

SKRIPSI

**PERENCANAAN SAMBUNGAN PADA PORTAL BAJA GEDUNG
KANTOR STIKES KEPANJEN DENGAN METODE LRFD**



Ditulis Oleh:

**QUICO ADELINO JUNIOR
12 21 005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL-S-1
FACULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL SEMARANG
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**“PERENCANAAN SAMBUNGAN PADA PORTAL BAJA GEDUNG KANTOR
STIKES KEPANJEN DENGAN METODE LRFD”**

SKRIPSI

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi
Jenjang Strata Satu (S-1)
Pada Hari : Senin, 18 Juli 2016
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

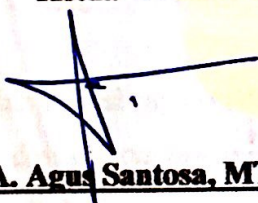
Disusun Oleh :

Quico Adelino Junior

12 21 005

Disahkan Oleh :

Ketua



Ir. A. Agus Santosa, MT

Sekretaris



Ir. Munasih, MT

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



Ir. Bambang Wedyantadi, MT

Dosen Penguji II



Ir. Ester Priskasari, MT

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

2017

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PERENCANAAN SAMBUNGAN PADA PORTAL BAJA GEDUNG
KANTOR STIKES KEPANJEN DENGAN METODE LRFD**

*Disusun dan Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik S-1 Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Malang*

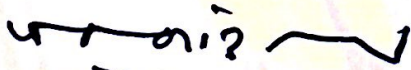
Disusun Oleh:

QUICO ADELINO JUNIOR

12 21 005

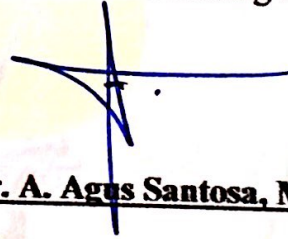
Menyetujui:

Dosen Pembimbing I



Ir. H. Sudirman Indra , Msc

Dosen Pembimbing II



Ir. A. Agus Santosa, MT

Mengetahui:



**Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1 ITN Malang**

Ir. A. Agus Santosa, MT

ABSTRAKSI

“PERENCANAAN SAMBUNGAN PADA PORTAL BAJA GEDUNG KANTOR PUSAT STIKES KEPANJEN DENGAN METODE LRFD”. Oleh : Quico Adelino Junior (Nim : 12.21.005), Pembimbing I : Ir. H. Sudirman Indra, Msc, (II) Ir. Agus Santosa , MT. Program studi Teknik Sipil S-1 , Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

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

Dalam pelaksanaan konstruksi baja sering dijumpai digunakan untuk kolom dan balok pada bangunan bertingkat, system penyangga atap, hanggar, jembatan, menara, antenna, serta berbagai konstruksi sipil lainnya. Terlepas dari semua kekurangan dan kelebihan, struktur baja sangat cocok digunakan pada elemen – elemen truss, seperti kuda – kuda atap, menara antenna maupun struktur jembatan truss.

Dalam hal ini merencanakan kostruksi portal baja menggunakan baja WF pada balok dan kolom dapat direncanakan dengan seeficien mungkin, dalam perkembangan konstruksi saat ini selalu dituntut persaingan dalam banyak hal, termasuk didalamnya adalah pemilihan jenis material yang digunakan.

Pada desain penampang kolom dan balok WF dengan menggunakan metode LRFD merupakan metode desain yang diberikannya faktor beban dan faktor reduksi untuk memperoleh desain yang aman dan ekonomis. Selain itu juga dapat mengetahui jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan kolom dan balok baja WF.

Metodologi yang digunakan adalah studi pustaka dan perencanaan struktur baja, kemudian dengan analisa pembebanan yang telah dihitung dianalisa dengan program bantu STAAD PRO 2007 V8i untuk mendapatkan nilai-nilai momen (M), gaya lintang (D), dan gaya normal (N). Sehingga menghasilkan perhitungan struktur dan gambar perencanaan.

Dari hasil perencanaan tersebut, profil baja yang digunakan untuk kolom adalah 400 x 400 x 21 x 13 , dan untuk balok digunakan baja WF dengan ukuran 400 x 200 x 13 x 8, dan alat penyambung yang diggunakan untuk menyambungkan balok dan kolom maupun kolom dengan kolom yaitu las type E70 dan baut mutu tinggi A325.

Kata kunci : Sambungan pada balok-kolom dan sambungan pada kolom-kolom

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia –Nya, sehingga **Penyusunan Laporan Proposal skripsi “PERENCANAAN SAMBUNGAN PADA PORTAL BAJA GEDUNG KANTOR PUSAT STIKES KEPANJEN DENGAN METODE LRFD”** ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penyusunan Proposal skripsi ini melalui berbagai tahap, baik melalui pembahasan intensif oleh dosen mata kuliah yang bersangkutan maupun teori dari berbagai literature. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu diantaranya:

1. Bapak Ir.H. Sudirman Indra, MS, selaku Dosen Pembimbing I dan Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
2. Bapak Ir.A.Agus Santosa, MT selaku Dosen Pembimbing II dan Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
3. Seluruh rekan – rekan mahasiswa Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang
4. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam penyelesaian laporan ini.

Akhirnya tiada usaha yang besar akan berhasil tanpa dimulai dari usaha yang kecil. sebagai penanggung jawab, penulis sangat mengharapkan kritik, saran dan masukan untuk perbaikan serta penyempurnaan lebih lanjut. semoga tugas perancangan ini bermanfaat bagi seluruh pembaca pada umumnya.

Malang, 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR ASISTENSI.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Maksud dan tujuan.....	3
1.4 Pembatas masalah.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Pengertian baja.....	5
2.1.1 Sifat mekanis baja.....	5
2.2 Beban – beban yang bekerja pada konstruksi.....	6
2.2.1 Beban Mati.....	7
2.2.2 Beban hidup.....	8
2.2.3 Beban angin.....	9
2.2.4 Beban air hujan.....	9
2.3 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa.....	10
2.3.1 Pengertian daktilitas	11
2.3.2 Pengertian Sistem Rangka pemikul Momen (SRPM).....	12
2.3.3 Wilayah gempa.....	13
2.3.4 Pengaruh Arah Pembebanan Gempa.....	16
2.3.5 Kategori resiko bangunan gedung dan faktor keutamaan gempa.....	18
2.3.6 Kategori desain seismik.....	20
2.3.7 Parameter sistem struktur penahan gaya seismik.....	21
2.4 Periode Alami struktur.....	22

2.4.1 Perhitungan koefisien Respons Seismik.....	24
2.5 Respons Spektra.....	25
2.5.1 Koefisien – koefisien situs dan parameter-parameter respons spektra percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCE_R).....	26
2.5.2 Parameter percepatan spektra.....	28
2.6 Gaya Dasar Seismik.....	30
2.7 Simpangan antar lantai.....	30
2.8 Teori Load resistance and factor design (LRFD) struktur baja.....	31
2.8.1 Faktor reduksi	32
2.8.2 Kombinasi Dasar LRFD (Load resistance and factor design).....	33
2.9 Batang lentur.....	34
2.10 Baja profil WF (Wide Flange).....	37
2.11 Perencanaan sambungan.....	37
2.11.1 Sambungan lewatan (Splice Connection).....	43
2.12 Plat Landasan (Base Plate).....	43

BAB III DATA PERENCANAAN

3.1 Data perencanaan.....	48
3.1.1 Data teknis bangunan.....	48
3.1.2 Data Pembebanan.....	48
3.2 Diagram Alur (flow chart).....	50

BAB IV PERHITUNGAN PEMBEBANAN DAN STATIKA KONSTRUKSI

4.1 Gambar perencanaan.....	52
4.2 Perhitungan perataan beban.....	54
4.3 Perhitungan pembebanan.....	60
4.4 Penentuan Kategori Desain Seismik (KDS).....	66
4.4.1 Menentukan Nilai S_s dan S_1	66
4.5 Menentukan Kategori resiko Gedung.....	68
4.6 Menentukan kategori resiko desain seismik (KDS).....	71
4.7 Menentukan Spektrum respons percepatan desain.....	73
4.7.1 Penentuan nilai T_0 dan T_s	73
4.7.2 Penentuan nilai S_a	73

4.8 Perhitungan pusat massa(center of Gravity).....	75
4.9 Perhitungan Geser desain seismik.....	
4.9.1 Menentukan perkiraan perioda fundamental alami.....	81
4.10 Menghitung Gaya gempa lateral F_x	81
4.11 Perhitungan momen portal frame.....	84
4.12 Perencanaan profil WF balok dan kolom pada portal melintang.....	86
4.12.1 Perencanaan profil Balok WF.....	86
4.12.2 Perhitungan lendutan pada balok.....	87
4.12.3 Perencanaan profil kolom WF.....	88
4.13 Perencanaan profil WF balok dan kolom pada portal memanjang.....	89
4.13.1 Perencanaan profil Balok WF.....	92
4.13.2 Perhitungan lendutan pada balok.....	93
4.13.3 Perencanaan profil kolom WF.....	94
4.14 Perencanaan sambungan.....	94
4.14.1 Perencanaan sambungan pada portal melintang.....	98
	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	
5.2 Saran.....	116
	117
DAFTAR PUSTAKA.....	
LAMPIRAN.....	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Perencanaan struktur dapat didefinisikan sebagai campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang dikombinasikan dengan intuisi seorang ahli struktur mengenai perilaku struktur dengan dasar-dasar pengetahuan dalam statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisis struktur, untuk menghasilkan suatu struktur yang ekonomis dan aman, selama masa layannya.

Tujuan dari perencanaan struktur menurut tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 1727:2013) adalah menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, mampu layan, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti ekonomi dan kemudahan pelaksanaan. Suatu struktur disebut stabil jika tidak mudah terguling, miring, atau tergeser selama umur rencana bangunan. Resiko terhadap kegagalan struktur dan hilangnya kemampulayanan selama umur rencananya juga harus diminimalisir dalam batas-batas yang masih dapat diterima. Suatu struktur yang awet semestinya tidak memerlukan biaya perawatan yang berlebihan selama umur layannya.

Perencanaan adalah sebuah proses untuk mendapatkan suatu hasil yang optimum. Suatu struktur dikatakan optimum apabila memenuhi kriteria-kriteria berikut:

-) Biaya minimum
-) Berat minimum
-) Waktu konstruksi minimum
-) Tenaga kerja minimum

-) Biaya manufaktur minimum
-) Manfaat maksimum sepanjang masa layan

Pada suatu konstruksi bangunan, tidak terlepas dari elemen-elemen seperti balok, kolom pelat maupun kolom balok, baik itu yang terbuat dari baja, kayu maupun beton, pada tempat tempat tertentu harus disambung. Hal ini dikarenakan keterbatasan penyediaan material di pasaran dan juga berhubungan dengan kemudahan pemasangan di lapangan. Khusus untuk konstruksi yang terbuat dari bahan beton, boleh jadi sambungan bukan merupakan suatu hal yang perlu dipermasalahkan, karena pada konstruksi beton struktur secara keseluruhan adalah bersifat monolit (menyatu secara kaku). Lain halnya dengan konstruksi yang terbuat dari baja maupun kayu, sambungan merupakan suatu hal yang perlu mendapat perhatian serius yang matang karena pada konstruksi baja maupun kayu, k elemen-elemen struktur yang disambung tidak dapat bersifat monolit seperti konstruksi beton.

Pada umumnya sambungan berfungsi untuk memindahkan gaya-gaya yang bekerja pada elemen-elemen struktur yang disambung. Sambungan dibuat karena keterbatasan bahan yang tersedia di pasaran dan juga untuk kemudahan pemasangan dilapangan serta kemudahan dalam hal pengangkutan.

Alat-alat sambung yang biasa digunakan pada konstruksi baja adalah:

1. Sambungan dengan paku keliling (*rivel*)
2. Sambungan dengan baut (*bolt*)
3. Sambungan dengan las (*welding*)

Oleh karena itu pada tugas proposal skripsi ini perencanaan sambungan akan memakai sambungan baut.

Bahan baja sebagai bahan bangunan, diproduksi di pabrik dalam bentuk ukuran dan panjang yang tertentu sesuai dengan standar yang dilakukan. Oleh karena itu tidaklah mungkin membangun suatu konstruksi secara monolit akan tetapi terpaksa dibangun dari elemen-elemen yang disambung satu persatu di lapangan dengan menggunakan salah satu alat-alat penyambung seperti baut.

B. Rumusan masalah

1. Berapa dimensi profil baja WF kolom dan balok yang harus digunakan pada bangunan gedung kantor STIKES Kepanjen?
2. Berapa jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan kolom dan balok baja WF?

C. Maksud dan tujuan

Penulisan skripsi ini adalah untuk membahas mengenai perencanaan sambungan pada portal baja gedung kantor pusat stikes kepanjen dengan metode LRFD..

Adapun tujuannya adalah untuk:

1. Mengetahui dimensi profil baja WF yang digunakan untuk kolom dan balok pada gedung kantor STIKES kepanjen .
2. Mengetahui jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan kolom dan balok WF.

D. Pembatas masalah

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

1. Mengetahui dimensi profil baja WF yang digunakan untuk kolom dan balok pada gedung kantor STIKES kepanjen .
2. Mengetahui jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan kolom dan balok WF.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian baja

Baja merupakan salah satu bahan bangunan yang unsur utamanya terdiri dari besi. Baja ditemukan ketika dilakukan penempaan dan pemanasan yang menyebabkan tercampurnya besi dengan bahan karbon pada proses pembakaran, sehingga membentuk baja yang mempunyai kekuatan yang lebih besar dari pada besi.

2.1.1 Sifat Mekanis Baja

Berikut merupakan sifat – sifat mekanis baja sktruktural :

-) Modulus Elastisitas, E = 200.000 MPa
-) Modulus Geser, G = 80.000 MPa
-) Angka Poisson (μ) = 0,30
-) Koefesien Muai Panjang, α = $12 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

Catatan : 1 Mpa = 10 kg/cm²

Sumber :ASTM A36

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

Tabel 2.1 Jenis Baja

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 :SNI 03-1729-2002

2.2 Beban – Beban yang bekerja pada konstruksi

Beban adalah gaya yang bekerja pada suatu struktur, penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang sangat sulit. Dan pada umumnya penentuan besarnya beban yang merupakan suatu estimasi. Meskipun beban yang bekerja pada suatu lokasi dari struktur dapat diketahui secara pasti, namun distribusi beban yang bekerja pada suatu lokasi dari elemen ke elemen, dalam suatu struktur umumnya memerlukan suatu asumsi dan pendekatan. Jika beban – beban yang bekerja pada suatu struktur telah diestimasi, maka masalah berikutnya adalah menentukan kombinasi – kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada struktur tersebut. Besar beban – beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku.

Beban-beban pada struktur bangunan bertingkat, menurut arah bekerjanya dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Beban Vertikal (*Gravitasi*).
 -) Beban Mati (*Dead Load*).
 -) Beban Hidup (*Live Load*).
 -) Beban Air Hujan.
2. Horizontal (*Lateral*).
 -) Beban Gempa (*Earthquake*).
 -) Beban Angin (*Wind Load*).
 -) Tekanan Tanah dan Air Tanah.

Pada perencanaan konstruksi bangunan bertingkat ini, beban-beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup, beban air hujan pada atap, beban angin pada atap, dan beban gempa.

2.2.1 Beban Mati

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. (*SNI 1727:2013, Pasal 3*)

Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung

Bahan bangunan	Berat
Baja	7850 kg/m ³
Beton murni	2200 kg/m ³

Beton bertulang	2400 kg/m ³
Kau (kelas I)	1000 kg/m ³
Pasir (kering udara)	1600 kg/m ³

Komponen gedung

Spesi dari semen, per cm tebal	21 kg/m ²
Dinding bata merah ½ batu	250 kg/m ²
Penutup atap genteng	50 kg/m ²
Penutup lantai ubin semen per cm tebal	24 kg/m ²

2.2.2 Beban Hidup

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. (*SNI 1727:2013, Pasal 4*)

Beban hidup pada lantai gedung

Kegunaan bangunan	Berat
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125 kg/m ²
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, Hotel, asrama, dan rumah sakit.	250 kg/m ²
Lantai ruang olahraga	400 kg/m ²
Lantai pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, Toko buku, ruang mesin, dan lain-lain.	400 kg/m ²
Lantai gedung parkir bertingkat, untuk lantai bawah	800 kg/m ²

2.2.3 Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada bangunan atau bagiannya karena adanya selisih tekanan udara (hembusan angin kencang). Beban angin ini ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan angin), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang bangunan yang ditinjau. Besarnya tekanan tiup harus diambil minimum sebesar 25 kg/m^2 , kecuali untuk bangunan-bangunan berikut:

1. Tekanan tiup di tepi laut hingga 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2 .
2. Untuk bangunan di daerah lain yang kemungkinan tekanan tiupnya lebih dari 40 kg/m^2 , harus diambil sebesar $p = V^2/16 \text{ (kg/m}^2\text{)}$, dengan V adalah kecepatan angin dalam m/s.
3. Untuk cerobong, tekanan tiup dalam kg/m^2 ditentukan dengan rumus $(42,5 + 0,6h)$, dengan h adalah tinggi cerobong seluruhnya dalam meter.

Nilai tekanan tiup angin yang diperoleh dari hitungan di atas harus dikalikan dengan suatu koefisien angin, untuk mendapatkan gaya resultan yang bekerja pada bidang kontak tersebut.

2.2.4 Beban Air Hujan

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.

$$R = 0,0098(ds+dh) \quad (\text{kg/m}^2) \quad (2.2.5-1)$$

Dimana : R = Beban air hujan pada atap yang tidak melendut,dalam (kN/m^2).

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

dh = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolis), dalam (mm).

2.3 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, diperlukan standar dan peraturan-peraturan perencanaan bangunan untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi serta menghindari dan meminimalisasi kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa terhadap gempa bumi yang sering terjadi. Oleh karena itu, struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang cukup untuk mencegah terjadinya keruntuhan bangunan. Filosofi dan konsep dasar perencanaan bangunan tahan gempa adalah:

1. Pada saat terjadi gempa ringan, struktur bangunan dan fungsi bangunan harus dapat tetap berjalan (*servicable*) sehingga struktur harus kuat dan tidak ada kerusakan baik pada elemen struktural dan elemen nonstruktural bangunan.
2. Pada saat terjadi gempa sedang, struktur diperbolehkan mengalami kerusakan pada elemen nonstruktural, tetapi tidak diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural.
3. Pada saat terjadi gempa besar, diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural dan nonstruktural, namun tidak boleh sampai menyebabkan bangunan runtuh sehingga tidak ada korban jiwa atau

dapat meminimalkan jumlah korban jiwa.

Struktur yang direncanakan diharapkan mampu bertahan oleh beban bolak-balik memasuki perilaku inelastik tanpa mengurangi kekuatan yang berarti. Karena itu, selisih energi beban gempa harus mampu disebarkan dan diserap oleh struktur yang bersangkutan dalam bentuk kemampuan berdeformasi secara inelastis. Kemampuan ini yang disebut sebagai kemampuan daktilitas struktur.

2.3.1 Pengertian Daktilitas

Pengertian daktilitas secara umum dapat diartikan sebagai kemampuan suatu elemen struktur untuk berdeformasi baik rotasi ataupun translasi pada saat menyerap energi dari luar sistem tanpa mengalami kegagalan/putus. Untuk lebih jelasnya, daktilitas akan diuraikan pada poin di bawah ini:

a) Daktilitas material

Adalah kemampuan suatu material baik baja, beton, maupun kayu dalam mengembangkan regangannya dari pertama kali leleh hingga akhirnya putus. Atau, daktilitas bisa juga kita artikan seberapa plastis material tersebut. Semakin panjang kemampuannya meregang setelah melewati batas elastisitasnya (plastis), maka semakin daktil material tersebut.

b) Daktilitas struktur

Juga dapat diartikan sebagai kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan.

Daktilitas inilah yang menjadi dasar dari perencanaan bangunan tahan gempa. Lebih tepatnya adalah, sambungan balok ke kolom inilah yang direncanakan sebagai elemen struktur yang

mengalami leleh (kondisi plastis) ketika struktur balok menyerap beban gempa. Semakin daktail suatu struktur, maka kuat ultimate dari struktur tersebut semakin tinggi dan kemampuan berdeformasinya semakin besar.

Namun yang perlu diperhatikan adalah, seberapa besar kemampuan struktur tersebut dalam memikul beban tambahan setelah mengalami leleh dan akhirnya putus. Struktur tahan gempa yang baik adalah struktur dengan kemampuan daktilitas yang tinggi agar dapat memberikan tanda-tanda kerusakan ketika gempa terjadi sehingga tersedia banyak waktu untuk menyelamatkan diri sebelum akhirnya keruntuhan terjadi. Maka dari itulah struktur balok direncanakan agar mengalami leleh sesuai konsep *weak beam strong column*.

Perencanaan bangunan gedung pada tugas akhir ini adalah struktur diharapkan mampu berperilaku daktail dengan tingkat daktilitas penuh ($\mu_m = 5,2$), oleh karena itu struktur direncanakan terhadap beban siklis gempa kuat sedemikian rupa dengan pendetailan khusus sehingga mampu menjamin terbentuknya sendi-sendi plastis dengan kapasitas pemencaran energi yang diperlukan. Untuk mendapatkan suatu struktur yang mampu berperilaku daktail dengan daktilitas penuh, maka dalam skripsi ini perencanaan struktur gedung “Hotel Harvest Kota Batu” direncanakan dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen (SRPM).

2.3.2 Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Yang dimaksud dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menurut buku “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa” oleh Prof. Ir. Rachmat Purwono, M.Sc adalah suatu sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Ada 3 jenis Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yaitu:

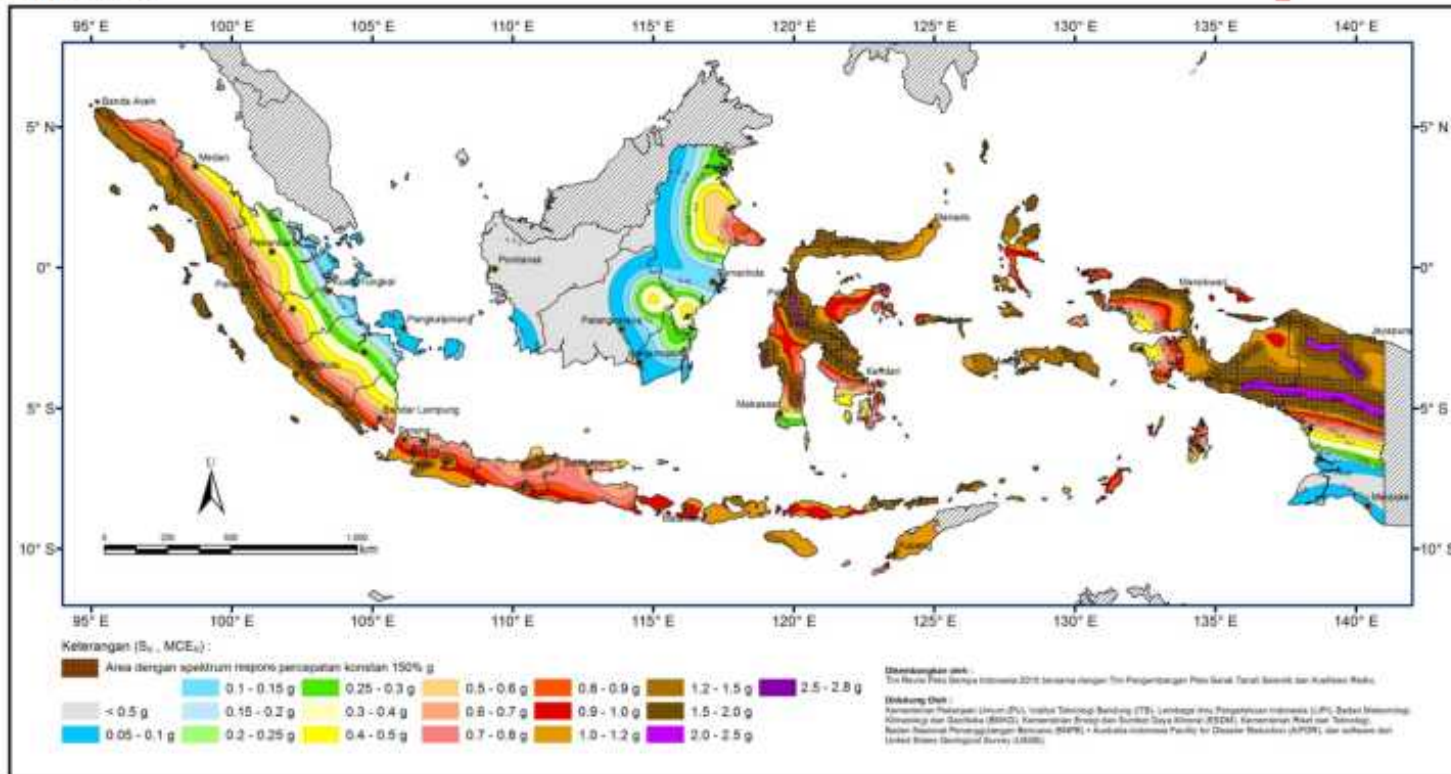
1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).
2. Sistem Rangka Pemikul Momen (Menengah) (SRPMM).

3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

2.3.3 Wilayah gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 14, wilayah gempa ditetapkan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik). Pada Peta wilayah gempa SNI 03-1726-2012, wilayah gempa dibagi berdasarkan percepatan maksimum batuan dasar dan respon spektra di batuan dasar. Pada SNI 03-1726-2012 ini, zonasi peta gempa menggunakan peta gempa untuk probabilitas 2% terlampaui dalam 50 tahun atau memiliki periode ulang 2500 tahun. Untuk klasifikasi wilayah gempa, peta gempa terbaru ini menggunakan warna-warna yang menunjukkan parameter S_s dan S_1 untuk setiap besaran spektrum respon percepatan. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan pada gambar dibawah ini.

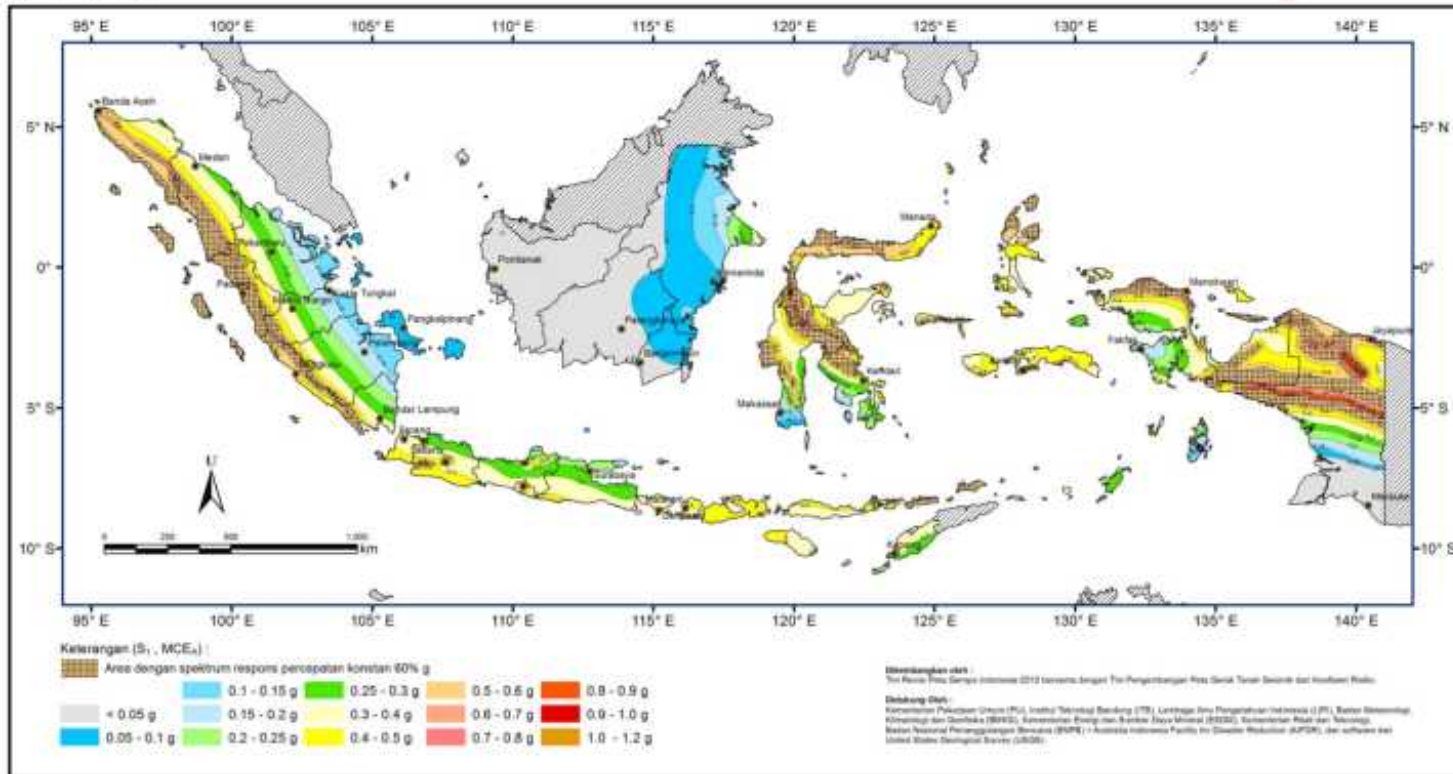
SNI 1726:2012



Gambar 2.1 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik (S_s) di batuan dasar S_B untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun berdasarkan

SNI-03-1726-2012 hal. 134

SNI 1726:2012



Gambar 2.2 Peta respons spektra percepatan 1 detik (S_1) di batuan dasar S_B untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun berdasarkan SNI-03-1726-2012

Di dalam peta zonasi gempa ini, setiap warna mewakili besaran parameter percepatan batuan dasar mulai dari yang terendah hingga yang paling tinggi. Daerah yang tidak memiliki warna (Daerah abu-abu) adalah daerah yang tidak terpengaruh oleh gempa karena berada jauh dari lempeng benua yang merupakan pusat gempa bumi terjadi. Untuk mengetahui nilai percepatan batuan pada tiap-tiap kota yang ingin direncanakan maupun lokasi yang lebih akurat dari peta diatas, bisa dilakukan analisa menggunakan program bantu **Desain Spektra Indonesia** yang bisa diakses pada situs:

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



Gambar 2.3 Desain Spektra Indonesia

Selain nilai percepatan batuan, dalam program bantu Desain Spektra Indonesia ini juga dapat diketahui nilai parameter, faktor amplifikasi hingga periode getar untuk tiap-tiap daerah yang ditinjau.

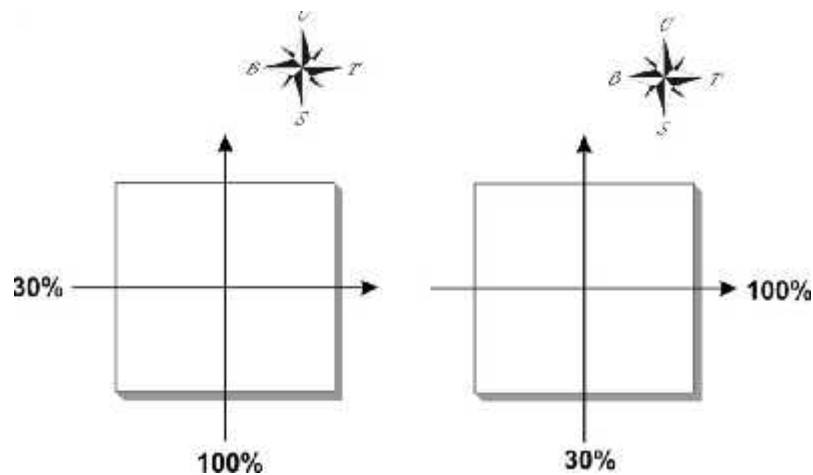
2.3.4 Pengaruh Arah Pembebanan Gempa

Arah pembebanan menentukan resiko gempa terbesar yang mungkin terjadi pada struktur. Di dalam menentukan arah pembebanan gempa, digunakan arah utama pembebanan yang paling kritis sehingga memberikan pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan sistemstruktur gedung secara keseluruhan.

Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi secara bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas 30%.

) Pengaruh Gempa Horizontal

Pengaruh gempa horizontal adalah pengaruh gempa yang bekerja dalam dua arah sumbu yang saling tegak lurus dimana arah sumbu utamanya berlaku 100% dari beban gempa rencana ditambah dengan 30% beban gempa rencana dari arah yang saling tegak lurus dengan arah sumbu utamanya. Beban gempa horizontal adalah beban gempa yang paling berpengaruh dalam pembebanan gempa karena menyebabkan kerusakan struktur terbesar. Hal ini dikarenakan arah beban gempa ini saling tegak lurus terhadap struktur gedung yang berdiri secara vertikal diatas tanah dan menyebabkan beban geser lateral (V) itu sendiri.



Gambar 2.4 Arah pembebanan gempa horizontal

2.3.5 Kategori risiko bangunan gedung dan faktor keutamaan gempa

Kategori risiko bangunan gedung adalah kategori yang membedakan tiap-tiap gedung berdasarkan fungsinya dari resiko kerugian yang diterima akibat kegagalan struktur baik kerugian materi maupun kerugian jiwa serta dampaknya. Kategori risiko ini juga menjadi pertimbangan dalam penentuan kategori desain seismik.

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none">- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan , maupun perikanan- Fasilitas sementara- Gudang penyimpanan- Rumah jaga danstruktur lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, II, IV, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none">- Perumahan- Ruko dan kantor- Pasar- Gedung perkantoran- Gedung apartemen- Pusat perbelanjaan- Bangunan industri- Fasilitas manufaktur- Pabrik	II

<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan</p> <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk ke dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan</p> <p>Gedung dan struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan, atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	<p>III</p>
<p>Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting , termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi, dan fasilitas publik lainnya 	<p>IV</p>

yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat	
- Menara	

Sumber: SNI 03-1726-2012 Pasal 4.1

Dari hasil Tabel 2.1 diatas, didapatkan kategori resiko gedung yang akan direncanakan dan faktor keutamaan gempanya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa

Kategori resiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

Sumber: SNI 03-1726-2012 Pasal 4.1

Nilai I_e pada tabel diatas akan dipergunakan dalam rumus untuk menentukan koefisien respon seismik yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

2.3.6 Kategori desain Seismik

Kategori desain seismik adalah kategori yang menentukan jenis sistem rangka yang akan digunakan pada perencanaan sesuai dengan nilai S_{DS} , S_{D1} dan kategori resiko gedungnya.

Nilai S_{DS} dan S_{D1} sendiri didapat dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \text{ dan } S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

Dimana S_{MS} dan S_{M1} dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_5 \text{ dan } S_{M1} = F_v \cdot S_1$$

Nilai F_a dan F_v dapat dilihat pada tabel 2.9 dan 2.10

Tabel 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$S_{DS} \geq 0,5$	D	D

Sumber: SNI 03-1726-2012 pasal 6.5

Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$S_{D1} \geq 0,20$	D	D

Sumber: SNI 03-1726-2012 pasal 6.5

2.3.7 Parameter sistem struktur penahan gaya seismik

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 7.2.1, pemilihan sistem struktur penahan gaya seismik ditentukan oleh parameter-parameter berikut:

- Faktor koefisien modifikasi respons (R)
- Faktor kuat lebih sistem (C_d)
- Faktor pembesaran defleksi (ϑ_0)
- Faktor batasan tinggi sistem struktur

Tabel 2.5 Faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem ϑ_0 , faktor pembesaran defleksi (C_d), dan batasan tinggi sistem struktur untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Pasal SNI 1726 dimana persyaratan pendetailan ditetapkan	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem ϑ_0^g	Faktor pembesaran defleksi C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur (m) ^c				
					Kategori desain seismik				
					B	C	D ^d	E ^d	F ^e
1. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	5.2.5.5 dan 7.2	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	7.2	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
3. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	7.2	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

Sumber: SNI 03-1726-2012 hal. 36

Keterangan:

TB = Tidak dibatasi

TI = Tidak diijinkan

2.4 Periode Alami Struktur

Periode adalah besarnya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai satu getaran. Periode alami struktur perlu diketahui agar resonansi pada struktur dapat dihindari. Resonansi struktur adalah keadaan dimana frekuensi alami pada struktur sama dengan frekuensi beban luar yang bekerja sehingga dapat menyebabkan keruntuhan pada struktur.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2, terdapat dua nilai batas untuk periode bangunan, yaitu nilai minimum periode bangunan ($T_{a\text{ minimum}}$) dan nilai maksimum periode bangunan ($T_{a\text{ maksimum}}$).

Nilai minimum periode bangunan ($T_{a\text{ minimum}}$) ditentukan oleh rumus:

$$T_{\text{aminimum}} = C_r H_n^x$$

Di mana:

$T_{\text{a minimum}}$ = Nilai batas bawah periode bangunan

H_n = Ketinggian struktur dalam m di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

C_r = Ditentukan dari tabel 2.6

x = Ditentukan dari tabel 2.6

Tabel 2.6 Nilai Parameter periode pendekatan C_r dan x

Tipe Struktur	C_r	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100% seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangkadari defleksi jika gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka Beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: SNI 03-1726-2012

Nilai maksimum periode bangunan ($T_{\text{amaksimum}}$) ditentukan oleh rumus:

$$T_{\text{amaksimum}} = C_u T_{\text{aminimum}}$$

$T_{\text{a maksimum}}$ = Nilai batas atas periode bangunan

C_u = Ditentukan dari Tabel 2.7

Tabel 2.7 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektra Desain Pada 1 Detik S_{D1}	Koefisien (C_u)
0,4	1,4

0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
0,1	1,7

Sumber: SNI 03-1726-2012

2.4.1 Perhitungan Koefisien Respons Seismik

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1, perhitungan koefisien respons seismik (C_s) Harus ditentukan sesuai dengan rumus sebagai berikut:

$$C_{S(max)} = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I}}$$

Di mana:

S_{DS} = adalah parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek

R = adalah faktor modifikasi respons berdasarkan Tabel 2.5

I = adalah faktor keutamaan Gempa yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.2

Nilai C_s yang dihitung pada persamaan di atas tidak perlu melebihi nilai berikut ini:

$$C_{S(hitung)} = \frac{S_{D1}}{I \left(\frac{R}{I} \right)}$$

Nilai C_s yang dihitung tidak kurang dari nilai berikut ini:

$$C_{S(minimum)} = 0.044 S_{DS} I \geq 0.01$$

Sebagai tambahan untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6 g, maka C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I} \right)}$$

Di mana:

S_{D1} = adalah parameter percepatan respons spektrum desain pada periode 1 detik

S_1 = adalah parameter percepatan respons spektrum desain yang ditetapkan

T = adalah periode struktur dasar (detik)

2.5 Respons spektra

Respons spektra adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T , lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respons spektra merupakan konsep pendekatan yang digunakan untuk keperluan perencanaan bangunan.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3, respons spektra desain harus ditentukan dan dibuat terlebih dahulu berdasarkan data-data yang ada. Data-data yang dibutuhkan dan prosedur untuk pembuatan respons spectra berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 6.3 adalah:

- Parameter percepatan batuan dasar

Parameter S_s (Percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektra percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik seperti yang ada pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

- Parameter kelas situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE dan SF berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 5.3 dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Klasifikasi situs

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A

SB (batuan)	750 s/d 750	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 d 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 s/d 350	15 s/d 50	50 s/d 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w > 40\%$, dan Kuat geser $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $IP > 75$) - Lapisan lempung lunak / medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa 		

Sumber: SNI 03-1726-2012

Catatan, N/A = tidak dapat dipakai

2.5.1 Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spectra percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R)

Untuk penentuan respons spektra percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 6.2, faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi

terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Di mana:

S_{MS} = Parameter percepatan respon spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

S_{M1} = Parameter percepatan respon spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

F_a = Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek

F_v = Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik

Koefisien situs F_a dan F_v ditentukan berdasarkan Tabel 2.9 dan 2.10

Tabel 2.9 Koefisien situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,7	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Sumber: SNI 03-1726-2012

Tabel 2.10 Koefisien situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda 1 detik, S_1
----------------	--

	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Sumber: SNI 03-1726-2012

Keterangan :

- Nilai-nilai F_a maupun F_v yang tidak terdapat pada tabel dapat dilakukan proses interpolasi linier
- SS merupakan yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs spesifik.

2.5.2 Parameter percepatan spektra desain

Parameter percepatan spektral desain adalah parameter yang akan dimasukkan dalam perencanaan koefisien respons seismik dan kategori desain seismik. Parameter ini dapat ditentukan setelah mengetahui Parameter percepatan respon spektral MCE (S_M) pada getaran periode pendek dan 1 detiknya. Parameter percepatan spektra desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

dimana:

S_{DS} = Parameter percepatan respons spektra desain pada periode pendek

S_{D1} = Parameter percepatan respons spektra desain pada periode 1 detik

) **Prosedur pembuatan respons spektra desain berdasarkan SNI 03-1726-2012**

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons desain, S_a , sama dengan S_{DS} .

Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Di mana:

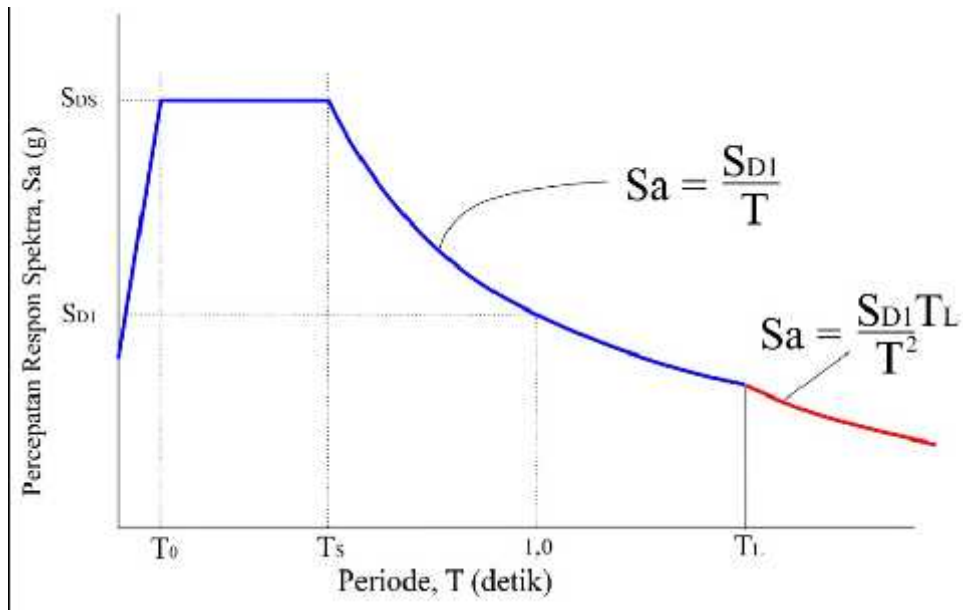
S_{DS} = Parameter percepatan respons spektra desain pada periode pendek

S_{D1} = Parameter percepatan respons spektra desain pada periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur

Untuk nilai T_0 dan T_s dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$
$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



Gambar 2.5 Spektrum respon desain

Sumber: SNI 1726 2012 Pasal 6.4

2.6 Gaya Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012, Geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut ini :

$$V = \frac{F \times S_{DS}}{R} W_t$$

- F = 1.0 untuk bangunan 1 tingkat
- F = 1.1 untuk bangunan 2 tingkat
- F = 1.2 untuk bangunan 3 tingkat
- F = 1.3 untuk bangunan 4 tingkat
- S_{DS} = Faktor keutamaan struktur
- R = Faktor modifikasi respons
- W_t = Berat total gedung

2.7 Simpangan Antar Lantai (Story Drift)

Simpangan antar lantai adalah pergeseran posisi (defleksi) antara pusat massa sebuah lantai dengan lantai yang berada di atas atau di bawahnya akibat dari penyerapan beban yang dialami oleh struktur.

Berdasarkan SNI 1726-2012, simpangan antar lantai hanya ada

kinerja batas ultimate saja tanpa mempertimbangkan kinerja batas layannya.

Defleksi pusat massa di tingkat x (Δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.12.1, Simpangan antar lantai ini tidak boleh melebihi dari batas-batas yang ditentukan. Untuk semua struktur lainnya yang termasuk dalam kategori resiko gedung I dan II, batas simpangan antar lantai ultimitnya (ζ_a) tidak boleh melebihi dari $0,020 h_{sx}$.

$$\Delta \leq \Delta_a$$

Tujuan dari pemberian batasan ini adalah agar struktur tidak terlalu kaku (Rigid) dan tidak terlalu melentur. Struktur yang terlalu kaku tidak memberikan adanya tanda-tanda kerusakan struktur dan struktur yang terlalu melentur memberikan efek yang tidak nyaman pada penghuni.

2.8 Teori Load resistance and factor design (LRFD) Struktur Baja

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBK.

Desain harus dilakukan sesuai dengan persamaan :

$$R_{ud} \geq \phi R_n \quad (2.3-1)$$

Dimana :

ϕ = Faktor Ketahanan

R_n = Kekuatan Nominal

ϕR_n = Kekuatan desain

R_{ud} = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

Kekuatan harus dibuat sesuai dengan ketentuan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK). Kekuatan perlu komponen struktur dan sambungan harus ditentukan melalui analisis struktur untuk kombinasi beban yang sesuai. Desain harus berdasarkan pada prinsip bahwa kekuatan atau keadaan batas kemampuan layan tidak dilampaui saat struktur menahan semua kombinasi beban yang sesuai. (SNI 1729:2015, Pasal B3)

2.8.1 Faktor Reduksi

Faktor reduksi dalam perencanaan struktur berdasarkan metode DFBK ditentukan dalam SNI 1729:2015, sebagai berikut :

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

2. Las sudut, las tumpul penetrasi sebagian, las pengisi $\leftarrow= 0,75$

2.8.2 Kombinasi Dasar LRFD (Load resistance and factor design)

Struktur, Komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi.

Menurut SNI 1727:2013 kombinasi beban yang harus diperhitungkan adalah :

$$) 1,4 D$$

$$) 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$) 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$$

$$) 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$) 1,2 D \{ 1,0 E + L$$

$$) 0,9 D + 1,0 W$$

$$) 0,9 D + 1,0 E$$

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

R = Beban hujan

E = Beban gempa

2.9 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.

Sumber : Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Erlangga, 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 :

$$M_n = M_{yx} = S_x \cdot f_y \quad (2.4.1)$$

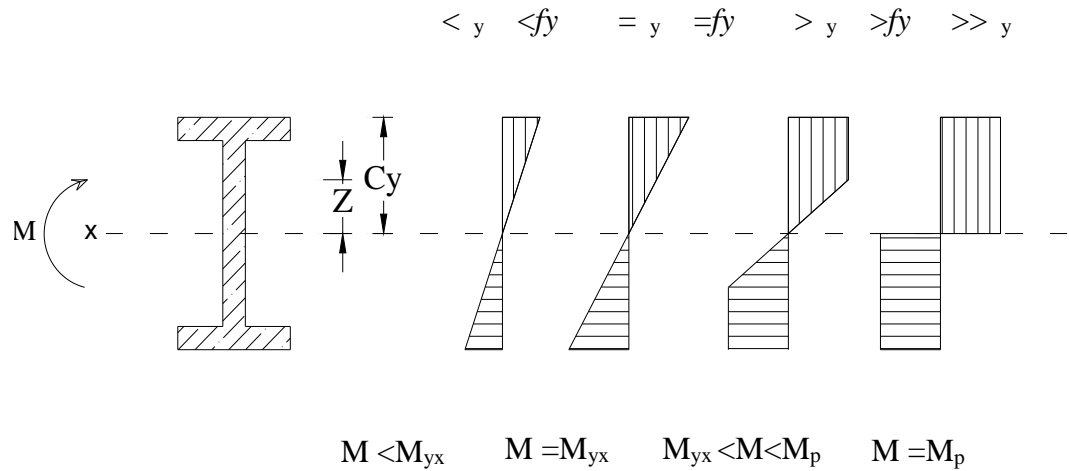
Dimana :

S_x : Modulus penampang arah x

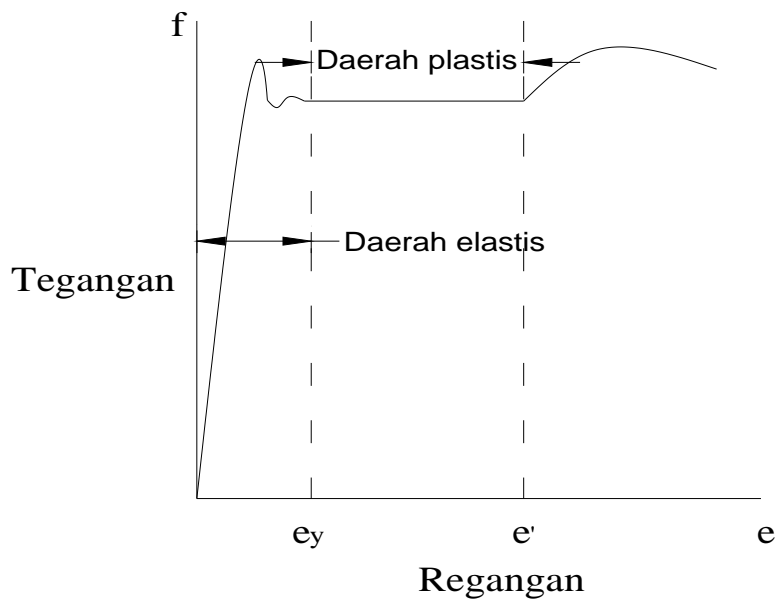
Dan pada saat kondisi pada gambar 2.1 d tercapai, semua serat dalam penampang melampaui regangan lelehnya, dan dinamakan kondisi *plastis*. Tahanan momen nominal dalam kondisi ini dinamakan momen plastis (M_p), yang besarnya adalah :

$$M_p = f_y \cdot Z \quad (2.4.2)$$

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

$$\mathbf{M_u} \leq \mathbf{\phi \cdot M_n} \quad (2.4.3)$$

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

$$\frac{1}{240} L \geq \frac{5}{384} \cdot \frac{qL^4}{EI} + \frac{1}{48} \cdot \frac{PL^3}{EI} \quad (2.4.4)$$

Dimana :

L : Panjang gelagar

q : Beban merata (N/mm)

E : Modulus elastisitas baja (N/mm²)

I : Momen inersia profil (mm⁴)

P : Muatan hidup (N)

2.10 Baja profil WF (Wide Flange)

Baja Berat WF (Wide Flange) mempunyai kekuatan yang tinggi dan sama kuat pada kekuatan tarik maupun tekan. WF (Wide Flange) juga merupakan balok besi dengan ruas utama yang lebih lebar

2.11 Perencanaan Sambungan

Sambungan merupakan peranan penting pada setiap struktur baja, baik dalam desain elastis maupun plastis. Karena suatu keruntuhan struktur lebih sering diakibatkan oleh sambungan daripada oleh batang itu sendiri. Sambungan dalam suatu struktur merupakan bagian yang tidak mungkin diabaikan begitu saja, karena kegagalan pada sambungan dapat mengakibatkan kegagalan struktur secara keseluruhan. Terdapat beberapa kriteria dasar yang umumnya diperlukan dalam merencanakan suatu sambungan, yaitu:

-) Harus kuat, aman tetapi cukup ekonomis.
-) Mudah dalam pelaksanaan pemasangan dilapangan.
-) Persyaratan keamanan yang diberikan DFBK untuk peyambung persamaannya menjadi :

$$R_u \leq \phi R_n \quad (2.7-1)$$

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 dan 0,75 untuk tumpuan baut pada sisi lubang).

R_n = Kuat nominal baut

R_u = Beban terfaktor

Perencanaan sambungan Baut

Kontrol jarak antar baut :

- a. Jarak baut ke tepi (S1)

Tabel 2.2 Jarak Tepi Minimum

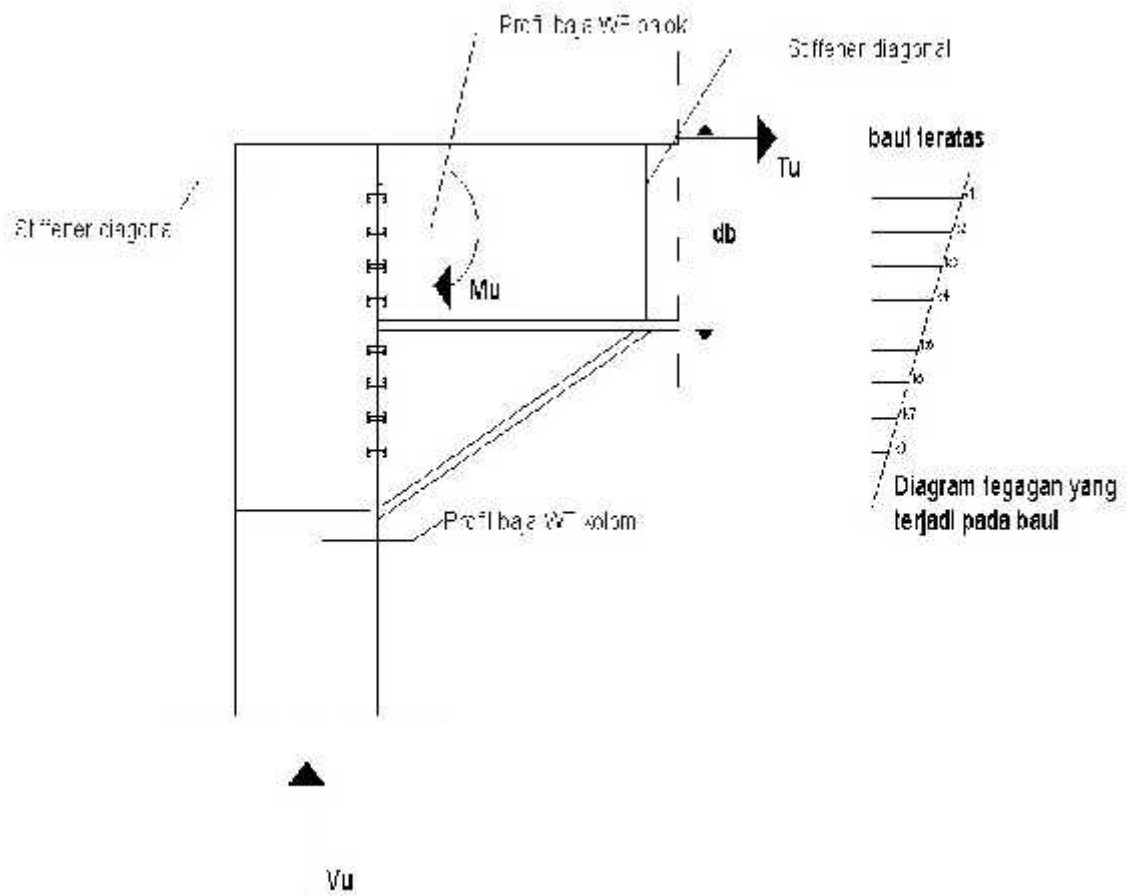
Diameter baut (in.)	Jarak tepi minimum
1/2	3/4
5/8	7/8
3/4	1
7/8	1 1/8
1	1 1/4
1 1/8	1 1/2
1 1/4	1 5/8
Di atas 1 1/4	$1 \frac{1}{4} \times d$

- b. Jarak antar baut (S2)

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

Sumber :SNI 1729:2015, hal 128

Interaksi Geser dan Tarik pada Baut



Gambar 2.5 Interaksi Geser dan Tarik pada Baut

Kuat nominal terhadap tarik dan geser :

$$\phi . R_n = \phi_n . A_b \quad (2.7.1-1)$$

Dimana :

R_n : Kuat tarik nominal

ϕ : Faktor reduksi tarik (0,75)

ϕ_n : Tegangan tarik nominal

ϕ_{nt} atau ϕ_{nv} : tegangan geser (MPa)

Ab : Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm²)

Tabel 2.3 Kekuatan nominal pengencang dan bagian yang berulir

Deskripsi pengencang	Kekuatan tarik nominal, <i>f_{nt}</i> (MPa)	Kekuatan geser nominal dalam sambungan tipe tumpu, <i>f_{nv}</i> (MPa)
Baut A307	310	188
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	620	372
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	620	457
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	780	457
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	780	579
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	0,75 <i>f_u</i>	0,45 <i>f_u</i>
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	0,75 <i>f_u</i>	0,563 <i>f_u</i>

Kuat nominal tumpu pada lubang – lubang baut :

$$\phi \cdot R_n = 1,2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2,4 \cdot d \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.7.1-2)$$

Dimana :

R_n : Kuat tumpu nominal

ϕ : Faktor reduksi tumpu (0,75)

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

t_p : Tebal plat (mm)

d : Diameter baut nominal (mm)

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

Menentukan Jumlah Baut :

$$n = \frac{R_u}{\phi \cdot R_n} \quad (2.7.1-3)$$

Dimana :

n : Jumlah baut

R_n : Tahanan nominal baut

R_u : Beban terfaktor

Kombinasi terhadap tarik dan geser :

$$\phi \cdot R_n = f'_{nt} \cdot A_b \quad (2.7.1-4)$$

Sumber : SNI 1729:2015

Catatan : Bila tegangan yang diperlukan (f_{rv}) kurang dari atau sama dengan 30 % dari

tegangan yang tersedia, maka efek kombinasi tegangan tidak perlu diperiksa.

$$f'_{nt} = 1,3 \cdot f_{nt} - \frac{f_{nt}}{\phi \cdot f_{nv}} f_{rv} \leq f_{nt} \quad (2.7.1-5)$$

Dimana :

- Ab : Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm²)
- f'_{nt} : Tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser (MPa)
- ϕ : Faktor reduksi(0,75)
- f_{nt} : Tegangan tarik nominal (MPa)
- f_{nv} : Tegangan geser (MPa)
- f_{rv} : Tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK (MPa)

Kontrol terhadap momen :

$$\phi \cdot M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i \quad (2.7.1-6)$$

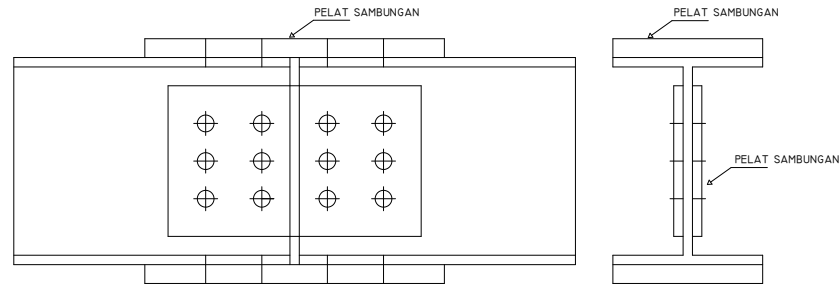
$$\alpha = \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b}{f_y \cdot b} \quad (2.7.1-7)$$

$$\sum_{i=1}^n T \cdot d_i = 0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b \cdot (d_i \text{ terjauh}) \quad (2.7.1-8)$$

Dimana :

- n_1 : Jumlah kolom baut
- n_2 : Jumlah baris baut
- Ab : Luas penampang baut
- b : Lebar balok
- a : Tinggi penampang tekan
- f_u^b : Kuat tarik nominal baut
- f_y : Tegangan leleh

2.11.1 Sambungan lewatan (Splice Connection)



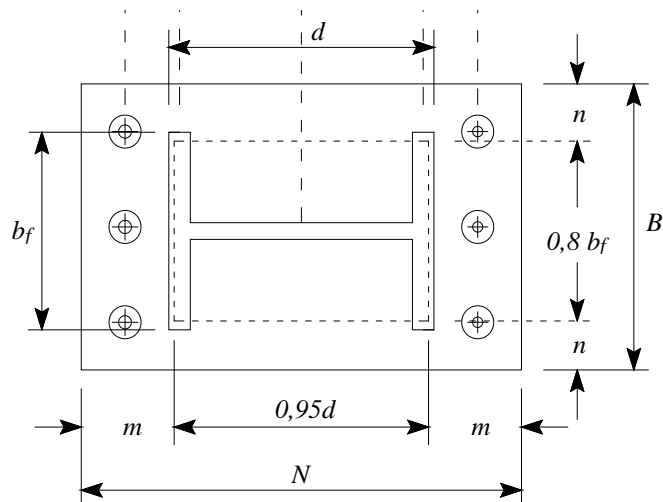
SAMBUNGAN LEWATAN PADA SUATU PROFIL BAJA CASTELLA

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

Suatu sambungan lewatan pada umumnya terdiri dari pelat penyambung flens dan pelat penyambung badan, dan alat penyambung yang sering di gunakan dalam sambungan lewatan adalah sambungan baut.

2.12 Plat landasan (*Base plate*)

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



Gambar 2.6 Base Plate

Luas Bidang Base Plate

Desain luas plat dasar harus lebih besar dari luas baja yang ada.

$$P_u \leq P_p \quad (2.8.1)$$

$$P_u \leq (0,85 \cdot f'_c \cdot A) \quad (2.8.2)$$

Dimana :

P_p : Kekuatan penampang profil

P_u : Beban ultimate

f'_c : Kuat tekan beton

A : Luas penampang base plate

Dimensi Base Plate

$$\Delta = \frac{0,95 \cdot d - 0,80 \cdot b_f}{2} \quad (2.8.3)$$

$$N = \sqrt{A} + \Delta \quad (2.8.4)$$

$$B = \frac{A}{N} \quad (2.8.5)$$

Dimana :

- : Jarak antara ujung terluar baja dengan tepi base plate
- N : Tinggi base plate
- B : Lebar base plate
- d : Tinggi profil baja
- bf* : Lebar profil baja
- A : Luas penampang base plate

Tebal Base Plate

$$m \times \frac{(N \geq 0,95.d)}{2} \quad (2.8.6)$$

$$n \times \frac{(B \geq 0,8.bf)}{2} \quad (2.8.7)$$

Maka :

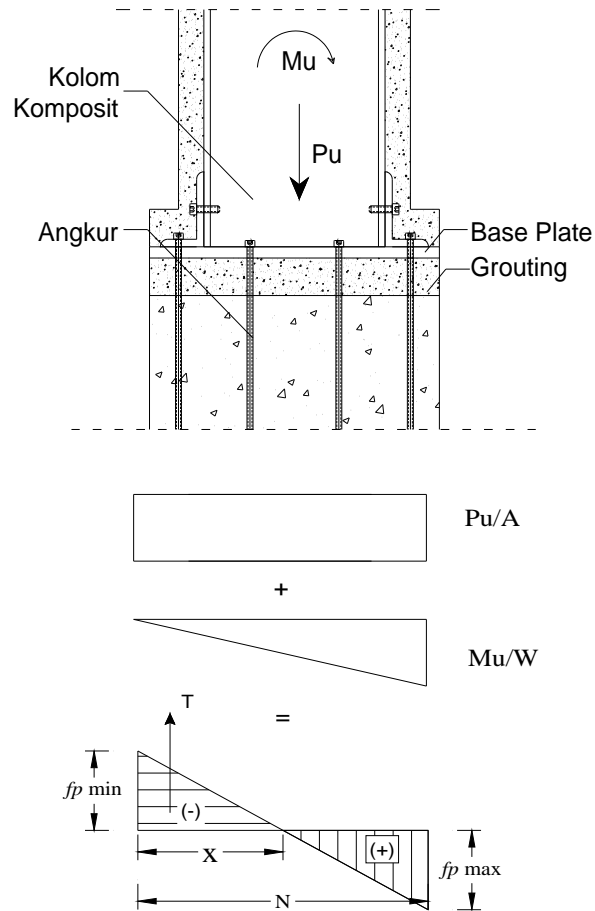
$$tp = (m \text{ atau } n) \sqrt{\frac{2.Pu}{0,9.fy.B.N}} \quad (2.8.8)$$

Dimana :

- tp : Tebal base plate
- B : Lebar base plate
- N : Tinggi base plate
- fy* : Tegangan leleh baja
- bf* : Lebar profil baja

Perhitungan Angkur

$$f_p = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_u}{W} \quad (2.8.9)$$



Gambar 2.7 Sambungan dan Gaya yang terjadi pada base plate

- Gaya angkur yang terjadi

$$T = 0,5 (f_p \cdot B) \quad (2.8.10)$$

Dimana :

- T : Gaya yang terjadi
- x : Jarak dimana $f = 0$
- N : Tinggibase plate
- W : $1/6 \cdot B \cdot N^2$

Mu : Momen Ultimate

Pu : Beban ultimate

A : Luas penampang base plate

f_p : Tegangan Tekan

- Luas penampang baut angkur yang diperlukan

$$A = \frac{T}{0.075 \cdot f_y} \quad (2.8.11)$$

$$n = \frac{A}{A_{\text{angkur}}} \quad (2.8.12)$$

Dimana :

A : Luas penampang perlu angkur

A_{angkur} : Luas penampang angkur

T : Gaya yang terjadi pada angkur

\emptyset : Faktor reduksi (0,75)

f_y : Tegangan leleh baja

BAB III

DATA PERENCANAAN

3.1 Data perencanaan

3.1.1 Data teknis bangunan

-) Struktur Gedung :Lantai 1 sampai dengan lantai 7 menggunakan portal baja WF.
-) Fungsi bangunan = Kantor Pusat STIKES Keanjen Kabupaten Malang
-) Jumlah lantai = 7 lantai
-) Tinggi bangunan = 32 m
-) Bentang memanjang = 25 m
-) Bentang melintang = 12 m
-) Tebal plat lantai = 12cm
-) Tebal plat lantai atap = 10 cm

3.1.2 Data Pembebanan

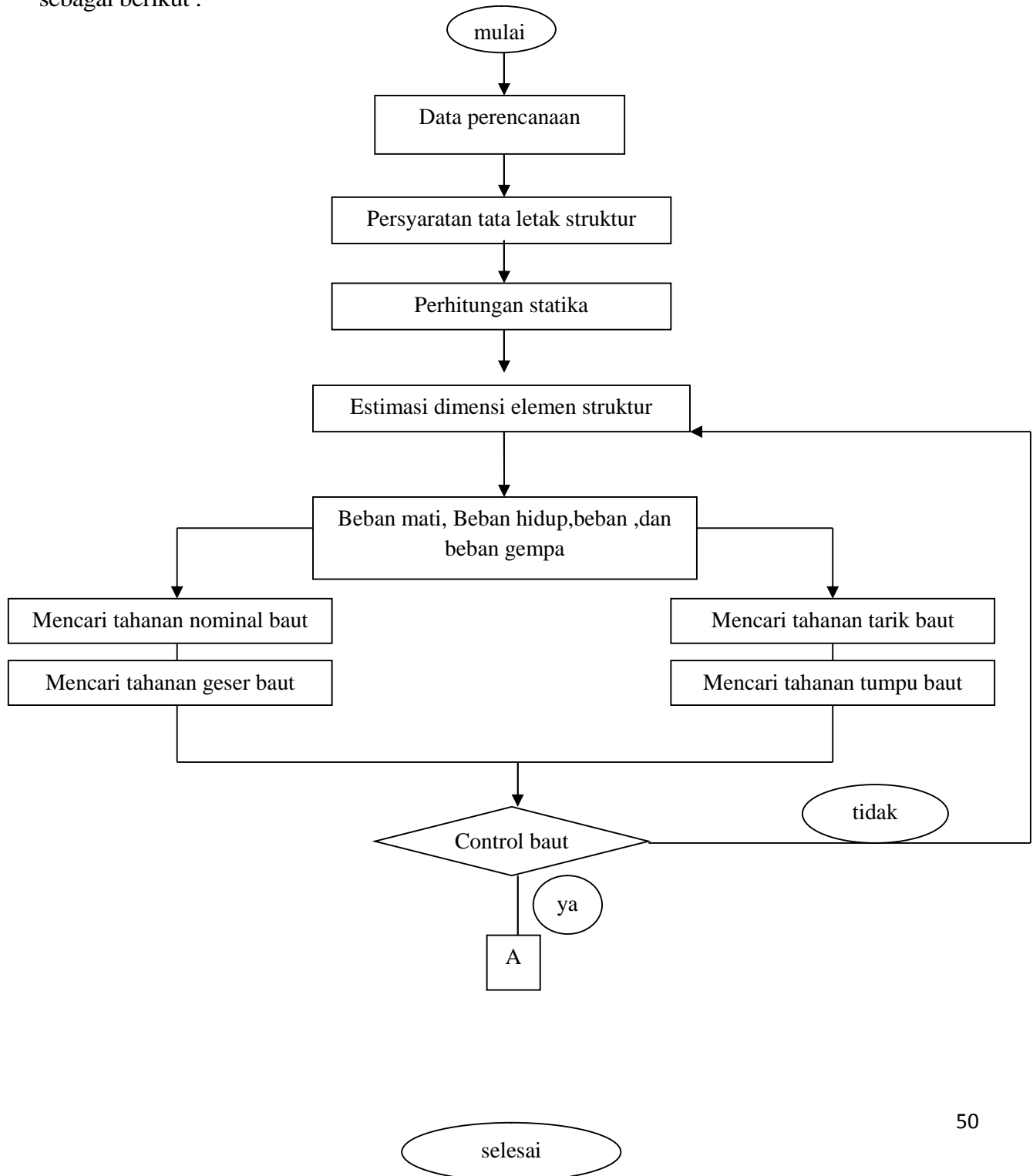
Sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987 maka beban hidup diatur sebagai berikut :

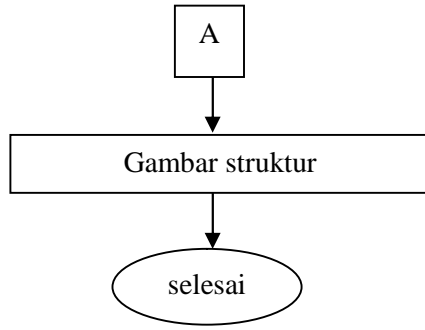
-)Beban hidup lantai 1 sampai 7 = 250 kg/m²
-)Berat spesi per cm tebal = 21 kg/m²
-)Berat tegel per cm tebal = 24 kg/m²
-)Berat pasangan bata merah ½ batu =250 kg/m²
-)Berat jenis beton bertulang =2400 kg/m³

)Berat baja profil	=7850 kg/m ³
)Tangga	= 300 kg/m ²
)Beban Guna/Beban Hidup Atap	= 100 kg/m ²
)Berat jenis air hujan	=1000 kg/m ²

3.2 Diagram Alur (Flowchart)Perencanaan Pembangunan Gedung kantor pusat STIKES Kepanjen Malang

Alur metodologi untuk Perencanaan Pembangunan **Gedung Kantor pusat STIKES Kapanjen** Malang menggunakan rangka portal baja WF dengan memperhitungkan sambungan sudut lurus dan sudut pelengkung dengan metode LRFD, sebagaimana telah di sebutkan secara urut diatas,jika di gambarkan dalam sebuah Diagram Metodologi adalah sebagai berikut :





Keterangan:

Elevasi (h_i) : Adalah tinggi pemusatan massa masing-masing lantai terhadap titik jepit tumpuan.

Berat (w_i) : Adalah berat masing-masing lantai dengan 100% Beban mati + 30% Beban hidup reduksi.

2. Penentuan Kategori Desain Seismik (KDS)

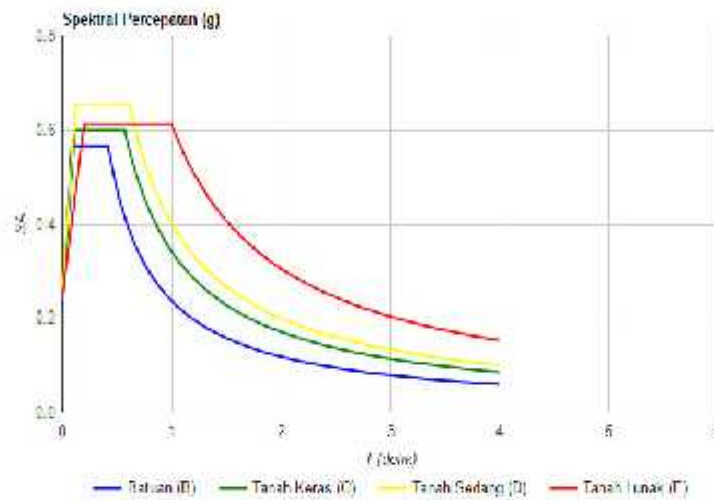
2.1 Menentukan nilai S_s dan S_1

Dalam menentukan KDS, hal pertama yang perlu kita ketahui adalah Nilai percepatan respon spektrum pendek (S_s) dan nilai percepatan respon spektrum 1 detik (S_1). Nilai S_s dan S_1 ini dapat dilihat pada peta respon spektra SNI 03 1726-2012. Namun untuk mendapatkan nilai S_s dan S_1 yang lebih akurat, penulis menggunakan menggunakan program bantu Desain Spektra Indonesia yang bisa diakses pada situs:

<http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra Indonesia 2011/>

Jenis Beban		Tanah Seling (D)
Copy	Expe	
variabel		nilai
μ_{SA} (g)		0.420
S_g (g)		0.846
μ_g (g)		0.385
T_{eg}		1.101
T_{eg}		1.326
T_{eg}		1.272

Jenis Beban		Tanah Seling (D)
Copy	Expe	
T (detik)		SA (g)
T_0		0.767
T_0		0.606
T_0		0.606
T_0		0.563
T_0		0.494
T_0		0.439



Untuk kota Kepanjen, di dapat nilai S_S dan S_1 sebesar 0,846 dan 0,355. Dari nilai S_S dan S_1 ini, selanjutnya yang harus ditentukan adalah nilai percepatan respon desain spektrum periode pendek (S_{DS}) dan percepatan respon desain spektrum periode 1 detik (S_{D1}).

2.2 Menentukan kategori resiko gedung

Untuk menentukan kategori resiko gedung, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Kategori risiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan , maupun perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, II, IV, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Ruko dan kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen - Pusat perbelanjaan - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan</p> <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk ke dalam kategori risiko</p>	III

<p>IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan</p> <p>Gedung dan struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan, atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting , termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi, dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Menara 	IV

Sumber: SNI 03-1726-2012 Pasal 4.1

Dari hasil Tabel 2.1 diatas, didapatkan kategori resiko gedung yang akan direncanakan dan faktor keutamaan gempunya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

Sumber: SNI 03-1726-2012 Pasal 4.1

2.3 Menentukan Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_z (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{cs}	$\bar{\sigma}_v$ (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang) ←	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40$ %, dan 3. Kuat geser niralis $\bar{\sigma}_v < 25kPa$			

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

Untuk menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1} didapat dari persamaan, dibawah ini:

$$S_D = \frac{z}{\beta} S_M \quad \text{dan} \quad S_{D1} = \frac{z}{\beta} S_{M1}$$

Dimana S_{MS} dan S_{M1} dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S_M = F_u \cdot S_S \quad \text{dan} \quad S_{M1} = F_v \cdot S_1$$

Nilai F_u dan F_v dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4.1 Koefisien situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,7	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Sumber: SNI 03-1726-2012

Tabel 4.2 Koefisien situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

Maka dari hasil interpolasi diatas didapat:

Untuk $S_s = 0.846$

Untuk $S_1 = 0.355$

Melalui interpolasi didapat:

Untuk nilai $S_s = 0.846$ berada di antara nilai

$$S_s = 1 \quad F_a = 1,1$$

$$S_s = 0,8 \quad F_a = 1,2$$

$$S_s = 0,846 \quad F_a = \dots?$$

$$F_a = 1,1 + \frac{(0,8 - 1)}{(0,8 - 1)} \times 1,2 - 1,1 = 0,924$$

Untuk nilai $S_s = 0,846$ berada di antara nilai

$$S_1 = 0,4 \quad F_v = 1,6$$

$$S_1 = 0,35 \quad F_v = 1,8$$

$$S_1 = 0,355 \quad F_v = \dots?$$

$$F_v = 1,6 + \frac{(0,3 - 0,4)}{(0,3 - 0,4)} \times 1,8 - 1,6 = 1,62$$

Pada pembacaan tabel-tabel tersebut, untuk kota Kepanjen dengan nilai S_s sebesar 0,846 dan klasifikasi situs SD, maka di dapatkan nilai F_a sebesar 0,942. Sedangkan untuk nilai S_1 sebesar 0,355 dan klasifikasi situs SB, maka di dapatkan nilai F_v sebesar 1,62.

Dari nilai S_s , S_1 , F_a dan F_v yang didapat, maka nilai S_{MS} dan S_{M1} dapat dihitung.

$$S_M = F_a \cdot S_s \quad \text{dan} \quad S_{M1} = F_v \cdot S_1$$

$$S_M = 0,924 \times 0,846 = 0,797$$

Dan

$$S_{M1} = 1,62 \times 0,355 = 0,575$$

Dari nilai S_{MS} dan S_{M1} yang didapat, maka nilai S_{DS} dan S_{D1} adalah sebesar:

$$S_D = \frac{2}{3} 0,797 = 0,531$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} 0,575 = 0,383$$

Setelah mengetahui nilai SD1 dan SDS, maka selanjutnya adalah menentukan kategori desain seismik.

Tabel 4.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai SDS	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$S_{DS} \geq 0,5$	D	D

Sumber: SNI 03-1726-2012 pasal 6.5

Tabel 4.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai SD1	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$S_{D1} \geq 0,20$	D	D

Sumber: SNI 03-1726-2012 pasal 6.5

Untuk Gedung kantor Stikes Kepanjen dengan fungsi gedung sebagai kantor, maka dapat disimpulkan bahwa Gedung kantor Stikes Kepanjen termasuk dalam gedung kategori II.

Dengan ditentukannya gedung kantor Stikes Kepanjen termasuk kategori II, maka faktor keutamaan gempa untuk gedung kategori II dapat diketahui dengan melihat pada tabel 4.4 Tentang faktor keutamaan gempa.

Dari pembacaan tabel 4.4, maka dapat disimpulkan faktor keutamaan gempa, I_e , untuk gedung dengan kategori resiko II adalah 1,0.

2.5 Menentukan kategori desain seismik (KDS).

Dari kategori resiko gedung, nilai S_{DS} , dan S_{D1} yang didapat, maka dapat diketahui Kategori desain seismik untuk wilayah gedung kantor Stikes kepanjen dengan melihat pada tabel 4.5 dan tabel 4.6.

Dari pembacaan tabel 4.5 dan 4.6, untuk kota Kepanjen dengan nilai S_{DS} sebesar 0,564 dan kategori gedung II, maka dapat disimpulkan bahwa kota Kepanjen termasuk dalam desain seismik kategori D.

Dengan kategori desain seismik D yang didapat, maka dapat diketahui jenis sistem struktur apa yang tepat dan efisien untuk memikul beban gempa dengan desain seismik kategori D. Untuk mengetahuinya, dapat dilihat pada tabel 4.7 tentang faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem, faktor pembesaran defleksi, dan batasan tinggi sistem struktur untuk sistem penahan gaya gempa.

Tabel 4.7 Faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem Ω_0 , faktor pembesaran defleksi (C_d), dan batasan tinggi sistem struktur untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, $\phi 10^g$	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
24.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25.Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26.Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C.Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{h,i}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI

7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3°	3½	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempayang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus ^f	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI ^{h,k}
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30

Sumber: SNI 03-1726-2012 hal. 36

Keterangan:

48 = untuk sistem penahan gaya gempa yang dibatas sampai bangunan dengan ketinggian 48 m atau kurang.

TB = Tidak dibatasi

TI = Tidak diijinkan

Dari tabel 4.7 tersebut, sistem rangka pemikul momen (SRPM) yang berada pada wilayah rencana dengan kategori desain seismik D, dapat dipikul oleh sistem rangka batang baja pemikul momen khusus (SRPMK).

2.6 Menentukan spektrum respon percepatan desain

Pada pembahasan subbab Kategori Desain Seismik sebelumnya, telah diketahui nilai S_{D1} dan nilai S_{DS} dari wilayah kota Kepanjen. Maka dari itu, pada perhitungan selanjutnya untuk menghitung spektrum respon percepatan desain digunakan nilai S_{DS} dan S_{D1} yang sudah diketahui tersebut.

$$- S_{DS} = 0,531$$

$$- S_{D1} = 0,383$$

2.6.1 Penentuan nilai T_0 dan T_s

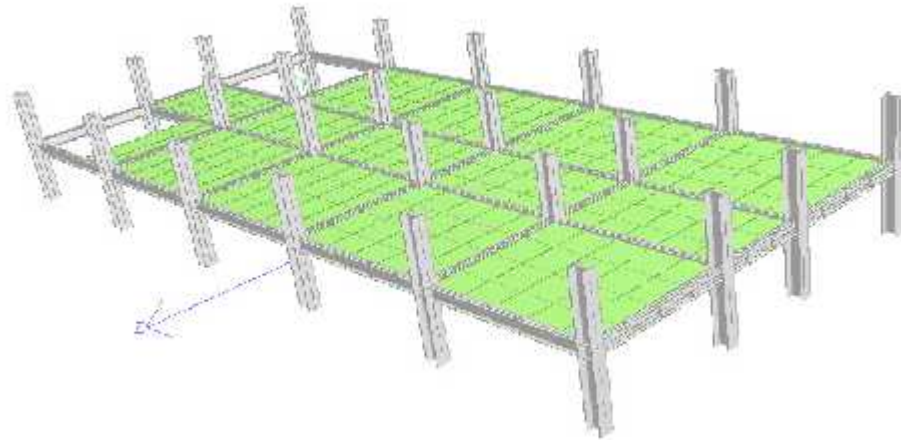
$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_D}$$

$$T_0 = 0,2 \frac{0,3}{0,5} = 0,144$$

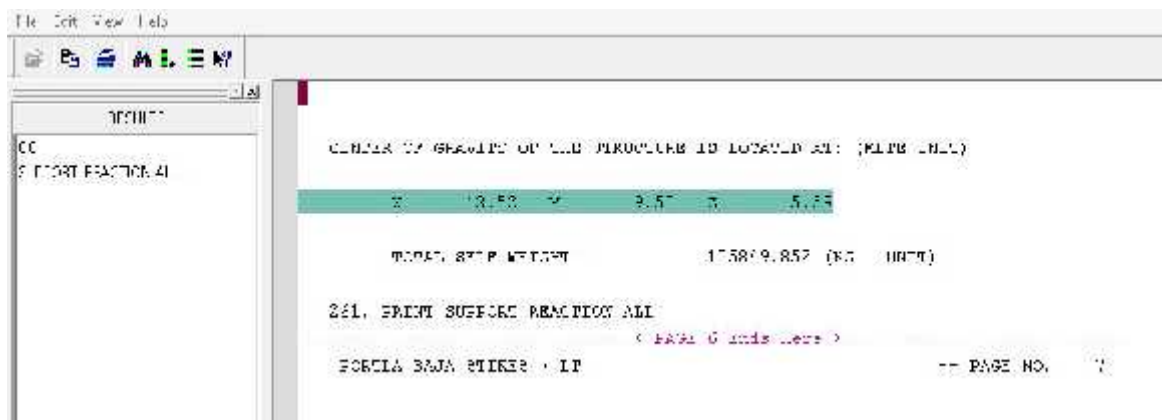
$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_D}$$

$$T_s = \frac{0,2}{0,5} = 0,679$$

2.7.2 Pusat massa Lantai 3

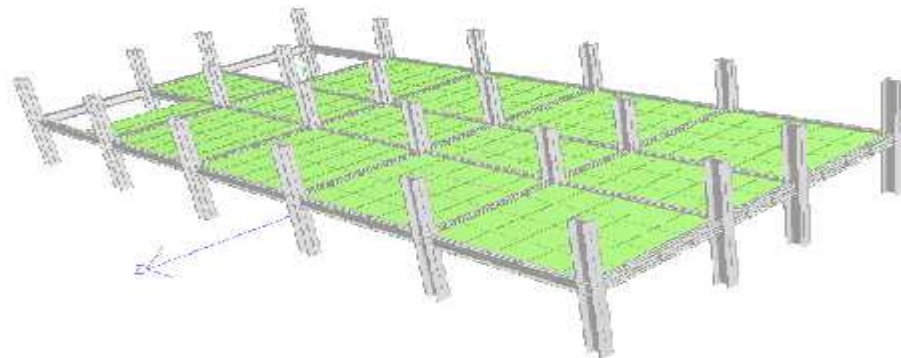


Gambar 4.5 Pemodelan struktur Lantai 3 pada STAAD Pro

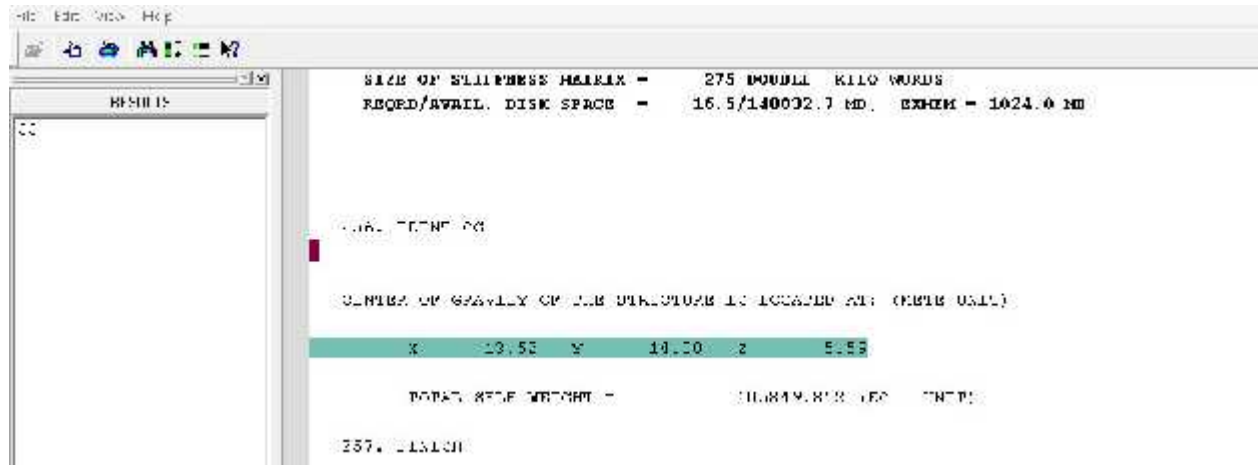


Gambar 4.6 Output pusat massa struktur Lantai 3

2.7.3 Pusat massa Lantai 4

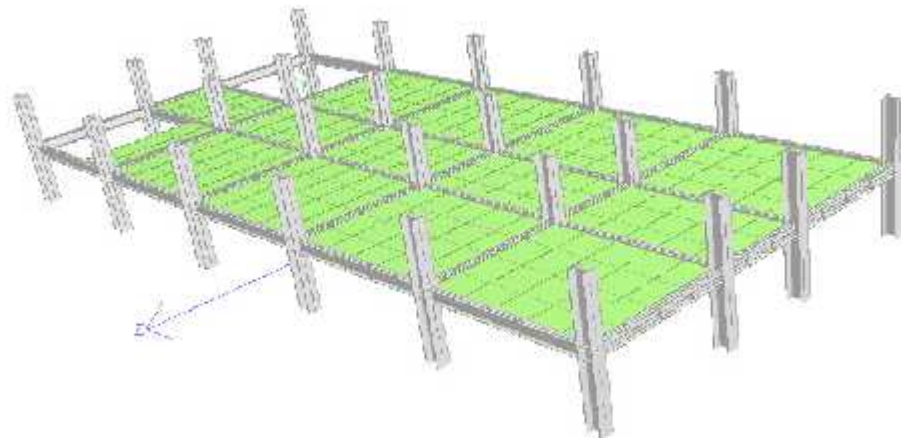


Gambar 4.7 Pemodelan struktur Lantai 4 pada STAAD Pro 2004

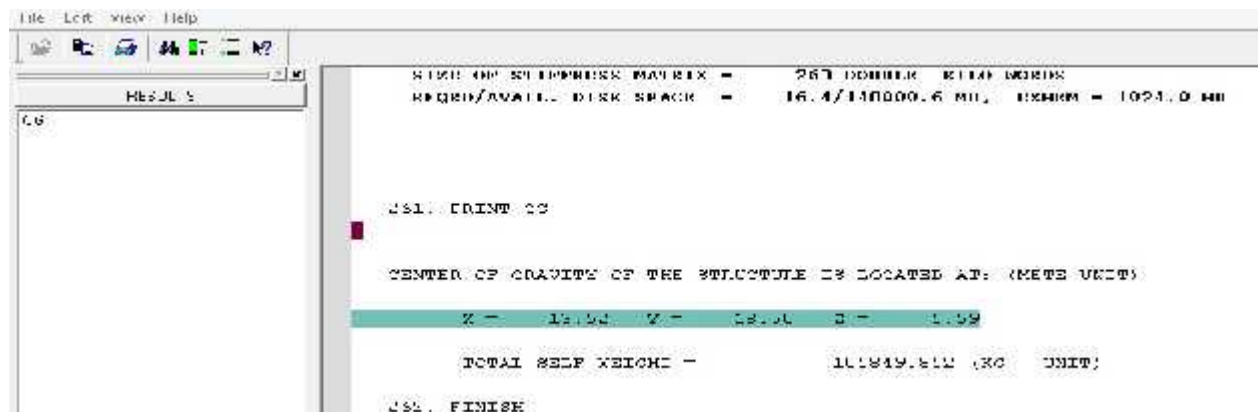


Gambar 4.8 Output pusat massa struktur Lantai 4

2.7.4 Pusat massa Lantai 5

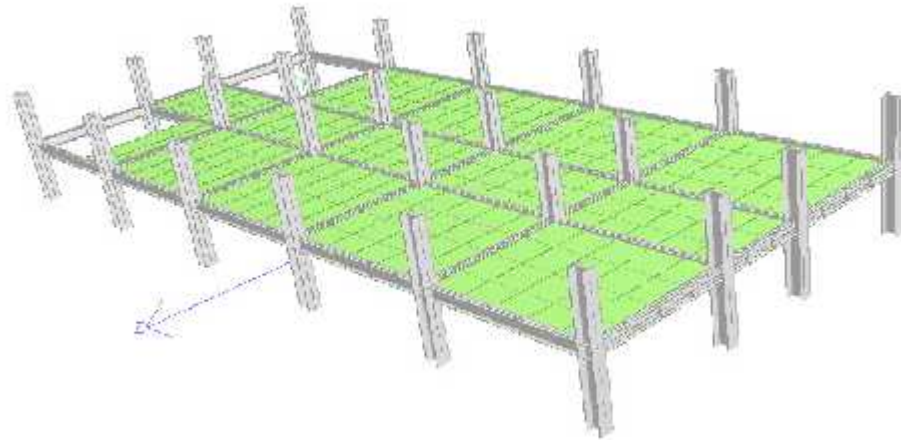


Gambar 4.9 Pemodelan struktur Lantai 5 pada STAAD Pro 2004

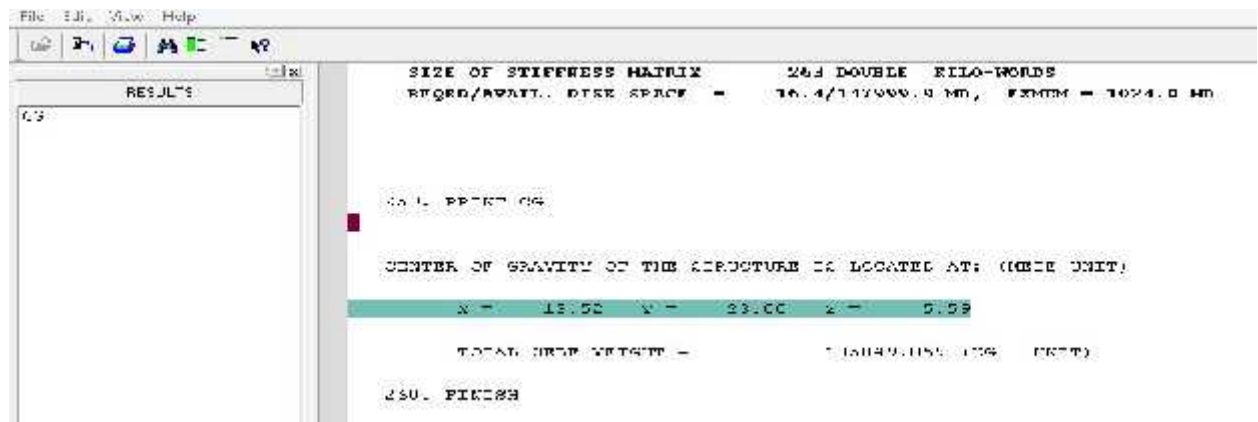


Gambar 4.10 Output pusat massa struktur Lantai 5

2.7.5 Pusat massa Lantai 6

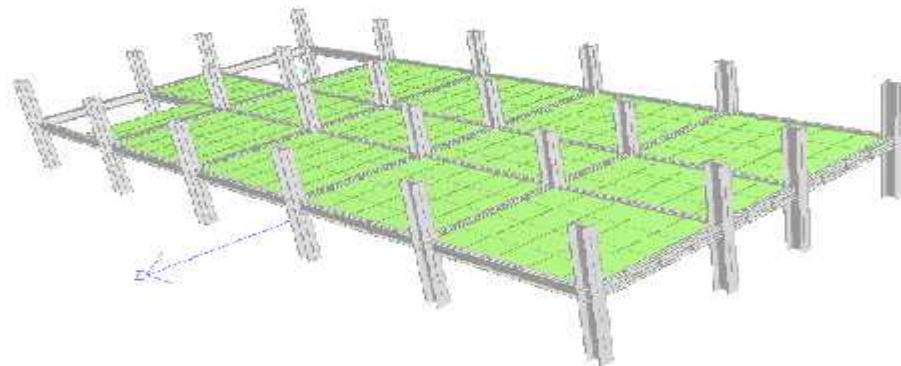


Gambar 4.11 Pemodelan struktur Lantai 6 pada STAAD Pro 2004

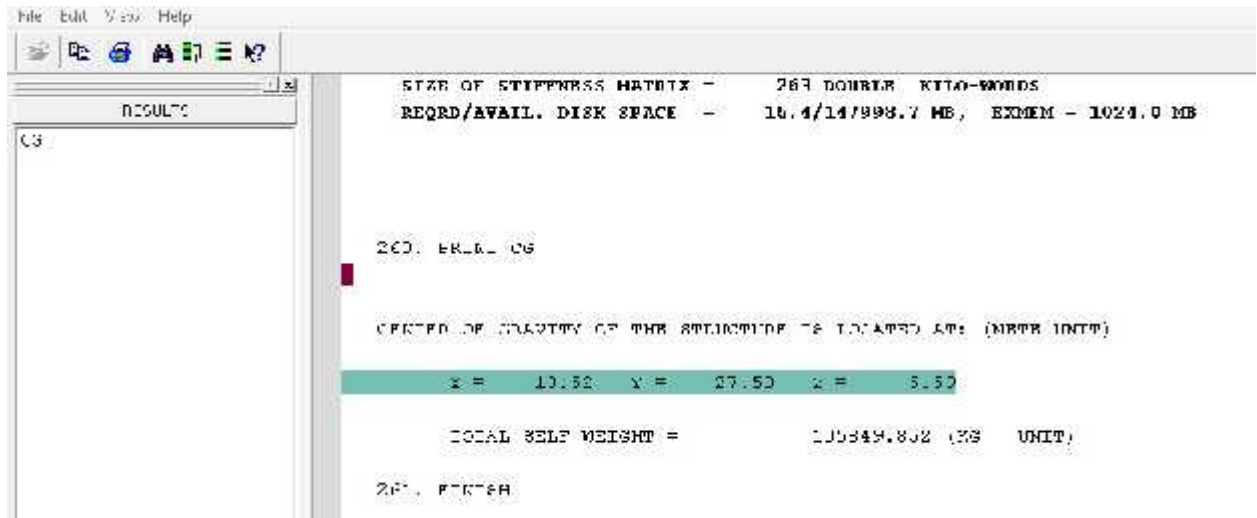


Gambar 4.12 Output pusat massa struktur Lantai 6

2.7.6 Pusat massa Lantai 7

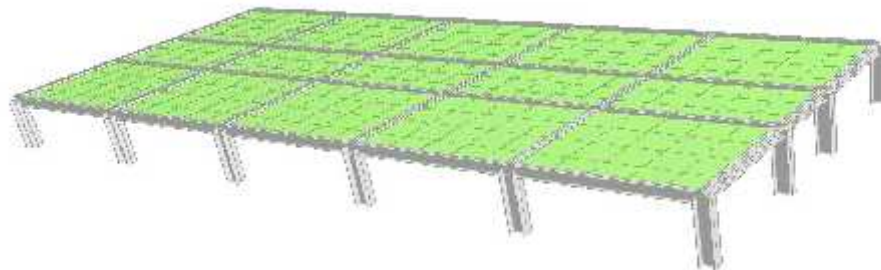


Gambar 4.13 Pemodelan struktur Lantai 7 pada STAAD Pro 2004

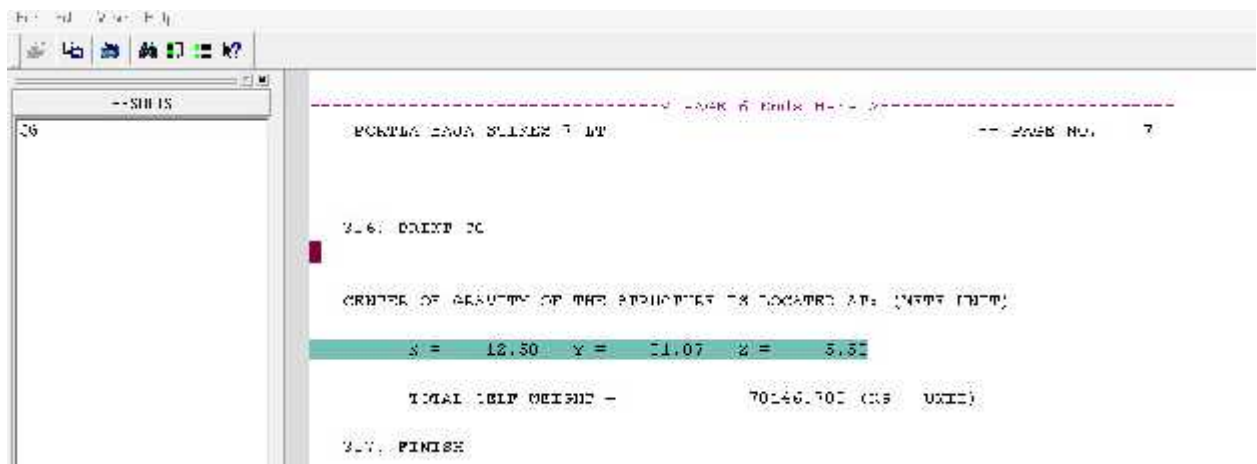


Gambar 4.14 Output pusat massa struktur Lantai 7

2.7.7 Pusat massa Lantai Atap



Gambar 4.15 Pemodelan struktur Lantai atap pada STAAD Pro 2004



Gambar 4.16 Output pusat massa struktur Lantai atap

Dari hasil seluruh perhitungan dengan menggunakan STAAD Pro 2004, didapatkan koordinat pusat massa pada tiap-tiap lantai sebagai berikut:

Tabel 4.8 Koordinat pusat massa pada tiap-tiap lantai berdasarkan sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z.

Lantai	Koordinat sumbu-X	Koordinat sumbu-Y	Koordinat sumbu-Z
Lantai 2	13,51	4,98	5,59
Lantai 3	13,52	9,50	5,59
Lantai 4	13,52	14,00	5,59
Lantai 5	13,52	18,50	5,59
Lantai 6	13,52	23,00	5,59
Lantai 7	13,52	27,50	5,59
Lantai atap	12,50	31,87	5,50

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan analisa pembebanan pada struktur seperti beban gravitasi dan beban lateral, maka didapat nilai N_u dan M_u yang bekerja pada struktur. Jadi untuk profil kolom yang digunakan $400 \times 400 \times 13 \times 21$, dapat memikul beban tekan terfaktor (N_u) sebesar 136000 kg , dengan syarat $N_u = 136000 \text{ kg} < N_n = 5097622,563 \text{ kg}$.

Sedangkan untuk profil balok digunakan dimesi baja profil WF $400 \times 200 \times 8 \times 13$ yang dapat memikul momen (M_u) sebesar $5009,31 \text{ kg.m}$, dan dapat memenuhi lendutan yang diijinkan dengan nilai $= 0,3766 \text{ cm} < ijin = 1,25 \text{ cm}$.

Jadi untuk dimensi profil baja WF yang digunakan pada struktur adalah sebagai berikut:

- Profil WF Kolom : $400 \times 400 \times 13 \times 21$
- Profil WF Balok : $400 \times 200 \times 8 \times 13$

Dari hasil perhitungan sambungan pada portal melintang didapat jumlah baut pada setiap sambungan, seperti terlihat pada tabel dibawah ini:

Keterangan	Sambungan type A	Sambungan type B	Sambungan type C	Sambungan kolom-kolom
Jumlah baut	4	4	4	16
Jumlah titik	3	11	13	12
Total baut	12	44	52	192

5.2 Saran

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, penulis memberikan saran agar pemilihan profil untuk balok dan kolom WF (Wide flange) sangat penting sehingga profil yang dipakai dengan dimensi lebih kecil yang sesuai dengan kebutuhan penampang yang diperlukan sehingga akan menghasilkan suatu struktur yang lebih ringan dan lebih ekonomis, oleh karena itu penulis juga menyarankan agar pada saat analisa menggunakan program bantu untuk mendapatkan nilai M_u , V_u dan N_u , harus dilakukan dengan benar agar nilai yang diambil untuk mendesain penampang balok, kolom maupun sambungan bisa sesuai dengan yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
2. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lain.
3. SNI 1726 : 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung & Non Gedung.
4. Laurentius,Sjahril. 1992. Metode Plastis, Analisis dan desain. Jakarta
5. Agus setiawan. 2002. Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD. Ciracas, Jakarta.

2.8 Perhitungan momen portal frame

Perhitungan momen digunakan program bantu staad pro 2008 untuk mendapatkan nilai - nilai momen struktur frame yang diakibatkan oleh beban mati termasuk berat sendiri struktur, beban hidup dan beban gempa dengan menggunakan :

profil kolom = WF 400 x 400 x 21 x 13
profil balok = WF 400 x 200 x 13 x 8

2.9 Perencanaan profil WF Balok dan kolom pada portal melintang

Didapat nilai gaya aksial tekan terfaktor (N_u) dan Momen (M_u) dengan menggunakan program bantu staad pro staad pro 2008 sebesar :

Kolom melintang (No. Batanng 320)

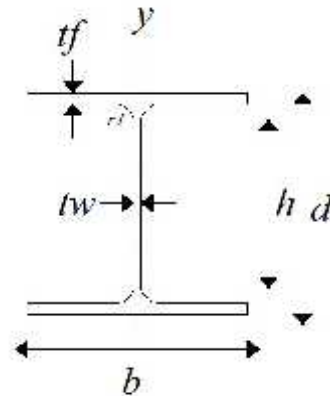
$N_u = 138000$ kg
 $M_u = 8215.540$ kgm
 $L = 5.00$ m

Digunakan profil baja WF kolom 400 x 400 x 21 x 13
Profil baja menggunakan BJ 37

$f_y = 240$ Mpa
 $= 2400.00$ kg/cm²

Data profil :

$G = 172$ kg/m
 $d = 400$ mm
 $b = 400$ mm
 $t_w = 13$ mm
 $t_f = 21$ mm
 $A_g = 217.8$ cm²
 $I_x = 66600$ cm⁴
 $I_y = 22400$ cm⁴
 $Z_x = 3330$ cm³
 $Z_y = 1120$ cm³



2.9.3 Perencanaan profil kolom WF

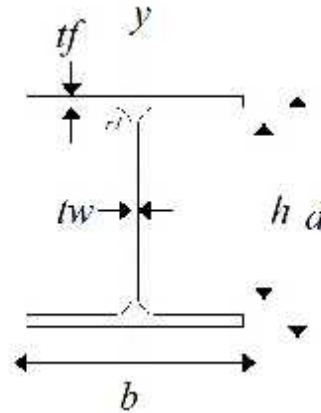
Digunakan profil baja WF kolom 400 x 400 x 21 x 13
 Profil baja menggunakan BJ 37

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

$$= 2400.00 \text{ kg/cm}^2$$

Data profil :

G	$=$	172	kg/m
d	$=$	400	mm
b	$=$	400	mm
t_w	$=$	13	mm
t_f	$=$	21	mm
A_g	$=$	218.7	cm^2
I_x	$=$	66600	cm^4
I_y	$=$	22400	cm^4
Z_x	$=$	3330	cm^3
Z_y	$=$	1120	cm^3
i_x	$=$	175	mm
i_y	$=$	101	mm



- periksa kelangsingan penampang

$$\text{Flens} = \frac{(b/2)}{t_f} = \frac{400/2}{21} = 9.524$$

$$\lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16.137$$

- Kontrol kekompakan

$$\boxed{9.524} < r$$

$$9.524 < 16.137 \quad \text{Penampang kompak}$$

$$\text{Web} = \frac{h}{t_w} = \frac{400/2}{13} = 15.385$$

$$\lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{240}} = 42.926$$

-Kontrol kekompakan

$$\boxed{< r}$$

$$15.385 < 42.926 \quad \text{Penampang kompak}$$

Kondisi tumpuan jepit-jepit, jadi nilai $k = 1$
arah sumbu kuat (sumbu x) :

$$x = \frac{k.L}{i_x} = \frac{1.0 \times 5000}{175.0} = 28.571$$

$$c_x = \frac{k.L}{\pi \cdot i_x} \sqrt{f_c} = \frac{1.0 \times 5000}{3.14 \times 175.0} \sqrt{240/200000} = 0.315$$

$$0.25 < c_x < 1.2$$

maka :

$$\omega_x = \frac{1.430}{1.6 - 0.67\lambda c_x}$$

$$\omega_x = \frac{1.430}{1.6 - 0.67 \times 0.315}$$

$$\omega_x = 1.03$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot F_y / \omega_x$$

$$= 21870 \times \frac{240}{1.030} = 5097622.563 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{\Phi_c \cdot N_n} = \frac{1380000.00}{0.85 \times 5097622.563} = 0.3185$$

$$= 0.3185 < 1 \quad \text{.....OK}$$

arah sumbu lemah (sumbu y) :

$$y = \frac{k.L}{i_y} = \frac{1.0 \times 5000}{101.0} = 49.505$$

$$c_y = \frac{k.L}{\pi \cdot I_y} \sqrt{\frac{I_x}{I_y}} = \frac{1.0 \times 5000}{3.14 \times 101.0} \sqrt{\frac{240}{200000}} = 0.546$$

$$0.25 < c_x < 1.2$$

maka :

$$\omega_y = \frac{1.430}{1.6 - 0.67\lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1.430}{1.6 - 0.67 \times 0.546}$$

$$\omega_y = 1.16$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot F_y / \omega_x$$

$$= 21870 \times \frac{240}{1.159} = 4529683.073 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{1380000.00}{0.85 \times 4529683.073} = 0.3584$$

$$= 0.3584 < 1 \quad \text{.....OK}$$

Jadi, profil 400 x 400 x 13 x 21 cukup untuk memikul beban tekan terfaktor (Nu) sebesar 125000 kg .

2.10 Perhitungan Penampang Balok Komposit

2.10.1 Perhitungan Balok Induk Panjang 4,5 m (batang no. 243)

Hasil Output dari program Staad Pro

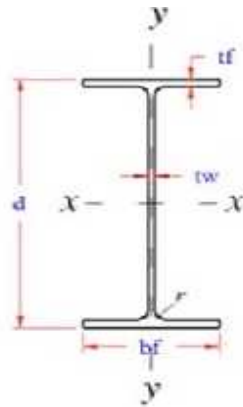
$$M_{u(+)} = 3608.3 \text{ kgm}$$

$$M_{u(-)} = 2114.584 \text{ kgm}$$

$$V_u = 4193.177 \text{ kg}$$

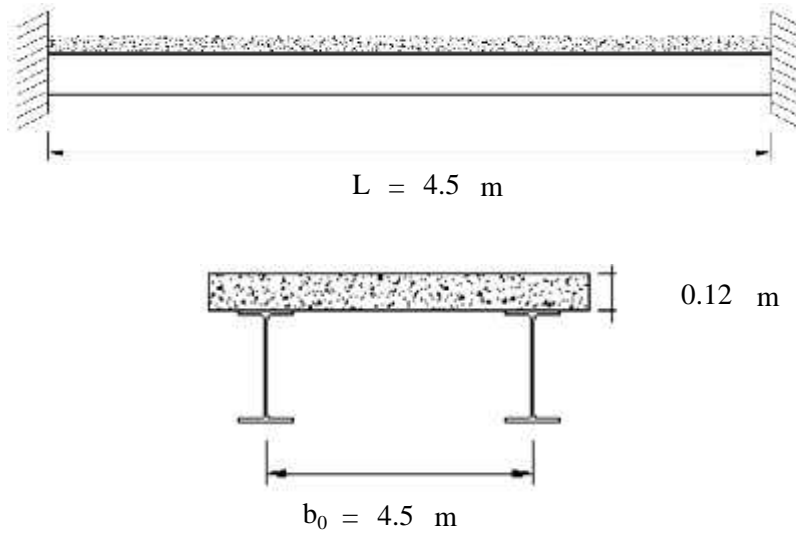
- Material baja : Bj 41 ;
- Tegangan leleh (f_y) : 240 MPa
- Tegangan putus (f_u) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Tebal pelat beton : 12 cm
- Mutu Beton (f'_c) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c) : $4700 \sqrt{f'_c}$
 $: 4700 \sqrt{25}$
 $: 23500 \text{ MPa}$

Digunakan profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13



Dari tabel baja diperoleh:

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



- Lebar Efektif balok komposit

Panjang Balok (L) = 450 cm

- Untuk balok Interior

$$b_E = \frac{L}{4} = \frac{450}{4} = 112.5 \text{ cm}$$

$$b_0 = 4.5 \text{ m} = 450 \text{ cm}$$

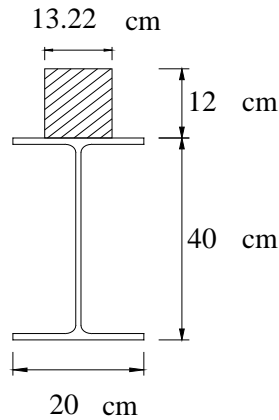
diambil yang terkecil, maka $t = 112.5 \text{ cm}$

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

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

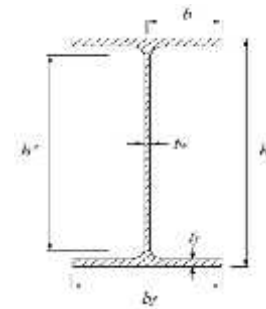
$$\frac{b_E}{n} = \frac{112.5}{8.511} = 13.22 \text{ cm}$$

Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



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

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



Tekuk Lokal Flens

$$f = \frac{b}{t_f} = \frac{100}{13} = 7.69 < p = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10.97$$

$f < p$ **Kompak!**

Tekuk Lokal Web

$$f_w = \frac{h'}{t_w} = \frac{355}{8} = 44.4 < p_w = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108.54$$

$f_w < p_w$ **Kompak!**

Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 45,4 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &= 2306,63 \text{ mm} \quad 2,31 \text{ m}\end{aligned}$$

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

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

- Konstanta torsi

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

$$c = 1$$

h_o = Jarak antar titik-titik berat sayap

$$= d - t_f$$

$$= 400 - 13$$

$$= 387 \text{ mm}$$

- Radius Girasi Efektif

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

$$r_{ts}^2 = 2829$$

$$r_{ts} = 53.19 \text{ mm}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

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

$$\begin{aligned} & \cdot \sqrt{\frac{361200 \cdot 1}{1190000 \cdot 387} + \sqrt{\frac{361200 \cdot 1}{1190000 \cdot 387}} + 6.76 \cdot \left(\frac{0.7 \cdot 240}{200000}\right)} \\ & = 123480.09 \cdot \sqrt{0.00078 + \sqrt{0.000000615} + 0.000004770} \\ & = 123480.09 \cdot \sqrt{0.00078 + \sqrt{0.000005385}} \\ & = 123480.09 \cdot \sqrt{0.00078 + 0.00232} \\ & = 123480.09 \cdot \sqrt{0.00310} \\ & = 6880.48 \text{ mm} \quad 6.88 \text{ m} \end{aligned}$$

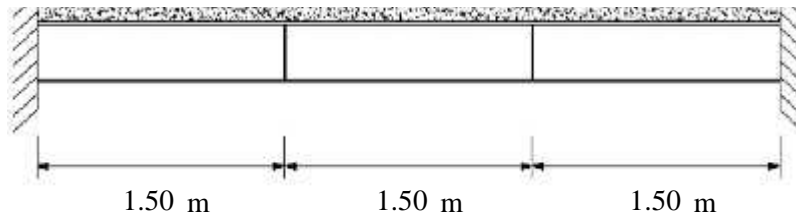
Maka $L > L_p < L_r$

$$4.5 > 2.31 < 6.88 \quad \text{Tidak Kompak!}$$

Direncanakan dalam kondisi penampang kompak

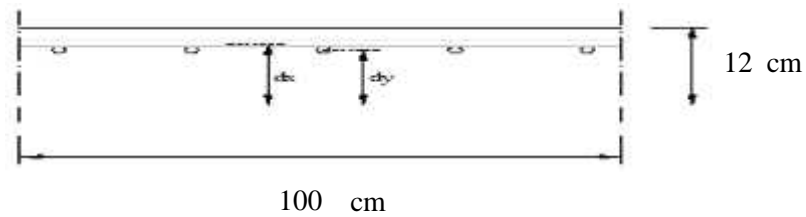
maka diberi pengaku lateral pada jarak $L_1 = 1.50 \text{ m}$





A. Kuat Lentur Nominal (Terhadap Momen Negatif)

- Perhitungan penulangan
- Perhitungan tinggi efektif pelat lantai



Tebal selimut betor (p) = 20 mm
 Ø Tulangan utama = 10 mm
 tebal plat lantai (h) = 120 mm

- Tinggi efektif (d) arah x :

$$\begin{aligned}
 dx &= h - p - 1/2 \cdot \text{Ø tul. utama} \\
 &= 120 - 20 - 1/2 \cdot 10 \\
 &= 95.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Tinggi efektif (d) arah y :

$$\begin{aligned}
 dy &= h - p - 1/2 \cdot \text{Ø tul. utama} - \text{Ø tul. utama} \\
 &= 120 - 20 - 1/2 \cdot 10 - 10 \\
 &= 85.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan momen pada pelat lantai

$$= \frac{L_y}{L_x} = \frac{3.6}{3.6} = 1.00 \quad (\text{Maka digunakan Pelat Dua Arah})$$

Beban terfaktor:

$$\begin{aligned} q_u &= 1.2 \cdot q_D + 1.6 \cdot q_L \\ &= 1.2 \cdot 453 + 1.6 \cdot 488 \\ &= 1324.81 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Dengan mengetahui nilai L_y/L_x maka dapat ditentukan nilai M_{lx} , M_{ly} , M_{tx} , M_{ty} sesuai PBI 1971 hal 202 (plat terjepit penuh), yaitu:

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= -0.001 \cdot 1324.81 \cdot 3.6^2 \cdot 36 \\ &= -618 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= -0.001 \cdot 1324.81 \cdot 3.6^2 \cdot 36 \\ &= -618 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Penulangan arah x (penulangan tumpuan M_{tx})

diketahui:

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

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

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

$$d_x = 95.0 \text{ mm}$$

$$M_{tx} = 618.1 \text{ kg.m} = 6181054 \text{ N.mm}$$

$$\text{Momen nominal} = \frac{M_u}{0.9} = \frac{6181054}{0.9} = 6867837.8 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d}{f_y} \left[-\sqrt{\frac{2 \cdot M_n}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right] \\
 &= \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95}{240} \left[-\sqrt{\frac{2 \cdot 6867837.8}{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95^2}} \right] \\
 &= 8411.5 \cdot \left[-0.96352 \right] \\
 &= 8411.5 \cdot 0.03648 \\
 &= 306.82 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= 0.002 \cdot b \cdot h \\
 &= 0.002 \cdot 1000 \cdot 120 \\
 &= 240 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$1 = 0.85 \rightarrow f_c' = < 28 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ max}} &= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot f_c \cdot 1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \cdot d \\
 &= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 0.85}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} \cdot 1000 \cdot 95 \\
 &= 3830.2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s = 306.82 \text{ mm}^2 &> A_{s \text{ min}} = 240 \text{ mm}^2 \\
 &< A_{s \text{ max}} = 3830.2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan $A_s = 306.82 \text{ mm}^2$

Direncanakan tulangan = \emptyset 10

$$A_s = \dots \cdot 3.14 \cdot 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_s \cdot b}{A_{s,u}} = \frac{78.5 \cdot 1000}{306.82} = 255.9 \text{ mm} \quad 250 \text{ mm}$$

Kontrol:

$$A_s = \frac{A_s \cdot b}{s} = \frac{78.5 \cdot 1000}{250} = 314.0 \text{ mm}^2 > 306.82 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

jadi, digunakan tulanga \emptyset 10 - 250 mm

Syarat jarak maksimum tulangan plat:

$$3h = 3 \cdot 120 = 360 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan tarik dalam lebar efektif Beton (b_e)

$$= \frac{1125}{250} = 4.50 \text{ buah} \quad 5 \text{ buah}$$

Maka luas tulangan tarik dalam lebar efektif

$$\begin{aligned} A_{sr} &= A_{st} \cdot 5 \\ &= 78.5 \cdot 5 = 392.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum dari profil baja

$$\begin{aligned} C_{smax} &= A_s \cdot f_y \\ &= 8410.0 \cdot 240 \\ &= 2018400.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Tahanan tarik nominal tulangan

$$\begin{aligned}
 T_{sr} &= A_{sr} \cdot f_y \\
 &= 392.5 \cdot 240 \\
 &= 94200.0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

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

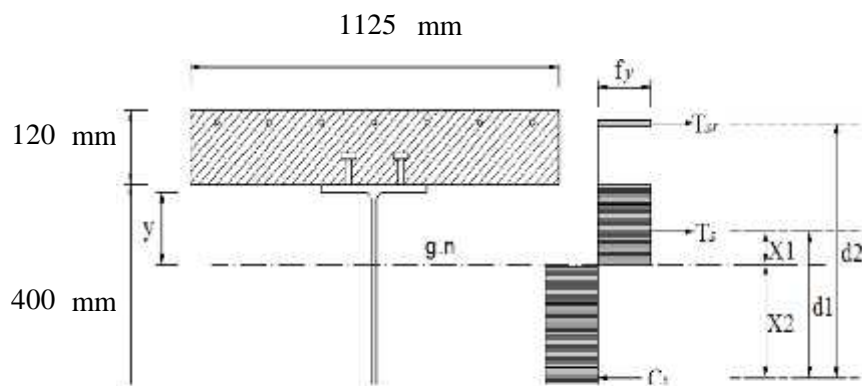
Maka kesetimbangan gaya dapat di hitung sebagai berikut

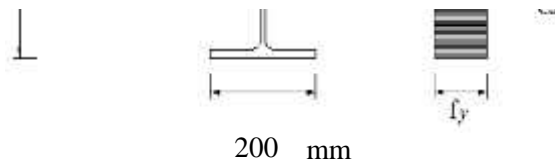
$$\begin{aligned}
 T_{sr} + T_s &= C_{smax} - T_s \\
 T_s &= C_{smax} - T_s \\
 T_s &= 2018400.0 - 94200.0 \\
 T_s &= 1924200.0 \\
 T_s &= \frac{1924200.0}{2} = 962100 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Asumsikan sumbu netral jatuh di flens baja

$$\begin{aligned}
 \frac{T_s}{f_y \cdot b_f} &= \frac{962100}{240 \cdot 200} \\
 &= 20.04 \text{ mm} > t_f = 13 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

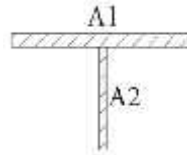
maka garis netral jatuh di web baja





Mencari Luasan T_s

$$\begin{aligned}
 A_1 &= b_f \cdot t_f \\
 &= 200 \cdot 13 \\
 &= 2600 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 A_2 &= y \cdot t_w \\
 &= y \cdot 8 \\
 &= 8 y
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= A_1 + A_2 \\
 &= 2600 + 8 y \\
 &= 8 y + 2600
 \end{aligned}$$

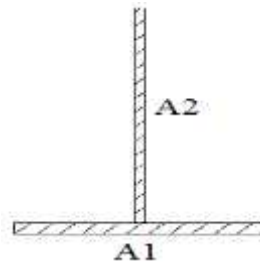
Gaya tekan Pada Baja

Mencari luasan C_s

$$\begin{aligned}
 A_1 &= b_f \cdot t_f \\
 &= 200 \cdot 13 \\
 &= 2600 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w \\
 &= (400 - 2 \cdot 13 - y) \cdot 8 \\
 &= (374 - y) \cdot 8 \\
 &= 2992 - 8 y
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s' &= A_1 + A_2 \\
 &= 2600 + 2992 - 8 y \\
 &= 5592 - 8 y
 \end{aligned}$$



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

$$\begin{aligned}
 (5592 - y) \cdot 240 &= 94200 + (8y + 2600 \cdot 240) \\
 1342080 - 1920y &= 94200 + 1920y + 624000 \\
 1342080 - 1920y &= 718200 + 1920y \\
 1342080 - 718200 &= 1920y + 1920y \\
 623880.0 &= 3840y
 \end{aligned}$$

$$y = \frac{623880.0}{3840} = 162.47 \text{ mm}$$

Maka gaya tarik baja T_s

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \cdot f_y \\
 &= (8 \cdot y + 2600) \cdot f_y \\
 &= (8 \cdot 162.47 + 2600) \cdot 240 \\
 &= 935940.0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka gaya tekan baja C_s

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot f_y \\
 &= (5592 - 8y) \cdot f_y \\
 &= (5592 - 8 \cdot 162.47) \cdot 240 \\
 &= 1030140 \text{ N}
 \end{aligned}$$

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

$$1030140 = 935940.0 + 94200.0$$

$$1030140 = 1030140 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

T_s

$$\begin{aligned}
 A_2 &= y \cdot t_w \\
 &= 162.47 \cdot 8 \\
 &= 1299.75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= A_1 + A_2 \\
 &= 2600 + 1299.75 \\
 &= 3899.75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y1 &= y + \frac{1}{2} \cdot t_f & Y2 &= \frac{1}{2} \cdot y \\
&= 162.47 + \frac{1}{2} \cdot 13 & &= \frac{1}{2} \cdot 162.47 \\
&= 168.97 \text{ mm} & &= 81.23 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Maka titik berat } C_s &= \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2} \\
&= \frac{(2600 \cdot 168.97) + (1299.75 \cdot 81.23)}{2600 + 1299.75} \\
X1 &= 139.73 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

$$\begin{aligned}
C_s \\
A2 &= (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w \\
&= (400 - 2 \cdot 13 - 162.47) \cdot 8 \\
&= 1692.25 \text{ mm}^2 \\
Y1 &= d - t_f - y - (\frac{1}{2} \cdot t_f) \\
&= (400 - 13 - 162.47 - (\frac{1}{2} \cdot 13)) \\
&= 218.03 \text{ mm} \\
Y2 &= \frac{1}{2} \cdot (d - (2 \cdot t_f) - y) \\
&= \frac{1}{2} \cdot (400 - (2 \cdot 13) - 162.47) \\
&= 105.77 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Maka titik berat } T_s &= \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2} \\
&= \frac{(2600 \cdot 218.03) + (1692.25 \cdot 105.8)}{2600 + 1692.3} \\
X2 &= 173.77 \text{ mm}
\end{aligned}$$

- Mencari kuat lentur nominal

$$\begin{aligned}d1 &= X1 + X2 \\ &= 139.73 + 173.77 \\ &= 313.50 \text{ mm} \\ d2 &= X2 + y + t_f + d_x \\ &= 173.77 + 162.47 + 13 + 95 \\ &= 444.24 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka kuat nominal terhadap tarik adalah

$$\begin{aligned}M_n &= T_s \cdot d1 + T_{sr} \cdot d2 \\ &= 935940.0 \cdot 313.5 + 94200.0 \cdot 444.24 \\ &= 335262058.13 \text{ Nmm} \quad 33526.21 \text{ kg}\cdot\text{m}\end{aligned}$$

- **Kuat Lentur Rencana**

$$\begin{aligned}b \cdot M_n &= 0.9 \cdot 33526.21 \\ &= 30173.59 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$M_n > M_u$$

$$30173.59 > 2114.58 \quad \text{Ok}$$

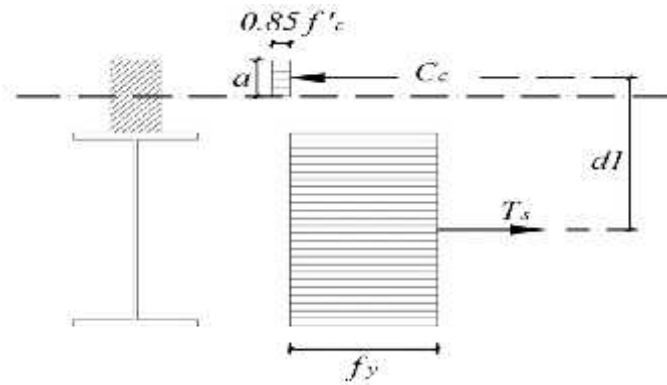
B. Kuat Lentur Nominal (Terhadap Momen Positif)

Mencari letak garis netral plastis, Sehingga:

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot \quad \cdot b_e} \\ &= \frac{8410 \cdot 240}{0.85 \cdot 25 \cdot 1125} \\ &= 84.43 < t_s\end{aligned}$$

$$a < t_s$$

84.43 < 120 Maka garis netral jatuh di Pelat



- Nilai tekan pada beton

$$\begin{aligned} C_c &= 0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E \\ &= 0.85 \cdot 25 \cdot a \cdot 1125.0 \\ &= 23906.25 a \text{ N} \end{aligned}$$

- Nilai tekan pada profil baja

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

$$a = \frac{2018400}{23906.25} = 84.43 \text{ mm} \quad \begin{aligned} C &= 23906.25 \cdot 84.43 \\ &= 2018400 \text{ N} \end{aligned}$$

- Maka keseimbangan gayanya:

$$\begin{aligned} C_c &= T_s & C_c &= 23906.25 a \\ 23906.25 a &= 2018400 & &= 23906.25 \cdot 84.43 \\ a &= 2018400 & &= 2018400.0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u &= 23906.25 \\
 &= 84.43 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka Kuat Lentur nominal

$$\begin{aligned}
 M_n &= T \cdot d_l = A_s \cdot f_y \cdot \left[\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right] \\
 &= 8410.0 \cdot 240 \cdot \left[\frac{400}{2} + 120 - \frac{84.43}{2} \right] \\
 &= 560681441.88 \text{ N}\cdot\text{mm} \quad 56068.14 \text{ kg}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

Kuat Lentur Rencana

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0.9 \cdot 56068.14 \\
 &= 50461.33 \text{ kg}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

$$M_n > M_u$$

$$50461.33 > 3608.30 \quad \text{Ok}$$

Penghubung Geser

- Gunakan *Stud Connect* 1/2" x cm.
- Gaya geser maksimum pada daerah momen positif adalah yang terkecil dari :

- Kehancuran beton

$$\begin{aligned}
 V_h &= 0.85 \cdot f'_c \cdot b_e \cdot t_s \\
 &= 0.85 \cdot 25 \cdot 1125 \cdot 120 \\
 &= 2868750.00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Leleh tarik dari penampang baja

$$V_h = f_y \cdot A_s$$

$$= 240 \cdot 8410$$

$$= 2018400.0 \text{ N}$$

Maka digunakan $V_h : 2018400 \text{ N}$

- Diameter maksimum stud yang diijinkan:

$$2.5 \cdot t_f = 2.5 \cdot 13 = 33 \text{ mm} > \frac{1}{2}'' = 12.70 \text{ mm}$$

- Luas Penampang Melintang satu buah *Stud Connector*:

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot 12.70^2}{4} = 126.73 \text{ mm}^2$$

- Kuat geser satu buah *Stud Connector*:

$$Q_n = 0.5 \cdot A_{sc} \sqrt{f_u} \leq A_{sc} \cdot f_u$$

$$= 0.5 \cdot 126.73 \sqrt{25 \cdot 23500} \leq 126.73 \cdot 370$$

$$= 48567.53 \text{ N} > 46889.31 \text{ N}$$

$$Q_n = 46889.31 \text{ N}$$

- Persyaratan antar penghubung geser

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

$$\text{Jarak Maksimum Longitudinal} = 8t = 8 \times 120 = 960 \text{ mm}$$

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

- Jumlah *Stud* yang diperlukan

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{2018400}{46889.31} = 43.05 \quad 44 \text{ buah}$$

- Gunakan minimum 44 stud untuk $\frac{1}{2}$ bentang balok, atau 88 buah untuk keseluruhan bentang. Jika satu buah *Stud* di pasang setiap penampang melintang, maka jarak antar Stud adalah:

$$s = \frac{4500.00}{88 / 2} = 102 \text{ mm} < 960 \text{ mm (Jarak Stud maksimum)}$$

Maka jarak yang digunakan 102 mm

Menghitung Kuat geser Penampang

- Luas badan Web

$$\begin{aligned} A_w &= (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= (400 - 2 \cdot 13) \cdot 8 \\ &= 2992.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat geser Penampang

C_V = Koefisien geser badan = 1.0 (SNI 1729-2015 hal: 73)

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_V \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 2992.0 \cdot 1.0 \\ &= 430848.00 \text{ N} \quad 43084.80 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat Nominal geser Penampang

$$\begin{aligned} V_n &= 0.90 \cdot 43084.80 \\ &= 38776.32 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat:

$$V_n > V_u$$

$$38776.32 > 4193.177 \quad \text{Ok}$$

- Perhitungan las fillet pada penghubung geser :

electrode E7014 $f_{uw} = 506 \text{ N/mm}^2$

tebal las rencana = 8 mm

$$t_e = 0.707 a$$

$$= 0.707 \cdot 8$$

$$= 5.656 \text{ mm}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &= 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \times f_{uw}) \\ &= 0.75 \cdot 5.656 \cdot (0.6 \times 506) \\ &= 1287.87 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang keliling konektor (K) :

$$\begin{aligned} K &= \cdot d \\ &= \cdot 12.7 \\ &= 39.91 \text{ mm} \end{aligned}$$

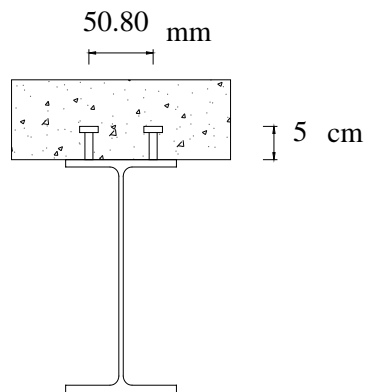
Las sekeliling shear konektor

$$R_u = \frac{Q_n}{K} = \frac{46889}{39.9} = 1174.75 \text{ N/mm}$$

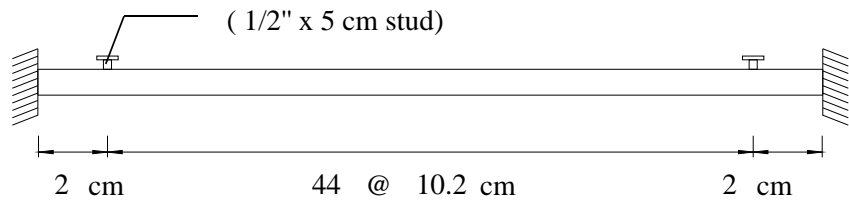
Syarat :

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

$$1287.87 \text{ N} > 1174.75 \text{ N} \quad \text{OK!}$$



Letak stud pada penampang melintang profil



2.8 Perhitungan momen portal frame

Perhitungan momen digunakan program bantu staad pro 2008 untuk mendapatkan nilai - nilai momen struktur frame yang diakibatkan oleh beban mati termasuk berat sendiri struktur, beban hidup dan beban gempa dengan menggunakan :

profil kolom = WF 400 x 400 x 21 x 13
profil balok = WF 400 x 200 x 13 x 8

2.9 Perencanaan profil WF Balok dan kolom pada portal melintang

Didapat nilai gaya aksial tekan terfaktor (N_u) dan Momen (M_u) dengan menggunakan program bantu staad pro staad pro 2008 sebesar :

Kolom melintang (No. Batang 320)

$N_u = 125000$ kg
 $M_u = 9230.000$ kgm
 $L = 5.00$ m

Balok Melintang (No. Batang 408)

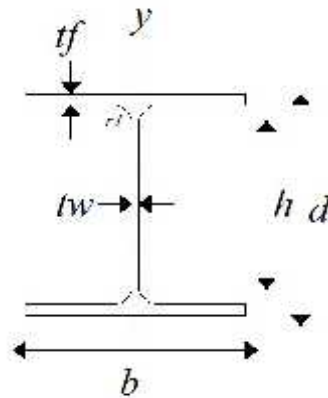
$N_u = 2977.0$ kg
 $M_u = 9100.000$ kgm
 $L = 4.50$ m

Digunakan profil baja WF kolom 400 x 400 x 21 x 13
Profil baja menggunakan BJ 37

$f_y = 240$ Mpa
 $= 2400.00$ kg/cm²

Data profil :

$G = 172$ kg/m
 $d = 400$ mm
 $b = 400$ mm
 $t_w = 13$ mm
 $t_f = 21$ mm
 $A_g = 217.8$ cm²
 $I_x = 66600$ cm⁴
 $I_y = 22400$ cm⁴



$$Z_x = 3330 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 1120 \text{ cm}^3$$

Digunakan profil baja WF balok 400 x 200 x 13 x 8
 Profil baja menggunakan BJ 37

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

$$= 2400.00 \text{ kg/cm}^2$$

Data profil :

$$G = 66 \text{ kg/m}$$

$$d = 400 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$t_w = 8 \text{ mm}$$

$$t_f = 13 \text{ mm}$$

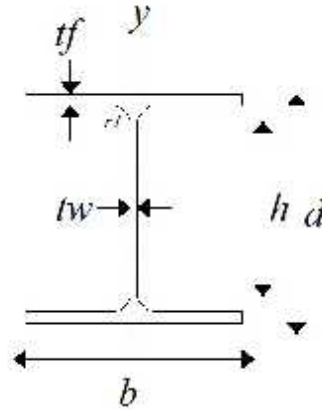
$$A_g = 84.1 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 23700 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 1740 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 174 \text{ cm}^3$$



berat pada balok q :

- Berat sendiri profil	=	66	Kg/m'			
- Berat plat lantai	=	2400	x	0.12	x	4.5 = 1296 Kg/m'
- Berat dinding	=	1700	x	0.15	x	4.5 = 1147.5 Kg/m'
- Berat akibat beban guna	=	200	x	4.5	=	900 Kg/m'
						<u>3343.5 Kg/m'</u>
						= 33.435 Kg/cm'

2.9.1 Perencanaan profil balok WF

a. Menghitung modulus plastis (Zx) balok WF

$$Z_x = \frac{M_u}{b \cdot F_y} = \frac{910000.000}{0.9 \times 2400.00} = 421.30 \text{ cm}^3$$

c. Kontrol kekuatan penampang

$$b \cdot M_n = b \cdot Z_x \cdot F_y \leq M_u$$

maka :

$$\begin{aligned} &= 1 \times 1190.00 \times 2400.00 \times 910000.000 \\ &= \frac{2570400}{910000.000} \quad \text{.....OK} \end{aligned}$$

d. Kontrol tegangan

$$F_s = \frac{M_u}{Z_x} = \frac{910000.000}{1190} = 764.706 < 2400.00 \text{ kg/cm}^2$$

2.9.2 Perhitungan lendutan pada balok

Panjang dari balok baja WF adalah 4,5 meter, maka besar defleksi atau lendutan ijin balok WF adalah:

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{450}{360} = 1.25 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \times 33.435 \times 450}{384 \times 2E+06 \times 23700} = 0.37663 \text{ cm}$$

- Kontrol lendutan balok

$$\begin{aligned} &0.3766 \text{ cm} < 1.25 \text{ cm} \quad \text{..... OK} \\ & < \text{ijin} \end{aligned}$$

2.9.3 Perencanaan profil kolom WF

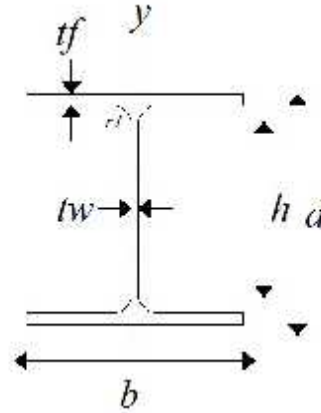
Digunakan profil baja WF kolom 400 x 400 x 21 x 13
 Profil baja menggunakan BJ 37

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

$$= 2400.00 \text{ kg/cm}^2$$

Data profil :

G	=	172	kg/m
d	=	400	mm
b	=	400	mm
t_w	=	13	mm
t_f	=	21	mm
A_g	=	218.7	cm ²
I_x	=	66600	cm ⁴
I_y	=	22400	cm ⁴
Z_x	=	3330	cm ³
Z_y	=	1120	cm ³
i_x	=	175	mm
i_y	=	101	mm



- periksa kelangsingan penampang

$$\text{Flens} = \frac{(b/2)}{t_f} = \frac{400/2}{21} = 9.524$$

$$\lambda_r = \frac{250}{f_y} = \frac{250}{240} = 16.137$$

- Kontrol kekompakan

$$\boxed{9.524} < 16.137$$

$$\text{Web} = \frac{h}{t_w} = \frac{400/2}{13} = 15.385$$

Penampang kompak

$$\lambda_r = \frac{665}{f_y} = \frac{665}{240} = 42.926$$

-Kontrol kekompakan

$$\boxed{< r}$$

$$15.385 < 42.926 \quad \text{Penampang kompak}$$

Kondisi tumpuan jepit-jepit, jadi nilai $k = 1$
arah sumbu kuat (sumbu x) :

$$x = \frac{k.L}{i_x} = \frac{1.0 \times 5000}{175.0} = 28.571$$

$$c_x = \frac{k.L}{\pi \cdot i_x} \sqrt{I_x} = \frac{1.0 \times 5000}{3.14 \times 175.0} \sqrt{240/200000} = 0.315$$

$$0.25 < c_x < 1.2$$

maka :

$$\omega_x = \frac{1.430}{1.6 - 0.67\lambda c_x}$$

$$\omega_x = \frac{1.430}{1.6 - 0.67 \times 0.315}$$

$$\omega_x = 1.03$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot F_y / \omega_x$$

$$= 21870 \times \frac{240}{1.030} = 5097622.563 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{1250000.00}{0.85 \times 5097622.563} = 0.2885$$

$$= 0.2885 < 1 \quad \text{.....OK}$$

arah sumbu lemah (sumbu y) :

$$y = \frac{k.L}{i_y} = \frac{1.0 \times 5000}{101.0} = 49.505$$

$$c_y = \frac{k.L}{\pi \cdot I_y} \sqrt{\frac{I_x}{I_y}} = \frac{1.0 \times 5000}{3.14 \times 101.0} \sqrt{\frac{240}{200000}} = 0.546$$

$$0.25 < c_x < 1.2$$

maka :

$$\omega_y = \frac{1.430}{1.6 - 0.67\lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1.430}{1.6 - 0.67 \times 0.546}$$

$$\omega_y = 1.16$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot F_y / \omega_x$$

$$= 21870 \times \frac{240}{1.159} = 4529683.073 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{1250000.00}{0.85 \times 4529683.073} = 0.3247$$

$$= 0.3247 < 1 \quad \text{.....OK}$$

Jadi, profil 400 x 400 x 13 x 21 cukup untuk memikul beban tekan terfaktor (Nu) sebesar 125000 kg .

2.10 Perencanaan profil WF Balok dan kolom pada portal memanjang

Didapat nilai gaya aksial tekan terfaktor (N_u) dan Momen (M_u) dengan menggunakan program bantu staad pro staad pro 2008 sebesar :

Kolom memanjang (No. Batang 318)

$$\begin{aligned} N_u &= 125000 && \text{kg} \\ M_u &= 1430 && \text{kgm} \\ L &= 5.00 && \text{m} \end{aligned}$$

Balok Memanjang (No. Batang 54)

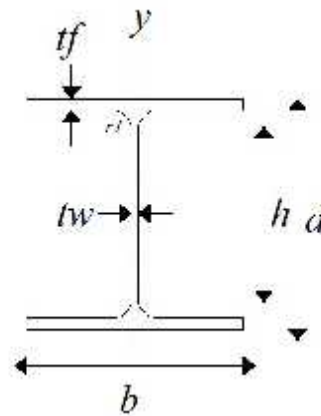
$$\begin{aligned} N_u &= 54.353 && \text{kg} \\ M_u &= 9210 && \text{kgm} \\ L &= 5.00 && \text{m} \end{aligned}$$

Dicoba menggunakan profil baja WF kolom 400 x 400 x 21 x 13
Profil baja menggunakan BJ 37

$$\begin{aligned} f_y &= 240 && \text{Mpa} \\ &= 2400.00 && \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Data profil :

$$\begin{aligned} G &= 172 && \text{kg/m} \\ d &= 400 && \text{mm} \\ b &= 400 && \text{mm} \\ t_w &= 13 && \text{mm} \\ t_f &= 21 && \text{mm} \\ A_g &= 218.7 && \text{cm}^2 \\ I_x &= 66600 && \text{cm}^4 \\ I_y &= 22400 && \text{cm}^4 \\ Z_x &= 3330 && \text{cm}^3 \\ Z_y &= 1120 && \text{cm}^3 \end{aligned}$$



berat pada balok q :

$$\begin{aligned} - \text{ Berat sendiri profil} &= 66 && \text{Kg/m}' \\ - \text{ Berat plat lantai} &= 2400 && \times 0.12 && \times 4.5 = 1296 && \text{Kg/m}' \\ - \text{ Berat dinding} &= 1700 && \times 0.15 && \times 4.5 = 1147.5 && \text{Kg/m}' \end{aligned}$$

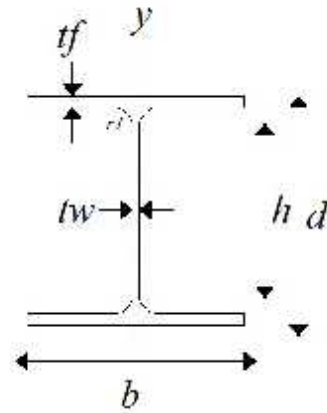
$$\begin{aligned}
 \text{Berat akibat beban guna} &= 200 \times 4.5 = \frac{900}{3343.5} \text{ Kg/m'} \\
 &= 33.435 \text{ Kg/cm'}
 \end{aligned}$$

Digunakan profil baja WF balok 400 x 200 x 13 x 8
 Profil baja menggunakan BJ 37

$$\begin{aligned}
 f_y &= 240 \text{ Mpa} \\
 &= 2400.00 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Data profil :

$$\begin{aligned}
 G &= 66 \text{ kg.m} \\
 d &= 400 \text{ mm} \\
 b &= 200 \text{ mm} \\
 t_w &= 8 \text{ mm} \\
 t_f &= 13 \text{ mm} \\
 A_g &= 84.1 \text{ cm}^2 \\
 I_x &= 23700 \text{ cm}^4 \\
 I_y &= 1740 \text{ cm}^4 \\
 Z_x &= 1190 \text{ cm}^3 \\
 Z_y &= 174 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$



2.10.1 Perencanaan profil balok WF

a. Menghitung modulus plastis (Zx) balok WF

$$Z_x = \frac{M_u}{b \cdot F_y} = \frac{921000}{0.9 \times 2400.00} = 426.39 \text{ cm}^3$$

c. Kontrol kekuatan penampang

$$b \cdot M_n = b \cdot Z_x \cdot F_y \quad M_u$$

maka :

$$\begin{aligned}
 &= 1 \times 1190.00 \times 2400.00 > 921000 \\
 &= 2856000 > 921000.000 \quad \text{.....OK}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol tegangan

$$= \frac{M_u}{Z_x} = \frac{921000.000}{1190} = 773.950 < 2400 \text{ kg/cm}^2$$

2.10.2 Perhitungan lendutan pada balok

Panjang dari balok baja WF adalah 5 meter, maka besar defleksi atau lendutan ijin balok WF adalah:

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1.39 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \times 33.435 \times 500}{384 \times 2E+06 \times 23700} = 0.57404 \text{ cm}$$

- Kontrol lendutan balok

$$0.574 \text{ cm} < 1.39 \text{ cm} \text{ OK}$$

2.10.3 Perencanaan profil kolom WF

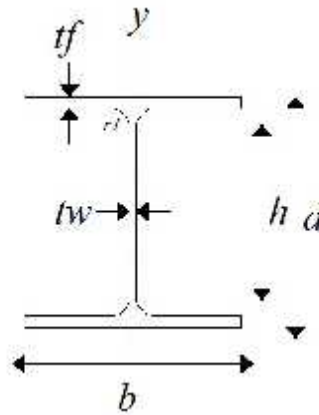
Digunakan profil baja WF kolom 400 x 400 x 21 x 13
 Profil baja menggunakan BJ 37

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

$$= 2400.00 \text{ kg/cm}^2$$

Data profil :

- $G = 172 \text{ kg/m}$
- $d = 400 \text{ mm}$
- $b = 400 \text{ mm}$
- $t_w = 13 \text{ mm}$
- $t_f = 21 \text{ mm}$
- $A_g = 218.7 \text{ cm}^2$
- $I_x = 66600 \text{ cm}^4$



$$\begin{aligned}
 I_y &= 22400 \text{ cm}^4 \\
 Z_x &= 3330 \text{ cm}^3 \\
 Z_y &= 1120 \text{ cm}^3 \\
 i_x &= 175 \text{ mm} \\
 i_y &= 101 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- periksa kelangsingan penampang

$$\text{Flens} = \frac{(b/2)}{t_f} = \frac{400/2}{21} = 9.524$$

$$\lambda_r = \frac{250}{f_y} = \frac{250}{240} = 16.137$$

- Kontrol kekompakan

$$\boxed{9.524 < 16.137}$$

$$\text{Web} = \frac{h}{t_w} = \frac{400/2}{13} = 15.385 \quad \text{Penampang kompak}$$

$$\lambda_r = \frac{665}{f_y} = \frac{665}{240} = 42.926$$

-Kontrol kekompakan

$$\boxed{15.385 < 42.926}$$

$$15.385 < 42.926 \quad \text{Penampang kompak}$$

Kondisi tumpuan jepit-jepit, jadi nilai $k = 1$
 arah sumbu kuat (sumbu x) :

$$\mathbf{x} = \frac{k.L}{i_x} = \frac{1.0 \times 5000}{175.0} = 28.571$$

$$\mathbf{c_x} = \frac{k.L}{\pi \cdot i_x} \sqrt{I_x} = \frac{1.0 \times 5000}{3.14 \times 175.0} \sqrt{240/200000} = 0.315$$

$$0.25 < c_x < 1.2$$

maka :

$$\omega_x = \frac{1.430}{1,6 - 0,67\lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = \frac{1.430}{1.6 - 0.67 \times 0.315}$$

$$\omega_x = 1.03$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot F_y / \omega_x$$

$$= 21870 \times \frac{240}{1.030} = 5097622.563 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{\Phi_c \cdot N_n} = \frac{1226250.00}{0.85 \times 5097622.563} = 0.2830$$

$$= 0.2830 < 1 \quad \text{.....OK}$$

arah sumbu lemah (sumbu y) :

$$y = \frac{k \cdot L}{i_y} = \frac{1.0 \times 5000}{101.0} = 49.505$$

$$c_y = \frac{k \cdot L}{\pi \cdot I_y} \sqrt{I_y} = \frac{1.0 \times 5000}{3.14 \times 101.0} \sqrt{240/200000} = 0.546$$

$$0.25 < c_x < 1.2$$

maka :

$$\omega_y = \frac{1.430}{1,6 - 0,67\lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1.430}{1.6 - 0.67 \times 0.546}$$

$$\omega y = 1.16$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot F_y / \omega x$$

$$= 21870 \times \frac{240}{1.159} = 4529683.073 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{\Phi_c \cdot N_n} = \frac{1226250.00}{0.85 \times 4529683.073} = 0.3185$$

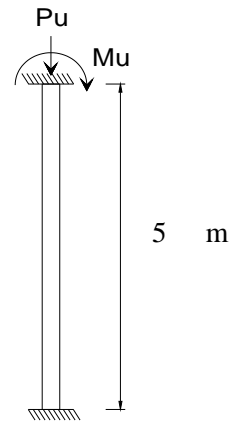
$$= 0.3185 < 1 \quad \text{.....OK}$$

Jadi, profil 400 x 400 x 13 x 21 cukup untuk memikul beban tekan terfaktor (N_u) sebesar 125000 kg .

2.9 Perhitungan Penampang Kolom

Hasil Output dari program Staad pro 2008

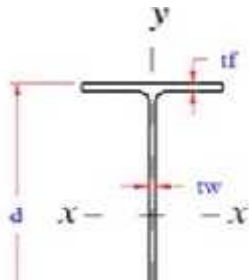
P_u	=	138000	kg	1380000.00	N
Sumbu kuat (X)					
V_{ux}	=	1310	kg	13100.00	N
M_{ux}	=	8310	kg·m	83100000	N·mm
Sumbu Lema (Y)					
V_{uy}	=	2360	kg	23600.00	N
M_{uy}	=	3330	kg·m	33300000	N·mm



- Material baja : Bj 41 ;
- Tegangan leleh (f_y) : 240 MPa
- Tegangan putus (f_u) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Modulus Geser baja : 77200 MPa
- Tebal pelat beton : 12 cm
- Mutu Beton (f'_c) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c) : $4700\sqrt{f'_c}$
 $: 4700\sqrt{25}$
 $: 23500$ MPa

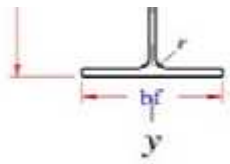
Kolom

Digunakan profil baja WF 600 x 200 x 11 x 17



Dari tabel baja diperoleh:

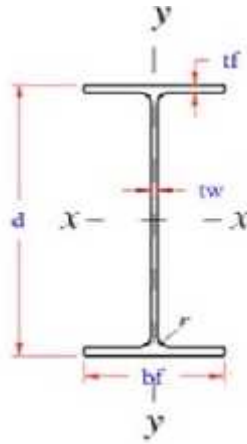
d	=	400	mm	I_x	=	66600	cm ⁴
b_f	=	400	mm	I_y	=	22400	cm ⁴
t_w	=	13	mm	i_x	=	17.5	cm
t_f	=	21	mm	i_y	=	10.1	cm



$$\begin{aligned}
 r &= 22 \text{ mm} & Z_x &= 3330 \text{ cm}^3 \\
 A_g &= 218.7 \text{ cm}^2 & Z_y &= 1110 \text{ cm}^3 \\
 w &= 172 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Balok

Digunakan profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13



Dari tabel baja diperoleh:

$$\begin{aligned}
 d &= 400 \text{ mm} & I_x &= 23700 \text{ cm}^4 \\
 b_f &= 200 \text{ mm} & I_y &= 1740 \text{ cm}^4 \\
 t_w &= 8 \text{ mm} & i_x &= 16.8 \text{ cm} \\
 t_f &= 13 \text{ mm} & i_y &= 4.54 \text{ cm} \\
 r &= 16 \text{ mm} & S_x &= 1190 \text{ cm}^3 \\
 A_g &= 84.10 \text{ cm}^2 & S_y &= 174 \text{ cm}^3 \\
 w &= 66 \text{ kg/m} & Z_x &= 1286 \text{ cm}^3 \\
 & & Z_y &= 266 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan Terhadap Kolom

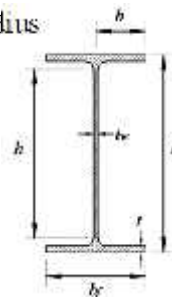
- Menentukan Klasifikasi Penampang Kolom memikul tekan

- Elemen pada batang tekan aksial

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius

sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned}
 h &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\
 &= 400 - 21 - 2 \cdot 22 \\
 &= 335 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Tekuk Lokal Flens

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} = \frac{200}{13} = 15.38 < \lambda_p = 0.56 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 16.2$$

$$f < p \quad \text{Kompak!}$$

Tekuk Lokal Web

$$w = \frac{h}{t_w} = \frac{335}{13} = 25.8 < p = 1.49 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 43.0$$

$$f < p \quad \text{Kompak!}$$

- Faktor Pembesaran Momen untuk P-

- Kapasitas tekuk kritis

$$I^* = I_x = 666000000 \text{ mm}^4$$

- Faktor untuk panjang tekuk arah yang ditinjau

$$K_1 = K = 1.0$$

maka kapasitas tekuk kritisnya adalah:

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 666000000}{(1.0 \cdot 5000)^2}$$

$$= 52627591.84 \text{ N}$$

- Koefisien elemen tak bergoyang

$$M_1 = 938.28 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 21309.84 \text{ kg.m}$$

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$= 0.6 - 0.4 \cdot \left[\frac{938.28}{21309.8} \right] = 0.58$$

- Faktor B₁ untuk P- (di elemen)

$$\text{Kuat aksial perlu elemen } (P_r = P_u = 1380000.00 \text{ N})$$

$$= 1.0 \text{ (kondisi batas ultimit)}$$

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

$$= \frac{0.58}{1 - 1.0 \left[\frac{1380000.00}{52627591.84} \right]} \geq 1$$

$$= 0.60 < 1$$

maka diambil nilai terbesar yaitu = 1

Karena struktur tidak bergoyang maka Nilai $B_2 = 0$

- Kuat lentur perlu Elemen

$$M_{nt} = M_{ux} = 213098400 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Maka kuat lentur perlu elemen terhadap sumbu kuat setelah dipebesar adalah:

$$M_{ry} = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$= 1.0 \cdot 213098400 + 0 \cdot 0$$

$$= 213098400 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Karena nilai $M_{rx} = M_{ux}$, Maka Efek P- tidak menentukan atau tidak berpengaruh

$$M_{nt} = M_{uy} = 33300000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Maka kuat lentur perlu elemen terhadap sumbu kuat setelah dipebesar adalah:

$$M_{rx} = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$= 1.0 \cdot 33300000 + 0 \cdot 0$$

$$= 33300000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Karena nilai $M_{ry} = M_{uy}$, Maka Efek P- tidak menentukan atau tidak berpengaruh

- Elemen langsing diperkal (SNI 1729-2015 hal: 45)

Tegangan Kritis elemen langsing sebelum diperkaku:

- Ditinjau tekuk-lentur dan tekuk-puntir

Tumpuan jepi-jepit pada kolom,

Maka nilai faktor panjang efektif (K) **0.65**

Faktor Panjang efektif untuk tekuk torsi (K= K_Z)= **0.65**

Geometri penampang:

- Konstanta torsi

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} \cdot [2 \cdot b_f \cdot t_f + d \cdot t_w] \\ &= \frac{1}{3} \cdot [2 \cdot 400 \cdot 21 + 400 \cdot 13] \\ &= 2762533 \text{ mm}^4 \quad \text{Sumber: LRFD, Agus Setiawan} \end{aligned}$$

c = 1 (untuk profil I simetris ganda)

h_o = jarak antar titik-titik berat sayap (profil simetris ganda)

$$= d - t_f$$

$$= 400 - 21$$

$$= 379 \text{ mm} \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 51-52})$$

Jari-jari girasi

$$r_x = 175 \text{ mm}$$

$$r_y = 101 \text{ mm}$$

Radius girasi tekuk torsi

$$r_t = \frac{b_w}{\sqrt{12 \left(\frac{h_o}{d} + \frac{1}{6} a_w \frac{h^2}{h_o d} \right)}}$$

Dimana

a_w = rasio 2 kali luas badan tekan

$$a_w = \frac{h_o t_w}{b_o t_o}$$

Sayap terhadap tekan:

$$b_{fc} = b_f = 400 \text{ mm}$$

$$t_{fc} = t_f = 21 \text{ mm}$$

h_c = Dua kali tinggi dari titik berat penampang terhadap tekan

$$\begin{aligned} h_c &= \cdot (\frac{1}{2} \cdot d - t_f - r_o) \\ &= \cdot \frac{1}{2} \cdot 400 - 21 - 22 \\ &= 314 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka a_w :

$$a_w = \frac{314 \cdot 13}{400 \cdot 21} = 0.49$$

maka, Radius girasi tekuk torsi

$$\begin{aligned} r_t &= \frac{400}{\sqrt{12 \left[\frac{379}{400} + \cdot 0.49 \cdot \frac{335}{379 \cdot 400} \right]}} \\ &= 115.04 \text{ mm} \end{aligned}$$

menentukan r_{min}

$$r_y < r_t < r_x$$

$$101 < 115.04 < 175$$

maka $r_{min} = 101$ mm

sehingga rasio kelangsingan dari kolom adalah:

$$Q = 1.0 \text{ (faktor reduksi untuk elemen tidak diperkaku)}$$

$$\begin{aligned} \frac{KL}{r_{min}} &= \frac{0.65 \cdot 5000}{101.0} = 32.18 < 4.71 \sqrt{\frac{200000}{1.0 \cdot 240}} \\ &= 32.18 < 4.71 \sqrt{\frac{200000}{1.0 \cdot 240}} \\ &= 32.18 < 136 \end{aligned}$$

- **Tegangann kritis tekuk-lentur**

dimana nilai F_e :

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{200000}{\left[\frac{0.65 \cdot 5000}{101.00}\right]^2} = 1907.90 \text{ MPa}$$

(SNI 1729-2015 hal:35)

Maka tegangan kritis **tekuk-lentur sebelum diperkaku**

$$F_{cr} = Q \left[0.658 \sqrt{\frac{Q F_e}{F_y}} \right] F_y$$

(SNI 1729-2015 hal: 42)

$$= 1.0 \cdot \left[0.658 \sqrt{\frac{1.0 \times 240}{1907.90}} \right] \cdot 240$$

$$= 227.69 \text{ MPa}$$

- **Menghitung tegangan kritis tekuk-lentur setelah diperkaku:**

Faktor Reduksi Q_a

$$Q_a = \frac{A_e}{A_g}$$

$$A_g = A_s = 21870 \text{ mm}^2$$

A_e = Luas efektif penampang melintang dengan b_e

$$f = F_{cr} = 227.7 \text{ MPa}$$

$$b = \text{lebar total penampang} = b_f = 400 \text{ mm}$$

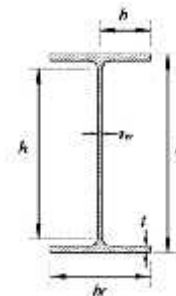
$$t = t_f = 21 \text{ mm}$$

Dimana :

$$\frac{b}{t} < 1.49 \sqrt{\frac{200000}{227.691}} = \frac{200}{21} < 1.49 \sqrt{\frac{200000}{227.691}}$$

$$9.52 < 44.2$$

Maka nilai b_e :



$$A_e = A_g = 21870 \text{ mm}^2$$

Maka faktor reduksi netto untuk elemen tekan langsing diperkaku adalah:

$$Q_a = \frac{A_e}{A_g} = \frac{21870}{21870} = 1$$

sehingga nilai tegangan kritis **tekuk-lentur** setelah diperkaku:

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= Q \left[0,658 \frac{QF_y}{F_y} \right] F_y && \text{(SNI 1729-2015 hal: 42)} \\
 &= 1,00 \cdot \left[0,658 \frac{1,00 \times 240}{1907,90} \right] \cdot 240 \\
 &= 227,7 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- Tegangan kritis tekuk-Puntir

konstanta pembengkokan C_w untuk profil simetris ganda menurut SNI 1729-2015 hal:38 adalah:

$$\begin{aligned}
 C_w &= \frac{I_y \cdot h_o^2}{4} = \frac{\text{#####} \cdot 379}{4} \\
 &= 8043896000000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

dimana nilai F_e :

$$\begin{aligned}
 F_e &= \left[\frac{\pi^2 EC_w}{(K_e L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} && \text{(SNI 1729-2015 hal:36)} \\
 &= \left[\frac{\cdot 200000 \cdot 8043896000000}{(0,65 \cdot 5000)^2} + 77200 \cdot 2762533,33 \right] \\
 &\quad \cdot \frac{1}{666000000 + \text{#####}} \\
 &= 777,48 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

sehingga nilai tegangan kritis **tekuk-puntir** setelah diperkaku:

$$F_{cr} = Q \left[0,658 \frac{\phi F_y}{F_y} \right] \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 42})$$

$$= 1,00 \cdot \left[0,658 \frac{1,00 \times 240}{777,48} \right] \cdot 240$$

$$= 210,9 \text{ MPa}$$

$F_{cr} \text{ tekuk lentur} < F_{cr} \text{ tekuk puntir}$

$$210,91 < 227,69$$

maka tekuk yang terjadi adalah tekuk len = 210,91 MPa

- Kekuatan tekan nominal

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

$$= 210,91 \cdot 21870$$

$$= 4612626,37 \text{ N}$$

$$c \cdot P_n = 0,9 \cdot 4612626,37$$

$$= 4151363,73 \text{ N}$$

Syarat:

$$c \cdot P_n > P_u$$

$$415136,37 > 138000,00 \dots\dots\dots \text{Ok}$$

- Menghitung Kuat Lentur Rencana

Menentukan Klasifikasi Penampang Kolom memikul lentur

- elemen tekan batang memikul lentur

Tekuk Lokal Flens

$$f = \frac{b}{t_f} = \frac{200}{21} = 9,52 < p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 11,0$$

f < p Kompak!

Tekuk Lokal Web

$$w = \frac{h}{t_w} = \frac{335}{13} = 25.8 < p = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 109$$

f < p Kompak!

Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \cdot \text{####} \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

= 5131.49 mm 5.13 m

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

$$L_r = 1.95 r_u \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E} \right)^2}$$

- Radius Girasi Efektif

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{2.24E+08 \cdot 379}{2 \cdot 3330000}$$

$$r_{ts}^2 = 12747$$

$$r_{ts} = 112.9 \text{ mm}$$

$$L_r = 1.95 \cdot 112.90 \cdot \frac{200000}{0.7 \cdot 240}$$
$$\cdot \sqrt{\frac{2762533 \cdot 1}{3330000 \cdot 379} + \left[\frac{2762533 \cdot 1}{3330000 \cdot 379} \right]^2 + 6.76 \left[\frac{0.7 \cdot 240}{200000} \right]^2}$$

$$\begin{aligned}
&= 262096.86 \cdot \sqrt{0.00219 + \sqrt{0.000004791 + 0.000004770}} \\
&= 262096.86 \cdot \sqrt{0.00219 + \sqrt{0.000009561}} \\
&= 262096.86 \cdot \sqrt{0.00219 + 0.00309} \\
&= 262096.86 \cdot \sqrt{0.00528} \\
&= 19046.7 \text{ mm} \quad 19 \text{ m} \\
\text{Maka } L &< L_p < L_r \\
5 &< 5.13 < 19 \quad \text{Kompak!}
\end{aligned}$$

Direncanakan dalam kondisi penampang kompak
maka diberi pengaku lateral pada jarak $L_1 = 2.00 \text{ m}$

karena profil kolom memiliki Badan kompak, maka kuat lentur nominal terhadap sumbu kuatnya adalah:

$$\begin{aligned}
M_{nx} &= M_p = Z_x \cdot f_y \\
&= 0 \cdot 240 \\
&= 0 \text{ N}\cdot\text{mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{nx} &= 0.9 \cdot 0 \\
&= 0 \text{ N}\cdot\text{mm}
\end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
M_{nx} &< M_{ux} \\
0 &< 21310 \quad \text{failed}
\end{aligned}$$

Maka tahanan nominal mencukupi pada momen ultimit yang terjadi pada sumbu kuatnya

Kuat nominal terhadap sumbu lemahnya adalah:

$$\begin{aligned}
M_{ny} &= M_p = Z_y \cdot f_y \\
&= 0 \cdot 240
\end{aligned}$$

$$= 0 \quad \text{N}\cdot\text{mm}$$

$$M_{ny} = 0.9 \cdot 0.00$$

$$= 0 \quad \text{N}\cdot\text{mm}$$

Syarat:

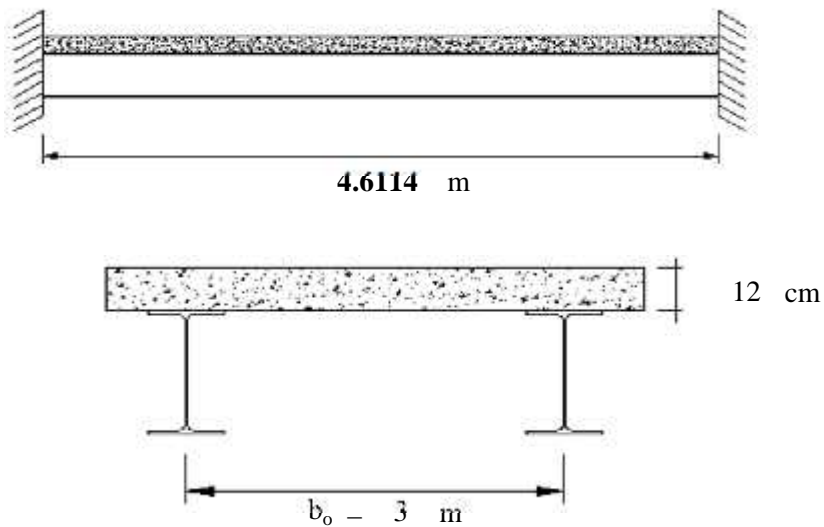
$$M_{ny} < M_{uy}$$

$$0 < 3330.0 \quad \text{failed}$$

Maka tahanan nominal mencukupi pada momen ultimit yang terjadi pada sumbu lemahnya

- Menghitung Momen Lentur Pada Balok

Tebal pelat beton $t_p = 12 \text{ cm}$



- Lebar Efektif balok komposit

Panjang Balo (L) = 4611.4 mm

- Untuk balok Interior

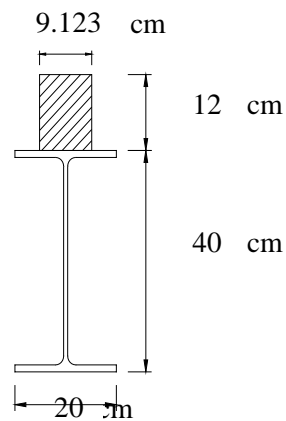
$$b_E = \frac{L}{8} + \frac{b_f}{2} = \frac{4611}{8} + \frac{400}{2} = 776.4 \text{ mm}$$

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

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{776.4}{8.511} = 91.230 \text{ mm}$$

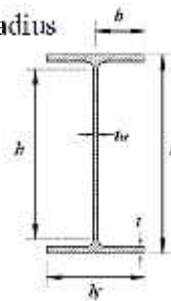
Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius

sudut pertemuan pada setiap sayap

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



Tekuk Lokal Flens

$$f = \frac{b}{t_f} = \frac{100}{13} = 7.69 < p = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 11.0$$

f < p **Kompak!**

Tekuk Lokal Web

$$w = \frac{h}{t_w} = \frac{355}{8} = 44.4 < p = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 109$$

f < p **Kompak!**

Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 45,4 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

= 2306.63 mm 2.31 m

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

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

- Konstanta torsi

$$J = \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot b \cdot t_f^3 + h \cdot t_w^3 \right]$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot 200 \cdot 13^3 + 400 \cdot 8^3 \right]$$

$$= 361200 \text{ mm}^4$$

$$c = 1$$

h_o = Jarak antar titik-titik berat sayap

$$= d - t_f$$

$$= 400 - 13$$

$$= 387 \text{ mm}$$

- Radius Girasi Efektif

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

$$r_{ts}^2 = 2829$$

$$r_{ts} = 53.19 \text{ mm}$$

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

$$L_r = 1,95 \cdot 53,19 \cdot \frac{200000}{0,7 \cdot 240}$$

$$\cdot \sqrt{\frac{361200 \cdot 1}{1190000 \cdot 387} + \left[\left(\frac{361200 \cdot 1}{1190000 \cdot 387} \right)^2 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot 240}{200000} \right)^2 \right]}$$

$$= 123480,09 \cdot \sqrt{0,00078 + \sqrt{0,000000615 + 0,000004770}}$$

$$= 123480,09 \cdot \sqrt{0,00078 + \sqrt{0,000005385}}$$

$$= 123480,09 \cdot \sqrt{0,00078 + 0,00232}$$

$$= 123480,09 \cdot \sqrt{0,00310}$$

$$= 6880,48 \text{ mm} \quad 6,88 \text{ m}$$

Maka $L > L_p < L_r$

$$4,611 > 2,31 < 6,88$$

Tidak Kompak!

Direncanakan dalam kondisi penampang kompak
maka diberi pengaku lateral pada jarak $L_1 = 2.00$ m

Gaya tekan nominal maksimum dari profil baja

$$\begin{aligned}C_{smax} &= A_s \cdot f_y \\ &= 8410.0 \cdot 240 \\ &= 2018400.0 \text{ N}\end{aligned}$$

Tahanan tarik nominal tulangan

$$\begin{aligned}T_{sr} &= A_{sr} \cdot f_y \\ &= 707.1 \cdot 240 \\ &= 169704.0 \text{ N}\end{aligned}$$

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

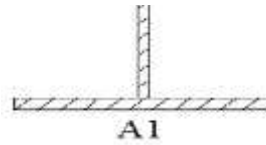
Maka kesetimbangan gaya dapat di hitung sebagai berikut

$$\begin{aligned}T_{sr} + T_s &= C_{smax} - T_s \\ T_s &= C_{smax} - T_{sr} \\ T_s &= 2018400.0 - 169704.0 \\ T_s &= 1848696.0 \\ T_s &= \frac{1848696.0}{2} = 924348 \text{ N}\end{aligned}$$

Asumsikan sumbu netral jatuh di flens baja

$$\begin{aligned}\frac{T_s}{f_y \cdot b_f} &= \frac{924348}{240 \cdot 400} \\ &= 9.62863 \text{ mm} < t_f = 13 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2600 \text{ mm}^2 \\
 A_2 &= (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w \\
 &= (400 - 2 \cdot 13 - y) \cdot 8 \\
 &= (374 - y) \cdot 8 \\
 &= 2992 - 8 y
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 A_s' &= A_1 + A_2 \\
 &= 2600 + 2992 - 8 y \\
 &= 5592 - 8 y
 \end{aligned}$$

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

$$(5592 - 8 y) \cdot 240 = 169704.0 + (8 y + 2600 \cdot 240)$$

$$1342080 - 1920 y = 169704.0 + 1920 y + 624000$$

$$1342080 - 1920 y = 793704.0 + 1920 y$$

$$1342080 - 793704.0 = 1920 y + 1920 y$$

$$548376.0 = 3840 y$$

$$y = \frac{548376.0}{3840} = 142.81 \text{ mm}$$

Maka gaya tarik baja T_s

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \cdot f_y \\
 &= (8 \cdot y + 2600) \cdot f_y \\
 &= (8 \cdot 142.81 + 2600) \cdot 240 \\
 &= 898188.0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka gaya tekan baja C_s

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot f_y \\
 &= (5592 - 8 y) \cdot f_y \\
 &= (5592 - 8 \cdot 142.81) \cdot 240
 \end{aligned}$$

$$= 1067892 \text{ N}$$

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

$$1067892 = 898188.0 + 169704.0$$

$$1067892 = 1067892 \dots\dots\dots\text{Ok!}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

$$T_s$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= y \cdot t_w & A_s &= A_1 + A_2 \\
 &= 142.81 \cdot 8 & &= 2600 + 1142.45 \\
 &= 1142.45 \text{ mm}^2 & &= 3742.45 \text{ mm}^2 \\
 Y1 &= y + \frac{1}{2} \cdot t_f & Y2 &= \frac{1}{2} \cdot y \\
 &= 142.81 + \frac{1}{2} \cdot 13 & &= \frac{1}{2} \cdot 142.81 \\
 &= 149.31 \text{ mm} & &= 71.40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka titik berat $C_s = \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2}$

$$= \frac{(2600 \cdot 149.31) + (1142.45 \cdot 71.40)}{2600 + 1142.45}$$

$$X1 = 125.52 \text{ mm}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

$$C_s$$

$$\begin{aligned}
 A2 &= (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w \\
 &= (400 - 2 \cdot 13 - 142.81) \cdot 8 \\
 &= 1849.55 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y1 &= d - t_f - y - (\frac{1}{2} \cdot t_f) \\
 &= (400 - 13 - 142.81 - (\frac{1}{2} \cdot 13))
 \end{aligned}$$

$$= 237.69 \text{ mm}$$

$$Y2 = \frac{1}{2} \cdot (d - (2 \cdot t_f) - y)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (400 - (2 \cdot 13) - 142.81)$$

$$= 115.60 \text{ mm}$$

$$\text{Maka titik berat } T_s = \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2}$$

$$= \frac{(2600 \cdot 237.69) + (1849.55 \cdot 115.6)}{2600 + 1849.6}$$

$$X2 = 186.94 \text{ mm}$$

- Mencari kuat lentur nominal

$$d1 = X1 + X2$$

$$= 125.52 + 186.94$$

$$= 312.47 \text{ mm}$$

$$d2 = X2 + y + t_f + d_x$$

$$= 186.94 + 142.81 + 13 + 125$$

$$= 467.75 \text{ mm}$$

Maka kuat nominal terhadap tarik adalah

$$M_n = T_s \cdot d1 + T_{sr} \cdot d2$$

$$= 898188.0 \cdot 312.5 + 169704.0 \cdot 467.75$$

$$= 360032352 \text{ N}$$

- **Kuat Lentur Rencana**

$$b \cdot M_n = 0.85 \cdot 360032351.93$$

$$= 306027499.14 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_n > M_u$$

306027499.14 #REF! #####

- Menghitung interaksi gaya aksial dan momen lentur

$$P_r = P_u = \text{\#REF!} \quad \text{N}$$

$$P_c = c \cdot P_n = 0.00 \quad \text{N}$$

$$M_{rx} = M_{ux} = 0.00 \quad \text{N}$$

$$M_{cx} = b \cdot M_{nx} = 306027499.14 \quad \text{N}$$

$$M_{ry} = M_{uy} = 3330.00 \quad \text{N}$$

$$M_{cy} = b \cdot M_{ny} = 0.00 \quad \text{N}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{\text{\#REF!}}{0.00} = \text{\#\#\#\#} \quad \text{\#\#} \quad 0.2$$

Maka persamaan interaksinya adalah

$$= \frac{P_r}{2 \cdot P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

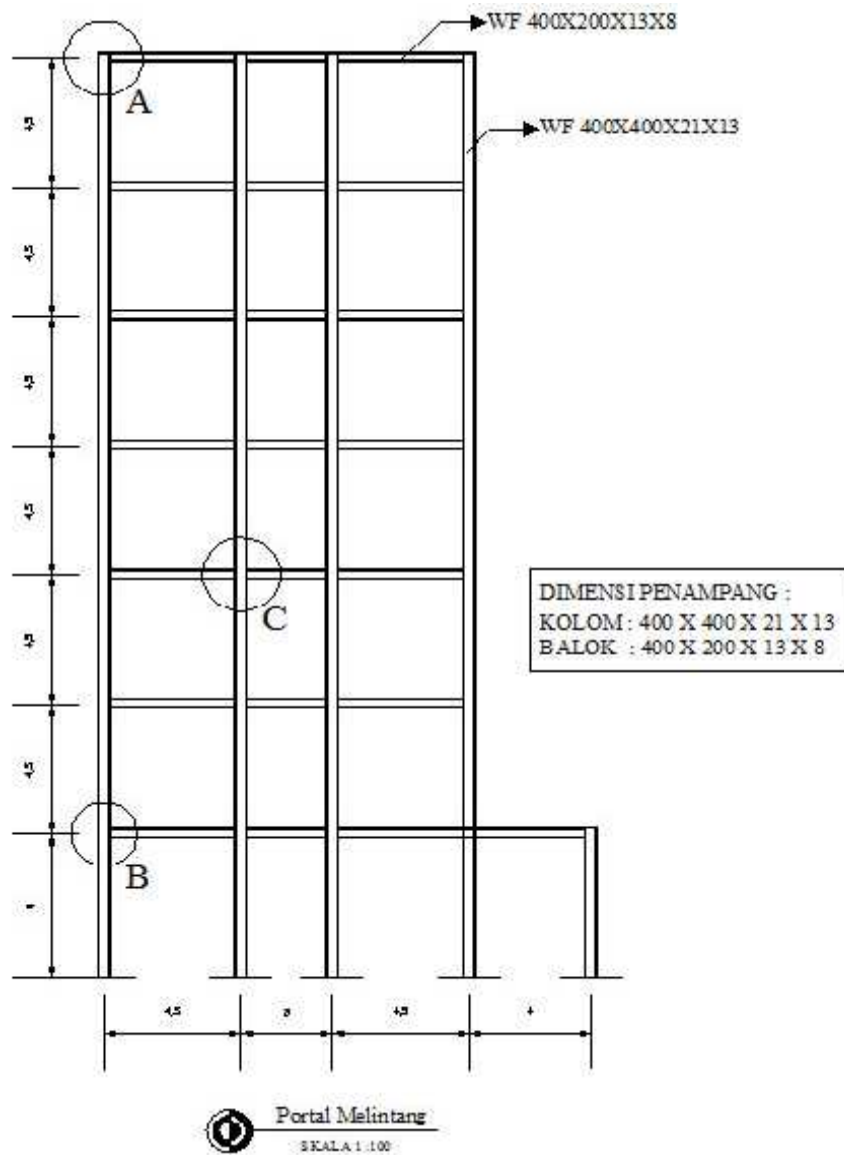
$$= \frac{\text{\#REF!}}{0.00} + \left(\frac{0.00}{306027499.14} + \frac{3330.00}{306027499.14} \right)$$

$$= \text{\#\#\#\#} \quad \text{\#\#}$$

306027499.14 > 0.00Ok!

2.11 Perencanaan sambungan

2.11.1 Perencanaan sambungan pada portal melintang



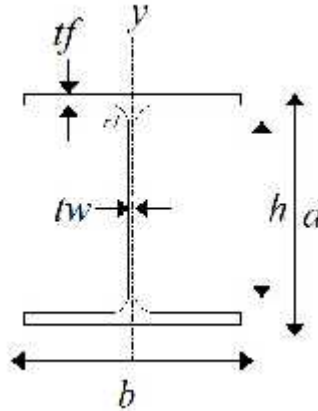
- Sambungan Type A : Sambungan balok dan kolom (tepi)
- Sambungan Type B : Sambungan kolom, balok dan kolom(tepi-tengah)
- Sambungan Type C : Sambungan kolom,balok,kolom dan balok (tengah)

- Data profil baja WF:

- Kolom WF 400 x 400 x 13 x 21 :

Data profil :

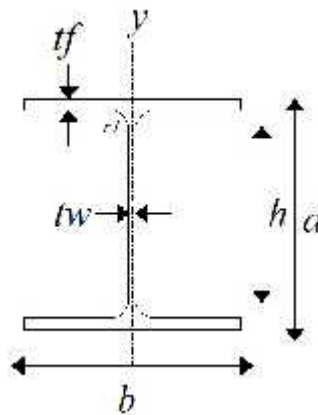
G	=	172	kg/m
d	=	400	mm
b	=	400	mm
tw	=	13	mm
tf	=	21	mm
Ag	=	218.7	cm ²
Ix	=	66600	cm ⁴
Iy	=	22400	cm ⁴
Zx	=	3330	cm ³
Zy	=	1120	cm ³
ix	=	175	mm
iy	=	101	mm



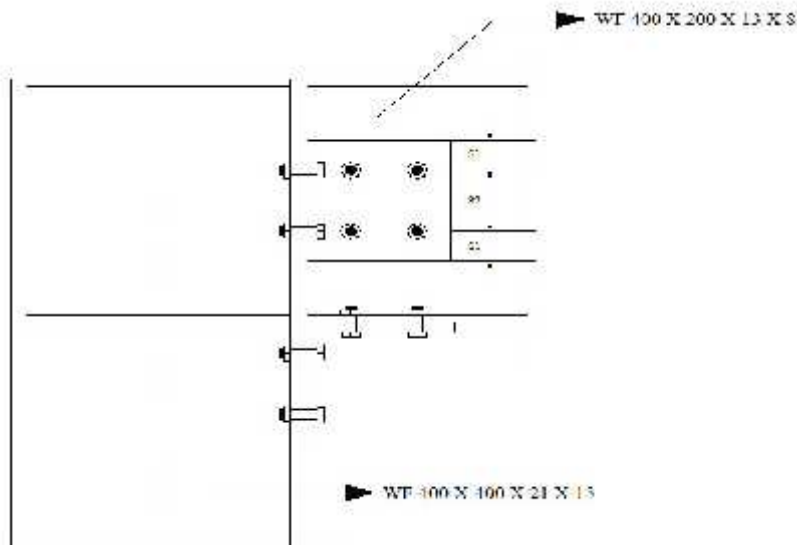
- Balok WF 400 x 200 x 8 x 13 :

Data profil :

G	=	66	kg.m
d	=	400	mm
b	=	200	mm
tw	=	8	mm
tf	=	13	mm
Ag	=	84.1	cm ²
Ix	=	23700	cm ⁴
Iy	=	1740	cm ⁴
Zx	=	1190	cm ³
Zy	=	174	cm ³
ix	=	160	mm
iy	=	45.5	mm



A. Sambungan Type A (balok dan kolom tepi)



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar:

$$V_u = 927.712 \text{ kg}$$

$$M_u = 1641.11 \text{ kgm}$$

- Digunakan baut : A325 \varnothing 5/8 inch

$$\varnothing \text{ baut} = 5/8 \text{ inch} = 1.588 \text{ cm}$$

$$\text{Luas } A = 1.977 \text{ cm}^2$$

$$\varnothing \text{ lubang baut} = \frac{5}{8} + \frac{1}{8} = \frac{6}{8} \text{ inch} = 1,905 \text{ cm}$$

$$F_u^b = \text{kuat tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

1. Perhitungan sambungan

- Kekuatan tarik desain penyambung

$$\phi R_{nt} = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A$$

Dimana :

$$R_{nt} = \text{kekuatan tarik desain penyambung (kg)}$$

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,75$$

$$F_u^b = \text{Kekuatan tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \text{Luas penampang baut} = 1.977 \text{ cm}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned}\phi R_{nt} &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A \\ &= 0,75 \times (0,75 \times 8250) \times 1,977 \\ &= 9174,516 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain

$$\phi R_n = \phi (0,4 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A$$

Dimana :

$$\begin{aligned}R_n &= \text{kekuatan tarik geser desain penyambung (kg)} \\ \phi &= \text{Faktor resistensi} = 0,65 \\ F_u^b &= \text{Kekuatan tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ A &= \text{Luas penampang baut} = 1,977 \text{ cm}^2 \\ m &= \text{Banyaknya bidang geser yang terlibat} = 2\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (0,4 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A \\ &= 0,65 \times (0,4 \times 8250) \times 2 \times 1,977 \\ &= 8481,330 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan desain tumpu baut

$$\phi R_n = \phi (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u^b)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}R_n &= \text{kekuatan tarik geser desain penyambung (kg)} \\ \phi &= \text{Faktor resistensi} = 0,75 \\ F_u^b &= \text{Kekuatan tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ t &= \text{tebal flens balok} = 0,8 \text{ cm} \\ d &= \text{diameter baut nominal} = 1,588 \text{ cm}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u^b) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 1,588 \times 0,8 \times 8250)\end{aligned}$$

$$= 18865.440 \quad \text{kg}$$

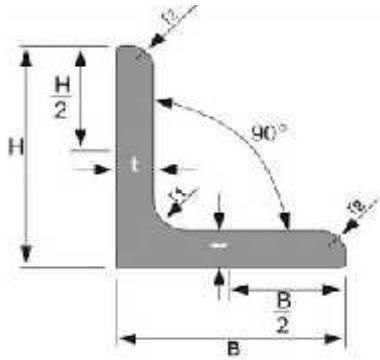
- Perhitungan siku penyambung bawah

Dicoba dua buah baut pada masing- masing profil siku, sehingga:

$$d = \frac{Mu}{2 Rn \text{ tumpu}} = \frac{1641.1104}{2 \times 18865.440} = 0.043 \quad \text{m}$$

$$d = 0.043 \quad \text{m} = 43 \text{ mm} \approx \text{## mm}$$

Jarak baut terhadap flens bawah balok = $(1/2 \times 100) = 50 \text{ mm}$. Gunakan profil siku 100 x 100 x 10 sehingga :



data profil :

$$H = 100 \text{ mm}$$

$$B = 100 \text{ mm}$$

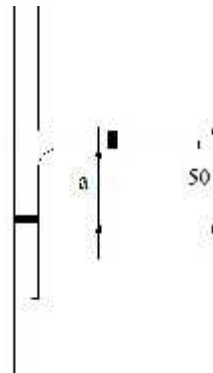
$$t = 10 \text{ mm}$$

$$r1 = 10 \text{ mm}$$

$$r2 = 7 \text{ mm}$$

Maka :

$$\begin{aligned} a &= 50 - t \text{ siku} - r1 \\ &= 50 - 10 - 10 \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$



Dengan $d = 500 \text{ mm}$, maka gaya yang bekerja pada profil siku adalah :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{1641110.4}{100} = 16411.1 \text{ kg}$$

Gaya yang menimbulkan momen pada profil siku sebesar :

$$\begin{aligned} M &= 1/2 T.a \\ &= 1/2 \times 16411.1 \times 30 \end{aligned}$$

$$= 246166.560 \text{ kg.mm}$$

$$= 246.167 \text{ kg.m}$$

kapasitas nominal penampang persegi adalah :

$$\Phi Mn = 0.9 \frac{(b.d^2)}{4} \times fy$$

$$b = \frac{4 \times 246166.560}{0.9 \times 240 \times 20} = 11.397 \text{ mm}$$

Gunakan profil baja siku 100 x 100 x 10 dengan panjang 200 mm pada flens kolom

- Perhitungan sambungan pada flens balok

$$\text{Gaya geser pada flens balok adalah} = \frac{2E+06}{200} = 8205.55 \text{ kg}$$

Baut penyambung adalah baut dengan satu bidang geser, sehingga :

$$n = \frac{8205.55}{4241} = 1.93497 \approx 2 \text{ buah baut}$$

- Perhitungan sambungan Web balok dengan siku 100 x 100 x 10

Tahanan dua bidang geser lebih kecil daripada tahanan tumpu sehingga tahanan baut ditentukan oleh tahanan dua bidang geser.

$$n = \frac{927.712}{8481} = 0.10938 \approx 2 \text{ buah baut}$$

- Sambungan Web balok dengan flens kolom

Baut yang menghubungkan balok dengan flens kolom adalah sambungan dengan satu bidang geser = 4253 kg , sehingga :

$$n = \frac{927.712}{4241} = 0.21877 \approx 2 \text{ buah baut}$$

- Menentukan jarak antara baut dan jarak dari baut ke tepi

Jarak baut tepi ke tepi plat :

$$2 d < S1 < 3 d$$
$$1.5 \cdot 1.588 < S1 < 3 \cdot 1.588$$
$$2.382 < S1 < 4.764$$

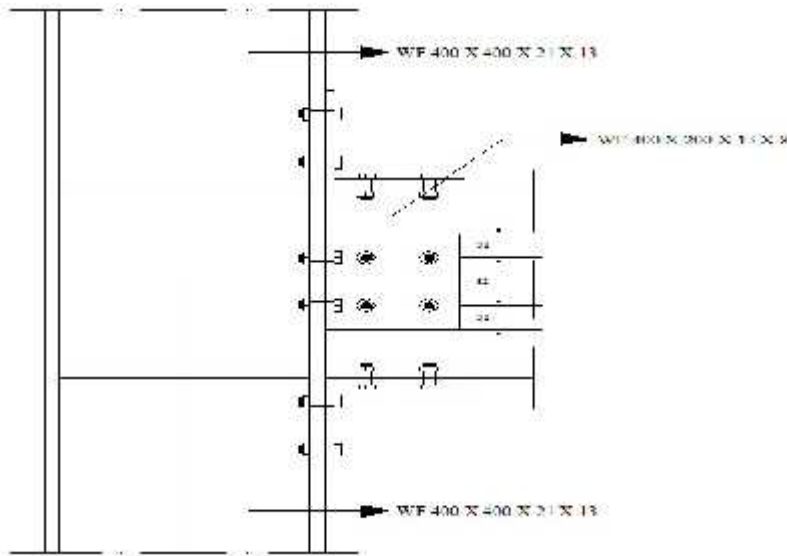
Maka jarak dari tepi baut ke tepi plat diambil = 2.5 cm

Jarak antara baut :

$$3 d < S2 < 7 d$$
$$2.5 \cdot 1.588 < S2 < 7 \cdot 1.588$$
$$3.97 < S2 < 11.116$$

Maka jarak antara baut diambil = 5 cm

B. Sambungan Type B (kolom,balok dan kolom)



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar:

$$V_u = 5066.46 \text{ kg}$$

$$M_u = 7563.22 \text{ kgm}$$

- Digunakan baut : A325 \varnothing 5/8 inch

$$\varnothing \text{ baut} = 5/8 \text{ inch} = 1.588 \text{ cm}$$

$$\text{Luas } A = 1.977 \text{ cm}^2$$

$$\varnothing \text{ lubang baut} = \frac{5}{8} + \frac{1}{8} = \frac{6}{8} \text{ inch} = 1,905 \text{ cm}$$

$$F_u^b = \text{kuat tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

1. Perhitungan sambungan

- Kekuatan tarik desain penyambung

$$\phi R_{nt} = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A$$

Dimana :

- R_{nt} = kekuatan tarik desain penyambung (kg)
- ϕ = Faktor resistensi = 0,75
- F_u^b = Kekuatan tarik baut = 8250 kg/cm²
- A = Luas penampang baut = 1.977 cm²

Maka :

$$\begin{aligned}\phi R_{nt} &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A \\ &= 0,75 \times (0,75 \times 8250) \times 1,977 \\ &= 9174,516 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain

$$\phi R_n = \phi (0,4 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A$$

Dimana :

$$\begin{aligned}R_n &= \text{kekuatan tarik geser desain penyambung (kg)} \\ \phi &= \text{Faktor resistensi} = 0,65 \\ F_u^b &= \text{Kekuatan tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ A &= \text{Luas penampang baut} = 1,977 \text{ cm}^2 \\ m &= \text{Banyaknya bidang geser yang terlibat} = 2\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (0,4 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A \\ &= 0,65 \times (0,4 \times 8250) \times 2 \times 1,977 \\ &= 8481,330 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan desain tumpu baut

$$\phi R_n = \phi (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u^b)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}R_n &= \text{kekuatan tarik geser desain penyambung (kg)} \\ \phi &= \text{Faktor resistensi} = 0,75 \\ F_u^b &= \text{Kekuatan tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ t &= \text{tebal flens balok} = 0,8 \text{ cm} \\ d &= \text{diameter baut nominal} = 1,588 \text{ cm}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u^b) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 1,588 \times 0,8 \times 8250)\end{aligned}$$

$$= 18865.440 \quad \text{kg}$$

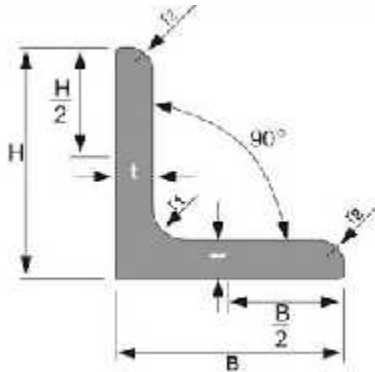
- Perhitungan siku penyambung atas dan bawah

Dicoba dua buah baut pada masing- masing profil siku, sehingga:

$$d = \frac{Mu}{2 Rn \text{ tumpu}} = \frac{7563.22}{2 \times 18865.440} = 0.200 \quad \text{m}$$

$$d = 0.200 \quad \text{m} = 200 \quad \text{mm}$$

Jarak baut terhadap flens bawah balok = $(1/2 \times 200) = 100 \text{ mm}$. Gunakan profil siku 200 x 200 x 20 sehingga :



data profil :

$$H = 200 \text{ mm}$$

$$B = 200 \text{ mm}$$

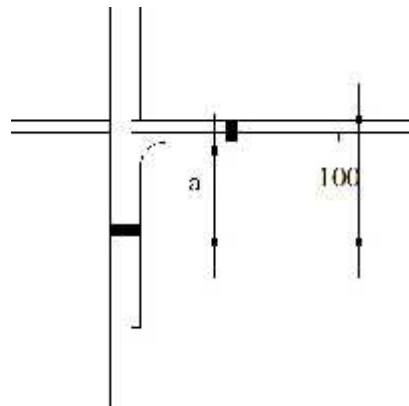
$$t = 20 \text{ mm}$$

$$r1 = 17 \text{ mm}$$

$$r2 = 12 \text{ mm}$$

Maka :

$$\begin{aligned} a &= \# - t \text{ siku} - r1 \\ &= \# - 20 - 17 \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$



Dengan $d = 500 \text{ mm}$, maka gaya yang bekerja pada profil siku adalah :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{7563220}{200} = 37730.9 \text{ kg}$$

Gaya yang menimbulkan momen pada profil siku sebesar :

$$\begin{aligned} M &= 1/2 T.a \\ &= 1/2 \times 37730.88 \times 63 \end{aligned}$$

$$= 1188522.720 \text{ kg.mm}$$

$$= 1188.523 \text{ kg.m}$$

kapasitas nominal penampang persegi adalah :

$$\Phi Mn = 0.9 \frac{(b.d^2)}{4} \times fy$$

$$b = \frac{4 \times 1188522.720}{0.9 \times 240 \times 20} = 55.024 \text{ mm}$$

Gunakan profil baja siku 200 x 200 x 20 dengan panjang 200 mm pada flens kolom

- Perhitungan sambungan pada flens balok dan flens kolom

$$\text{Gaya geser pada flens balok adalah} = \frac{8E+06}{200} = 37816.1 \text{ kg}$$

Baut penyambung adalah baut dengan dua bidang geser, sehingga :

$$n = \frac{37816.1}{8481} = 4.45875 \approx 6 \text{ buah baut}$$

- Perhitungan sambungan Web balok dengan siku 100 x 100 x 10

Tahanan dua bidang geser lebih kecil daripada tahanan tumpu sehingga tahanan baut ditentukan oleh tahanan dua bidang geser.

$$n = \frac{5066.46}{8481} = 0.59737 \approx 2 \text{ buah baut}$$

- Sambungan Web balok dengan flens kolom

Baut yang menghubungkan balok dengan flens kolom adalah sambungan dengan satu bidang geser = 4253 kg , sehingga :

$$n = \frac{5066.46}{8481} = 0.59737 \approx 2 \text{ buah baut}$$

- Menentukan jarak antara baut dan jarak dari baut ke tepi pada L 100 x 100 x 10

Jarak baut tepi ke tepi plat :

$$\begin{aligned} 2 d &< S1 < 3 d \\ 1.5 \cdot 1.588 &< S1 < 3 \cdot 1.588 \\ 2.382 &< S1 < 4.764 \end{aligned}$$

Maka jarak dari tepi baut ke tepi plat diambil = 2.5 cm

Jarak antara baut :

$$\begin{aligned} 3 d &< S2 < 7 d \\ 2.5 \cdot 1.588 &< S2 < 7 \cdot 1.588 \\ 3.97 &< S2 < 11.116 \end{aligned}$$

Maka jarak antara baut diambil = 5 cm

- Menentukan jarak antara baut dan jarak dari baut ke tepi pada L 200 x 200 x 20

Jarak baut tepi ke tepi plat :

$$\begin{aligned} 2 d &< S1 < 3 d \\ 1.5 \cdot 1.588 &< S1 < 3 \cdot 1.588 \\ 2.382 &< S1 < 4.764 \end{aligned}$$

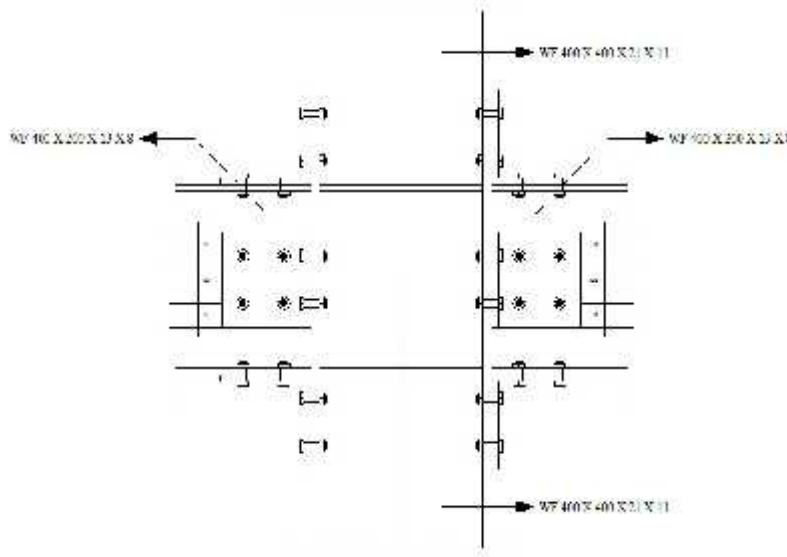
Maka jarak dari tepi baut ke tepi plat diambil = 4.5 cm

Jarak antara baut :

$$\begin{aligned} 3 d &< S2 < 7 d \\ 2.5 \cdot 1.588 &< S2 < 7 \cdot 1.588 \\ 3.97 &< S2 < 11.116 \end{aligned}$$

Maka jarak antara baut diambil = 4.5 cm

C. Sambungan Type C (kolom, balok, kolom dan balok)



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar:

Balok kanan :

$$V_u = 3845.38 \text{ kg}$$

$$M_u = 6029.48 \text{ kgm}$$

Balok kiri:

$$V_u = 5210.95 \text{ kg}$$

$$M_u = 7875.67 \text{ kgm}$$

- Digunakan baut : A325 \varnothing 5/8 inch

$$\varnothing \text{ baut} = 5/8 \text{ inch} = 1.588 \text{ cm}$$

$$\text{Luas } A = 1.977 \text{ cm}^2$$

$$\varnothing \text{ lubang baut} = \frac{5}{8} + \frac{1}{8} = \frac{6}{8} \text{ inch} = 1,905 \text{ cm}$$

$$F_u^b = \text{kuat tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

1. Perhitungan sambungan pada balok bagian kanan

- Kekuatan tarik desain penyambung

$$\phi R_{nt} = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A$$

Dimana :

$$R_{nt} = \text{kekuatan tarik desain penyambung (kg)}$$

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,75$$

$$F_u^b = \text{Kekuatan tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \text{Luas penampang baut} = 1.977 \text{ cm}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned}\phi R_{nt} &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A \\ &= 0,75 \times (0,75 \times 8250) \times 1,977 \\ &= 9174,516 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain

$$\phi R_n = \phi (0,4 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A$$

Dimana :

$$\begin{aligned}R_n &= \text{kekuatan tarik geser desain penyambung (kg)} \\ \phi &= \text{Faktor resistensi} = 0,65 \\ F_u^b &= \text{Kekuatan tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ A &= \text{Luas penampang baut} = 1,977 \text{ cm}^2 \\ m &= \text{Banyaknya bidang geser yang terlibat} = 2\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (0,4 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A \\ &= 0,65 \times (0,4 \times 8250) \times 2 \times 1,977 \\ &= 8481,330 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan desain tumpu baut

$$\phi R_n = \phi (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u^b)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}R_n &= \text{kekuatan tarik geser desain penyambung (kg)} \\ \phi &= \text{Faktor resistensi} = 0,75 \\ F_u^b &= \text{Kekuatan tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ t &= \text{tebal balok} = 0,8 \text{ cm} \\ d &= \text{diameter baut nominal} = 1,588 \text{ cm}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u^b) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 1,588 \times 0,8 \times 8250)\end{aligned}$$

$$= 18865.440 \quad \text{kg}$$

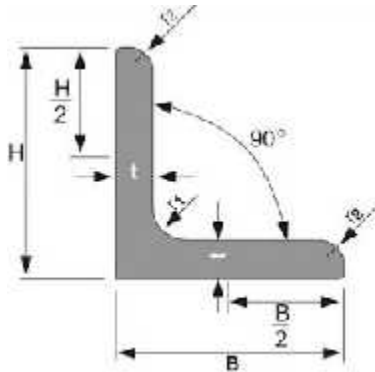
- Perhitungan siku penyambung atas dan bawah

Dicoba dua buah baut pada masing- masing profil siku, sehingga:

$$d = \frac{Mu}{2 Rn \text{ tumpu}} = \frac{6029.48}{2 \times 18865.440} = 0.160 \quad \text{m}$$

$$d = 0.160 \quad \text{m} = 160 \quad \text{mm} \approx 200 \quad \text{mm}$$

Jarak baut terhadap flens bawah balok = $(1/2 \times 200) = 100 \text{ mm}$. Gunakan profil siku 200 x 200 x 20 sehingga :



data profil :

$$H = 200 \text{ mm}$$

$$B = 200 \text{ mm}$$

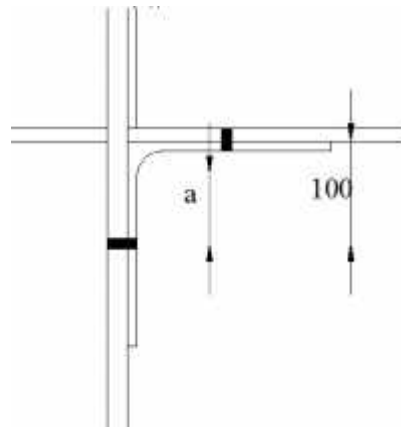
$$t = 20 \text{ mm}$$

$$r1 = 17 \text{ mm}$$

$$r2 = 12 \text{ mm}$$

Maka :

$$\begin{aligned} a &= \# - t \text{ siku} - r1 \\ &= \# - 20 - 17 \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$



Dengan $d = 500 \text{ mm}$, maka gaya yang bekerja pada profil siku adalah :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{6029480}{160} = 37730.9 \text{ kg}$$

Gaya yang menimbulkan momen pada profil siku sebesar :

$$\begin{aligned} M &= 1/2 T.a \\ &= 1/2 \times 37730.88 \times 63 \end{aligned}$$

$$= 1188522.720 \text{ kg.mm}$$

$$= 1188.523 \text{ kg.m}$$

kapasitas nominal penampang persegi adalah :

$$\Phi Mn = 0.9 \frac{(b.d^2)}{4} \times fy$$

$$b = \frac{4 \times 1188522.720}{0.9 \times 240 \times 20} = 55.024 \text{ mm}$$

Gunakan profil baja siku 200 x 200 x 20 dengan panjang 200 mm pada flens kolom

- Perhitungan sambungan pada flens balok dan flens kolom

$$\text{Gaya geser pada flens balok adalah} = \frac{6E+06}{200} = 30147.4 \text{ kg}$$

Baut penyambung adalah baut dengan dua bidang geser, sehingga :

$$n = \frac{30147.4}{8481} = 3.55456 \approx 4 \text{ buah baut}$$

- Perhitungan sambungan Web balok dengan siku 100 x 100 x 10

Tahanan dua bidang geser lebih kecil daripada tahanan tumpu sehingga tahanan baut ditentukan oleh tahanan dua bidang geser.

$$n = \frac{3845.38}{8481} = 0.45339 \approx 2 \text{ buah baut}$$

- Sambungan Web balok dengan flens kolom

Baut yang menghubungkan balok dengan flens kolom adalah sambungan dengan satu bidang geser = 4253 kg , sehingga :

$$n = \frac{3845.38}{8481} = 0.45339 \approx 2 \text{ buah baut}$$

- Menentukan jarak antara baut dan jarak dari baut ke tepi pada L 100 x 100 x 10

Jarak baut tepi ke tepi plat :

$$2 d < S1 < 3 d$$
$$1.5 \cdot 1.588 < S1 < 3 \cdot 1.588$$
$$2.382 < S1 < 4.764$$

Maka jarak dari tepi baut ke tepi plat diambil = 2.5 cm

Jarak antara baut :

$$3 d < S2 < 7 d$$
$$2.5 \cdot 1.588 < S2 < 7 \cdot 1.588$$
$$3.97 < S2 < 11.116$$

Maka jarak antara baut diambil = 5 cm

- Menentukan jarak antara baut dan jarak dari baut ke tepi pada L 200 x 200 x 20

Jarak baut tepi ke tepi plat :

$$2 d < S1 < 3 d$$
$$1.5 \cdot 1.588 < S1 < 3 \cdot 1.588$$
$$2.382 < S1 < 4.764$$

Maka jarak dari tepi baut ke tepi plat diambil = 4.5 cm

Jarak antara baut :

$$3 d < S2 < 7 d$$
$$2.5 \cdot 1.588 < S2 < 7 \cdot 1.588$$
$$3.97 < S2 < 11.116$$

Maka jarak antara baut diambil = 9 cm

2. Perhitungan sambungan pada balok bagian kiri

- Kekuatan tarik desain penyambung

$$\phi R_{nt} = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A$$

Dimana :

$$R_{nt} = \text{kekuatan tarik desain penyambung (kg)}$$

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,75$$

$$F_u^b = \text{Kekuatan tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \text{Luas penampang baut} = 1.977 \text{ cm}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned} \phi R_{nt} &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A \\ &= 0,75 \times (0,75 \times 8250) \times 1.977 \\ &= 9174.516 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain

$$\phi R_n = \phi (0,4 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A$$

Dimana :

$$R_n = \text{kekuatan tarik geser desain penyambung (kg)}$$

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,65$$

$$F_u^b = \text{Kekuatan tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \text{Luas penampang baut} = 1.977 \text{ cm}^2$$

$$m = \text{Banyaknya bidang geser yang terlibat} = 2$$

Maka :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi (0,4 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A \\ &= 0,65 \times (0,4 \times 8250) \times 2 \times 1.977 \\ &= 8481.330 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan desain tumpu baut

$$\phi R_n = \phi (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u^b)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} R_n &= \text{kekuatan tarik geser desain penyambung (kg)} \\ \phi &= \text{Faktor resistensi} = 0,75 \\ F_u^b &= \text{Kekuatan tarik baut} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ t &= \text{tebal balok} = 0.8 \text{ cm} \\ d &= \text{diameter baut nominal} = 1.588 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u^b) \\ &= 0.75 \times (2.4 \times 1.588 \times 0.8 \times 8250) \\ &= 18865.440 \text{ kg} \end{aligned}$$

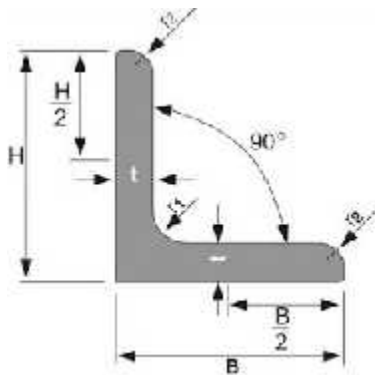
- Perhitungan siku penyambung atas dan bawah

Dicoba dua buah baut pada masing- masing profil siku, sehingga:

$$d = \frac{Mu}{2 R_n \text{ tumpu}} = \frac{7875.67}{2 \times 18865.440} = 0.209 \text{ m}$$

$$d = 0.209 \text{ m} = 209 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Jarak baut terhadap flens bawah balok = $(1/2 \times 250) = 125 \text{ mm}$. Gunakan profil siku 250 x 250 x 25 sehingga :

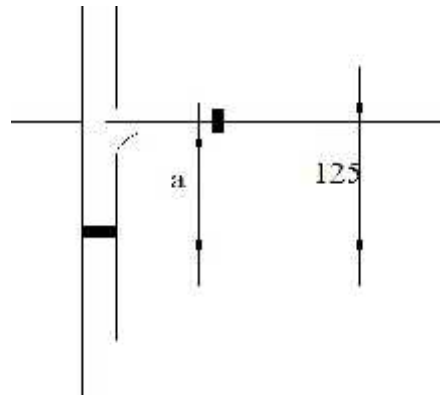


data profil :

$$\begin{aligned} H &= 250 \text{ mm} \\ B &= 250 \text{ mm} \\ t &= 25 \text{ mm} \\ r1 &= 24 \text{ mm} \\ r2 &= 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} a &= \text{##} - t \text{ siku} - r1 \\ &= \text{##} - 25 - 24 \\ &= 76 \text{ mm} \end{aligned}$$



Dengan $d = 500 \text{ mm}$, maka gaya yang bekerja pada profil siku adalah :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{7875670}{250} = 31502.7 \text{ kg}$$

Gaya yang menimbulkan momen pada profil siku sebesar :

$$\begin{aligned} M &= 1/2 T.a \\ &= 1/2 \times 31502.68 \times 76 \\ &= 1197101.840 \text{ kg.mm} \\ &= 1197.102 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

kapasitas nominal penampang persegi adalah :

$$\begin{aligned} \Phi Mn &= 0.9 \frac{(b.d^2)}{4} \times fy \\ b &= \frac{4 \times 1197101.840}{0.9 \times 240 \times 20} = 55.421 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gunakan profil baja siku 200 x 200 x 20 dengan panjang 200 mm pada flens kolom

- Perhitungan sambungan pada flens balok dan flens kolom

$$\text{Gaya geser pada flens balok adalah} = \frac{8E+06}{200} = 39378.4 \text{ kg}$$

Baut penyambung adalah baut dengan dua bidang geser, sehingga :

$$n = \frac{39378.4}{8481} = 4.64295 \approx 6 \text{ buah baut}$$

- Perhitungan sambungan Web balok dengan siku 100 x 100 x 10

Tahanan dua bidang geser lebih kecil daripada tahanan tumpu sehingga tahanan baut ditentukan oleh tahanan dua bidang geser.

$$n = \frac{5210.95}{8481} = 0.6144 \approx 2 \text{ buah baut}$$

- Sambungan Web balok dengan flens kolom

Baut yang menghubungkan balok dengan flens kolom adalah sambungan dengan satu bidang geser = 4253 kg , sehingga :

$$n = \frac{5210.95}{4241} = 1.2288 \approx 2 \text{ buah baut}$$

- Menentukan jarak antara baut dan jarak dari baut ke tepi pada L 100 x 100 x 10

Jarak baut tepi ke tepi plat :

$$\begin{array}{l} 2 d < S1 < 3 d \\ 1.5 \cdot 1.588 < S1 < 3 \cdot 1.588 \\ 2.382 < S1 < 4.764 \end{array}$$

Maka jarak dari tepi baut ke tepi plat diambil = 2.5 cm

Jarak antara baut :

$$\begin{array}{l} 3 d < S2 < 7 d \\ 2.5 \cdot 1.588 < S2 < 7 \cdot 1.588 \\ 3.97 < S2 < 11.116 \end{array}$$

Maka jarak antara baut diambil = 5 cm

- Menentukan jarak antara baut dan jarak dari baut ke tepi pada L 250 x 250 x 25

Jarak baut tepi ke tepi plat :

$$\begin{array}{l} 2 d < S1 < 3 d \\ 1.5 \cdot 1.588 < S1 < 3 \cdot 1.588 \\ 2.382 < S1 < 4.764 \end{array}$$

Maka jarak dari tepi baut ke tepi plat diambil = 4 cm

Jarak antara baut :

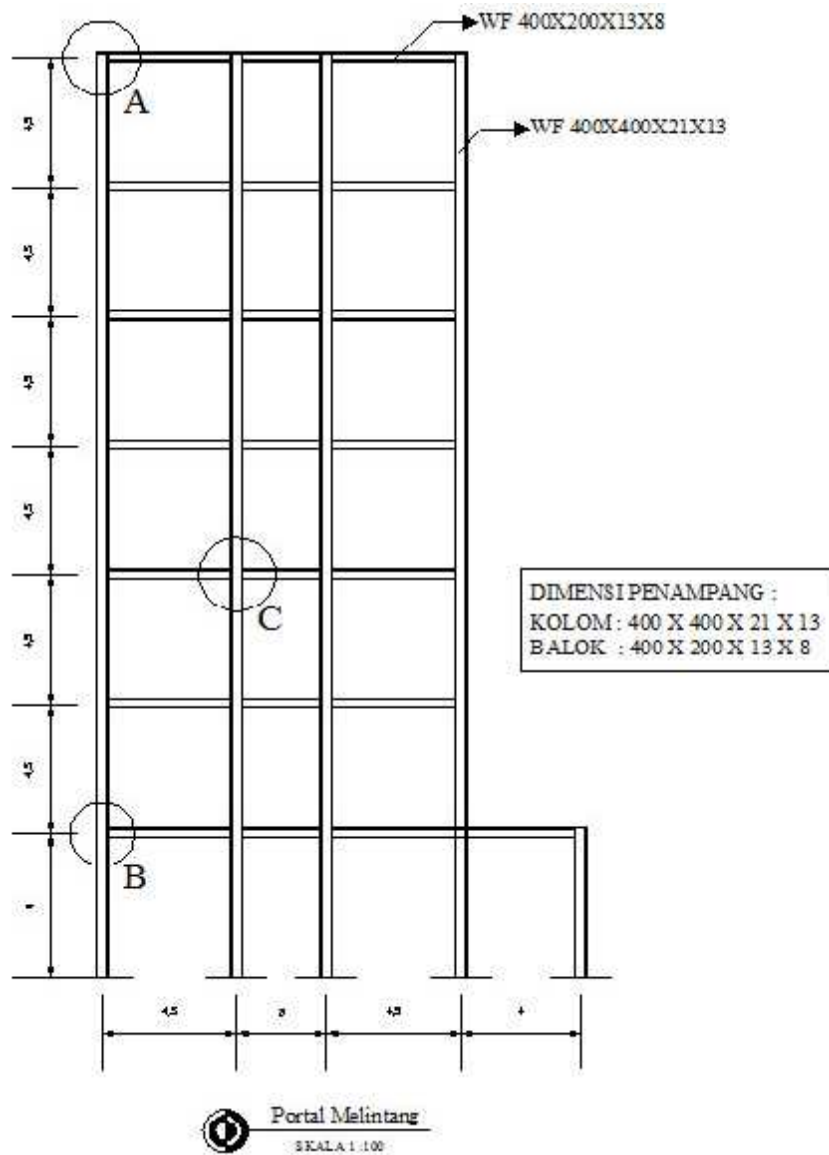
$$3 d < S2 < 7 d$$

$$\begin{array}{l} 2.5 \cdot 1.588 < S2 < 7 \cdot 1.588 \\ 3.97 < S2 < 11.116 \end{array}$$

Maka jarak antara baut diambil = 7.3 cm

2.11 Perencanaan sambungan

2.11.1 Perencanaan sambungan pada portal melintang



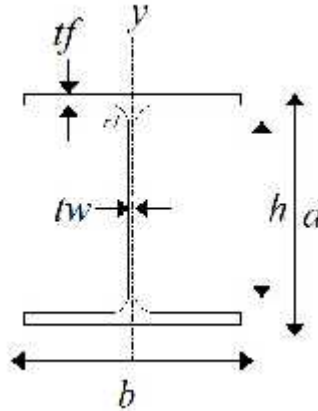
- Sambungan Type A : Sambungan balok dan kolom (tepi)
- Sambungan Type B : Sambungan kolom, balok dan kolom(tepi-tengah)
- Sambungan Type C : Sambungan kolom,balok,kolom dan balok (tengah)

- Data profil baja WF:

- Kolom WF 400 x 400 x 13 x 21 :

Data profil :

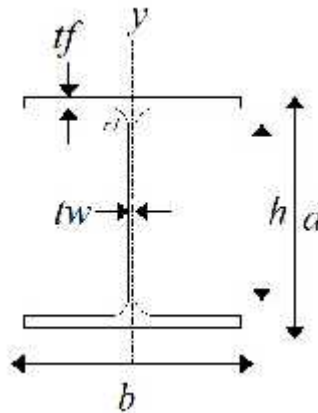
G	=	172	kg/m
d	=	400	mm
b	=	400	mm
tw	=	13	mm
tf	=	21	mm
Ag	=	218.7	cm ²
Ix	=	66600	cm ⁴
Iy	=	22400	cm ⁴
Zx	=	3600	cm ³
Zy	=	1695	cm ³
ix	=	175	mm
iy	=	101	mm



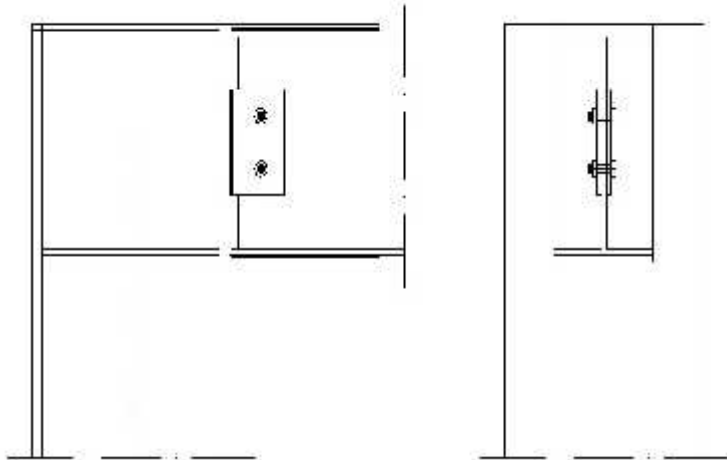
- Balok WF 400 x 200 x 8 x 13 :

Data profil :

G	=	66	kg.m
d	=	400	mm
b	=	200	mm
tw	=	8	mm
tf	=	13	mm
Ag	=	84.1	cm ²
Ix	=	23700	cm ⁴
Iy	=	1740	cm ⁴
Zx	=	1286	cm ³
Zy	=	266	cm ³
ix	=	160	mm
iy	=	45.5	mm



A. Sambungan Type A (balok dan kolom tepi)



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar:

$$\begin{aligned}
 V_u &= 2659.67 \text{ kg} \\
 M_u &= 262688.429 \text{ kg cm} \\
 M_{pr} &= 1.25 \times M_n \\
 &= 1.25 \times 4520657.8 \\
 &= 5650822.245 \text{ kg cm} \\
 V_n &= 0,4 \cdot F_y \cdot d \cdot t_w \\
 &= 0,4 \times 3515,286 \times 40 \times 0,8 \\
 &= 44995.66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Digunakan baut 7/8 inchi ASTM A325 7/8 inchi = 2.2225 cm

Kekuatan material sesuai yang diambil berdasarkan manual AISC pada tabel 2-4 dan 2-5 :

Balok

ASTM A 607

$$\begin{aligned}
 F_y &= 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2 \\
 F_u &= 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kolom

ASTM A 607

$$\begin{aligned}
 F_y &= 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2 \\
 F_u &= 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Plat penyambung

ASTM A 36

$$\begin{aligned}
 F_y &= 36 \text{ ksi} = 2531.010 \text{ kg/cm}^2 \\
 F_u &= 58 \text{ ksi} = 4077.731 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan pelat penyambung atas (flens tarik):

Sambungan las

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat berukuran} &= 200 \times 200 \\
 \text{Las sudut (a)} &= 1/4 \text{ in.} = 0.635 \text{ cm} = 6.35 \text{ mm} \\
 \text{digunakan las E70} &= 70 \text{ Ksi} = 4921.5 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik plat} &= 36.00 \text{ ksi} = 2531.05 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tebal plat} &= 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tahanan rencana :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_{pr}}{b} \\ &= 282541.1123 \text{ kg} \end{aligned}$$

Luas pelat penyambung :

$$A_g = 200 \times 200 = 40000 \text{ mm}^2 = 400 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \Phi T_n &= 0.9 \cdot A_g \cdot f_y \\ &= 0.9 \times 400 \times 2531 \\ &= 911177.424 \text{ kg} \end{aligned}$$

Las sambung gunakan las sudut ukuran a = 6,35 mm dengan kapasitas

$$\begin{aligned} \Phi R_n &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot a) \cdot (0,6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0,75 \times (0,707 \times 0,64) \times (0,6 \times 4921,48) \\ &= 994.2638334 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Kuat rencana :

$$\begin{aligned} \text{Las } \Phi R_{nw} &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot a) \cdot (0,6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0,75 \times (0,707 \times 0,64) \times (0,6 \times 4921,48) \\ &= 994.2638334 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Plat penyambung

$$\begin{aligned} \Phi R_{nw} &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot a) \cdot (0,6 \cdot f_y \text{ plat}) \\ &= 0,75 \times (0,707 \times 0,64) \times (0,6 \times 2531) \\ &= 511.336 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang las yang diperlukan} &= \frac{\Phi R_{nw}}{\Phi R_{nw}} \\ &= \frac{511.336}{994.2638334} \\ &= 0.514 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Gunakan las di kedua sisi masing-masing} = \frac{0.5}{2} = 0.257 \text{ cm}$$

Perhitungan pelat penyambung bawah (flens tekan):

Sambungan las

$$\begin{aligned} \text{Pelat berukuran} &= 200 \times 200 \\ \text{Las sudut (a)} &= 1/4 \text{ in.} = 0.635 \text{ cm} = 6.35 \text{ mm} \\ \text{digunakan las E70} &= 70 \text{ Ksi} = 4921.5 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tegangan tarik plat} &= 36.00 \text{ ksi} = 2531.05 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tebal plat} &= 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tahanan rencana :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_{pr}}{b} \\ &= 282541.1123 \text{ kg} \end{aligned}$$

Luas pelat penyambung :

$$A_g = 200 \times 200 = 40000 \text{ mm}^2 = 400 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \Phi T_n &= 0.9 \cdot A_g \cdot f_y \\ &= 0.9 \times 400 \times 2531 \\ &= 911177.424 \text{ kg} \end{aligned}$$

Las sambung gunakan las sudut ukuran a = 10 mm dengan kapasitas

$$\begin{aligned} \Phi R_n &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 0.64) \times (0.6 \times 4921.48) \\ &= 994.2638334 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Kuat rencana :

$$\begin{aligned} \text{Las } \Phi R_{nw} &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 0.64) \times (0.6 \times 4921.48) \\ &= 994.2638334 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Plat penyambung

$$\Phi R_{nw} = 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_y \text{ plat})$$

$$= 0.75 \times (0.707 \times 1) \times (0.6 \times 2531)$$

$$= 805.2530485 \text{ kg/cm}$$

Panjang las yang diperlukan

$$= \frac{\Phi R_{nw}}{\Phi R_{nw}}$$

$$= \frac{805.2530485}{994.2638334}$$

$$= 0.810 \text{ cm}$$

Gunakan las di kedua sisi masing-masing

$$= \frac{0.8}{2} = 0.405 \text{ cm}$$

Perhitungan sambungan plat geser :

Sambungan baut

Baut penyambung menggunakan baut:

Tipe baut = A325
 diameter baut = 7/8 in. = 2.22 cm
 $A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= 3.87751 \text{ cm}^2$
 kuat tarik min. = 825 Mpa = 8250 kg/cm
 tebal plat = 1 cm
 digunakan las E70 = 70 Ksi = 4921.5 kg/cm²

Tahanan nominal baut

Geser :

bidang geser :

$$\Phi R_n = \Phi m \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b$$

$$= 0.75 \times 2 \times 0.4 \times 8250 \times 3.878$$

$$= 19193.686 \text{ kg}$$

Tumpu :

$$\Phi R_n = \Phi 2.4 f_u \cdot d_b \cdot t_p$$

$$= 0.75 \times 2.4 \times 8250 \times 2.22 \times 0.8$$

$$= 26403.300 \text{ kg}$$

Tarik :

$$\Phi R_n = \Phi 0.75 f_u \cdot A_b$$

$$= 0.75 \times 0.75 \times 8250 \times 3.878$$

$$= 17994.081 \text{ kg}$$

Diambil tahanan nominal terkecil = 17994.081 kg

$$n = \frac{V_n}{\Phi R_n} = \frac{44995.66}{17994.081} = 2.5006 = 4 \text{ baut}$$

Kontrol kekuatan geser baut:

$$\frac{V_u}{n} = \frac{2659.67}{4} \leq 17994.081 \text{ kg}$$

$$= 664.917 \text{ kg} < 17994.081 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Tata letak baut pada web balok :

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} \quad 3 \text{ db} < S < 15 \text{ tp} & \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 3 \cdot 2.2 < S < 15 \cdot 1 & \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 6.7 < S < 15 & \text{ atau } 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

diambil jarak antar baut : 7 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi baut} \quad 1.5 \text{ db} < S_1 < 4 \text{ tp} + 10 \text{ cm} \\ 1.5 \cdot 2.2 < S_1 < 4 \cdot 1 + 10 \text{ cm} \\ 3.3 < S_1 < 14 \end{aligned}$$

diambil jarak dari baut ke tepi : 3.5 cm

Kontrol terhadap kuat tarik baut

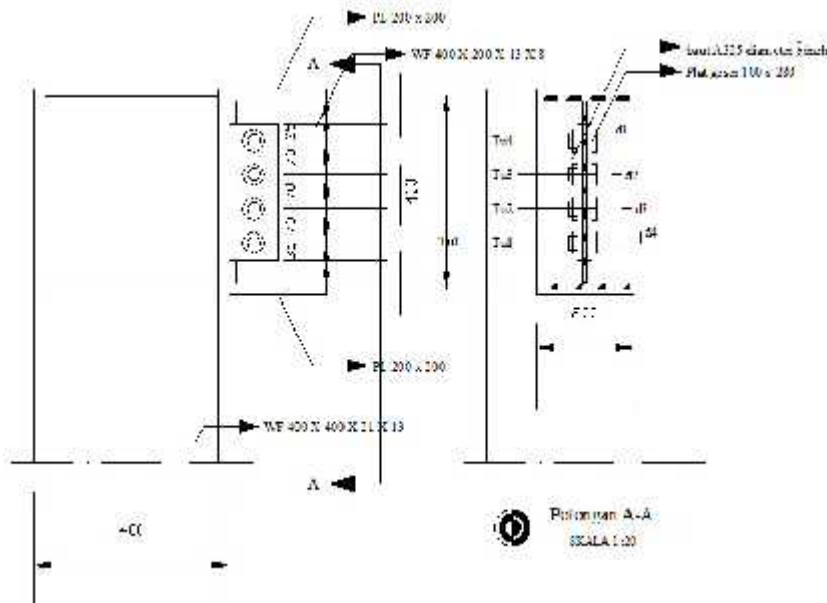


Diagram tegangan tegangan rafter balok-kolom

Jarak baut (d_i)

$$\begin{aligned}d1 &= 22.11 \text{ cm} & d3 &= 8.11 \text{ cm} \\d2 &= 15.11 \text{ cm} & d4 &= 1.11 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}dt &= d1 + d2 + d3 + d4 \\&= 22.11 + 15.11 + 8.11 + 1.11 \\&= 46.45 \text{ cm}\end{aligned}$$

Kontrol terhadap tarik baut

Gaya tarik perlu (pada 2 baut dalam 1 baris)

$$Tu1 = \frac{Mu \times d4}{dt^2} = \frac{262688.4 \times 1.11}{46.45^2} = 135.324 \text{ kg}$$

$$Tu2 = \frac{Mu \times d3}{dt^2} = \frac{262688.4 \times 8.11}{46.45^2} = 987.759 \text{ kg}$$

$$Tu3 = \frac{Mu \times d2}{dt^2} = \frac{262688.4 \times 15.11}{46.45^2} = 1840.193 \text{ kg}$$

$$Tu4 = \frac{Mu \times d1}{dt^2} = \frac{262688.4 \times 22.11}{46.45^2} = 2692.628 \text{ kg}$$

Gaya tarik pada baut

$$\begin{aligned}T_b &= A_b \times f_{ub} \\&= 3.878 \times 3100 \\&= 12020.288 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_d &= \phi T_b \\&= 0.75 \times 12020.288 \\&= 9015.216 \text{ Kg}\end{aligned}$$

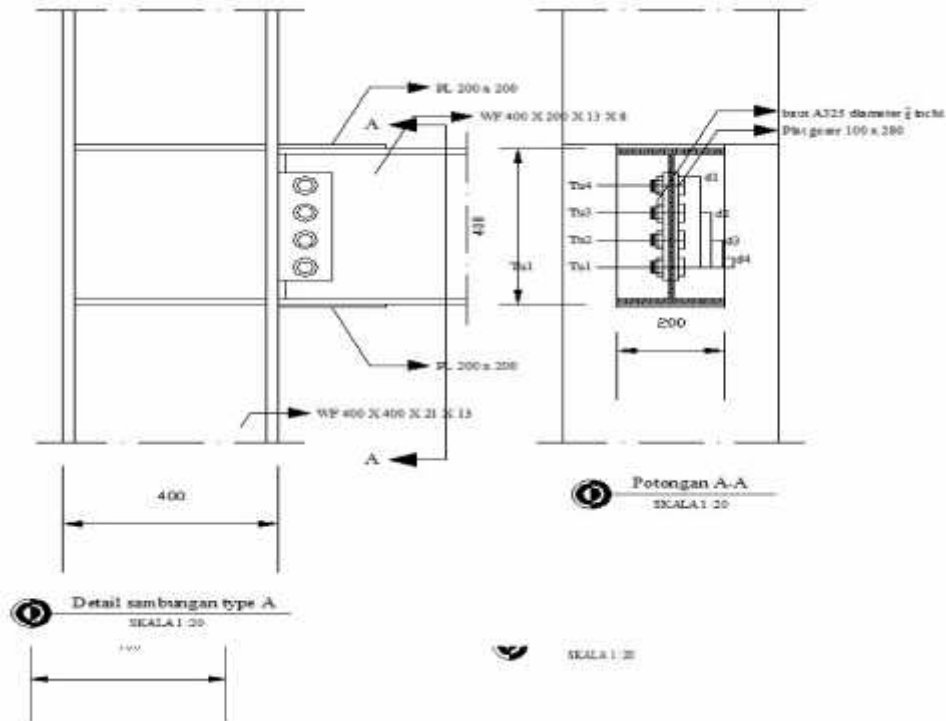
Karena dalam 1 baris terdiri dari 2 baut , maka:

$$\begin{aligned}T_{d2} &= 2 \times T_d \\&= 2 \times 9015.216 \\&= 18030.433 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Syarat: $T_u < T_{d2}$

Tu1	=	135.324	kg	<	18030.433	kg	OK
Tu2	=	987.759	kg	<	18030.433	kg	OK
Tu3	=	1840.193	kg	<	18030.433	kg	OK
Tu4	=	2692.628	kg	<	18030.433	kg	OK

Kor



Kuat nominal 1 baut terhadap tarik (Td) = 9015.216 kg

Garis netral diasumsikan $< S1 = 3.5$ cm

$$\begin{aligned} \sum T_u &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} \\ &= ##### + 987.759 + 1840.193 + 2692.628 \\ &= 5655.903 \text{ kg} \end{aligned}$$

$T_{d2} \times d1$	=	18030.433	x	22.11	=	398675.405	kgcm
$T_{d2} \times d2$	=	18030.433	x	15.11	=	272462.376	kgcm
$T_{d2} \times d3$	=	18030.433	x	8.11	=	146249.347	kgcm
$T_{d2} \times d4$	=	18030.433	x	1.11	=	20036.318	kgcm
$\sum T \cdot di$	=				=	837423.446	kgcm

Garis netral (a) :

$$a = \frac{T}{f_y \times b} = \frac{837423.4}{3515.286 \times 20}$$

$$= 11.911 \text{ cm}$$

Momen rencana :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \frac{1 \times f_y \times a^2 \times b}{2} + T \cdot d_i \\ &= \frac{1 \times 3515.286 \times 11.9^2 \times 20}{2} + 837423.4 \\ &= 5326035.649 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

Kontrol momen

$$\begin{array}{rclcl} \phi M_n & \geq & M_u & & \\ 5326035.65 \text{ kg cm} & & 262688.429 \text{ kg cm} & & \text{OK} \end{array}$$

Las sudut

$$\begin{aligned} t &= \frac{V_n}{0.9 \times 0.6 f_y \cdot b} = \frac{44995.66}{0.9 \times 0.6 \times 2531.05 \times 20} \\ &= 1.646 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gunakan shear plate dengan ukuran 100 x 280. sebagai penyambung shear plate dengan flens kolom digunakan las sudut ukuran a = 1,646 cm dengan kapasitas:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 1.646) \times (0.6 \times 4921.48) \\ &= 2577.36 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Panjang las sudut yang diperlukan

$$\frac{V_n}{\phi R_n} = \frac{44995.66}{2577.36} = 17.45807 \text{ cm}$$

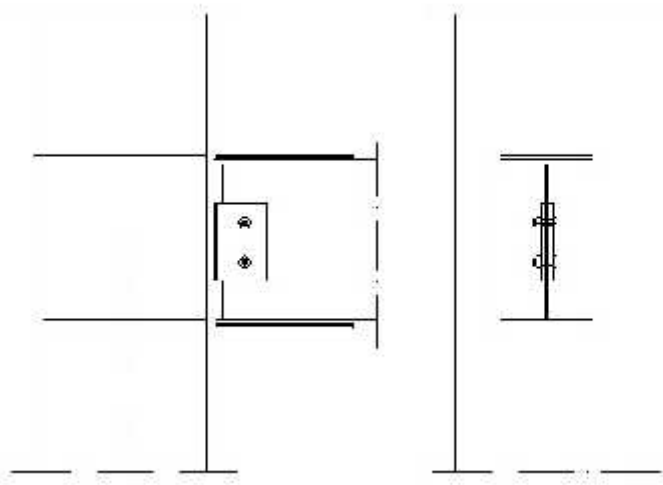
Perhitungan pengaku flens kolom pada flens tarik balok :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot 6.25 \cdot f_y \cdot t^2 \\ &= 0.9 \times 6.25 \times 2531.05 \times 2.1^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 62785.82 \text{ kg} \\ \Phi R_n &< Tu \\ 62785.81937 &< 282541.112 \end{aligned}$$

Jadi tidak perlu dipasang pengaku

B. Sambungan Type B (kolom, balok dan kolom)



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar:

$$\begin{aligned}
 V_u &= 7820.09 \text{ kg} \\
 M_u &= 743787.177 \text{ kg cm} \\
 M_{pr} &= 1.25 \times M_n \\
 &= 1.25 \times 4520657.8 \\
 &= 5650822.245 \text{ kg cm} \\
 V_n &= 0,4 \cdot F_y \cdot d \cdot t_w \\
 &= 0,4 \times 3515,286 \times 40 \times 0,8 \\
 &= 44995.6608 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Digunakan baut 7/8 inchi ASTM A325 7/8 inchi = 2.2225 cm

Kekuatan material sesuai yang diambil berdasarkan manual AISC pada tabel 2-4 dan 2-5 :

Balok

ASTM A 607

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2$$

Kolom

ASTM A 607

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2$$

Plat penyambung

ASTM A 36

$$F_y = 36 \text{ ksi} = 2531.010 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 58 \text{ ksi} = 4077.731 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan pelat penyambung atas (flens tarik):

Sambungan las

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat berukuran} &= 200 \times 200 \\
 \text{Las sudut (a)} &= 1/4 \text{ in.} = 0.635 \text{ cm} = 6.35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{digunakan las E70} &= 70 \text{ Ksi} = 4921.5 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Tegangan tarik plat} &= 36.00 \text{ ksi} = 2531.05 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Tebal plat} &= 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tahanan rencana :

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_{pr}}{b} \\
 &= 282541.1123 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Luas pelat penyambung :

$$A_g = 200 \times 200 = 40000 \text{ mm}^2 = 400 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \Phi T_n &= 0.9 \cdot A_g \cdot f_y \\
 &= 0.9 \times 400 \times 2531 \\
 &= 911177.424 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Las sambung gunakan las sudut ukuran a = 6,35 mm dengan kapasitas

$$\begin{aligned}
 \Phi R_n &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot a) \cdot (0,6 \cdot f_u \text{ las}) \\
 &= 0,75 \times (0,707 \times 0,64) \times (0,6 \times 4921,48) \\
 &= 994.2638334 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Kuat rencana :

$$\begin{aligned}
 \text{Las } \Phi R_{nw} &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot a) \cdot (0,6 \cdot f_u \text{ las}) \\
 &= 0,75 \times (0,707 \times 0,64) \times (0,6 \times 4921,48) \\
 &= 994.2638334 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Plat penyambung

$$\begin{aligned}
 \Phi R_{nw} &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot a) \cdot (0,6 \cdot f_y \text{ plat}) \\
 &= 0,75 \times (0,707 \times 1) \times (0,6 \times 2531) \\
 &= 805.2530485 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang las yang diperlukan} &= \frac{\Phi R_{nw}}{\Phi R_{nw}} \\
 &= \frac{805.2530485}{994.2638334} \\
 &= 0.810 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Gunakan las di kedua sisi masing-masing} = \frac{0.8}{2} = 0.405 \text{ cm}$$

Perhitungan pelat penyambung bawah (flens tekan):

Sambungan las

$$\begin{aligned} \text{Pelat berukuran} &= 200 \text{ x } 200 \\ \text{Las sudut (a)} &= 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm} \\ \text{digunakan las E70} &= 70 \text{ Ksi} = 4921.5 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tegangan tarik plat} &= 36.00 \text{ ksi} = 2531.05 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tebal plat} &= 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tahanan rencana :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_{pr}}{b} \\ &= 282541.1123 \text{ kg} \end{aligned}$$

Luas pelat penyambung :

$$A_g = 200 \text{ x } 200 = 40000 \text{ mm}^2 = 400 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \Phi T_n &= 0.9 \cdot A_g \cdot f_y \\ &= 0.9 \text{ x } 400 \text{ x } 2531 \\ &= 911177.424 \text{ kg} \end{aligned}$$

Las sambung gunakan las sudut ukuran a = 6,35 mm dengan kapasitas

$$\begin{aligned} \Phi R_n &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \text{ x } (0.707 \text{ x } 0.64) \text{ x } (0.6 \text{ x } 4921.48) \\ &= 994.2638334 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Kuat rencana :

$$\begin{aligned} \text{Las } \Phi R_{nw} &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \text{ x } (0.707 \text{ x } 0.64) \text{ x } (0.6 \text{ x } 4921.48) \\ &= 994.2638334 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Plat penyambung

$$\Phi R_{nw} = 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_y \text{ plat})$$

$$= 0.75 \times (0.707 \times 1) \times (0.6 \times 2531)$$

$$= 805.2530485 \text{ kg/cm}$$

Panjang las yang diperlukan

$$= \frac{\Phi R_{nw}}{\Phi R_{nw}}$$

$$= \frac{805.2530485}{994.2638334}$$

$$= 0.810 \text{ cm}$$

Gunakan las di kedua sisi masing-masing

$$= \frac{0.8}{2} = 0.405 \text{ cm}$$

Perhitungan sambungan plat geser :

Sambungan baut

Baut penyambung menggunakan baut:

Tipe baut = A325

diameter baut = $7/8 \text{ in.} = 2.22 \text{ cm}$

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= 3.87751 \text{ cm}^2$$

kuat tarik min. = $825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$

tebal plat = 1 cm

digunakan las E70 = $70 \text{ Ksi} = 4921.5 \text{ kg/cm}^2$

Tahanan nominal baut

Geser :

bidang geser :

$$\Phi R_n = \Phi m \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b$$

$$= 0.75 \times 2 \times 0.4 \times 8250 \times 3.878$$

$$= 19193.686 \text{ kg}$$

Tumpu :

$$\Phi R_n = \Phi 2.4 f_u \cdot d_b \cdot t_p$$

$$= 0.75 \times 2.4 \times 8250 \times 2.22 \times 0.8$$

$$= 26403.300 \text{ kg}$$

Tarik :

$$\Phi R_n = \Phi 0.75 f_u \cdot A_b$$

$$= 0.75 \times 0.75 \times 8250 \times 3.878$$

$$= 17994.081 \text{ kg}$$

Diambil tahanan nominal terkecil = 17994.081 kg

$$n = \frac{V_n}{\Phi R_n} = \frac{44995.66}{17994.081} = 2.501 = 4 \text{ baut}$$

Kontrol kekuatan geser baut:

$$\frac{V_u}{n} = \frac{7820.09}{4} \leq 17994.081 \text{ kg}$$

$$= 1955.02 \text{ kg} < 17994.081 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Tata letak baut pada web balok :

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} \quad 3 \text{ db} < S < 15 \text{ tp} & \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 3 \cdot 2.22 < S < 15 \cdot 1 & \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 6.7 < S < 15 & \text{ atau } 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

diambil jarak antar baut : 7 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi baut} \quad 1.5 \text{ db} < S_1 < 4 \text{ tp} + 10 \text{ cm} \\ 1.5 \cdot 2.22 < S_1 < 4 \cdot 1 + 10 \text{ cm} \\ 3.3 < S_1 < 14 \end{aligned}$$

diambil jarak dari baut ke tepi : 3.5 cm

Kontrol terhadap kuat tarik baut

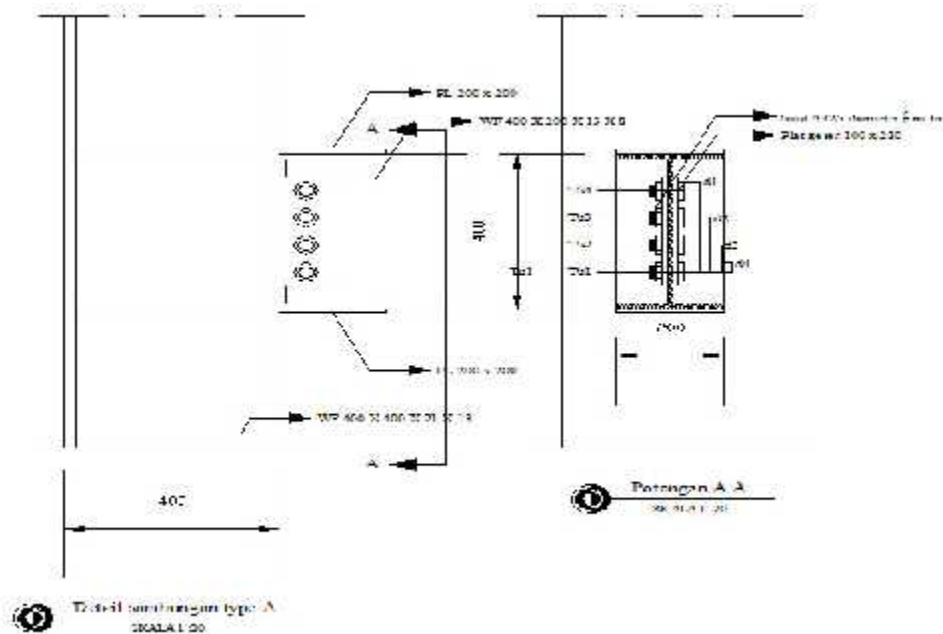


Diagram tegangan tegangan rafter balok-kolom

Jarak baut (*di*)

$$\begin{aligned}d1 &= 22.11 \text{ cm} & d3 &= 8.11 \text{ cm} \\d2 &= 15.11 \text{ cm} & d4 &= 1.11 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}dt &= d1 + d2 + d3 + d4 \\&= 22.11 + 15.11 + 8.11 + 1.11 \\&= 46.45 \text{ cm}\end{aligned}$$

Kontrol terhadap tarik baut

Gaya tarik perlu (pada 2 baut dalam 1 baris)

$$Tu1 = \frac{Mu \times d4}{dt^2} = \frac{743787.2 \times 1.11}{46.45^2} = 383.162 \text{ kg}$$

$$Tu2 = \frac{Mu \times d3}{dt^2} = \frac{743787.2 \times 8.11}{46.45^2} = 2796.782 \text{ kg}$$

$$Tu3 = \frac{Mu \times d2}{dt^2} = \frac{743787.2 \times 15.11}{46.45^2} = 5210.401 \text{ kg}$$

$$Tu4 = \frac{Mu \times d1}{dt^2} = \frac{743787.2 \times 22.11}{46.45^2} = 7624.020 \text{ kg}$$

Gaya tarik pada baut

$$\begin{aligned}T_b &= A_b \times f_{ub} \\&= 3.878 \times 3100 \\&= 12020.288 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_d &= \phi T_b \\&= 0.75 \times 12020.288 \\&= 9015.216 \text{ Kg}\end{aligned}$$

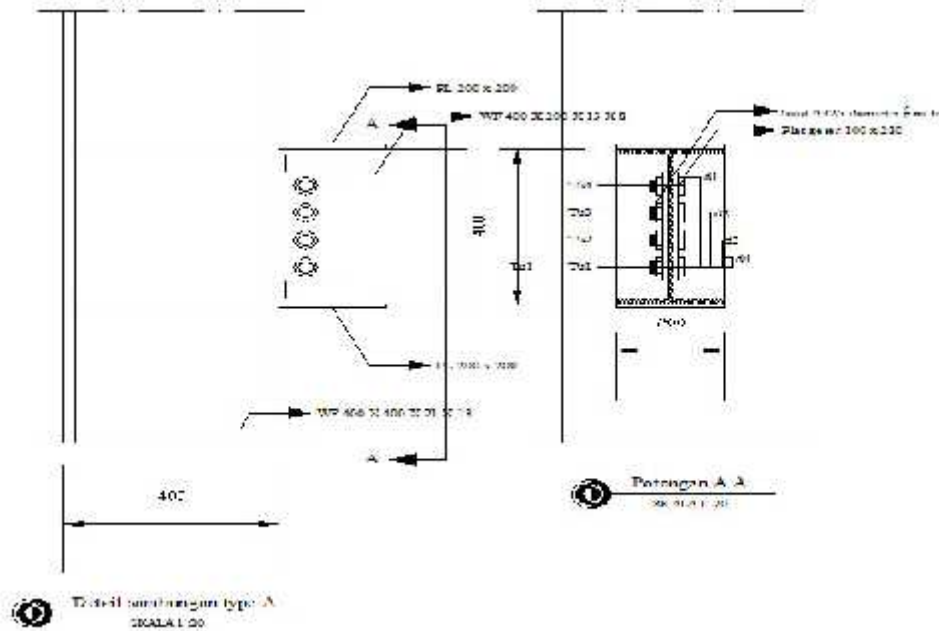
Karena dalam 1 baris terdiri dari 2 baut , maka:

$$\begin{aligned}T_{d2} &= 2 \times T_d \\&= 2 \times 9015.216 \\&= 18030.433 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Syarat: $T_u < T_{d2}$

Tu1	=	383.162	kg	<	18030.433	kg	OK
Tu2	=	2796.782	kg	<	18030.433	kg	OK
Tu3	=	5210.401	kg	<	18030.433	kg	OK
Tu4	=	7624.020	kg	<	18030.433	kg	OK

Kontrol kekuatan baut terhadap momen



Kuat nominal 1 baut terhadap tarik (T_d) = 9015.216 kg

Garis netral diasumsikan $< S_1 = 3.5$ cm

$$\begin{aligned} \sum T_u &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} \\ &= ##### + 2796.782 + 5210.401 + 7624.020 \\ &= 16014.365 \text{ kg} \end{aligned}$$

$T_{d2} \times d_1$	=	18030.433	x	22.11	=	398675.405	kgcm
$T_{d2} \times d_2$	=	18030.433	x	15.11	=	272462.376	kgcm
$T_{d2} \times d_3$	=	18030.433	x	8.11	=	146249.347	kgcm
$T_{d2} \times d_4$	=	18030.433	x	1.11	=	20036.318	kgcm
$\sum T \cdot d_i$	=				=	837423.446	kgcm

Garis netral (a) :

$$a = \frac{T}{f_y \times b} = \frac{837423.4}{3515.286 \times 20}$$

$$= 11.911 \text{ cm}$$

Momen rencana :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \frac{1 \times f_y \times a^2 \times b}{2} + T \cdot d_i \\ &= \frac{1 \times 3515.286 \times 11.9^2 \times 20}{2} + 837423.4 \\ &= 5326035.649 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

Kontrol momen

$$\begin{array}{rclcl} \phi M_n & \geq & M_u & & \\ 5326035.65 \text{ kg cm} & & 743787.177 \text{ kg cm} & & \text{OK} \end{array}$$

Las sudut

$$\begin{aligned} t &= \frac{V_n}{0.9 \times 0.6 f_y \cdot b} = \frac{44995.66}{0.9 \times 0.6 \times 3515.29 \times 20} \\ &= 1.185 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gunakan shear plate dengan ukuran 100 x 280. sebagai penyambung shear plate dengan flens kolom digunakan las sudut ukuran a = 1,185 cm dengan kapasitas:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) (0.6 f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 1.185) \times (0.6 \times 4921.48) \\ &= 1855.73 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Panjang las sudut yang diperlukan

$$\frac{V_n}{\phi R_n} = \frac{44995.66}{1855.73} = 24.24692 \text{ cm}$$

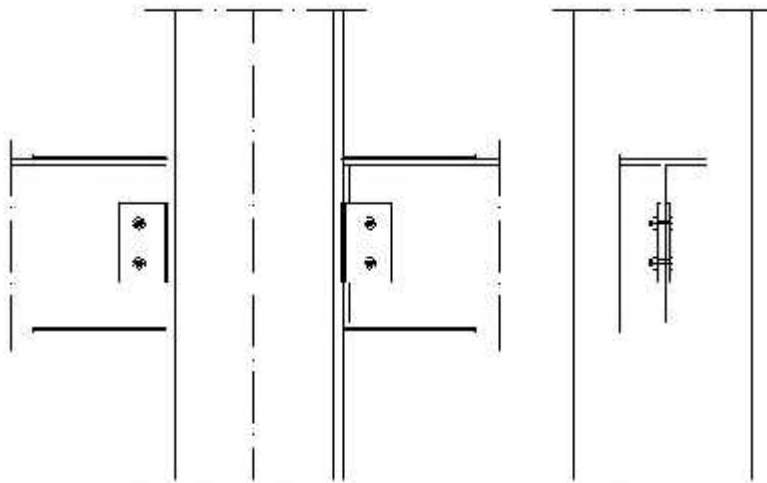
Perhitungan pengaku flens kolom pada flens tarik balok :

$$\phi R_n = \phi \cdot 6.25 \cdot f_y \cdot t^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.9 \times 6.25 \times 3515.29 \times 4.41 \\
 &= 87201.06 \text{ kg} \\
 &\quad \Phi R_n < Tu \\
 &\quad 87201.06334 < 282541.112
 \end{aligned}$$

Jadi tidak perlu dipasang pengaku

C. Sambungan Type C (kolom, balok, balok dan kolom)



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar:

$$\begin{aligned} V_u &= 3268.75 \text{ kg} \\ M_u &= 458595.489 \text{ kg cm} \\ M_{pr} &= 1.25 \times M_n \\ &= 1.25 \times 4520657.8 \\ &= 5650822.245 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,4 \cdot F_y \cdot d \cdot t_w \\ &= 0,4 \times 3515,286 \times 40 \times 0,8 \\ &= 44995.66 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Digunakan baut 7/8 inchi ASTM A325 7/8 inchi = 2.2225 cm

Kekuatan material sesuai yang diambil berdasarkan manual AISC pada tabel 2-4 dan 2-5 :

Balok

ASTM A 607

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2$$

Kolom

ASTM A 607

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2$$

Plat penyambung

ASTM A 36

$$F_y = 36 \text{ ksi} = 2531.010 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 58 \text{ ksi} = 4077.731 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan pelat penyambung atas (flens tarik):

Sambungan las

$$\text{Pelat berukuran} = 200 \times 200$$

$$\text{Las sudut (a)} = 1/4 \text{ in.} = 0.635 \text{ cm} = 6.35 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{digunakan las E70} &= 70 \text{ Ksi} = 4921.5 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Tegangan tarik plat} &= 36.00 \text{ ksi} = 2531.05 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Tebal plat} &= 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tahanan rencana :

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_{pr}}{b} \\
 &= 282541.1123 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Luas pelat penyambung :

$$A_g = 200 \times 200 = 40000 \text{ mm}^2 = 400 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \Phi T_n &= 0.9 \cdot A_g \cdot f_y \\
 &= 0.9 \times 400 \times 2531 \\
 &= 911177.424 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Las sambung gunakan las sudut ukuran a = 10 mm dengan kapasitas

$$\begin{aligned}
 \Phi R_n &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\
 &= 0.75 \times (0.707 \times 0.64) \times (0.6 \times 4921.48) \\
 &= 994.2638334 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Kuat rencana :

$$\begin{aligned}
 \text{Las } \Phi R_{nw} &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\
 &= 0.75 \times (0.707 \times 0.64) \times (0.6 \times 4921.48) \\
 &= 994.2638334 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Plat penyambung

$$\begin{aligned}
 \Phi R_{nw} &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_y \text{ plat}) \\
 &= 0.75 \times (0.707 \times 1) \times (0.6 \times 2531) \\
 &= 805.2530485 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang las yang diperlukan} &= \frac{\Phi T_n}{\Phi R_{nw}} \\
 &= \frac{911177.424}{994.2638334} \\
 &= 916.434 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Gunakan las di kedua sisi masing-masing} = \frac{916.4}{2} = 458.217 \text{ cm}$$

Perhitungan pelat penyambung bawah (flens tekan):

Sambungan las

$$\begin{aligned} \text{Pelat berukuran} &= 200 \times 200 \\ \text{Las sudut (a)} &= 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm} \\ \text{digunakan las E70} &= 70 \text{ Ksi} = 4921.5 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tegangan tarik plat} &= 36.00 \text{ ksi} = 2531.05 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tebal plat} &= 1.2 \text{ cm} = 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tahanan rencana :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_{pr}}{b} \\ &= 282541.1123 \text{ kg} \end{aligned}$$

Luas pelat penyambung :

$$A_g = 200 \times 200 = 40000 \text{ mm}^2 = 400 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \Phi T_n &= 0.9 \cdot A_g \cdot f_y \\ &= 0.9 \times 400 \times 2531 \\ &= 911177.424 \text{ kg} \end{aligned}$$

Las sambung gunakan las sudut ukuran a = 6,35 mm dengan kapasitas

$$\begin{aligned} \Phi R_n &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 0.64) \times (0.6 \times 4921.48) \\ &= 994.2638334 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Kuat rencana :

$$\begin{aligned} \text{Las } \Phi R_{nw} &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 0.64) \times (0.6 \times 4921.48) \\ &= 994.2638334 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Plat penyambung

$$\Phi R_{nw} = 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) \cdot (0.6 \cdot f_y \text{ plat})$$

$$= 0.75 \times (0.707 \times 1) \times (0.6 \times 2531)$$

$$= 805.2530485 \text{ kg/cm}$$

Panjang las yang diperlukan

$$= \frac{\Phi T_n}{\Phi R_{nw}}$$

$$= \frac{911177.424}{994.2638334}$$

$$= 916.434 \text{ cm}$$

Gunakan las di kedua sisi masing-masing

$$= \frac{916.4}{2} = 458.217 \text{ cm}$$

Perhitungan sambungan plat geser :

Sambungan baut

Baut penyambung menggunakan baut:

Tipe baut = A325

diameter baut = $\frac{7}{8}$ in. = 2.22 cm

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= 3.87751 \text{ cm}^2$$

kuat tarik min. = 825 Mpa = 8250 kg/cm

tebal plat = 1 cm

digunakan las E70 = 70 Ksi = 4921.5 kg/cm²

Tahanan nominal baut

Geser :

bidang geser :

$$\Phi R_n = \Phi m \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b$$

$$= 0.75 \times 2 \times 0.4 \times 8250 \times 3.878$$

$$= 19193.686 \text{ kg}$$

Tumpu :

$$\Phi R_n = \Phi 2.4 f_u \cdot d_b \cdot t_p$$

$$= 0.75 \times 2.4 \times 8250 \times 2.22 \times 0.8$$

$$= 26403.300 \text{ kg}$$

Tarik :

$$\Phi R_n = \Phi 0.75 f_u \cdot A_b$$

$$= 0.75 \times 0.75 \times 8250 \times 3.878$$

$$= 17994.081 \text{ kg}$$

Diambil tahanan nominal terkecil = 17994.081 kg

$$n = \frac{V_n}{\Phi R_n} = \frac{44995.66}{17994.081} = 2.5006 = 4 \text{ baut}$$

Kontrol kekuatan geser baut:

$$\frac{V_u}{n} = \frac{3268.75}{4} \leq 17994.081 \text{ kg}$$

$$= 817.187 \text{ kg} < 17994.081 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Tata letak baut pada web balok :

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} \quad 3 \text{ db} < S < 15 \text{ tp} & \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 3 \cdot 2.2 < S < 15 \cdot 1 & \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 6.7 < S < 15 & \text{ atau } 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

diambil jarak antar baut : 7 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi baut} \quad 1.5 \text{ db} < S_1 < 4 \text{ tp} + 10 \text{ cm} \\ 1.5 \cdot 2.2 < S_1 < 4 \cdot 1 + 10 \text{ cm} \\ 3.3 < S_1 < 14 \end{aligned}$$

diambil jarak dari baut ke tepi : 3.5 cm

Kontrol terhadap kuat tarik baut

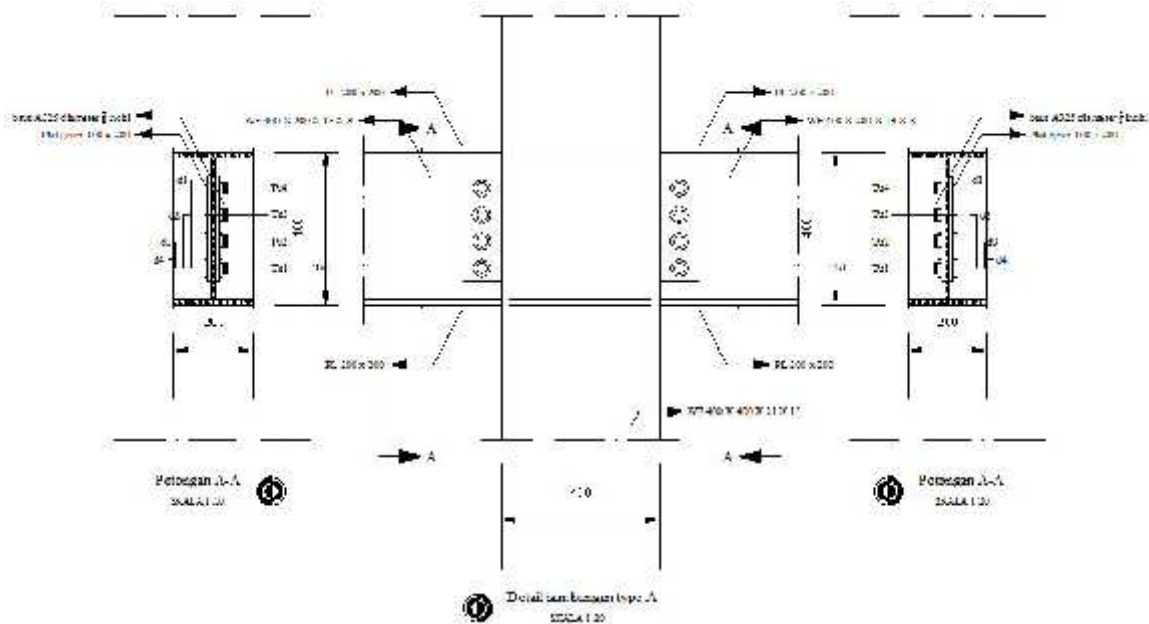


Diagram tegangan tegangan rafter balok-kolom

Jarak baut (*di*)

$$\begin{aligned}d_1 &= 22.11 \text{ cm} & d_3 &= 8.11 \text{ cm} \\d_2 &= 15.11 \text{ cm} & d_4 &= 1.11 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}dt &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\&= 22.11 + 15.11 + 8.11 + 1.11 \\&= 46.45 \text{ cm}\end{aligned}$$

Kontrol terhadap tarik baut

Gaya tarik perlu (pada 2 baut dalam 1 baris)

$$Tu_1 = \frac{Mu \times d_4}{dt^2} = \frac{3268.7 \times 1.11}{46.45^2} = 1.684 \text{ kg}$$

$$Tu_2 = \frac{Mu \times d_3}{dt^2} = \frac{3268.7 \times 8.11}{46.45^2} = 12.291 \text{ kg}$$

$$Tu_3 = \frac{Mu \times d_2}{dt^2} = \frac{3268.7 \times 15.11}{46.45^2} = 22.898 \text{ kg}$$

$$Tu_4 = \frac{Mu \times d_1}{dt^2} = \frac{3268.7 \times 22.11}{46.45^2} = 33.506 \text{ kg}$$

Gaya tarik pada baut

$$\begin{aligned}T_b &= A_b \times f_{ub} \\&= 3.878 \times 3100 \\&= 12020.288 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_d &= \phi T_b \\&= 0.75 \times 12020.288 \\&= 9015.216 \text{ Kg}\end{aligned}$$

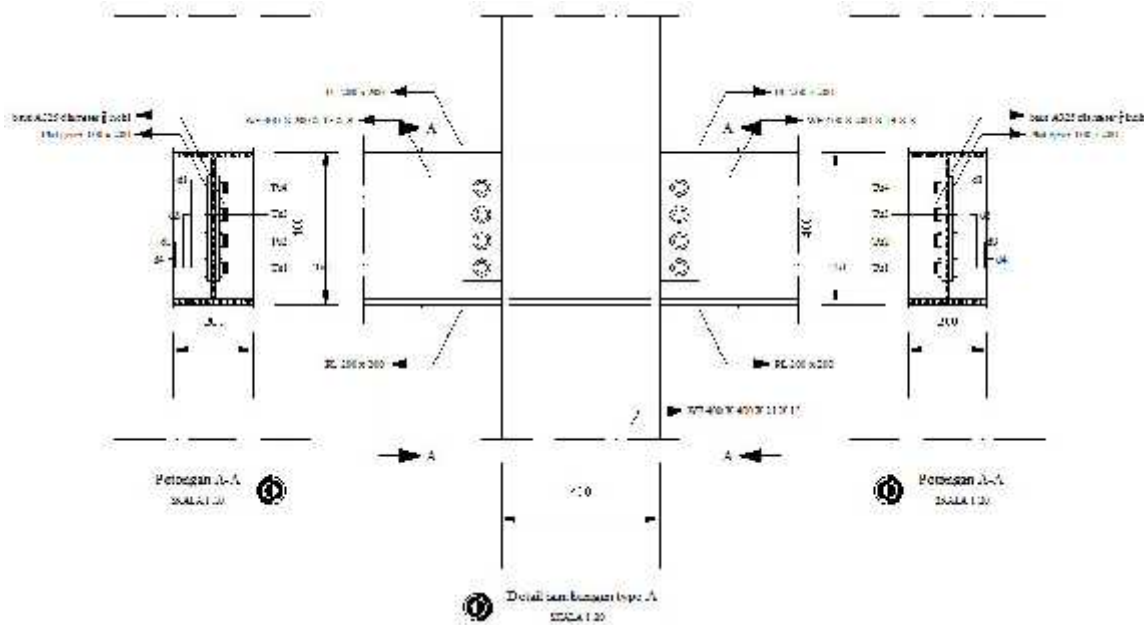
Karena dalam 1 baris terdiri dari 2 baut , maka:

$$\begin{aligned}T_{d2} &= 2 \times T_d \\&= 2 \times 9015.216 \\&= 18030.433 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Syarat: $T_u < T_{d2}$

Tu1	=	1.684	kg	<	18030.433	kg	OK
Tu2	=	12.291	kg	<	18030.433	kg	OK
Tu3	=	22.898	kg	<	18030.433	kg	OK
Tu4	=	33.506	kg	<	18030.433	kg	OK

Kontrol kekuatan baut terhadap momen



Kuat nominal 1 baut terhadap tarik (Td) = 9015.216 kg

Garis netral diasumsikan $< S1 = 3.5$ cm

$$\begin{aligned} \sum T_u &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} \\ &= 1.684 + 12.291 + 22.898 + 33.506 \\ &= 70.379 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{d2} \times d1 &= 18030.433 \times 22.11 = 398675.405 \text{ kgcm} \\ T_{d2} \times d2 &= 18030.433 \times 15.11 = 272462.376 \text{ kgcm} \\ T_{d2} \times d3 &= 18030.433 \times 8.11 = 146249.347 \text{ kgcm} \\ T_{d2} \times d4 &= 18030.433 \times 1.11 = 20036.318 \text{ kgcm} \\ \hline \sum T \cdot di &= 837423.446 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Garis netral (a) :

$$a = \frac{T}{f_y \times b} = \frac{837423.4}{3515.286 \times 20}$$

$$= 11.911 \text{ cm}$$

Momen rencana :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \frac{1 \times f_y \times a^2 \times b}{2} + T \cdot d_i \\ &= \frac{1 \times 3515.286 \times 11.9^2 \times 20}{2} + 837423.4 \\ &= 5326035.649 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

Kontrol momen

$$\begin{array}{rclcl} \phi M_n & \geq & M_u & & \\ 5326035.65 \text{ kg cm} & & 3268.747 \text{ kg cm} & & \text{OK} \end{array}$$

Las sudut

$$\begin{aligned} t &= \frac{V_n}{0.9 \times 0.6 f_y \cdot b} = \frac{44995.66}{0.9 \times 0.6 \times 2531.05 \times 20} \\ &= 1.646 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gunakan shear plate dengan ukuran 100 x 280. sebagai penyambung shear plate dengan flens kolom digunakan las sudut ukuran a = 1,646 cm dengan kapasitas:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) (0.6 f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 1.646) \times (0.6 \times 4921.48) \\ &= 2577.36 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Panjang las sudut yang diperlukan

$$\frac{V_n}{\phi R_n} = \frac{44995.66}{2577.36} = 17.45807 \text{ cm}$$

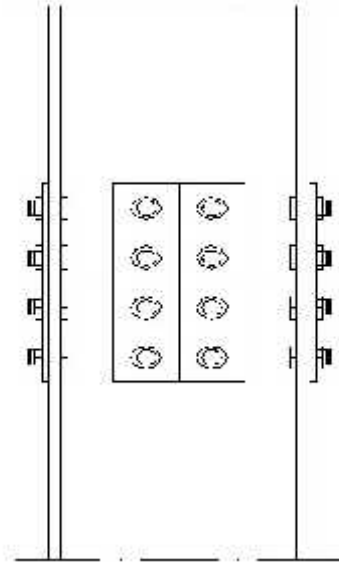
Perhitungan pengaku flens kolom pada flens tarik balok :

$$\phi R_n = \phi \cdot 6.25 \cdot f_y \cdot t^2$$

$$\begin{aligned}
&= 0.9 \times 6.25 \times 2531.05 \times 2.1^2 \\
&= 62785.82 \text{ kg} \\
&\quad \Phi R_n < Tu \\
&\quad 62785.81937 < 282541.112
\end{aligned}$$

Jadi tidak perlu dipasang pengaku

D. Sambungan Kolom - Kolom



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar:

$$\begin{aligned} V_u &= 4724.74 \text{ kg} \\ M_u &= 1025421.698 \text{ kg cm} \\ M_{pr} &= 1.25 \times M_n \\ &= 1.25 \times 12655029.6 \\ &= 15818787 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,4 \cdot F_y \cdot d \cdot t_w \\ &= 0,4 \times 3515,286 \times 40 \times 0,8 \\ &= 58494.35 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Digunakan baut 7/8 inchi ASTM A325 $7/8 \text{ inchi} = 2.2225 \text{ cm}$

Kekuatan material sesuai yang diambil berdasarkan manual AISC pada tabel 2-4 dan 2-5 :

Kolom

ASTM A 607

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2$$

Plat penyambung

ASTM A 36

$$F_y = 36 \text{ ksi} = 2531.010 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 58 \text{ ksi} = 4077.731 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan plat penyambung pada web kolom

Sambungan baut

Baut penyambung menggunakan baut:

$$\begin{aligned} \text{Tipe baut} &= A325 \\ \text{diameter baut} &= 7/8 \text{ in.} = 2.2225 \text{ cm} \\ A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \cdot d^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 3.878 \text{ cm}^2 \\
\text{kuat tarik min.} &= 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm} \\
\text{tebal plat} &= 1 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Tahanan nominal baut

Geser :

$$\begin{aligned}
\text{bidang geser : } \Phi R_n &= \Phi m \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b \\
&= 0.75 \times 2 \times 0.4 \times 8250 \times 3.878 \\
&= 19193.686 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Tumpu :

$$\begin{aligned}
\Phi R_n &= \Phi 2.4 f_u \cdot d_b \cdot t_p \\
&= 0.75 \times 2.4 \times 8250 \times 2.22 \times 1.3 \\
&= 42905.363 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Tarik :

$$\begin{aligned}
\Phi R_n &= \Phi 0.75 f_u \cdot A_b \\
&= 0.75 \times 0.75 \times 8250 \times 3.878 \\
&= 17994.081 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Diambil tahanan nominal terkecil = 17994.081 kg

$$n = \frac{V_n}{\Phi R_n} = \frac{58494.35}{17994.081} = 3.2508 = 4 \text{ baut}$$

Kontrol kekuatan geser baut:

$$\begin{aligned}
\frac{V_u}{n} &= \frac{4724.74}{4} \leq 17994.081 \text{ kg} \\
&= 1181.19 \text{ kg} < 17994.081 \text{ kg} \quad \text{OK}
\end{aligned}$$

Tata letak baut pada web balok :

$$\begin{aligned}
\text{Jarak antar baut} & 3 \text{ db} < S < 15 \text{ tp} \quad \text{atau} \quad 20 \text{ cm} \\
& 3 \cdot 2.2 < S < 15 \cdot 1 \quad \text{atau} \quad 20 \text{ cm} \\
& 6.7 < S < 15 \quad \text{atau} \quad 20 \text{ cm}
\end{aligned}$$

diambil jarak antar baut : 7 cm

$$\begin{aligned}
\text{Jarak tepi baut} & 1.5 \text{ db} < S1 < 4 \text{ tp} + 10 \text{ cm} \\
& 1.5 \cdot 2.2 < S1 < 4 \cdot 1 + 10 \text{ cm}
\end{aligned}$$

3.3 < S1 < 14
 diambil jarak dari baut ke tepi : 3.5 cm

Kontrol terhadap kuat tarik baut

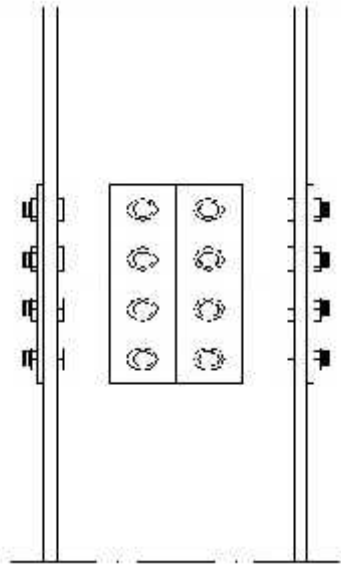


Diagram tegangan tegangan rafter balok-kolom

Jarak baut (di)

$$\begin{aligned} d1 &= 22.11 \text{ cm} & d3 &= 8.11 \text{ cm} \\ d2 &= 15.11 \text{ cm} & d4 &= 1.11 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dt &= d1 + d2 + d3 + d4 \\ &= 22.11 + 15.11 + 8.11 + 1.11 \\ &= 46.45 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol terhadap tarik baut

Gaya tarik perlu (pada 2 baut dalam 1 baris)

$$Tu1 = \frac{Mu \times d4}{dt^2} = \frac{1025421.7 \times 1.11}{46.45^2} = 528.246 \text{ kg}$$

$$Tu2 = \frac{Mu \times d3}{dt^2} = \frac{1025421.7 \times 8.11}{46.45^2} = 3855.781 \text{ kg}$$

$$Tu3 = \frac{Mu \times d2}{dt^2} = \frac{1025421.7 \times 15.11}{46.45^2} = 7183.316 \text{ kg}$$

$$T_{u4} = \frac{M_u \times d_l}{d_t^2} = \frac{1025421.7 \times 22.11}{46.45^2} = 10510.851 \text{ kg}$$

Gaya tarik pada baut

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \times f_{ub} \\ &= 3.878 \times 3100 \\ &= 12020.288 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= \phi T_b \\ &= 0.75 \times 12020.288 \\ &= 9015.216 \text{ Kg} \end{aligned}$$

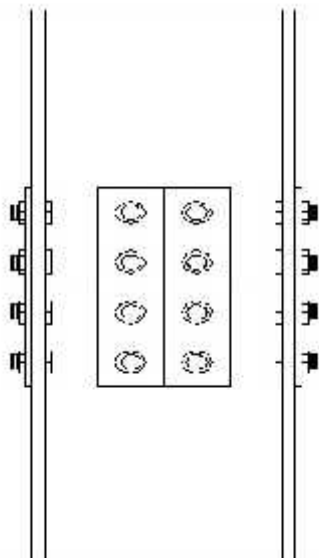
Karena dalam 1 baris terdiri dari 2 baut , maka:

$$\begin{aligned} T_{d2} &= 2 \times T_d \\ &= 2 \times 9015.216 \\ &= 18030.433 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Syarat: $T_u < T_{d2}$

T_{u1}	=	528.246	kg	<	18030.433	kg	OK
T_{u2}	=	3855.781	kg	<	18030.433	kg	OK
T_{u3}	=	7183.316	kg	<	18030.433	kg	OK
T_{u4}	=	10510.851	kg	<	18030.433	kg	OK

Kontrol kekuatan baut terhadap momen



$$\text{Kuat nominal 1 baut terhadap tarik (Td)} = 9015.216 \text{ kg}$$

$$\text{Garis netral diasumsikan } < S1 = 3.5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \sum Tu &= Tu1 + Tu2 + Tu3 + Tu4 \\ &= ##### + 3855.781 + 7183.316 + 10510.851 \\ &= 22078.194 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{d2} \times d1 &= 18030.433 \times 22.11 = 398675.405 \text{ kgcm} \\ T_{d2} \times d2 &= 18030.433 \times 15.11 = 272462.376 \text{ kgcm} \\ T_{d2} \times d3 &= 18030.433 \times 8.11 = 146249.347 \text{ kgcm} \\ T_{d2} \times d4 &= 18030.433 \times 1.11 = 20036.318 \text{ kgcm} \\ \sum T \cdot di &= 837423.446 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Garis netral (a) :

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{f_y \times b} = \frac{837423.4}{3515.286 \times 20} \\ &= 11.911 \text{ cm} \end{aligned}$$

Momen rencana :

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \frac{1 \times f_y \times a^2 \times b}{2} + T \cdot di \\ &= \frac{1 \times 3515.286 \times 11.9^2 \times 20}{2} + 837423.4 \\ &= 5326035.649 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

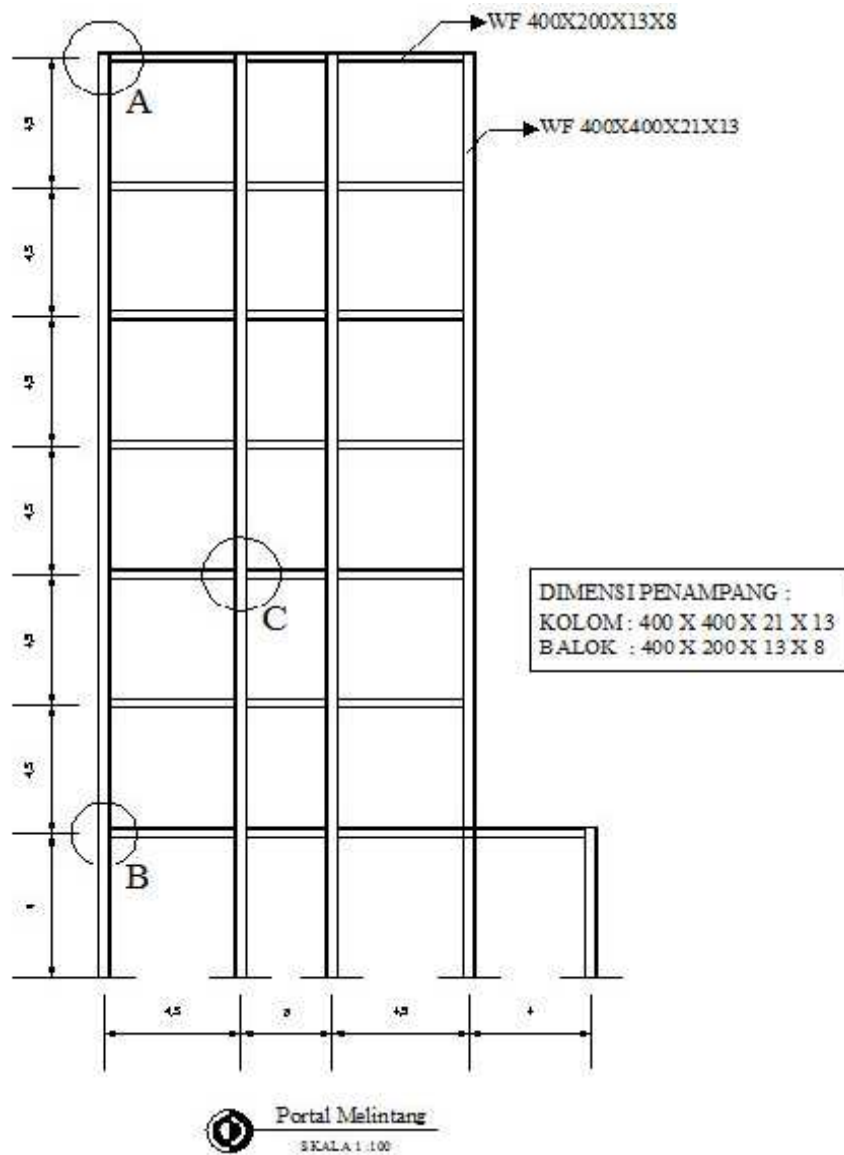
Kontrol momen

$$\phi Mn \geq Mu$$

$$5326035.65 \text{ kg cm} \geq 1025421.698 \text{ kg cm} \quad \text{OK}$$

2.11 Perencanaan sambungan

2.11.1 Perencanaan sambungan pada portal melintang



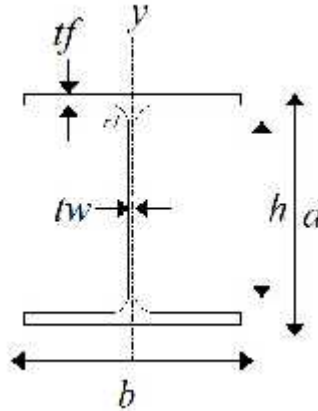
- Sambungan Type A : Sambungan balok dan kolom (tepi)
- Sambungan Type B : Sambungan kolom, balok dan kolom(tepi-tengah)
- Sambungan Type C : Sambungan kolom,balok,kolom dan balok (tengah)

- Data profil baja WF:

- Kolom WF 400 x 400 x 13 x 21 :

Data profil :

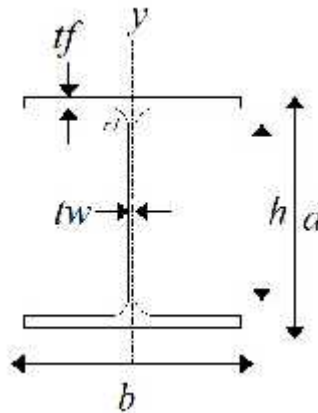
G	=	172	kg/m
d	=	400	mm
b	=	400	mm
tw	=	13	mm
tf	=	21	mm
Ag	=	218.7	cm ²
Ix	=	66600	cm ⁴
Iy	=	22400	cm ⁴
Zx	=	3600	cm ³
Zy	=	1695	cm ³
ix	=	175	mm
iy	=	101	mm



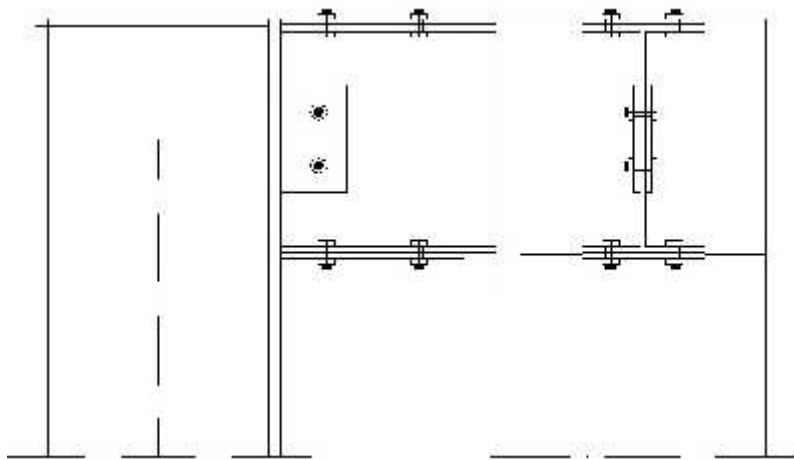
- Balok WF 400 x 200 x 8 x 13 :

Data profil :

G	=	66	kg.m
d	=	400	mm
b	=	200	mm
tw	=	8	mm
tf	=	13	mm
Ag	=	84.1	cm ²
Ix	=	23700	cm ⁴
Iy	=	1740	cm ⁴
Zx	=	1286	cm ³
Zy	=	266	cm ³
ix	=	160	mm
iy	=	45.5	mm



A. Sambungan Type A (balok dan kolom tepi)



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar:

$$\begin{aligned}
 V_u &= 927.712 \text{ kg} \\
 M_u &= 1641.11 \text{ kgm} \\
 M_{pr} &= 1.25 \times M_n \\
 &= 1.25 \times 4520658 \\
 &= 5650822.245 \text{ kg cm}
 \end{aligned}$$

- Digunakan baut 7/8 inchi ASTM A325 7/8 inchi = 2.2225 cm

Kekuatan material sesuai yang diambil berdasarkan manual AISC pada tabel 2-4 dan 2-5 :

Balok

ASTM A 992

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2$$

Kolom

ASTM A 992

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2$$

Plat penyambung

ASTM A 36

$$F_y = 36 \text{ ksi} = 2531.010 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 58 \text{ ksi} = 4077.731 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol kekuatan lentur desain balok:

$$Z = \frac{M_{pr}}{0.9 F_y}$$

$$= \frac{5650822.245}{0.9 \times 3515.286}$$

$$= 1786.11 \text{ cm}^3$$

Dicoba 2 baris baut A325 dengan diameter 7/8 in. = 2.2225 cm

$$A_{fg} = b_f \times t_f$$

$$= 20 \times 1.3$$

$$= 26 \text{ cm}^2$$

$$A_{fn} = A_{fg} - 2 (d_b + 1/8 \text{ in.}) t_f$$

$$= 26 - 2(7/8 \text{ in.} + 1/8 \text{ in.}) \times 1.3$$

$$= 26 - 5.08 \times 1.3$$

$$= 19.40 \text{ cm}^2$$

Dengan : $0.75 F_u A_{fn} = 0.75 \times 4569.871 \times 19.40$
 $= 66477.91344 \text{ kg}$

$$0.9 F_y A_{fg} = 0.75 \times 3515.286 \times 26.00$$

$$= 68548.077 \text{ kg} > 66477.91 \text{ kg}$$

Jadi luas tekan efektif A_{fe} adalah:

$$A_{fe} = \frac{5F_u}{6F_y} A_{fn}$$

$$= \frac{5 \times 4569.871}{6 \times 3515.286} \times 19.40$$

$$= 21.01 \text{ cm}^2$$

$$Z_e = Z_x - 2 \times 0.206 A_{fg} \frac{d}{2}$$

$$= 1286 - 2 \times 0.206 \times 26 \times \frac{40}{2}$$

$$= 1071.76 \text{ cm}^3$$

Jadi $Z_e > Z$ maka kekuatan lentur desain balok **OK**

Menentukan jumlah baut yang digunakan untuk gaya geser :

Dicoba menggunakan plat penyambung PL 5/16in. x 9in.

$$5/16 \text{ in.} = 0.794 \text{ cm}$$

$$9 \text{ in.} = 22.86 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} n_{\min} &= \frac{V_u}{\phi n} \\ &= \frac{927.712}{9797.6} = 0.09 \approx 2 \text{ baut} \end{aligned}$$

plat

Kontrol tegangan leleh plat :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.9 (0.6 F_y A_g) \\ &= 0.9 (0.6 \times 2531.010 \times 22.86 \times 18.145) \\ &= 566922.654 \text{ kg} > 927.71 \text{ kg} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Menentukan jumlah baut pada flens balok :

$$P_{uf} = \frac{M_{pr}}{d} = \frac{5650822.245}{40} = 141270.56 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} n_{\min} &= \frac{P_{uf}}{\phi n} \\ &= \frac{141270.56}{9797.6} \\ &= 14.419 \approx 14 \text{ baut} \end{aligned}$$

ontrol tegangan leleh plat penyambi

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.9 (F_y A_g) \\ &= 0.9 \times 2531.010 \times 84.10 \\ &= 191572.147 \text{ kg} > \text{##### kg} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan putus plat :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 (F_u A_n) \\ &= 0.75 \times 4077.731 \times 19.40 \\ &= 59318.753 \text{ kg} > \text{##### kg} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

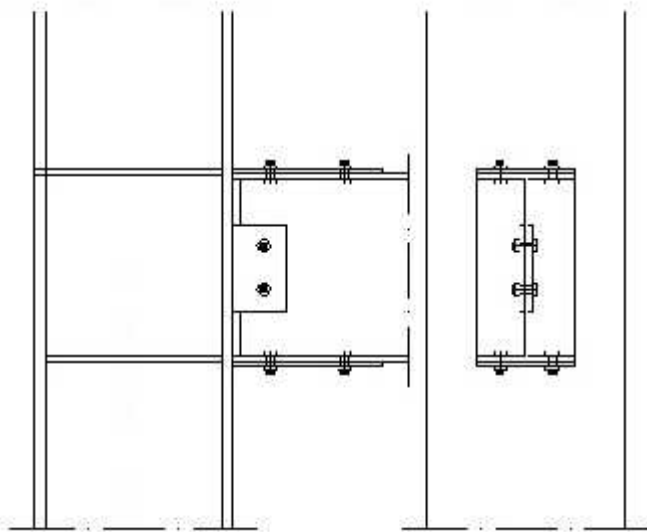
Dicoba menggunakan plat penyambung PL 3/4 in. X 7,25 in.:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.750 \times 4077.731 \times (18.415 - 2 \times 2,54) \times 1.905 \\ &= 77690.486 \text{ kg} > \text{#####} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Perhitungan las pada bagian kolom:

$$\begin{aligned} D_{\min} &= \frac{P_{uf}}{2 \times 1.392 \text{ (l)}} \\ &= \frac{141270.56}{2 \times 1.392 \times 18.415} = 2755.57 \text{ cm} \end{aligned}$$

B. Sambungan Type B (Kolom, balok dan kolom tepi)



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar:

$$V_u = 5066.46 \text{ kg}$$

$$M_u = 7563.22 \text{ kgm}$$

- Digunakan baut 7/8 inchi ASTM A325 7/8 inchi = 2.2225 cm

Kekuatan material sesuai yang diambil berdasarkan manual AISC pada tabel 2-4 dan 2-5 :

Balok

ASTM A 992

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2$$

Kolom

ASTM A 992

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2$$

Plat penyambung

ASTM A 36

$$F_y = 36 \text{ ksi} = 2531.010 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 58 \text{ ksi} = 4077.731 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol kekuatan lentur desain balok:

$$Z = \frac{M_u}{0.9 F_y}$$

$$= \frac{756322}{0.9 \times 3515.286}$$

$$= 239.06 \text{ cm}^3$$

Dicoba 2 baris baut A325 dengan diameter 7/8 in. = 2.2225 cm

$$A_{fg} = 84.1 \text{ cm}^2$$

$$A_{fn} = A_{fg} - 2 (d_b + 1/8 \text{ in.}) \cdot t_f$$

$$= 84.1 - 2(7/8 \text{ in.} + 1/8 \text{ in.}) \cdot 1.3$$

$$= 84.1 - 5.08 \times 1.3$$

$$= 77.50 \text{ cm}^2$$

Dengan : $0.75 \text{ Fu} \cdot A_{fn} = 0.75 \times 4569.871 \times 77.50$
 $= 265610.0423 \text{ kg}$

$$0.9 \text{ Fy} \cdot A_{fg} = 0.75 \times 3515.286 \times 84.10$$

$$= 221726.6645 \text{ kg} < 265610.04 \text{ kg}$$

Jadi luas tekan efektif A_{fe} adalah:

$$A_{fe} = \frac{5Fu}{6Fy} A_{fn}$$

$$= \frac{5 \times 4569.871}{6 \times 3515.286} \times 77.50$$

$$= 83.95 \text{ cm}^2$$

$$Z_e = Z_x - 2 \times 0.206 A_{fg} \cdot d/2$$

$$= 1286 - 2 \times 0.206 \times 84.1 \times \frac{40}{2}$$

$$= 593.016 \text{ cm}^3$$

Jadi $Z_e > Z$ maka kekuatan lentur desain balok **OK**

Menentukan jumlah baut yang digunakan untuk gaya geser :

Dicoba menggunakan plat penyambung PL 5/16in. x 9in.

$$\begin{aligned} 5/16 \text{ in.} &= 0.794 \text{ cm} \\ 9 \text{ in.} &= 22.86 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\min} &= \frac{V_u}{\phi n} \\ &= \frac{5066.46}{8250 \times 5.06451} = 0.12 \approx 2 \text{ baut} \end{aligned}$$

plat

Kontrol tegangan leleh plat :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.9 (0.6 F_y A_g) \\ &= 0.9 (0.6 \times 2531.010 \times 22.86 \times 0.794) \\ &= 24799.766 \text{ kg} > 5066.46 \text{ kg} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Menentukan jumlah baut pada flens balok :

$$P_{uf} = \frac{M_u}{d + t_p} = \frac{756322}{20 + 1.3} = 35508.08 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} n_{\min} &= \frac{P_{uf}}{\phi n} \\ &= \frac{35508.08}{8250 \times 5.06451} \\ &= 0.850 \approx 2 \text{ baut} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan leleh plat :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.9 (F_y A_g) \\ &= 0.9 \times 2531.010 \times 84.10 \\ &= 191572.147 \text{ kg} > 35508.08 \text{ kg} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan putus plat :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 (F_u A_n) \\ &= 0.75 \times 4077.731 \times 77.50 \\ &= 237005.881 \text{ kg} > 35508.08 \text{ kg} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

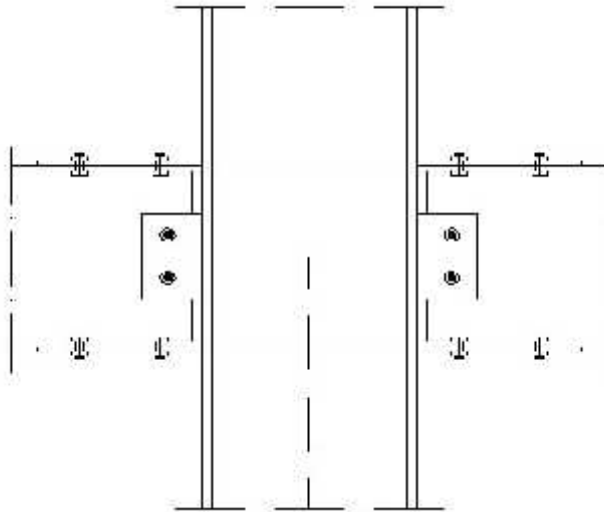
Dicoba menggunakan plat penyambung PL 3/4 in. X 7,25 in.:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.750 \times 4077.731 \times (18.415 - 2 \times 2,54) \times 1.905 \\ &= 77690.486 \text{ kg} > 35508.08 \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Perhitungan las pada bagian kolom:

$$\begin{aligned} D_{\min} &= \frac{P_{uf}}{2 \times 1.392} \quad (1) \\ &= \frac{35508.08}{2 \times 1.392 \times 18.415} = 692.61 \text{ cm} \end{aligned}$$

C. Sambungan Type C



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar:

$$V_u = 5210.95 \text{ kg}$$

$$M_u = 7875.67 \text{ kgm}$$

- Digunakan baut 7/8 inchi ASTM A325 7/8 inchi = 2.2225 cm

Kekuatan material sesuai yang diambil berdasarkan manual AISC pada tabel 2-4 dan 2-5 :

Balok

ASTM A 992

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2$$

Kolom

ASTM A 992

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 65 \text{ ksi} = 4569.871 \text{ kg/cm}^2$$

Plat penyambung

ASTM A 36

$$F_y = 36 \text{ ksi} = 2531.010 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 58 \text{ ksi} = 4077.731 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol kekuatan lentur desain balok:

$$Z = \frac{M_u}{0.9 F_y}$$

$$= \frac{787567}{0.9 \times 3515.286}$$

$$= 248.93 \text{ cm}^3$$

Dicoba 2 baris baut A325 dengan diameter 7/8 in. = 2.2225 cm

$$A_{fg} = 84.1 \text{ cm}^2$$

$$A_{fn} = A_{fg} - 2 (d_b + 1/8 \text{ in.}) \text{ } tf$$

$$= 84.1 - 2(7/8 \text{ in.} + 1/8 \text{ in.}) \times 1.30$$

$$= 84.1 - 5.08 \times 1.3$$

$$= 77.50 \text{ cm}^2$$

Dengan : $0.75 \text{ Fu. } A_{fn} = 0.75 \times 4569.871 \times 1.30$
 $= 4455.624225 \text{ kg}$

$$0.9 \text{ Fy. } A_{fg} = 0.75 \times 3515.286 \times 84.10$$

$$= 221726.6645 \text{ kg} < 4455.62 \text{ kg}$$

Jadi luas tekan efektif A_{fe} adalah:

$$A_{fe} = \frac{5Fu}{6Fy} A_{fn}$$

$$= \frac{5 \times 4569.871}{6 \times 3515.286} \times 77.50$$

$$= 83.95 \text{ cm}^2$$

$$Z_e = Z_x - 2 \times 0.206 A_{fg} \frac{d}{2}$$

$$= 1286 - 2 \times 0.206 \times 84.1 \times \frac{40}{2}$$

$$= 593.016 \text{ cm}^3$$

Jadi $Z_e > Z$ maka kekuatan lentur desain balok **OK**

Menentukan jumlah baut yang digunakan untuk gaya geser :

Dicoba menggunakan plat penyambung PL 5/16in. x 9in.

$$\begin{aligned} 5/16 \text{ in.} &= 0.794 \text{ cm} \\ 9 \text{ in.} &= 22.86 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\min} &= \frac{V_u}{\phi n} \\ &= \frac{5210.95}{8250 \times 5.06451} = 0.12 \approx 2 \text{ baut} \end{aligned}$$

plat

Kontrol tegangan leleh plat :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.9 (0.6 F_y A_g) \\ &= 0.9 (0.6 \times 2531.010 \times 22.86 \times 0.794) \\ &= 24799.766 \text{ kg} > 5210.95 \text{ kg} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Menentukan jumlah baut pada flens balok :

$$P_{uf} = \frac{M_u}{d + t_p} = \frac{787567}{40 + 1.3} = 19069.42 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} n_{\min} &= \frac{P_{uf}}{\phi n} \\ &= \frac{19069.42}{8250 \times 5.06451} \\ &= 0.456 \approx 2 \text{ baut} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan leleh plat :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.9 (F_y A_g) \\ &= 0.9 \times 2531.010 \times 84.10 \\ &= 191572.147 \text{ kg} > 19069.42 \text{ kg} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan putus plat :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 (F_u A_n) \\ &= 0.75 \times 4077.731 \times 77.50 \\ &= 237005.881 \text{ kg} > 19069.42 \text{ kg} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Dicoba menggunakan plat penyambung PL 3/4 in. X 7,25 in.:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.750 \times 4077.731 \times (18.415 - 2 \times 2,54) \times 1.905 \\ &= 77690.486 \text{ kg} > 19069.42 \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Perhitungan las pada bagian kolom:

$$\begin{aligned} D_{\min} &= \frac{P_{uf}}{2 \times 1.392} \quad (1) \\ &= \frac{19069.42}{2 \times 1.392 \times 18.415} = 371.96 \text{ cm} \end{aligned}$$

