62012.16 \text{ N} \end{aligned}$$



Tebal Plat penyambung (tp) = 21 mm

Gambar 4.24 Perencanaan pengaku

Dicoba tanpa pengaku, N (panjang pengaku)

(Structural Steel Design, Jack C. McCormac)

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times 0.4 \times t_w^2 \times \left[1 + \left(3 \times \frac{0}{d} \right) \times \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \\ &\quad \times \sqrt{\frac{f_y \times t_f}{t_w}} \\ &= 0.75 \times 0.4 \times 8^2 \times \left[1 + 3 \times \left(\frac{0}{441} \right) \times \left(\frac{8}{12} \right)^{1.5} \right] \\ &\quad \times \sqrt{\frac{200000 \times 240 \times 12}{8}} \\ &= 19.200 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$19.200 \text{ N} < 12900 \text{ N} \quad \text{TIDAK AMAN}$$

Maka harus dipengaku pada sambungan

Dicoba pengaku, N = 850 mm

$$\frac{N}{d} = \frac{850}{441} = 1.927438 > 0.2 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
\phi P_n &= \phi \times 0.4 \times t_w^2 \times \left[1 + \left(3 \times \frac{N}{d} \right) \times \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \\
&\times \sqrt{\frac{f_y \times t_f}{t_w}} \\
&= 0.75 \times 0.4 \times 8^2 \times \left[1 + 3 \times \left(\frac{850}{441} \right) \times \left(\frac{8}{12} \right)^{1.5} \right] \\
&\times \sqrt{\frac{200000 \times 240 \times 12}{8}} \\
&= 512800.500 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi P_n &\geq P_u \\
512800.500 \text{ N} &> 12900 \text{ N} \quad \text{OK}
\end{aligned}$$

4.3.3. Sambung Balok Kolom (Kantilever)

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 V_u &= 3379 \text{ N} \\
 M_u &= 2.02 \text{ kNm} = 2020000 \text{ Nmm} \\
 P_u &= 1230 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11 Kekuatan Nominal Pengencang dan Bagian yang Berulir, ksi (MPa)

(Berdasarkan SNI 1729:2015, hal 125 dari 242)

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, F_t ksi (MPa) ^[a]	Kekuatan Geser Nominal dalam Sambungan Tipe-Tumpu, F_{nv} ksi (MPa) ^[b]
Baut A307	45 (310)	27 (188) ^[c]
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	90 (620)	54 (372)
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	90 (620)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	113 (780)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	113 (780)	84 (579)
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,450 F_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,563 F_u$

^[a] Untuk baut kekuatan tinggi yang menahan beban fatik tarik, lihat Lampiran 3
^[b] Untuk ujung sambungan yang dibebani dengan panjang pola pengencang lebih besar dari 38 in. (965 mm), F_{nv} harus direduksi sampai 83,3 % dari nilai tabulasi. Panjang pola pengencang merupakan jarak maksimum sejajar dengan garis gaya antara sumbu baut-baut yang menyambungkan dua bagian dengan satu permukaan lekatan.
^[c] Untuk baut A307 nilai yang ditabulasikan harus direduksi sebesar 1 persen untuk setiap 1/16 in. (2 mm) di atas diameter 5 dari panjang pada pegangan/grip tersebut.
^[d] Ulir diizinkan pada bidang geser.

Digunakan baut diameter M20" ,mm (A325)

Tegangan tarik baut (f_t) = 620 MPa

Tegangan geser baut (f_{nv}) = 375 MPa

Tabel 4.12 Dimensi Lubang Nominal

(Berdasarkan SNI 1729:2015, hal 126 dari 242)

Diameter Baut	Dimensi Lubang			
	Standar (Diameter)	Ukuran-lebih (Diameter)	Slot-Pendek (Lebar x Panjang)	Slot-Panjang (Lebar x Panjang)
M16	18	20	18 x 22	18 x 40
M20	22	24	22 x 26	22 x 50
M22	24	28	24 x 30	24 x 55
M24	27 ^[a]	30	27 x 32	27 x 60
M27	30	35	30 x 37	30 x 67
M30	33	38	33 x 40	33 x 75
≥ M36	d + 3	d + 8	(d + 3) x (d + 10)	(d + 3) x 2,5d

^[a] Izin yang diberikan memungkinkan penggunaan baut 1 in. jika diinginkan.

Diameter baut M20 : Standar = 18 mm

Ukuran-Lebih = 20 mm

Diambil Ukuran Diameter = 20 mm

Luas Tubuh Baut

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

$$\begin{aligned}
 A_b &= 1/4 \times \pi \times 20^2 \\
 &= 314.286 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

• Kuat nominal terhadap tarik :

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nt} \times A_b \\
 &= 620 \times 314.286 \\
 &= 194857.1429 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0.75 \times 194857.1429 \\
 &= 146142.8571 \text{ N}
 \end{aligned}$$

• Kuat nominal terhadap geser :

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nv} \times A_b \\
 &= 375 \times 314.286 \\
 &= 117857.1429 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0.75 \times 117857.1429 \\
 &= 88392.85714 \text{ N}
 \end{aligned}$$

• Kuat nominal tumpu pada lubang - lubang baut :

Tabel 4.13 Jarak Tepi Minimum

(Berdasarkan SNI 1729:2015, hal 128 dari 242)

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	1,25d

^[a] Jika diperlukan, jarak tepi terkecil diizinkan asalkan ketentuan yang sesuai Pasal J3.10 dan J4 dipenuhi, tetapi jarak tepi yang kurang dari satu diameter baut tidak diizinkan tanpa persetujuan dari Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana.
^[b] Untuk ukuran-berlebih atau lubang-lubang slot, lihat Tabel J3.5M.

$$\text{Jarak tepi minimum baut diameter 20 mm} = 26 \text{ mm}$$

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 132 dari 242)

$$\begin{aligned}
 l_c &= \text{diambil jarak bersih baut ke tepi plat} = 26 - 1/2 d \\
 &= 16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= 1.2 \times l_c \times t_p \times f_u \\ &= 1.2 \times 16 \times 10 \times 370 \\ &= 71040 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 2.4 \times d \times t_p \times f_u \\ &= 2.4 \times 20 \times 10 \times 370 \\ &= 177600 \text{ N} \end{aligned}$$

$$1.2 \times l_c \times t_p \times f_u \leq 2.4 \times d \times t_p \times f_u$$

$$71040 \text{ N} < 177600 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Dimana :

f_u = Tegangan tarik material yang disambung

d = Diameter baut

l_c = Jarak bersih baut ke tepi plat

t_p = Ketebalan plat penyambung

Diambil yang terkecil :

$$\text{Geser} = 88392.85714 \text{ N}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$n = \frac{V_u}{\emptyset R_n} = \frac{3379}{0.75 \times 88392.85714} = 0.050969 \sim 1 \text{ baut}$$

Diambil = 2 buah baut dalam baris

Kontrol kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi R_n \times n \\ 3379 \text{ N} &\leq 88392.85714 \times 1 \\ 3379 \text{ N} &< 88392.85714 \text{ N} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Dimana :

- Ru atau Vu = Beban Terfaktor
- Rn = Tahanan nominal baut
- n = Jumlah baut yang dibutuhkan
- ϕ = Faktor reduksi diambil sebesar 0,75

ketebalan end plate :

$$\begin{aligned} P_{uf} &= \frac{M_u}{d - t_f} \\ &= \frac{2020000}{670 - 24} \\ &= 3126.934985 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_p &= b_f + 1 \text{ in.} \\ &= 150 + 25.4 \text{ mm} \\ &= 175.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

aisc-manual (LRFD) tabel 10-1

$$C_a = 1.45$$

$$C_b = \sqrt{\frac{b_f}{b_p}}$$
$$= \sqrt{\frac{150}{175.4}}$$
$$= 0.924764$$

$$P_f = d_b + 12.7$$
$$= 150 + 12.7$$
$$= 162.7$$

$$P_e = p_f - \frac{d_b}{4} - w_t$$
$$= 162.7 - \frac{150}{4} - 12.7$$
$$= 112.5$$

$$A_f = 134000 \text{ (Luas Penampang Plat)}$$

$$A_w = 12272 \text{ (Luas Penampang Profil baja)}$$

$$\begin{aligned}
\alpha_m &= C_A \times C_b \left(\frac{A_f}{A_w} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{P_e}{d_b} \right)^{\frac{1}{4}} \\
&= 1.45 \times 0.924764 \left(\frac{134000}{12272} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{112.5}{150} \right)^{\frac{1}{4}} \\
&= 2.768
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{eu} &= \alpha_m \times P_{uf} \times \frac{P_e}{4} \\
&= 3 \times 3126.935 \times \frac{112.5}{4} \\
&= 243466.205
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t_{p \text{ min}} &= \sqrt{\frac{4 M_{eu}}{\phi F_y b_p}} \\
&= \sqrt{\frac{4 \times 243466}{0.9 \times 240 \times 175.4}} \\
&= 2.535 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Diambil tebal plat = 10 mm

Penentuan Jarak Baut

(Berdasarkan SNI-1729-2015. Hal 129 dari 242)

Jarak tepi minimum baut diameter 20 mm = 26 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi maksimum baut} &= 12 \text{ tp} \quad \text{atau} \quad 150 \text{ mm} \\ &= 120 \quad \text{atau} \quad 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil jarak tepi maksimum baut} = 135 \text{ mm}$$

$$\bullet \text{ Jarak tepi yang digunakan} = 100$$

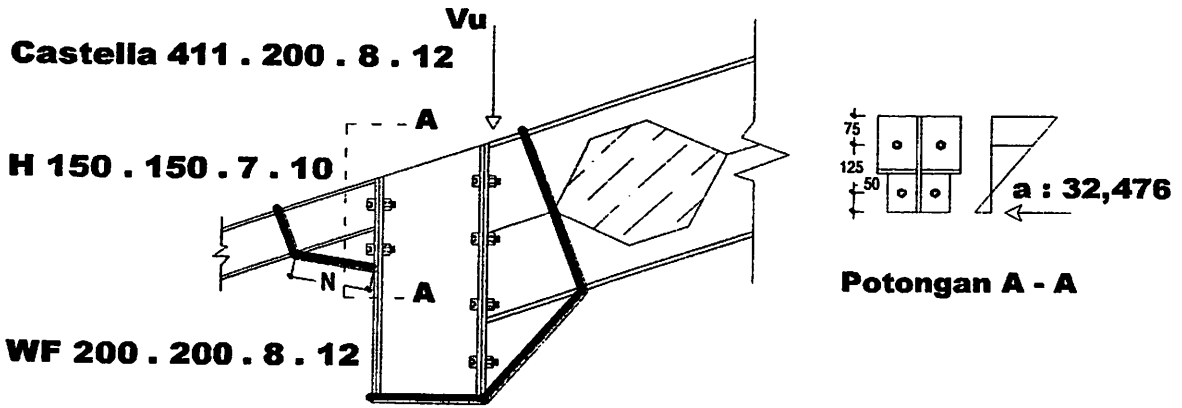
(Berdasarkan Buku LRFD edisi 1, Hal 111)

$$\text{Jarak minimum antar baut} = 3 \text{ d} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak maksimum antar baut} &= 14 \text{ tp} \quad \text{atau} \quad 180 \text{ mm} \\ &= 140 \quad \text{atau} \quad 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil} = 150 \text{ mm dan } 170 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{0.75 \times f_{nt} \times n_1 \times n_2 \times A_b}{f_y \times b} \\ &= \frac{0.75 \times 620 \times 2 \times 4 \times 314.286}{240 \times 150} \\ &= 32.476 \text{ mm} \end{aligned}$$



Tebal Plat penyambung (tp) = 21 mm

Gambar 4.7 Diagram tegangan baut

Jarak baut (d_i)

$$d1 = 100 \text{ mm} \qquad d3 = 415 \text{ mm}$$

$$d2 = 255 \text{ mm} \qquad d4 = 570 \text{ mm}$$

diambil yang terjauh : $d4$

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

(sumber : struktur baja charles G. Salmon, Hal 114)

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n T &= 0.5 \times F_u \times A_b \\ &= 0.5 \times 370 \times 314.286 \\ &= 58142.85714\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_i &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\ &= 100 + 255 + 415 + 570 \\ &= 1340\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n T \cdot d_i &= 58142.85714 \times 1340 \\ &= 77911428.57\end{aligned}$$

$$\phi \cdot M_n = \frac{0.9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i$$

$$\begin{aligned}\phi \cdot M_n &= \frac{0.9 \times 240 \times 1054.70 \times 150}{2} + 77911428.6 \\ &= 94997616.33 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$94997616.33 \text{ Nmm} \geq 1230 \text{ OK}$$

b. Sambungan Las

Tabel 4.14 Ukuran Minimum Las Sudut

(Berdasarkan Buku LRFD edisi 1, Hal 139)

Teba Plat (mm)	Ukuran Minimum Las Sudut
$t \geq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

Diambil :

$$\text{Tebal plat} = 10 \text{ mm}$$

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

$$\text{Ukuran maksimum las sudut (a)} = \text{tebal plat} - 1.6 \text{ mm}$$

$$= 10 - 1.6 = 8.4 \text{ mm}$$

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

Panjang Las

(Sumber : Buku LRFD edisi 1, Hal 140)

$$t = 4 \times \text{Panjang Las}$$

$$= 24 \text{ mm}$$

Tebal efektif las sudut

(Sumber : Buku LRFD edisi 1, Hal 141)

$$te = 0.707 \times a$$

$$= 0.707 \times 6$$

$$= 4.242 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Efektif Las} = \text{Panjang Las} \times \text{Tebal efektif las sudut}$$

$$= 24 \times 4.242$$

$$= 101.808$$

(Sumber : Buku LRFD edisi 1, Hal 141)

Kuat rencana las sudut ukuran 7 mm per mm panjang :

Tabel 4.15 Tegang leleh dan tegangan tarik las Tipe Elektroda las

(Berdasarkan Padosbajayo, 1994)

Elektroda	Tegangan leleh minimum		Kuat tarik minimum	
	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
E 60	50	354	67	460
E 70	57	495	70	485
E 80	67	460	72	495
E 100	87	600	100	690
E 110	97	670	110	760

Kuat rencana las sudut ukuran 7 mm per satuan panjang :

Dipakai tipe Elektroda 80 :

$$f_{uw} = 495 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \emptyset \times R_{nw} &= \emptyset \times t_e \times \left[0.6 \times f_{uw} \right] \\ &= 0.75 \times 4.242 \times \left[0.6 \times 495 \right] \\ &= 944.9055 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Kuat runtuh geser plat :

$$\begin{aligned} \text{nilai maks. } \phi \times R_{nw} &= \phi \times t \times \left[0.6 \times f_u \right] \\ &= 0.75 \times 10 \times \left[0.6 \times 1.5 \right] \\ &= 6.75 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Kuat Runtuh Geser Plat > Kuat Rencana Per Satuan Panjang Las Sudut

$$6.75 > 944.9055 \quad \text{Aman}$$

Beban geser terfaktor, V_u :

$$V_u = 2 \text{ N}$$

Panjang total las yang dibutuhkan (L_w) :

$$L_w = \frac{V_u}{\phi \times R_{nw}} = \frac{3379}{944.9055} = 3.576 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan sambungan balok kolom :

Besarnya tegangan geser yang terjadi pada plat badan :

$$\begin{aligned} \tau_v &= \frac{M_u}{t_w \times d_{\text{balok}} \times d_{\text{kolom}}} \\ &= \frac{2020000}{7 \times 150 \times 200} = 9.619047619 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Besarnya tegangan geser yang diijinkan pada plat badan :

$$\begin{aligned}\bar{\sigma}_v &= 0.6 \times f_y \\ &= 0.6 \times 240 \\ &= 144 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\tau_v \leq \bar{\sigma}_v$$

$$9.619047619 \text{ MPa} < 144 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Besarnya tebal plat badan yang diperlukan :

$$\begin{aligned}tw_t &= \frac{Mu \times \sqrt{3}}{f_y \times d_{\text{balok}} \times d_{\text{kolom}}} \\ &= \frac{2020000 \times \sqrt{3}}{240 \times 150 \times 200} \\ &= 0.485936 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$tw_t \leq tw$$

$$0.485936 \text{ mm} < 7 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

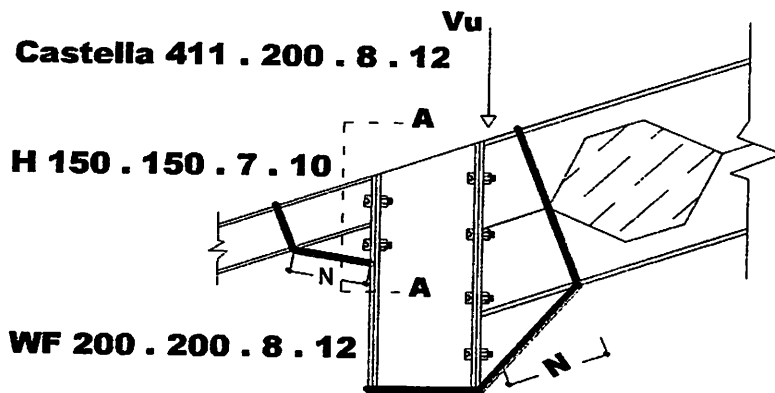
Pada sambungan plat badan perlu pengaku diagonal.

Kontrol *web crippling* (lipatan pada plat badan)

Kondisi dimana tanpa pengaku segitiga dihitung berdasarkan momen nominal :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times Z_x \times f_y \\ &= 0.9 \times 528640 \times 240 \\ &= 114186240 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{8 \times \phi M_n}{2 \times L} \\ &= \frac{8 \times 114186240}{2 \times 12000} \\ &= 38062.08 \text{ N} \end{aligned}$$



Tebal Plat penyambung (tp) = 21 mm

Gambar 4.24 Perencanaan pengaku

Dicoba tanpa pengaku, N (panjang pengaku)

(Structural Steel Design, Jack C. McCormac)

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times 0.4 \times t_w^2 \times \left[1 + \left(3 \times \frac{0}{d} \right) \times \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \\ &\quad \times \sqrt{\frac{f_y \times t_f}{t_w}} \\ &= 0.75 \times 0.4 \times 7^2 \times \left[1 + 3 \times \left(\frac{0}{150} \right) \times \left(\frac{7}{10} \right)^{1.5} \right] \\ &\quad \times \sqrt{\frac{200000 \times 240 \times 10}{7}} \\ &= 14.700 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$14.700 \text{ N} > 1230 \text{ N} \quad \text{TIDAK AMAN}$$

Maka harus dipengaku pada sambungan

Dicoba pengaku, N = 225 mm

$$\frac{N}{d} = \frac{225}{150} = 1.5 > 0.2 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
\phi P_n &= \phi \times 0.4 \times t_w^2 \times \left[1 + \left(3 \times \frac{N}{d} \right) \times \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \\
&\times \sqrt{\frac{f_y \times t_f}{t_w}} \\
&= 0.75 \times 0.4 \times 7^2 \times \left[1 + 3 \times \left(\frac{225}{150} \right) \times \left(\frac{7}{10} \right)^{1.5} \right] \\
&\times \sqrt{\frac{200000 \times 240 \times 10}{7}} \\
&= 320825.151 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$320825.151 \text{ N} > 1230 \text{ N} \quad \text{OK}$$

4.6 Perencanaan Sambungan *Base plate*

Pondasi Beton Menggunakan :

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 200$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa} \quad b_f = 200$$

$$N = 400 \text{ mm} \quad t_w = 8$$

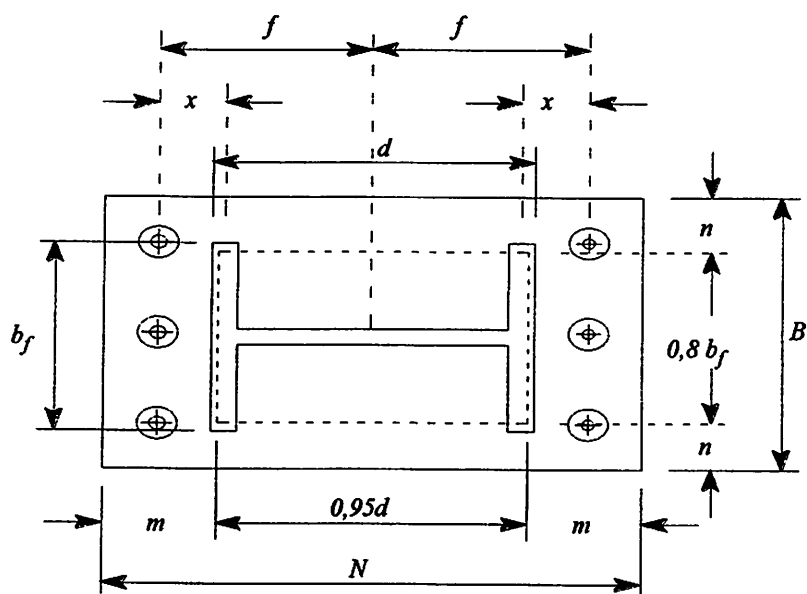
$$B = 400 \text{ mm} \quad t_f = 12$$

Diketahui :

$$V_u = 8180 \text{ N}$$

$$M_u = 40950000 \text{ Nmm}$$

$$P_u = 41970 \text{ N}$$



Gambar 4.8 Perencanaan Base Plate

- Menentukan Jarak antara ujung terluar baja dengan tepi base plate

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{N - 0.95 \times d}{2} \\
 &= \frac{400 - 0.95 \times 200}{2} \\
 &= 105 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{B - 0.8 \times bf}{2} \\
 &= \frac{400 - 0.8 \times 200}{2} \\
 &= 120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{N}{2} - \text{Jarak as angkur dengan sisi terluar plat} \\
 &= \frac{400}{2} - 45 \\
 &= 155 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= f - \frac{d}{2} + \frac{tf}{2} \\
 &= 155 - \frac{200}{2} + \frac{12}{2} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Menentukan Luas Penampang Baseplate

$$\begin{aligned}
 A1 &= B \times N \\
 &= 400 \times 400 \\
 &= 160000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Menentukan eksentrisitas gaya

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{40950000}{41970} = 975.697 \text{ mm}$$

$$\frac{N}{6} = \frac{400}{6} = 66.667$$

$$e > \frac{N}{6}$$

$$975.697 > 66.667$$

Karena eksentrisitas (e) lebih besar dari pada N/6 maka masuk dalam katagori D

- Menentukan nilai q

$$\begin{aligned} q &= \phi \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot B \cdot \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{0.5} \\ &= 0.6 \cdot 0.85 \cdot 25 \cdot 400 \cdot \left(\frac{160000}{160000} \right)^{0.5} \\ &= 5100 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

- Menentukan nilai Y

$$\begin{aligned}
 Y &= \left(f + \frac{N}{2} \right) + \sqrt{\left(- \left(f + \frac{N}{2} \right) \right)^2 - \frac{2 \text{ Pu } (F + e)}{q}} \\
 &= \left(155 + \frac{400}{2} \right) + \sqrt{\left(- \left(155 + \frac{400}{2} \right) \right)^2 - \frac{2 \cdot 41970 \cdot (155 + 975.697)}{5100}} \\
 &= 355 - \sqrt{126025 - 18609.94118} \\
 &= 355 - \sqrt{107415.0588} \\
 &= 27.258 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Dari persyaratan kesetimbangan, maka jumlah gaya dalam arah vertikal harus sama dengan nol, atau dalam bentuk matematis adalah :

$$\sum fy = 0$$

$$Tu + Pu - \emptyset \times Pp = 0$$

$$Tu + q \times Y - \emptyset \times Pp = 0$$

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

$$= 5100 \times 27.258 - 41970$$

$$= 97043.93066 \text{ N}$$

- Kontrol nilai Y

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

$$97043.931 = 5100 \times 27.258 - 41970$$

$$97043.931 = 97043.93066$$

- Perhitungan Angkur

Angkur yang dipasang pada suatu baseplate direncanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik. Direncanakan dimensi angkur 20 dengan jumlah 8

Menggunakan tipe A325

$$\text{Kuat geser nominal angkur } (F_v) = 414 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik nominal angkur } (F_t) &= 807 - 1.5 \times f_v < 621 \\ &= 807 - 1.5 \times 414 < 621 \\ &= 186 \text{ Mpa} < 621 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Luas tubuh baut

$$\begin{aligned} A_b &= 1/4 \times \pi \times 20^2 \\ &= 1/4 \times \pi \times 20^2 \\ &= 314.286 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{ub} = \frac{V_u}{n} = \frac{8180}{8} = 1022.5 \text{ N}$$

$$V_{ub} \leq \phi f_v \times A_b$$

$$V_{ub} \leq 0.75 \times 414 \times 314.29$$

$$1022.50 \leq 97585.71 \quad \text{ok}$$

$$T_{ub} = \frac{T_u}{n_t} = \frac{97043.93066}{8} = 12130.49 \text{ N}$$

$$T_{ub} \leq \phi f_t \times A_b$$

$$T_{ub} \leq 0.75 \times 186 \times 314.29$$

$$12130.49 \leq 43842.86 \quad \text{ok}$$

- Perhitungan tebal base plate

$$\begin{aligned}
 \text{tp perlu 1} &= 2.11 \times \sqrt{\frac{T_u \times x}{B \times f_y}} \\
 &= 2.11 \times \sqrt{\frac{97043.93066 \times 61}{400 \times 240}} \\
 &= 2.11 \times 7.852600266 \\
 &= 16.57 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{tp perlu 2} &= 2.11 \times \sqrt{\frac{P_u \times m - y/2}{B \times f_y}} \\
 &= 2.11 \times \sqrt{\frac{41970 \times 105 - 27.258 / 2}{400 \times 240}} \\
 &= 2.11 \times 6.775289332 \\
 &= 14.30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diambil tebal base plate yang terbesar dari perhitunga tp perlu 1 dan tp perlu 2

$$\text{tp} = 16.57 \text{ mm} \sim 20 \text{ mm}$$

sehingga ukuran base plate adalah 400 x 400 x 20

- Menentukan perletakan angkur

Tabel 4.16 Dimensi Lubang Nominal

(Berdasarkan SNI 1729:2015, hal 126 dari 242)

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	1,25d

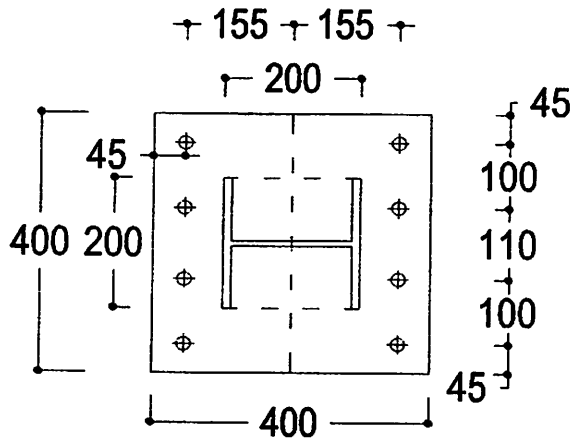
^[a]Jika diperlukan, jarak tepi terkecil diizinkan asalkan ketentuan yang sesuai Pasal J3.10 dan J4 dipenuhi, tetapi jarak tepi yang kurang dari satu diameter baut tidak diizinkan tanpa persetujuan dari *Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana*.

^[b]Untuk ukuran-berlebih atau lubang-lubang slot, lihat Tabel J3.5M.

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi minimum angkur} &= 26 \text{ mm} \\ \text{Jarak tepi maksimum angkur} &= 12 \text{ tp} \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 240 \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ \text{Diambil Jarak tepi} &= 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

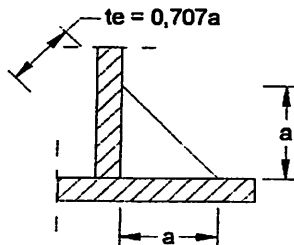
(sumber : Buku LRFD edisi 1, Hal 111)

$$\begin{aligned} \text{Jarak minimum antar baut} &= 3 d = 60 \text{ mm} \\ \text{Jarak maksimum antar baut} &= 14 \text{ tp} \text{ atau } 180 \text{ mm} \\ &= 280 \text{ atau } 180 \text{ mm} \\ \text{Diambil jarak tengah} &= 100 \text{ mm dan } 110 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.9 Dimensi Base Plate yang digunakan

- Perhitungan Las pada base plate



Gambar 4.10 Tebal efektif las sudut (Throat efektif)

Persyaratan ukuran las :

Tebal plat minimum yang disambung = 20 mm

Ukuran minimum las sudut (a) = 5 mm

Ukuran maksimum las sudut (a) = tebal plat - 2 mm

= 20 - 2 mm

= 18 mm

Diambil ukuran las sudut (a) = 10 mm

$$te = 0.707 \times a$$

$$= 0.707 \times 10 = 7.07 \text{ mm}$$

Panjang minimum las :

$$\begin{aligned} l &= a \times 4 \\ &= 10 \times 4 \\ &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 7 mm per mm panjang :

Dipakai tipe Elektroda 70 :

$$\begin{aligned} f_{uw} &= 485 \text{ Mpa} \\ \emptyset \times R_{nw} &= \emptyset \times t_e \times \left[0.6 \times f_{uw} \right] \\ &= 0.75 \times 7.070 \times \left[0.6 \times 485 \right] \\ &= 1543.028 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser plat :

$$\begin{aligned} \text{nilai maks. } \emptyset \times R_{nw} &= \emptyset \times t \times \left[0.6 \times f_u \right] \\ &= 0.75 \times 20 \times \left[0.6 \times 410 \right] \\ &= 3690 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor, T_u :

$$T_u = 97043.931 \text{ N}$$

Panjang total las yang dibutuhkan (L_w) :

$$L_w = \frac{T_u}{\emptyset \times R_{nw}} = \frac{97043.9}{1543.028} = 62.892 \text{ mm}$$

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa perhitungan studi perencanaan struktur atap baja dengan pemakaian balok castella dan kolom baja profil WF (Wide Flange) pada pyoyek Rehabilitasi Pasar Lumajang didapatkan :

1. Profil gording Channel 150 . 75 . 9 . 12,5 dengan pemasangan trekstang $\varnothing 7$ sejarak 3 m.
2. Profil balok stuktur atap Castella 441 . 200 . 8 . 12, diambil dari profil H 294 . 200 . 8 . 12 dan dipotong dengan sudut 45°
3. Dimensi kolom baja profil WF (Wide Flange) 200 . 200 . 8 . 12
4. Jumlah baut pada sambungan didapatkan :
 - Sambungan baut pada puncak (rafter) sebanyak 2 x 4 $\varnothing 20$ mm, dengan ketebalan End-Plate 21 mm, dan tebal sudut las 6 mm sepanjang 17,674 mm.
 - Kebutuhan sambungan balok dan kolom sebanyak 2 x 4 $\varnothing 20$ mm, dengan ketebalan End-Plate 21 mm, dan tebal las sudut 6 mm sepanjang 17,674 mm.
 - Sambungan baut pada kolom dan balok kantilever sebanyak 2 x 2 $\varnothing 20$ mm, dengan ketebalan End-Plate 10 mm, dan tebal las sudut 6 mm sepanjang 2,552 mm.
 - Sambungan baut angkur kolom dan base plate sebanyak 8 $\varnothing 20$ mm. Tebal las sudut 10 mm sepanjang 62,892 mm.

5. Dari hasil perhitungan, didapat kebutuhan base plate dengan ukuran 400 mm x 400 mm dan tebal 20 mm.

Dari data – data hasil perhitungan diatas, maka dapat diterapkan secara langsung di lapangan dalam perencanaan struktur baja yang meliputi gording, balok *castella* , kolom baja profil WF (Wide Flange), sambungan, dan base plate.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setiawan, 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode Load and Resistance Factor Design (LRFD)*, Jakarta: Erlangga
- Blodgett, Omer W., 1972. *Design of Welded Structure*, Ohio: The James F. Lincoln Arc Welding Foundation.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983 "Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung" Bandung,"
- Salmon, C.G., & Johnson, J.E., 1995 "Struktur Baja 2, Desain dan Prilaku", Edisikedua, PT. Gramedia Pusat Utama, Jakarta,
- Setiawan Agus, 2013 "Perencanaan Struktur Baja, Metode LRFD", Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta,
- SNI 03 - 1729 - 2002, *tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.*

LAMP IRAN



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
 Jl. Bendungan Sigura-gura 2
 Jl. Raya Karanglo Km. 2
 Malang

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama : RANDI

NIM : _____

Hari / tanggal : _____ / _____

Perbaiki materi Skripsi meliputi :

Perbit glr.

Perbit tdk lrr.

Ac 27
8'011

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 20
 Dosen Penguji

[Signature]

(_____)

Malang, _____ 20
 Dosen Penguji

[Signature]

(_____)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
 Jl. Bendungan Sigura-gura 2
 Jl. Raya Karanglo Km. 2
 Malang

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG STRUKTUR

Nama : RANDI AGUSTA

NIM : 1121005

Hari / tanggal : Kamis, 13 - 08 - 2015

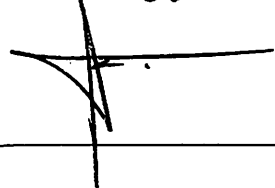
Perbaiki materi Skripsi meliputi :

- Cele lagi pel. statika pd costela dgn Inersia costela.

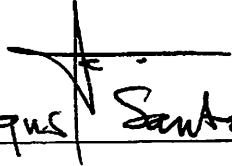
Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 26 - 08 - 2015
 Dosen Penguji

()

Malang, 13 - 08 - 2015
 Dosen Penguji

( A. Agus Santoso)



INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura 2
Jl. Raya Karanglo Km. 2
Malang

SEMINAR HASIL SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG STRUKTUR

Nama : RANDI AGUSTA M.U.T

NIM : 11.21.085

Hari / tanggal : RABU / 29 JULI 2015

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

- Penambahan Rms hal 143. Setulhan.

- Pele. baseplate hal 151 tambahh
baut/ongker pd bagian dlm

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikutkan Ujian Skripsi.

Pengumpulan berkas untuk ujian skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari dosen pembahas dan kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 29 JULI 2015
Dosen Pembahas

(A. Agus Santosa)

Malang, 29 JULI 2015
Dosen Pembahas

(A. Agus Santosa)



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG STRUKTUR

Nama : RANDI AGUSTA

NIM : 11.21.085

Hari / tanggal : SABTU 1 18 - 4 - 2015

Perbaiki materi Pendahuluan Skripsi meliputi :

Tambahkan bahasan base plate

Tambahkan Castella lengkap

Malang, 18 - 4 - 2015

Dosen Pembahas



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG _____

Nama : Randi Agusta

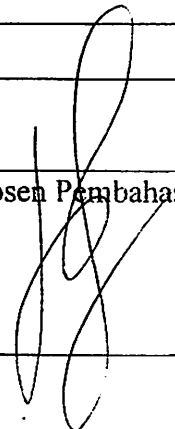
NIM : 11.21.005

Hari / tanggal : _____ / _____

Perbaikan materi Pendahuluan Skripsi meliputi :

- Teori Castela ditambahkan
- Tata cara penulisan
- Base plate

Malang, _____ 20
Dosen Pembahas

()



INSTITUT
TEKNOLOGI
NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-
gura 2
Jl. Raya Karanglo Km. 2
Malang

SEMINAR HASIL SKRIPSI I PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG STRUKTUR

Nama : ~~WIKYANA~~ RANDI

NIM : 1121085

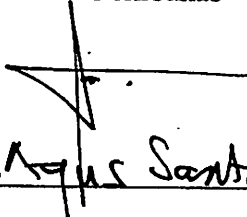
Hari / tanggal : Jumat / 22-5-2015

Perbaiki materi Seminar Hasil Skripsi I meliputi :

- jenis profil garding yg dipakai
- tipe sambungan yg dipakai?
- bel. (rumus) lendutan.
- sd penyebab garding

Malang, 22 - 5 - 2015

Dosen Pembahas


A. Agus Santoso



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG STRUKTUR

Nama : RAHDI

NIM : 11.21.081

Hari / tanggal : _____ / _____

Perbaikan materi Proposal Skripsi meliputi :

- + Daftar pustaka tulis sesuai aturan penulisan
- = Masalah semi halaman
- = Jarak selang seluk
- = Rumus semi nomor
- = Gambar 2 semi keterangan
- + Keterangan tabel
- =

- 5/2.2015 + penulisan tabel standar yg ada
- = penulisan kutipan
- + Buat daftar pustaka

- 5/2.2015 + cek penulisan dan awal s/d selanjutnya
- + Daftar pustaka

- 9/2.2015 + penulisan buat yg konkrit & kutipan
- = Daftar pustaka

Perbaikan Proposal Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar Proposal Skripsi dilaksanakan

Proposal telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 10 - 2 - 2011
 Dosen Pembahas

Malang, 24 - 1 - 2011
 Dosen Pembahas

Catatan: hal 49 sekalian terlewat dulu
 baru dipindai



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
JL. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI

TUGAS :

Nama : RANDI AGUSTA N.M.T

Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1



Dosen Pembimbing :

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1		SNI 2015	
2		belajar lagi gording M_x, M_y ace gording	
		perhitungan beban tuda ² Batulben	



LEMBAR ASISTENSI

TUGAS :

Nama :

Program Studi :

Dosen Pembimbing :



No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
		dimensi balok seperti pada RFD $f_N = \frac{P_u}{\phi A}$ $f_M = \frac{M_u}{\phi \cdot Z}$	
		Langkah perhitungan dimensi kolom	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jln. Bendungan Sigura gura No. 2 Telp. (0341) 51431 MALANG



LEMBAR ASISTENSI

TUGAS :

Nama :

Program Studi :

Dosen Pembimbing :



No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
		rangjut karr samb dan base plate	
		acc. dpt diga mbal	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 Jln. Bendungan Sigura gura No. 2 Telp. (0341) 51431 MALANG

LEMBAR ASISTENSI

TUGAS :

Nama : RANDI AGUSTA M.M.T

11.21.085

Program Studi : Teknik SIPIL S-1

Dosen Pembimbing : Ir Bambang Wedyantadji, MT



No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	22-4-2015	- Rumusan masalah ditanyakan	
2	30-4-2015	- teori yg lengkap o penentuan costela o Sambungan	
3	11-6-2015	dlt + Bagam ALUR ?	
4	24-6-2015	pehamin mengenai	
5	30-6-2015	SAMBUNGAN !!!	



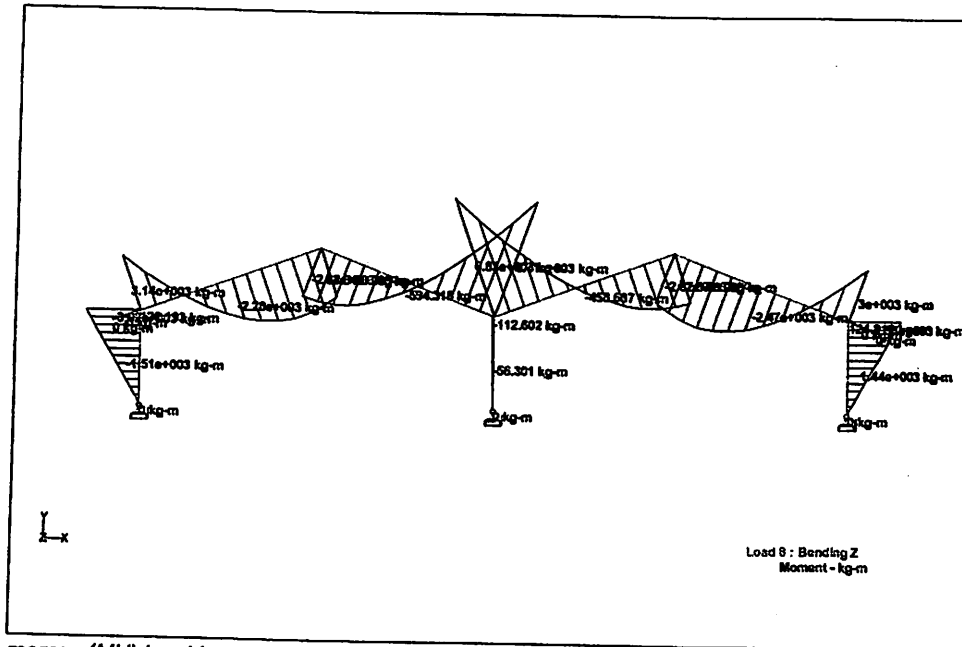
Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Job No	Sheet No 1	Rev
Part		
Ref		
By	Date 03-Jul-15	Chd
File Structure1.std	Date/Time 25-Aug-2015 19:37	

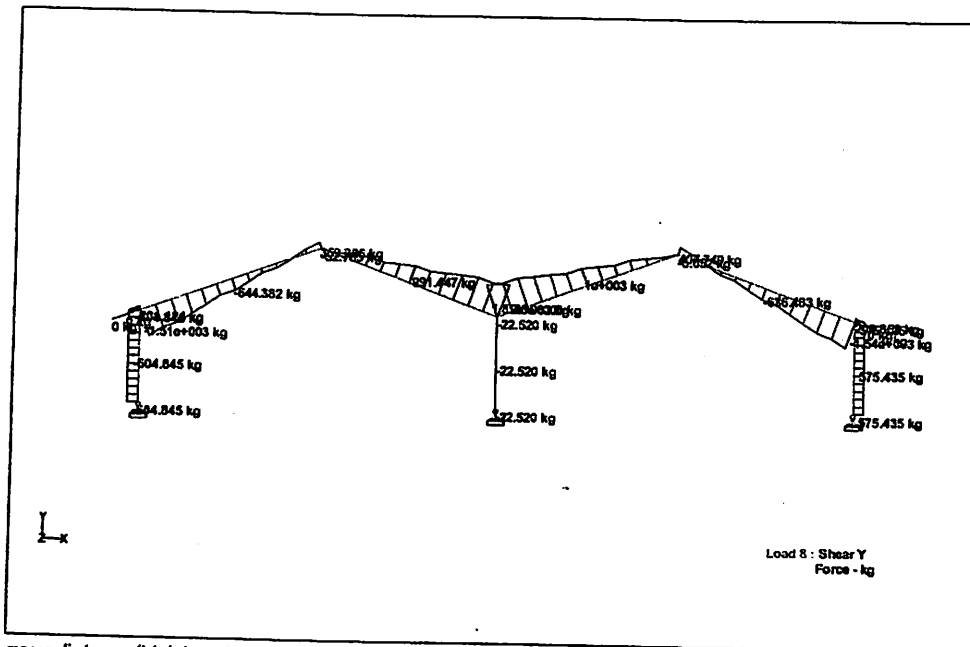
Software licensed to

Job Title

Client



momen (MU) kombinasi 3



gaya lintang (Vu) kombinasi 3



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Job No

Sheet No

2

Rev

Job Title

Part

Ref

By

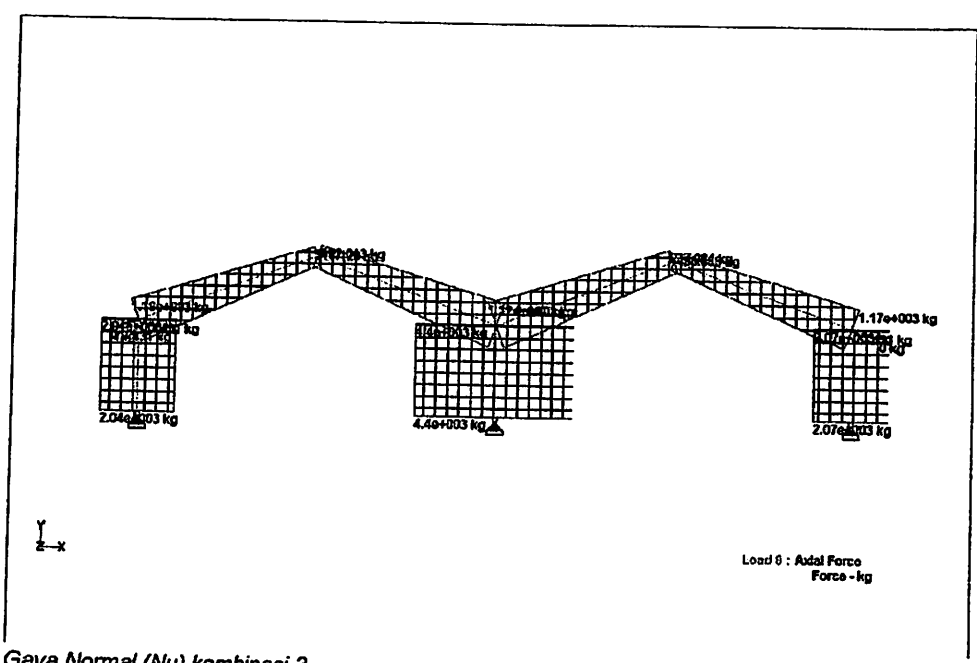
Date 03-Jul-15

Chd

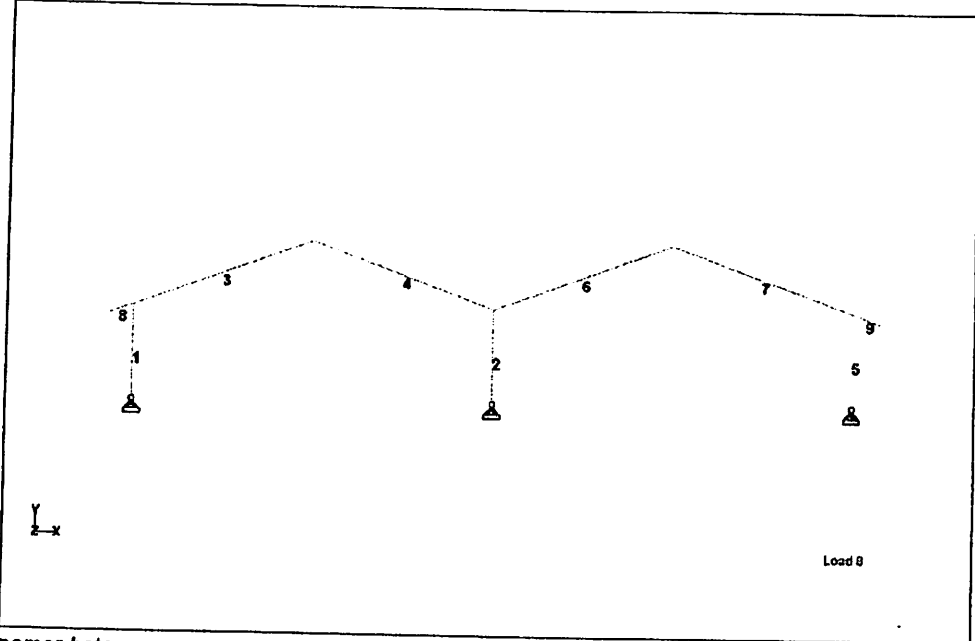
Client

File Structure1.sld

Date/Time 25-Aug-2015 19:37



Gaya Normal (Nu) kombinasi 3



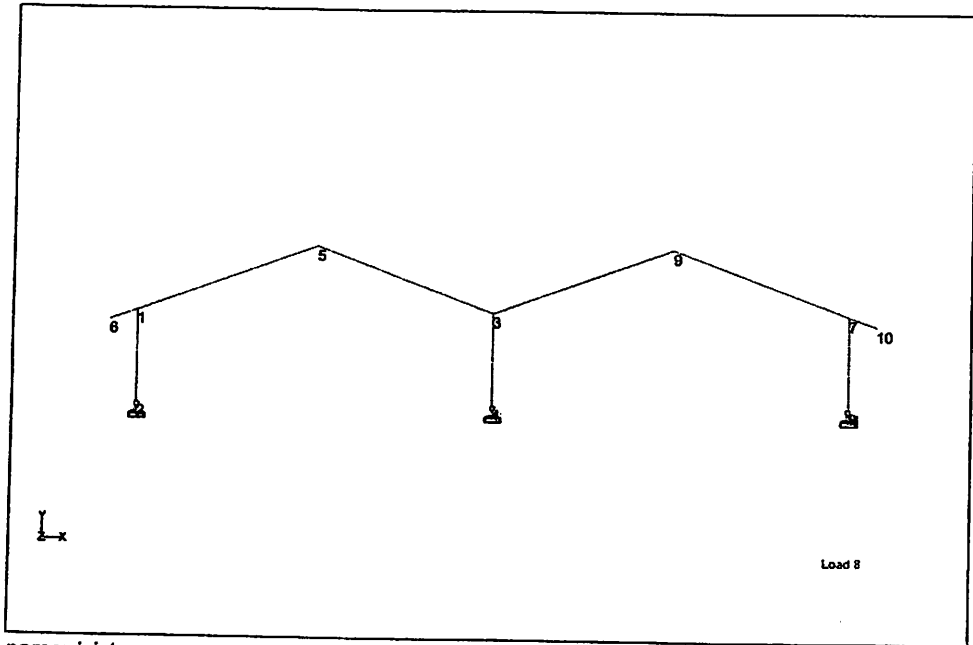
nomer batang



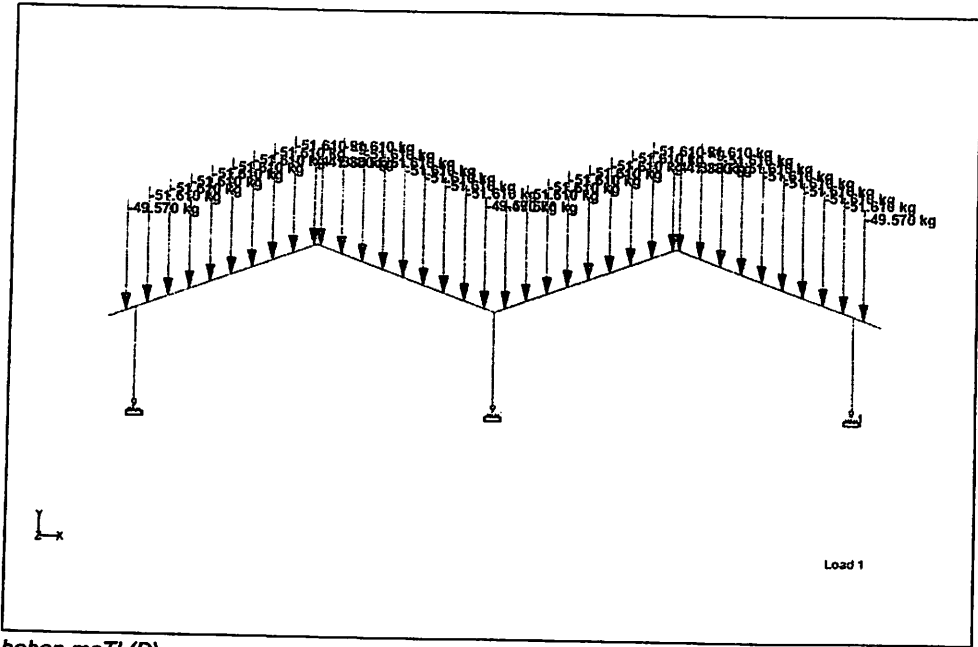
Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Software licensed to

Job No	Sheet No	Rev
	3	
Part		
Ref		
By	Date	Chd
	03-Jul-15	
Client	File	Date/Time
	Structure1.std	25-Aug-2015 19:37



nomer joint



beban mati (D)



Software licensed to

Part

Job Title

Ref

By

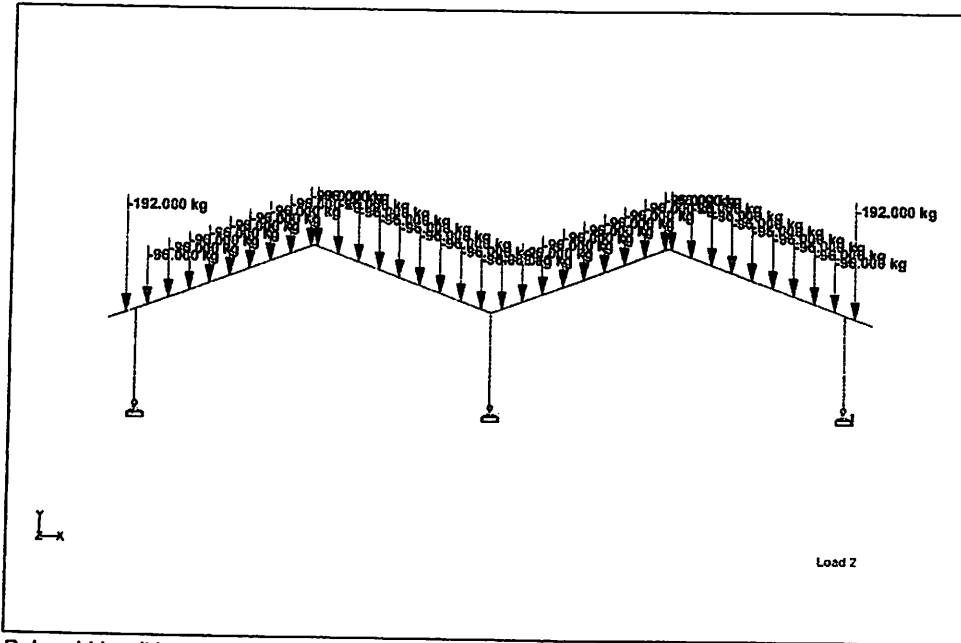
Date 03-Jul-15

Chd

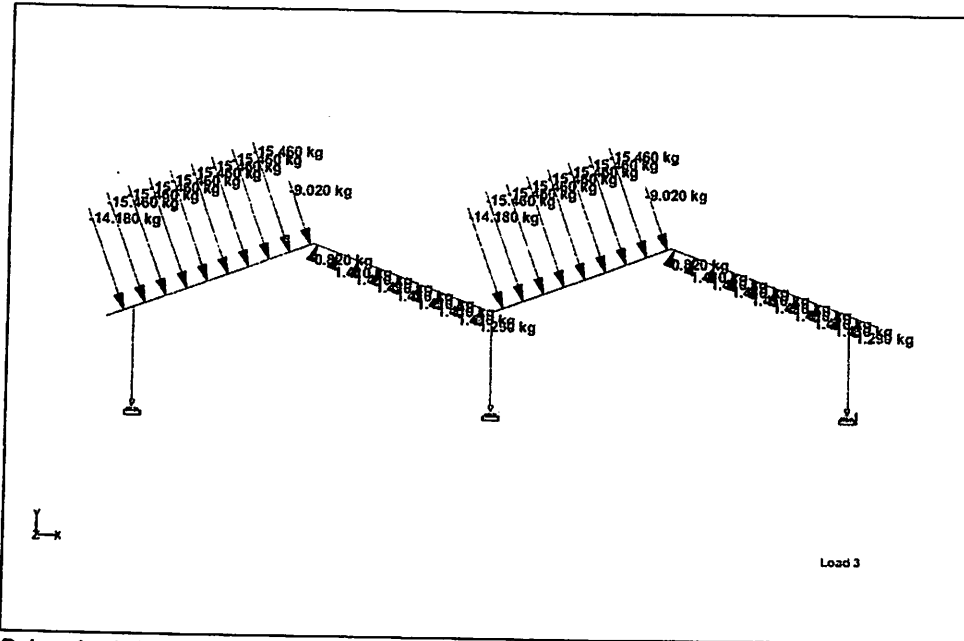
Client

File Structure1.std

Date/Time 25-Aug-2015 19:37



Beban hidup (L)



Beban Angin kiri (W)



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Software licensed to

Job No

Sheet No

5

Rev

Job Title

Part

Ref

By

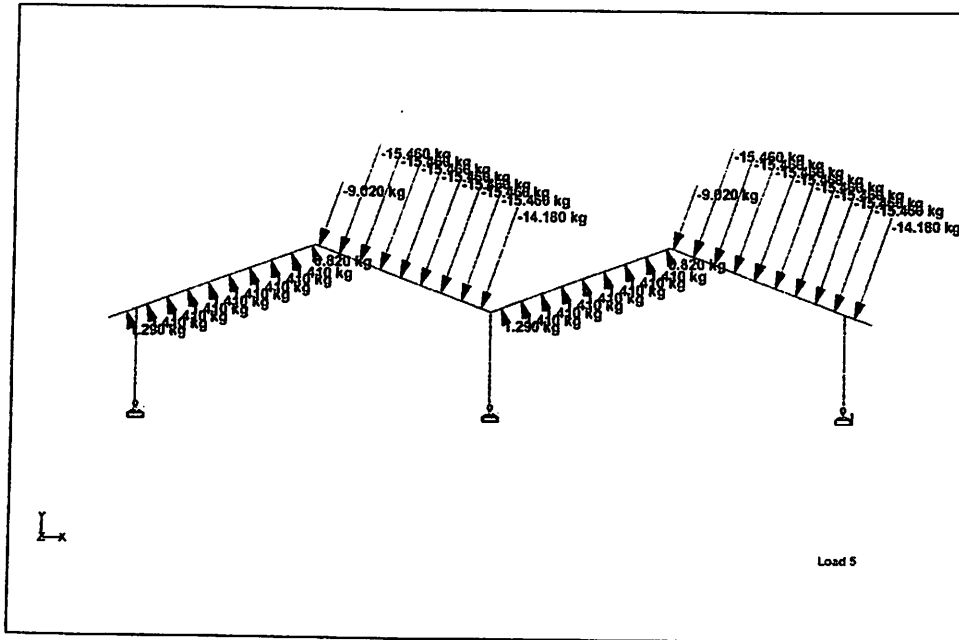
Date 03-Jul-15

Chd

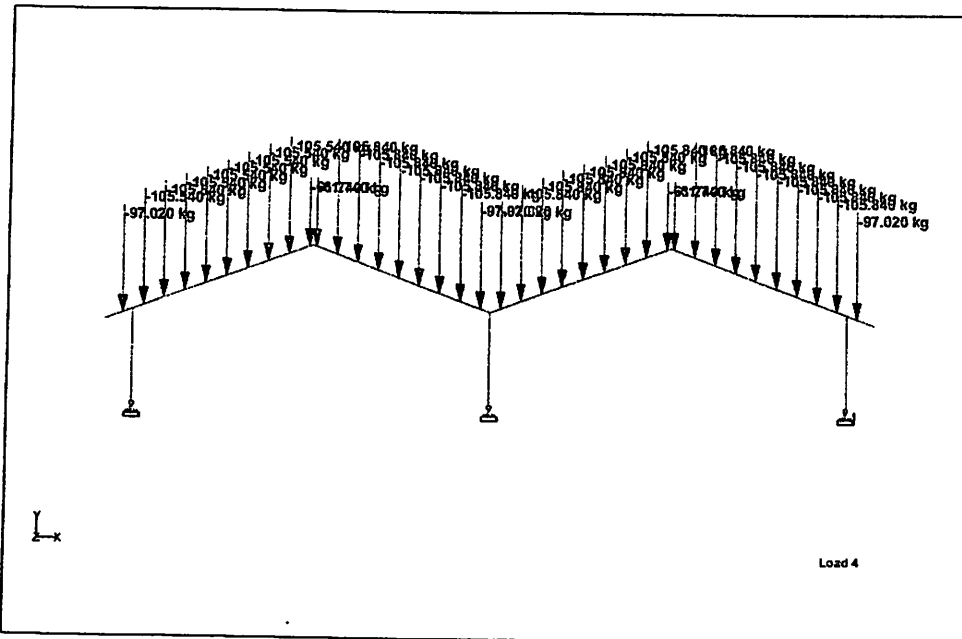
Client

File Structure1.std

Date/Time 25-Aug-2015 19:37



Beban Angin Kanan (W)



Beban Hujan (R)



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Job No	Sheet No 6	Rev
Part		
Ref		
By	Date 03-Jul-15	Chd
Client	File Structure1.std	Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Moments

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kNm)	d (m)	Max Mz (kNm)
1	1	5.000	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-6.570
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-12.465
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.748
				Max +ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-12.924
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-2.189
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-27.828
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-28.189
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-29.658
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-13.598
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-16.535
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-7.136
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-10.073
2	3	5.000	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.000
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.000
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.155
				Max +ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	5.000	0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.017
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-2.155
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.000
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.051
				Max +ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-1.104
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.147
				Max +ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000		



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Software licensed to

Job No	Sheet No 7	Rev
Part		
Ref		
By	Date 03-Jul-15	Chd
Client	File Structure1.std	Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Moments Cont..

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kNm)	d (m)	Max Mz (kNm)
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-2.164
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.155
				Max +ve	0.000	0.000	5.000	-0.000
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-2.155
3	5	10.402	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	6.843
				Max +ve	0.000	0.000	1.734	-7.262
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	10.402	13.522
				Max +ve	0.000	0.000	1.734	-14.069
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	5.201	-2.430
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	10.402	13.459
				Max +ve	0.000	0.000	2.601	-14.215
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000	10.402	2.182
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.252
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	29.847
				Max +ve	0.000	0.000	1.734	-31.225
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	29.413
				Max +ve	0.000	0.000	2.601	-32.463
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	30.836
				Max +ve	0.000	0.000	2.601	-31.207
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	14.276
				Max +ve	0.000	0.000	2.601	-17.846
			10:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	17.123
				Max +ve	0.000	0.000	1.734	-15.531
			11:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	7.547
				Max +ve	0.000	0.000	2.601	-10.738
			12:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	10.393
				Max +ve	0.000	0.000	1.734	-8.475
4	3	10.402	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	15.035
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-6.542
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	28.827
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-12.967
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.779
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.780
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	0.000	29.686
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-12.428
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.624
				Max +ve	0.000	0.000	6.068	-1.533
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	64.165
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-28.599
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	66.929
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-28.125



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Software licensed to

Job No

8

Sheet No

Rev

Part

Job Title

Ref

Client

By

Date: 03-Jul-15

Chd

File

Structure1.std

Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C	d (m)	Max My (kNm)	d (m)	Max Mz (kNm)
					Max -ve	0.000	65.851
			8:KOMBINASI		Max +ve	0.000	-27.862
					Max -ve	0.000	35.664
			9:KOMBINASI		Max +ve	0.000	-14.844
					Max -ve	0.000	33.508
			10:KOMBINAS		Max +ve	0.000	-14.354
					Max -ve	0.000	20.821
			11:KOMBINAS		Max +ve	0.000	-8.630
					Max -ve	0.000	18.665
			12:KOMBINAS		Max +ve	0.000	-8.283
5	7	5.000	1:BEBAN MATI		Max -ve	0.000	6.570
					Max +ve	0.000	-0.000
			2:BEBAN HIDU		Max -ve	0.000	12.465
					Max +ve	0.000	-0.000
			3:BEBAN ANG		Max -ve	0.000	2.189
					Max +ve	0.000	-0.000
			4:BEBAN AIR I		Max -ve	0.000	12.941
					Max +ve	0.000	-0.000
			5:ANGIN TEKA		Max -ve	0.000	-0.000
					Max +ve	0.000	-0.748
			6:KOMBINASI		Max -ve	0.000	27.828
					Max +ve	0.000	-0.000
			7:KOMBINASI		Max -ve	0.000	29.684
					Max +ve	0.000	-0.000
			8:KOMBINASI		Max -ve	0.000	28.215
					Max +ve	0.000	-0.000
			9:KOMBINASI		Max -ve	0.000	16.544
					Max +ve	0.000	-0.000
			10:KOMBINAS		Max -ve	0.000	13.606
					Max +ve	0.000	-0.000
			11:KOMBINAS		Max -ve	0.000	10.073
					Max +ve	0.000	-0.000
			12:KOMBINAS		Max -ve	0.000	7.136
					Max +ve	0.000	-0.000
6	3	10.402	1:BEBAN MATI		Max -ve	0.000	15.035
					Max +ve	0.000	-6.542
			2:BEBAN HIDU		Max -ve	0.000	28.827
					Max +ve	0.000	-12.967
			3:BEBAN ANG		Max -ve	0.000	0.624
					Max +ve	0.000	-1.533
			4:BEBAN AIR I		Max -ve	0.000	29.703
					Max +ve	0.000	-12.453
			5:ANGIN TEKA		Max -ve	0.000	2.779



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Job No	Sheet No 9	Rev
Part		
Ref		
By	Date 03-Jul-15	Chd
Client	File Structure1.std	Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kNm)	d (m)	Max Mz (kNm)
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.780
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	64.165
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-28.599
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	65.878
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-27.901
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	66.956
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-28.165
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	33.517
				Max +ve	0.000	0.000	9.535	-14.365
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	35.672
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-14.857
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	18.665
				Max +ve	0.000	0.000	9.535	-8.283
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	20.821
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-8.630
7	9	10.402	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	6.843
				Max +ve	0.000	0.000	1.734	-7.262
			2:BEBAN HIDU	Max -ve	0.000	0.000	10.402	13.522
				Max +ve	0.000	0.000	1.734	-14.069
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	10.402	2.182
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.252
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	10.402	13.475
				Max +ve	0.000	0.000	2.601	-14.252
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	5.201	-2.430
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	29.847
				Max +ve	0.000	0.000	1.734	-31.225
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	30.863
				Max +ve	0.000	0.000	2.601	-31.267
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	29.439
				Max +ve	0.000	0.000	2.601	-32.523
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	10.402	17.131
				Max +ve	0.000	0.000	1.734	-15.548
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	10.402	14.284
				Max +ve	0.000	0.000	2.601	-17.864
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	10.402	10.393
				Max +ve	0.000	0.000	1.734	-8.475
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	10.402	7.547
				Max +ve	0.000	0.000	2.601	-10.738
8	1	1.596	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.273
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			2:BEBAN HIDU	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.057
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000



Software licensed to
Randi Agustha M.M.T "11.21.085"

Job No
10

Sheet No
10

Rev

Job Title

Client
Part
Rtd
By
Date: 03-Jun-15
CND
File: Structure1.sld
Date/Time: 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	LC		d (m)	Max My (kNm)	d (m)	Max Mz (kNm)
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.083
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			4:BEBAN AIR 1	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.534
				Max +ve	0.000	0.000	1.330	-0.000
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.008
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.019
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.224
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.179
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.678
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			10:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.587
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			11:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.411
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			12:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.320
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
9	7	1.596	1:BEBAN MATTI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.273
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.057
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.000
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	1.064	0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.008
			4:BEBAN AIR 1	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.534
				Max +ve	0.000	0.000	1.330	-0.000
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.083
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.019
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.179
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.224
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.587
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			10:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.678
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			11:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.320
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000
			12:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.411



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Software licensed to

Job No

Sheet No

11

Rev

Job Title

Part

Ref

By

Date 03-Jul-15

Chd

Client

File Structure1.std

Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Moments Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kNm)	d (m)	Max Mz (kNm)
				Max +ve	0.000	0.000	1.463	-0.000

Beam Maximum Shear Forces

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fz (kN)	d (m)	Max Fy (kN)
1	1	5.000	1: BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-1.314
			2: BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-2.493
			3: BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.150
				Max +ve	0.000	0.000		
			4: BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-2.585
			5: ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.438
			6: KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-5.566
7: KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000					
	Max +ve	0.000	0.000	0.000	-5.638			
8: KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000					
	Max +ve	0.000	0.000	0.000	-5.932			
9: KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000					
	Max +ve	0.000	0.000	0.000	-2.720			
10: KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000					
	Max +ve	0.000	0.000	0.000	-3.307			
11: KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000					
	Max +ve	0.000	0.000	0.000	-1.427			
12: KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000					
	Max +ve	0.000	0.000	0.000	-2.015			
2	3	5.000	1: BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.000
			2: BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.000
			3: BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.431
				Max +ve	0.000	0.000		
			4: BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.003
			5: ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.431
			6: KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.000



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Software licensed to

Job No

Sheet No

12

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date: 03-Jul-15

Chd

Client

File Structure: 1.sid

Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Shear Forces Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fz (kN)	d (m)	Max Fy (kN)
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.210
				Max +ve	0.000	0.000		
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.221
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.429
				Max +ve	0.000	0.000		
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.433
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.431
				Max +ve	0.000	0.000		
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.431
3	5	10.402	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.844
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-3.342
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.588
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-6.374
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.636
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.666
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.661
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-6.688
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.293
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	3.554
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-14.208
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	3.989
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-15.045
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	3.524
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-14.799
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.479
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-8.021
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.550
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-7.529
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.648
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-4.677
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.720
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-4.185
4	3	10.402	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	4.112
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.055
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	7.845
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.117
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.401
				Max +ve	0.000	0.000		
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	0.000	8.184



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Software licensed to

Job No

Sheet No

13

Rev

Job Title

Part

Client

Ref

By

Date: 03-Jul-15

Ord

File

Structure1.sld

Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Shear Forces Cont..

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fz (kN)	d (m)	Max Fy (kN)
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.107
			5:ANGIN TEK	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.727
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.562
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	17.487
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.253
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	18.170
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.036
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	18.392
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.518
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	9.310
				Max +ve	0.000	0.000		
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	9.754
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.681
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	5.218
				Max +ve	0.000	0.000		
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	5.662
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.628
5	7	5.000	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.314
				Max +ve	0.000	0.000		
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.493
				Max +ve	0.000	0.000		
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.438
				Max +ve	0.000	0.000		
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.588
				Max +ve	0.000	0.000		
			5:ANGIN TEK	Max -ve	0.000	0.000	0.000	
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	-0.150
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	5.566
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	5.937
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	5.643
				Max +ve	0.000	0.000		
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	3.309
				Max +ve	0.000	0.000		
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.721
				Max +ve	0.000	0.000		
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.015
				Max +ve	0.000	0.000		
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.427
				Max +ve	0.000	0.000		
6	3	10.402	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	4.112
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.055



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Job No

Sheet No

14

Rev

Software licensed to

Part

Job Title

Ref

By

Date 03-Jul-15

Chd

Client

File Structure1.std

Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Shear Forces Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fz (kN)	d (m)	Max Fy (kN)
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	7.845
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.117
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.727
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.562
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	0.000	8.188
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.103
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000	10.402	0.401
				Max +ve	0.000	0.000		
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	17.487
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.253
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	18.399
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.511
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	18.177
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.030
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	9.756
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.679
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	9.312
				Max +ve	0.000	0.000		
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	5.662
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.628
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	5.218
				Max +ve	0.000	0.000		
7	9	10.402	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.844
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-3.342
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.588
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-6.374
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.293
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.668
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-6.704
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.636
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-0.666
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	3.554
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-14.208
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	3.534
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-14.824
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	3.999
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-15.070
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.553
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-7.537
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.482
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-8.029
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.720



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Job No	Sheet No	Rev
	15	
Part		
Ref		
By	Date 03-Jul-15	Chd
Client	File Structure1.std	Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Shear Forces Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fz (kN)	d (m)	Max Fy (kN)
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-4.185
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.648
				Max +ve	0.000	0.000	10.402	-4.677
8	1	1.596	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.457
				Max +ve	0.000	0.000		
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.769
				Max +ve	0.000	0.000		
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.139
				Max +ve	0.000	0.000	0.665	0.000
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.894
				Max +ve	0.000	0.000		
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000	0.665	0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.013
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	3.379
				Max +ve	0.000	0.000		
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.048
				Max +ve	0.000	0.000		
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.972
				Max +ve	0.000	0.000		
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.134
				Max +ve	0.000	0.000		
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.983
				Max +ve	0.000	0.000		
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.687
				Max +ve	0.000	0.000		
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.536
				Max +ve	0.000	0.000		
9	7	1.596	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.457
				Max +ve	0.000	0.000		
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.769
				Max +ve	0.000	0.000		
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.665	0.000
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-0.013
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.894
				Max +ve	0.000	0.000		
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.139
				Max +ve	0.000	0.000	0.665	0.000
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	3.379
				Max +ve	0.000	0.000		
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.972
				Max +ve	0.000	0.000		
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.048
				Max +ve	0.000	0.000		



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Job No	Sheet No 16	Rev
Part		
Ref		
By	Date 03-Jul-15	Chd
Client	File Structure1.std	Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Shear Forces Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fz (kN)	d (m)	Max Fy (kN)
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.983
				Max +ve	0.000	0.000		
			10:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.134
				Max +ve	0.000	0.000		
			11:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.536
				Max +ve	0.000	0.000		
			12:KOMBINASI	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.687
				Max +ve	0.000	0.000		

Beam Maximum Axial Forces

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fx (kN)
1	1	5.000	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	4.521
				Max +ve		
			2:BEBAN HIDU	Max -ve	0.000	9.573
				Max +ve		
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.802
				Max +ve		
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	9.010
				Max +ve		
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.331
				Max +ve		
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	20.742
				Max +ve		
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	20.242
				Max +ve		
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	20.006
				Max +ve		
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	10.732
				Max +ve		
			10:KOMBINASI	Max -ve	0.000	10.262
				Max +ve		
			11:KOMBINASI	Max -ve	0.000	6.227
				Max +ve		
			12:KOMBINASI	Max -ve	0.000	5.757
				Max +ve		
2	3	5.000	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	9.709
				Max +ve		
			2:BEBAN HIDU	Max -ve	0.000	18.512
				Max +ve		
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	1.197



Beam Maximum Axial Forces Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fx (kN)
				Max +ve		
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	19.305
				Max +ve		
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	1.197
				Max +ve		
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	41.270
				Max +ve		
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	43.137
				Max +ve		
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	43.137
				Max +ve		
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	22.501
				Max +ve		
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	22.501
				Max +ve		
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	12.848
				Max +ve		
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	12.848
				Max +ve		
3	5	10.402	1:BEBAN MATI	Max -ve	10.402	2.615
				Max +ve		
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	10.402	4.973
				Max +ve		
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.134
				Max +ve		
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	10.402	5.185
				Max +ve		
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.525
				Max +ve		
			6:KOMBINASI	Max -ve	10.402	11.094
				Max +ve		
			7:KOMBINASI	Max -ve	10.402	11.501
				Max +ve		
			8:KOMBINASI	Max -ve	10.402	11.696
				Max +ve		
			9:KOMBINASI	Max -ve	10.402	5.864
				Max +ve		
			10:KOMBINAS	Max -ve	10.402	6.255
				Max +ve		
			11:KOMBINAS	Max -ve	10.402	3.271
				Max +ve		
			12:KOMBINAS	Max -ve	10.402	3.663
				Max +ve		



Randi Augusta M.M.T "11.21.085"

Software licensed to

Job No	Sheet No 18	Rev
Part		
Ref		
By	Date 03-Jul-15	Chd
Client	File Structure1.std	Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Axial Forces Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fx (kN)
4	3	10.402	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	2.895
				Max +ve		
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	5.508
				Max +ve		
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.511
				Max +ve		
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	5.729
				Max +ve		
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.214
				Max +ve		
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	12.287
				Max +ve		
7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	12.897			
	Max +ve					
8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	12.748			
	Max +ve					
9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	6.850			
	Max +ve					
10:KOMBINASI	Max -ve	0.000	6.552			
	Max +ve					
11:KOMBINASI	Max -ve	0.000	3.985			
	Max +ve					
12:KOMBINASI	Max -ve	0.000	3.688			
	Max +ve					
5	7	5.000	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	4.521
				Max +ve		
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	9.573
				Max +ve		
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.331
				Max +ve		
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	9.028
				Max +ve		
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.802
				Max +ve		
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	20.742
				Max +ve		
7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	20.035			
	Max +ve					
8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	20.271			
	Max +ve					
9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	10.271			
	Max +ve					
10:KOMBINASI	Max -ve	0.000	10.741			
	Max +ve					



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Job No	Sheet No	Rev
	19	
Part		
Ref		
By	Date	Chd
	03-Jul-15	
File Structure1.std		Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Software licensed to

Job Title

Client

Beam Maximum Axial Forces Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fx (kN)
				Max +ve		
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	5.757
				Max +ve		
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	6.227
				Max +ve		
6	3	10.402	1:BEBAN MATI	Max -ve	0.000	2.895
				Max +ve		
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	5.508
				Max +ve		
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.214
				Max +ve		
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	0.000	5.734
				Max +ve		
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.511
				Max +ve		
			6:KOMBINASI	Max -ve	0.000	12.287
				Max +ve		
			7:KOMBINASI	Max -ve	0.000	12.756
				Max +ve		
			8:KOMBINASI	Max -ve	0.000	12.905
				Max +ve		
			9:KOMBINASI	Max -ve	0.000	6.555
				Max +ve		
			10:KOMBINAS	Max -ve	0.000	6.852
				Max +ve		
			11:KOMBINAS	Max -ve	0.000	3.688
				Max +ve		
			12:KOMBINAS	Max -ve	0.000	3.985
				Max +ve		
7	9	10.402	1:BEBAN MATI	Max -ve	10.402	2.615
				Max +ve		
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	10.402	4.973
				Max +ve		
			3:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.525
				Max +ve		
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	10.402	5.194
				Max +ve		
			5:ANGIN TEKA	Max -ve	0.000	0.134
				Max +ve		
			6:KOMBINASI	Max -ve	10.402	11.094
				Max +ve		
			7:KOMBINASI	Max -ve	10.402	11.711
				Max +ve		



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Job No	Sheet No	Rev
	20	
Part		
Ref		
By	Date 03-Jul-15	Chd
File Structure1.sld		Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Software licensed to

Job Title

Client

Beam Maximum Axial Forces Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fx (kN)
			8:KOMBINASI	Max -ve	10.402	11.516
				Max +ve		
			9:KOMBINASI	Max -ve	10.402	6.260
				Max +ve		
			10:KOMBINASI	Max -ve	10.402	5.869
				Max +ve		
			11:KOMBINASI	Max -ve	10.402	3.663
				Max +ve		
			12:KOMBINASI	Max -ve	10.402	3.271
				Max +ve		
8	1	1.596	1:BEBAN MATI	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.166
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	-0.644
			3:BEBAN ANG	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.000
			4:BEBAN AIR I	Max -ve	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	-0.325
			5:ANGIN TEKA	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.000
			6:KOMBINASI	Max -ve	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	-1.230
			7:KOMBINASI	Max -ve	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	-0.720
			8:KOMBINASI	Max -ve	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	-0.720
			9:KOMBINASI	Max -ve	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	-0.362
			10:KOMBINASI	Max -ve	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	-0.362
			11:KOMBINASI	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.199
			12:KOMBINASI	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.199
9	7	1.596	1:BEBAN MATI	Max -ve	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	-0.166
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	-0.644
			3:BEBAN ANG	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.000
			4:BEBAN AIR I	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.325
			5:ANGIN TEKA	Max -ve		



Randi Agusta M.M.T "11.21.085"

Job No	Sheet No 21	Rev
Part		
Ref		
By	Date 03-Jul-15	Chd
Client	File Structure1.std	Date/Time 25-Aug-2015 19:37

Beam Maximum Axial Forces Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fx (kN)
				Max +ve	0.000	-0.000
			6:KOMBINASI	Max -ve	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	-1.230
			7:KOMBINASI	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.720
			8:KOMBINASI	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.720
			9:KOMBINASI	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.362
			10:KOMBINASI	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.362
			11:KOMBINASI	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-0.199
			12:KOMBINASI	Max -ve	1.596	0.000
				Max +ve	0.000	-0.199

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.