



KERJA PRA TEK – RC14 - 1371

LAPORAN KERJA PRAKTEK

**PERENCANAAN MASJID ITTIHADUL UMMAH PERUMNAS MADE
LAMONGAN**

Muhammad Rifat Hidayat

NRP :(03111740000147)

Ansachul Balaya

NRP :(03111740000135)

Dosen Pembimbing

Chandra Irawan ST. MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020

LAPORAN KERJA PRAKTEK
PERENCANAAN MASJID ITTIHADUL UMMAH LAMONGAN

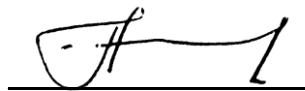
MUHAMMAD RIFAT HIDAYAT (03111740000147)

ANSACHUL BALAYA (03111740000135)

Surabaya, 22 Desember 2020

Menyetujui ,

Dosen Pembimbing Internal



(Candra Irawan, ST, MT.)

NIP. 19900823 201504 1 001

Mengetahui

Sekretaris Departemen I

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan

Departemen Teknik Sipil FTSPK – ITS



Data Irawana ST. MT PhD

NIP. 19800430 200501 1 002

Kata Pengantar

Penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Perencanaan Struktur Bangunan Beton ini dengan lancar.

Penulisan ini ditujukan untuk memenuhi tugas besar Mata Kuliah Struktur Bangunan Beton dengan judul "Fasilitas Perpustakaan Umum Enam Tingkat Pada Daerah Rawan Gempa Kelas Situs Tanah E di Kota Jakarta".

Penulis menyadari tugas besar ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Candra Irawan ST MT. selaku dosen pembimbing dan asistensi tugas pengganti Kerja Praktek Perencanaan Masjid Ittihadul Ummah, atas bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian tugas besar struktur bangunan beton.
2. Pihak Takmir Ittihadul Ummah, selaku owner dari proyek pembangunan Masjid Ittihadul Ummah atas kepercayaan serta kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk merencanakan Pembangunan Masjid
3. Dosen-dosen Teknik Sipil ITS yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
4. Berbagai pihak yang telah membantu proses terselesaikannya tugas besar ini.

Penulis menyadari tugas besar ini tidak luput dari berbagai kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikan perencanaan selanjutnya.

Surabaya, 18 Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

BAB I	8
PENDAHULUAN	8
1.1 Latar Belakang Proyek	8
1.2 Filosofi Perancangan	9
1.3 Konsep Rancangan Struktur	11
BAB II	15
PRELIMINARY DESIGN	15
2.1 Data Bangunan	15
2.2 Data Perencanaan	15
2.3 Peraturan Pembebanan	16
2.4 Item Pembebanan	16
BAB III	18
BERAT STRUKTUR DAN BEBAN RENCANA	18
3.1 Perencanaan Pembebanan gempa	18
3.1.1 Perhitungan Berat Struktur Per Lantai	18
3.1.2 Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen	20
3.2 Pembabanan Angin	31
3.3 Pembebanan Air Hujan	36
BAB IV	38
PEMODELAN ANALISA STRUKTUR SAP2000 V 22	38
4.1 Kombinasi Pembebanan	38
4.2 Langkah – Langkah Pemodelan SAP2000	39
4.3 Material Properties dan Define Section Struktur	39
4.4 Cek Kebenaran Analisa Struktur SAP2000	43
4.4.1 Kebenaran Balok	43
4.4.2 Kebenaran Kolom	45
4.4.3 Modal Load Participation	46
BAB V	47
PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER	47
5.1 Perencanaan Pelat Struktur	47
5.1.1 Perencanaan Pelat lantai 2 Jamaah	47
5.1.2 Perencanaan Pelat Kantor dan TPQ	52

5.1.3	Perencanaan Pelat Atap.....	58
5.2	Perencanaan Gording	63
5.3	Perencanaan Tangga.....	68
5.3.1	Perencanaan Tangga Jamaah.....	69
5.3.2	Perencanaan Tangga TPQ	75
BAB VI	81
PERHITUNGAN STRUKTUR BALOK.....		81
5.1	Direncanakan Profil 2L dengan data sebagai berikut :.....	82
5.1.1	Perhitungan truss elemen Tarik dan tekan	83
5.2	Direncanakan Profil WF 150.75.5.7 dengan data sebagai berikut :	87
5.2.1	Perhitungan kuda-kuda	87
5.2.2	Perhitngan balok atap.....	91
5.3	Direncanakan Propil WF 250.125.6.9 dengan data sebagai berikut :	100
5.4	Direncanakan Profil WF 300.150.9.13 dengan data sebagai berikut :	110
5.5	Direncanakan Propil WF 500.200.10.16 dengan data sebagai berikut :	119
BAB VII	129
PERENCANAAN STRUKTUR KOLOM		129
6.1	Perencanaan Stuktur Kolom.....	129
6.1.1	Perencanaan Kolom ukuran 25 x 25 cm	130
6.1.2	Perencanaan Kolom ukuran 40 x 40 cm	134
BAB VII	139
PERHITUNGAN BASE PLATE DAN SAMBUNGAN		139
7.1	Perencanaan Baseplate	140
7.1.1	Perencanaan Baseplate Kolom 25 x 25.....	140
7.1.2	Perencanaan Baseplate Kolom 40 x 40.....	142
7.2	Sambungan Antar Balok.....	145
7.2.1	Antar Balok WF 150 75 5 7 dengan Balok WF 150 75 5 7	145
7.2.2	Antar Balok 300 150 9 13 dengan Balok 500 200 10 16.....	148
7.3	Sambungan balok Kolom.....	151
7.3.1	Balok 150 75 5 7 dan Kolom 25 x 25	151
7.3.2	Balok 150 75 5 7 dan Kolom 40 x 40	157
7.3.3	Balok 500 200 10 16 dan Kolom 40 x 40	163
7.3.4	Balok 300 150 9 13 dan Kolom 40 x 40	168

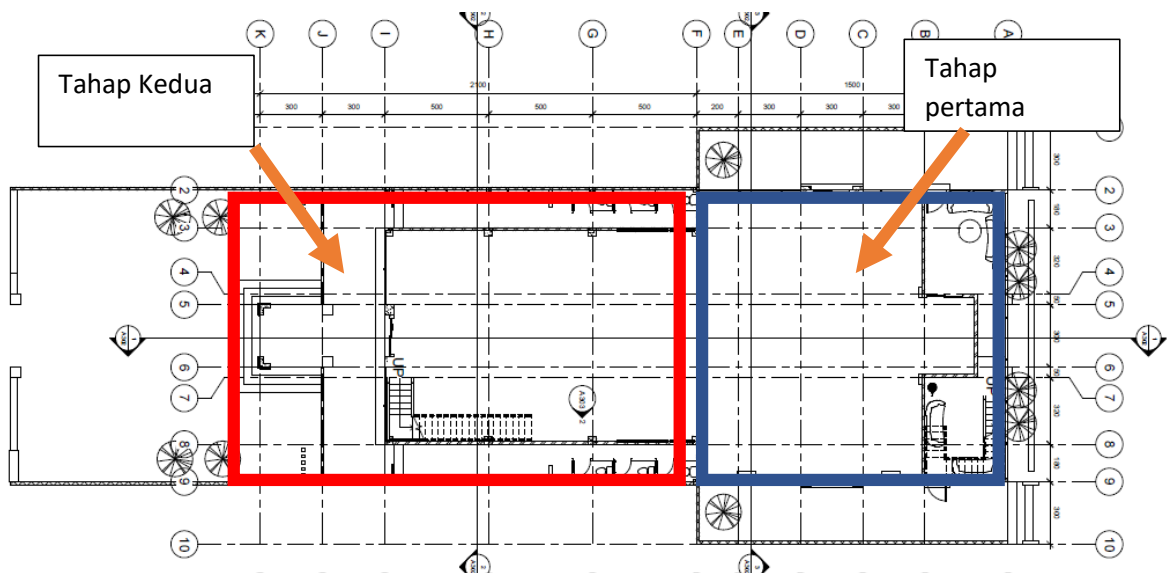
7.3.5	Balok 300 150 9 13 dan Kolom 25 x 25	174
7.3.6	Balok 250 125 6 9 dan Kolom 40 x 40	180
7.3.7	Balok 250 125 6 9 dan Kolom 25 x 25	187
LAMPIRAN	194

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Proyek

Masjid ittihadul Ummah berlokasi di perumahan Made Kabupaten Lamongan. Karena kebutuhan untuk perluasan area masjid, dilakukan pembangunan masjid untuk memenuhi kebutuhan ruang bagi jamaah sholat. Pada perencanaan dibagi menjadi dua tahap pelaksanaan yaitu tahap pertama, pembangunan masjid yang terletak pada lahan kosong sebelah barat masjid kemudian dilakukan tahap kedua yaitu renovasi masjid yang lama. Untuk lebih jelasnya berikut gambaran tahapan pembangunan masjid ittihadul Ummah.



Progress yang telah dilakukan pertanggal 21 Desember 2020 yakni pengurusan untuk lahan tahapan pertama, seperti gambar diatas. Yang kemudian untuk perencanaan konstruksi masjid serta Desain arsitektural dilakukan oleh penulis sebagai tugas pengganti KP. Tugas pengganti ini diasistensi kan melalui Dosen pembimbing KP dan kemudian akan diujikan melalui Sidang KP pada tanggal yang belum ditentukan saat laporan ini ditulis. Besar harapan perencanaan Masjid Ittihadul Ummah ini

memberikan manfaat yang besar untuk masyarakat luas dan dapat menjadi acuan perencanaan



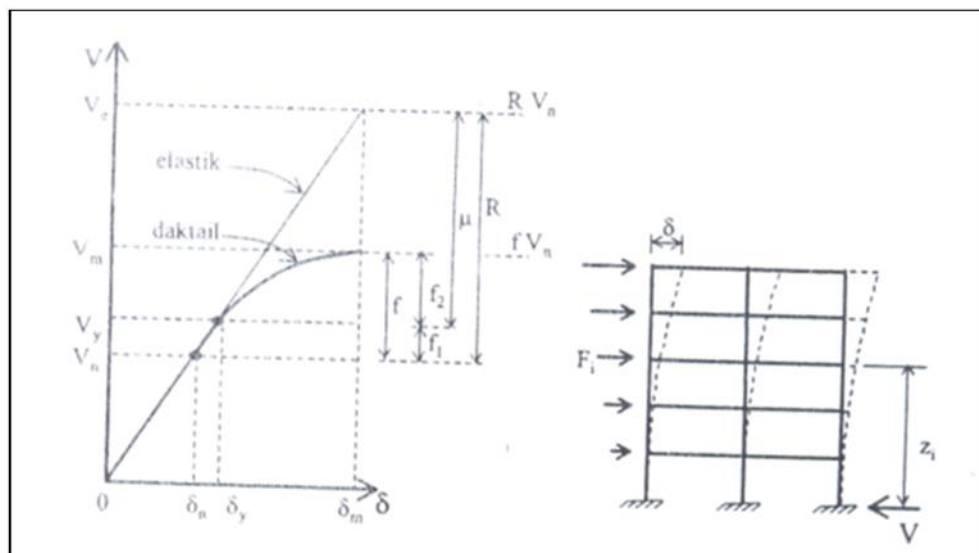
1.2 Filosofi Perancangan

Filosofi perancangan bangunan sipil adalah perancangan struktur yang dapat menyalurkan beban-bebannya menuju ke pondasi dengan baik tanpa keruntuhan. Mekanisme penyaluran beban tadi bisa terjadi secara langsung berupa momen, gaya

aksial, torsi dan geser (atau kombinasinya). Semua mekanisme tadi menyalurkan gaya-gaya ke pondasi, dan pondasi harus kuat memikulnya.

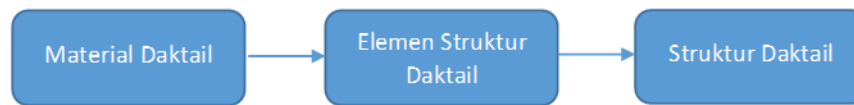
Untuk struktur bangunan gedung tahan gempa, harus dirancang dapat menahan beban gempa kecil, sedang, maupun besar. Oleh karena itu, bangunan gedung harus didesain agar mampu berdeformasi daktail. Struktur daktail adalah struktur yang mampu mengalami simpangan yang besar pasca fase elastis, sehingga struktur mampu tetap bertahan walaupun sudah berada di ambang keruntuhan.

Diagram beban-simpangan suatu struktur gedung yang direncanakan diberi suatu daktilitas tertentu (struktur daktail), berdasarkan konsep simpangan maksimum, dapat divisualisasikan seperti ditunjukkan dalam gambar berikut



Pada gambar diatas, beban gempa direpresentasikan oleh beban geser dasar V yang dipikul oleh struktur, dan simpangan oleh simpangan struktur di puncaknya δ . Selanjutnya tingkat daktilitas suatu struktur menurut SNI dinyatakan dengan suatu faktor yang disebut faktor daktilitas μ , yang merupakan rasio antara simpangan maksimum δ_m dan simpangan pada saat terjadi pelelehan pertama δ_y

Tentang Filosofi struktur gedung tahan gempa dapat dijelaskan dengan Flow Chart berikut :



Dalam merencanakan struktur gedung yang tahan gempa, harus diperhatikan pemilihan materialnya, karena dengan penggunaan material yang duktail pada susunan sebuah elemen, material tersebut akan mendukung daktilitas elemennya. Dari elemen-elemen yang tersebut diharapkan apabila disusun menjadi sebuah struktur, akan mendukung daktilitasnya.

Falsafah perencanaan bangunan tahan gempa :

1. Bila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non – structural (dinding retak, genting, langit – langit jatuh, dsb) maupun komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi ambles, dsb).
2. Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non – strukturalnya (sekunder) akan tetapi komponen struktural (utama) tidak boleh rusak
3. Bangunan dapat menahan gempa bumi kuat diizinkan mengalami kerusakan tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian komponen struktural (utama) sudah mengalami kerusakan atau mencapai pelelehan. akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar ke tempat yang aman.

1.3 Konsep Rancangan Struktur

Pada dasarnya suatu struktur atau elemen struktur harus memenuhi kriteria berikut:

- Kuat (strength)

- Layak (serviceability)

Struktur dan komponen struktur harus didesain agar mempunyai kekuatan desain di semua penampang paling sedikit sama dengan kekuatan perlu yang dihitung untuk beban dan gaya terfaktor dalam kombinasi sedemikian rupa seperti ditetapkan dalam SNI 2847 2013 pasal 9. Desain struktur dan komponen struktur menggunakan kombinasi faktor beban dan faktor reduksi kekuatan (F).

Faktor beban dan faktor reduksi dibuat untuk menambah angka keamanan sebuah struktur, dimana kemampuan strukturnya di perkecil akan tetapi bebannya di perbesar

Dan diharapkan kemampuan desain strukturnya tetap lebih kuat dari beban berfaktor tadi Dapat di sederhanakan menjadi persamaan

$$(\phi R \geq U)$$

Yang menjadi pertimbangan dibuatnya faktor faktor tersebut diantaranya adalah:

- **Φ (Reduction faktor) mempertimbangkan hal-hal berikut:**

Faktor reduksi sebagai faktor keamanan untuk mengantisipasi penyimpangan-penyimpangan yang sangat mungkin terjadi dalam pelaksanaan di lapangan.

1. Pengaruh perubahan kemampuan yang terjadi dalam struktural yang telah di rencanakan, perubahan kekuatan dapat terjadi akibat:
 - i. Variasi material
 - ii. Perbedaan beton di lokasi pengecoran dan beton benda uji
 - iii. Pengaruh susut penuruan, rangkai, perpanjangan beton, dan perubahan suhu yang tinggi, tegangan sisa dan kelangsingan kolom
2. Ketelitian dalam mendesain struktur, contohnya, kesalahan ukuran dimensi geometri dan penempatan tulangan
3. Tingkat daktilitas dan kestabilan dari member yang di bebani

- **U (kuat perlu) = load factor x service load (beban layan)**

Load factor (faktor pembebanan) diperlukan sebab :

Terjadinya perbedaan beban dari anggapan

1. Beban mati bervariasi sebab :

Perbedaan ukuran penampang

Perbedaan berat jenis beban

2. Perbedaan beban hidup setiap saat dan setiap gedung

R(kuat nominal) > kekuatan komponen struktur atau penampang yang dihitung berdasarkan ketentuan atau asumsi metode perencanaan sebelum dikalikan faktor reduksi kekuatan yang sesuai.

$$\phi P_n > P_u \quad (\text{Aksial})$$

$$\phi M_n > M_u \quad (\text{Momen})$$

$$\phi V_n > V_u \quad (\text{Geser})$$

$$\phi T_n > T_u \quad (\text{Torsi})$$

Layak berarti suatu struktur atau elemen struktur harus memiliki lendutan atau simpangan yang masih dalam batas toleransi sehingga penghuni struktur tersebut tidak merasa terancam bahaya. Oleh karena itu perlu dilakukan kontrol serviceability untuk kenyamanan yaitu kontrol lendutan dan kontrol retak.

Selain harus memenuhi kriteria diatas suatu struktur atau elemen struktur yang dirancang untuk tahan terhadap gempa dan berada pada wilayah gempa 5,6 sangat cocok menggunakan desain struktur jenis open frame atau Sistem Rangka Pemikul Momen dengan metode in-elastis (struktur didesain dapat mengalami kondisi plastis sampai akhirnya rusak/runtuh) tidak didesain untuk dapat menahan beban gempa tanpa mengalami kerusakan (elastis) > karena akan dibutuhkan kolom yang sangat besar dan membutuhkan biaya yang sangat mahal, akan tetapi daerah-daerah yang mengalami keruntuhan/kerusakan dibatasi agar dapat meminimalisir adanya korban jiwa.

BAB II

PRELIMINARY DESIGN

2.1 Data Bangunan

Bahan yang dipakai untuk struktur bangunan ini adalah struktur baja dan baja-beton komposit dengan data bangunan sebagai berikut :

- Type Bangunan : Masjid (Tempat Ibadah)
- Letak Bangunan : Perkotaan
- Lokasi pembangunan : Lamongan, Jawa Timur
- Jenis Tanah : SE
- Lebar Bangunan : 14 m (Depan) dan 20 m (Belakang)
- Panjang bangunan : 60 m

2.2 Data Perencanaan

Bangunan yang direncanakan merupakan bangunan yang memiliki balok struktur baja dan kolom struktur baja-beton komposit dua lantai dengan data-data bangunan sebagai berikut :

1. Lebar bangunan : 14 m (Depan) dan 20 m (Belakang)
2. Panjang bangunan : 35 m
3. Jarak antar kolom sisi lebar (L1) : 5 m
4. Jarak antar kolom sisi lebar (L2) : 4 m
5. Jarak antar kolom sisi panjang (b) : 6 m
6. Tinggi kolom lantai 1 & 2 : 4.8 m & 4 m
7. Sudut atap : 15°
8. Tipe atap : Trusses Structural
9. Penutup atap : Asbes gelombang
10. Penutup dinding : Batu Bata 1/2
11. Jenis lantai : balok baja dengan lantai dari steel deck beton

12. Letak bangunan : Perkotaan
13. Zona gempa kota : Lamongan
14. Jenis tanah, kelas situs : SE
15. Mutu baja yang digunakan : BJ 37
- $f_y = 240 \text{ Mpa}$
- $f_u = 370 \text{ Mpa}$
16. Mutu las : E70xx
17. Mutu baut : Sambungan struktur utama memakai baut mutu tinggi Sambungan struktur sekunder memakai baut mutu normal.
18. Tipe Balok : WF 500 x 200 x 10 x 16
WF 300 x 150 x 9 x 13
WF 250 x 125 x 6 x 9
WF 150 x 75 x 5 x 7
19. Tipe Kolom : Komposit 40 x 40
Komposit 25 x 25

2.3 Peraturan Pembebanan

Adapun peraturan-peraturan yang dipakai dalam perencanaan bangunan ini adalah :

1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung tahun 1983 (**PPIUG 1983**)
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung 2019 (**SNI 03 – 2847 – 2019**)
3. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa ntuk Bangunan Gedung 2019 (**SNI 03 – 1726 – 2019**)

2.4 Item Pembebanan

Bangunan ini diperhitungkan untuk memikul beban-beban sebagai berikut :

Beban Gravitasi (*PPIUG 1983 tabel 2.1*)

a. Beban Mati :

Berat sendiri beton bertulang	:	2400	Kg/m ³
Adukan finishing lantai/1 cm	:	21	Kg/m ²
Tegel	:	24	Kg/m ²
Plafond	:	11	Kg/m ² .
Penggantung plafon	:	7	Kg/m ² .
Ducting Plumbing	:	30	Kg/m ² .
Sanitasi/Electricity	:	20	Kg/m ²

b. Beban Hidup (*SNI 1727-2013 Tentang Pembebanan*)

Atap	:	0,96	Kn/m ²
Ruang Kantor	:	2,49	Kn/m ²
Ruang Pertemuan	:	4,79	Kn/m ²

Beban Gempa :

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan berdasarkan SNI 03-1726-2019 untuk zone gempa kota Jakarta, jenis tanah SE.

BAB III

BERAT STRUKTUR DAN BEBAN RENCANA

3.1 Perencanaan Pembebanan gempa

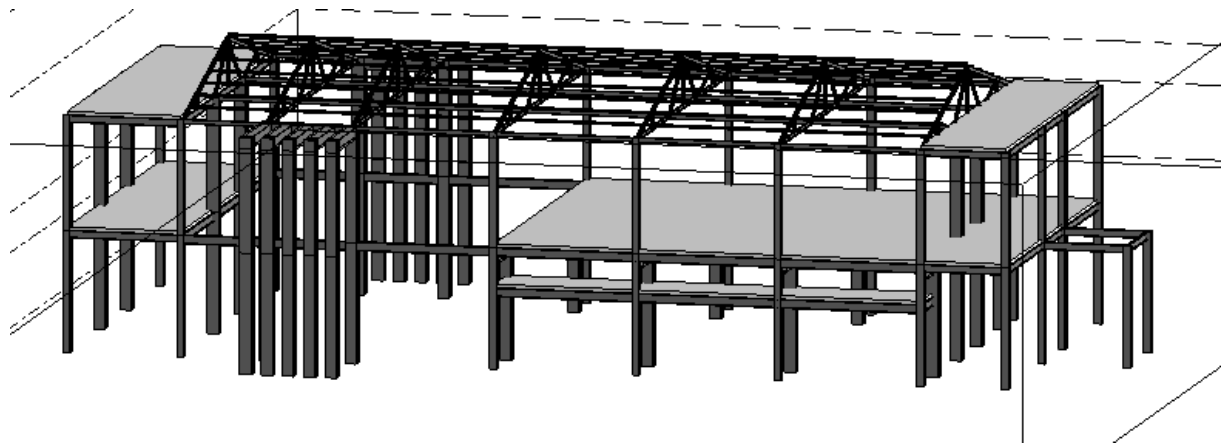
Di dalam analisa struktur, struktur utama merupakan suatu komponen utama dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku gedung tersebut. Dalam hal ini beban gempa rencana dikontrol sesuai peraturan gempa yaitu SNI 03-1726-2012 yang terdiri dari nilai **gaya geser dasar** (base shear), **waktu getar alami fundamental** (T), dan **simpangan** (drift).

3.1.1 Perhitungan Berat Struktur Per Lantai

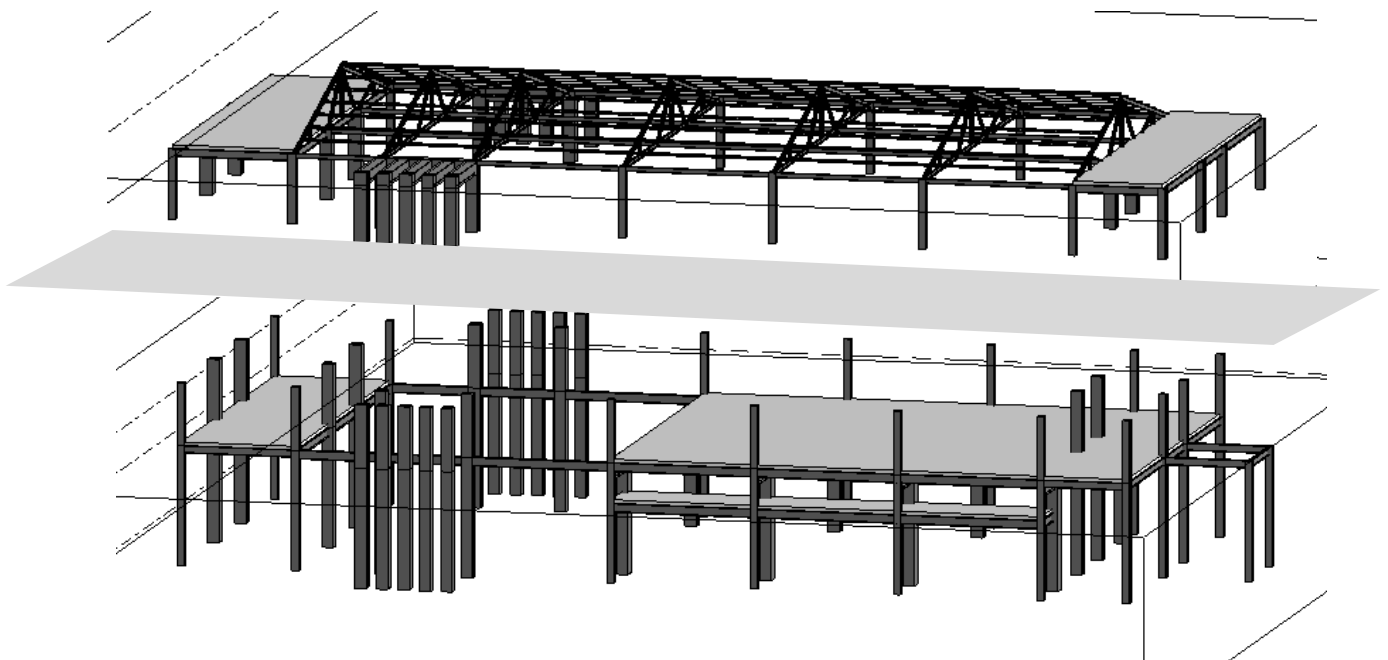
Perhitungan berat struktur perlantai harus meliputi berat akibat berat sendiri elemen-elemen struktur dan beban hidup total akibat beban hidup total yang membebani struktur. Berdasarkan UBC (1997) dan ASCE 7 (2010), beban hidup yang harus ditinjau pada perhitungan pengaruh beban gempa adalah porsi beban hidup yang dianggap tetap. Porsi beban ini pada dasarnya sangat tergantung pada fungsi bangunan. Pada perencanaan bangunan ini menurut SNI 1727-2013 tentang pembebanan terdapat beberapa beban hidup yang relevan dengan fungsi bangunan perpustakaan, Antara lain :

- Atap : 0.96 Kn/m²
- Ruang Kantor : 2.49 Kn/m²
- Ruang Pertemuan : 4,79 Kn/m²

Berikut ilustrasi contoh bangunan dan sketsa pembebanan Berat mati struktur berdasarkan gambit potongan melintang



Gambar 1 Model 3d Struktur Bangunan



Gambar 2 Pembagian Beban Perantai Bangunan

Pada table dibawah merupakan hasil perhitungan beban struktur perlantai sesuai dengan sketsa atau ilustrasi beban diatas :

BEBAN LANTAI ATAP							
			Jumlah	satuan	Berat Unit	Satuan	Berat Total (kg)
PROFIL	WF 150 75 5 7		275.457	m	14	kg/m	3856.398
	WF 250 125 6 9		84	m	29.6	kg/m	2486.4
	DOUBLE L 50 50 6		97.72	m	8.86	kg/m	865.7992
	WF 500 200 10 16		0	m	79.5	kg/m	0
PELAT	TEBAL	12 cm	98	m ²	288	kg/m ³	28224
KOLOM	KOMPOSIT 25 X 25		36	m	176.25945	kg/m	6345.34
	KOMPOSIT 40 X 40		36	m	433.9942	kg/m	15623.79
BEBAN HIDUP 30	ATAP		308	m ²	166	kg/m ²	15338.4
	KANTOR		0	m ²	376	kg/m ²	0
TOTAL BERAT							72740.13

BEBAN LANTAI 2							
			Jumlah	satuan	Berat Unit	Satuan	Berat Total (kg)
PROFIL	WF 150 75 5 7		0	m	14	kg/m	0
	WF 250 125 6 9		69	m	29.6	kg/m	2042.4
	WF 300 150 9 13		205.4	m	36.7	kg/m	7538.18
	WF 500 200 10 16		53	m	79.5	kg/m	4213.5
PELAT	TEBAL	12 cm	371	m ²	288	kg/m ³	106848
KOLOM	KOMPOSIT 25 X 25		122.4	m	176.25945	kg/m	21574.16
	KOMPOSIT 40 X 40		122.4	m	433.9942	kg/m	53120.89
BEBAN HIDUP 30	JAMAAH		210	m ²	605	kg/m ²	38115
	KANTOR		107	m ²	376	kg/m ²	12069.6
TOTAL BERAT							245521.7

Rangkuman berat struktur perlantai bangunan + 30% beban hidup yang berkerja sebagai berikut :

RANGKUMAN BERAT STRUKTUR PERLANTAI					
LANTAI	TINGGI LANTAI DARI DASAR Z _x (m)	BERAT LANTAI W (kg)	MOMEN W _x Z _x (kg-m)	BERAT LANTAI W (Kn)	MOMEN W _x Z _x (kn-m)
ATAP	8.8	72740.12861	640113.1317	727.4012861	6401.13132
LANTAI 2	4.8	245521.7268	1178504.289	2455.217268	11785.0429
	Total	318261.8554		3182.618554	

3.1.2 Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen

Dalam perencanaan perhitungan beban gempa yang terjadi pada suatu bangunan di Indonesia mengacu pada SNI 1726-2018 tentang perancangan bangunan struktur tahan gempa.

Langkah – Langkah perhitungan gempa static ekuivalen :

1. Menentukan kategori resiko bangunan Gedung. Berdasarkan jenis pemanfaatannya, sesuai dengan kriteria table 1, SNI gempa struktur dapat dikategorikan kedalam struktur dengan kategori resiko gempa IV, berdasarkan table 2 , factor keutamaan gempa, I_e struktur = 1,5.

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - 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, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	IV

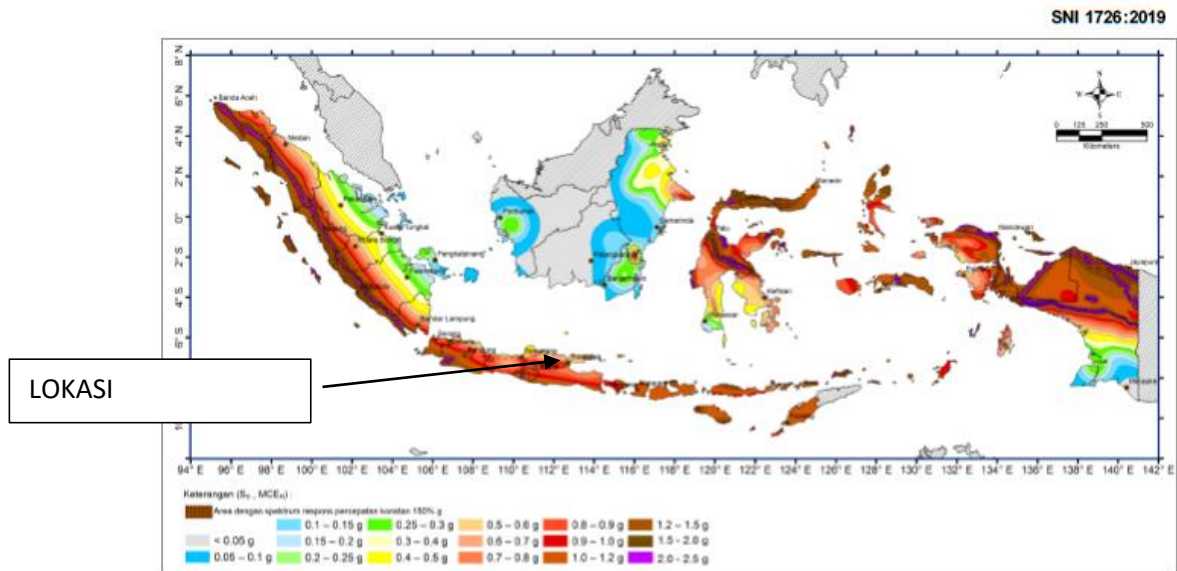
Kategori resiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

2. Menentukan Parameter dasar S_s dan S_1 . Parameter – parameter dasar pergerakan tanah dalam SNI Gempa adalah S_s dan S_1 . S_s merupakan parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (0,2 detik) dengan redaman 5% berdasarkan

Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Resiko Tersesuaikan (MCER = Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake) dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun. S1 adalah percepatan batuan dasar pada periode 1 detik dengan redaman 5 % berdasarkan MCER dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 Tahun. Penggunaan penting kedua parameter ini adalah dalam menentukan parameter percepatan spektral desain SDS dan SD1 (SNI Gempa 1726-2018). Percepatan batuan dasar MCER di Lokasi Pembangunan gedung pada periode pendek (0,2 detik) dan 1 detik berdasarkan peta gambar dalam SNI gempa 2018 Adalah :

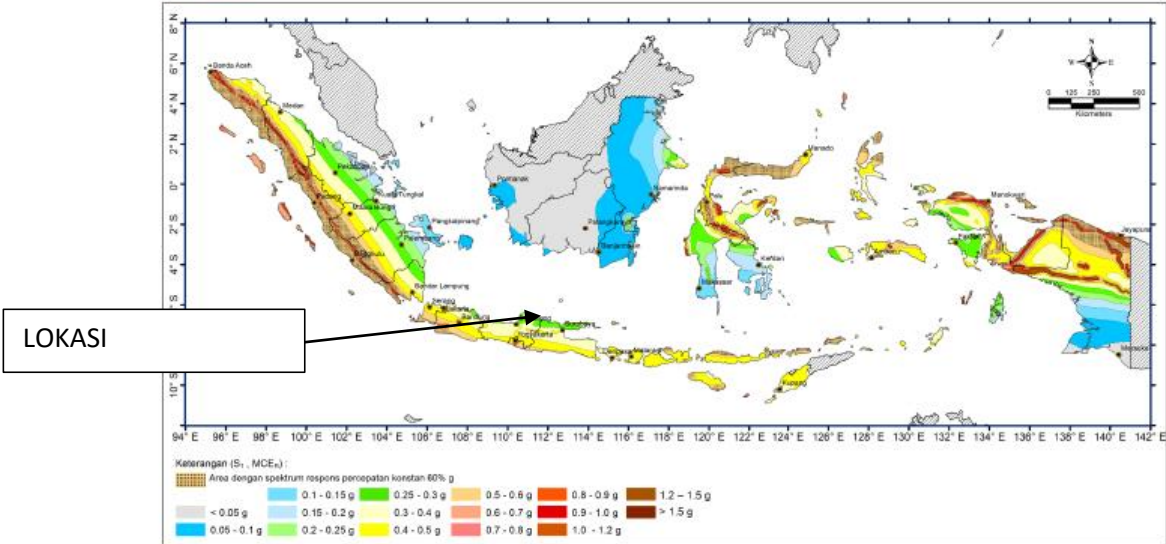
$$S_s = 0,684 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,245 \text{ g}$$



Gambar 15 – Parameter gerak tanah S_s gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %)

SNI 1726:2019



Gambar 16 – Parameter gerak tanah, S_r , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_r) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5%)

3. Klasifikasi Situs Lokasi Bangunan. Kelas lokasi bangunan adalah Kelas Situs E.

Berikut Tabel SNI 1726-2019 tabel 5.3

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :		
	1. Indeks plastisitas, $PI > 20$,		
	2. Kadar air, $w \geq 40\%$,		
	3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:		
	- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah		
	- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Profil tanah dari investigasi geoteknik di lokasi pembangunan adalah seperti terlihat pada Tabel N SPT dibawah :

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N _{>15sand} 15+..	N _{>15sand} 0,6 N	N _{>15sand}	γ _{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m2)
1	2	L	1.667	1.667	1.667	1.732	0.732	0.366
1.5	4	L	4.167	4.167	4.167	1.732	0.732	0.732
2.0	10	L	10.000	10.000	10	1.732	0.732	1.098
2.5	10	L	10.000	10.000	10	1.698	0.698	1.447
3.0	10	L	10.000	10.000	10	1.698	0.698	1.796
3.5	10	L	10.000	10.000	10	1.698	0.698	2.145
4.0	10	L	10.000	10.000	10	1.694	0.694	2.492
4.5	10	L	10.250	10.250	10.25	1.694	0.694	2.839
5.0	11	L	10.500	10.500	10.5	1.694	0.694	3.186
5.5	11	L	10.750	10.750	10.75	1.708	0.708	3.54
6.0	11	L	11.000	11.000	11	1.708	0.708	3.894
6.5	12	L	11.750	11.750	11.75	1.708	0.708	4.248
7.0	13	L	12.500	12.500	12.5	1.760	0.760	4.628
7.5	13	L	13.250	13.250	13.25	1.760	0.760	5.008
8.0	14	L	14.000	14.000	14	1.760	0.760	5.388
8.5	14	L	13.750	13.750	13.75	1.761	0.761	5.7685
9.0	14	L	13.500	13.500	13.5	1.761	0.761	6.149
9.5	13	L	13.250	13.250	13.25	1.761	0.761	6.5295
10.0	13	L	13.000	13.000	13	1.734	0.734	6.8965
10.5	15	L	14.500	14.500	14.5	1.734	0.734	7.2635
11.0	16	L	16.000	16.000	16	1.734	0.734	7.6305
11.5	18	L	17.500	17.500	17.5	1.758	0.758	8.0095
12.0	19	L	19.000	19.000	19	1.758	0.758	8.3885
12.5	20	L	19.500	19.500	19.5	1.758	0.758	8.7675
13.0	20	L	20.000	20.000	20	1.876	0.876	9.2055
13.5	21	L	20.500	20.500	20.5	1.876	0.876	9.6435
14.0	21	L	21.000	21.000	21	1.876	0.876	10.0815
14.5	22	L	21.750	21.750	21.75	1.848	0.848	10.5055
15.0	23	L	22.500	22.500	22.5	1.848	0.848	10.9295
15.5	23	L	23.250	23.250	23.25	1.848	0.848	11.3535
16.0	24	L	24.000	24.000	24	1.848	0.848	11.7775
16.5	30	L	30.000	30.000	30	1.848	0.848	12.2015
17.0	36	L	36.000	36.000	36	1.848	0.848	12.6255
17.5	42	L	42.000	42.000	42	1.848	0.848	13.0495
18.0	48	P	31.500	28.800	28.8	1.848	0.848	13.4735
18.5	49	P	31.750	29.100	29.1	1.848	0.848	13.8975
19.0	49	P	32.000	29.400	29.4	1.848	0.848	14.3215
19.5	50	P	32.250	29.700	29.7	1.848	0.848	14.7455
20.0	50	P	32.500	30.000	30	1.848	0.848	15.1695

Dalam perhitungan ini digunakan metode dengan memakai data hasil dari Standart Penetration Test. Nilai N ditentukan sebagai berikut :

$$N = \frac{\sum_{j=1}^n di}{\sum_{j=1}^n \frac{di}{Ni}}$$

Dimana :

N : tahanan penetrasi standar (60% energi pengukuran lapangan tanpa koreksi)

Di : Interval kedalaman hasil dari standart penetration test

Ni : Hasil standart penetration test tiap interval kedalaman

Berikut hasil dari perhitungan :

$$N = \frac{\sum_{j=1}^n di}{\sum_{j=1}^n \frac{di}{Ni}} = \frac{20}{1,86447} = 10,73$$

Berdasarkan nilai N diatas , situs dilokasi pembangunan dapat dikategorikan kedalam situs kelas **SE**

4. Menentukan Parameter Respon Spektra Percepatan SMS dan SM1 . Kedua parameter dasar Ss dan S1 tidak dapat digunakan langsung untuk setiap situs tanah. Produk dari kombinasi parameter dasar pergerakan tanah dan faktor amplifikasi adalah SMS dan SM1, yang masing masing adalah parameter respon spektra percepatan untuk gempa tertimbang maksimum pada periode pendek (0,2 detik) dan periode 1 detik yang telah disesuaikan dengan pengaruh kelas situs. Parameter-parameter ini ditentukan menurut persamaan berikut ini (SNI Gempa 2019):

$$\text{SMS} = Fa Ss = 1,332 \cdot 0,684 = 0.911$$

$$\text{SM1} = Fv.S1 = 3,02 \cdot 0,245 = 0.74$$

Tabel 6 – Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

CATATAN:

- (a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 0

Tabel 7 – Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_I					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

CATATAN:

- (a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 0

5. Menghitung Nilai Parameter Percepatan Spektral Desain. Parameter spektral desain untuk periode pendek, SDs dan pada periode 1 detik SD1, harus ditentukan melalui persamaan Berikut:

$$SDs = \frac{2}{3} \times SMS = 0.61$$

$$SD1 = \frac{2}{3} \times SD1 = 0.49$$

6. Kategori desain seismic ditetapkan berdasarkan peraturan SNI Gempa pasal 6.5 .

Tabel 8 – 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
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 9 – 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
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Berdasarkan table SNI gempa diatas ditetapkan kategori desain seismic bangunan **D**.

7. **Menggambar Respon Spektra Desain.** Bentuk dasar respon spektra desain berdasarkan SNI gempa 2019, memiliki 3 segmen:

- Segmen Garis Lurus menanjak antara periode $T = 0$ dan $T = T_0$ dihitung berdasarkan persamaan:

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

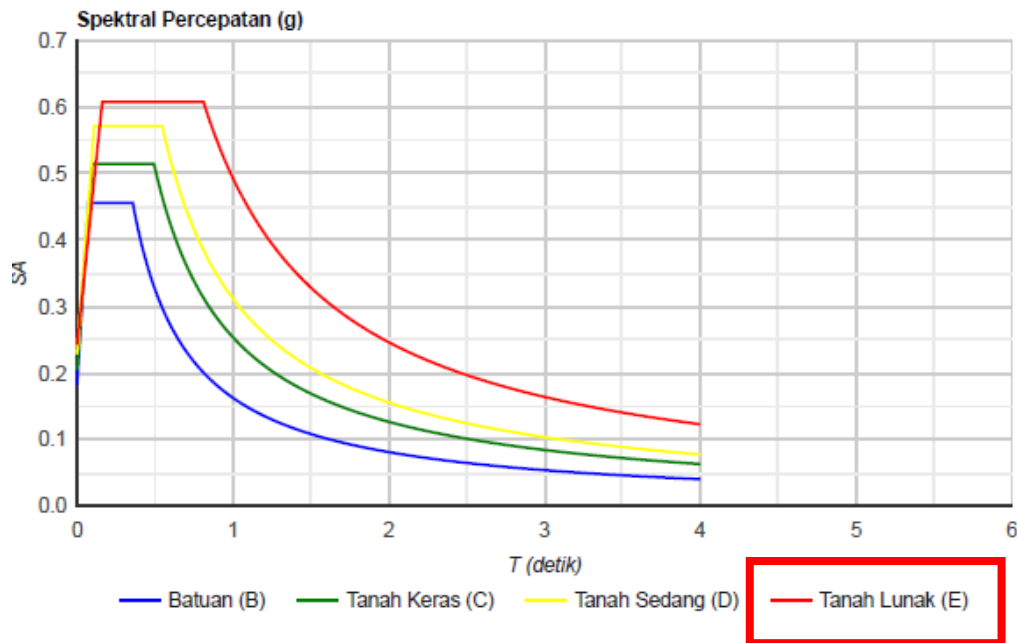
- Segmen Percepatan Konstan antara $T=T_0$ dan $T=T_s$
- Segmen Percepatan konstan menurun untuk periode $T>T_s$ dihitung menurut persamaan

$$S_a = \frac{SD1}{T}$$

Di mana :

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,49}{0,61} = 0.16$$

$$T_s = \frac{SD1}{SD_s} = \frac{0,49}{0,61} = 0.8$$



8. **Menghitung Periode Natural (waktu getar alami) struktur.** Waktu getar alami struktur dapat dihitung dengan mengacu ketentuan SNI Gempa. Periode fundamental pendekatan T_a (s), untuk sistemrangka dinding geser (sistem ganda), sehingga :

Tabel 18 – Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• 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	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

$$T_a = 0,0488H^{3/4} = 0,0488 \cdot 8.8^{3/4} = 0,25 \text{ detik}$$

9. **Menghitung Koefisien Respon Seismik.** Berdasarkan SNI Gempa pasal 7.8.1.1 koefisien respon seismik untuk $T < T_s$ ($0.25s < 0.8s$) dihitung berdasarkan persamaan:

Tabel 12 – Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik (lanjutan)

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
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 ^g	TI ^g	TI ^g
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ^h
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	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 pembuatan ⁿ	3½	3 ^o	3½	10	10	10	10	10

$$C_s = \frac{SD_s}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,61}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,114$$

C_s tidak boleh kurang dari $C_{s-min} = 0,044 SD_s = 0.02684 < 0,114$ OK, Ketentuan batas bawah koefisien response seismik, C_s , Terpenuhi.

10. **Menghitung Gaya Geser Dasar Nominal (statik lateral ekuivalen).** Gaya geser dasar seismik dapat dihitung dengan persamaan:

$V = C_s W$, Dimana:

- V : Gaya Geser Dasar Nominal
- C_s : Koefisien Respon Seismik
- W : Berat Total Struktur

Didapatkan gaya geser dasar nominal, $V = 0,114 \times 3183 = 364,055$ kn.

11. Menghitung Gaya Lateral Ekuivalen. Beban gempa nominal statik ekuivalen yang bekerja pada pusat massa lantai di tingkat "I" dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$F_x = C_{ix} V \tag{40}$$

dan

$$C_{ix} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \tag{41}$$

Keterangan:

- C_{ix} = faktor distribusi vertikal
- V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)
- w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
- h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)
- k = eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai sebagai berikut:
 untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$
 untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$
 untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Berikut perhitungan gaya lateral ekuivalen pada masing masing lantai, dengan $k =$

1

GAYA LATERAL EKUIVALEN DAN GAYA GESER EKUIVALEN PER LANTAI						
LANTAI	TINGGI LANTAI DARI DASAR Z_x (m)	TINGGI LANTAI DARI DASAR Z_x^k (m)	BERAT LANTAI W (Kn)	MOMEN $W_x Z_x$ (kn-m)	LATERAL F_x (Kn)	GESER V_x (Kn)
ATAP	8.8	8.8	727.4012861	6401.131317	128.139313	128.1393
LANTAI 2	4.8	4.8	2455.217268	11785.04289	235.915687	364.055
	Total			18186.1742		

3.2 Pembabanan Angin

SNI Pembebanan (SNI 1727-2013) mengatur Langkah - langkah perhitungan beban angin sebagai berikut :

<p>Langkah 1: Tentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain, lihat Tabel 1.4-1</p> <p>Langkah 2: Tentukan kecepatan angin dasar, V, untuk kategori risiko yang sesuai</p> <p>Langkah 3: Tentukan parameter beban angin:</p> <ul style="list-style-type: none">- Faktor arah angin, K_d, lihat Pasal 26.6 dan Tabel 26.6-1- Kategori eksposur, lihat Pasal 26.7- Faktor topografi, K_{zt}, lihat Pasal 26.8 dan Tabel 26.8-1- Faktor efek tiupan angin, G, lihat Pasal 26.9- Klasifikasi ketertutupan, lihat Pasal 26.10- Koefisien tekanan internal, (GC_{pi}), lihat Pasal 26.11 dan Tabel 26.11-1 <p>Langkah 4: Tentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h, lihat Tabel 27.3-1</p> <p>Langkah 5: Tentukan tekanan velositas q, atau q_h Persamaan 27.3-1</p> <p>Langkah 6: Tentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N</p> <ul style="list-style-type: none">- Gambar 27.4-1 untuk dinding dan atap rata, pelana, perisai, miring sepihak atau <i>mansard</i>- Gambar 27.4-2 untuk atap kubah- Gambar 27.4-3 untuk atap lengkung- Gambar 27.4-4 untuk atap miring sepihak, bangunan gedung terbuka- Gambar 27.4-5 untuk atap berbubung, bangunan gedung terbuka- Gambar 27.4-6 untuk atap cekung, bangunan gedung terbuka- Gambar 27.4-7 untuk beban angin sepanjang bubungan kasus untuk atap miring sepihak, berbubung, atau cekung, bangunagedung terbuka <p>Langkah 7: Hitung tekanan angin, p, pada setiap permukaan bangunan gedung</p> <ul style="list-style-type: none">- Persamaan 27.4-1 untuk bangunan gedung kaku- Persamaan 27.4-2 untuk bangunan gedung fleksibel- Persamaan 27.4-3 untuk bangunan gedung terbuka

Tabel 27.2-1 Langkah-langkah untuk menentukan beban angin SPBAU untuk Bangunan Gedung Tertutup, Tertutup Sebagian, dan Terbuka dari Semua Ketinggian

Langkah 1. Menentukan kategori risiko bangunan. Bangunan termasuk kategori risiko IV.

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

Catatan:

^aJenis bangunan sesuai dengan Tabel 1 SNI 1726

^aBangunan gedung dan struktur lain yang mengandung racun, zat yang sangat beracun, atau bahan peledak harus memenuhi syarat untuk klasifikasi terhadap Kategori Risiko lebih rendah jika memuaskan pihak yang berwenang dengan suatu penilaian bahaya seperti dijelaskan dalam Pasal 1.5.3 bahwa pelepasan zat sepadan dengan risiko yang terkait dengan Kategori Risiko.

Langkah 2. Menentukan kecepatan angin dasar V.

Lamongan, Lamongan Regency, East Java

Thursday
Partly cloudy

 34 °C | °F

Precipitation: 20%
Humidity: 69%
Wind: 18 km/h

Temperature

Precipitation

Wind



Didapatkan kecepatan angin dasar 18 km/h (5,5 m/s)

Langkah 3. Menentukan parameter beban angin

Tabel 26.6-1 - Faktor Arah Angin, K_d

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

* Faktor arah K_d telah dikalibrasi dengan kombinasi beban yang ditetapkan dalam Pasal 2. Faktor ini hanya diterapkan bila digunakan sesuai dengan kombinasi beban yang disyaratkan dalam Pasal 2.3 dan Pasal 2.4.

Didapatkan berdasarkan table diatas , $K_d = 0.85$

Kategori eksposur bangunan masjid dikategorikan sebagai kategori eksposur **B**, karena berdasarkan SNI 1727-2013 disebutkan termasuk kategori eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah termasuk kekasaran permukaan B

Kondisi situs dan lokasi Gedung dan strukturbangunan berdasarkan kondisi yang disyaratkan, **Kzt = 1**

Untuk bangunan kaku atau struktur lainnya seperti dijelaskan pada pasal 26.2, factor efek tiupan angin dapat diambil sebesar, **G = 0.85**

Koefisien tekanan internal, (GC_{pi}) harus ditentukan pada table 26.11-1 pada SNI 1727-2013 sebagai berikut :

Sistem Penahan Beban Angin Utama dan Komponen dan Klading		Semua Ketinggian
Tabel 26.11-1	Koefisien Tekanan Internal, (GC_{pi})	Dinding & Atap
Bangunan Tertutup, Tertutup Sebagian, dan Terbuka		
Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})	
Bangunan gedung terbuka	0,00	
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55	
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18	

Catatan:

1. Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal.
2. Nilai (GC_{pi}) harus digunakan dengan q_z atau q_h seperti yang ditetapkan.
3. Dua kasus harus dipertimbangkan untuk menentukan persyaratan beban kritis untuk kondisi yang sesuai:
 - (i) nilai positif dari (GC_{pi}) diterapkan untuk seluruh permukaan internal
 - (ii) nilai negatif dari (GC_{pi}) diterapkan untuk seluruh permukaan internal

Koefisien eksposur tekanan velositas ditentukan pada pasal 27.3.1 dan harus ditentukan melalui table 27.3-1 SNI 1727-2013 sebagai berikut :

Sistem Penahan Beban Angin Utama – Bagian 1		Seluruh ketinggian		
Koefisien eksposur tekanan velositas, K_h dan K_z				
Tabel 27.3-1				
Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
		B	C	D
ft	(m)			
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Catatan:

- Koefisien eksposur tekanan velositas K_z dapat ditentukan dari formula berikut:
 Untuk $15 \text{ ft.} \leq z \leq z_g$ Untuk $z < 15 \text{ ft.}$

$$K_z = 2,01(z/z_g)^{2/\alpha} \quad K_z = 2,01(15/z_g)^{2/\alpha}$$
- α dan z_g ditabulasi dalam Tabel 26.9.1.
- Interpolasi linier untuk nilai menengah tinggi z yang sesuai.
- Kategori eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7

Dari interpolasi angka didapatkan $K_z = 0.67$

Rangkuman parameter beban angin :

- Factor arah angin ,Kd : 0.85
- Kategori eksposur : B
- Faktor topografi, Kzt : 1
- Factor efek tiupan angin, G : 0.85
- Klasifikasi ketertutupan : Tertutup
- Koefisien eksposur tekanan velositas, Kz : 0.67
- Koefisien tekanan internal, (GCpi) : +- 0.18

Langkah 5. Menentukan tekanan velositas , qz, dapat dievaluasi menggunakan persamaan berikut :

$$qz = 0.613 Kz Kzt Kd V^2$$
$$qz = 0.613 0.67 1 0.85 5,5^2 = 10,56 N/m^2$$

Didapatkan tekanan velositas angin adalah sebesar **10,56 N/m² atau sebesar 1,056 kg/m²**

3.3 Pembebanan Air Hujan

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari seua air hujan yang terkumpul apabila system drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air diatas lubang masuk drainase sekunder pada aliran rencananya, pembebanan air hujan diatur dalam SNI 1727-2013 pasal 8.

$R = 0.0098 (ds + dh) (kN/m^2)$, dimana

- ds merupakan kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk system drainase sekunder apabila system drainase primer tertutup, satuan mm

- d_h merupakan tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas lubang masuk system drainase sekunder pada aliran air rencana, satua mm

$$R = 0,0098 (d_s + d_h) = 0,0098 (100 + 0) = 0.98 \text{ kN/m}^2$$

Didapatkan beban air hujan rencana pada **atap** , **R**, sebesar **0.98 kN/m²** atau **98 kg/m²**

BAB IV

PEMODELAN ANALISA STRUKTUR SAP2000 V 22

4.1 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban dan factor beban ditentukan oleh SNI Pembebanan (SNI 1727-2013) pada pasal 2.3.2. Struktur, komponen dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari ebab terfaktor dalam kombinasi berikut :

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

Dimana :

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

S = Beban Salju

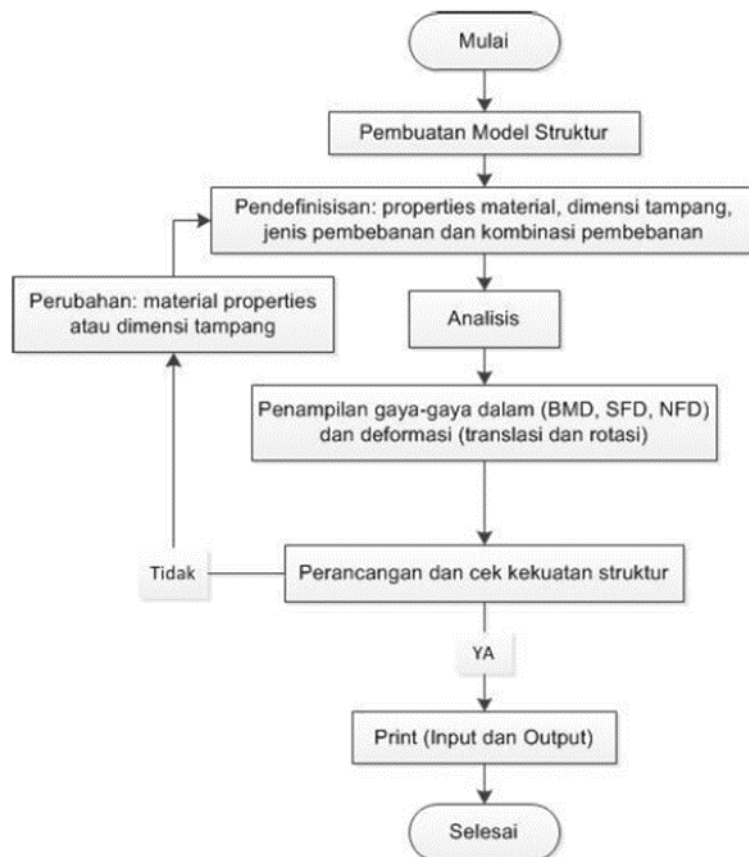
R = Beban Hujan

W = Beban Angin

Lr = Beban Hidup Atap

E = Beban Gempa

4.2 Langkah – Langkah Pemodelan SAP2000



4.3 Material Properties dan Define Section Struktur

Mutu Beton : F_c : 30 Mpa
Mutu Baja : F_y : 240 Mpa
 : F_u : 370 Mpa

Penampang dari elemen struktur yang akan dimodelkan dilakukan pada menu define section pada program bantu SAP2000 sebagai berikut :

S I/Wide Flange Section



Section Name	250 X 125 X 6 X 9	Display Color	
Section Notes	<input type="button" value="Modify/Show Notes..."/>		
Dimensions			
Outside height (t3)	<input type="text" value="0.25"/>	Section 	
Top flange width (t2)	<input type="text" value="0.125"/>		
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="9.000E-03"/>		
Web thickness (tw)	<input type="text" value="6.000E-03"/>		
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="0.125"/>		
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="9.000E-03"/>		
Material	<input type="button" value="+"/> BJ 37 <input type="button" value="v"/>	Property Modifiers	<input type="button" value="Set Modifiers..."/>
		Properties	
		<input type="button" value="Section Properties..."/>	
		<input type="button" value="Time Dependent Properties..."/>	
		<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="Cancel"/>

S I/Wide Flange Section



Section Name	300 x 150 x 9 x 13	Display Color	
Section Notes	<input type="button" value="Modify/Show Notes..."/>		
Dimensions			
Outside height (t3)	<input type="text" value="0.3"/>	Section 	
Top flange width (t2)	<input type="text" value="0.15"/>		
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="0.013"/>		
Web thickness (tw)	<input type="text" value="9.000E-03"/>		
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="0.15"/>		
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="0.013"/>		
Material	<input type="button" value="+"/> BJ 37 <input type="button" value="v"/>	Property Modifiers	<input type="button" value="Set Modifiers..."/>
		Properties	
		<input type="button" value="Section Properties..."/>	
		<input type="button" value="Time Dependent Properties..."/>	
		<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="Cancel"/>

S I/Wide Flange Section



Section Name	500 x 200 x 9 x 14	Display Color	
Section Notes	<input type="button" value="Modify/Show Notes..."/>		
Dimensions		Section	
Outside height (t3)	<input type="text" value="0.5"/>		
Top flange width (t2)	<input type="text" value="0.2"/>		
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="0.014"/>		
Web thickness (tw)	<input type="text" value="9.000E-03"/>		
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="0.2"/>		
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="0.014"/>		
Material	<input type="button" value="+"/> BJ 37 <input type="button" value="v"/>	Property Modifiers	
		<input type="button" value="Set Modifiers..."/>	
		<input type="button" value="Section Properties..."/>	
		<input type="button" value="Time Dependent Properties..."/>	
		<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="Cancel"/>

S I/Wide Flange Section

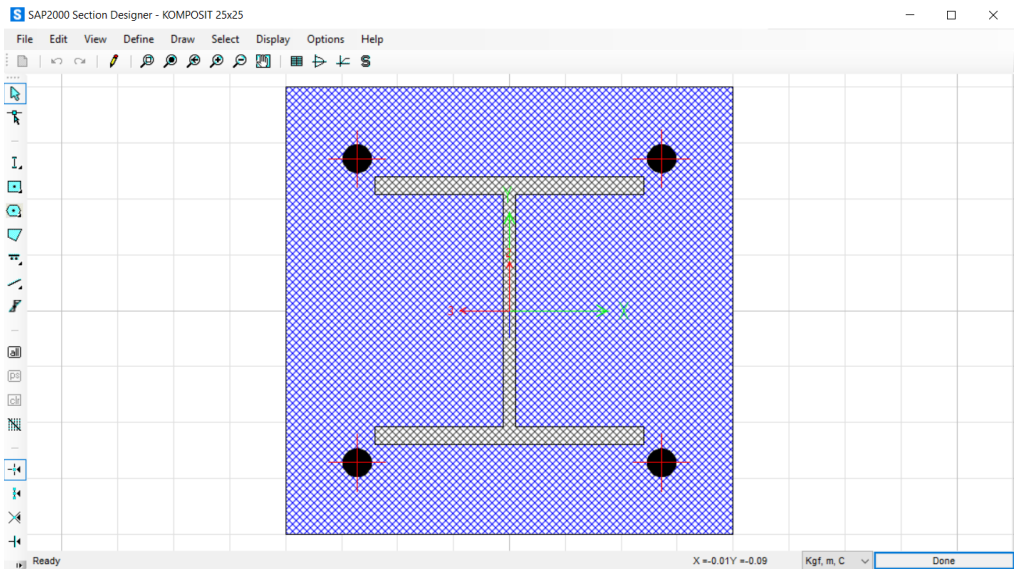


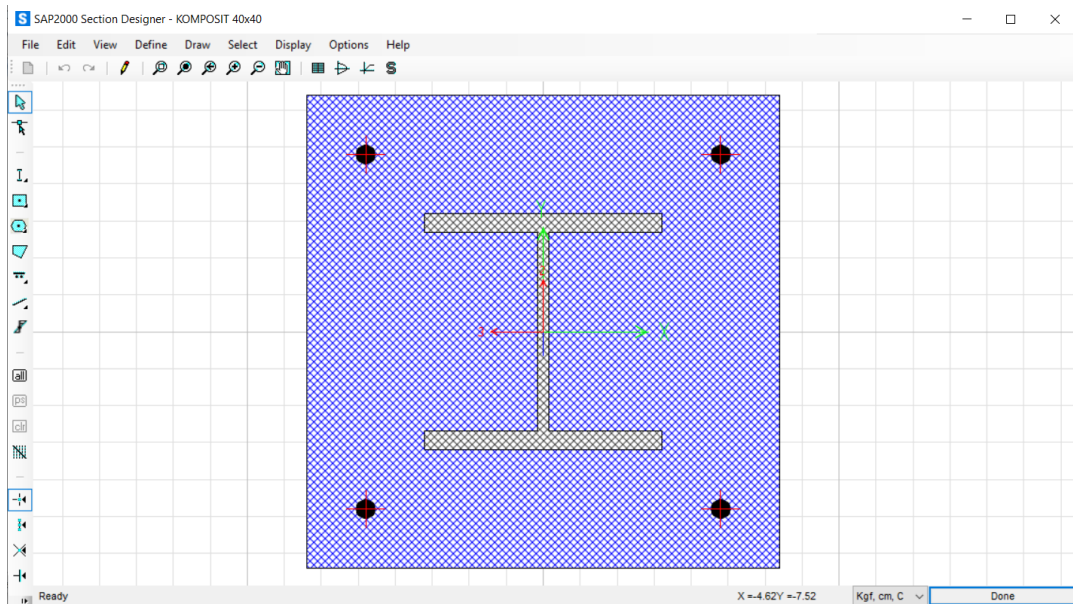
Section Name	ATAPATAS 150x75x5x7	Display Color	
Section Notes	<input type="button" value="Modify/Show Notes..."/>		
Dimensions		Section	
Outside height (t3)	<input type="text" value="0.15"/>		
Top flange width (t2)	<input type="text" value="0.075"/>		
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="7.000E-03"/>		
Web thickness (tw)	<input type="text" value="5.000E-03"/>		
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="0.075"/>		
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="7.000E-03"/>		
Material	<input type="button" value="+"/> BJ 37 <input type="button" value="v"/>	Property Modifiers	
		<input type="button" value="Set Modifiers..."/>	
		<input type="button" value="Section Properties..."/>	
		<input type="button" value="Time Dependent Properties..."/>	
		<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="Cancel"/>

S Double Angle Section



Section Name	BRACING ATAP	Display Color	
Section Notes	Modify/Show Notes...		
Dimensions		Section	
Outside depth (t3)	0.05		
Outside width (t2)	0.1		
Horizontal leg thickness (tf)	6.000E-03		
Vertical leg thickness (tw)	6.000E-03		
Back to back distance (dis)	0.01		
Material	Property Modifiers	Properties	
+ BJ 37	Set Modifiers...	Section Properties...	
		Time Dependent Properties...	
OK		Cancel	

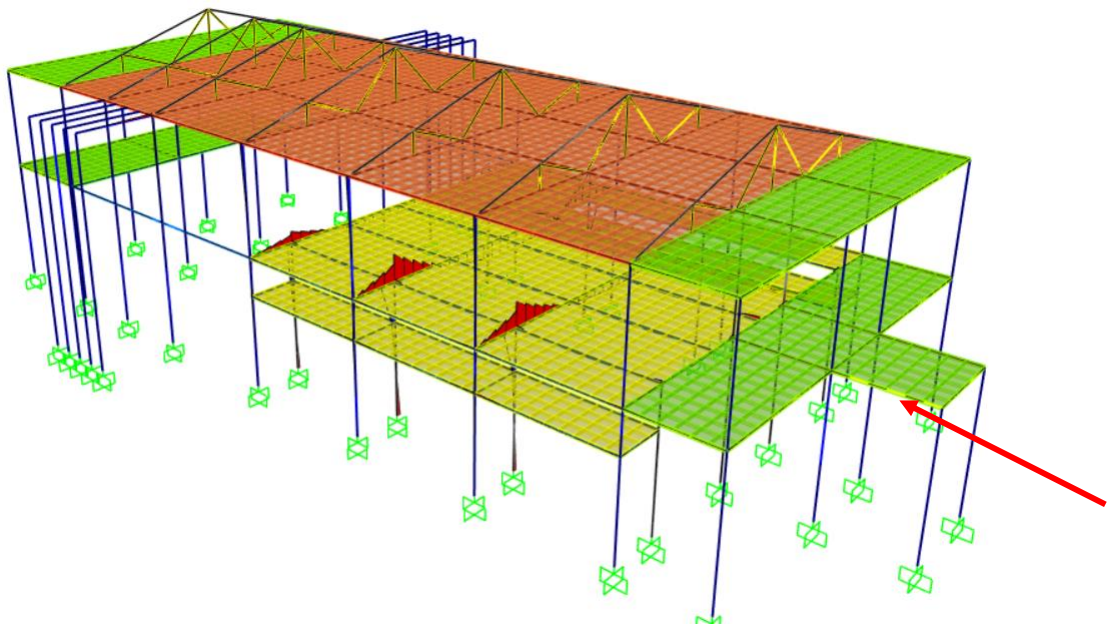




4.4 Cek Kebenaran Analisa Struktur SAP2000

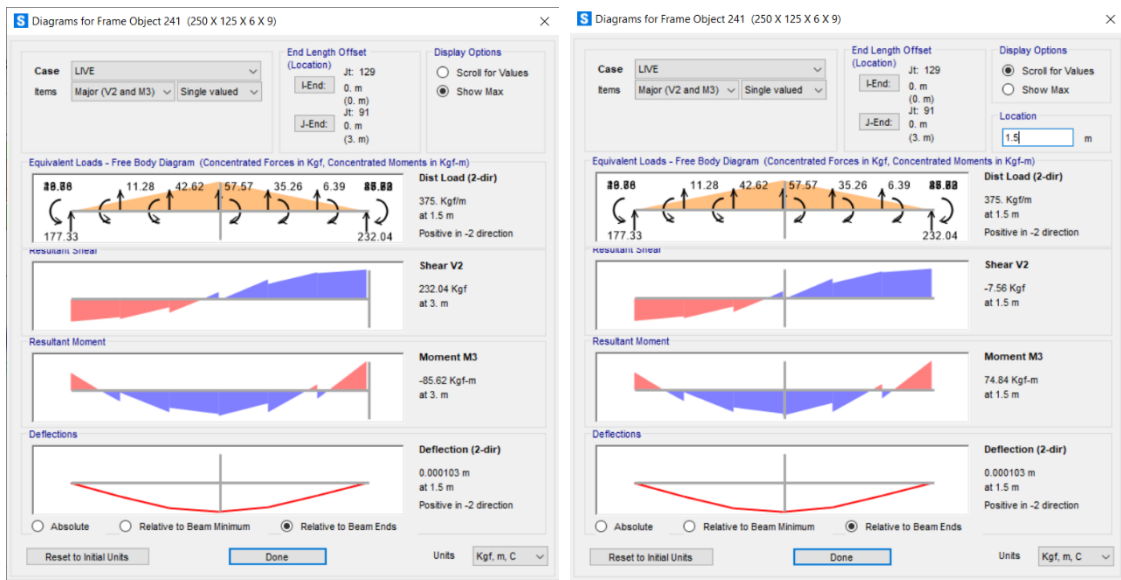
4.4.1 Kebenaran Balok

Ambil salah satu balok induk pada lantai Kantor yang memiliki beban hidup sebesar sebagai berikut :



Beban Hidup Yang bekerja : 250 kg/m^2

Hasil momen yang dihasilkan program bantu SAP2000 :

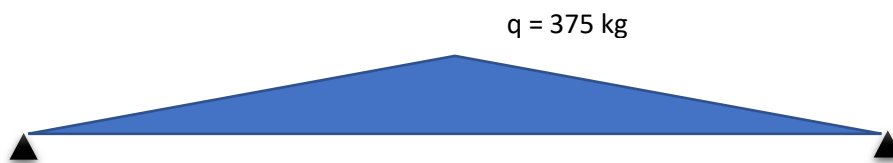


Momen negative : 85.62 kg-m

Momen Positive : 74.8 kg-m

Total momen : 160.42

Perhitungan Manual :

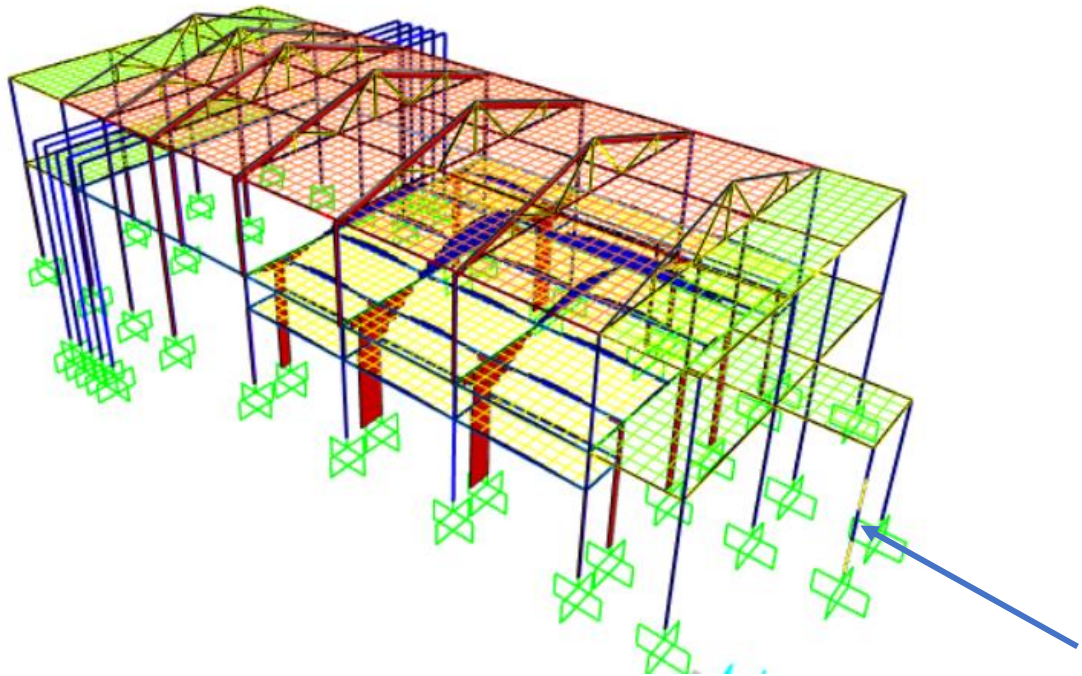


Momen maksimum yang bekerja : $5/96 \times q \times l^2 = 5/96 \times 375 \times 3^2 = 175.78 \text{ kg-m}$

Persentase keakuratan : $160,42/175,78 \times 100\% = 91,26 \%$

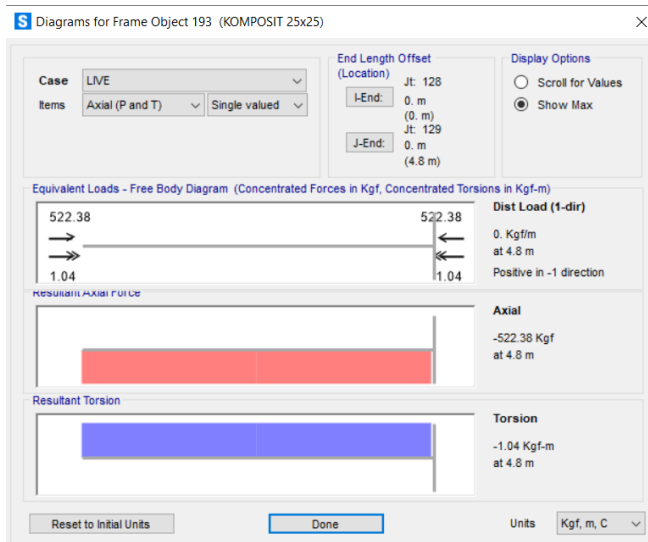
4.4.2 Kebenaran Kolom

Ambil salah satu kolom yang di hitung dengan gaya hidup sebesar 250 kg/m^2 . Lokasi kolom tersebut ditunjukkan pada gambar dibawah :



Beban Hidup Yang bekerja : 250 kg/m^2

Hasil momen yang dihasilkan program bantu SAP2000 :



Gaya aksial : 522,38 kg

Perhitungan manual:

Luas tributary area : $\frac{1}{4} \times 3 \times 3 = 2,25 \text{ m}^2$

Total beban hidup : $250 \text{ kg/m}^2 \times 2.25 = 562,5 \text{ kg}$

Persentase keakuratan : $522,38 / 562,5 \times 100\% : 92,86 \text{ kg}$

4.4.3 Modal Load Participation

Analisis harus dilakukan untuk menentukan variasi periode bangunan dasar untuk struktur tersebut. Kemudian, analisis harus mencakup jumlah variasi yang cukup untuk memperoleh variasi partisipasi massa gabungan minimal 90 persen dari massa aktual di setiap arah secara horizontal ortogonal tanggapan yang ditinjau pada suatu model.

Pada hal ini, partisipasi massa harus memenuhi standart yang ditetapkan. Dan diekspresikan dalam table dibawah :

OutputCase	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	93.2778	76.61
MODAL	Acceleration	UY	93.4799	76.5563
MODAL	Acceleration	UZ	0.0827	0.005

BAB V

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

5.1 Perencanaan Pelat Struktur

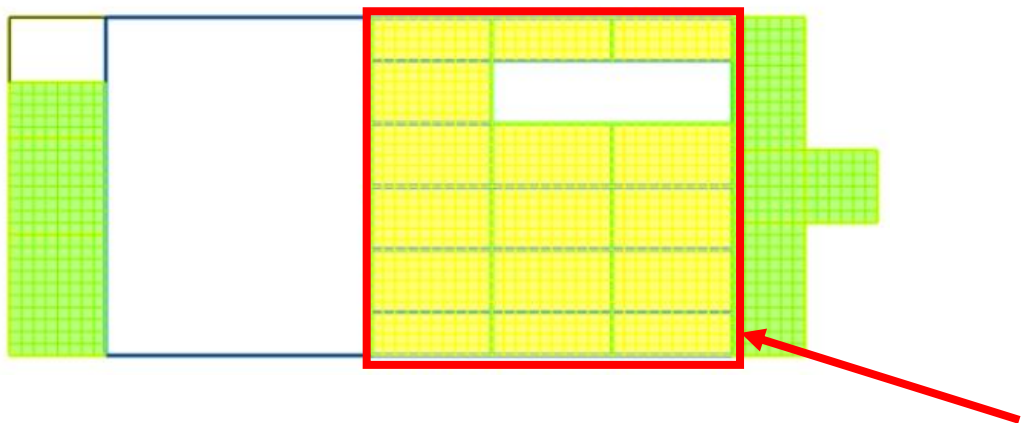
Perencanaan struktur pada bangunan Masjid Ittihadul Ummah secara garis besar dibedakan menjadi tiga bagian yaitu :

- Pelat Lantai 2 jamaah (Beban hidup 4,79 kN/m²)
- Pelat lantai 2 Kantor dan TPQ (Beban Hidup 2,50 kN/m²)
- Pelat atap (Beban Hidup 0,96 kN/m²)

Tahapan yang digunakan dalam menentukan perhitungan struktur sekunder antara lain :

- Menentukan data-data perencanaan
- Menentukan besarnya pembebanan yang terjadi
- Menentukan Batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan

5.1.1 Perencanaan Pelat lantai 2 Jamaah



Untuk perencanaan pelat menggunakan data sebagai berikut :

Mutu beton : 20 Mpa

Mutu Tulangan : 420 Mpa

Perkiraan Tebal Pelat : 12 cm

Dalam perencanaan pembangunan, pelat lantai digunakan bondeks sebagai ekisting serta untuk menambah kapasitas penampang pelat dan mengurangi penggunaan tulangan beton pada pelat. Spesifikasi Bondeks ditampilkan pada gambar dibawah :

Tebal Pelat	Berat per satuan luas	Luas penampang	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc	Yt	I _p	Z _{pc}	Z _{pt}	I _n	Z _{nc}	Z _{nt}		10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	max	10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	Max
mm	kg / m ²	mm ²	mm	mm	10 ⁶ x mm ⁴	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ⁶ x mm ⁴	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ⁶ x mm ⁴	10 mm Of Bearing KN	Increm, Per 10 mm KN	KN	10 mm Of Bearing KN	Increm, Per 10 mm KN	KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

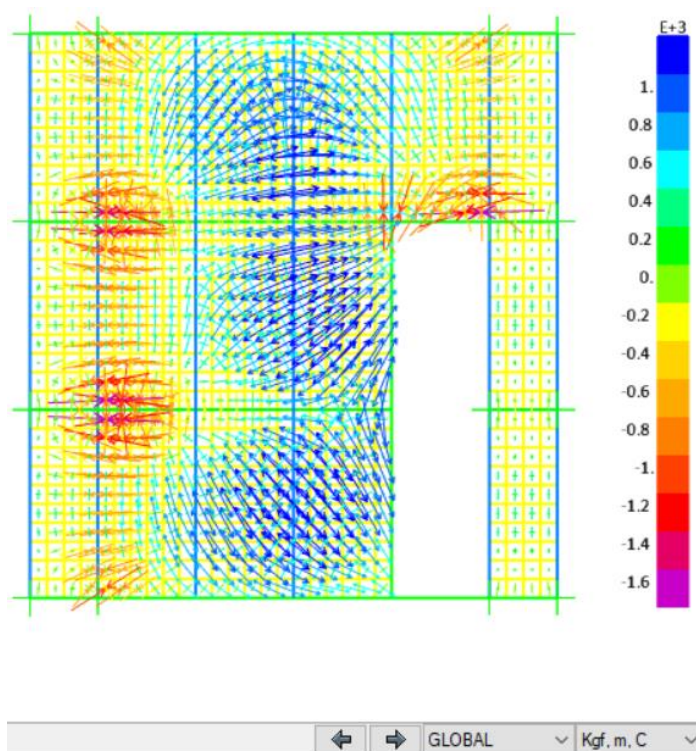
Catatan : I_p = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif
 Notes : I_n = idem untuk daerah momen negatif
 Z_{nt} = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)
 Z_{nc} = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)
 Z_{pc} = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)
 Z_{pt} = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)
 Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus
 = I_p (1.26 - 0.26 I_p/I_n)

Dari gambar diatas diketahui penampang bondeks tiap 1 meter :

A bondeks : 1241 mm²

1. Perhitungan Momen Ultimate

Perhitungan momen ultimate yang terjadi (Momen negative dan Positif) dilakukan menggunakan program bantu SAP2000. Hasil dari momen yang terjadi ditampilkan pada gambar dibawah :



Dari gambar diatas besarnya momen ultimate (Mu), yang terjadi adalah :

Momen Positif : 1200 kg-m = 12 kN-m

Momen Negatif : -1600 kg-m = -16 kN-m

Asumsi tebal pelat : 12 cm

2. Desain tulangan Yang dibutuhkan (Momen Negatif)

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 30)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(20 - 30)}{7} = 0,92$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \beta_1 F_c}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \cdot 0,92 \cdot 20}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0164$$

$$R_n = \rho F_y \left(1 - \frac{0,5 \rho F_y}{0,85 F_c} \right)$$

$$R_n = 0,0164 \cdot 420 \left(1 - \frac{0,5 \cdot 0,0164 \cdot 420}{0,85 \cdot 20} \right) = 5,5 \text{ Mpa}$$

$$bd^2 = \frac{Mu}{\phi R_n}$$

$$bd^2 = \frac{16 \times 10^6}{0,9 \cdot 5,5} = 3,232,323.232 \text{ mm}^3$$

$$b = 1000 \text{ mm, maka } d = \sqrt{\frac{bd^2}{b}} = \sqrt{\frac{3,232,323.232}{1000}} = 56,8 \text{ mm}$$

Pakai d = 120 mm

$$R_n = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{16 \times 10^6}{0,9 \cdot 1000 \cdot 120^2} = 1,23 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{0,85F_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f_c}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 20}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,23}{0,85 \cdot 20}} \right) = 0,002$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0033$$

$$\rho_{pakai} = 0,0033$$

Didapatkan kebutuhan luas tulangan per meter adalah

$$A_s = \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 120 = 396 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Pakai AS $\emptyset 12 - 250 = 452 \text{ mm}^2/\text{m}$ OK

Kontrol kapasitas penampang Pelat :

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{452 \times 420}{0,85 \times 20 \times 1000} = 11,16 \quad \text{mm}$$

d = tebalbeton gelombang terdalam bondeks = 120mm

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 452 \times 420 \times \left(120 - \frac{11,16}{2} \right) = 21,721,492.8 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0.8 \times M_n = 17,37 \text{ kNm} > M_u = 16 \text{ kNm (OK)}$$

3. Desain tulangan Yang dibutuhkan (Momen Positif)

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 30)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(20 - 30)}{7} = 0,92$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \beta_1 F_c}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \cdot 0,92 \cdot 20}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0164$$

$$Rn = \rho Fy \left(1 - \frac{0,5 \rho Fy}{0,85 Fc} \right)$$

$$Rn = 0,0164 \cdot 420 \left(1 - \frac{0,5 \cdot 0,0164 \cdot 420}{0,85 \cdot 20} \right) = 5,49 \text{ Mpa}$$

$$bd^2 = \frac{Mu}{\phi Rn}$$

$$bd^2 = \frac{12 \times 10^6}{0,9 \cdot 5,49} = 2,428,658 \text{ mm}^3$$

$$b = 1000 \text{ mm, maka } d = \sqrt{\frac{bd^2}{b}} = \sqrt{\frac{2,428,658}{1000}} = 49,28 \text{ mm}$$

Pakai $d = 120 \text{ mm}$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{12 \times 10^6}{0,9 \cdot 1000 \cdot 120^2} = 0,92 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{0,85 Fc}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85 fc}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 20}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,92}{0,85 \cdot 20}} \right) = 0,002$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = 0,0033$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0033$$

Didapatkan kebutuhan luas tulangan per meter adalah

$$A_s = \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 120 = 396 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Pakai $AS \text{ } \emptyset 12 - 250 = 452 \text{ mm}^2/\text{m}$, ditambah luas penampang bondeks 1241 $\text{mm}^2/\text{m} = 1693 \text{ mm}^2/\text{m}$ OK

Kontrol kapasitas penampang Pelat :

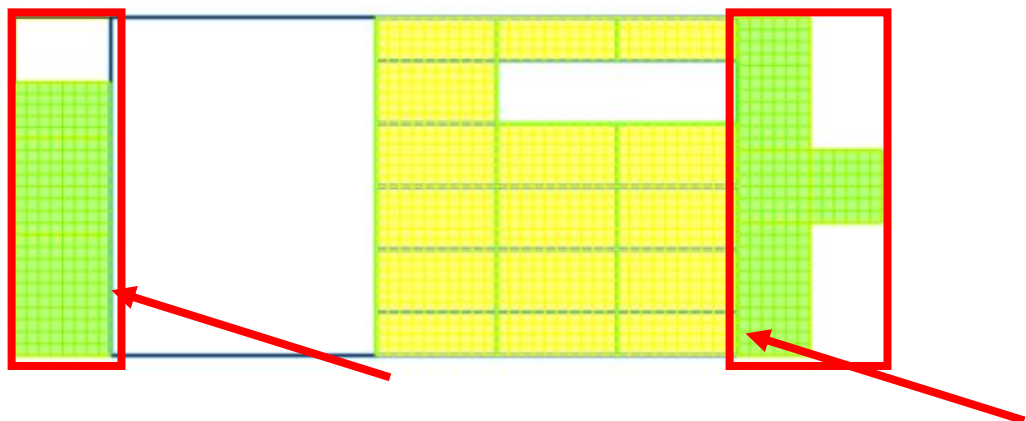
$$a = \frac{A_s \times F_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{1693 \times 420}{0.85 \times 30 \times 1000} = 27,89 \quad \text{mm}$$

$d = \text{tebalbeton gelombang terdalam bondeks} = 120\text{mm}$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1693 \times 420 \times \left(120 - \frac{27,89}{2} \right) = 75,411,468 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0.8 \times M_n = 60,33\text{kNm} > M_u = 12 \text{ kNm (OK)}$$

5.1.2 Perencanaan Pelat Kantor dan TPQ



Untuk perencanaan pelat menggunakan data sebagai berikut :

Mutu beton : 20 Mpa

Mutu Tulangan : 420 Mpa

Perkiraan Tebal Pelat : 12 cm

Dalam perencanaan pembangunan, pelat lantai digunakan bondeks sebagai ekisting serta untuk menambah kapasitas penampang pelat dan mengurangi penggunaan tulangan beton pada pelat. Spesifikasi Bondeks ditampilkan pada gambar dibawah :

Tebal Pelat	Berat per satuan luas	Luas penampang	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc	Yt	Ip	Zpc	Zpt	In	Znc	Znt		10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	max	10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	Max
mm	kg / m ²	mm ²	mm	mm	10 ⁶ x mm ⁴	10 ⁶ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ⁶ x mm ⁴	10 ⁶ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ⁶ x mm ⁴	10 mm Of Bearing KN	Increm, Per 10 mm KN	KN	10 mm Of Bearing KN	Increm, Per 10 mm KN	KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

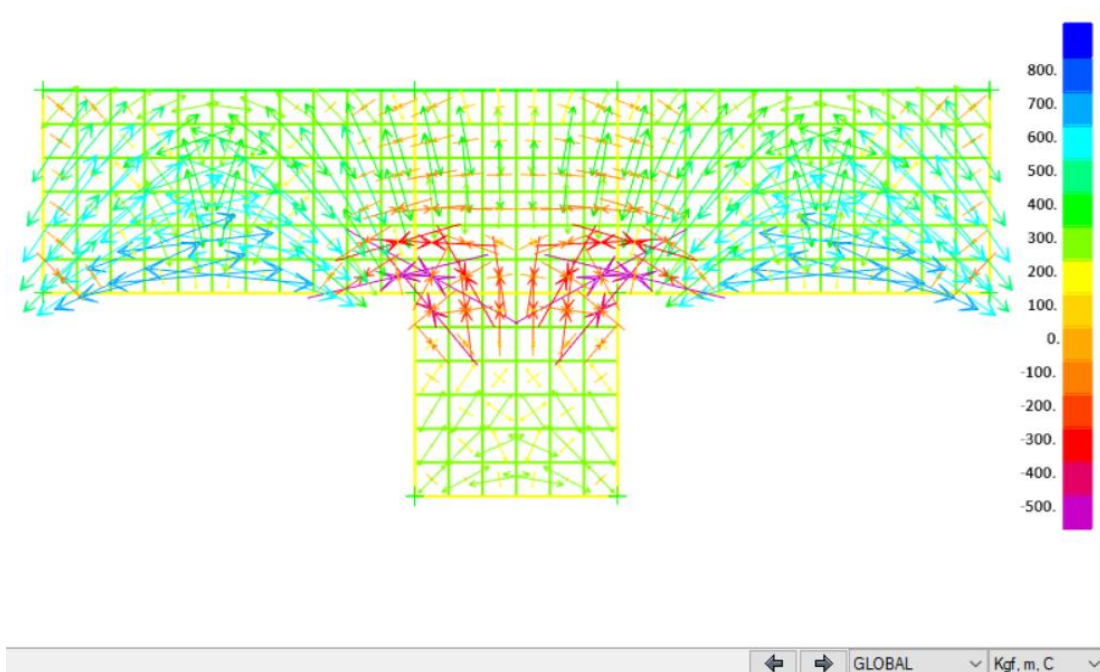
Catatan : Ip = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif
 Notes In = idem untuk daerah momen negatif
 Znt = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)
 Znc = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)
 Zpc = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)
 Zpt = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)
 Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus
 = Ip (1.26 + 0.26 Ip/In)

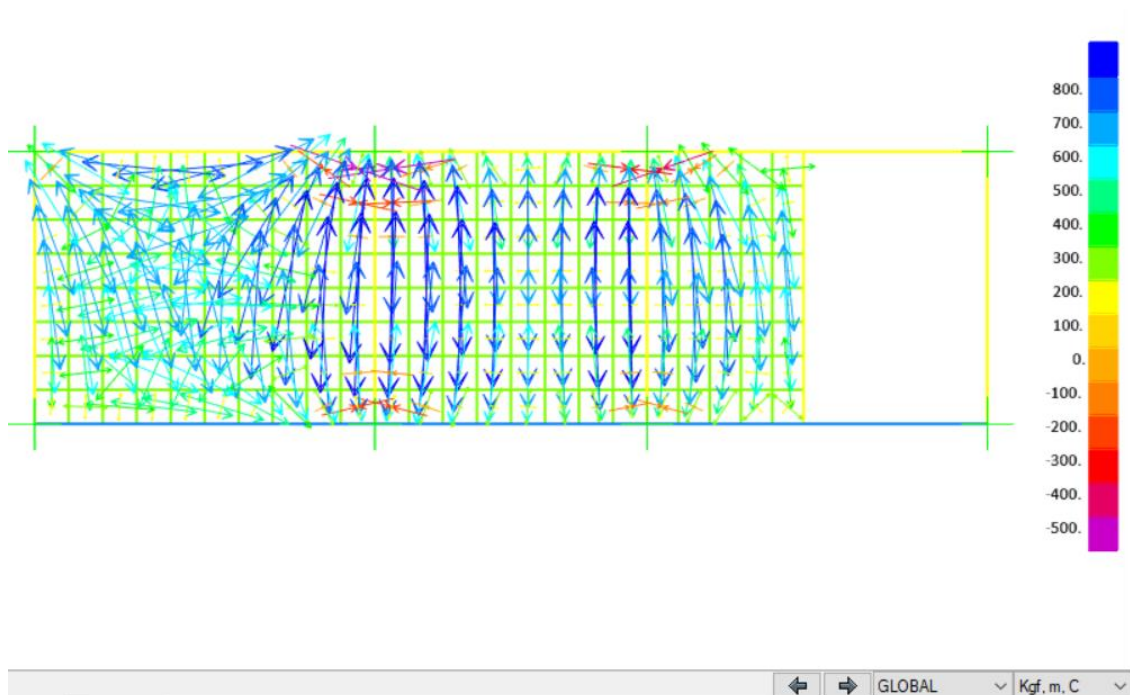
Dari gambar diatas diketahui penampang bondeks tiap 1 meter :

A bondeks : 1241 mm²

4. Perhitungan Momen Ultimate

Perhitungan momen ultimate yang terjadi (Momen negative dan Positif) dilakukan menggunakan program bantu SAP2000. Hasil dari momen yang terjadi ditampilkan pada gambar dibawah :





Dari gambar diatas besarnya momen ultimate (M_u), yang terjadi adalah :

Momen Positif : 800 kg-m = 8 kN-m

Momen Negatif : -500 kg-m = -5 kN-m

Asumsi tebal pelat : 12 cm

5. Desain tulangan Yang dibutuhkan (Momen Negatif)

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 30)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(20 - 30)}{7} = 0,92$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \beta_1 F_c}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \cdot 0,92 \cdot 20}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0164$$

$$R_n = \rho F_y \left(1 - \frac{0,5 \rho F_y}{0,85 F_c} \right)$$

$$R_n = 0,0164 \cdot 420 \left(1 - \frac{0,5 \cdot 0,0164 \cdot 420}{0,85 \cdot 20} \right) = 5,49 \text{ Mpa}$$

$$bd^2 = \frac{Mu}{\phi Rn}$$

$$bd^2 = \frac{5 \times 10^6}{0,9 \times 5,49} = 1,011,940 \text{ mm}^3$$

$$b = 1000 \text{ mm, maka } d = \sqrt{\frac{bd^2}{b}} = \sqrt{\frac{1,011,940}{1000}} = 31,81 \text{ mm}$$

Pakai $d = 120 \text{ mm}$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{5 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 120^2} = 0,4 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{0,85Fc}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85fc}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \times 30}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,4}{0,85 \times 20}} \right) = 0,001$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = 0,0033$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0033$$

Didapatkan kebutuhan luas tulangan per meter adalah

$$As = \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 120 = 396 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Pakai $AS \text{ } \phi 12 - 250 = 452,4 \text{ mm}^2/\text{m}$ OK

Kontrol kapasitas penampang Pelat :

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times fc \times b} = \frac{452 \times 420}{0,85 \times 20 \times 1000} = 11,16 \quad \text{mm}$$

d = tebalbeton gelombang terdalam bondeks = 120mm

$$Mn = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) = 452 \times 420 \times \left(120 - \frac{11,16}{2}\right) = 21,721,492.8 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 0.8 \times Mn = 17,37\text{Nm} > Mu = 5 \text{ kNm (OK)}$$

6. Desain tulangan Yang dibutuhkan (Momen Positif)

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(fc - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(20 - 30)}{7} = 0,92$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \beta_1 Fc}{Fy} \left(\frac{600}{600 + Fy}\right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \cdot 0,92 \cdot 20}{420} \left(\frac{600}{600 + 420}\right) = 0,0164$$

$$Rn = \rho Fy \left(1 - \frac{0,5 \rho Fy}{0,85 Fc}\right)$$

$$Rn = 0,0164 \cdot 420 \left(1 - \frac{0,5 \cdot 0,0164 \cdot 420}{0,85 \cdot 20}\right) = 5,49 \text{ Mpa}$$

$$bd^2 = \frac{Mu}{\phi Rn}$$

$$bd^2 = \frac{8 \times 10^6}{0,9 \cdot 5,49} = 1,619,105.44 \text{ mm}^3$$

$$b = 1000 \text{ mm, maka } d = \sqrt{\frac{bd^2}{b}} = \sqrt{\frac{1.619,105.44}{1000}} = 40,24 \text{ mm}$$

Pakai d = 120 mm

$$Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{8 \times 10^6}{0,9 \cdot 1000 \cdot 120^2} = 0,62 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{0,85F_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f_c}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 20}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,62}{0,85 \cdot 20}} \right) = 0,001$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0033$$

$$\rho_{pakai} = 0,0033$$

Didapatkan kebutuhan luas tulangan per meter adalah

$$A_s = \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 120 = 396 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Pakai AS $\emptyset 12 - 250 = 452 \text{ mm}^2/\text{m}$, ditambah luas penampang bondeks 1241 $\text{mm}^2/\text{m} = 1693 \text{ mm}^2/\text{m}$ OK

Kontrol kapasitas penampang Pelat :

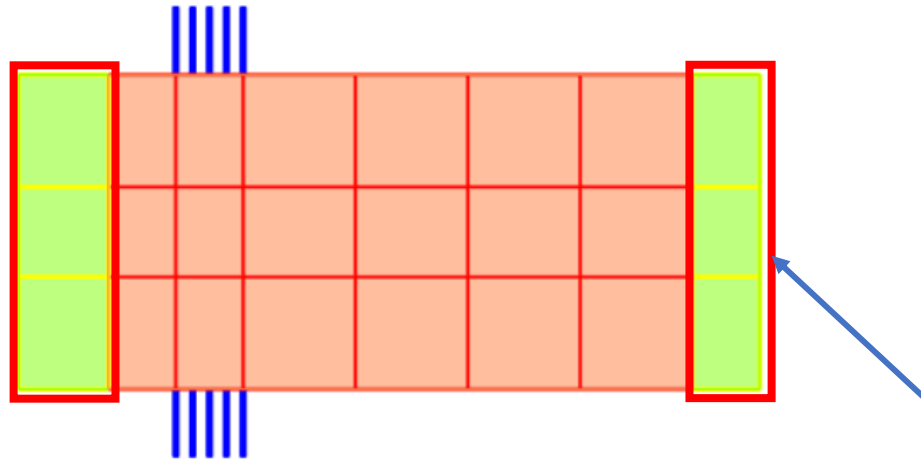
$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{1693 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000} = 27,89 \quad \text{mm}$$

d = tebalbeton gelombang terdalam bondeks = 120mm

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1693 \times 420 \times \left(120 - \frac{27,89}{2} \right) = 75,411,468 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \times M_n = 60,33 \text{ kNm} > M_u = 8 \text{ kNm (OK)}$$

5.1.3 Perencanaan Pelat Atap



Untuk perencanaan pelat menggunakan data sebagai berikut :

Mutu beton : 20 Mpa

Mutu Tulangan : 420 Mpa

Perkiraan Tebal Pelat : 10 cm

Dalam perencanaan pembangunan, pelat lantai digunakan bondeks sebagai ekisting serta untuk menambah kapasitas penampang pelat dan mengurangi penggunaan tulangan beton pada pelat. Spesifikasi Bondeks ditampilkan pada gambar dibawah :

Tebal Pelat mm	Berat per satuan luas kg / m ²	Luas penampang mm ²	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie 10 ⁶ x mm ⁴	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc mm	Yt mm	Ip 10 ⁶ x mm ⁴	Zpc 10 ³ x mm ³	Zpt 10 ³ x mm ³	In 10 ⁶ x mm ⁴	Znc 10 ³ x mm ³	Znt 10 ³ x mm ³		10 mm perletakan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrim, Per 10 mm KN	max KN	10 mm perletakan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrim, Per 10 mm KN	Max KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : Ip = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Notes

In = idem untuk daerah momen negatif

Znt = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Znc = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Zpc = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

Zpt = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

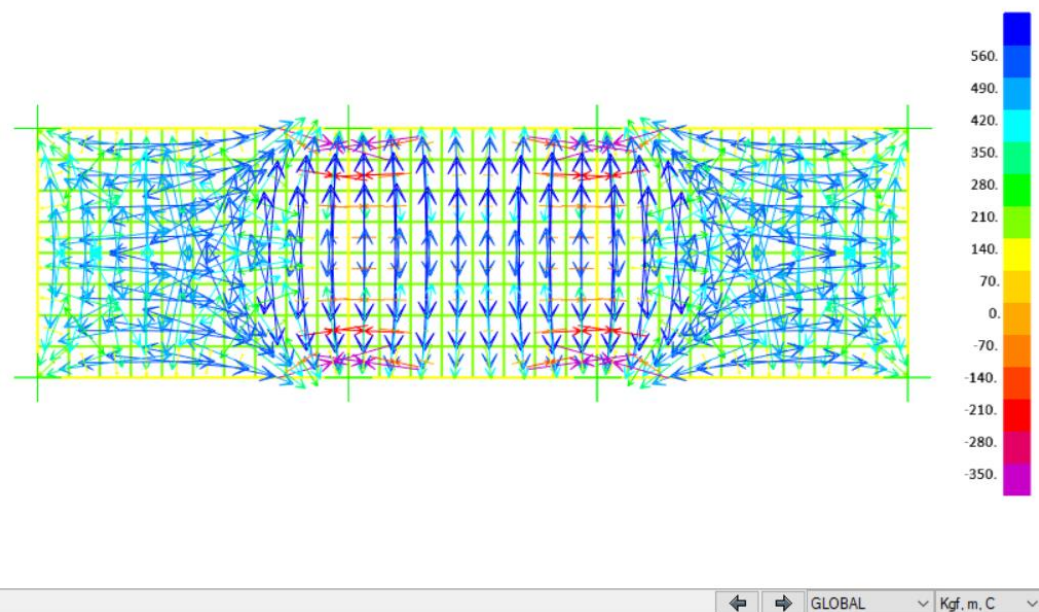
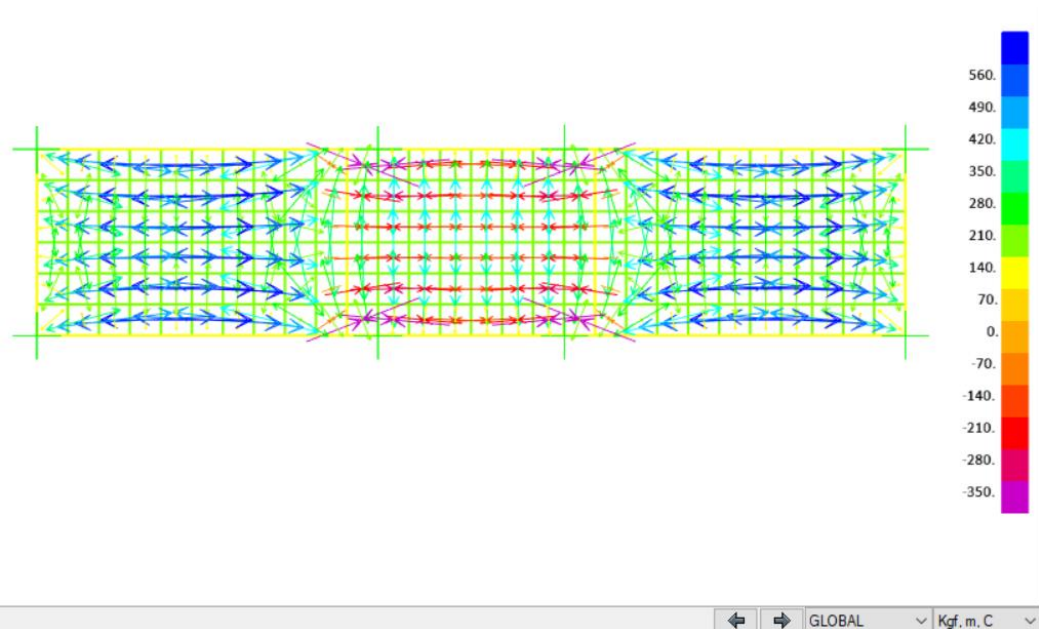
= Ip (1.26 + 0.26 Ip/In)

Dari gambar diatas diketahui penampang bondeks tiap 1 meter :

A bondeks : 1241 mm²

1. Perhitungan Momen Ultimate

Perhitungan momen ultimate yang terjadi (Momen negative dan Positif) dilakukan menggunakan program bantu SAP2000. Hasil dari momen yang terjadi ditampilkan pada gambar dibawah :



Dari gambar diatas besarnya momen ultimate (M_u), yang terjadi adalah :

Momen Positif : 560 kg-m = 5.6 kN-m

Momen Negatif : -350 kg-m = -3.5 kN-m

Asumsi tebal pelat : 10 cm

2. Desain tulangan Yang dibutuhkan (Momen Negatif)

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 30)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(20 - 30)}{7} = 0,92$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \beta_1 F_c}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \cdot 0,92 \cdot 20}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0164$$

$$R_n = \rho F_y \left(1 - \frac{0,5 \rho F_y}{0,85 F_c} \right)$$

$$R_n = 0,0164 \cdot 420 \left(1 - \frac{0,5 \cdot 0,0164 \cdot 420}{0,85 \cdot 20} \right) = 5,49 \text{ Mpa}$$

$$bd^2 = \frac{Mu}{\phi R_n}$$

$$bd^2 = \frac{3,5 \times 10^6}{0,9 \cdot 5,49} = 708,358 \text{ mm}^3$$

$$b = 1000 \text{ mm, maka } d = \sqrt{\frac{bd^2}{b}} = \sqrt{\frac{708,358}{1000}} = 26,6 \text{ mm}$$

Pakai d = 100 mm

$$R_n = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{3,5 \times 10^6}{0,9 \cdot 1000 \cdot 100^2} = 0,4 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{0,85 F_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,4}{0,85 \cdot 20}} \right) = 0,001$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0033$$

$$\rho_{pakai} = 0,0033$$

Didapatkan kebutuhan luas tulangan per meter adalah

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0033 \times 1000 \times 120 = 396 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Pakai $AS \text{ } \emptyset 12 - 250 = 452,4 \text{ mm}^2/\text{m}$ OK

Kontrol kapasitas penampang Pelat :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{452 \cdot 420}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 11,16 \quad \text{mm}$$

d = tebalbeton gelombang terdalam bondeks = 120mm

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 452 \cdot 420 \cdot \left(120 - \frac{11,16}{2} \right) = 21,721,492.8 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0.8 \times M_n = 17,37 \text{ Nm} > M_u = 5 \text{ kNm (OK)}$$

3. Desain tulangan Yang dibutuhkan (Momen Positif)

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 30)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(20 - 30)}{7} = 0,92$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \beta_1 F_c}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \cdot 0,92 \cdot 20}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0164$$

$$Rn = \rho Fy \left(1 - \frac{0,5 \rho Fy}{0,85 Fc} \right)$$

$$Rn = 0,0164 \cdot 420 \left(1 - \frac{0,5 \cdot 0,0164 \cdot 420}{0,85 \cdot 20} \right) = 5,49 \text{ Mpa}$$

$$bd^2 = \frac{Mu}{\phi Rn}$$

$$bd^2 = \frac{5,6 \times 10^6}{0,9 \cdot 5,49} = 1,133,373 \text{ mm}^3$$

$$b = 1000 \text{ mm, maka } d = \sqrt{\frac{bd^2}{b}} = \sqrt{\frac{1.133,373}{1000}} = 33,66 \text{ mm}$$

Pakai $d = 100 \text{ mm}$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{5,6 \times 10^6}{0,9 \cdot 1000 \cdot 100^2} = 0,62 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{0,85 Fc}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85 f c}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 20}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,62}{0,85 \cdot 20}} \right) = 0,0015$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = 0,0033$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0033$$

Didapatkan kebutuhan luas tulangan per meter adalah

$$As = \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 120 = 396 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Pakai $AS \text{ } \phi 12 - 250 = 452 \text{ mm}^2/\text{m}$, ditambah luas penampang bondeks 1241

$$\text{mm}^2/\text{m} = 1693 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ OK}$$

Kontrol kapasitas penampang Pelat :

$$a = \frac{As \times Fy}{0.85 \times fc \times b} = \frac{1693 \times 420}{0.85 \times 30 \times 1000} = 27,89 \quad \text{mm}$$

d = tebalbeton gelombang terdalam bondeks = 120mm

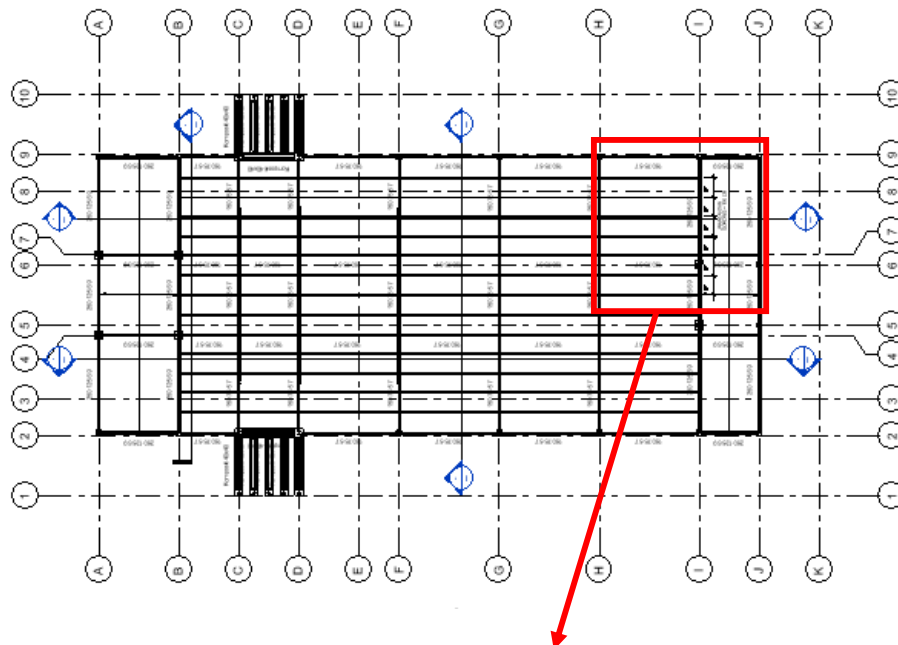
$$Mn = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) = 1693 \times 420 \times \left(120 - \frac{27,89}{2}\right) = 75,411,468 \text{ Nmm}$$

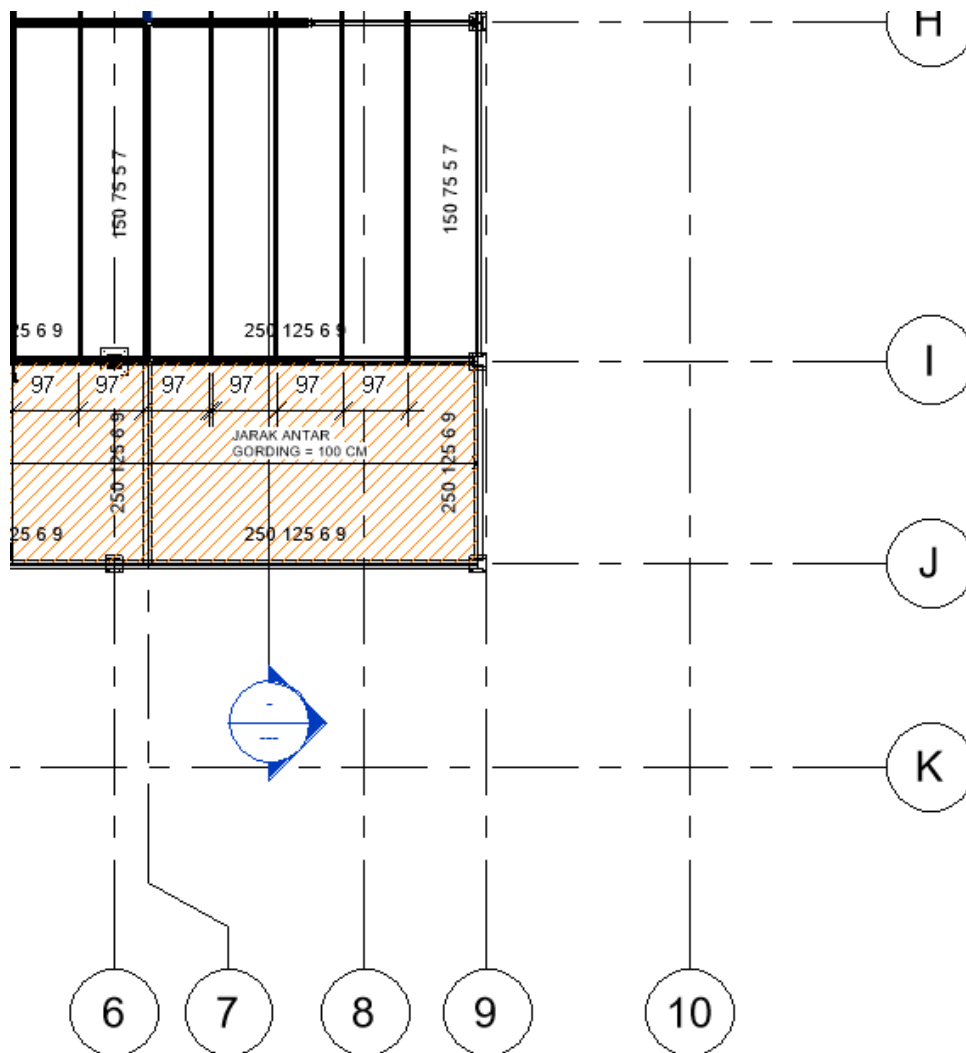
$$\phi Mn = 0.8 \times Mn = 60,33\text{kNm} > Mu = 8 \text{ kNm (OK)}$$

5.2 Perencanaan Gording

Bahan Penutup atap adalah asbes gelombang dengan data-data sebagai berikut :

- Tebal asbes : 6 mm
- Panjang : 5 m (Jarak antar kuda-kuda)
- Lebar : 1 m (Jarak antar gording)
- Berat : 10 kg/m²
- Sudut Atap : 15°





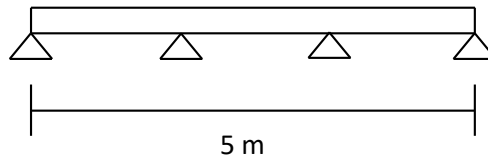
Direncanakan gording menggunakan profil C 150 50 20 4,5 dengan spesifikasi teknis sebagai berikut :

A : 150 mm	As : 10,58 cm ²	Zx : 43,9 cm ³
B : 50 mm	q : 8,31 kg/m	Zy : 5,99 cm ³
C : 20 mm	Ix : 329 cm ⁴	ix : 5,57 cm
T : 4,5 mm	Iy : 22,8 cm ⁴	iy : 1,47cm

a. Beban Mati

Beban gording = 8,31 kg/m

Beban Penutup Atap = $1,242 \times 10$	= 12,4	kg/m	+
	= 20,73	kg/m	
Beban baut + ikatan (10%)	= 2,073	kg/m	+
Beban pada gording (qd)	= 22,8	kg/m	



Pada arah sumbu lemah dipasang penggantung gording dengan jarak antar penggantung 1,67 m , $L_y = \text{jarak antar kuda-kuda} / 3 = 1,67$ m. Momen max yang terjadi adalah sebagai berikut.

$$M_{xd} = 1/8 \times 22,8 \times \cos 15 \times 5^2 = 68,82 \text{ kgm}$$

$$M_{yd} = 1/8 \times 15,79 \times \sin 15 \times 5^2 = 2,04 \text{ kgm}$$

b. Beban Hidup

Beban hidup terbagi rata air hujan Sesuai dengan PPUG 1983 Ps.3.2.2 hal 13

$H_a = 40 - 0,8\alpha > 20 \text{ kg/m}^2$, dengan α merupakan sudut kemiringan atap

$$\begin{aligned} H_a &= 40 - 0,8 \times 15 \\ &= 28 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{xl} &= 1/8 \times q_l \times \cos \alpha \times L^2 \\ &= 1/8 \times 28 \times \cos 15 \times 5^2 = 84,51 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{yl} &= 1/8 \times q_l \times \sin \alpha \times (L/3)^2 \\ &= 1/8 \times 28 \times \sin 15 \times 1,67^2 = 2,52 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Beban hidup terpusat, $P = 100 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} M_{xl} &= 1/4 \times P \times \cos \alpha \times L \\ &= 1/4 \times 100 \times \cos 15 \times 5 = 120,74 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{yl} = \frac{1}{4} \times P \times \sin \alpha \times L$$

$$= \frac{1}{4} \times 100 \times \sin 15 \times 1,67 = 10,8 \text{kgm}$$

Kombinasi Beban :

Kombinasi	Mux (kgm)	Muy (kgm)
U= 1,4D	96,35	2,856
U= 1,2D + 1,6L + 0,5 Lhjn	318,02	20,98
U= 1,2D + 1,3W + 0,5 Lorg + 0,5 Lhjn	185,21	9,12

Cek Penampang Profil

$$\lambda = \frac{bf}{2 \cdot tf} = 5,56$$

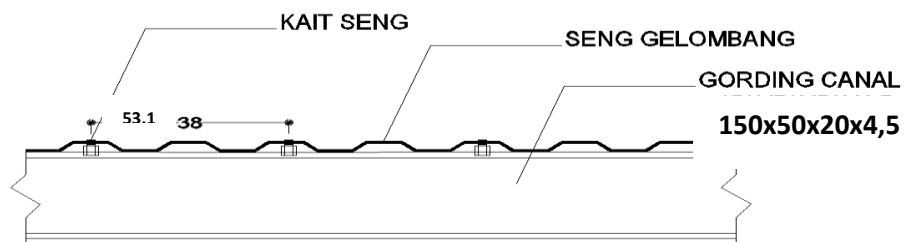
$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10,97$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = 26,44$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108,44$$

$\lambda \leq \lambda_p$ } Penampang kompak
 $M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot F_y$

Kontrol Lateral Buckling



Gambar 2. 1 Pengaku lateral gording

Jarak penahan lateral (L_b) = 53,1 cm

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 1,47 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$= 74,69 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$ (termasuk bentang pendek), maka :

$$\begin{aligned}
 M_{nx} = M_{px} &= Z_x \cdot F_y \\
 &= 43,9 \times 2400 \\
 &= 105400 \text{ kgcm} \\
 &= 1054 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= Z_y \cdot F_y \\
 &= \left(\frac{1}{4} \cdot t_f \cdot b f^2\right) F_y \\
 &= \left(\frac{1}{4} \cdot 0,45 \cdot 5^2\right) 2400 \\
 &= 6750 \text{ kgcm} \\
 &= 67,5 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Persamaan Interaksi DFBK

$$\frac{M_{ux}}{\Phi \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\Phi \cdot M_{ny}} \leq 1$$

Φ = faktor reduksi, untuk lentur = 0.9

M_{nx} = Kekuatan nominal lentur terhadap sb x-x

M_{ny} = Kekuatan nominal lentur terhadap sb y-y

Untuk mengantisipasi masalah puntir maka M_{ny} dapat dibagi 2 sehingga:

$$\frac{M_{ux}}{\Phi \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{0,5 \cdot \Phi \cdot M_{ny}} \leq 1$$

$$\frac{318}{0,9 \cdot 1053,6} + \frac{20,98}{0,9 \cdot 67,5} \leq 1$$

$$0,68 \leq 1 \dots \dots \text{(OK)}$$

Cek Lendutan

$$\bar{f} = \frac{L}{180} = \frac{500}{180} = 2,78 \text{ cm}$$

$$f_x = \left(\frac{5}{384} \times \frac{q_D \times \text{Cos} \alpha \times L^4}{EI_x} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{P \times \text{Cos} \alpha \times L^3}{EI_x} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \times \frac{22,78 \times \cos 15 \times 500^4}{2000000 \times 329} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{100 \times \cos 15 \times 500^3}{2000000 \times 329} \right)$$

$$= 1,92 \text{ cm}$$

$$f_y = \left(\frac{5}{384} \times \frac{q_D \times \sin \alpha \times \left(\frac{L}{3}\right)^4}{EI_y} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{P \times \sin \alpha \times \left(\frac{L}{3}\right)^3}{EI_y} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \times \frac{22,78 \times \sin 15 \times \left(\frac{500}{3}\right)^4}{2000000 \times 22,8} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{100 \times \sin 20 \times \left(\frac{500}{3}\right)^3}{2000000 \times 22,8} \right)$$

$$= 0,161 \text{ cm}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{1,92^2 + 0,161^2}$$

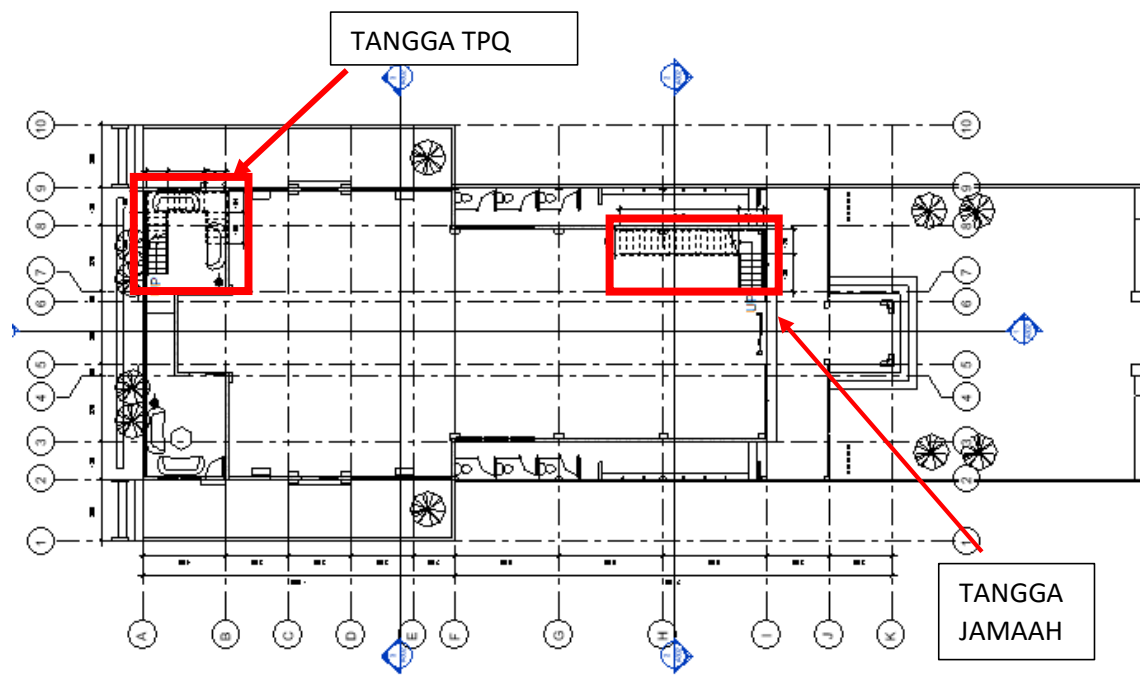
$$f = 1,2 \text{ cm} < \bar{f} = 2,78 \text{OK!}$$

5.3 Perencanaan Tangga

Perencanaan tangga pada perencanaan dilakukan pada dua type tangga yang dibedakan berdasarkan letak dari tangga tersebut. Antara lain type tangga tersebut adalah :

- Tangga Jamaah
- Tangga TPQ

Lekatk tangga tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah :



5.3.1 Perencanaan Tangga Jamaah



Data perencanaan pelat tangga jamaah adalah :

- Tinggi Tangga : 4 m
- Tinggi tanjakan (t) : 14,81 cm
- Lebar tanjakan (i) : 30 cm
- Lebar tangga : 120 cm
- Tebal pelat rencana : 12 cm
- Jumlah Anak tangga (n) : 27
- Elevasi bordes : 103,7cm
- Lebar bordes : 120 cm
- Panjang bordes : 120 cm
- Kemiringan tangga : $\tan \alpha = 14,81 / 30$
: $26,27^\circ$

Memenuhi syarat kemiringan tangga yaitu

$$25^\circ < \alpha < 40^\circ$$

Tebal pelat rata-rata tangga (Tr) :

$$(i/2) \sin \alpha = (30/2) \sin 26,27 = 6,6 \text{ cm}$$

$$Tr = 6,6 \text{ cm} + 12 \text{ cm} = 19 \text{ cm}$$

Pembebanan pada tangga jamaah :

Beban mati (Qd) :

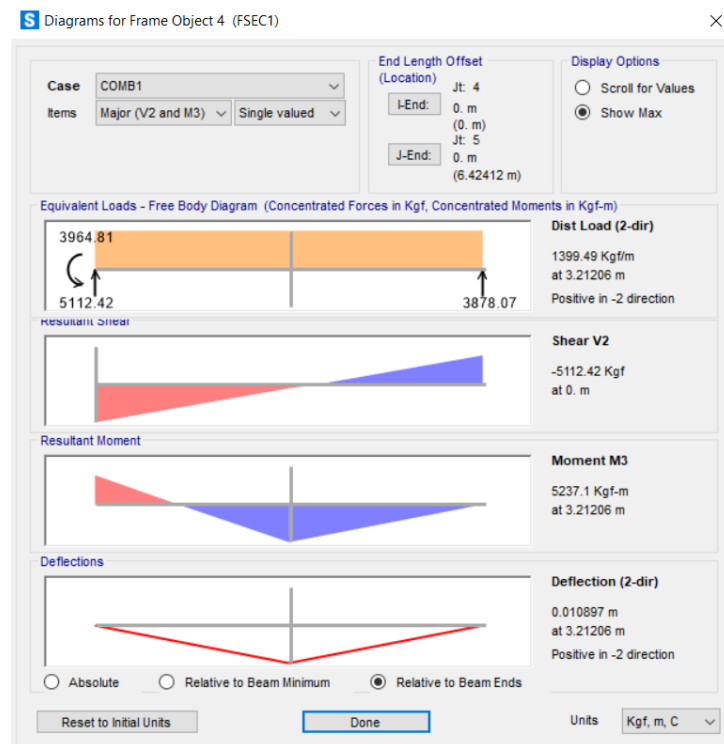
$$\begin{aligned} Qd & : 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{Tebal pelat rata-rata} \times \text{lebar pelat} \\ & : 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,19 \text{ m} \times 1,2 = 547,2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup (Ql)

$$\begin{aligned} Ql & : 479 \text{ kg/m}^2 \times \text{Lebar Pelat} \\ & : 479 \times 1,2 = 574,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Beban kombinasi } 1,6L + 1,2 D : 1576,32 \text{ kg/m}$$

Pada hasil analisis dengan menggunakan program bantu SAP2000 didapatkan gaya-gaya dalam yang terjadi adalah sebagai berikut :



Momen : 7241 kg-m

Gaya geser : 5112 kg

Perhitungan Penulangan

1. Tulangan Longitudinal

Menentukan rasio penulangan maksimum (ρ_{max}) untuk material f_c 30 mpa dan f_y 420 mpa

$$\beta = 0,85 - \left(\frac{f_c - 30}{7}\right) \times 0,05 \geq 0,65$$

$$\beta = 0,85 - \left(\frac{30 - 30}{7}\right) \times 0,05 = 0,85 \geq 0,65$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \beta f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{420} \times \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,02277$$

Menghitung keperluan bd^2

$$R_n = \rho f_y \left(1 - \frac{0,5 \rho f_y}{0,85 f_c} \right)$$

$$R_n = 0,02277 \cdot 420 \left(1 - \frac{0,5 \cdot 0,02277 \cdot 420}{0,85 \cdot 30} \right) = 7,7 \text{ MPa}$$

$$bd^2 = \frac{M_u}{\phi R_n} = \frac{72410000}{0,9 \cdot 7,7} = 10,448,773 \text{ mm}^3$$

Dipakai $b = 1200 \text{ mm}$, sehingga didapatkan kebutuhan tinggi efektif plat tangga adalah

$$d = \sqrt{\frac{bd^2}{b}} = \sqrt{\frac{10448733}{1200}} = 93 \text{ mm} < 120 \text{ mm OK (Pakai } d = 120 \text{ mm)}$$

Tebal plat memakai ketebalan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{72410000}{0,9 \cdot 1200 \cdot 120^2} = 4,65 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\max} \geq \rho = \frac{0,85 f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}} \right) \geq \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$0,02277 \geq \rho = \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 4,65}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,0123 \geq \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0033$$

Menghitung Kebutuhan Luas Tulangan

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0123 \times 1200 \times 120 = 1774,33 \text{ mm}^2$$

Pakai D16-100 ($A_s = 2412 \text{ mm}^2$)

2. Tulangan Geser

Dalam perencanaan shear reinforcement/tulangan geser terdapat beberapa kategori, yang mana tiap kategori mewakili perilaku geser pada penampang beton, Berikut beberapa kategori tersebut:

Kondisi pertama:

$$V_u \leq 0,5\phi V_c$$

Pada kondisi pertama, penampang beton sudah cukup kuat memikul gaya geser yang terjadi. (tidak perlu tulangan geser)

Kondisi Kedua:

$$0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

Pada kondisi kedua diperlukan tulangan geser dengan syarat : $S_{max} < d/2 < 600$ mm

Kondisi Ketiga:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{smin})$$

Syarat kondisi ketiga : $S_{max} < d/2 < 600$ mm

Kondisi Keempat:

$$\phi(V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \phi\left(V_c + \frac{1}{3} b d \sqrt{f_c}\right)$$

Kondisi kelima :

$$\phi\left(V_c + \frac{1}{3} b d \sqrt{f_c}\right) \leq V_u \leq \phi\left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c} b d\right)$$

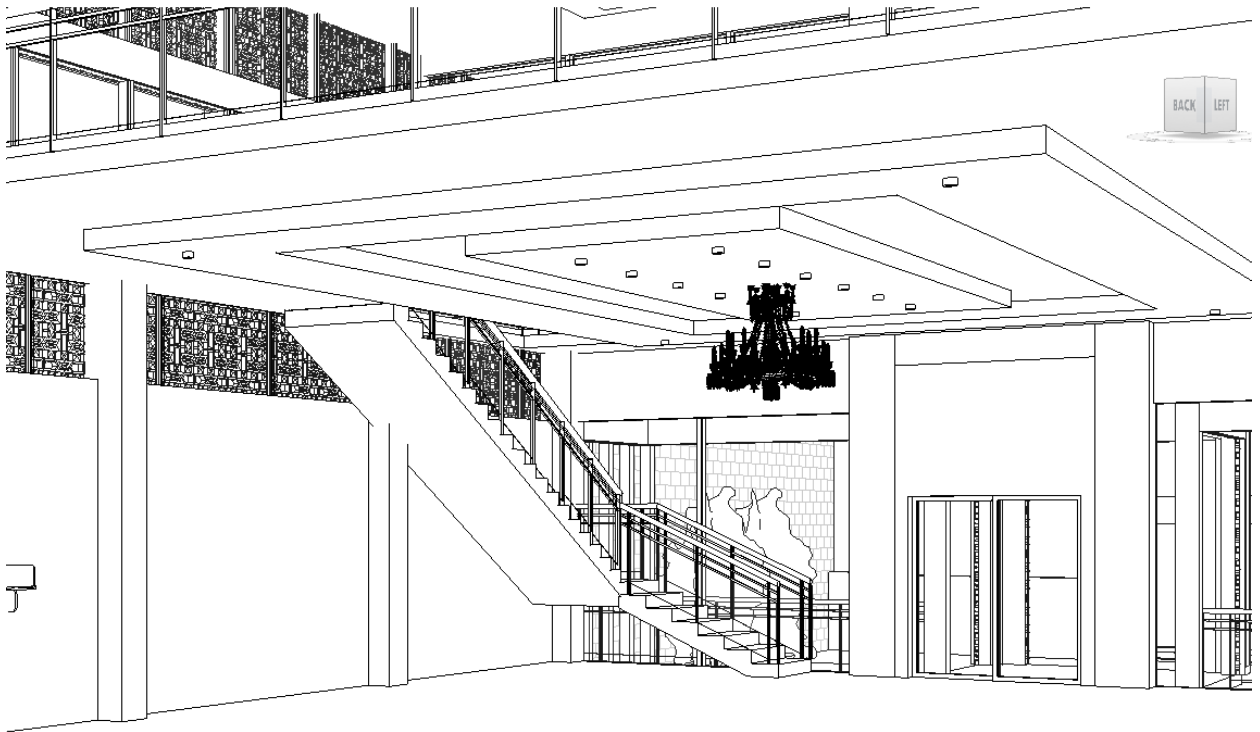
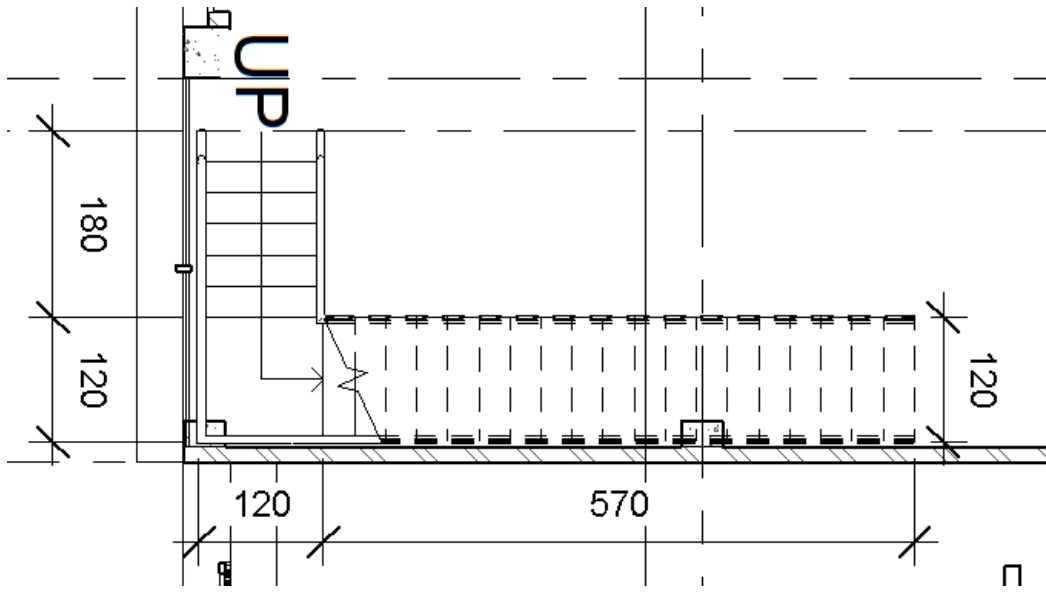
Kondisi Keenam:

$$\phi\left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c} b d\right) \leq V_u$$

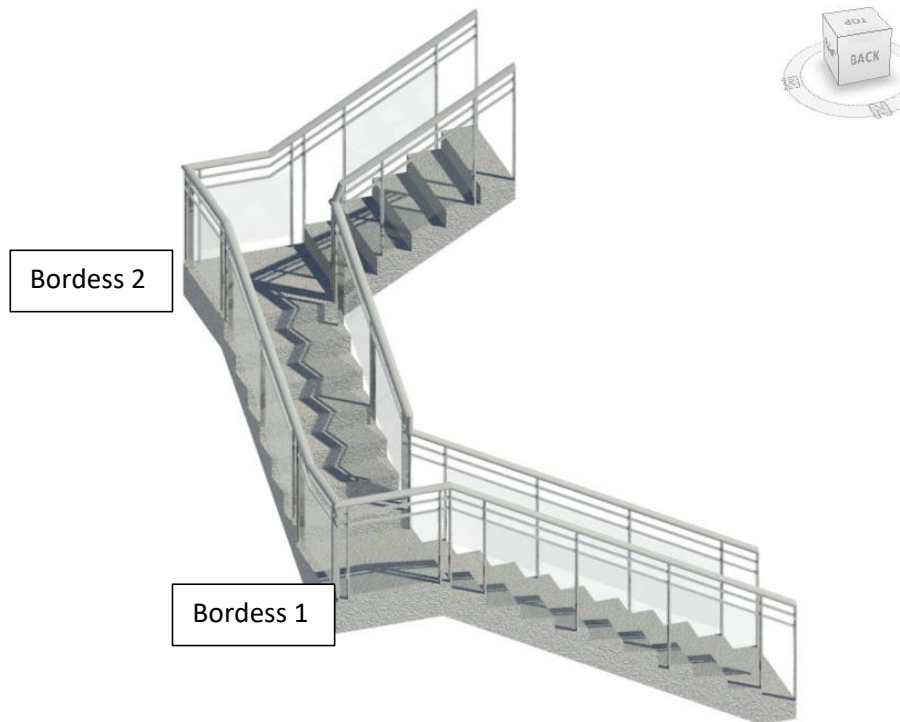
Cek kondisi pertama

$$V_n = 0,5 \phi \frac{1}{6} b d \sqrt{f_c} = 0,5 \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{6} \cdot 1200 \cdot 120 \cdot \sqrt{30} = 61,6 \text{ Kn}$$

$V_n > V_u = 51,12 \text{ Kn}$, maka tidak perlu tulangan geser



5.3.2 Perencanaan Tangga TPQ



Data perencanaan pelat tangga jamaah adalah :

- Tinggi Tangga : 4 m
- Tinggi tanjakan (t) : 16,67 cm
- Lebar tanjakan (i) : 30 cm
- Lebar tangga : 100 cm
- Tebal pelat rencana : 12 cm
- Jumlah Anak tangga (n) : 24
- Elevasi bordes 1 : 183,3cm
- Elevasi Borde 2 : 300 cm
- Lebar bordes : 100 cm
- Panjang bordes : 100 cm
- Kemiringan tangga : $\tan \alpha = 16,67 / 30$
: $29,05^\circ$

Memenuhi syarat kemiringan tangga yaitu

$$25^\circ < \alpha < 40^\circ$$

Tebal pelat rata-rata tangga (Tr) :

$$(i/2) \sin \alpha = (30/2) \sin 29,05 = 7,3 \text{ cm}$$

$$\text{Tr} = 7,3 \text{ cm} + 12 \text{ cm} = 19,28 \text{ cm}$$

Pembebanan pada tangga jamah :

Beban mati (Qd) :

$$\text{Qd} : 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{Tebal pelat rata''} \times \text{lebar pelat}$$

$$: 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,19 \text{ cm} \times 1 = 456 \text{ kg/m}$$

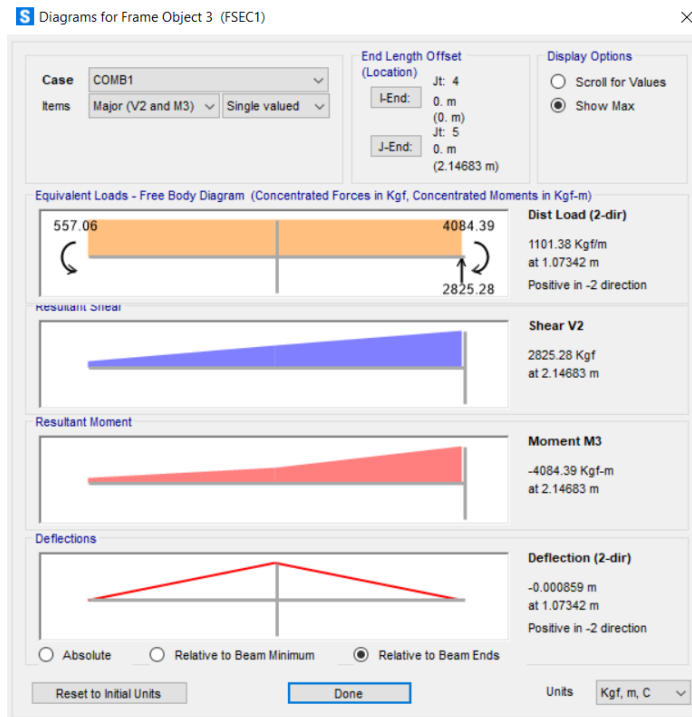
Beban hidup (Ql)

$$\text{Ql} : 479 \text{ kg/m}^2 \times \text{Lebar Pelat}$$

$$: 479 \times 1 = 479 \text{ kg/m}$$

Beban kombinasi 1,6L + 1,2 D : 1313,6 kg/m

Pada hasil analisis dengan menggunakan program bantu SAP2000 didapatkan gaya-gaya dalam yang terjadi adalah sebagai berikut :



Momen : 4084 kg-m

Gaya geser : 2825 kg

Perhitungan Penulangan

3. Tulangan Longitudinal

Menentukan rasio penulangan maksimum (ρ_{max}) untuk material f_c 30 mpa dan f_y 420 mpa

$$\beta = 0,85 - \left(\frac{f_c - 30}{7}\right) \times 0,05 \geq 0,65$$

$$\beta = 0,85 - \left(\frac{30 - 30}{7}\right) \times 0,05 = 0,85 \geq 0,65$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85\beta f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}\right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{420} \times \frac{600}{600 + 420}\right) = 0,02277$$

Menghitung keperluan bd^2

$$Rn = \rho fy \left(1 - \frac{0,5\rho fy}{0,85 fc}\right)$$

$$Rn = 0,02277 \cdot 420 \left(1 - \frac{0,5 \cdot 0,02277 \cdot 420}{0,85 \cdot 30}\right) = 7,7 \text{ MPa}$$

$$bd^2 = \frac{Mu}{\phi Rn} = \frac{40840000}{0,9 \cdot 7,7} = 5,893,217 \text{ mm}^3$$

Dipakai $b = 1200 \text{ mm}$, sehingga didapatkan kebutuhan tinggi efektif plat tangga adalah

$$d = \sqrt{\frac{bd^2}{b}} = \sqrt{\frac{5,893,217}{1200}} = 70,1 \text{ mm} < 120 \text{ mm OK (Pakai } d = 120 \text{ mm)}$$

Tebal plat memakai ketebalan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{40840000}{0,9 \cdot 1200 \cdot 120^2} = 2,62 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{max} \geq \rho = \frac{0,85 fc}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0,85 fc}}\right) \geq \rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

$$0,02277 \geq \rho = \frac{0,85 \cdot 30}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,62}{0,85 \cdot 30}}\right) = 0,0066 \geq \rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = 0,0033$$

Menghitung Kebutuhan Luas Tulangan

$$As = \rho \times b \times d = 0,0066 \times 1200 \times 120 = 949 \text{ mm}^2$$

Pakai D12-100 ($As = 1357,2 \text{ mm}^2$)

4. Tulangan Geser

Dalam perencanaan shear reinforcement/tulangan geser terdapat beberapa kategori, yang mana tiap kategori mewakili perilaku geser pada penampang beton, Berikut beberapa kategori tersebut:

Kondisi pertama:

$$V_u \leq 0,5\phi V_c$$

Pada kondisi pertama, peampang beton sudah cukup kuat memikul gaya geser yang terjadi. (tidak perlu tulangan geser)

Kondisi Kedua:

$$0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

Pada kondisi kedua diperlukan tulangan geser dengan syarat : $S_{max} < d/2 < 600$ mm

Kondisi Ketiga:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{smin})$$

Syarat kondisi ketiga : $S_{max} < d/2 < 600$ mm

Kondisi Keempat:

$$\phi(V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \phi\left(V_c + \frac{1}{3} b d \sqrt{f_c}\right)$$

Kondisi kelima :

$$\phi\left(V_c + \frac{1}{3} b d \sqrt{f_c}\right) \leq V_u \leq \phi\left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c} b d\right)$$

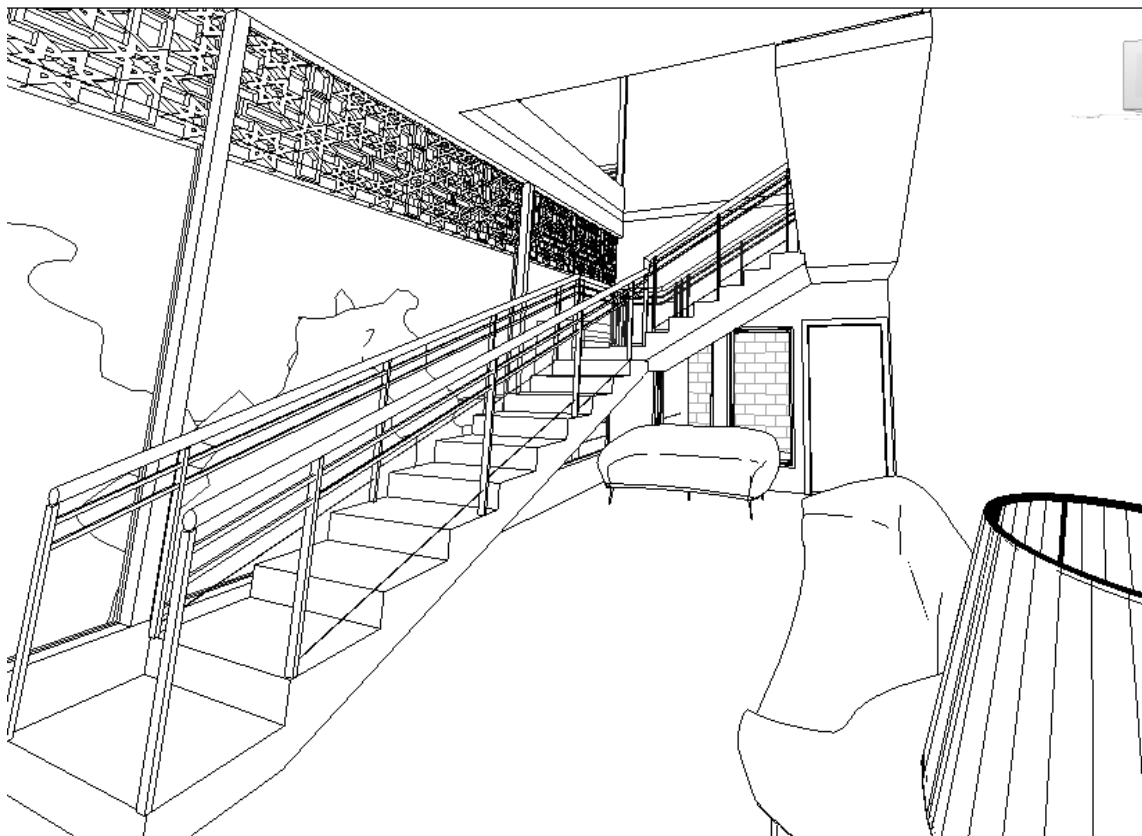
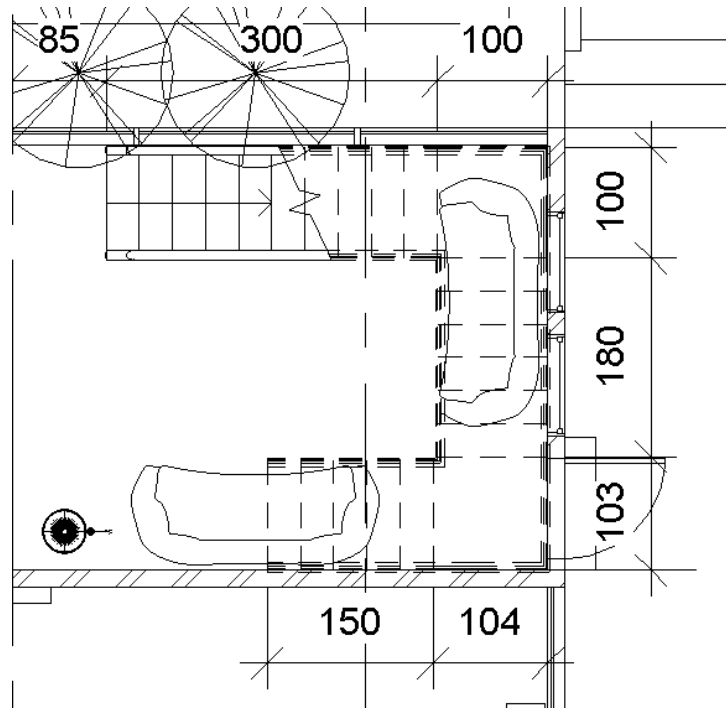
Kondisi Keenam:

$$\phi\left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c} b d\right) \leq V_u$$

Cek kondisi pertama

$$V_n = 0,5 \phi \frac{1}{6} b d \sqrt{f_c} = 0,5 \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{6} \cdot 2000 \cdot 120 \cdot \sqrt{30} = 61,6 \text{ Kn}$$

$V_n > V_u = 28,2 \text{ Kn}$, maka tidak perlu tulangan geser



BAB VI

PERHITUNGAN STRUKTUR BALOK

Dalam perencanaan Masjid Ittihadul Ummah Lamongan digunakan beberapa tipe profil baja untuk menjadi balok yang memikul beban dari pelat dan beberapa beban lain.

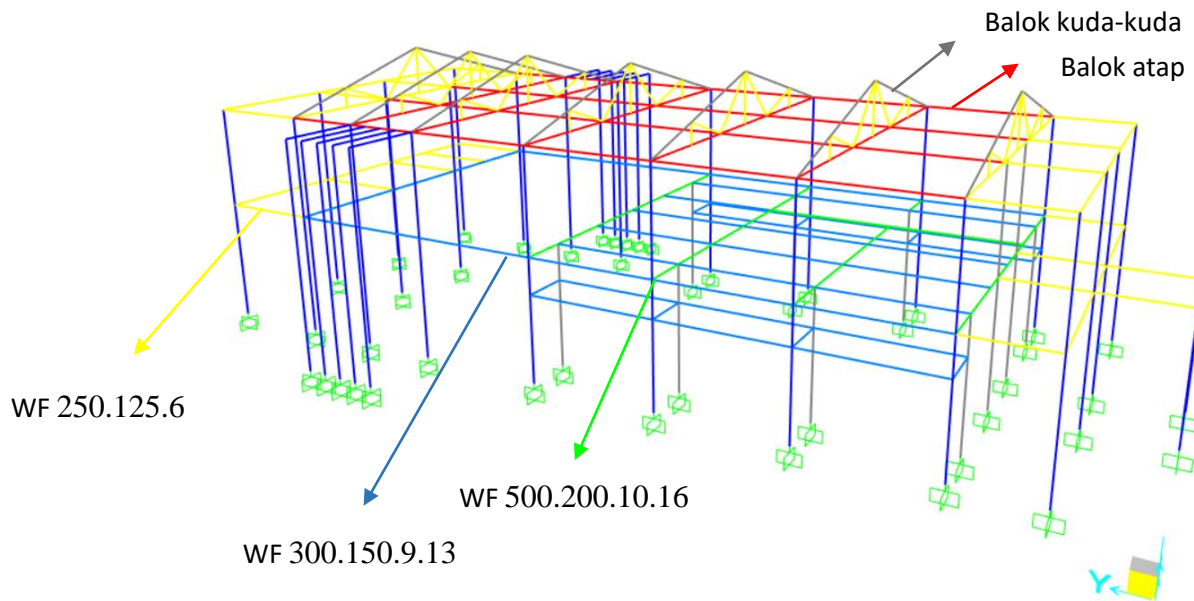
Diantara nya adalah sebagai berikut :

1. Profil 2L 50 .50
2. Profil WF 150.75.5.7
3. Profil WF 250.125.6
4. Profil WF 300.150.9.13
5. Profil WF 500.200.10.16

Tiap profil digunakan untuk bentang balok yang berbeda, rincian nya adalah sebagai berikut :

No.	Profil	Panjang bentang	Lb (jarak pengaku)	Tipe bentang	Keterangan
1	2L 50 . 50	2,82 m	2,82 m	truss	Bracing
2	WF 150.75.5.7	14 m	14 m	truss	Balok kuda-kuda
3	WF 150.75.5.7	5 m	5 m	Panjang	Balok atap
4	WF 250.125.6	5 m	5 m	Panjang	Balok lantai 2
5	WF 250.125.6	4 m	4 m	Menengah	Balok lantai 2
6	WF 300.150.9.13	5 m	5 m	Panjang	Balok lantai 2
7	WF 500.200.10.16	10,4 m	2,6 m	Menengah	Balok lantai 2
8	WF 500.200.10.16	10 m	5 m	Menengah	Balok lantai 2

Tabel 5.1 penggunaan profil baja untuk balok



Gambar 5.1 Ilustrasi letak penggunaan tiap profil

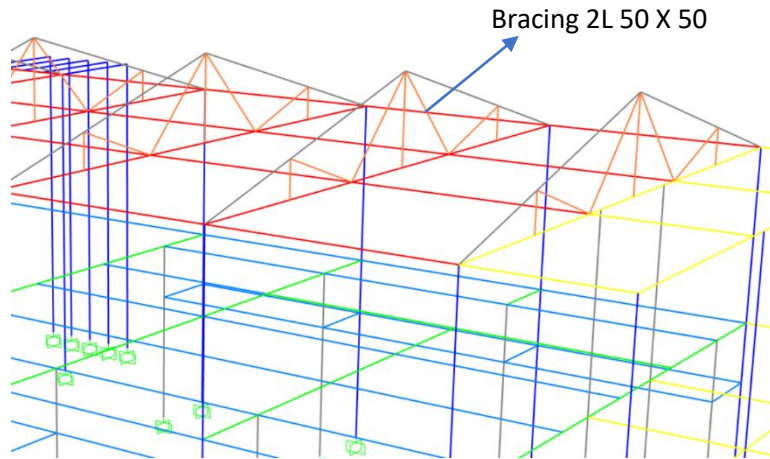
Setelah diketahui profil yang akan digunakan sesuai tabel diatas, maka berikutnya dilakukan perencanaan balok berdasarkan profil-profil tersebut. Dalam perencanaan balok berdasarkan profil yang digunakan, terlebih dahulu dicari data-data mekanik dari masing-masing profil lalu dihitung beban-beban yang bekerja pada profil tersebut (geser dan momen) menggunakan program bantu SAP 2000 sehingga bisa dilakukan kontroling pada profil yang digunakan dengan bentang masing-masing dapat menahan beban yang bekerja.

Hasil dari perhitungan nya adalah sebagai berikut :

5.1 Direncanakan Profil 2L dengan data sebagai berikut :

$A = 11,28 \text{ cm}^2$	$I_x = 25,2 \text{ cm}^4$	$S_x = 7,08 \text{ cm}^3$
$W = 8,85 \text{ kg/m}$	$I_y = 65,49 \text{ cm}^4$	$S_y = 12,02 \text{ cm}^3$
$bf = 2 \times 50 \text{ mm}$	$i_x = 1,49 \text{ cm}$	
$d = 50 \text{ mm}$	$i_y = 2,41 \text{ cm}$	
$t_w = 6 \text{ mm}$	$r = 6,5 \text{ mm}$	
$t_f = 6 \text{ mm}$		

5.1.1 Perhitungan truss elemen Tarik dan tekan



Gambar 5.2 Ilustrasi letak bracing atap

Dari Output SAP 2000, didapatkan beban-beban yang bekerja (aksial tekan dan tarik) pada balok Profil 2L 50 x 50 dengan bentang 2,82 m adalah sebagai berikut :

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban response spektrum

Frame Text	Station cm	Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Item Useless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	Frame Item Text	Elem Station
114	200	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			4462,67	-0,02281	0,05438	-0,02291	-3,28	3,25	114-1	200
114	100	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			4452,61	-0,02281	0,05438	-0,02291	2,16	0,99	114-1	100
114	0	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			4442,55	-0,02281	0,05438	-0,02291	7,59	-1,27	114-1	0
254	200	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			4395,39	-0,00976	0,04054	0,007338	-2,65	2,03	254-1	200
254	100	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			4385,33	-0,00976	0,04054	0,007338	1,4	1,06	254-1	100
254	0	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			4375,27	-0,00976	0,04054	0,007338	5,46	0,0825	254-1	0
123	282,843	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3592,16	13,03	0,06168	0,3362	-3,73	-813,26	123-1	282,843
123	141,421	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3582,11	2,97	0,06168	0,3362	4,99	318,31	123-1	141,421
195	0	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3581,8	-13	-0,01081	-0,007792	-2,81	-807,96	195-1	0
123	0	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3572,95	-7,09	0,06168	0,3362	13,72	27,28	123-1	0
195	141,421	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3571,74	-2,94	-0,01081	-0,007792	-1,28	319,66	195-1	141,421
195	282,843	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3561,68	7,12	-0,01081	-0,007792	0,25	24,69	195-1	282,843
257	282,843	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3550,53	12,98	-0,03467	-0,022	2,35	-807,84	257-1	282,843
257	141,421	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3540,47	2,92	-0,03467	-0,022	-2,54	317,04	257-1	141,421
257	0	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3530,41	-7,13	-0,03467	-0,022	-7,43	19,32	257-1	0
259	0	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3522,89	-12,96	0,03682	0,02299	3,94	-883,1	259-1	0
259	141,421	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3512,83	-2,9	0,03682	0,02299	-1,27	318,34	259-1	141,421
259	282,843	1,2D+1,6L+0,5(R/L)/S	Combination			3502,77	7,16	0,03682	0,02299	-6,48	11,17	259-1	282,843
114	200	1,2 D+E+L+0,25	Combination	Max		3426,2	0,07808	5,14	0,44	22,3	23,13	114-1	200
114	200	1,2D+1,6(R/L)/S+H	Combination			3428,04	-0,02194	0,04072	-0,02039	-2,46	3,42	114-1	200
114	200	1,2 D+1,6(R/L)/S+L	Combination			3428,02	-0,01787	0,04104	-0,01816	-2,48	2,58	114-1	200
114	200	1,2 D+E+L+0,25	Combination	Min		3425,8	-0,11	-5,06	-0,47	-27,18	-18	114-1	200
114	100	1,2 D+E+L+0,25	Combination	Max		3416,14	0,07808	5,14	0,44	491,73	11,77	114-1	100
114	100	1,2D+1,6(R/L)/S+H	Combination			3415,98	-0,02194	0,04072	-0,02039	1,62	1,23	114-1	100
114	100	1,2 D+1,6(R/L)/S+L	Combination			3415,96	-0,01787	0,04104	-0,01816	1,62	0,79	114-1	100
114	100	1,2 D+E+L+0,25	Combination	Min		3415,74	-0,11	-5,06	-0,47	-488,51	-10,2	114-1	100
114	0	1,2 D+E+L+0,25	Combination	Max		3406,08	0,07808	5,14	0,44	1005,56	0,54	114-1	0
114	0	1,2D+1,6(R/L)/S+H	Combination			3405,92	-0,02194	0,04072	-0,02039	5,89	-0,97	114-1	0
114	0	1,2 D+1,6(R/L)/S+L	Combination			3405,9	-0,01787	0,04104	-0,01816	5,73	-1	114-1	0
114	0	1,2 D+E+L+0,25	Combination	Min		3405,68	-0,11	-5,06	-0,47	-894,22	-2,53	114-1	0
254	200	1,2 D+E+L+0,25	Combination	Max		3378,94	0,18	5,12	0,43	23,1	35,51	254-1	200

Tarik = 4462,67 kgf

Element Forces - Frames

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Frame Text	Station cm	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	FrameElem Text	ElemStation
297	238.324	1,2 D+H+L+0,25	Combination	Max		-3333.9	13.06	1.9		252.77	-364.62	297-1	238.324
291	0	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-3339.23	-7.52	-0.1	0.31	-46.41	63.24	291-1	0
291	119.162	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-3343.18	3.8	-0.1	0.31	-26.02	285.05	291-1	119.162
291	238.324	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-3347.13	15.11	-0.1	0.31	-15.62	-841.67	291-1	238.324
293	238.324	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-3364.17	7.58	0.08331	-0.43	-45.24	59.94	293-1	238.324
293	119.162	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-3368.12	-3.74	0.08331	-0.43	-35.32	289.02	293-1	119.162
293	0	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-3372.07	-15.05	0.08331	-0.43	-25.39	-830.43	293-1	0
299	238.324	1,2 D+H+L+0,25	Combination	Min		-3483.41	9.57	-1.83	-2.04	-82.28	-171.03	299-1	238.324
299	119.162	1,2 D+H+L+0,25	Combination	Min		-3487.36	-1.75	-1.83	-2.04	-58.56	326.11	299-1	119.162
297	0	1,2 D+H+L+0,25	Combination	Min		-3489.27	-10.51	-1.38	-2.42	-79.2	-172.72	297-1	0
299	0	1,2 D+H+L+0,25	Combination	Min		-3491.31	-13.07	-1.83	-2.04	-273.45	-556.77	299-1	0
297	119.162	1,2 D+H+L+0,25	Combination	Min		-3493.22	0.81	-1.38	-2.42	-58.45	326.1	297-1	119.162
297	238.324	1,2 D+H+L+0,25	Combination	Min		-3497.16	12.12	-1.38	-2.42	-282.44	-555.38	297-1	238.324
299	238.324	1,2D+1W+L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-3577.54	9.99	-0.24	0.14	44.85	-142.79	299-1	238.324
299	119.162	1,2D+1W+L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-3581.49	-1.33	-0.24	0.14	15.68	373.26	299-1	119.162
299	0	1,2D+1W+L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-3585.45	-12.64	-0.24	0.14	-13.68	-439.22	299-1	0
297	0	1,2D+1W+L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-3589.18	-9.96	0.28	-0.19	48.71	-143.48	297-1	0
297	119.162	1,2D+1W+L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-3593.13	1.34	0.28	-0.19	15.66	371.61	297-1	119.162
297	238.324	1,2D+1W+L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-3597.08	12.66	0.28	-0.19	-16.88	-463.03	297-1	238.324
299	238.324	1,2 D+1,6R / Lr / S+H	Combination			-3673.72	8.05	-0.28	0.0923	47.3	-113.79	299-1	238.324
299	119.162	1,2 D+1,6R / Lr / S+H	Combination			-3677.67	-1.46	-0.28	0.0923	14.72	386.06	299-1	119.162
297	0	1,2 D+1,6R / Lr / S+H	Combination			-3680.52	-8.87	0.32	-0.15	52.8	-115.33	297-1	0
299	0	1,2 D+1,6R / Lr / S+H	Combination			-3681.62	-12.78	-0.28	0.0923	-16.36	-462.62	299-1	0
297	119.162	1,2 D+1,6R / Lr / S+H	Combination			-3684.47	1.45	0.32	-0.15	14.74	386.13	297-1	119.162
297	238.324	1,2 D+1,6R / Lr / S+H	Combination			-3688.42	12.77	0.32	-0.15	-23.11	-460.95	297-1	238.324
299	238.324	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-4165.97	9.83	-0.37	0.06303	59.71	-101.72	299-1	238.324
299	119.162	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-4189.82	-1.48	-0.37	0.06303	16.05	395.83	299-1	119.162
299	0	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-4172.97	-12.8	-0.37	0.06303	-27.82	-455.54	299-1	0
297	0	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-4173.65	-8.85	0.42	-0.13	65.95	-103.74	297-1	0
297	119.162	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-4177.61	1.47	0.42	-0.13	16.04	395.77	297-1	119.162
297	238.324	1,20 +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-4181.58	12.78	0.42	-0.13	-33.86	-463.25	297-1	238.324

Record: << << 4116 >> >> of 4118

Add Tables... Done

Tekan = - 4181,58 kgf

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban statik ekuivalen

Element Forces - Frames

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Frame Text	Station cm	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	FrameElem Text	ElemStation
114	200	1,20 +1,6L...	Combination			4462.67	-0.02281	0.05438	-0.02291	-3.28	3.25	114-1	200
114	100	1,20 +1,6L...	Combination			4452.81	-0.02281	0.05438	-0.02291	2.16	0.99	114-1	100
114	0	1,20 +1,6L...	Combination			4442.55	-0.02281	0.05438	-0.02291	7.59	-1.27	114-1	0
254	200	1,20 +1,6L...	Combination			4395.39	-0.00976	0.04054	0.007338	-2.65	2.03	254-1	200
254	100	1,20 +1,6L...	Combination			4385.53	-0.00976	0.04054	0.007338	1.4	1.08	254-1	100
254	0	1,20 +1,6L...	Combination			4375.27	-0.00976	0.04054	0.007338	5.46	0.8825	254-1	0
123	282.843	1,20 +1,6L...	Combination			3592.16	13.03	0.06166	0.6302	-3.73	-813.36	123-1	282.843
123	141.421	1,20 +1,6L...	Combination			3582.11	2.87	0.06166	0.6302	4.99	318.31	123-1	141.421
195	0	1,20 +1,6L...	Combination			3581.8	-13	-0.01881	-0.007702	-2.81	-807.80	195-1	0
123	0	1,20 +1,6L...	Combination			3572.05	-7.89	0.06166	0.6302	13.72	27.28	123-1	0
195	141.421	1,20 +1,6L...	Combination			3571.74	-2.84	-0.01881	-0.007702	-1.28	319.66	195-1	141.421
195	282.843	1,20 +1,6L...	Combination			3561.68	7.12	-0.01881	-0.007702	0.25	24.69	195-1	282.843
257	282.843	1,20 +1,6L...	Combination			3550.53	12.88	-0.03457	-0.022	2.35	-807.84	257-1	282.843
257	141.421	1,20 +1,6L...	Combination			3540.47	2.82	-0.03457	-0.022	-2.54	317.04	257-1	141.421
257	0	1,20 +1,6L...	Combination			3530.41	-7.13	-0.03457	-0.022	-7.43	19.32	257-1	0
259	0	1,20 +1,6L...	Combination			3520.89	-12.86	0.03682	0.02299	3.94	-803.1	259-1	0
259	141.421	1,20 +1,6L...	Combination			3512.83	-2.9	0.03682	0.02299	-1.27	318.34	259-1	141.421
259	282.843	1,20 +1,6L...	Combination			3502.77	7.16	0.03682	0.02299	-4.46	17.17	259-1	282.843
114	200	1,2 D+H+L...	Combination			3426.09	-0.18	0.04005	-0.11	-2.41	36.82	114-1	200
114	100	1,2 D+H+L...	Combination			3426.04	-0.02194	0.04005	-0.02039	-2.46	3.42	114-1	100
114	0	1,2 D+H+L...	Combination			3426.02	-0.01787	0.04104	-0.01816	-2.48	2.58	114-1	0
114	100	1,2 D+H+L...	Combination			3416.03	-0.18	0.04005	-0.11	1.59	18.44	114-1	100
114	100	1,2 D+1W+L...	Combination			3415.98	-0.02194	0.04005	-0.02039	1.62	1.23	114-1	100
114	100	1,2 D+1,6R...	Combination			3415.96	-0.01787	0.04104	-0.01816	1.62	0.79	114-1	100
114	0	1,2 D+H+L...	Combination			3405.98	-0.18	0.04005	-0.11	5.6	0.26	114-1	0
114	0	1,2 D+H+L...	Combination			3405.92	-0.02194	0.04005	-0.02039	5.68	-9.97	114-1	0
114	0	1,2 D+1,6R...	Combination			3405.8	-0.01787	0.04104	-0.01816	5.73	-1	114-1	0
254	200	1,2 D+1,6R...	Combination			3375.65	-0.00821	0.02688	0.005496	-1.77	1.66	254-1	200
254	100	1,2 D+1,6R...	Combination			3375.31	-0.01532	0.02688	0.004917	-1.77	2.96	254-1	100
254	0	1,2 D+H+L...	Combination			3375.29	-0.3	0.02688	-0.01597	-1.71	54.13	254-1	0
254	100	1,2 D+1,6R...	Combination			3365.59	-0.00821	0.02688	0.005496	0.92	0.86	254-1	100

Record: << << 1 >> >> of 3675

Add Tables... Done

Tarik = 4462,67 kgf

Frame Text	Station cm	OutputCase	CaseType Text1	StepType Text	StepNum Useless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	FrameElem Text	ElemStation
299	238.324	1.2 D+E+L...	Combination			-3310.5	10.57	-0.37	0.35	61.54	-173.43	299-1	238.324
293	0	1.2 D+1.6R...	Combination			-3313.26	-14.97	0.009043	-0.42	-27.62	-822.65	293-1	0
299	119.162	1.2 D+E+L...	Combination			-3314.45	-0.74	-0.37	0.35	16.9	412.24	299-1	119.162
299	0	1.2 D+E+L...	Combination			-3318.4	-12.06	-0.37	0.35	-27.74	-350.61	299-1	0
291	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-3329.23	-7.52	-0.1	0.31	-40.41	63.24	291-1	0
291	119.162	1.2 D+1.6L...	Combination			-3343.18	3.0	-0.1	0.31	-28.02	285.05	291-1	119.162
291	238.324	1.2 D+1.6L...	Combination			-3347.13	15.11	-0.1	0.31	-15.62	-841.67	291-1	238.324
293	238.324	1.2 D+1.6L...	Combination			-3364.17	7.58	0.08331	-0.43	-45.24	59.94	293-1	238.324
293	119.162	1.2 D+1.6L...	Combination			-3368.12	-3.74	0.08331	-0.43	-35.32	269.02	293-1	119.162
293	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-3372.07	-15.05	0.08331	-0.43	-25.39	-830.43	293-1	0
297	0	1.2 D+E+L...	Combination			-3497.83	-9.5	0.11	-0.01547	29.01	-138.61	297-1	0
297	119.162	1.2 D+E+L...	Combination			-3501.78	1.82	0.11	-0.01547	15.58	319.17	297-1	119.162
297	238.324	1.2 D+E+L...	Combination			-3505.73	13.13	0.11	-0.01547	2.14	-571.57	297-1	238.324
299	238.324	1.2 D+1.6R...	Combination			-3577.54	9.99	-0.24	0.14	44.85	-142.79	299-1	238.324
299	119.162	1.2 D+1.6R...	Combination			-3581.49	-1.33	-0.24	0.14	15.98	373.28	299-1	119.162
299	0	1.2 D+1.6R...	Combination			-3585.45	-12.64	-0.24	0.14	-13.08	-459.22	299-1	0
297	0	1.2 D+1.6R...	Combination			-3589.18	-9.98	0.28	-0.19	48.71	-143.48	297-1	0
297	119.162	1.2 D+1.6R...	Combination			-3593.13	1.34	0.28	-0.19	15.96	371.01	297-1	119.162
297	238.324	1.2 D+1.6R...	Combination			-3597.08	12.66	0.28	-0.19	-16.98	-463.03	297-1	238.324
299	238.324	1.2 D+1.6R...	Combination			-3873.72	9.85	-0.28	0.0923	47.8	-113.79	299-1	238.324
299	119.162	1.2 D+1.6R...	Combination			-3877.67	-1.46	-0.28	0.0923	14.72	386.06	299-1	119.162
297	0	1.2 D+1.6R...	Combination			-3980.52	-9.87	0.32	-0.15	52.6	-115.33	297-1	0
299	0	1.2 D+1.6R...	Combination			-3981.82	-12.78	-0.28	0.0923	-18.36	-462.82	299-1	0
297	119.162	1.2 D+1.6R...	Combination			-3984.47	1.45	0.32	-0.15	14.74	386.13	297-1	119.162
297	238.324	1.2 D+1.6R...	Combination			-3988.42	12.77	0.32	-0.15	-23.11	-460.95	297-1	238.324
299	238.324	1.2 D+1.6L...	Combination			-4165.07	9.83	-0.37	0.06303	59.71	-101.72	299-1	238.324
299	119.162	1.2 D+1.6L...	Combination			-4169.02	-1.48	-0.37	0.06303	16.05	395.63	299-1	119.162
299	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-4172.97	-12.8	-0.37	0.06303	-27.62	-455.54	299-1	0
297	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-4173.85	-9.85	0.42	-0.13	65.95	-103.74	297-1	0
297	119.162	1.2 D+1.6L...	Combination			-4177.81	1.47	0.42	-0.13	18.04	395.77	297-1	119.162
297	238.324	1.2 D+1.6L...	Combination			-4181.56	12.78	0.42	-0.13	-33.88	-453.25	297-1	238.324

Tekan = - 4181,56 kgf

Didapatkan beban aksial terbesar yang terjadi adalah sebagai berikut :

Tarik = 4462,67 kgf

Tekan = - 4181,58 kgf

Kontrol Tarik

dipakai baut dengan data sebagai berikut :

Diameter bor = 19 mm

Jumlah baut = 4 buah

L = 200 mm Fu = 370 MPa

Ag = 1128 mm² Fy = 240 MPa

X = 14.5 mm

Kuat rencana leleh

$\phi Ag Fy = 0.9 \times 1128 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ MPa} = 243648 \text{ N} = 243.65 \text{ kN}$

Kuat rencana putus

$\phi Ae Fu :$

Ae = An x U

$$\phi p = 19 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

$$A_{\text{netto}} = A_g - n \times \phi p \times t = 1128 \text{ mm}^2 - 4 \times 22 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} = 600 \text{ mm}^2$$

$$U = 1 - (x/L) = 1 - (14.5/200) = 0.9275$$

$$A_e = 600 \text{ mm}^2 \times 0.9105 = 556.5 \text{ mm}^2$$

$$\phi A_e F_u = 0.75 \times 556.5 \text{ mm}^2 \times 370 \text{ MPa} = 154429 \text{ N} = 154.5 \text{ kN}$$

Maka kuat nominal pakai untuk beban tarik adalah :

$$P_n = 154.5 \text{ kN} \quad P_u = 4462.67 \text{ kgf} = 44.63 \text{ kN}$$

$$P_n > P_u \text{ (OK)}$$

Kontrol Tekan

$$\text{Terhadap } S_b \text{ x : } \lambda_x = \frac{Kc}{ix} \cdot L = \frac{1}{2.41} \cdot 100 = 41.5$$

$$\text{Terhadap } S_b \text{ y : } \lambda_y = \frac{Kc}{iy} \cdot L = \frac{1}{1.49} \cdot 100 = 67.2$$

$$\lambda = 67.2$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{67.2}{\pi} \times \sqrt{\frac{240}{200000}} = 0.74$$

Menurut SNI 1729-2015

$$\text{Batas Elastis } \lambda = 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135.97 \text{ (inelastis)}$$

$$F_e \text{ batas elastis} = 0.444 \times F_y = 0.444 \times 240 \text{ MPa} = 106.56 \text{ MPa}$$

$$F_e \text{ batas inelastic} = \frac{\pi^2}{\lambda^2} E = \frac{\pi^2}{67.2^2} 200000 \text{ MPa} = 438.6 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} \text{ elastis} = 0.877 \times F_e = 0.877 \times 106.56 \text{ MPa} = 93.45312 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} \text{ inelastic} = 0.685 \frac{F_y}{F_e} \times F_y = 0.685 \frac{240}{438.6} \times 240 = 195.1 \text{ MPa}$$

$$N_n = A_g \times F_{cr} = 1128 \text{ mm}^2 \times 195.1 \text{ MPa} = 220093.6 \text{ N} = 22009.36 \text{ kgf}$$

$$\phi N_n = 19808.5 \text{ kgf}$$

$$N_u = -4181,58 \text{ kgf}$$

$$\phi N_n > N_u$$

$$19808.5 \text{ kgf} > 4181,58 \text{ kgf} \text{ (OK)}$$

5.2 Direncanakan Profil WF 150.75.5.7 dengan data sebagai berikut :

$A = 17.85 \text{ cm}^2$	$I_x = 666 \text{ cm}^4$	$S_x = 88.8 \text{ cm}^3$
$W = 14 \text{ kg/m}$	$I_y = 49.5 \text{ cm}^4$	$S_y = 13.2 \text{ cm}^3$
$bf = 75 \text{ mm}$	$i_x = 6.11 \text{ cm}$	$Z_x = 98 \text{ cm}^3$
$d = 150 \text{ mm}$	$i_y = 1.66 \text{ cm}$	$Z_y = 21 \text{ cm}^3$
$t_w = 5 \text{ mm}$	$r = 8 \text{ mm}$	$h = 250 - 2(9 + 12)$
$t_f = 7 \text{ mm}$		$= 208 \text{ mm}$

5.2.1 Perhitungan kuda-kuda

Dari Output SAP 2000, didapatkan beban-beban yang bekerja (aksial tekan dan tarik) pada balok kuda-kuda dengan Profil WF 150.75.5.7 dengan bentang 14 m adalah sebagai berikut :

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban response spektrum

Frame Text	Station cm	Output Case	Case Type Text	Step Type Text	Shear Force V2 Kgf	Axial Force V3 Kgf	Torsion T Kgf-cm	Bending Moment M2 Kgf-cm	Bending Moment M3 Kgf-cm	Frame Item Text	Elem Station
150	350	1,2D+1,BL...	Combination		4004.36	-143.76	-0.29	0.18	-10.54	17519.12	150-9
150	400	1,2D+1,BL...	Combination		4004.36	156.38	-0.29	0.18	3.78	16833.82	150-9
150	1000	1,2D+1,BL...	Combination		3999.29	-155.99	0.0769	-0.03617	1.79	16806.17	150-22
150	1050	1,2D+1,BL...	Combination		3999.29	149.16	0.0769	-0.03617	-2.05	17471.85	150-22
50	350	1,2D+1,BL...	Combination		3946.48	-149.54	-0.72	0.38	-22.25	17192.79	50-9
50	400	1,2D+1,BL...	Combination		3946.48	155.81	-0.72	0.38	13.58	16548.01	50-9
50	1000	1,2D+1,BL...	Combination		3944.65	-166	0.0	-0.42	15.23	16548.59	50-22
50	1050	1,2D+1,BL...	Combination		3944.65	149.15	0.0	-0.42	-24.96	17214.76	50-22
150	300	1,2D+1,BL...	Combination		3923.01	-275.32	-0.35	0.28	-3.13	14736.6	150-8
150	350	1,2D+1,BL...	Combination		3923.01	148.82	-0.35	0.28	13.54	17488.11	150-8
150	1050	1,2D+1,BL...	Combination		3914.69	-148.11	0.23	-0.17	5.52	17368.03	150-23
150	1100	1,2D+1,BL...	Combination		3914.69	275.83	0.23	-0.17	-5.86	14870.08	150-23
50	1050	1,2D+1,BL...	Combination		3883.42	-149.36	0.88	-0.83	30.49	17105.96	50-23
50	1100	1,2D+1,BL...	Combination		3883.42	274.58	0.88	-0.83	-18.29	14470.35	50-23
50	300	1,2D+1,BL...	Combination		3860.99	-275.44	-0.9	0.59	-17.23	14414.59	50-8
50	350	1,2D+1,BL...	Combination		3860.99	148.51	-0.9	0.59	27.87	17092.79	50-8
150	400	1,2D+1,BL...	Combination		3656.62	-21.08	-0.02965	0.02976	1.36	17337.29	150-10
150	450	1,2D+1,BL...	Combination		3656.62	165.26	-0.02965	0.02976	2.84	17377.84	150-10
150	950	1,2D+1,BL...	Combination		3654.45	-164.81	-0.15	0.12	-4.53	17226.57	150-21
150	1000	1,2D+1,BL...	Combination		3654.45	21.54	-0.15	0.12	3.17	17903.15	150-21
50	400	1,2D+1,BL...	Combination		3607.52	-22.83	-0.3	0.17	-4.67	17529.14	50-10
50	450	1,2D+1,BL...	Combination		3607.52	163.51	-0.3	0.17	10.32	15017.86	50-10
50	950	1,2D+1,BL...	Combination		3603.54	-163.73	0.36	-0.2	12.21	13514.94	50-21
50	1000	1,2D+1,BL...	Combination		3603.54	22.62	0.36	-0.2	-5.96	17536.95	50-21
150	275	1,2D+1,BL...	Combination		3534.95	-449.84	-0.58	0.83	-4.94	9135.56	150-7
150	300	1,2D+1,BL...	Combination		3534.95	-193.32	-0.58	0.83	9.57	17113.44	150-7
150	1100	1,2D+1,BL...	Combination		3521.71	200.41	0.43	-1.5	10.49	17122.16	150-24
150	1125	1,2D+1,BL...	Combination		3521.71	458.94	0.43	-1.5	-0.29	8967.2	150-24
50	1100	1,2D+1,BL...	Combination		3481.02	187.88	1.42	-4.04	28.05	16823.88	50-24
50	1125	1,2D+1,BL...	Combination		3481.02	444.41	1.42	-4.04	-7.44	8981.91	50-24
50	275	1,2D+1,BL...	Combination		3470.07	-456.51	-1.31	3.27	-6.44	8742.19	50-7

Tarik = 4004,36 kgf

Element Forces - Frames

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Frame Text	Station cm	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	FrameElem Text	ElemStation
261	0	1.2 D+E+L...	Combination	Min		-14597.89	-247.21	-1.5	-3.1	-222.66	-41327.99	261-1	0
253	0	1.2 D+E+L...	Combination	Min		-14619.29	136.66	-1.57	-3.69	-211.37	20379.16	253-1	0
253	143.002	1.2 D+E+L...	Combination	Min		-14625.69	159.07	-1.57	-3.69	-48.37	-7153.33	253-1	143.002
253	286.004	1.2 D+E+L...	Combination	Min		-14632.09	181.47	-1.57	-3.69	-272.62	-40573.15	253-1	286.004
237	286.004	1.2 D+E+L...	Combination	Min		-14655.96	-195.67	-1.74	-4.23	-213.75	20175.76	237-1	286.004
237	143.002	1.2 D+E+L...	Combination	Min		-14662.37	-218.08	-1.74	-4.23	-48.65	-6730.12	237-1	143.002
237	0	1.2 D+E+L...	Combination	Min		-14668.77	-240.48	-1.74	-4.23	-262.67	-39517.59	237-1	0
263	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-17508.86	-109.55	-0.95949	-0.37	-14.63	-9881.82	263-1	0
263	221.003	1.2 D+1.6L...	Combination			-17518.75	-74.92	-0.95949	-0.37	-1.48	10402.16	263-1	221.003
263	442.007	1.2 D+1.6L...	Combination			-17528.64	-40.29	-0.95949	-0.37	11.67	23133.67	263-1	442.007
262	442.007	1.2 D+1.6L...	Combination			-17529.26	109.19	0.95245	0.31	-13.47	-9975.05	262-1	442.007
262	221.003	1.2 D+1.6L...	Combination			-17539.15	74.56	0.95245	0.31	-1.88	19329.1	262-1	221.003
262	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-17549.04	39.93	0.95245	0.31	9.71	22960.76	262-1	0
252	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-17771.88	-110.91	0.91268	0.11	2.38	-10123.32	252-1	0
251	442.007	1.2 D+1.6L...	Combination			-17779.58	110.51	-0.90541	-0.32865	2.97	-10114.79	251-1	442.007
252	221.003	1.2 D+1.6L...	Combination			-17781.77	-76.29	0.91268	0.11	-6.52	10962.71	252-1	221.003
251	221.003	1.2 D+1.6L...	Combination			-17789.47	75.89	-0.90541	-0.32865	1.78	10482.86	251-1	221.003
252	442.007	1.2 D+1.6L...	Combination			-17791.67	-41.86	0.91268	0.11	-3.32	23596.26	252-1	442.007
251	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-17799.36	41.28	-0.90541	-0.32865	0.58	23428.08	251-1	0
264	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-19180.61	220.62	-0.3	-1.4	-8.86	28256.7	264-1	0
264	143.002	1.2 D+1.6L...	Combination			-19187.01	243.23	-0.3	-1.4	34.19	-4823.3	264-1	143.002
264	286.004	1.2 D+1.6L...	Combination			-19193.41	265.83	-0.3	-1.4	77.24	-41307.29	264-1	286.004
261	286.004	1.2 D+1.6L...	Combination			-18259.3	-214.83	0.25	1.17	-7.32	28002.08	261-1	286.004
261	143.002	1.2 D+1.6L...	Combination			-18265.71	-237.23	0.25	1.17	28.69	-4320.37	261-1	143.002
261	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-18272.11	-259.64	0.25	1.17	64.71	-38846.6	261-1	0
253	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-18449.97	226.88	0.96591	0.06252	1.46	28535.11	253-1	0
253	143.002	1.2 D+1.6L...	Combination			-18447.37	249.28	0.96591	0.06252	-7.96	-5211.81	253-1	143.002
253	286.004	1.2 D+1.6L...	Combination			-18453.77	271.69	0.96591	0.06252	-17.39	-42491.1	253-1	286.004
237	286.004	1.2 D+1.6L...	Combination			-18468.18	-221.38	-0.96945	-0.32	3.59	29574.42	237-1	286.004
237	143.002	1.2 D+1.6L...	Combination			-18494.58	-243.78	-0.96945	-0.32	-6.84	-4604.06	237-1	143.002
237	0	1.2 D+1.6L...	Combination			-18508.98	-266.19	-0.96945	-0.32	-16.78	-41148.12	237-1	0

Record: << < 10752 > >> of 10752

Add Tables... Done

Tekan = 18500.1 kgf

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban statik ekuivalen

Element Forces - Frames

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Frame Text	Station cm	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	FrameElem Text	ElemStation
150	330	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			4004.26	-142.76	-0.29	0.15	-10.54	17519.12	150-9	0
150	400	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			4594.36	156.33	-0.29	0.15	3.76	16833.62	150-8	50
150	1000	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3999.29	-155.99	0.9789	-0.03617	1.79	18006.17	150-22	0
150	1050	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3999.29	149.16	0.9789	-0.03617	-2.95	17471.85	150-22	50
50	350	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3946.48	-149.54	-0.72	0.38	-22.25	17192.79	50-9	0
50	400	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3946.48	155.61	-0.72	0.38	13.56	16546.01	50-9	50
50	1000	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3944.65	-158	0.8	-0.42	15.23	16548.59	50-22	0
50	1050	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3944.65	149.15	0.8	-0.42	-24.96	17214.76	50-22	50
150	300	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3923.01	-275.32	-0.35	0.29	-5.13	14735.6	150-8	0
150	350	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3923.01	148.62	-0.35	0.29	12.54	17498.11	150-8	50
150	1050	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3914.99	-148.11	0.23	-0.17	5.52	17368.03	150-23	0
150	1100	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3914.99	275.83	0.23	-0.17	-5.86	14876.88	150-23	50
50	1050	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3983.42	-149.36	0.98	-0.63	39.49	17105.96	50-23	0
50	1100	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3983.42	274.59	0.98	-0.63	-18.29	14476.35	50-23	50
50	300	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3960.99	-275.44	-0.9	0.59	-17.23	14414.59	50-8	0
50	350	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3960.99	145.51	-0.9	0.59	27.87	17092.79	50-8	50
150	400	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3656.62	-21.08	-0.02965	0.02976	1.36	17837.29	150-10	0
150	450	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3656.62	165.28	-0.02965	0.02976	2.84	13737.84	150-10	50
150	950	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3654.45	-164.81	-0.15	0.12	-4.53	13726.57	150-21	0
150	1000	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3654.45	21.54	-0.15	0.12	3.17	17803.15	150-21	50
50	400	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3607.52	-22.83	-0.3	0.17	-4.67	17529.14	50-10	0
50	450	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3607.52	163.51	-0.3	0.17	10.32	13517.16	50-10	50
50	950	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3603.54	-163.73	0.36	-0.2	12.21	13514.04	50-21	0
50	1000	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3603.54	22.62	0.36	-0.2	-5.96	17536.95	50-21	50
150	275	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3534.95	-448.34	-0.58	0.63	4.84	9158.88	150-7	0
150	300	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3534.95	-193.32	-0.58	0.63	9.57	17113.44	150-7	50
150	1100	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3521.71	200.41	0.43	-1.5	19.49	17122.18	150-24	0
150	1125	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3521.71	456.94	0.43	-1.5	-0.29	9867.2	150-24	25
50	1100	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3481.02	187.88	1.42	-4.04	28.95	16823.68	50-24	0
50	1125	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3481.02	444.41	1.42	-4.04	-7.44	8981.91	50-24	25
50	275	1.2 D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			3470.07	-456.51	-1.31	3.27	-6.44	8742.19	50-7	0

Record: << < 1 > >> of 9600

Add Tables... Done

Tarik = 4004,26 kgf

Frame Text	Station cm	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	FrameItem	ElemStation Text
108	0	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-14538.3	-210.73	-1.42	-9.27	-381.89	-31888.75	108-1	0
261	286.004	1.2 D+E+L+0.2S	Combination			-14834.14	-84.44	0.5	2.37	-18.27	18240.32	261-1	286.004
261	143.002	1.2 D+E+L+0.2S	Combination			-14840.54	-116.84	0.5	2.37	53.81	3133.44	261-1	143.002
261	0	1.2 D+E+L+0.2S	Combination			-14848.94	-138.25	0.5	2.37	125.9	-15177.42	261-1	0
237	286.004	1.2 D+E+L+0.2S	Combination			-14908.97	-113.63	0.27	1.14	-8.27	19389.59	237-1	286.004
237	143.002	1.2 D+E+L+0.2S	Combination			-14915.38	-138.03	0.27	1.14	29.8	1518.41	237-1	143.002
237	0	1.2 D+E+L+0.2S	Combination			-14921.78	-158.44	0.27	1.14	87.87	-18538.75	237-1	0
263	0	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17508.86	-109.55	-0.05949	-0.37	-14.63	-5681.82	263-1	0
263	221.003	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17518.75	-74.82	-0.05949	-0.37	-1.48	16462.16	263-1	221.003
263	442.007	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17528.64	-49.29	-0.05949	-0.37	11.87	23133.87	263-1	442.007
262	442.007	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17529.28	109.19	0.05245	0.31	-13.47	-9875.05	262-1	442.007
262	221.003	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17538.15	74.58	0.05245	0.31	-1.88	19328.1	262-1	221.003
262	0	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17548.04	38.93	0.05245	0.31	9.71	22880.78	262-1	0
252	0	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17771.88	-119.91	0.01268	0.11	2.28	-18123.32	252-1	0
251	442.007	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17775.58	118.51	-0.005411	-0.03285	2.97	-18114.78	251-1	442.007
252	221.003	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17781.77	-78.29	0.01268	0.11	-0.52	16562.71	252-1	221.003
251	221.003	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17789.47	75.89	-0.005411	-0.03285	1.78	16482.80	251-1	221.003
252	442.007	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17791.67	-41.68	0.01268	0.11	-3.32	23586.26	252-1	442.007
251	0	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-17796.36	41.26	-0.005411	-0.03285	0.58	23428.08	251-1	0
264	0	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18180.81	228.82	-0.3	-1.4	-8.88	28258.7	264-1	0
264	143.002	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18187.01	243.23	-0.3	-1.4	34.18	-4823.3	264-1	143.002
264	286.004	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18193.21	268.63	-0.3	-1.4	77.24	-43107.29	264-1	286.004
261	286.004	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18219.3	-214.83	0.25	1.17	-7.32	28822.88	261-1	286.004
261	143.002	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18265.71	-237.23	0.25	1.17	28.89	-43203.37	261-1	143.002
261	0	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18272.11	-258.64	0.25	1.17	64.71	-38848.6	261-1	0
253	0	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18440.57	228.88	0.06591	0.08252	1.48	28835.11	253-1	0
253	143.002	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18447.37	249.28	0.06591	0.08252	-7.96	-5211.01	253-1	143.002
253	286.004	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18453.77	271.69	0.06591	0.08252	-17.39	-42481.1	253-1	286.004
237	286.004	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18488.18	-221.38	-0.06945	-0.32	3.89	28874.42	237-1	286.004
237	143.002	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18484.58	-243.78	-0.06945	-0.32	-8.84	-4884.86	237-1	143.002
237	0	1.20 +1.6L + 0.5R / (L / S)	Combination			-18500.98	-266.18	-0.06945	-0.32	-18.78	-41148.12	237-1	0

Tekan = 18500,98 kgf

Didapatkan beban aksial terbesar yang terjadi adalah sebagai berikut :

Tarik = 4004,26 kgf

Tekan = - 18500,98 kgf

Kontrol Tarik

dipakai baut dengan data sebagai berikut :

Diameter bor = 19 mm

Jumlah baut = 4 buah

L = 200 mm Fu = 370 MPa

Ag = 1785 mm² Fy = 240 MPa

X = 17.9 mm

Kuat rencana leleh

$\phi Ag Fy = 0.9 \times 1785 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ MPa} = 385560 \text{ N} = 385.56 \text{ kN}$

Kuat rencana putus

$\phi Ae Fu :$

Ae = An x U

$$\phi p = 19 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

$$A_{\text{netto}} = A_g - n \times \phi p \times t = 1785 \text{ mm}^2 - 4 \times 22 \text{ mm} \times 7 \text{ mm} = 1169 \text{ mm}^2$$

$$U = 1 - (x/L) = 1 - (17.9/200) = 0.9105$$

$$A_e = 1169 \text{ mm}^2 \times 0.9105 = 1064.38 \text{ mm}^2$$

$$\phi A_e F_u = 0.75 \times 1064.38 \text{ mm}^2 \times 370 \text{ MPa} = 295363.93 \text{ N} = 295.4 \text{ kN}$$

Maka kuat nominal pakai untuk beban tarik adalah :

$$P_n = 295.4 \text{ kN} \quad P_u = 4004,26 \text{ kgf} = 40.1 \text{ kN}$$

$$P_n > P_u \text{ (OK)}$$

Kontrol Tekan

$$\text{Terhadap } S_b \text{ x : } \lambda_x = \frac{Kc}{ix} \cdot L = \frac{1}{6.11} \cdot 100 = 16.36$$

$$\text{Terhadap } S_b \text{ y : } \lambda_y = \frac{Kc}{iy} \cdot L = \frac{1}{1.66} \cdot 100 = 60.241$$

$$\lambda = 60.241$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{60.241}{\pi} \times \sqrt{\frac{240}{200000}} = 0.664$$

Menurut SNI 1729-2015

$$\text{Batas Elastis } \lambda = 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135.97 \text{ (inelastis)}$$

$$F_e \text{ batas elastis} = 0.444 \times F_y = 0.444 \times 240 \text{ MPa} = 106.56 \text{ MPa}$$

$$F_e \text{ batas inelastic} = \frac{\pi^2}{\lambda^2} E = \frac{\pi^2}{60.241^2} 200000 \text{ MPa} = 544.4 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} \text{ elastis} = 0.877 \times F_e = 0.877 \times 106.56 \text{ MPa} = 93.45312 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} \text{ inelastis} = 0.685 \frac{F_y}{F_e} \times F_y = 0.685 \frac{240}{544.4} \times 240 = 203.13 \text{ MPa}$$

$$N_n = A_g \times F_{cr} = 1785 \text{ mm}^2 \times 203.13 \text{ MPa} = 362584.7 \text{ N} = 36258.5 \text{ kgf}$$

$$\phi N_n = 32632.6 \text{ kgf}$$

$$N_u = -4181,58 \text{ kgf}$$

$$\phi N_n > N_u$$

$$32632.6 \text{ kgf} > 18500,98 \text{ kgf (OK)}$$

5.2.2 Perhitungan balok atap

Dari Output SAP 2000, didapatkan beban-beban yang bekerja (momen dan geser) pada balok Profil WF 150.75.5.7 dengan bentang 4 m dan 5 m adalah sebagai berikut :

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban response spektrum

- momen maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station m	Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Num Useless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m	Frame Elem Text	Elem Station
150	0	1.2 D+L+0.2S	Combination	Max		-2853.92	-1106.09	15.05	0.09054	3.56	-616.66	150-1	0
54	0	1.2 D+L+0.2S	Combination	Max		-3655.3	-1049.36	0.97	0.21	1.5	-617.87	54-1	0
54	14	1.2 D+L+0.2S	Combination	Max		-3699.05	1207.75	38.82	-0.01416	1.39	-822.06	54-30	0.5
54	0	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-4000.00	-1120.22	-16.89	0.11	-4.38	-653.19	54-1	0
54	0	1.2D+1W+L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-4021.19	-1129.08	-17.15	0.11	-4.43	-655.13	54-1	0
54	14	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-4042.41	1130.77	18.21	-0.12	-4.67	-656.64	54-30	0.5
54	14	1.2D+1W+L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-4062.61	1133.87	17.94	-0.12	-4.62	-658.73	54-30	0.5
54	0	1.2 D+L+0.2S	Combination	Min		-4385.24	-1207.77	-34.66	0.01018	-10.23	-691.55	54-1	0
152	14	1.2 D+L+0.2S	Combination	Min		-4373.78	872.1	-24.75	-0.02503	0.28	-693.97	152-30	0.5
54	14	1.2 D+L+0.2S	Combination	Min		-4404.76	1058.3	-0.49	-0.23	-10.71	-694.14	54-30	0.5
152	0	1.2 D+L+0.2S	Combination	Min		-4481.5	-1230.53	1.65	-0.18	0.67	-705.4	152-1	0
50	0	1.2D+1W+L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-3976.36	-1257.34	-2.23	0.02077	-0.25	-717.3	50-1	0
50	0	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-4053.82	-1269.43	-1.91	0.01829	-0.18	-725.13	50-1	0
150	14	1.2D+1W+L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-4177.49	1295.76	-0.17	0.001421	0.05863	-740.88	150-30	0.5
150	14	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-4236.65	1304.83	0.13	-0.001038	-0.0003374	-746.81	150-30	0.5
50	14	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-4361.08	1305.53	3.03	-0.0279	-0.4	-748.58	50-30	0.5
50	14	1.2D+1W+L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-4381.27	1317.27	2.8	-0.02602	-0.36	-756.17	50-30	0.5
152	14	1.2D+1.6L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-4232.1	1358.21	-15.48	0.09578	3.79	-763.15	152-30	0.5
150	0	1.2 D+L+0.2S	Combination			-4458.62	-1340.13	2.18	-0.01129	0.8	-768.9	150-1	0
150	0	1.2D+1W+L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-4522.38	-1349.46	2	-0.00966	0.77	-774.95	150-1	0
152	0	1.2D+1.6L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-4381.01	-1385.67	17.02	-0.1	4.32	-778.77	152-1	0
54	0	1.2D+1.6L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-5156.64	-1449.98	-22.37	0.15	-5.77	-843.18	54-1	0
54	14	1.2D+1.6L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-5208.34	1455.4	24.11	-0.16	-6.15	-847.36	54-30	0.5
150	14	1.2 D+L+0.2S	Combination	Min		-5836.78	1071.61	-11.9	-0.09674	-2.54	-899	150-30	0.5
150	0	1.2 D+L+0.2S	Combination	Min		-6062.69	-1574.29	-16.49	-0.11	-1.92	-921.16	150-1	0
50	0	1.2 D+L+0.2S	Combination	Min		-6251.84	-1594.84	-14.42	-0.07949	-3	-935.4	50-1	0
50	0	1.2D+1.6L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-5280.23	-1651.04	-2.67	0.02495	-0.29	-943.37	50-1	0
50	14	1.2 D+L+0.2S	Combination	Min		-6463.36	993.34	-10.2	-0.13	-3.41	-958.32	50-30	0.5
150	14	1.2D+1.6L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-5514.64	1096.97	-0.08961	0.0004553	0.06877	-971.16	150-30	0.5
50	14	1.2D+1.6L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-5584.53	1095.44	4.18	-0.03783	-0.59	-972.23	50-30	0.5
150	0	1.2D+1.6L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-5791.46	-1740.24	3.08	-0.01651	1.09	-998.78	150-1	0

M max = 998.78 Kg.m

- Geser maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station m	Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Num Useless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m	Frame Elem Text	Elem Station
152	0	1.2D+1W+L	Combination			-3314.1	-1055.98	13.12	-0.08026	3.35	-592.64	152-1	0
152	0	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-3356.29	-1062.8	13.28	-0.08106	3.38	-597.01	152-1	0
54	0.5	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-4000.00	-1073.08	-16.89	0.11	4.07	-99.61	54-1	0.5
54	0.5	1.2D+1W+L	Combination			-4021.19	-1075.93	-17.15	0.11	4.15	-100.13	54-1	0.5
150	0	1.2 D+L+L	Combination	Max		-2853.92	-1106.09	15.05	0.09054	3.56	-616.66	150-1	0
54	0	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-4000.00	-1120.22	-16.89	0.11	-4.38	-653.19	54-1	0
54	0	1.2D+1W+L	Combination			-4021.19	-1129.08	-17.15	0.11	-4.43	-655.13	54-1	0
54	0.5	1.2 D+L+L	Combination	Min		-4385.24	-1154.63	-34.66	0.01018	0.79	-115.41	54-1	0.5
152	0.5	1.2 D+L+L	Combination	Min		-4481.5	-1177.39	1.65	-0.18	-6.69	-99.67	152-1	0.5
50	0.5	1.2D+1W+L	Combination			-3976.36	-1204.19	-2.23	0.02077	0.66	-88.17	50-1	0.5
54	0	1.2 D+L+L	Combination	Min		-4385.24	-1207.77	-34.66	0.01018	-10.23	-691.55	54-1	0
50	0.5	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-4053.82	-1216.29	-1.91	0.01829	0.77	-99.94	50-1	0.5
152	0	1.2 D+L+L	Combination	Min		-4481.5	-1230.53	1.65	-0.18	0.67	-705.4	152-1	0
50	0	1.2D+1W+L	Combination			-3976.36	-1257.34	-2.23	0.02077	-0.25	-717.3	50-1	0
50	0	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-4053.82	-1269.43	-1.91	0.01829	-0.18	-725.13	50-1	0
150	0.5	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-4458.62	1298.98	2.18	-0.01129	-4.3	-168.37	150-1	0.5
150	0.5	1.2D+1W+L	Combination			-4522.38	1296.31	2	-0.00966	-0.23	-109.76	150-1	0.5
152	0.5	1.2D+1.6L	Combination			-4381.01	-1318.12	17.02	-0.1	-4.19	-97.87	152-1	0.5
150	0	1.2 D+1.6(R/Lr/S)-L	Combination			-4458.62	-1340.13	2.18	-0.01129	0.8	-768.9	150-1	0
150	0	1.2D+1W+L	Combination			-4522.38	-1349.46	2	-0.00966	0.77	-774.95	150-1	0
54	0.5	1.2D+1.6L	Combination			-5156.64	-1382.43	-22.37	0.15	5.42	-130.13	54-1	0.5
152	0	1.2D+1.6L	Combination			-4381.01	-1385.67	17.02	-0.1	4.32	-778.77	152-1	0
54	0	1.2D+1.6L	Combination			-5156.64	-1449.98	-22.37	0.15	-5.77	-843.18	54-1	0
150	0.5	1.2 D+L+L	Combination	Min		-6062.69	-1521.14	-10.49	-0.11	-4.03	-143.57	150-1	0.5
50	0.5	1.2 D+L+L	Combination	Min		-6251.84	-1541.69	-14.42	-0.07949	-2.7	-147.52	50-1	0.5
150	0	1.2 D+L+L	Combination	Min		-6062.69	-1574.29	-10.49	-0.11	-1.92	-921.16	150-1	0.5
50	0.5	1.2D+1.6L	Combination			-5280.23	-1583.5	-2.67	0.02495	1.05	-129.79	50-1	0.5
50	0	1.2 D+L+L	Combination	Min		-6251.84	-1594.84	-14.42	-0.07949	-3	-935.4	50-1	0
50	0	1.2D+1.6L	Combination			-5280.23	-1651.04	-2.67	0.02495	-0.29	-943.37	50-1	0
150	0.5	1.2D+1.6L	Combination			-5791.46	-1672.7	3.08	-0.01651	-0.45	-140.6	150-1	0.5
150	0	1.2D+1.6L	Combination			-5791.46	-1740.24	3.08	-0.01651	1.09	-998.78	150-1	0

D max = 1740.24 Kg

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban statik ekivalen

- momen maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station m	Output Case	Case Type	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m	Frame Elem	Elem Station
203	4.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-5094.58	273.74	6.59	-0.03058	1.95	-202.61	203-10	0
204	4.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-4658.57	139.95	-7.83	0.02225	-0.99	-213.33	204-10	0
48	0	0.90 +1E	Combination	-1384.59	-425.02	21.72	-0.15	5.67	-214.29	48-1	0
49	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-2100.47	-170.98	79.72	-0.7	17.8	-218.21	49-1	0
144	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-2036.69	-243.6	20.55	-0.28	3.92	-228.04	144-1	0
54	14	0.90 +1E	Combination	-1387.73	410.97	-4.67	0.04354	1.11	-238.9	54-30	0.5
204	4.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-3189.05	340.7	20.47	-0.12	-5.71	-241.44	204-9	0.5
203	4.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-3136.84	351.5	-15.09	0.08888	3.65	-244.43	203-9	0.5
143	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-2182.88	-252.13	37.18	-0.44	7.58	-249.8	143-1	0
142	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-2258.57	-287.24	28.46	-0.38	5.56	-261.82	142-1	0
150	0.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-1751.81	-526.08	-3.61	0.01405	-1.6	-268.5	150-2	0
48	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-1887.94	-515.67	41.78	-0.35	10.03	-268.97	48-1	0
54	0	0.90 +1E	Combination	-1772.01	-478.87	-16.29	0.12	-4.19	-272.39	54-1	0
50	13.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-2919.02	548.03	-0.54	-0.001978	0.33	-288.24	50-29	0.5
204	9	1,2 D+E+L+...	Combination	-4856.57	169.1	-7.83	0.02225	2.83	-308.35	204-10	0.5
59	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-4226.19	-349.73	-4.82	0.0276	-8.89	-311.12	59-1	0
58	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-4408.13	-377.83	-0.14	0.03791	0.58	-331.54	58-1	0
55	14	1,2 D+E+L+...	Combination	-3224.17	569.89	4.76	-0.00117	-1.97	-335.16	55-30	0.5
203	5	1,2 D+E+L+...	Combination	-5094.58	328.89	6.59	-0.03058	-1.35	-358.52	203-10	0.5
55	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-2470.09	-484.9	-24.87	0.18	-5.48	-354.16	55-1	0
152	14	0.90 +1E	Combination	-2987.79	659.98	-14.32	0.11	2.91	-393.71	152-30	0.5
50	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-945.69	-786.27	-13.02	0.11	-2.54	-412.78	50-1	0
152	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-1569.04	-789.15	4.35	-0.003983	1.8	-426.12	152-1	0
150	14	1,2 D+E+L+...	Combination	-1742.02	933.83	-9.53	0.08158	1.74	-505.09	150-30	0.5
150	0	0.90 +1E	Combination	-4180.43	-877.53	-9.26	0.0813	-1.55	-531.98	150-1	0
50	14	0.90 +1E	Combination	-4822.48	973.64	-10.51	0.08099	2.35	-593.45	50-30	0.5
54	14	1,2 D+E+L+...	Combination	-3849.95	1088.08	7.29	-0.03694	-1.92	-640.57	54-30	0.5
54	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-4211.52	-1163.69	-27.39	0.19	-7.03	-672.25	54-1	0
152	14	1,2 D+E+L+...	Combination	-6038.7	1316.52	-21.49	0.16	4.67	-762.87	152-30	0.5
150	0	1,2 D+E+L+...	Combination	-8961.33	-1712.67	-7.86	0.07238	-1	-1011.55	150-1	0
50	14	1,2 D+E+L+...	Combination	-7503.1	1787.61	-8.35	0.06188	2.03	-1060.28	50-30	0.5

M max = 1060.28 Kgf.m

- Geser maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station m	Output Case	Case Type	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m	Frame Elem	Elem Station
50	14	1,2 D+E+L+...	Combination	-7503.1	1787.61	-8.35	0.06188	2.03	-1060.28	50-30	0.5
50	13.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-7503.1	1734.46	-8.35	0.06188	-2.14	-178.01	50-30	0
152	14	1,2 D+E+L+...	Combination	-5038.7	1316.52	-21.49	0.16	4.67	-762.87	152-30	0.5
152	13.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-5038.7	1263.38	-21.49	0.16	-6.08	-114.14	152-30	0
54	14	1,2 D+E+L+...	Combination	-3849.95	1088.08	7.29	-0.03694	-1.92	-640.57	54-30	0.5
54	13.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-3849.95	1044.93	7.29	-0.03694	1.73	-101.07	54-30	0
50	14	0.90 +1E	Combination	-4822.48	973.64	-10.51	0.08099	2.35	-593.45	50-30	0.5
50	13.5	0.90 +1E	Combination	-4822.48	951.78	-10.51	0.08099	-2.9	-110.78	50-30	0
150	14	1,2 D+E+L+...	Combination	-1742.02	933.83	-9.53	0.08158	1.74	-505.09	150-30	0.5
150	13.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-1742.02	880.68	-9.53	0.08158	-3.02	-47.71	150-30	0
152	14	0.90 +1E	Combination	-2987.79	659.98	-14.32	0.11	2.91	-393.71	152-30	0.5
152	13.5	0.90 +1E	Combination	-2987.79	638.12	-14.32	0.11	-4.25	-67.88	152-30	0
55	14	1,2 D+E+L+...	Combination	-2024.17	569.89	4.76	-0.00117	-1.97	-335.16	55-30	0.5
50	13.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-2919.02	548.03	-0.54	-0.001978	0.33	-288.24	50-29	0.5
150	7	1,2 D+E+L+...	Combination	-942.12	547.17	-0.31	0.001298	-0.009457	-180.14	150-15	0.5
50	7	1,2 D+E+L+...	Combination	-928.58	541.34	0.05349	-0.001975	-0.07283	-177.54	50-15	0.5
48	2.5	1,2 D+E+L+...	Combination	323.96	529.83	43.35	-1.54	-0.71	-56.11	48-7	0.25
55	13.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-2024.17	516.74	4.76	-0.00117	0.41	-59.75	55-30	0
48	2.25	1,2 D+E+L+...	Combination	323.96	497.83	43.35	-1.54	10.13	72.58	48-7	0
152	7	1,2 D+E+L+...	Combination	-741.45	451.58	-0.14	0.0006644	0.02111	-138.94	152-15	0.5
150	11.25	1,2 D+E+L+...	Combination	2614.92	447.44	-0.27	0.03977	0.19	49.88	150-24	0.25
54	7	1,2 D+E+L+...	Combination	-867.57	435.31	-0.13	-0.0009151	-0.01688	-136.16	54-15	0.5
152	13.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-1054.89	412.94	-13.89	0.07948	4.11	-193.69	152-29	0.5
54	14	0.90 +1E	Combination	-1387.73	410.97	-4.67	0.04354	1.11	-238.9	54-30	0.5
50	13	1,2 D+E+L+...	Combination	-2919.02	404.89	-0.54	-0.001978	0.0582	-44.26	50-29	0
54	13.5	0.90 +1E	Combination	-1387.73	389.11	-4.67	0.04354	-1.23	-37.57	54-30	0
50	13	1,2 D+E+L+...	Combination	210.41	352.33	-0.4	0.002042	-0.02468	-91.11	50-28	0.5
203	4.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-3136.84	351.5	-15.09	0.08888	3.65	-244.43	203-9	0.5
54	13.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-875.17	346.85	9.21	-0.06158	-2.24	-160.98	54-29	0.5
204	4.5	1,2 D+E+L+...	Combination	-3189.05	340.7	20.47	-0.12	-5.71	-241.44	204-9	0.5
48	2.5	0.90 +1E	Combination	567.73	333.37	35.01	-0.58	0.25	-13.95	48-7	0.25

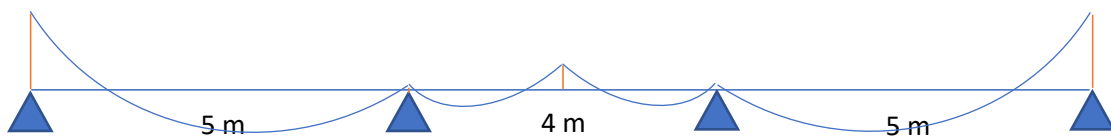
D max = 1787.61 Kgf

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah 1060.28 Kg.m

Dan geser maksimum yang terjadi adalah 1787.61 Kg

Berikut nya dilakukan perhitungan momen pada $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ bentang untuk melakukan kontroling kemampuan lateral buckling pada balok, didapatkan hasil sebagai berikut :

Mmax

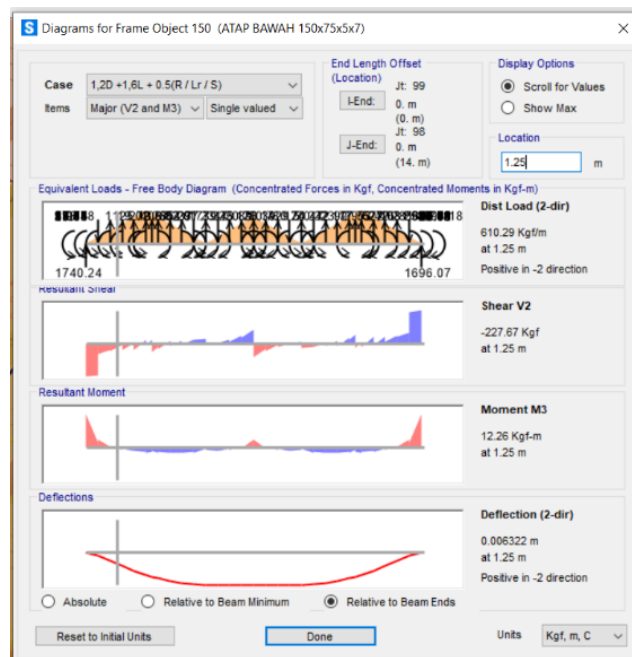


Gambar 5.3 Ilustrasi momen pada balok atap

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban response spektrum

$$X_a = \frac{1}{4} \times 5 = 1,25 \text{ m}$$

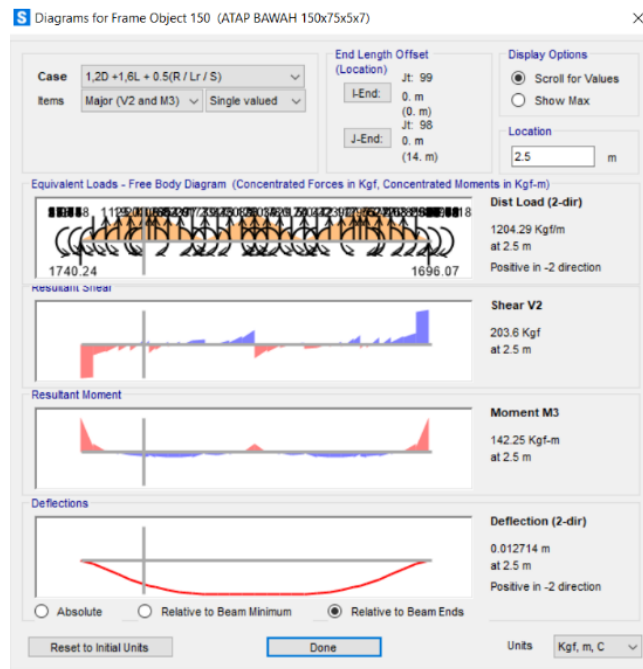
$$M_a = 12,26 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.4 M_a pada balok atap (response spectrum)

$$X_b = \frac{1}{2} \times 5 = 2,50 \text{ m}$$

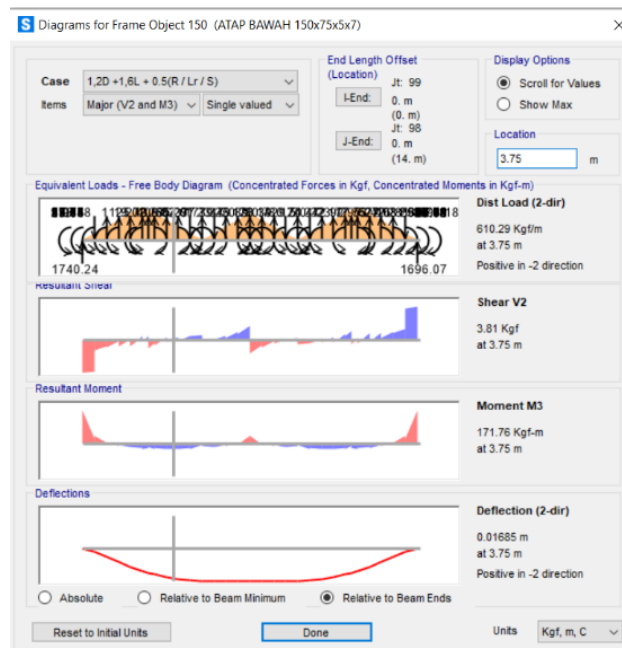
$$M_b = 142,25 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.6 M_b pada balok atap (response spectrum)

$$X_c = \frac{3}{4} \times 5 = 3,75 \text{ m}$$

$$M_c = 171,76 \text{ Kg.m}$$

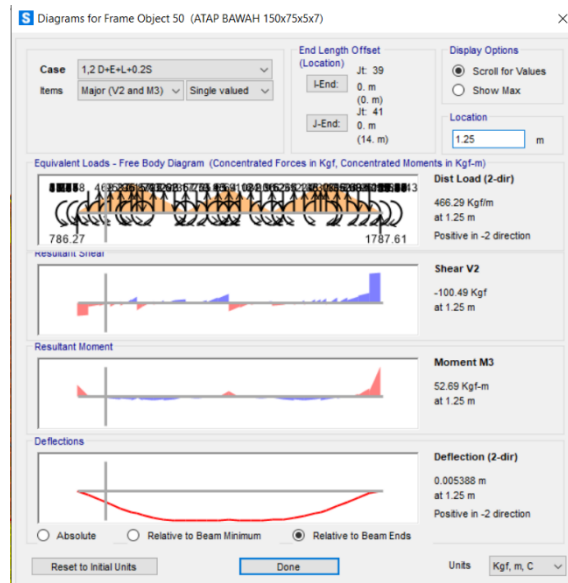


Gambar 5.7 M_c pada balok atap (response spectrum)

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban statik ekuvalen :

$$X_a = \frac{1}{4} \times 5 = 1,25 \text{ m}$$

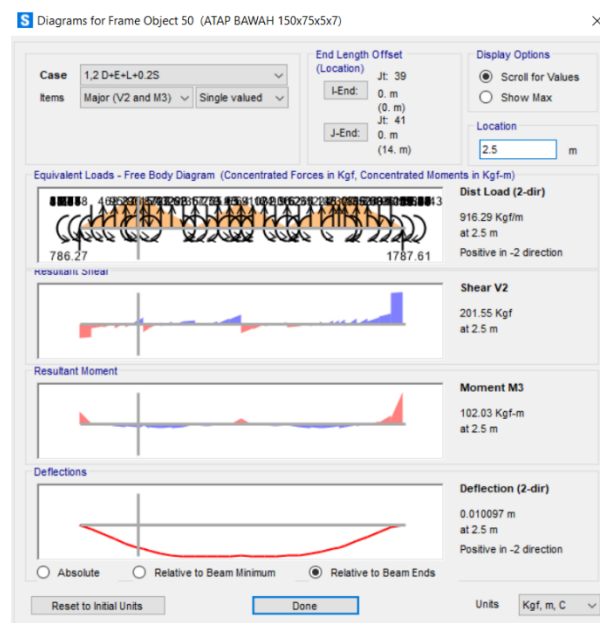
$$M_a = 52.69 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.8 M_a pada balok atap (statik ekuivalen)

$$X_b = \frac{1}{2} \times 5 = 2,50 \text{ m}$$

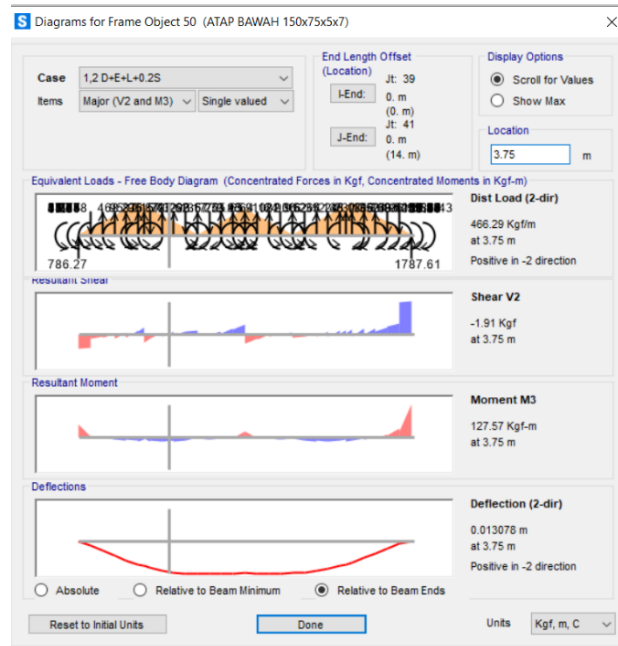
$$M_b = 102,03 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.9 M_b pada balok atap (statik ekuivalen)

$$X_c = \frac{3}{4} \times 5 = 3,75 \text{ m}$$

$$M_c = 127.57 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.10 M_c pada balok atap (statik ekuivalen)

Didapatkan momen M_a , M_b dan M_c sepanjang bentang adalah :

$$M_a = 52.69 \text{ Kg.m}, M_b = 142,25 \text{ Kg.m} \text{ dan } M_c = 171,76 \text{ Kg.m}$$

Setelah didapatkan momen dan geser maksimum yang terjadi pada balok dengan profil WF 150.75.5.7 maka berikutnya dilakukan kontroling kemampuan balok dengan profil WF 150.75.5.7 untuk menahan beban yang bekerja sebagai berikut :

Kontrol Penampang

Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{75}{2.7} = 5.36$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 10,96$$

$$\frac{b_f}{2.t_f} < \lambda_p$$

Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{120}{5} = 24$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 108,54$$

$$\frac{h}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

Penampang Kompak
 $M_n = M_p$

$$M_{px} = Z_x \cdot F_y = 98.2400 = 235200 \text{ kgcm} = 2352 \text{ kgm}$$

Kontrol Lateral Buckling

$$L_p = 84.339 \text{ cm}$$

$$L_r = 314.812 \text{ cm (tabel profil)}$$

Profil dengan pengaku di sepanjang bentang terbagi menjadi dua

1. $L_B = 400 \text{ cm}$ $L_r < L_B \rightarrow$ Bentang Panjang
2. $L_B = 500 \text{ cm}$ $L_r < L_B \rightarrow$ Bentang Panjang

Bentang Panjang :

$$M_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi}{L_b} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 I_y C_w}$$

$$M_a = 52.69 \text{ Kg.m}$$

$$M_b = 142,25 \text{ Kg.m}$$

$$M_c = 171,76 \text{ Kg.m}$$

$$M_{max} = 1060.2 \text{ Kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,30$$

$$= \frac{12,5 \cdot 1060,2}{2,5 \cdot 1060,2 + 3 \cdot 52,69 + 4 \cdot 142,25 + 3 \cdot 171,76} < 2,30$$

$$= 3,4 \leq 2,30 \text{ (dipakai } C_b = 2,3)$$

$$C_w = \frac{I_y \cdot h_0^2}{4} = \frac{49.5 \text{ cm}^4 \cdot (143 \text{ mm})^2}{4} = 2530.56375 \text{ cm}^6$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3, \quad b = d - 2t = 150 - 2 \cdot 7 = 136$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 = \sum \left(\frac{1}{3} 136 \cdot 5^3 + 2 \cdot \frac{1}{3} 75 \cdot 7^3 \right) = 22816,67 \text{ mm}^4 = 2,28 \text{ cm}^4$$

- $L_b = 400$

$$M_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi}{L_b} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 I_y C_w}$$

$$= \frac{2,3 \cdot 3,14}{400} \sqrt{2000000 \text{ Mpa} \cdot 49.5 \text{ cm}^4 \cdot 772000 \cdot 2,28 \text{ cm}^4 + \left(\frac{3,14 \cdot 200000}{400}\right)^2 \cdot 49.5 \text{ cm}^4 \cdot 2530.56375 \text{ cm}^6}$$

$$= 258942.5031 \text{ kg.cm} = 2589,425 \text{ kgm}$$

$$M_{cr} > M_p$$

$$2589,425 \text{ kgm} > 2352 \text{ kgm}$$

Maka digunakan yang terkecil $M_n = M_p = 2352 \text{ kgm}$

$$M_u < 0,9 M_{nx}$$

$$1060.2 \text{ Kg.m} < 0,9 \cdot 2352 \text{ kgm}$$

$$1060.2 \text{ Kg.m} < 2116.8 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

- $L_b = 500$

$$M_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi}{L_b} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 I_y C_w}$$

$$= \frac{2.3 \cdot 3.14}{500} \sqrt{2000000 \text{ Mpa} \cdot 49.5 \text{ cm}^4 \cdot 772000 \cdot 2,28 \text{ cm}^4 + \left(\frac{3.14 \cdot 200000}{500}\right)^2 \cdot 49.5 \text{ cm}^4 \cdot 2530.56375 \text{ cm}^6}$$

$$= 201458.0276 \text{ kg.cm} = 2014,58 \text{ kgm}$$

$$M_{cr} < M_p$$

$$2014,58 \text{ kgm} < 2352 \text{ kgm}$$

Maka digunakan yang terkecil $M_n = M_p = 2014,58 \text{ kgm}$

$$M_u < 0,9 M_{nx}$$

$$1060.2 \text{ Kg.m} < 0,9 \times 2014,58 \text{ kgm}$$

$$1060.2 \text{ Kg.m} < 1813.12 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Kontrol Geser

$$V_u = 3258.77 \text{ kg} \text{ (Hasil Analisa SAP2000)}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{120}{5} = 24$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 200000}{240}} = 71,004$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} = 24 \\ 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} = 71,004 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} \text{ Keadaan geser plastis}$$

*Kv = 5 (tanpa pengaku pelat badan)

Keadaan geser plastis

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 f_y d t_w C_v = 0,6 \cdot 240 \cdot 250 \cdot 6 \cdot 1 = 216000 \text{ N} = 21600 \text{ kg}$$

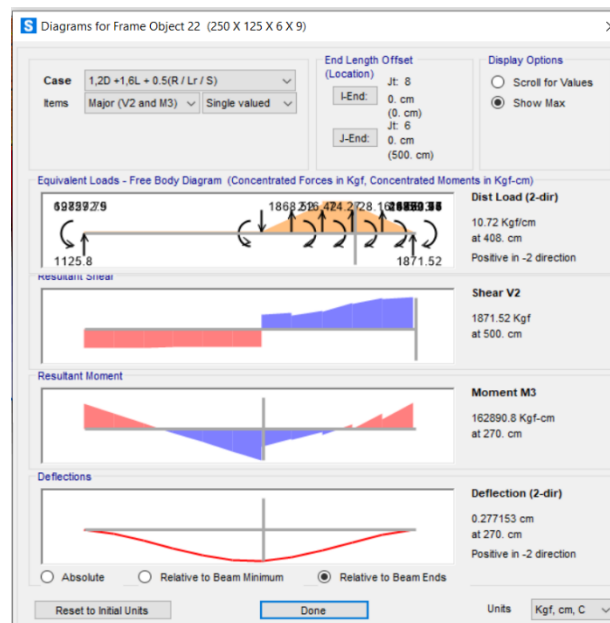
$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

$$3258.77 \text{ kg} \leq 0.9 \cdot 21600 \text{ kg}$$

$$3258.77 \text{ kg} \leq 19440 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow \bar{f} = \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1.389 \text{ cm}$$



Gambar 5.11 Lendutan yang terjadi pada balok atap

Lendutan Terjadi : 0,277153 cm

$$f' = 0,278 \text{ cm} < \bar{f} = 1.389 \text{ cm} \text{ (OK)}$$

❖ Dapat disimpulkan berdasarkan hasil kontrol penampang, kontrol lateral buckling, kontrol geser dan kontrol lendutan, profil WF 150.75.5.7 dapat dipakai untuk bentang 4 m dan 5 m

5.3 Direncanakan Profil WF 250.125.6.9 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A &= 37,66 \text{ cm}^2 & I_x &= 4050 \text{ cm}^4 & S_x &= 324 \text{ cm}^3 \\
 W &= 29,6 \text{ kg/m} & I_y &= 294 \text{ cm}^4 & S_y &= 47 \text{ cm}^3 \\
 b_f &= 125 \text{ mm} & i_x &= 10,4 \text{ cm} & Z_x &= 352 \text{ cm}^3 \\
 d &= 250 \text{ mm} & i_y &= 2,79 \text{ cm} & Z_y &= 72 \text{ cm}^3 \\
 t_w &= 6 \text{ mm} & r &= 12 \text{ mm} & h &= 250 - 2(9 + 12) \\
 t_f &= 9 \text{ mm} & & & &= 208 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari Output SAP 2000, didapatkan beban-beban yang bekerja (momen dan geser) pada balok Profil WF 250.125.6.9 dengan bentang 4 m dan 5 m adalah sebagai berikut :
Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban response spektrum momen maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station cm	Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Num Unless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	Frame Elem Text	Elem Station
22	500	1,2D+1W+L+0,5(R/L/S)	Combination			-5881.54	1641.22	-286.97	68.06	6249.17	-116148.13	22-6	46
22	0	1,2D+1,6(R/Lr/S)+L	Combination			410.98	-1013.2	13.88	-35.02	1782.72	-116890.97	22-1	0
22	500	1,2D+1,6(R/Lr/S)+L	Combination			-5725.39	1650.14	-293.24	70.05	6372.88	-117642.99	22-6	46
22	0	1,2D+1W+L+0,5(R/L/S)	Combination			346.86	-1021.39	13.45	-34.37	1721.77	-117869.82	22-1	0
125	0	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		-5952.82	-1568.31	36.32	-20.83	804.14	-118534.79	125-1	0
110	550	1,2D+1,6L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-5630.94	1710.76	-80.11	7.91	1848.89	-120684.58	110-11	50
26	0	1,2D+1,6L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-3343.34	-2852.1	65.52	-18.5	1700.33	-121285.83	26-1	0
23	400	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		-6455.04	219.15	-250.3	35.29	3605.92	-121957.85	23-8	50
26	0	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		-3818.89	-2682.58	-94.27	-62.65	-2632.04	-121959.15	26-1	0
110	550	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		-5833.37	1226.02	-118.45	-1.33	993.96	-122127.11	110-11	50
125	550	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		-4009.99	1273.01	-115.92	-10.47	-1163.89	-122485.83	125-11	50
24	500	0.9D+1E	Combination	Min		-4868.85	226.55	-216.12	24.89	2188.43	-125855.45	24-10	50
22	500	0.9D+1E	Combination	Min		-6067.05	508.86	-267.69	13.09	1781.75	-126071.26	22-6	46
22	0	1,2D+1,6L+0,5(R/Lr/S)	Combination			389.69	-1125.8	17.09	-39.26	2196.1	-126572.49	22-1	0
147	0	1,2D+1W+L+0,5(R/L/S)	Combination			-6192.61	-2731.21	61.2	-13.55	1536.52	-130482.23	147-1	0
24	0	1,2D+1,6L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-6222.16	-1872.7	226.79	-61.33	5199.93	-130973.37	24-1	0
23	0	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		-7047.02	-1481.06	153.09	-74.6	4204.56	-132192.13	23-1	0
145	550	1,2D+1W+L+0,5(R/L/S)	Combination			-6289.47	2760.84	-62.74	12.47	1756.26	-132481.9	145-12	50
22	500	1,2D+1,6L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-6551.01	1671.52	-326.14	77.41	7087.9	-133503.55	22-6	46
22	45	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		34.9	-1369.89	-39.45	-43.63	-2517	-137094.82	22-1	45
145	550	1,2D+1,6(R/Lr/S)+L	Combination			-6855.17	3006.86	-39.07	6.04	1154.45	-144007.44	145-12	50
147	0	1,2D+1,6(R/Lr/S)+L	Combination			-6881.97	-3006.74	32.21	-6.39	788.86	-144887	147-1	0
22	0	0.9D+1E	Combination	Min		-91.39	-888.18	-38.16	-29.15	-4877.58	-154213.89	22-1	0
145	550	1,2D+1,6L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-7326.63	3257.73	-129.61	29.2	3524.46	-155293.77	145-12	50
147	0	1,2D+1,6L+0,5(R/Lr/S)	Combination			-7364.66	-3258.77	121.39	-28.5	3034.51	-156892.82	147-1	0
145	550	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		-8023.65	2118.51	-228.53	-19.01	-2141.36	-164293.43	145-12	50
147	0	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		-8044.68	-3135.65	-60.74	-52.63	-2813.96	-164470.58	147-1	0
24	0	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		-8026.02	-3078.6	133.8	-81.16	3478.1	-168543.13	24-1	0
24	500	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		-6163.32	1915.47	-296.16	44.14	3912.67	-170890.45	24-10	50
22	500	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		-8496.34	1193.36	-305.43	40.9	4340.19	-175078.08	22-6	46
22	0	1,2 D+E+L+0,2S	Combination	Min		34.9	-1385.12	-30.45	-43.63	-3885.63	-199677.89	22-1	0

M max = 1996.78 Kg.m

Geser maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station cm	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	FrameElem Text	ElemStation
147	0	1.4 D	Combination			-4803.88	-2968.81	-38.81	16.91	-102.78	-100324.42	147-1	0
24	0	1.2 D+L+0.25	Combination	Min		-8028.02	-3078.6	133.8	-81.16	3478.1	-169343.13	24-1	0
25	50	1.2D+1W+0.5(R/L/S)	Combination			-2706.66	-2091.22	-55.3	15.94	1273.03	12090.71	25-1	50
25	50	1.2 D+1.6(R/L/S)+L	Combination			-2776.08	-2101.13	-51.85	14.82	1193.44	11936.95	25-1	50
147	0	1.2 D+L+0.25	Combination	Max		-3852.58	-2119.88	232.83	26.18	6343.71	-87266.39	147-1	0
26	50	1.4 D	Combination			-2604.31	-2122.21	53.73	-15.28	-1287.7	14579.38	26-1	50
26	50	1.2 D+L+0.25	Combination	Max		-1991.82	-2149.78	210.04	29.83	2087.59	22773.68	26-1	50
25	0	1.2D+1W+0.5(R/L/S)	Combination			-2706.66	-2208.67	-55.3	15.94	-1491.95	-95842.46	25-1	0
25	0	1.2 D+1.6(R/L/S)+L	Combination			-2776.08	-2218.59	-51.85	14.82	-1399.28	-96891.88	25-1	0
26	0	1.4 D	Combination			-2604.31	-2252.12	53.73	-15.28	1390.6	-95895.48	26-1	0
25	50	1.2 D+L+0.25	Combination	Min		-3596.5	-2270.89	-204.58	-32.57	-2391.64	5974.36	25-1	50
26	0	1.2 D+L+0.25	Combination	Max		-1991.82	-2323.83	210.04	29.83	5639.69	-90375.13	26-1	0
26	50	1.2D+1W+0.5(R/L/S)	Combination			-2932.15	-2333.29	53.74	-15.11	-1297.26	15646.49	26-1	50
26	50	1.2 D+1.6(R/L/S)+L	Combination			-3014.99	-2346.41	59.6	-16.9	-1432.9	14779.59	26-1	50
25	0	1.2 D+L+0.25	Combination	Min		-3596.5	-2388.34	-204.58	-32.57	-8543.96	-111342.07	25-1	0
25	50	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-3108.27	-2404.57	-55.83	16.14	1280.26	14888.89	25-1	50
26	0	1.2D+1W+0.5(R/L/S)	Combination			-2932.15	-2507.14	53.74	-15.11	1309.51	-106870.16	26-1	0
26	50	1.2 D+L+0.25	Combination	Min		-3818.69	-2508.73	-94.27	-82.65	-4968.37	9121.04	26-1	50
26	0	1.2 D+1.6(R/L/S)+L	Combination			-3014.99	-2520.26	59.6	-16.9	1547.31	-108192.81	26-1	0
25	0	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-3108.27	-2559.52	-55.83	16.14	-1511.39	-110282	25-1	0
26	50	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-3343.34	-2640.75	65.52	-18.5	-1575.66	17603.91	26-1	50
147	50	1.2D+1W+0.5(R/L/S)	Combination			-8192.81	-2662.93	61.2	-13.55	-1523.29	9345.19	147-1	50
26	0	1.2 D+L+0.25	Combination	Min		-3818.69	-2662.98	-94.27	-82.65	-2632.84	-121959.15	26-1	0
147	0	1.2D+1W+0.5(R/L/S)	Combination			-8192.81	-2731.21	61.2	-13.55	1536.52	-130482.23	147-1	0
26	0	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-3343.34	-2852.1	65.52	-18.5	1700.33	-121285.63	26-1	0
147	50	1.2 D+1.6(R/L/S)+L	Combination			-8881.97	-2824.99	32.21	-6.39	-421.77	3487.84	147-1	50
147	0	1.2 D+1.6(R/L/S)+L	Combination			-8881.97	-3008.74	32.21	-6.39	788.86	-144287	147-1	0
147	50	1.2 D+L+0.25	Combination	Min		-8044.68	-3073.5	-80.74	-52.63	-5426.11	-9632.07	147-1	50
147	0	1.2 D+L+0.25	Combination	Min		-8044.68	-3135.85	-80.74	-52.63	-2813.96	-164476.56	147-1	0
147	50	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-7364.66	-3176.09	121.39	-28.5	-3034.98	4832.74	147-1	50
147	0	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-7364.66	-3258.77	121.39	-28.5	3034.51	-155692.82	147-1	0

D max = 3258.77 Kg

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban statik ekuivalen momen maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station cm	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	FrameElem Text	ElemStation
25	0	1.2D+1.6L...	Combination			-3108.27	-2559.52	-55.83	16.14	-110282		25-1	0
125	550	1.2D+1.6L...	Combination			-3332.69	1799.91	-42.84	6.55	448.61	-111629.64	125-11	50
24	500	1.2D+1.6L...	Combination			-3193.84	1952.73	-243.31	63.91	5811.59	-111624.97	24-10	50
23	0	0.8D+1E	Combination			-5701.85	-1136.03	185.57	-55.64	3981.77	-112041.41	23-1	0
146	300	1.2 D+E+L...	Combination			-6489.91	1780.89	-186.17	50.92	4997.81	-114702.86	146-8	50
125	0	1.2D+1.6L...	Combination			-4620.38	-1655.16	73.88	-5.84	1565.2	-115513.6	125-1	0
22	500	1.2D+1W+L...	Combination			-5681.54	1641.22	-286.97	66.06	6249.17	-116146.13	22-6	46
22	0	1.2 D+1.6(R/L/S)	Combination			419.98	-1013.2	13.88	-35.02	1762.72	-116896.97	22-1	0
22	500	1.2 D+1.6(R/L/S)	Combination			-5725.39	1650.14	-293.24	70.05	6372.88	-117642.99	22-6	46
22	0	1.2D+1W+L...	Combination			346.86	-1021.39	13.45	-34.37	1721.77	-117889.82	22-1	0
125	550	1.2 D+E+L...	Combination			-3988.8	1687.11	-130.92	31.78	3045.4	-118754.71	125-11	50
110	550	1.2 D+E+L...	Combination			-5652.84	1588.03	-95.91	13.88	2385.17	-120245.88	110-11	50
110	550	1.2D+1.6L...	Combination			-5630.94	1710.78	-80.11	7.91	1848.09	-120684.58	110-11	50
26	0	1.2D+1.6L...	Combination			-3343.34	-2852.1	65.52	-18.5	1700.33	-121285.63	26-1	0
22	45	0.8D+1E	Combination			171.35	-1650.83	4.71	-13.62	426.58	-124932.11	22-1	45
24	0	0.8D+1E	Combination			-5937.99	-1391.45	208.84	-82.68	4388.94	-127035.35	24-1	0
22	0	1.2D+1.6L...	Combination			389.89	-1125.8	17.09	-39.28	2198.1	-128272.49	22-1	0
147	0	1.2D+1W+L...	Combination			-6192.81	-2731.21	61.2	-13.55	1536.52	-138482.23	147-1	0
24	0	1.2D+1.6L...	Combination			-8222.18	-1872.7	226.79	-81.33	5199.03	-139973.37	24-1	0
145	550	1.2D+1W+L...	Combination			-8289.47	2780.84	-82.74	12.47	1756.26	-132481.9	145-12	50
22	500	1.2D+1.6L...	Combination			8651.01	1871.52	-326.14	77.41	7897.9	-133803.85	22-6	46
145	550	1.2 D+1.6(R/L/S)+L	Combination			-8855.17	3006.68	-39.07	6.04	1154.45	-144007.44	145-12	50
147	0	1.2 D+1.6(R/L/S)+L	Combination			-8881.97	3008.74	32.21	-6.39	788.86	-144287	147-1	0
23	0	1.2 D+E+L...	Combination			-7539.86	-1593.13	261.44	-76.68	5804.89	-144943.43	23-1	0
22	45	1.2 D+E+L...	Combination			297.84	-1443.93	3	-28.09	17.89	-152819.75	22-1	45
145	550	1.2D+1.6L...	Combination			-7326.83	3257.73	-129.81	28.2	3524.46	-155293.77	145-12	50
147	0	1.2D+1.6L...	Combination			-7364.66	-3258.77	121.39	-28.5	3034.51	-155692.82	147-1	0
145	550	1.2 D+E+L...	Combination			-8430.39	3221.49	7.43	1.67	-738.7	-179902.41	145-12	50
22	0	0.8D+1E	Combination			171.35	-1082.41	-4.71	-13.62	-438.52	-172480.02	22-1	0
24	0	1.2 D+E+L...	Combination			-8577.53	-2190.2	283.33	-82.68	6071.28	-162596.06	24-1	0
22	0	1.2 D+E+L...	Combination			297.84	-1459.37	3	-28.09	152.73	-217944.12	22-1	0

M max = 2179.441 Kg.m

Geser maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station cm	Output Case	Case Type	Step Type	Step Num	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	Frame Elem Text	Elem Station
24	50	1,2 D+E+L...	Combination			-4388.39	-1897.97	-51.65	23.92	-1294.79	-102275.27	24-2	0
147	50	1,2 D+E+L...	Combination			-3488.01	-1975.29	166.08	-33.05	-3406.77	18771.42	147-1	50
147	50	1,4 D	Combination			-4803.86	-2024.3	-38.61	10.91	927.74	2089	147-1	50
147	0	1,2 D+E+L...	Combination			-3488.01	-2337.44	166.08	-33.05	4897.47	-81171.81	147-1	0
147	0	1,4 D	Combination			-4803.86	-2068.81	-38.61	10.91	-1002.78	-100034.42	147-1	0
25	50	1,2 D+W+L...	Combination			-2796.86	-2091.22	-55.3	15.94	1273.03	12690.71	25-1	50
25	50	1,2 D+1,6(R...	Combination			-2776.08	-2101.13	-51.85	14.92	1193.44	11936.95	25-1	50
26	50	1,4 D	Combination			-2694.31	-2122.21	53.73	-15.26	-1287.7	14578.38	26-1	50
24	50	1,2 D+E+L...	Combination			-8577.53	-2122.9	283.33	-82.68	-8095.34	-74350.72	24-1	50
25	50	1,2 D+E+L...	Combination			-2920.89	-2142.24	-236.88	70.98	5381	11013.43	25-1	50
24	0	1,2 D+E+L...	Combination			-8577.53	-2190.2	283.33	-82.68	6071.28	-182596.06	24-1	0
25	0	1,2 D+W+L...	Combination			-2706.86	-2208.67	-55.3	15.94	-1491.95	-95642.48	25-1	0
25	0	1,2 D+1,6(R...	Combination			-2776.08	-2218.59	-51.85	14.92	-1399.28	-96891.88	25-1	0
26	0	1,4 D	Combination			-2694.31	-2252.12	53.73	-15.26	1368.8	-95895.48	26-1	0
25	0	1,2 D+E+L...	Combination			-2920.89	-2289.69	-236.88	70.98	-6453.04	-98870.77	25-1	0
26	50	1,2 D+E+L...	Combination			-2642.58	-2381.65	-125.84	39.66	2764.92	18242.11	26-1	50
26	50	1,2 D+W+L...	Combination			-2932.15	-2333.29	53.74	-15.11	-1297.26	15648.49	26-1	50
26	50	1,2 D+1,6(R...	Combination			-3014.99	-2346.41	59.6	-16.9	-1432.9	14779.59	26-1	50
25	50	1,2 D+1,6(L...	Combination			-3108.27	-2404.57	-55.83	16.14	1280.26	14988.89	25-1	50
26	0	1,2 D+E+L...	Combination			-2642.58	-2455.5	-125.84	39.66	-3527.31	-101492.44	26-1	0
26	0	1,2 D+W+L...	Combination			-2932.15	-2507.14	53.74	-15.11	1388.51	-106870.16	26-1	0
26	0	1,2 D+1,6(R...	Combination			-3014.99	-2520.26	59.6	-16.9	1547.31	-108182.81	26-1	0
25	0	1,2 D+1,6(L...	Combination			-3108.27	-2558.52	-55.83	16.14	-1511.39	-110282	25-1	0
26	50	1,2 D+1,6(L...	Combination			-3343.34	-2640.75	65.52	-18.5	-1575.66	17653.91	26-1	50
147	50	1,2 D+W+L...	Combination			-6192.81	-2662.93	61.2	-13.55	-1523.29	3945.19	147-1	50
147	0	1,2 D+W+L...	Combination			-6192.81	-2731.21	61.2	-13.55	1536.52	-130482.23	147-1	0
26	0	1,2 D+1,6(L...	Combination			-3343.34	-2852.1	65.52	-18.5	1706.33	-121286.63	26-1	0
147	50	1,2 D+1,6(R...	Combination			-6881.97	-2924.99	32.21	-8.39	-821.77	3487.84	147-1	50
147	0	1,2 D+1,6(R...	Combination			-6881.97	-3006.74	32.21	-8.39	788.86	-144267	147-1	0
147	50	1,2 D+1,6(L...	Combination			-7364.66	-3176.09	121.39	-28.5	-3034.98	4632.74	147-1	50
147	0	1,2 D+1,6(L...	Combination			-7364.66	-3258.77	121.39	-28.5	3034.51	-155692.82	147-1	0

D max = 3258.77 Kg

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 2179,441 Kg.m

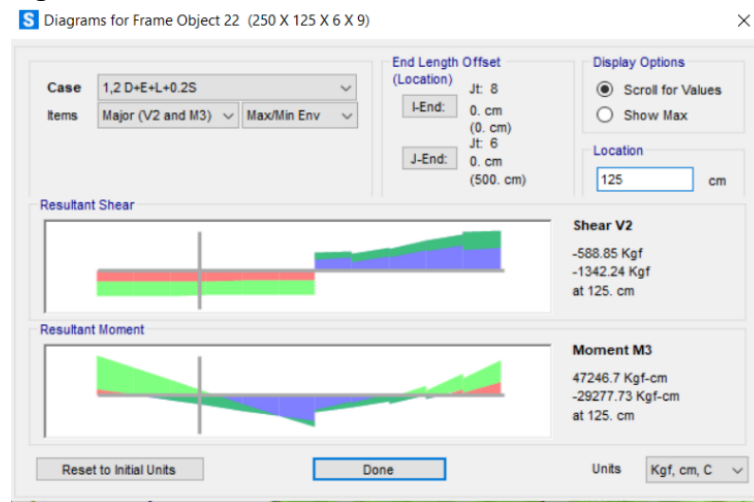
Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 3258,77 Kg

Berikut nya dilakukan perhitungan momen pada $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ bentang untuk melakukan kontroling kemampuan lateral buckling pada balok, didapatkan hasil sebagai berikut :

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban response spektrum

$$X_a = \frac{1}{4} \times 5 = 1,25 \text{ m} = 125 \text{ cm}$$

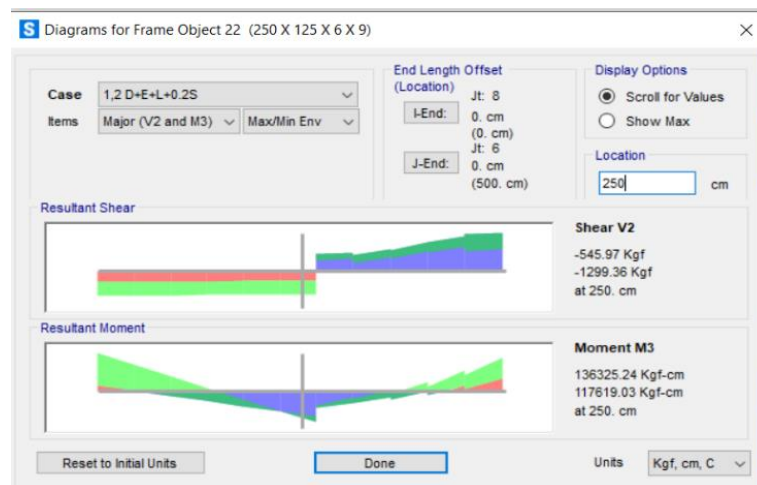
$$M_a = 472.467 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.12 M_a pada balok (response spectrum)

$$X_b = \frac{1}{2} \times 5 = 2,50 \text{ m} = 250 \text{ cm}$$

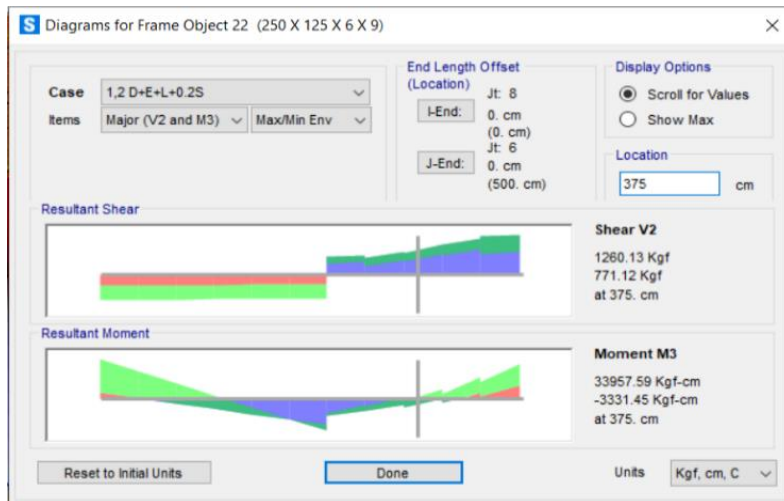
$$M_b = 1363.2524 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.13 M_b pada balok (response spectrum)

$$X_c = \frac{3}{4} \times 5 = 3,75 \text{ m} = 375 \text{ cm}$$

$$M_c = 339.5759 \text{ Kg.m}$$

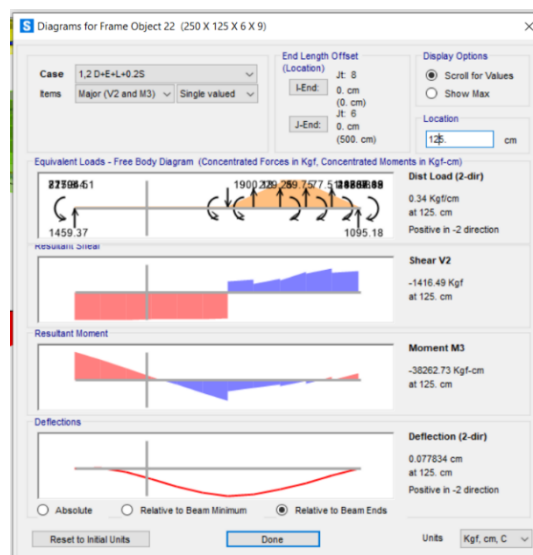


Gambar 5.14 Mc pada balok (response spectrum)

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban statik ekuivalen :

$$X_a = \frac{1}{4} \times 5 = 1,25 \text{ m} = 125 \text{ cm}$$

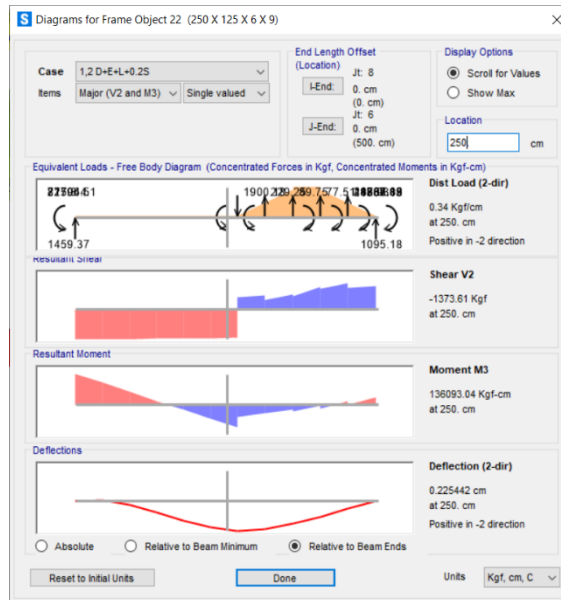
$$M_a = 382.627 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.15 Ma pada balok (static ekuivalen)

$$X_b = \frac{1}{2} \times 5 = 2,50 \text{ m} = 250 \text{ cm}$$

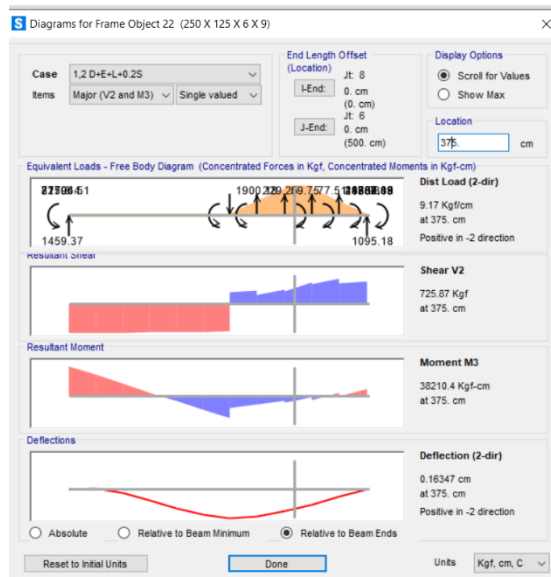
$$M_b = 1360.9304 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.16 Mb pada balok (static ekivalen)

$$X_c = \frac{3}{4} \times 5 = 3,75 \text{ m} = 375 \text{ cm}$$

$$M_c = 382.104 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.17 Mc pada balok (static ekivalen)

Didapatkan momen M_a , M_b dan M_c sepanjang bentang adalah :

$M_a = 472.467 \text{ Kg.m}$, $M_b = 1363.2524 \text{ Kg.m}$ dan $M_c = 382.104 \text{ Kg.m}$

Setelah didapatkan momen dan geser maksimum yang terjadi pada balok dengan profil WF 250.125.6.9 maka berikutnya dilakukan kontroling kemampuan balok dengan profil WF 250.125.6.9 untuk menahan beban yang bekerja sebagai berikut :

Kontrol Penampang

Sayap

$$\left. \begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &= \frac{125}{2.9} = 6,9444 \\ \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 10,96 \end{aligned} \right\} \frac{bf}{2. tf} < \lambda_p$$

Badan

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{tw} &= \frac{208}{6} = 34,667 \\ \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 108,54 \end{aligned} \right\} \frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

Penampang Kompak
 $M_{nx} = M_{px}$

$$M_{px} = Z_x \cdot F_y = 352.2400 = 844800 \text{ kgcm} = 8448 \text{ kgm}$$

Kontrol Lateral Buckling

$$L_p = 141.75 \text{ cm} \quad L_r = 445.87 \text{ cm (tabel profil)}$$

Profil dengan pengaku di sepanjang bentang terbagi menjadi dua

$$L_B = 400 \text{ cm} \quad L_P < L_B < L_r \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

$$L_B = 500 \text{ cm} \quad L_r < L_B \rightarrow \text{Bentang Panjang}$$

Bentang menengah :

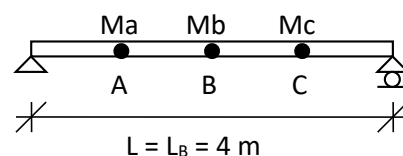
$$M_n = C_b \left[M_p + (M_p - 0,7F_y S_x) \frac{L_R - L_B}{L_R - L_p} \right] \leq M_p$$

$$M_a = 472.467 \text{ Kg.m}$$

$$M_b = 1363.2524 \text{ Kg.m}$$

$$M_c = 382.104 \text{ Kg.m}$$

$$M_{\max} = 2179,441 \text{ Kg.m}$$



$$C_b = \frac{12,5M_{max}}{2,5M_{ABC_{max}} \leq 2,30}$$

$$= \frac{12,5 \cdot 2179,441}{2,5 \cdot 2179,441 + 3.472,467 + 4.1363,2524 + 3.382,104} < 2,30$$

$$= 2.023197642 \leq 2,30$$

$$0,7F_y S_x = 0,7 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot 324 \text{ cm}^3 = 5443.2 \text{ kgm}$$

$$\frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} = \frac{445.87 - 400}{445.87 - 141.75} = 0.150826$$

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

$$M_n = 2.023197642 \{ 8448 - (8448 - 5443.2) \cdot 0.150826 \}$$

$$= 16175.05456 \text{ kgm} < M_p$$

$$\text{Maka } M_n = M_p = 8448 \text{ kgm}$$

$$M_u < 0,9 M_{nx}$$

$$2179,441 \text{ Kg.m} < 0,9 \cdot 8448 \text{ kgm}$$

$$2179,441 \text{ Kg.m} < 7603.2 \text{ kgm (OK)}$$

Bentang Panjang :

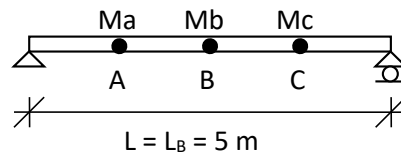
$$M_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi}{L_b} \sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L_b} \right)^2 I_y C_w}$$

$$M_a = 472.467 \text{ Kg.m}$$

$$M_b = 1363.2524 \text{ Kg.m}$$

$$M_c = 382.104 \text{ Kg.m}$$

$$M_{max} = 2179,441 \text{ Kg.m}$$



$$C_b = \frac{12,5M_{max}}{2,5M_{ABC_{max}} \leq 2,30}$$

$$= \frac{12,5 \cdot 2179,441}{2,5 \cdot 2179,441 + 3.472,467 + 4.1363,2524 + 3.382,104} < 2,30$$

$$= 2.023197642 \leq 2,30$$

$$C_w = \frac{I_y \cdot h_0^2}{4} = \frac{294 \text{ cm}^4 \cdot (480 \text{ mm})^2}{4} = 42689.535 \text{ cm}^6$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3, \quad b = d - 2t_f = 250 - 2 \cdot 9 = 232$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 = \sum \left(\frac{1}{3} 232 \cdot 6^3 + \frac{1}{3} 125 \cdot 9^3 \right) = 77454 \text{ mm}^4 = 7.7454 \text{ cm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi}{L_b} \sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L_b} \right)^2 I_y C_w}$$

$$= \frac{2.023197642 \cdot 3.14}{500} \sqrt{2000000 \text{ Mpa} \cdot 294 \text{ cm}^4 \cdot 7.72000 \cdot 7.7454 \text{ cm}^4 + \left(\frac{3.14 \cdot 2000000}{500} \right)^2 294 \text{ cm}^4 \cdot 42689.535 \text{ cm}^6}$$

$$= 943088.1271 \text{ kg} \cdot \text{cm} = 9430,88 \text{ kgm}$$

$$M_{cr} > M_p$$

$$9430,88 \text{ kgm} > 8448 \text{ kgm}$$

$$\text{Maka } M_n = M_p = 8448 \text{ kgm}$$

$$M_u < 0,9 M_{nx}$$

$$2179,441 \text{ Kg} \cdot \text{m} < 0,9 \cdot 8448 \text{ kgm}$$

$$2179,441 \text{ Kg} \cdot \text{m} < 7603.2 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Geser

$$V_u = 1787.61 \text{ kg (Hasil Analisa SAP2000)}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{120}{5} = 24,00$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 200000}{240}} = 71,004 \left. \vphantom{\sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}}} \right\} \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} \quad \text{Keadaan geser plastis}$$

$$*K_v = 5 \text{ (tanpa pengaku pelat badan)}$$

Keadaan geser plastis

$$V_n = 0.6 f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0.6 f_y \cdot d \cdot t_w \cdot C_v = 0,6 \cdot 240 \cdot 150 \cdot 5 \cdot 1 = 108000 \text{ N} = 10800 \text{ kg}$$

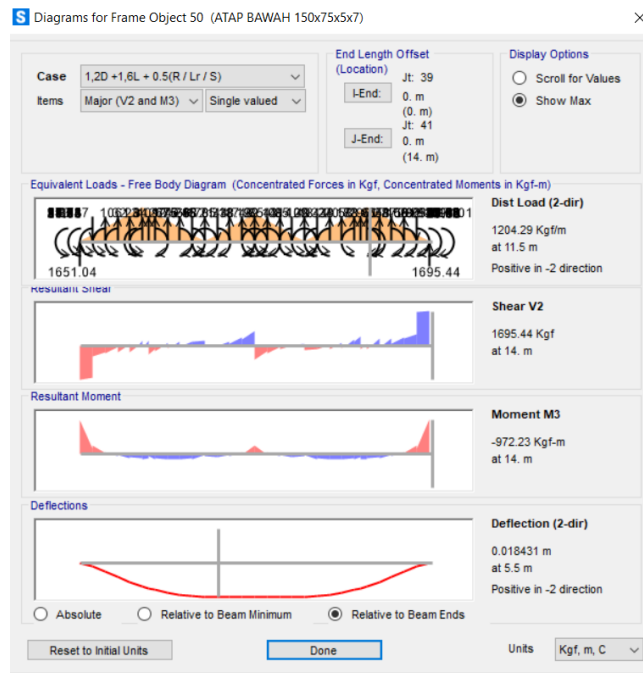
$$V_u < \phi \cdot V_n$$

$$1787.61 \text{ kg} < 0,9 \times 10800 \text{ kg}$$

$$1787.61 \text{ kg} < 9720 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow \bar{f} = \frac{L}{360} = \frac{1400}{360} = 5.83 \text{ cm}$$



Gambar 5.18 Lendutan yang terjadi

Lendutan Terjadi : 1,84 cm

$$f' = 1,84 \text{ cm} < \bar{f} = 5.83 \text{ cm (OK)}$$

Dapat disimpulkan berdasarkan hasil kontrol penampang, kontrol lateral buckling, kontrol geser dan kontrol lendutan, profil WF 250.125.6.9 dapat dipakai untuk bentang 4 m dan 5 m

5.4 Direncanakan Profil WF 300.150.9.13 dengan data sebagai berikut :

A = 46.78 cm ²	I _x = 7210 cm ⁴	S _x = 481 cm ³
W = 36.7 kg/m	I _y = 508 cm ⁴	S _y = 67,7 cm ³
bf = 150 mm	i _x = 12,4 cm	Z _x = 522 cm ³
d = 300 mm	i _y = 3,29 cm	Z _y = 104 cm ³
tw = 9 mm	r = 13 mm	h = 300 - 2 (13 +
tf = 13 mm		13)
		= 256 mm

Dari Output SAP 2000, didapatkan beban-beban yang bekerja (momen dan geser) pada balok Profil WF 300.150.9.13 dengan bentang 5 m adalah sebagai berikut :

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban response spektrum momen maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station	Output Case	Case Type	Step Type	Step Num	P	V2	V3	T	M2	M3	Frame Elem	Elem Station
235	5	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-27872.48	5704.12	541.29	-1	-142.59	5308.13	235-10	0.5
235	5	1.2D+H+0.25	Combination	Min		-21965.82	4430.82	412.87	-0.78	-112.23	-4179.88	235-10	0.5
235	5	1.2D+1.6R+0.5(R/L/S)	Combination			-21587.66	4456.05	418.87	-0.77	-118.47	-4145.43	235-10	0.5
235	5	1.2D+1.6R/L/S+H	Combination			-21589.49	4455.7	418.76	-0.77	-118.42	-4145.2	235-10	0.5
235	5	1.2D+H+0.25	Combination	Max		-21387.93	4479.93	424.69	-0.75	-108.63	-4118.81	235-10	0.5
104	5	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			47.65	2911.89	-442.22	1.16	138.03	-3952.9	104-10	0.5
89	0	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-19043	-6021.53	259.19	-1.58	58.28	-3618.3	89-1	0
88	5	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-18995.56	6056.16	-110.49	1.21	20.04	-3811.48	88-10	0.5
89	5	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-17515.84	5760.01	-243.72	1.67	52.11	-3476.3	89-10	0.5
91	5	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-11121.94	6125.29	204.49	-2.01	-58.56	-3408.42	91-10	0.5
88	0	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-11198.77	-5768.04	540.33	-1.93	154.85	-3288.8	88-1	0
90	0	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-16938.79	-5307.72	-74.97	-0.54	-30.17	-3236.63	90-1	0
235	4.5	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-19829.82	5492.95	-176.94	1.51	53.84	-3230.5	235-9	0.5
91	0	1.2D+1.6L+0.5(R/L/S)	Combination			-10810.43	-5675.49	-483.2	1.79	-137.83	-3229.24	91-1	0
104	5	1.2D+H+0.25	Combination	Min		113.94	2202.01	-398.11	0.82	95.17	-3189.98	104-10	0.5
104	5	1.2D+1.6R+0.5(R/L/S)	Combination			160.77	2220.36	-346.06	0.92	198.22	-3117.48	104-10	0.5
104	5	1.2D+1.6R/L/S+H	Combination			158.41	2220.01	-348.17	0.93	198.58	-3116.93	104-10	0.5
104	5	1.2D+H+0.25	Combination	Max		297.33	2238.39	-298.19	1.04	121.98	-3084.22	104-10	0.5
88	5	1.2D+H+0.25	Combination	Min		-15935.37	4570.7	-119.32	0.84	6.2	-3028.69	88-10	0.5
89	0	1.2D+H+0.25	Combination	Min		-15772.72	-4860.06	178.06	-1.33	38.88	-3017.33	89-1	0
89	5	1.2D+H+0.25	Combination	Min		-14858.47	4334.77	-213.32	1.21	33.42	-2915.26	89-10	0.5
91	5	1.2D+H+0.25	Combination	Min		-8701.26	4637.75	134.43	-1.7	-59.79	-2876.74	91-10	0.5
89	0	1.2D+1.6R+0.5(R/L/S)	Combination			-14886.04	-4706.98	203	-1.24	45.7	-2828.97	89-1	0
88	5	1.2D+1.6R/L/S+H	Combination			-14795.65	4737.83	-88.85	0.95	16.37	-2828.02	88-10	0.5
89	0	1.2D+1.6R/L/S+H	Combination			-14891.79	-4705.23	203.57	-1.24	45.82	-2827.57	89-1	0
88	5	1.2D+1.6R+0.5(R/L/S)	Combination			-14789.55	4738.22	-87.86	0.95	16.1	-2827.5	88-10	0.5
88	0	1.2D+H+0.25	Combination	Min		-9776.2	-4702.06	402.09	-1.63	112.84	-2802.31	88-1	0
91	0	1.2D+H+0.25	Combination	Min		-8457.84	-4624.44	-411.3	1.31	-119.76	-2759.23	91-1	0
90	0	1.2D+H+0.25	Combination	Min		-14125.19	-4302.47	-95.36	-0.55	-35.64	-2723.49	90-1	0
89	5	1.2D+1.6R/L/S+H	Combination			-13704	4503.96	-191.96	1.31	41.13	-2719.94	89-10	0.5
89	5	1.2D+1.6R+0.5(R/L/S)	Combination			-13699.17	4504.78	-191.97	1.31	40.9	-2719.56	89-10	0.5

M max = 5308.13 Kg.m

Geser maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station cm	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	P Kg	V2 Kg	V3 Kg	T Kg-m	M2 Kg-m	M3 Kg-m	FrameElem Text	ElemStation
91	5	1.2D+1.6L...	Combination			-1121.94	6125.29	204.49	-2.01	-58.56	-3408.42	91-10	0.5
88	5	1.2D+1.6L...	Combination			-10895.56	6056.16	-110.49	1.21	20.04	-3611.49	88-10	0.5
91	4.5	1.2D+1.6L...	Combination			-1121.94	5865.91	204.49	-2.01	43.89	-391.5	91-10	0
88	4.5	1.2D+1.6L...	Combination			-10895.56	5796.78	-110.49	1.21	-35.2	-629.14	88-10	0
89	5	1.2D+1.6L...	Combination			-17515.04	5760.01	-243.72	1.67	52.11	-3476.3	89-10	0.5
235	5	1.2D+1.6L...	Combination			-27672.48	5704.12	541.29	-1	-142.58	-5308.13	235-10	0.5
89	4.5	1.2D+1.6L...	Combination			-17515.04	5500.63	-243.72	1.67	-69.75	-642.02	89-10	0
235	4.5	1.2D+1.6L...	Combination			-19629.82	5492.95	-176.94	1.51	53.04	-3230.5	235-9	0.5
235	4.5	1.2D+1.6L...	Combination			-27672.48	5444.74	541.29	-1	128.07	-2501.8	235-10	0
91	5	1.2D+E+L+...	Combination	Max		-7735.92	4965.27	200.95	-1.49	-36.3	-2469.45	91-10	0.5
88	5	1.2D+E+L+...	Combination	Max		-13756.15	4905.2	-58.45	1.06	26.56	-2627.66	88-10	0.5
88	4.5	1.2D+1.6R...	Combination			-6525.72	4862.49	-34.9	0.09061	17.26	-1526.05	88-9	0.5
91	5	1.2D+1.6R...	Combination			-8718.3	4801.44	167.69	-1.6	-68.04	-2673.07	91-10	0.5
91	5	1.2D+1.6R...	Combination			-8722.63	4801.17	168.77	-1.6	-48.34	-2673.69	91-10	0.5
91	4.5	1.2D+E+L+...	Combination	Max		-7735.92	4777.74	200.95	-1.49	41.88	-183.21	91-10	0
235	4	1.2D+1.6L...	Combination			-19629.82	4774.77	-176.94	1.51	-34.63	-644.45	235-9	0
88	5	1.2D+1.6R...	Combination			-14789.55	4738.22	-87.86	0.95	16.1	-2627.5	88-10	0.5
88	5	1.2D+1.6R...	Combination			-14795.65	4737.83	-88.05	0.95	16.37	-2628.02	88-10	0.5
88	4.5	1.2D+E+L+...	Combination	Max		-13756.15	4717.66	-58.45	1.06	-22	-374.69	88-10	0.5
235	4	1.2D+1.6L...	Combination			-8378.84	4679.9	-167.64	1.08	44.51	-1624.96	235-8	0
89	5	1.2D+E+L+...	Combination	Max		-12749.33	4674.03	-170.24	1.42	48.77	-2524.79	89-10	0.5
89	4.5	1.2D+1.6L...	Combination			-5944.7	4642.28	-210.76	0.82	62.14	-1753.55	89-9	0.5
91	5	1.2D+E+L+...	Combination	Min		-8701.26	4637.75	134.43	-1.7	-59.78	-2876.74	91-10	0.5
91	4.5	1.2D+1.6R...	Combination			-8718.3	4613.91	167.69	-1.6	36.8	-306.11	91-10	0
91	4.5	1.2D+1.6R...	Combination			-8722.63	4613.64	168.77	-1.6	36.04	-306.86	91-10	0
88	5	1.2D+E+L+...	Combination	Min		-15835.37	4570.7	-119.32	0.84	6.2	-3028.69	88-10	0.5
88	4.5	1.2D+1.6R...	Combination			-14789.55	4550.69	-87.86	0.95	-27.83	-492.14	88-10	0
88	4.5	1.2D+1.6R...	Combination			-14795.65	4550.3	-88.05	0.95	-28.06	-492.86	88-10	0
89	5	1.2D+1.6R...	Combination			-13699.17	4504.78	-191.07	1.31	40.9	-2719.56	89-10	0.5
89	5	1.2D+1.6R...	Combination			-13704	4503.96	-191.96	1.31	41.13	-2719.94	89-10	0.5
89	4.5	1.2D+E+L+...	Combination	Max		-12749.33	4486.5	-170.24	1.42	-49.7	-389.27	89-10	0

D max = 6125.29 Kg

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban statik ekuivalen momen maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station cm	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	P Kg	V2 Kg	V3 Kg	T Kg-m	M2 Kg-m	M3 Kg-m	FrameElem Text	ElemStation
235	500	1.2D+1.6L+0.5R(L/S)	Combination			-27672.48	5704.12	541.29	-100.47	-14257.82	5308.13	235-10	50
235	500	1.2D+E+L+0.2S	Combination			-22180.38	4497.44	422.35	-77.28	-1194.01	-18449.85	235-10	50
235	500	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			-21597.86	4456.05	418.87	-76.89	-11046.82	-14542.92	235-10	50
235	500	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			-21589.49	4455.7	416.76	-76.87	-11042.11	-14530.29	235-10	50
104	500	1.2D+1.6L+0.5R(L/S)	Combination			47.85	2811.89	-442.22	117.53	13833.16	-395296.32	104-10	50
89	0	1.2D+1.6L+0.5R(L/S)	Combination			-15043	-8021.53	259.19	-158.48	5827.56	-361830.05	89-1	0
88	500	1.2D+1.6L+0.5R(L/S)	Combination			-18895.56	6056.16	-110.49	120.59	2004.25	-361148.86	88-10	50
89	500	1.2D+1.6L+0.5R(L/S)	Combination			-17515.04	5760.01	-243.72	167.34	5211.38	-347630.06	89-10	50
91	500	1.2D+1.6L+0.5R(L/S)	Combination			-1121.94	6125.29	204.49	-201.27	-5855.82	-340841.76	91-10	50
88	0	1.2D+1.6L+0.5R(L/S)	Combination			-11888.77	-5769.04	540.33	-192.76	15485.19	-328979.61	88-1	0
90	0	1.2D+1.6L+0.5R(L/S)	Combination			-19838.79	-5307.72	-74.97	-53.82	-3017.67	-323683.03	90-1	0
235	450	1.2D+1.6L+0.5R(L/S)	Combination			-19629.82	5492.95	-176.94	150.94	5384.36	-323049.71	235-9	50
91	0	1.2D+1.6L+0.5R(L/S)	Combination			-10610.43	-8679.49	-483.2	179.01	-13763.3	-322904.44	91-1	0
104	500	1.2D+E+L+0.2S	Combination			187.02	2232.88	-272.3	75.11	8748.25	-314411.16	104-10	50
104	500	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			180.77	2220.36	-346.86	92.4	10522.32	-311748.46	104-10	50
104	500	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			158.41	2220.01	-348.17	92.72	10657.93	-311893.39	104-10	50
89	0	1.2D+E+L+0.2S	Combination			-14658.49	-4760.82	167.29	-103.22	3739.1	-285170.61	89-1	0
88	500	1.2D+E+L+0.2S	Combination			-14715.37	4799.19	-42.14	70.06	530.8	-284804.79	88-10	50
89	0	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			-14688.04	-4706.98	203	-124.01	4570.27	-282897.05	89-1	0
88	500	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			-14795.65	4737.83	-88.85	95.12	1636.95	-282802.03	88-10	50
89	0	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			-14681.79	-4705.23	203.57	-124.33	4581.86	-282757.13	89-1	0
88	500	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			-14789.55	4738.22	-87.86	94.72	1610	-282758.15	88-10	50
20	500	1.2D+E+L+0.2S	Combination			178.1	1790.91	-15.91	166.77	2288.22	-275435.5	20-6	270
89	500	1.2D+E+L+0.2S	Combination			-13705.43	4882.35	-154.67	108.3	3287.67	-275115.61	89-10	50
89	500	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			-13704	4903.96	-191.96	131.46	4113.68	-271993.56	89-10	50
89	500	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			-13699.17	4504.78	-191.07	131.08	4088.89	-271955.81	89-10	50
90	500	1.2D+1.6L+0.5R(L/S)	Combination			-8620.42	4293.85	-446.66	121.47	12669.56	-268557.43	90-10	50
91	500	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			-8722.63	4801.17	168.77	-180.01	-4834.01	-267368.67	91-10	50
91	500	1.2D+1.6R(L/S)+H	Combination			-8718.3	4801.44	167.69	-159.59	-4803.91	-267307.32	91-10	50
91	500	1.2D+E+L+0.2S	Combination			-8650.23	4741.12	212.71	-185.6	-5894.63	-264881.88	91-10	50
88	0	1.2D+E+L+0.2S	Combination			-8830.38	-4565.51	385.14	-127.08	11096.05	-259799.66	88-1	0

M max = 5308.13 Kg.m

Geser maksimum yang terjadi pada balok

Element Forces - Frames

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Element Forces - Frames

Filter:

Frame Text	Station cm	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-cm	M2 Kgf-cm	M3 Kgf-cm	FrameElem Text	ElemStation
235	500	1,2D+1,6R / Lr / S)+L	Combination			-21589.49	4455.7	418.76	-76.87	-11042.11	-414520.29	235-10	50
235	500	1,2D+1W+L+0,5(R/L+S)	Combination			-21597.66	4456.05	418.87	-76.89	-11048.62	-414542.92	235-10	50
235	500	1,2 D+E+L+0,2S	Combination			-22160.38	4497.44	422.35	-77.28	-11194.01	-418440.65	235-10	50
89	500	1,2 D+1,6(R / Lr / S)+L	Combination			-13704	4503.96	-191.96	131.46	4113.08	-271993.56	89-10	50
89	500	1,2D+1W+L+0,5(R/L+S)	Combination			-13699.17	4504.78	-191.07	131.08	4089.89	-271955.81	89-10	50
88	450	1,2 D+1,6(R / Lr / S)+L	Combination			-14795.65	4550.3	-88.85	95.12	-2805.8	-48285.65	88-10	0
88	450	1,2D+1W+L+0,5(R/L+S)	Combination			-14789.55	4550.89	-87.86	94.72	-2783.1	-48214.44	88-10	0
91	450	1,2 D+E+L+0,2S	Combination			-8650.23	4553.59	212.71	-185.6	4741.01	-31201.44	91-10	0
89	500	1,2 D+E+L+0,2S	Combination			-13705.43	4582.35	-154.67	108.3	3287.07	-275115.61	89-10	50
88	450	1,2 D+E+L+0,2S	Combination			-14715.37	4611.66	-42.14	70.06	-1576.2	-48220.77	88-10	0
91	450	1,2D+1W+L+0,5(R/L+S)	Combination			-8722.63	4613.84	168.77	-160.01	3604.24	-30685.55	91-10	0
91	450	1,2 D+1,6(R / Lr / S)+L	Combination			-8716.3	4613.91	167.69	-159.59	3580.38	-30610.85	91-10	0
89	450	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-5944.7	4642.28	-210.76	82.05	6214.04	-175355.34	89-9	50
235	400	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-8379.84	4679.9	-167.64	108.01	4451.02	-162496.14	235-8	50
88	500	1,2 D+1,6(R / Lr / S)+L	Combination			-14795.65	4737.83	-88.85	95.12	1636.95	-262802.03	88-10	50
88	500	1,2D+1W+L+0,5(R/L+S)	Combination			-14789.55	4738.22	-87.86	94.72	1610	-262750.15	88-10	50
91	500	1,2 D+E+L+0,2S	Combination			-8650.23	4741.12	212.71	-185.6	-5894.63	-264881.88	91-10	50
235	400	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-18629.82	4774.77	-176.94	150.94	-3462.74	-64445.02	235-9	0
88	500	1,2 D+E+L+0,2S	Combination			-14715.37	4799.19	-42.14	70.06	530.8	-284804.79	88-10	50
91	500	1,2D+1W+L+0,5(R/L+S)	Combination			-8722.63	4801.17	168.77	-160.01	-4834.01	-267368.67	91-10	50
91	500	1,2 D+1,6(R / Lr / S)+L	Combination			-8716.3	4801.44	167.69	-159.59	-4803.91	-267307.32	91-10	50
88	450	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-8525.72	4862.49	-34.9	9.06	1726.45	-162604.72	88-9	50
235	450	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-27672.48	5444.74	541.29	-100.47	12806.92	-250179.91	235-10	0
235	450	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-18629.82	5492.95	-176.94	150.94	5384.36	-32049.71	235-9	50
89	450	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-17515.84	5500.83	-243.72	167.34	-6974.69	-54202.18	89-10	0
235	500	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-27672.48	5704.12	541.29	-100.47	-14257.52	-530813.03	235-10	50
89	500	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-17515.84	5760.01	-243.72	167.34	5211.38	-347630.06	89-10	50
88	450	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-18895.56	5796.78	-110.49	120.59	-3520.23	-62913.63	88-10	0
91	450	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-11121.94	5865.91	204.49	-201.27	4368.84	-39150.04	91-10	0
88	500	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-18895.56	6056.16	-110.49	120.59	2004.25	-361148.86	88-10	50
91	500	1,2D +1,6L + 0,5(R / Lr / S)	Combination			-11121.94	6125.29	204.49	-201.27	-5855.82	-340841.76	91-10	50

Record: << < 19675 > >> of 19675

Add Tables... Done

D max = 6125.29 Kg

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 5308.13 Kg.m

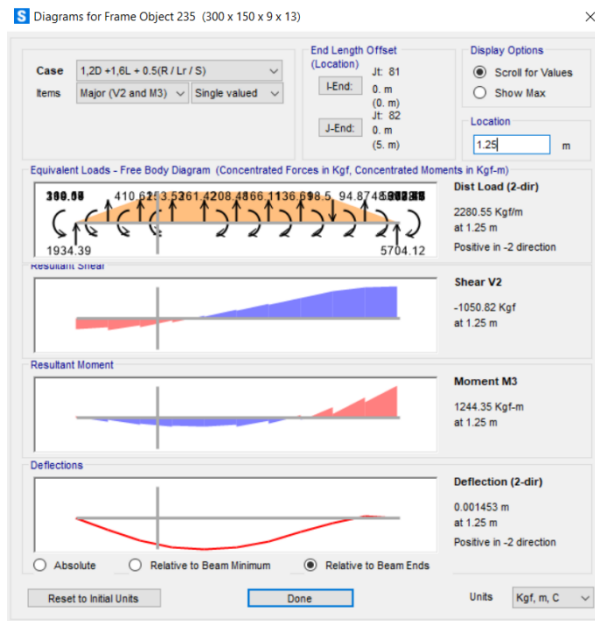
Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 6125.29 Kg

Berikut nya dilakukan perhitungan momen pada $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ bentang untuk melakukan kontroling kemampuan lateral buckling pada balok, didapatkan hasil sebagai berikut :

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban response spektrum

$$X = \frac{1}{4} \times 5 = 1,25 \text{ m} = 125 \text{ cm}$$

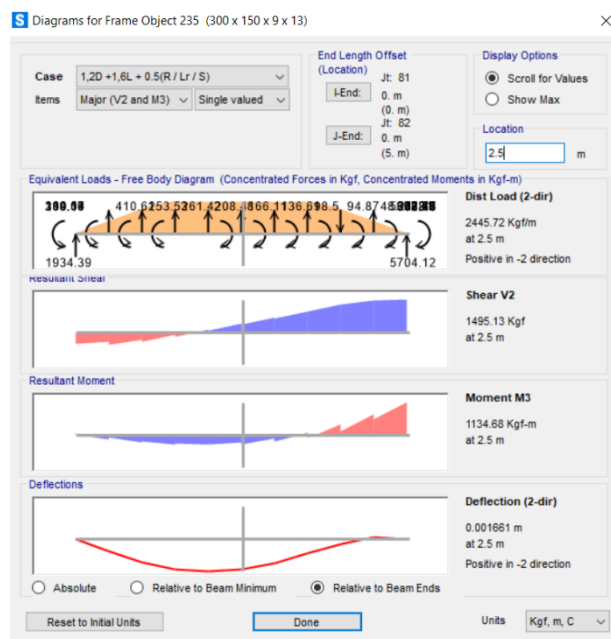
$$M_a = 1244.35 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.19 M_a pada balok

$$X = \frac{1}{2} \times 5 = 2,50 \text{ m} = 250 \text{ cm}$$

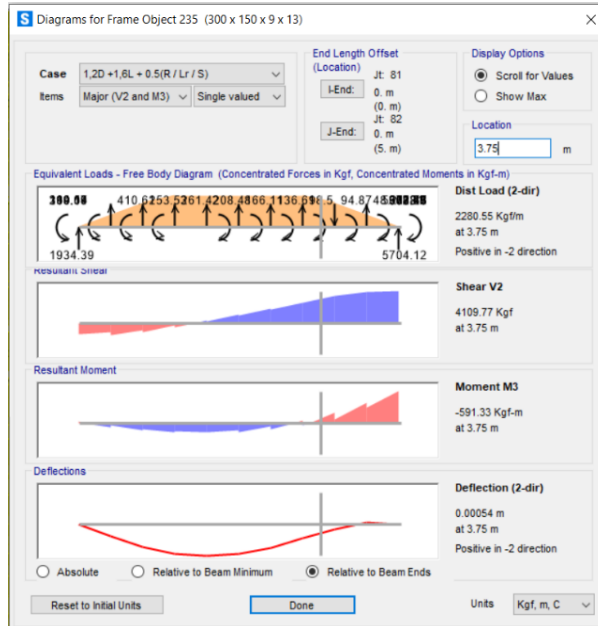
$$M_b = 1134.68 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.20 M_b pada balok

$$X = \frac{3}{4} \times 5 = 3,75 \text{ m} = 375 \text{ cm}$$

$$M_c = 591.33 \text{ Kg.m}$$

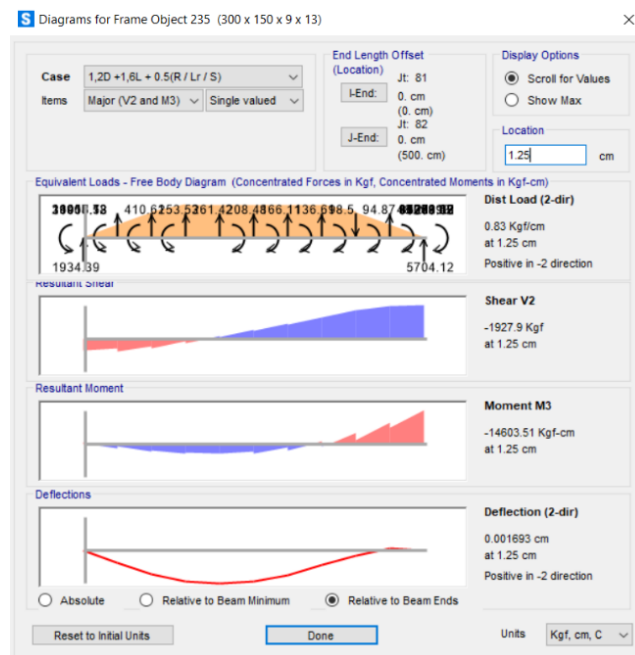


Gambar 5.21 M_c pada balok

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban statik ekuivalen :

$$X = \frac{1}{4} \times 5 = 1,25 \text{ m} = 125 \text{ cm}$$

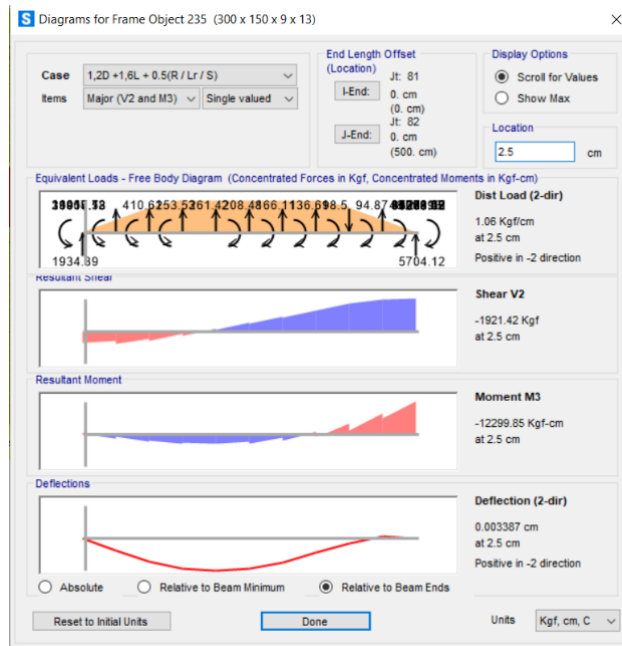
$$M_a = 146.0351 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.22 M_a pada balok (static ekuivalen)

$$X = \frac{1}{2} \times 5 = 2,50 \text{ m} = 250 \text{ cm}$$

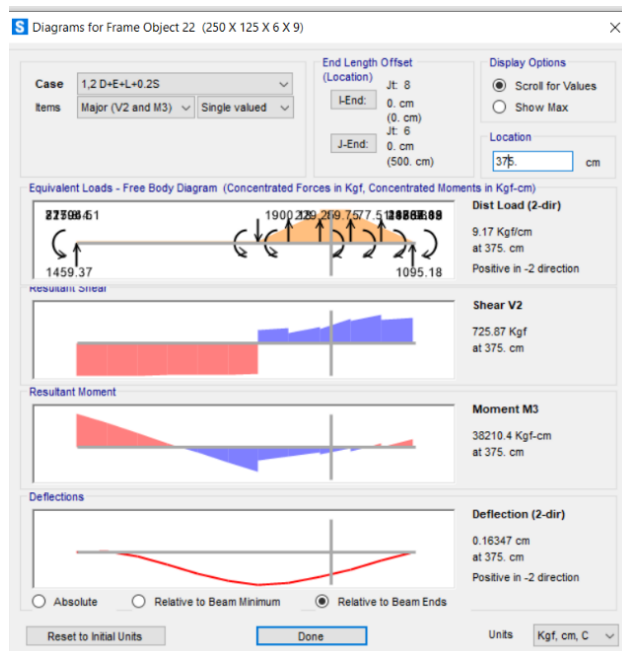
$$M_b = 122.9985 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.23 Mb pada balok (static ekuivalen)

$$X = \frac{3}{4} \times 5 = 3,75 \text{ m} = 375 \text{ cm}$$

$$M_c = 99.9618 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.24 Mc pada balok (static ekuivalen)

Didapatkan momen Ma, Mb dan Mc sepanjang bentang adalah :

$$M_a = 1244.35 \text{ Kg.m}$$

$$M_b = 1134.68 \text{ Kg.m}$$

$$M_c = 591.33 \text{ Kg.m}$$

Setelah didapatkan momen dan geser maksimum yang terjadi pada balok dengan profil WF 300.150.9.13 maka berikutnya dilakukan kontroling kemampuan balok dengan profil WF 300.150.9.13 untuk menahan beban yang bekerja sebagai berikut :

Kontrol Penampang

Sayap

$$\left. \begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &= \frac{150}{2.13} = 5.769230769 \\ \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 10,96 \end{aligned} \right\} \frac{bf}{2tf} < \lambda_p$$

Badan

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{tw} &= \frac{248}{9} = 27.56 \\ \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 108,54 \end{aligned} \right\} \frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

Penampang Kompak
M_{nx} = M_{px}

$$M_{px} = Z_x \cdot F_y = 522.2400 = 1252800 \text{ kgcm} = 12528 \text{ kgm}$$

Kontrol Lateral Buckling

$$L_p = 167.154 \text{ cm}$$

$$L_r = 496.4 \text{ cm (tabel profil)}$$

Profil dengan pengaku di sepanjang bentang terbagi menjadi dua

$$L_B = 500 \text{ cm} \quad L_r < L_B \rightarrow \text{Bentang Panjang}$$

Bentang Panjang :

$$M_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi}{L_b} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 I_y C_w}$$

$$M_a = 1244.35 \text{ Kg.m}$$

$$M_b = 1134.68 \text{ Kg.m}$$

$$M_c = 591.33 \text{ Kg.m}$$

$$M_{max} = 5308.13 \text{ Kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5M_{max}}{2,5M_{ABC_{max}} \leq 2,30}$$

$$= \frac{12,5 \cdot 5308.13}{2,5 \cdot 5308.13 + 3 \cdot 1244.35 + 4 \cdot 1134.68 + 3 \cdot 591.33} < 2,30$$

$$= 2.705006458 \leq 2,30, \text{ maka digunakan } C_b = 2,3$$

$$C_w = \frac{I_y \cdot h_0^2}{4} = \frac{508 \text{ cm}^4 \cdot (287 \text{ mm})^2}{4} = 104608.63 \text{ cm}^6$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3, \quad b = d - 2t_f = 300 - 2 \cdot 9 = 274$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 = \sum \left(\frac{1}{3} 274 \cdot 9^3 + \frac{1}{3} 150 \cdot 13^3 \right) = 286282 \text{ mm}^4 = 28,6282 \text{ cm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi}{L_b} \sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L_b} \right)^2 I_y C_w}$$

$$\frac{2,3 \cdot 3,14}{500} \sqrt{2000000 \text{ Mpa} \cdot 508 \text{ cm}^4 \cdot 772000 \cdot 28,6282 \text{ cm}^4 + \left(\frac{3,14 \cdot 200000}{500} \right)^2 508 \text{ cm}^4 \cdot 104608,63 \text{ cm}^6}$$

$$= 2539402.885 \text{ kg.cm} = 25394.02885 \text{ kgm}$$

$$M_{cr} > M_p$$

$$25394.02885 \text{ kgm} > 12528 \text{ kgm}$$

$$\text{Maka } M_n = M_p = 12528 \text{ kgm}$$

$$M_u < 0,9 M_{nx}$$

$$5308.13 \text{ Kg.m} < 0,9 \cdot 12528 \text{ kgm}$$

$$5308.13 \text{ Kg.m} < 11275.2 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Geser

$$V_u = 6125.29 \text{ kg (Hasil Analisa SAP2000)}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{H}{t_w} &= \frac{248}{9} = 27,55555556 \\ 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} &= \sqrt{\frac{5 \cdot 200000}{240}} = 71,004 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} \quad \text{Keadaan geser plastis}$$

*Kv = 5 (tanpa pengaku pelat badan)

Kadaan geser plastis

$$V_n = 0.6 f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0.6 f_y \cdot d \cdot t_w \cdot C_v = 0,6 \cdot 240 \cdot 300 \cdot 9,1 = 388800 \text{ N} = 38880 \text{ kg}$$

$$V_u < \phi \cdot V_n$$

$$6125,29 \text{ kg} < 0,9 \cdot 38880 \text{ kg}$$

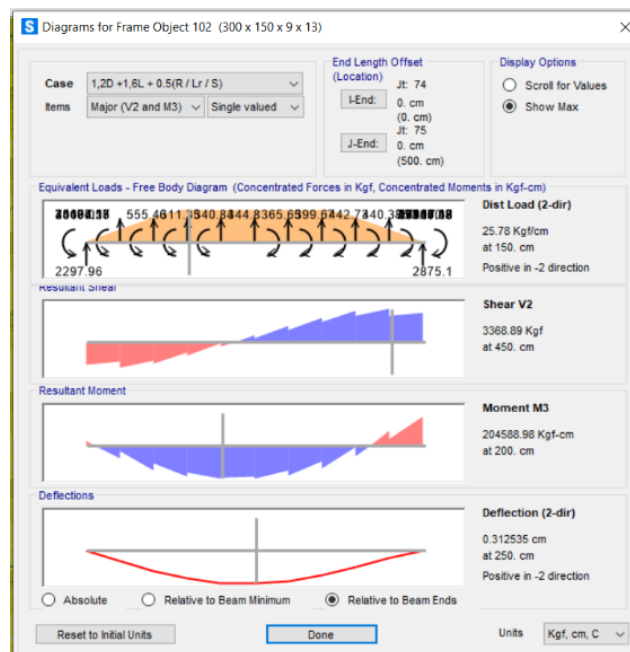
$$6125,29 \text{ kg} < 34992 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow \bar{f} = \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1,388888889 \text{ cm}$$

Lendutan Terjadi : 0,312535 cm

$$f' = 0,312535 \text{ cm} < \bar{f} = 1,389 \text{ cm} \text{ (OK)}$$



Gambar 5.25 Lendutan yang terjadi

Dapat disimpulkan berdasarkan hasil kontrol penampang, kontrol lateral buckling, kontrol geser dan kontrol lendutan, profil WF 300.150.9.13 dapat dipakai untuk bentang 5 m

5.5 Direncanakan Profil WF 500.200.10.16 dengan data sebagai berikut :

A = 114.2 cm2	Ix = 47800 cm4	Sx = 1910 cm3
W = 89.6 kg/m	Iy = 2140 cm4	Sy = 214 cm3
bf = 200 mm	ix = 20,5 cm	Zx = 2096 cm3
d = 500 mm	iy = 4.33 cm	Zy = 332 cm3
tw = 10 mm	r = 20 mm	h = 496- 2(16 + 20
tf = 16 mm)
		= 428 mm

Dari Output SAP 2000, didapatkan beban-beban yang bekerja (momen dan geser) pada balok Profil WF 500.200.10.16 dengan bentang 10 m dan 10,4 m adalah sebagai berikut :

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban response spektrum momen maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station m	Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Num Unitless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m	Frame Elem Text	Elem Station
129	9.53333	1.2D+1.8L+0.5(R/L)/S	Combination			-39169.37	27655.99	1082.84	-4.57	-305.06	-16076.83	129-22	0.43333
129	0.43333	1.2D+1.8L+0.5(R/L)/S	Combination			-89501.27	-22842.52	-343.86	0.48	59.34	-16912.82	129-1	0.43333
129	9.96667	1.2D+E+L+0.25	Combination	Max		-59648.95	22065.11	-388.96	1.68	-227.45	-16949.9	129-24	0
129	9.96667	1.2D+1.8(R/L)/S+L	Combination			-60153.08	21996.49	-480.2	1.36	-251.69	-17194.37	129-24	0
129	9.96667	1.2D+1W+L+0.5(R/L+S)	Combination			-60193.06	21961.42	-481.67	1.37	-251.93	-17192.36	129-24	0
129	9.96667	1.2D+E+L+0.25	Combination	Min		-61255.27	21727.32	-473.77	1.05	-275.97	-17418.75	129-24	0
79	1.8	1.2D+1.8L+0.5(R/L)/S	Combination			-63742.49	19635.85	-138.51	0.14	35.85	-17277.51	79-4	0.45
236	0.43333	1.2D+1.8L+0.5(R/L)/S	Combination			-66371.22	-18969.96	941.98	-1.77	202.22	-18265.1	236-2	0
236	0	1.2D+E+L+0.25	Combination	Max		-64134.48	-14445.37	861.39	-0.86	212.66	-18382.67	236-1	0
236	0	1.2D+1W+L+0.5(R/L+S)	Combination			-64885.89	-14572.51	727.71	-1.17	187.59	-18602.5	236-1	0
236	0	1.2D+1.8(R/L)/S+L	Combination			-64911.72	-14576.93	727.9	-1.17	187.58	-18610.29	236-1	0
236	0	1.2D+E+L+0.25	Combination	Min		-65671.33	-14768.52	594.11	-1.49	162.39	-18833.76	236-1	0
129	9.96667	1.2D+E+L+0.25	Combination	Max		-46113.71	22061.21	473.16	-1.88	-166.45	-19223.5	129-23	0.43333
80	0	1.2D+1.8L+0.5(R/L)/S	Combination			-57446.45	-17833.13	-440.04	0.74	-156.79	-19454.65	80-1	0
129	9.96667	1.2D+1.8(R/L)/S+L	Combination			-47160.59	21919	412.85	-2.03	-180.8	-19464.94	129-23	0.43333
129	9.96667	1.2D+1W+L+0.5(R/L+S)	Combination			-47199.43	21923.2	412.35	-2.03	-180.78	-19473.03	129-23	0.43333
129	9.96667	1.2D+E+L+0.25	Combination	Min		-48205.99	21776.25	351.83	-2.18	-195.09	-19796.21	129-23	0.43333
129	0.43333	1.2D+1.8L+0.5(R/L)/S	Combination			-68394.51	-22642.18	-381.1	0.68	-82.9	-20166.86	129-2	0
129	0	1.2D+E+L+0.25	Combination	Max		-69243.85	-17925.67	-138.94	0.67	45.07	-20035.45	129-1	0
129	0	1.2D+1W+L+0.5(R/L+S)	Combination			-69620.58	-18021.2	-285.3	0.37	-69.19	-20992.06	129-1	0
129	0	1.2D+1.8(R/L)/S+L	Combination			-69949.9	-18025.32	-284.6	0.37	-69.06	-20999.75	129-1	0
129	0	1.2D+E+L+0.25	Combination	Min		-70650.0	-18125.68	-290.2	0.06913	-93.1	-21194.96	129-1	0
129	9.96667	1.2D+1.8L+0.5(R/L)/S	Combination			-76973.11	28003.32	-567.52	1.65	-313.87	-21983.21	129-24	0
236	0	1.2D+1.8L+0.5(R/L)/S	Combination			-83656.76	-18648.17	928.49	-1.5	239.33	-23811.07	236-1	0
129	9.96667	1.2D+1.8L+0.5(R/L)/S	Combination			-60356.09	28045.91	562.44	-2.68	-237.67	-24900.11	129-23	0.43333
129	10.4	1.2D+E+L+0.25	Combination	Max		-59048.95	22164.47	-388.96	1.68	-23.31	-26382.56	129-24	0.43333
129	10.4	1.2D+1.8(R/L)/S+L	Combination			-60153.08	21996.46	-480.2	1.36	-43.6	-26668.65	129-24	0.43333
129	10.4	1.2D+1W+L+0.5(R/L+S)	Combination			-60193.06	22000.76	-481.67	1.37	-43.46	-26768.77	129-24	0.43333
129	0	1.2D+1.8L+0.5(R/L)/S	Combination			-89501.27	-23655.02	-343.86	0.48	-69.58	-26869.73	129-1	0
129	10.4	1.2D+E+L+0.25	Combination	Min		-61255.27	21828.89	-573.77	1.05	-63.79	-27004.41	129-24	0.43333
129	10.4	1.2D+1.8L+0.5(R/L)/S	Combination			-76973.11	28129.66	-567.52	1.65	-67.94	-34151.58	129-24	0.43333

M max = 34151.58 Kg.m

Geser maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m	FrameElem Text	ElemStation
129	10.4	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-76973.11	28129.66	-587.52	1.65	-87.94	-34151.58	129-24	0.43333
129	9.96667	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-80356.09	28045.91	562.44	-2.88	-237.67	-24500.11	129-23	0.43333
129	9.96667	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-76973.11	28003.32	-567.52	1.65	-313.67	-21963.21	129-24	0
129	9.53333	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-80356.09	27747.26	562.44	-2.88	0.05	-12095.37	129-23	0
129	9.53333	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-39169.37	27655.99	1032.84	-4.57	-395.06	-16076.83	129-22	0.43333
129	9.1	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-39169.37	27185.03	1032.84	-4.57	164.17	-4608.39	129-22	0
129	9.1	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-16876.58	27002.55	1537.16	-6.17	-380.52	-9358.09	129-21	0.43333
129	0.86667	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-16876.58	26611.59	1537.16	-6.17	307.25	2289.41	129-21	0
129	0.86667	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			4613.53	26547.92	2234.65	-7.49	-511.81	-1024.75	129-20	0.43333
129	0.23333	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			4613.53	26249.27	2234.65	-7.49	470.21	9608.42	129-20	0
129	0.23333	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			24240.48	25993.08	3778.94	-9.22	-524.03	5752.14	129-19	0.43333
129	7.8	1.2D+1.8L+0.5(R/Lr/S)	Combination			24240.48	25760.73	3778.94	-9.22	1112.91	16944.88	129-19	0
129	10.4	1.2D+E-L+0.2S	Combination	Max		-59648.95	22164.47	-386.96	1.68	-23.31	-26392.58	129-24	0.43333
129	9.96667	1.2D+E-L+0.2S	Combination	Max		-59648.95	22095.11	-386.96	1.68	-227.45	-16949.9	129-24	0
129	9.96667	1.2D+E-L+0.2S	Combination	Max		-46113.71	22067.21	473.16	-1.88	-166.45	-19223.5	129-23	0.43333
129	10.4	1.2D+1.8R/L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-80193.66	22000.78	-481.07	1.37	-43.48	-26788.77	129-24	0.43333
129	10.4	1.2D+1.8R/L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-80193.66	21996.86	-480.2	1.38	-43.8	-26886.65	129-24	0.43333
129	9.96667	1.2D+1.8R/L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-47199.43	21923.2	412.35	-2.03	-180.79	-19473.03	129-23	0.43333
129	9.96667	1.2D+1.8R/L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-47160.59	21919	412.65	-2.03	-189.8	-19464.94	129-23	0.43333
129	9.96667	1.2D+1.8R/L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-80193.66	21901.42	-481.07	1.37	-251.93	-17192.38	129-24	0
129	9.96667	1.2D+1.8R/L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-80193.66	21896.49	-480.2	1.38	-251.69	-17194.37	129-24	0
129	9.53333	1.2D+E-L+0.2S	Combination	Max		-46113.71	21843.51	473.16	-1.88	10.34	-8629.12	129-23	0
129	10.4	1.2D+E-L+0.2S	Combination	Min		-81255.27	21826.69	-573.77	1.05	-83.79	-27094.41	129-24	0.43333
129	9.96667	1.2D+E-L+0.2S	Combination	Min		-48295.99	21776.25	351.83	-2.18	-195.69	-19786.21	129-23	0.43333
129	9.53333	1.2D+E-L+0.2S	Combination	Max		-29633.33	21736.91	884.99	-3.41	-227.34	-12997.73	129-22	0.43333
129	9.96667	1.2D+E-L+0.2S	Combination	Min		-81255.27	21727.32	-573.77	1.05	-275.87	-17416.75	129-24	0
129	9.53333	1.2D+1.8R/L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-47199.43	21705.5	412.35	-2.03	-2.09	-10016.87	129-23	0
129	9.53333	1.2D+1.8R/L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-47160.59	21701.3	412.65	-2.03	-1.99	-10009.8	129-23	0
129	9.53333	1.2D+1.8R/L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-39632.5	21606.15	835.77	-3.55	-237.47	-13199.61	129-22	0.43333
129	9.53333	1.2D+1.8R/L+0.5(R/Lr/S)	Combination			-39695.87	21602.16	835.71	-3.55	-237.43	-13192.95	129-22	0.43333
129	9.53333	1.2D+E-L+0.2S	Combination	Min		-48295.99	21558.55	351.83	-2.18	-14.39	-10190.14	129-23	0

D max = 28129.66 Kg

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban statik ekivalen momen maksimum yang terjadi pada balok :

Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m	FrameElem Text	ElemStation
129	9.96667	0.9D+1E	Combination	-26127.12	9117.31	-273.79	0.72	-116.67	-747.27	129-24	0
129	9.1	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-14938.93	21408.81	1285.14	-4.94	-309.08	-7673.45	129-21	0.43333
129	0.86667	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-51809.34	-17103.62	-306.74	0.53	66.31	-7852.56	129-2	0.43333
129	0	0.9D+1E	Combination	-26364.09	-8959.22	-113.93	0.16	-29.93	-7878.7	129-1	0
236	0.86667	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-50574.32	-13548.92	758.79	-1.42	-165.7	-7945.16	236-2	0.43333
77	1.8	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-18831.51	7914.42	625.62	-1.1	-150.04	-7996.06	77-4	0.45
79	1.35	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-51218.94	14311.73	-138.72	0.17	-26.44	-8258.76	79-4	0
129	9.96667	0.9D+1E	Combination	-20911.45	9056.15	128.77	-0.7	-70.03	-8350.5	129-23	0.43333
80	0.45	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-43867.33	-12379.82	-384.7	0.67	42.16	-8748.24	80-1	0.45
128	0	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-20710.83	-7867.89	-2410.71	5.19	-595.12	-8972.6	128-1	0
128	10.4	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-23050.48	7886.01	2334.14	-5.04	-670.77	-9794.54	128-24	0.43333
81	1.35	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-31780.72	13378.5	74.68	-0.18	-11.99	-9548.76	81-3	0.45
236	0.86667	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-38619.5	-13241.69	840.84	-1.54	188.03	-10244.57	236-3	0
129	9.53333	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-49196.42	21977	419.26	-2.02	-4.86	-10435.94	129-23	0
80	0.45	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-32253.53	-11934.55	-54.51	0.9	31.35	-10610.71	80-2	0
129	9.96667	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-33814.99	-16839.64	-356.67	0.62	-79.6	-10842.38	129-3	0
79	1.35	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-35006.86	14847.69	-86.12	0.15	18.52	-11040.71	79-3	0.45
129	10.4	0.9D+1E	Combination	-26127.12	9158.1	-273.79	0.72	1.97	-11467.72	129-24	0.43333
236	0.43333	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-83446.4	-14145.46	751.98	-1.21	-133.11	-11940.76	236-1	0.43333
129	0.43333	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-68293.91	-17593.92	-278.92	0.39	48.05	-12786.91	129-1	0.43333
81	1.8	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-46646.86	13158.04	139.11	-0.23	-35.91	-13173.93	81-4	0.45
129	9.53333	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-32518.81	21862.86	861.43	-3.61	-244.79	-13635.9	129-22	0.43333
236	0.43333	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-50674.32	-13944.13	758.79	-1.42	163.11	-13910.53	236-2	0
80	0	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-43867.33	-12549.17	-384.7	0.67	-130.96	-14366.83	80-1	0
79	1.8	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-51218.94	14481.08	-138.72	0.17	35.99	-14746.72	79-4	0.45
129	0.43333	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-51809.34	-17498.82	-306.74	0.53	-86.81	-15358.31	129-2	0
129	9.96667	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-82191.02	22225.13	-562.89	1.41	-257.31	-17741.95	129-24	0
236	0	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-83446.4	-14303.99	751.98	-1.21	192.75	-18113.38	236-1	0
129	9.96667	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-49196.42	22194.7	419.26	-2.02	-188.34	-20010.75	129-23	0.43333
129	0	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-68293.91	-17752.46	-278.92	0.39	-72.82	-20485.84	129-1	0
129	10.4	1.2D+E-L+0.2S	Combination	-82191.02	22324.49	-562.89	1.41	-39.39	-27398.64	129-24	0.43333

M max = 27398.64Kg.m

Geser maksimum yang terjadi pada balok :

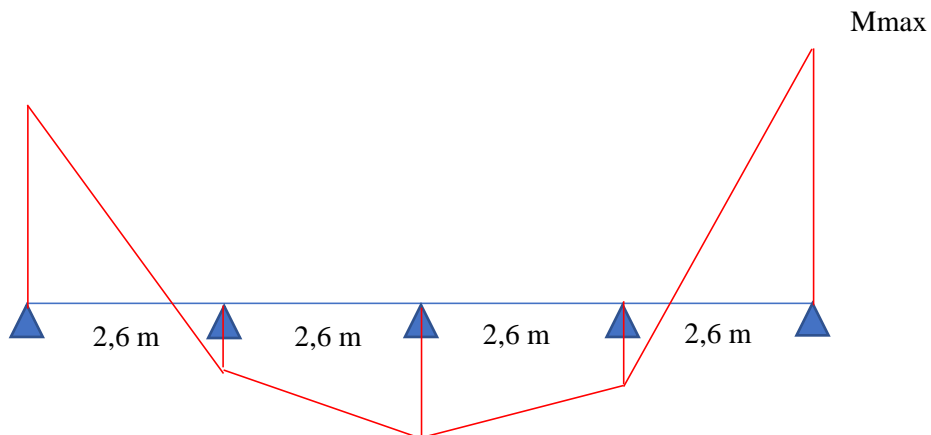
Frame Text	Station m	Output Case Text	Case Type Text	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m	Frame Elem Text	Elem Station
129	10.4	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-42191.82	22324.49	-502.89	1.41	-39.39	-27388.64	129-24	0.43333
129	9.96667	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-42191.82	22225.13	-502.89	1.41	-257.31	-17741.95	129-24	0
129	9.96667	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-49196.42	22194.7	419.26	-2.02	-186.34	-20010.75	129-23	0.43333
129	9.53333	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-49196.42	21977	419.26	-2.02	-4.66	-10435.94	129-23	0
129	9.53333	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-32518.81	21862.86	861.43	-3.61	-244.79	-13635.9	129-22	0.43333
129	9.1	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-32518.81	21526.82	861.43	-3.61	128.49	-4230.53	129-22	0
129	9.1	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-14938.93	21408.81	1285.14	-4.94	-309.00	-7673.45	129-21	0.43333
129	8.66667	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-14938.93	21072.77	1285.14	-4.94	247.82	1526.62	129-21	0
129	8.66667	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	2009.07	20995.97	1856.88	-6.05	-418.16	-1778.19	129-20	0.43333
129	8.23333	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	2009.07	20778.27	1856.88	-6.05	386.49	7268.62	129-20	0
129	8.23333	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	17449.93	20485.47	3056	-7.33	-421.19	4323.13	129-19	0.43333
129	7.8	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	17449.93	20386.11	3056	-7.33	963.08	13174.37	129-19	0
79	1.35	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-35098.86	14847.89	-98.12	0.15	18.52	-11040.71	79-3	0.46
79	1.8	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-51218.94	14481.08	-138.72	0.17	35.99	-14746.72	79-4	0.46
79	0.9	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-35098.86	14423.1	-98.12	0.15	-24.73	-4445.21	79-3	0
79	0.9	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-18734	14416.41	-89.99	0.1	14.99	-7289.65	79-2	0.46
79	1.35	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-51218.94	14311.73	-138.72	0.17	-26.44	-8258.78	79-4	0
79	0.45	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-18734	13991.82	-89.99	0.1	-16.51	-887.37	79-2	0
79	0.45	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-3735.11	13538.23	-74.68	0.11	5.52	-3444.29	79-1	0.46
81	1.35	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-31780.72	13378.5	74.68	-0.18	-11.99	-8848.78	81-3	0.46
79	0	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-3735.11	13368.87	-74.68	0.11	-28.08	2800.24	79-1	0
81	1.8	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-48646.86	13158.04	135.11	-0.23	-35.91	-13173.93	81-4	0.46
81	1.35	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-48646.86	12989.69	135.11	-0.23	26.69	-7281.54	81-4	0
81	0.9	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-31780.72	12953.92	74.68	-0.18	21.62	-5914.39	81-3	0
81	0.9	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-17894.3	12890.05	-29.59	-0.004693	6.89	-6473.53	81-2	0.46
81	0.45	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-17894.3	12465.48	-29.59	-0.004693	-6.43	-778.11	81-2	0
81	0.45	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-3881.56	12081.7	-186.52	0.32	32.51	-5087.92	81-1	0.46
81	0	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-3881.56	11832.34	-186.52	0.32	-42.42	2285.17	81-1	0
239	3	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-8571.86	9384.61	-4692.44	58.88	1371.14	-4899.2	239-12	0.2
239	2.8	1.2 D+E+L+0.2S	Combination	-8571.86	9036.78	-4692.44	58.88	32.65	-2839.37	239-12	0
129	10.4	9.90 +1E	Combination	-26127.12	9158.1	-273.79	0.72	1.97	-11497.72	129-24	0.43333

D max = 22324.49 Kg

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 34151.58 Kg.m

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 28129.66 Kg

Berikut nya dilakukan perhitungan momen pada $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ bentang untuk melakukan kontroling kemampuan lateral buckling pada balok, didapatkan hasil sebagai berikut :

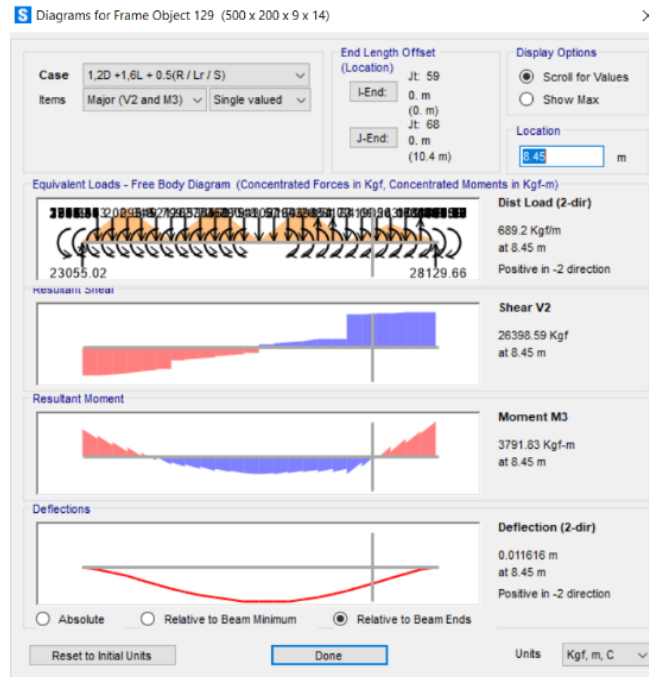


Dipilih bentang ke 4 karena memiliki momen maximum terbesar

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban response spektrum :

$$X = 2,6 \times 3 + \frac{1}{4} \times 2,6 = 8,45 \text{ m}$$

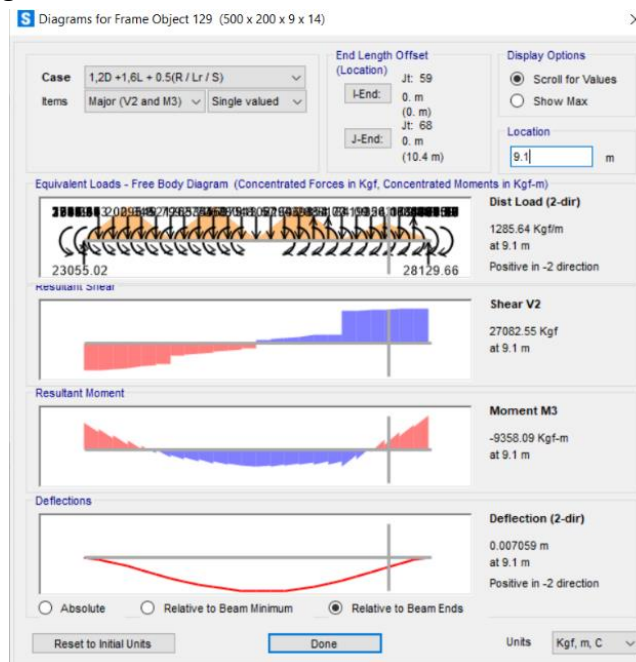
$$Ma = 3791.83 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.26 Ma yang terjadi pada balok

$$X = 2,6 \times 3 + \frac{1}{2} \times 2,6 = 9,1 \text{ m}$$

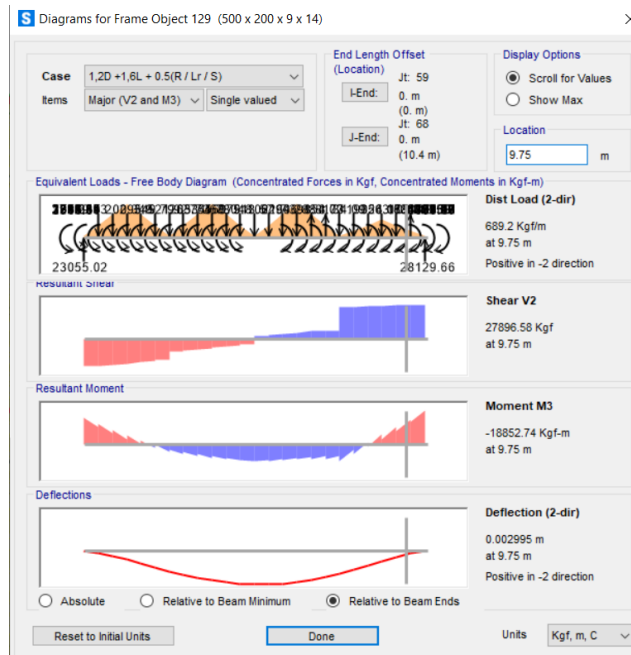
$$Mb = 9358.09 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.27 Mb yang terjadi pada balok

$$X = 2,6 \times 3 + \frac{3}{4} \times 2,6 = 9,75 \text{ m}$$

$$M_c = 18852.74 \text{ Kg.m}$$

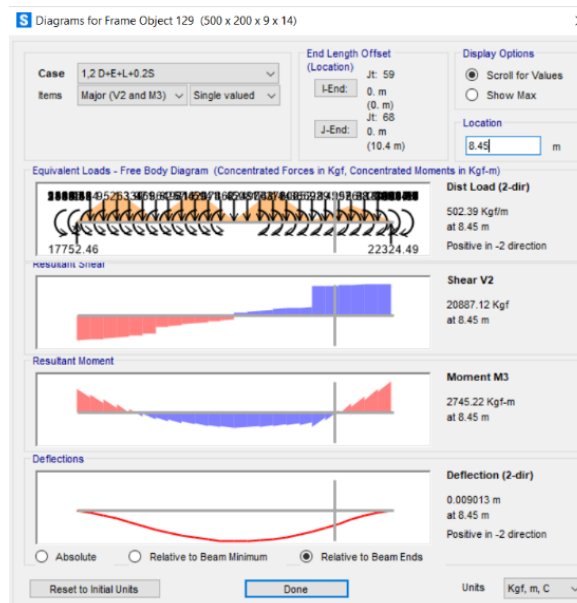


Gambar 5.28 M_c yang terjadi pada balok

Perhitungan program bantu SAP 2000 dengan beban statik ekuivalen :

$$X = 2,6 \times 3 + \frac{1}{4} \times 2,6 = 8,45 \text{ m}$$

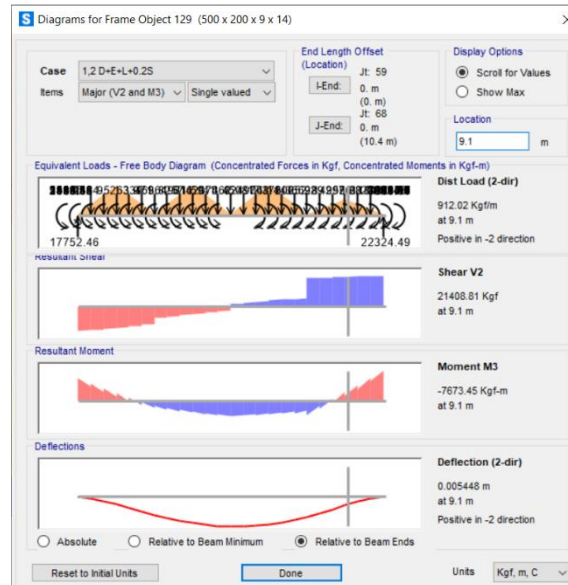
$$M_a = 2745.22 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.29 M_a yang terjadi pada balok (static ekuivalen)

$$X = 2,6 \times 3 + \frac{1}{2} \times 2,6 = 9,1 \text{ m}$$

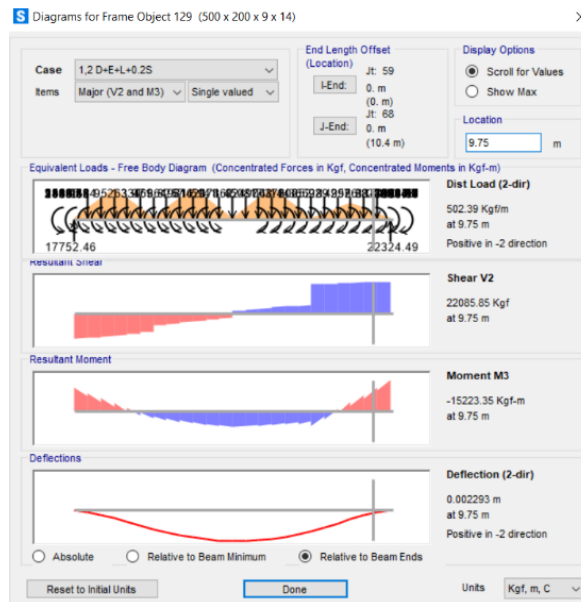
$$M_b = 7673.45 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.30 M_b yang terjadi balok (static ekuivalen)

$$X = 2,6 \times 3 + \frac{3}{4} \times 2,6 = 9,75 \text{ m}$$

$$M_c = 15223.35 \text{ Kg.m}$$



Gambar 5.31 M_c yang terjadi pada balok (static ekuivalen)

Didapatkan momen M_a , M_b dan M_c sepanjang bentang adalah :

$$M_a = 3791.83 \text{ Kg.m}$$

$$M_b = 9358.09 \text{ Kg.m}$$

$$M_c = 18852.74 \text{ Kg.m}$$

Setelah didapatkan momen dan geser maksimum yang terjadi pada balok dengan profil WF 500.200.10.16 maka berikut nya dilakukan kontroling kemampuan balok dengan profil WF 500.200.10.16 untuk menahan beban yang bekerja sebagai berikut :

Kontrol Penampang

Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2.16} = 6.25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 10,96$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{bf}{2tf} = 6.25 \\ \lambda_p = 10,96 \end{array} \right\} \frac{bf}{2tf} < \lambda_p$$

Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{424}{10} = 42,4$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 108,54$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{tw} = 42,4 \\ \lambda_p = 108,54 \end{array} \right\} \frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

Penampang Kompak
Mnx= Mpx

$$M_{px} = Z_x \cdot F_y = 2096.2400 = 5030400 \text{ kgcm} = 50304 \text{ kgm}$$

Kontrol Lateral Buckling

$$L_p = 216.95 \text{ cm} \quad L_r = 633.77 \text{ cm (tabel profil)}$$

Profil dengan pengaku di sepanjang bentang terbagi menjadi dua

$$LB = 260 \text{ cm} \quad LP < LB < L_r \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

$$LB = 500 \text{ cm} \quad LP < LB < L_r \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

Bentang menengah (LB 260) :

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

$$M_a = 3791.83 \text{ Kg.m}$$

$$M_b = 9358.09 \text{ Kg.m}$$

$$M_c = 18852.74 \text{ Kg.m}$$

$$M_{max} = 34151.58 \text{ Kg.m}$$

$$\begin{aligned}
C_b &= \frac{12,5M_{max}}{2,5M_{ABC_{max}} \leq 2,30} \\
&= \frac{12,5 \cdot 34151,58}{2,5 \cdot 34151,58 + 3 \cdot 3791,83 + 4 \cdot 9358,09 + 3 \cdot 18852,74} < 2,30 \\
&= 2,558012802 \leq 2,30 \\
&= 2,6 \leq 2,30 \text{ (digunakan } C_b = 2,3)
\end{aligned}$$

$$0,7F_y S_x = 0,7 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot 1690 \text{ cm}^3 = 28392 \text{ kgm}$$

$$\frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} = \frac{633,77 - 260}{633,77 - 216,95} = 0,9$$

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

$$\begin{aligned}
M_n &= 2,3 \{ 44064 \text{ kgm} - (44064 \text{ kgm} - 28392 \text{ kgm}) \cdot 0,9 \} \\
&= 69024,78085 \text{ kgm} > M_p
\end{aligned}$$

$$\text{Maka } M_n = M_p = 50304 \text{ kgm}$$

$$M_u < 0,9M_n$$

$$34151,58 \text{ Kg.m} < 0,9 \cdot 50304 \text{ kg.m}$$

$$34151,58 \text{ Kg.m} < 45273 \text{ kg.m (OK)}$$

Bentang menengah (LB 500) :

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

$$M_a = 3791,83 \text{ Kg.m}$$

$$M_b = 9358,09 \text{ Kg.m}$$

$$M_c = 18852,74 \text{ Kg.m}$$

$$M_{max} = 34151,58 \text{ Kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,30$$

$$= \frac{12,5 \cdot 34151,58}{2,5 \cdot 34151,58 + 3 \cdot 3791,83 + 4 \cdot 9358,09 + 3 \cdot 18852,74} < 2,30$$

$$= 2,558012802 \leq 2,30$$

$$= 2,6 \leq 2,30 \text{ (digunakan } C_b = 2,3)$$

$$0,7 F_y S_x = 0,7 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot 1690 \text{ cm}^3 = 28392 \text{ kgm}$$

$$\frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} = \frac{633,77 - 500}{633,77 - 216,95} = 0,32$$

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

$$M_n = 2,3 \{ 44064 \text{ kgm} - (44064 \text{ kgm} - 28392 \text{ kgm}) \cdot 0,32 \}$$

$$= 89778,85 \text{ kgm} > M_p$$

$$\text{Maka } M_n = M_p = 50304 \text{ kgm}$$

$$M_u < 0,9 M_n$$

$$34151,58 \text{ Kg.m} < 0,9 \cdot 50304 \text{ kg.m}$$

$$34151,58 \text{ Kg.m} < 45273,6 \text{ kg.m (OK)}$$

Kontrol Geser

$$V_u = 28129,66 \text{ kg (Hasil Analisa SAP2000)}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{424}{10} = 42,4 \\ 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} &= \sqrt{\frac{5 \cdot 200000}{240}} = 71,004 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} \text{ Keadaan geser plastis}$$

$$*K_v = 5 \text{ (tanpa pengaku pelat badan)}$$

Keadaan geser plastis

$$V_n = 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 f_y \cdot d \cdot t_w \cdot C_v = 0,6 \cdot 240 \cdot 496 \cdot 10 \cdot 1 = 714240 \text{ N} = 71424 \text{ kg}$$

$$V_u < \varphi \cdot V_n$$

$$28129.66 \text{ kg} < 0.9 \cdot 71424 \text{ kg}$$

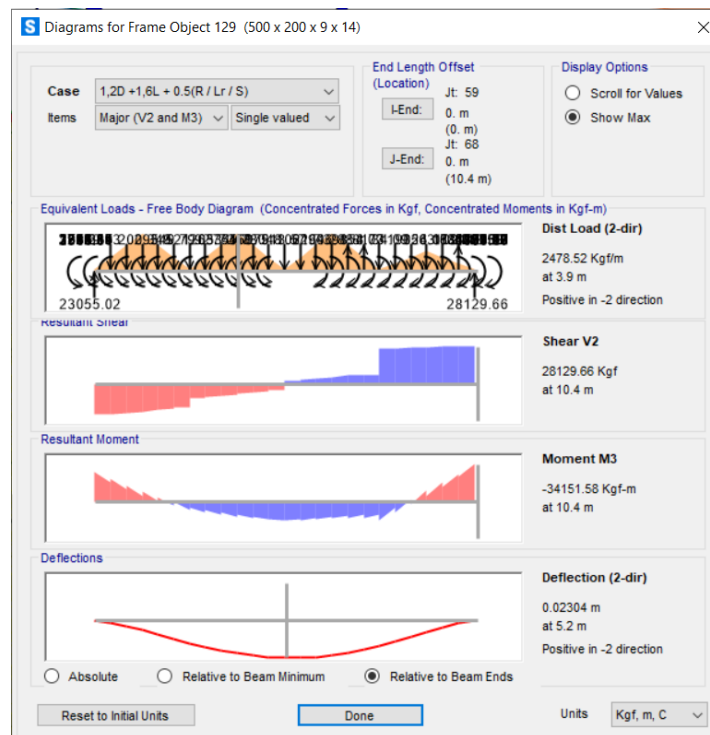
$$28129.66 \text{ kg} < 64281.6 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow \bar{f} = \frac{L}{360} = \frac{1040}{360} = 2.89 \text{ cm}$$

$$\text{Lendutan Terjadi : } 0,02304 \text{ m} = 2.304 \text{ cm}$$

$$f' = 2.304 \text{ cm} < \bar{f} = 2.89 \text{ cm} \text{ (OK)}$$



Gambar 5.32 Lendutan yang terjadi

Dapat disimpulkan berdasarkan hasil kontrol penampang, kontrol lateral buckling, kontrol geser dan kontrol lendutan, profil WF 500.200.10.16 dapat dipakai untuk bentang 10 m dan 10,4 m

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR KOLOM

6.1 Perencanaan Stuktur Kolom

Elemen struktur kolom merupakan elemen yang menumpu balok yang memikul gaya-gaya pada lantai. Kolom juga dapat didefinisikan sebagai elemen struktur vertical yang berfungsi menyalurkan gaya tekan aksial, dengan atau tanpa momen, dari pelat lantai dan atap ke pondasi. Momen yang disalurkan dapat berupa momen uniaxial atau biaxial. Sama halnya balok, kekuatan kolom dievaluasi dengan memperhatikan prinsip-prinsip berikut :

- Distribusi regangan di sepanjang tinggi penampang kolom bersifat linier.
- Tidak terjadi slip antara beton dan tulangan.
- Regangan tekan maksimum beton pada kondisi ultimit = 0,003.
- Kekuatan tarik beton diabaikan.

Pada perencanaan direncanakan kolom dengan tipe – tipe yang dibedakan berdasarkan penampang profil, dan direncanakan struktur kolom merupakan struktur komposit baja dengan beton :

1. Kolom Type 25 x 25
2. Kolom Type 40 x 40

Berdasarkan hasil running SAP2000, berikut hasil gaya maksimum yang bekerja pada tiap-tiap tipe kolom :

Jenis Pembebanan	Type Kolom	Mux (kg-m)	Muy (kg-m)	Aksial (kg)

Respons Pektrum	25 x 25	2775,69	1240,6	20708,2
Statik Ekuivalen	25 x 25	3053,12	1296,75	20905,6
Respons Spektrum	40 x 40	19261,9	6653,67	75722,9
Statik Ekuivalen	40 c 40	19261,5	6653,54	75722,1

6.1.1 Perencanaan Kolom ukuran 25 x 25 cm

Data Profil Baja WF 150 150 7 10:

- As : 4014 mm²
- I_{xx} : 16400000 mm⁴
- I_{yy} : 5630000 mm⁴
- E_s : 200000 Mpa
- K : 1
- L : 4800 mm
- Mutu : BJ 37

Data Profil Tulangan

- D : 16 mm
- A : 201,06 mm²
- Y : (250 mm/2) – 40 : 85 mm
- N : 4
- A_{sr} : 804,24 mm²
- F_{ysr} : 420 Mpa

Data Profil Beton

- b : 250 mm
- h : 250 mm
- A_c : b x h : 62500 mm²
- Cover : 40 mm

- $A_{cn} : A_c - A_s - A_{sr} = 57681,75 \text{ mm}^2$
- $W_c : 2400 \text{ kg/m}^3$
- $E_c : 0,043 \times w_c^{1,5} \times F'_c^{0,5} = 27691,46 \text{ Mpa}$
- $F'_c : 30 \text{ Mpa}$

Kontrol Gaya Aksial

Gaya aksial maksimum : 20708,2 kg

$$\begin{aligned}
 P_{no} &: A_s \times F_y + A_{sr} \times F_{ysr} + 0,85 \times A_c \times f'_c \\
 &: 4014 \times 240 + 804,24 \times 420 + 0,85 \times 57681,75 \times 30 \\
 &: 2772028,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$C1 = 0,1 + 2 \times \frac{A_s}{A_c + A_s} < 0,3$$

$$C1 = 0,1 + 2 \times 0,065 < 0,3$$

$$C1 = 0,23 < 0,3$$

$$\begin{aligned}
 E_c &: w_c^{1,5} \times f_c^{0,5} \times 0,043 \\
 &: 117575,51 \times 5,47 \times 0,043 \\
 &: 27691,46 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_c &: 1/12 \times b \times h^3 - I_{sy} \\
 &: 0,08333 \times 250 \times 1,6 \times 10^7 - 5630000 \\
 &: 319890833 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E I_{eff} &: E_s \times I_{sy} + 0,5 \times E_s \times I_{sr} + C1 \times E_c \times I_c \\
 &: 200000 \times 5630000 + 0,5 \times 200000 \times 5810690 + 0,2301 \times 27691,46 \times 3,2 \times 10^8 \\
 &: 3,746 \times 10^{12} \text{ N-mm}^2
 \end{aligned}$$

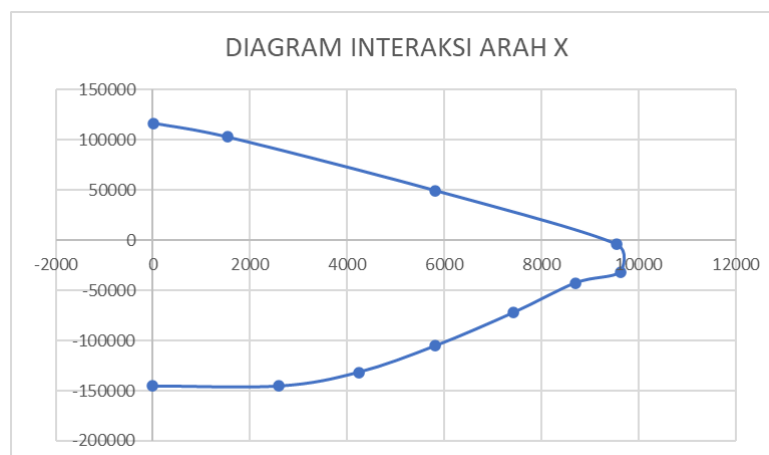
$$P_e : \frac{\pi^2 \times E I_{eff}}{K \times L^2} = \frac{\pi^2 \times 3,746 \times 10^{12}}{1 \times 4800^2} = 1604474,65 \text{ N}$$

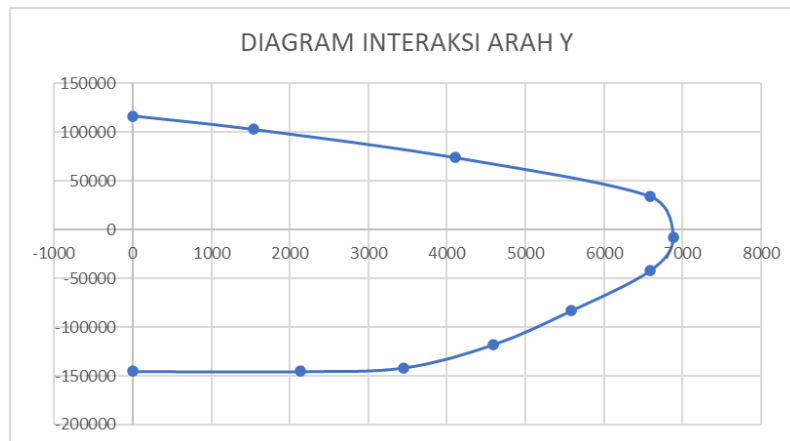
$P_{no}/P_e : 1,727 < 2,25$, Maka :
 $P_n : P_{no} \times 0,658^{(P_{no}/P_e)}$
 $: 2772028,73 \times 0,485$
 $: 1008812,31 \text{ N}$
 $: 100881,23 \text{ kg} > P_u = 20708,2 \text{ kg}$ (Terpenuhi)

Kontrol Metode beban Reciprocal

	Curve 1	0 degrees			Curve 7	90 degrees			
	P	MY	MX	eX	P	MY	MX	eY	
1	-145510	0	-2.1879	1.50361E-05	-145510	-2.1879	0	1.50361E-05	
2	-145510	0	2603.388	0.017891474	-145510	2138.501	0	0.014696589	
3	-131758	0	4235.03	0.032142485	-141748	3450.057	0	0.024339367	
4	-105483	0	5809.512	0.05507534	-118053	4588.694	0	0.038869775	
5	-72098	0	7433.337	0.103100459	-83213	5584.253	0	0.067107939	
6	-42620	0	8706.472	0.20428138	-42251	6585.156	0	0.155857992	
7	-31524	0	9629.684	0.305471523	-8319	6878.113	0	0.826795661	
8	-4034	0	9550.414	2.367479846	34060	6585.454	0	0.193348629	
9	49537	0	5807.863	0.117242925	73796	4109.717	0	0.055690243	
10	102725	0	1542.226	0.015013151	102725	1542.226	0	0.015013151	
11	116608	0	3.2284	2.76859E-05	116608	3.2284	0	2.76859E-05	

Dari table diatas berikut grafik diagram interaksi balok 25 x 25 cm sumbu X dan Sumbu y





Dari hasil running program bantu SAP2000, didapatkan gaya kerja maksimum sebagai berikut :

Pu 0 : 20708,2 kg

Mux 0 : 3053,12 kg-m

Muy 0 : 1296,75 kg-m

Dari gaya yang bekerja diatas dapat dihitung eksentrisitas gaya maksimum yang terjadi dengan pembagian momen dengan gaya aksial masing masing sumbu :

eX : $3053,12 / 20708,2 = 0,14$ m

eY : $1296,75 / 20708 = 0,0626$ m

Dari table diagram interaksi didapatkan momen nominal dan gaya aksial nominal yang memiliki eksentrisitas yang sama dengan gaya yang bekerja masing masing sumbu yaitu :

Arah X :

Mnx : 7991,19 kg-m

Pnx : 59181,5 kg

eX : $7991,19 / 59181,5 = 0,14$

Arah Y :

Mny : 5426,03 kg-m

Pny : 88750,03 kg

ey : $5426,03 / 88750,03 = 0,06$

Kontrol :

$$\begin{aligned} 1/P_u &: 1/P_{nX} + 1/P_{ny} - 1/P_n \\ &: 1/59181,5 + 1/88750,03 - 1/100881,23 \\ &: 1,82 \times 10^{-5} \\ P_u &: 54788,13 \text{ kg} > 20708,2 \text{ kg (Terpenuhi)} \end{aligned}$$

6.1.2 Perencanaan Kolom ukuran 40 x 40 cm

Data Profil Baja WF 200 200 10 16:

- A_s : 8369 mm²
- I_{sx} : 63500000 mm⁴
- I_{sy} : 2200000 mm⁴
- E_s : 200000 Mpa
- K : 1
- L : 4800 mm
- Mutu : BJ 37

Data Profil Tulangan

- D : 16 mm
- A : 201,06 mm²
- Y : (400 mm/2) – 50 : 150 mm
- N : 4
- A_{sr} : 804,24 mm²
- F_{ysr} : 420 Mpa

Data Profil Beton

- b : 400 mm
- h : 400 mm
- A_c : $b \times h$: 160000 mm²
- Cover : 50 mm

- $A_{cn} : A_c - A_s - A_{sr} = 150826,75 \text{ mm}^2$
- $W_c : 2400 \text{ kg/m}^3$
- $E_c : 0,043 \times w_c^{1,5} \times f'_c^{0,5} = 27691,46 \text{ Mpa}$
- $f'_c : 30 \text{ Mpa}$

Kontrol Gaya Aksial

Gaya aksial maksimum : 75722,9 kg

$$\begin{aligned}
 P_{no} &: A_s \times F_y + A_{sr} \times F_{ysr} + 0,85 \times A_c \times f'_c \\
 &: 8369 \times 240 + 804,24 \times 420 + 0,85 \times 150826,75 \times 30 \\
 &: 6047661,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$C1 = 0,1 + 2 \times \frac{A_s}{A_c + A_s} < 0,3$$

$$C1 = 0,1 + 2 \times 0,0525 < 0,3$$

$$C1 = 0,205 < 0,3$$

$$\begin{aligned}
 E_c &: w_c^{1,5} \times f'_c^{0,5} \times 0,043 \\
 &: 117575,51 \times 5,47 \times 0,043 \\
 &: 27691,46 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_c &: 1/12 \times b \times h^3 - I_{sy} \\
 &: 0,08333 \times 400 \times 6,4 \times 10^7 - 2200000 \\
 &: 2,1 \times 10^9 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E I_{eff} &: E_s \times I_{sy} + 0,5 \times E_s \times I_{sr} + C1 \times E_c \times I_c \\
 &: 200000 \times 22000000 + 0,5 \times 200000 \times 1,8 \times 10^7 + 0,205 \times 27691,46 \times 2,1 \times 10^9 \\
 &: 1,82 \times 10^{13} \text{ N-mm}^2
 \end{aligned}$$

$$P_e : \frac{\pi^2 \times E I_{eff}}{K \times L^2} = \frac{\pi^2 \times 1,82 \times 10^{13}}{1 \times 4800^2} = 7797721,44 \text{ N}$$

P_{no}/P_e : $0,77 < 2,25$, Maka :

P_n : $P_{no} \times 0,658^{(P_{no}/P_e)}$

: $6047661,64 \times 0,722$

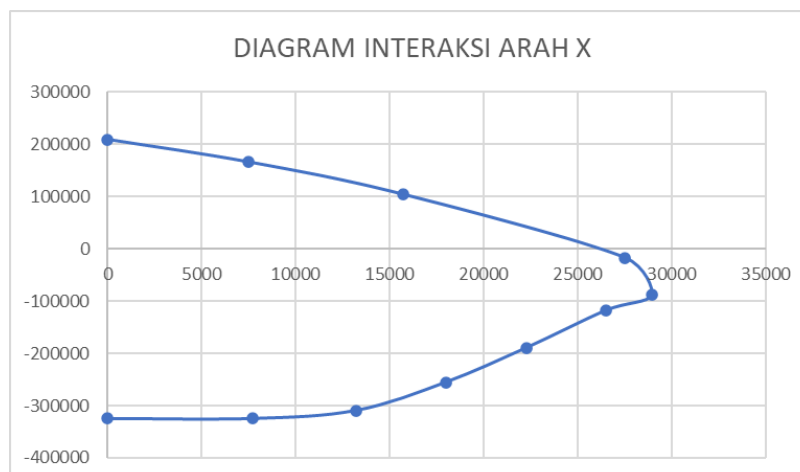
: $3\ 278\ 465,4\ N$

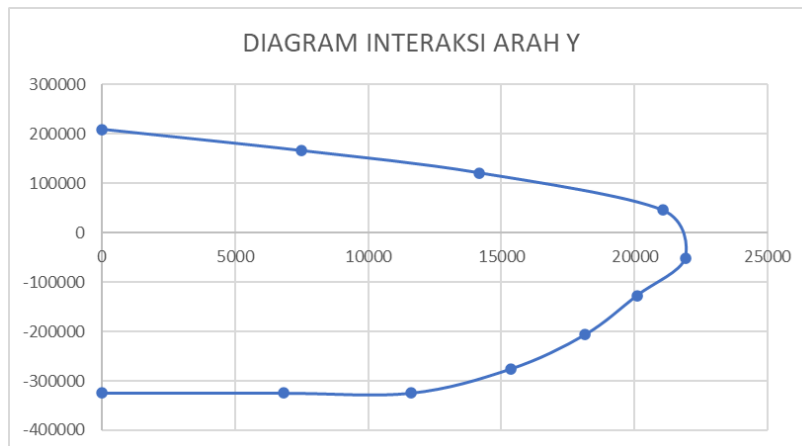
: $3\ 278\ 465,4\ kg > P_u = 75722,9\ kg$ (Terpenuhi)

Kontrol Metode beban Reciprocal

	Curve 1	0 degrees			Curve 7	90 degrees			
	P	MY	MX	eX (m)	P	MY	MX	eY (m)	
1	-324793	0	0	0	-324793	0	0	0	
2	-324793	0	7686.212	0.023664956	-324793	6829.06	0	0.021025884	
3	-309252	0	13221	0.042751542	-324793	11592	0	0.035690424	
4	-255221	0	18003	0.070538866	-276206	15338	0	0.055531017	
5	-189549	0	22275	0.117515787	-206814	18139	0	0.087706828	
6	-118202	0	26510	0.224277085	-126976	20109	0	0.158368511	
7	-87929	0	28978	0.329561351	-51145	21917	0	0.428526738	
8	-16915	0	27517	1.626780964	45656	21055	0	0.461166112	
9	103803	0	15718	0.151421443	120830	14151	0	0.117114955	
10	165527	0	7502.502	0.045324943	165527	7502.502	0	0.045324943	
11	208494	0	0	0	208494	0	0	0 Satuan Kg-m	

Dari table diatas berikut grafik diagram interaksi balok 25 x 25 cm sumbu X dan Sumbu y





Dari hasil running program bantu SAP2000, didapatkan gaya kerja maksimum sebagai berikut :

Pu 0 : 75722,9 kg

Mux 0 : 19261,9 kg-m

Muy 0 : 6653,54 kg-m

Dari gaya yang bekerja diatas dapat dihitung eksentrisitas gaya maksimum yang terjadi dengan pembagian momen dengan gaya aksial masing masing sumbu :

eX : $19261,9 / 75722,9 = 0,24$ m

eY : $6653,54 / 75722,9 = 0,087$ m

Dari table diagram interaksi didapatkan momen nominal dan gaya aksial nominal yang memiliki eksentrisitas yang sama dengan gaya yang bekerja masing masing sumbu yaitu :

Arah X :

Mnx : 27215,5 kg-m

Pnx : 109548 kg

eX : $27215,5 / 109548 = 0,24$

Arah Y :

Mny : 18152,9 kg-m

Pny : 206468,7 kg

ey : $18152,9 / 206468,7 = 0,087$

Kontrol :

$$\begin{aligned} 1/P_u &: 1/P_{nX} + 1/P_{ny} - 1/P_n \\ &: 1/109548 + 1/206468,7 - 1/3278465 \\ &: 1,09 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

$$P_u : 91562,14 \text{ kg} > 75722,9 \text{ kg (Terpenuhi)}$$

BAB VII

PERHITUNGAN BASE PLATE DAN SAMBUNGAN

Dalam perencanaan masjid ittihadul ummah, direncanakan base plate dan sambungan sebagai berikut :

1. Balok 500 200 dan Kolom 40 x40
2. Balok 300 150 dan Kolom 40 x 40
3. Balok 300 150 dan kolom 25 x25
4. Balok 250 125 dan kolom 40 x 40
5. Balok 250 125 dan kolom 25 x25
6. Balok 150 75 dan Kolom 40 x 40
7. Balok 150 75 dan Kolom 25 x25
8. Antar balok 150 75 dan 150 75
9. Antar Balok 300 150 dan 500 200
10. Base Plate kolom 25
11. Base plate kolom 40

Dalam perencanaan material sambungan direncanakan menggunakan material baut dan las sebagai berikut :

Ukuran baut ,mm	: M16
Baja A325	: Fnv : 4570 kg/cm ²
	Fnt : 6200 kg/cm ²
Las	: FE70xx

7.1 Perencanaan Baseplate

7.1.1 Perencanaan Baseplate Kolom 25 x 25

Perencanaan base plate kolom 25 x 25, digunakan profil baja 150 150 7 10 sebagai material baja dalam struktur komposit. Material yang digunakan :

Profil Baja : F_y : 240 Mpa

F_u : 370 Mpa

Base Plate : F_y : 240 Mpa

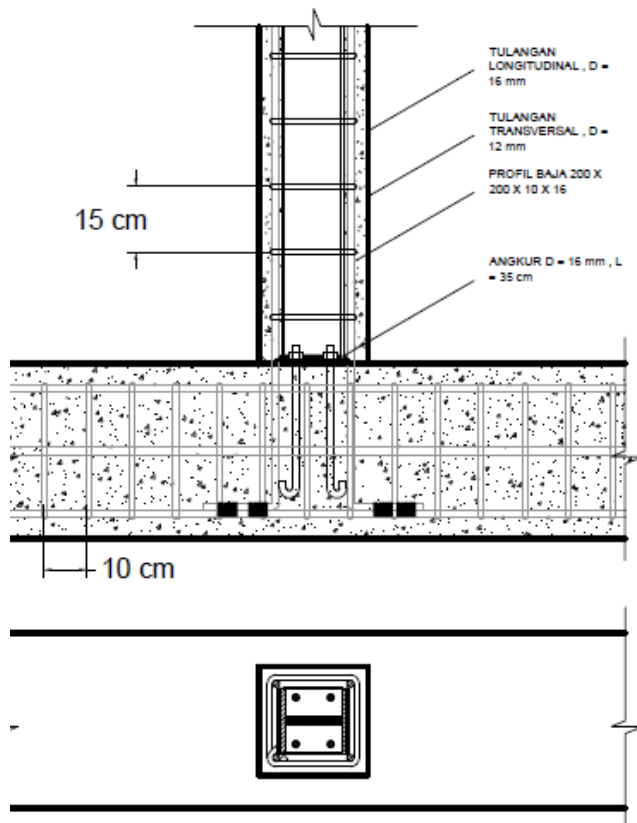
F_u : 370 Mpa

Beton : F_c 30 Mpa

Geometrik base plate :

Ukuran Profil baja : 150 x 150 mm

Pedestal beton : 400 x 400 mm



GAMBAR BASE PLATE KOLOM 25 X 25
SKALA 1 : 10

Dalam perhitungan gaya yang terjadi digunakan program bantu SAP2000, dan didapatkan gaya yang terjadi adalah :

$$P_u : 20708,2 \text{ kg}$$

$$M_u : 1296,75 \text{ kg.m}$$

$$A_{ped} : 400 \times 400 = 160000 \text{ mm}^2$$

$$A_{col} : 150 \times 150 = 22500 \text{ mm}^2$$

$$\phi : 0,6$$

$$A1_{req} : \frac{P_u}{\phi_c 0,85 f_c} = \frac{207082}{0,6 \cdot 0,85 \cdot 30} = 13534,7 \text{ mm}^2$$

Pakai base plate ukuran $150 \times 160 = 24000 \text{ mm}^2$

$$A2 : 400 \times 400 = 160000 \text{ mm}^2$$

Verifikasi kekuatan Beton

$$\phi_c P_p = \phi_c 0,85 f_c A1 \sqrt{\frac{A2}{A1}} = 0,6 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 24000 \sqrt{\frac{160000}{24000}} = 948,106 \text{ N}$$

$$P_u = 207,082 \text{ N} < 948,106 \text{ N} , \text{ (Terpenuhi)}$$

Menghitung Ketebalan Baseplate

$$m = \frac{N - 0,95d}{2} = \frac{150 - 0,95 \cdot 150}{2} = 3,75 \text{ mm}$$

$$n = \frac{B - 0,8bf}{2} = \frac{190 - 0,8 \cdot 150}{2} = 35 \text{ mm}$$

$$n' = \frac{\sqrt{abf}}{4} = \frac{\sqrt{150 \cdot 160}}{4} = 39 \text{ mm}$$

$$X = \frac{4 d b f P u}{(d+b f)^2 \phi c P p} = \frac{4 160 150 207082}{(150+160)^2 948106} = 0,2$$

$$\lambda = \frac{2\sqrt{X}}{1+\sqrt{1-X}} = \frac{2\sqrt{0,2}}{1+\sqrt{1-0,2}} = 0,5$$

$$\lambda n' = 0,5 \times 39 = 19,5 \text{ mm}$$

$$l = \max(m, n, \lambda n') = \max(4, 35, 19,5) = 35 \text{ mm}$$

$$f p i = \frac{P u}{B N} = \frac{207082}{150 \times 160} = 8,62 \text{ N/mm}^2$$

$$t p i (r e q) = l \sqrt{\frac{2 F p i}{0,9 F y}} = 35 \sqrt{\frac{8,62}{0,9 \times 240}} = 6,99 \text{ mm}$$

Pakai tebal base plate 1 cm

7.1.2 Perencanaan Baseplate Kolom 40 x 40

Perencanaan base plate kolom 25 x 25, digunakan profil baja 200 x 200 x sebagai material baja dalam struktur komposit. Material yang digunakan :

Profil Baja : Fy : 240 Mpa

Fu : 370 Mpa

Base Plate : Fy : 240 Mpa

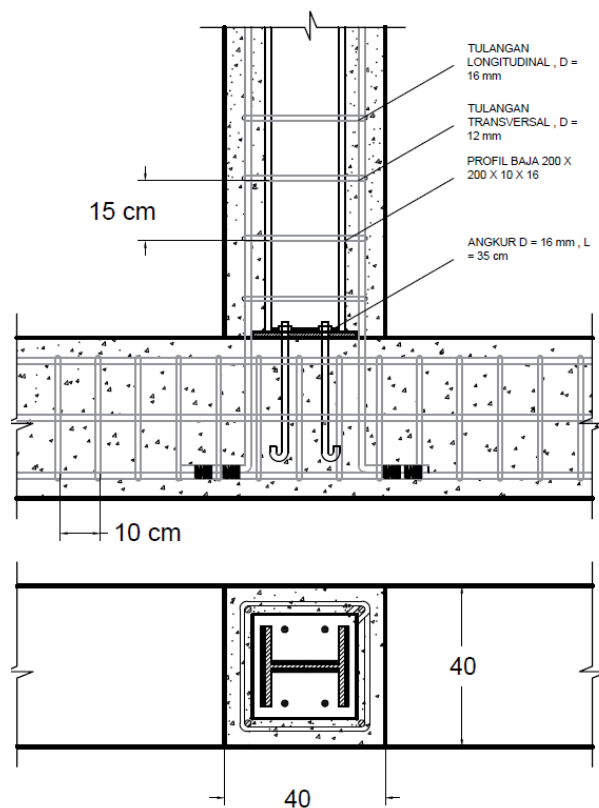
Fu : 370 Mpa

Beton : Fc 30 Mpa

Geometrik base plate :

Ukuran Profil baja : 200 x 200 mm

Pedestal beton : 400 x 400 mm



GAMBAR BASE PLATE KOLOM 40 X 40
SKALA 1 : 10

Dalam perhitungan gaya yang terjadi digunakan program bantu SAP2000, dan didapatkan gaya yang terjadi adalah :

P_u : 75722,9 kg

M_u : 6653,54 kg-m

A_{ped} : 400 x 400 = 160000 mm²

A_{col} : 200 x 200 = 40000 mm²

ϕ : 0,6

$$A1_{req} : \frac{P_u}{\phi_c 0,85 f_c} = \frac{757229}{0,6 \cdot 0,85 \cdot 30} = 49492,1 \text{ mm}^2$$

Pakai base plate ukuran 260 x 260 = 67600 mm²

A_2 : 400 x 400 = 160000 mm²

Verifikasi kekuatan Beton

$$\phi_c P_p = \phi_c 0,85 f_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0,6 0,85 30 67600 \sqrt{\frac{160000}{67600}} = 1591200 \text{ N}$$

$P_u = 757229 \text{ N} < 1591200 \text{ N}$, (Terpenuhi)

Menghitung Ketebalan Baseplate

$$m = \frac{N - 0,95d}{2} = \frac{260 - 0,95 200}{2} = 35 \text{ mm}$$

$$n = \frac{B - 0,8bf}{2} = \frac{260 - 0,8 200}{2} = 50 \text{ mm}$$

$$n' = \frac{\sqrt{dbf}}{4} = \frac{\sqrt{200 200}}{4} = 50 \text{ mm}$$

$$X = \frac{4 dbf P_u}{(d+bf)^2 \phi_c P_p} = \frac{4 200 200 757229}{(200+200)^2 2203200} = 0,34$$

$$\lambda = \frac{2\sqrt{X}}{1+\sqrt{1-X}} = \frac{2\sqrt{0,34}}{1+\sqrt{1-0,34}} = 0,64$$

$$\lambda n' = 0,64 \times 50 = 32 \text{ mm}$$

$$l = \max(m, n, \lambda n') = \max(35, 50, 32) = 50 \text{ mm}$$

$$f_{pi} = \frac{P_u}{BN} = \frac{757229}{260 \times 260} = 11,2 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{pi} (req) = l \sqrt{\frac{2 F_{pi}}{0,9 F_y}} = 50 \sqrt{\frac{11,2}{0,9 240}} = 11,38 \text{ mm}$$

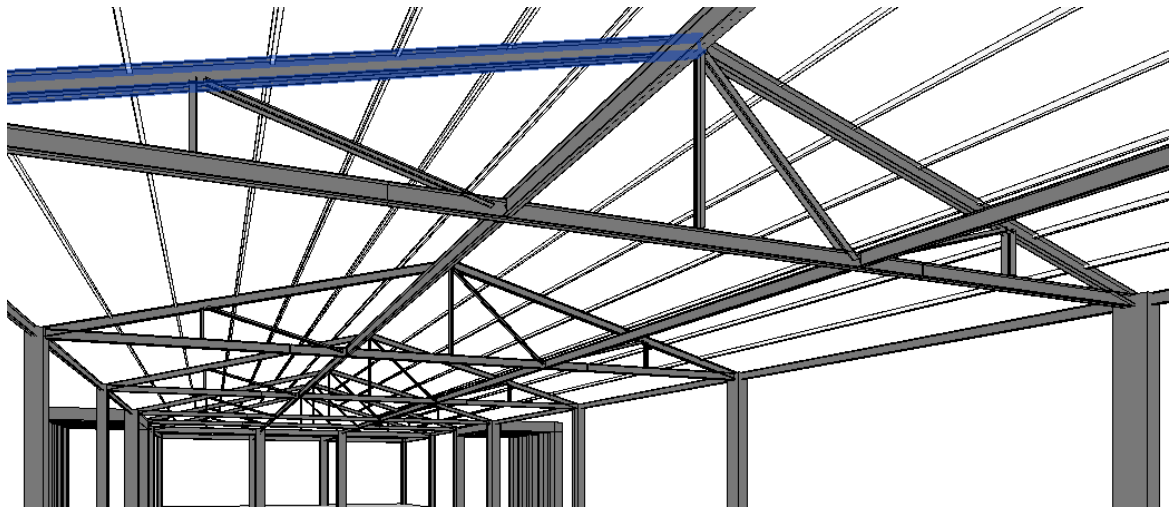
Pakai tebal base plate 1,5 cm

7.2 Sambungan Antar Balok

7.2.1 Antar Balok WF 150 75 5 7 dengan Balok WF 150 75 5 7

Profil BJ 37

Syarat tebal Las = 6 mm



Sambungan Baut

Diameter Baut : 12 mm

Lubang Baut, bor : 12 mm + 1,5 mm = 13,5 mm

Mutu Baut A325

Kuat rencana baut :

$$A_b = \frac{\pi}{4} (1,2 \text{ cm})^2 = 1,13 \text{ cm}^2$$

Geser :

$$R_u = \phi F_{nv} A_b = 0,75 \times 4570 \text{ kg/cm}^2 \times 1,13 \text{ cm}^2 = 3876 \text{ kg}$$

Tumpu :

$$L_c = 2,3 - \frac{1}{2} \times 1,2 = 1,7 \text{ cm}$$

$$R_n = 1,2 l_c t f_u < 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \times 1,7 \times 0,5 \times 3700 < 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 3700$$

$$= 3774 \text{ kg} < 5328 \text{ kg} , \text{ diambil kuat Tumpu} = 3774 \text{ kg}$$

$$R_u = 0,75 \times 3774 = 2830 \text{ kg (menentukan)}$$

Tarik :

$$R_u = \phi F_{nt} A_{bn}$$

$$= 0,75 \times 6200 \times (0,75 \times 1,13) \text{cm}^2 = 3940 \text{ kg}$$

Dari control geser, tumpu, dan tarik. Nominal geser yang menentukan, $R_n = 2830 \text{ kg}$

Pendekatan titik putar

- Akibat beban sentris , $P_u = 1,75 \text{ t}$

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{1750}{6} = 291 \text{ kg} < R_n = 2830 \text{ kg}$$

- Akibat momen lentur , M_u dari SAP = $1060,28 \text{ kg.m} = 1060280 \text{ kg.mm}$

$$T_u \text{ max} = \frac{M_u \times d \text{ max}}{\sum d^2} = \frac{1060280 \text{ kg.mm} \times 70 \text{ mm}}{2(35^2 + 70^2)} = 6058 \text{ kg} < R_u \text{ (Tarik)} = 3940 \text{ kg}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$F_{rv} = \frac{V_u}{A_b} = \frac{291}{1,13} = 257,52 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 0,75 \times 4570 = 3427,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} < F_{nt}$$

$$= 1,3 \times 6200 - \frac{6200}{0,75 \times 4570} \times 257,52 < 6200$$

$$= 7594 \text{ kg} < 6200 \text{ kg} \text{ maka dipakai } f_{nt} = 6200 \text{ kg}$$

$$R_u = \phi_t \times F'_{nt} \times A_b = 0,75 \times 6200 \times 1,13 = 5254 \text{ kg}$$

$$T_u \text{ maks} = 6058 \text{ kg} < 9349,38 \text{ kg (OK)}$$

Sambungan Las Plat Siku

$$a \text{ eff maks } 1 = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 5 = 2,65 \text{ mm} , \text{ Las di badan}$$

$$a \text{ eff maks } 2 = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 7 = 7,42 \text{ mm} , \text{ Las di sayap}$$

$$x = \frac{b^2}{2b+d} = \frac{3,75^2}{2 \cdot 3,75 + 11,6} = 0,73 \text{ cm}$$

$$I_p = \frac{8b^3+6bd^2+d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d} = \frac{8 \cdot 3,75^3 + 6 \cdot 3,75 \cdot 11,6^2 + 11,6^3}{12} - \frac{3,75^4}{2 \cdot 3,75 + 11,6} = 298 - 10,35 =$$

$$287,65 \text{ cm}^4 \times 2 = 575,3 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_p / Y_{\max} = 575,3 / 5,8 = 99,19 \text{ cm}^3$$

Dipakai $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{we} = 2x(2x3,75 + 11,6) = 38,2 \text{ cm}^2$$

Momen maksimum yang terjadi adalah 1060.28 Kg.m

Geser maksimum yang terjadi adalah 1787.61 Kg

$$f_v = \frac{Pu}{A_{we}} = \frac{1787,61}{38,2} = 46,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_h = \frac{Mu}{S_x} = \frac{106028}{99,19} = 1068 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{46,79^2 + 1068^2} = 1069 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{\phi F_u} = \frac{1069}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,48 \text{ cm}$$

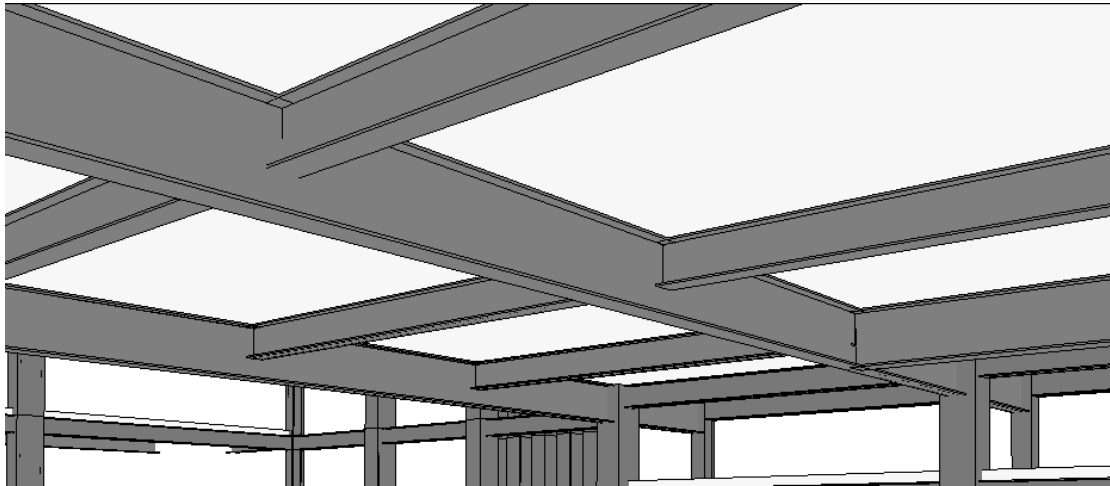
A perlu = $t_e / 0,707 = 0,68 \text{ cm} < A_{\text{eff badan}}$

Pakai a las = 7 mm

7.2.2 Antar Balok 300 150 9 13 dengan Balok 500 200 10 16

Profil BJ 37

Syarat tebal Las = 6 mm



Sambungan Baut

Diameter Baut : 16 mm

Lubang Baut, bor : 16 mm + 1,5 mm = 17,5 mm

Mutu Baut A325

momen maksimum yang terjadi adalah = 5308.13 Kg.m

geser maksimum yang terjadi adalah = 6125.29 Kg

Kuat rencana baut :

$$A_b = \frac{\pi}{4} (1,6 \text{ cm})^2 = 2,01 \text{ cm}^2$$

Geser :

$$R_u = \phi F_{nv} A_b = 0,75 \times 4570 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 = 6889,3 \text{ kg (Menentukan)}$$

Tumpu :

$$L_c = 4 - \frac{1}{2} \times 1,6 = 3,2 \text{ cm}$$

$$R_n = 1,2 l_c t f_u < 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \times 3,2 \times 0,9 \times 3700 < 2,4 \times 1,6 \times 0,9 \times 3700$$

$$= 12787 \text{ kg} < 12787 \text{ kg} , \text{ diambil kuat Tumpu} = 12787 \text{ kg}$$

$$R_u = 0,75 \times 12787 = 9590 \text{ kg}$$

Tarik :

$$R_u = \phi F_{nt} A_{bn} \\ = 0,75 \times 6200 \times (0,75 \times 2,01) \text{cm}^2 = 7009 \text{ kg}$$

Dari control geser, tumpu, dan tarik. Nominal geser yang menentukan, $R_n = 6889,3 \text{ kg}$

Pendekatan titik putar

- Akibat beban sentris, $P_u = 6,2 \text{ t}$

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{6200}{8} = 775 \text{ kg} < R_n = 6889,3 \text{ kg}$$

- Akibat momen lentur, M_u dari SAP = 5308 kg.m = 5308000 kg.mm

$$T_u \text{ max} = \frac{M_u \times d \text{ max}}{\sum d^2} = \frac{5308000 \text{ kg.mm} \times 120 \text{ mm}}{2(40^2 + 80^2 + 120^2)} = 14410 \text{ kg} < R_u \text{ (Tarik)} = 7009 \text{ kg}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$F_{rv} = \frac{V_u}{A_b} = \frac{775}{2,01} = 385 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 0,75 \times 4570 = 3427,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} < F_{nt} \\ = 1,3 \times 6200 - \frac{6200}{0,75 \times 4570} \times 385 < 6200$$

$$= 7363 \text{ kg} < 6200 \text{ kg} \text{ maka dipakai } f_{nt} = 6200 \text{ kg}$$

$$R_u = \phi t \times F'_{nt} \times A_b = 0,75 \times 6200 \times 2,01 = 9346 \text{ kg}$$

$$T_u \text{ maks} = 14410 \text{ kg} < 9349,38 \text{ kg (OK)}$$

Sambungan Las Plat Siku

$$a \text{ eff maks } 1 = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 9 = 4,78 \text{ mm}, \text{ Las di badan}$$

$$a \text{ eff maks } 2 = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 13 = 13,78 \text{ mm}, \text{ Las di sayap}$$

$$x = \frac{b^2}{2b+d} = \frac{15^2}{2 \times 15 + 20} = 4,5 \text{ cm}$$

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d} = \frac{8 \cdot 15^3 + 6 \cdot 15 \cdot 20^2 + 20^3}{12} - \frac{15^4}{2 \cdot 15 + 20} = 5916 - 1012 = 4904 \text{ cm}^4 \times 2$$

$$= 9808 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_p / Y_{\max} = 9808 / 10 = 980,8 \text{ cm}^3$$

Dipakai $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{we} = 2x(2x15 + 20) = 100 \text{ cm}^2$$

momen maksimum yang terjadi adalah = 5308.13 Kg.m

geser maksimum yang terjadi adalah = 6125.29 Kg

$$f_v = \frac{Pu}{A_{we}} = \frac{6125}{100} = 61,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_h = \frac{Mu}{S_x} = \frac{530813}{980,8} = 541,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{61,25^2 + 541,2^2} = 544,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{\phi F_u} = \frac{544,45}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,24 \text{ cm}$$

$$A_{\text{perlu}} = t_e / 0,707 = 0,347 \text{ cm} < A_{\text{eff badan}}$$

Pakai a las = 5 mm

7.3 Sambungan balok Kolom

7.3.1 Balok 150 75 5 7 dan Kolom 25 x 25

Profil Kolom : 150 150 7 10

Profil Balok : 150 75 5 7

Sambungan pada Flange kolom

Diameter Baut : 16 mm

Lubang Baut, bor : 16 mm + 1,5 mm = 17,5 mm

Mutu Baut A325

Kuat rencana baut :

$$A_b = \frac{\pi}{4} (1,6 \text{ cm})^2 = 2,01 \text{ cm}^2$$

Geser :

$$R_u = \phi F_{nv} A_b = 0,75 \times 4570 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 = 6889,3 \text{ kg}$$

Tumpu :

$$L_c = 4,5 \text{ cm} - \frac{1}{2} 1,6 = 3,7 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 l_c t f_u < 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \times 3,7 \times 0,5 \times 3700 < 2,4 \times 1,6 \times 0,5 \times 3700 \\ &= 8214 \text{ kg} < 7104 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$R_u = 0,75 \times 7104 = 5328 \text{ kg (menentukan)}$$

Tarik :

$$\begin{aligned} R_u &= \phi F_{nt} A_{bn} \\ &= 0,75 \times 6200 \times (0,75 \times 2,01) \text{ cm}^2 = 7009,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari control geser, tumpu, dan tarik. Nominal geser yang menentukan, $R_n = 5328 \text{ kg}$

Momen maksimum yang terjadi adalah 1060.28 Kg.m

Geser maksimum yang terjadi adalah 1787.61 Kg

Pendekatan titik putar

- Akibat beban sentris , $P_u = 1,75 \text{ t}$

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{1750}{4} = 437,5 \text{ kg} < R_u = 5328 \text{ kg}$$

- Akibat momen lentur , M_u dari SAP = 1060,28 kg.m = 1060280 kg.mm

$$T_u \text{ max} = \frac{M_u \times d \text{ max}}{\sum d^2} = \frac{1060280 \text{ kg.mm} \times 80 \text{ mm}}{2(80^2)} = 6626,75 \text{ kg} < R_u (\text{Tarik})=7009,8 \text{ kg}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$F_{rv} = \frac{V_u}{A_b} = \frac{437,5}{2,01} = 217,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 0,75 \times 4570 = 3427,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} < F_{nt}$$
$$= 1,3 \times 6200 - \frac{6200}{0,75 \times 4570} \times 217,6 < 6200$$

$$. = 7666,4 \text{ kg} < 6200 \text{ kg} \text{ maka dipakai } f_{nt} = 6200 \text{ kg}$$

$$R_u = \phi_t \times F_{nt} \times A_b = 0,75 \times 6200 \times 2,01 = 9349,38 \text{ kg}$$

$$T_u \text{ maks} = 6626,75 \text{ kg} < 9349,38 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Kontrol Las Pada Plat Sambung

$$a \text{ eff maks } 1 = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70 \text{ xx}}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 5 = 2,65 \text{ mm} , \text{ Las di badan}$$

$$a \text{ eff maks } 2 = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70 \text{ xx}}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 7 = 7,42 \text{ mm} , \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 0,5 \text{ cm}$

$$A_{we} = 0,5 \times (2 \times (13 + 7,5)) = 20,5 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 13^3 + 1 \times 7,5 \times 7,5^2 \right] = 1209 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{\text{max}} = 1209 / 7,5 = 161,32 \text{ cm}^3$$

Momen maksimum yang terjadi adalah 1060.28 Kg.m

Geser maksimum yang terjadi adalah 1787.61 Kg

$$f_v = \frac{Pu}{A_{we}} = \frac{1787,61}{20,5} = 87,2 \text{ kg/cm}^2$$

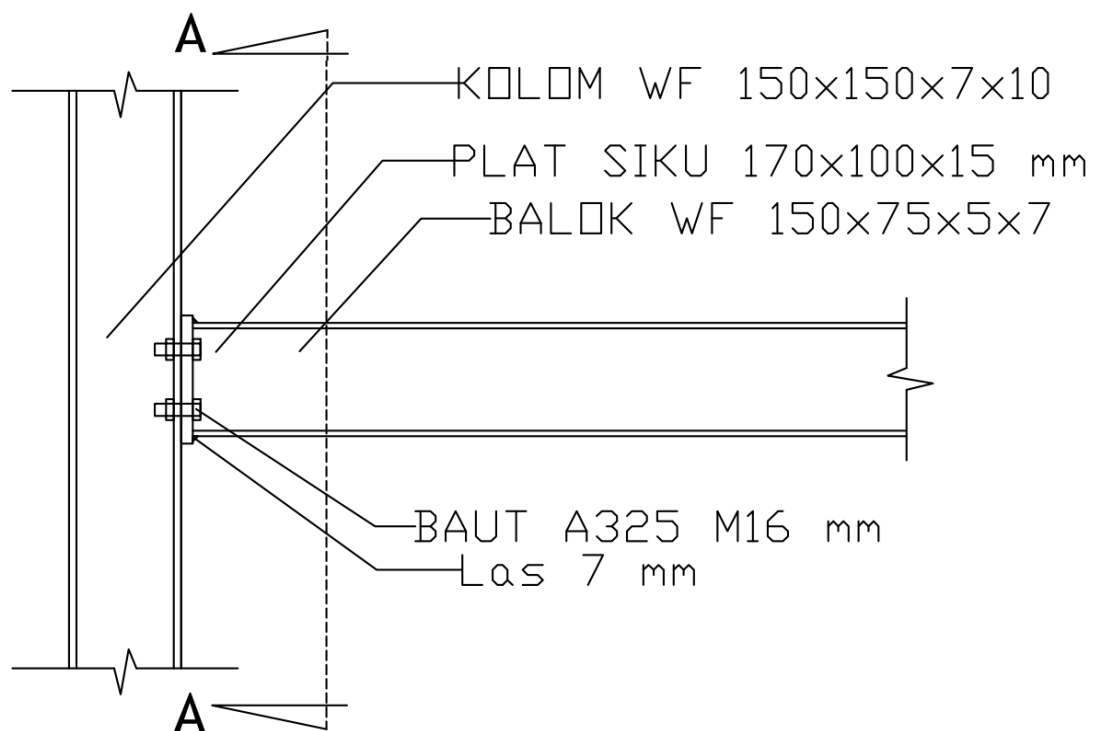
$$f_h = \frac{Mu}{S_x} = \frac{106028}{161,32} = 657,25 \text{ kg/cm}^2$$


$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{87,2^2 + 657,32^2} = 663 \text{ kg/cm}^2$$

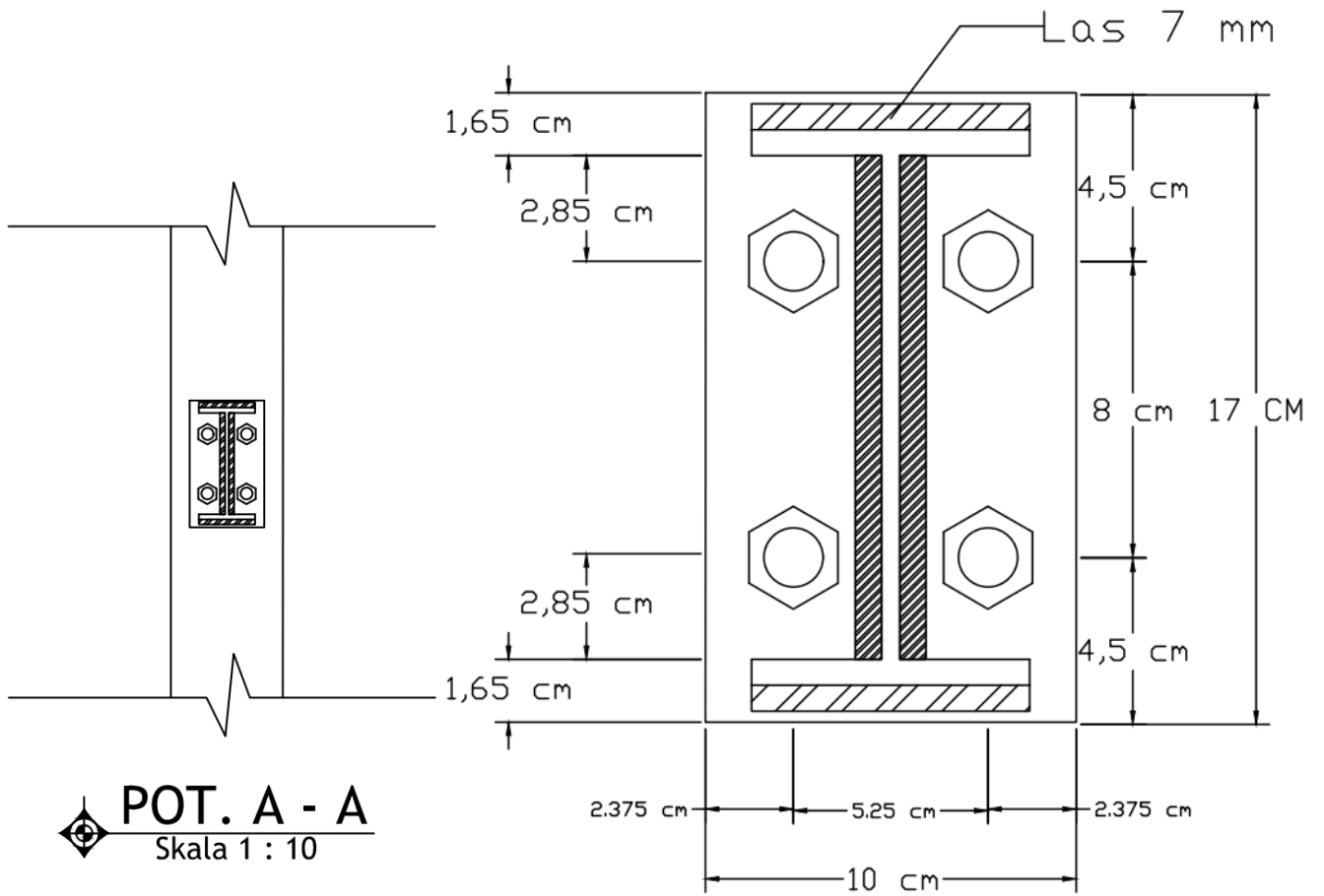
$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi F_u} = \frac{663}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,29 \text{ cm}$$

$$A_{perlu} = t_e / 0,707 = 0,42 \text{ cm} < A_{eff \text{ badan}}$$

Pakai a las = 7 mm




DETAIL Balok 150 - flange Kolom 25
 Skala 1 : 10



POT. A - A
Skala 1 : 10

PELAT
Skala 1 : 2

Sambungan Pada Web Kolom

$$a_{eff maks 1} = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 5 = 2,65 \text{ mm} , \text{ Las di badan}$$

$$a_{eff maks 2} = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 7 = 7,42 \text{ mm} , \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 0,5 \text{ cm}$

$$A_{we} = 0,5 \times (2 \times (13 + 7,5)) = 20,5 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 13^3 + 1 \times 7,5 \times 7,5^2 \right] = 1209 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{max} = 1209 / 7,5 = 161,32 \text{ cm}^3$$

Momen maksimum yang terjadi adalah 1060.28 Kg.m

Geser maksimum yang terjadi adalah 1787.61 Kg

$$f_v = \frac{P_u}{A_{we}} = \frac{1787,61}{20,5} = 87,2 \text{ kg/cm}^2$$

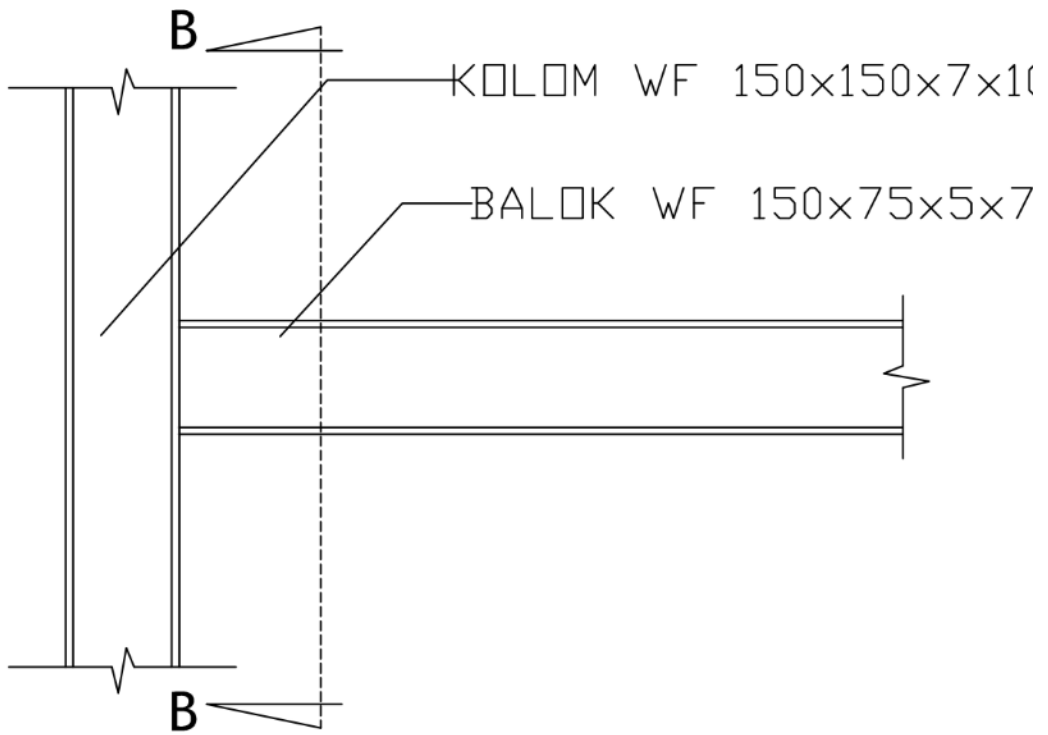
$$f_h = \frac{M_u}{S_x} = \frac{106028}{161,32} = 657,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{87,2^2 + 657,32^2} = 663 \text{ kg/cm}^2$$

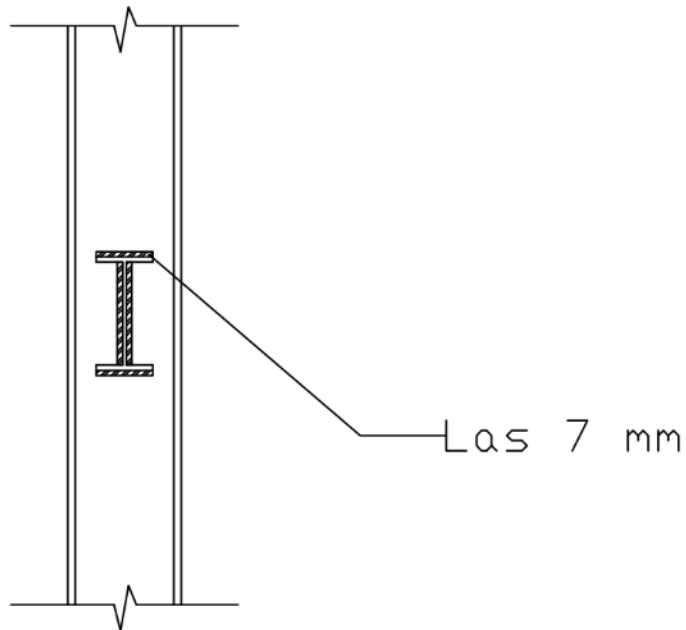
$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi F_u} = \frac{663}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,29 \text{ cm}$$

A perlu = $t_e / 0,707 = 0,42 \text{ cm} < A_{eff} \text{ badan}$

Pakai a las = 7 mm



◆ **DETAIL Balok 150 - web Kolom 25**
 Skala 1 : 10



◆ **POT. B - B**
 Skala 1 : 10

7.3.2 Balok 150 75 5 7 dan Kolom 40 x 40

Profil Kolom : 200 200 10 16

Profil Balok : 150 75 5 7

Sambungan pada Flange kolom

Diameter Baut : 16 mm

Lubang Baut, bor : 16 mm + 1,5 mm = 17,5 mm

Mutu Baut A325

Kuat rencana baut :

$$A_b = \frac{\pi}{4} (1,6 \text{ cm})^2 = 2,01 \text{ cm}^2$$

Geser :

$$R_u = \phi F_{nv} A_b = 0,75 \times 4570 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 = 6891,4 \text{ kg}$$

Tumpu :

$$L_c = 4,5 \text{ cm} - \frac{1}{2} 1,6 = 3,7 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 l_c t f_u < 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \times 3,7 \times 0,5 \times 3700 < 2,4 \times 1,6 \times 0,5 \times 3700 \\ &= 8214 \text{ kg} < 7104 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$R_u = 0,75 \times 7104 = 5328 \text{ kg (menentukan)}$$

Tarik :

$$\begin{aligned} R_u &= \phi F_{nt} A_{bn} \\ &= 0,75 \times 6200 \times 1,51 \text{ cm}^2 = 7009,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari control geser, tumpu, dan tarik. Nominal geser yang menentukan, $R_n = 5328 \text{ kg}$

Pendekatan titik putar

- Akibat beban sentris, $P_u = 1,75 \text{ t}$

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{1750}{4} = 437,5 \text{ kg} < R_u = 5328 \text{ kg}$$

- Akibat momen lentur, M_u dari SAP = 1060,28 kg.m = 1060280 kg.mm

$$T_u \text{ max} = \frac{M_u \times d \text{ max}}{\sum d^2} = \frac{1060280 \text{ kg.mm} \times 80 \text{ mm}}{2(80^2)} = 6626,75 \text{ kg} < R_u \text{ (Tarik)} = 7009,8 \text{ kg}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$F_{rv} = \frac{V_u}{A_b} = \frac{437,5}{2,01} = 217,6 \frac{kg}{cm^2} < 0,75 \times 4570 = 3427,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} < F_{nt}$$
$$= 1,3 \cdot 6200 - \frac{6200}{0,75 \times 4570} \cdot 217,6 < 6200$$

$$. = 7666,4 \text{ kg} < 6200 \text{ kg} \text{ maka dipakai } f_{nt} = 6200 \text{ kg}$$

$$R_u = \phi_t \times F_{nt} \times A_b = 0,75 \times 6200 \times 2,01 = 9349,38 \text{ kg}$$

$$T_u \text{ maks} = 6626,75 \text{ kg} < 9349,38 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol Las

$$a_{eff \text{ maks } 1} = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 5 = 2,65 \text{ mm}, \text{ Las di badan}$$

$$a_{eff \text{ maks } 2} = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 7 = 7,42 \text{ mm}, \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 0,5 \text{ cm}$

$$A_{we} = 0,5 \times (2 \times (13 + 7,5)) = 20,5 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 13^3 + 1 \times 7,5 \times 7,5^2 \right] = 1209 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{max} = 1209 / 7,5 = 161,32 \text{ cm}^3$$

Momen maksimum yang terjadi adalah 1060.28 Kg.m

Geser maksimum yang terjadi adalah 1787.61 Kg

$$f_v = \frac{P_u}{A_{we}} = \frac{1787,61}{20,5} = 87,2 \text{ kg/cm}^2$$

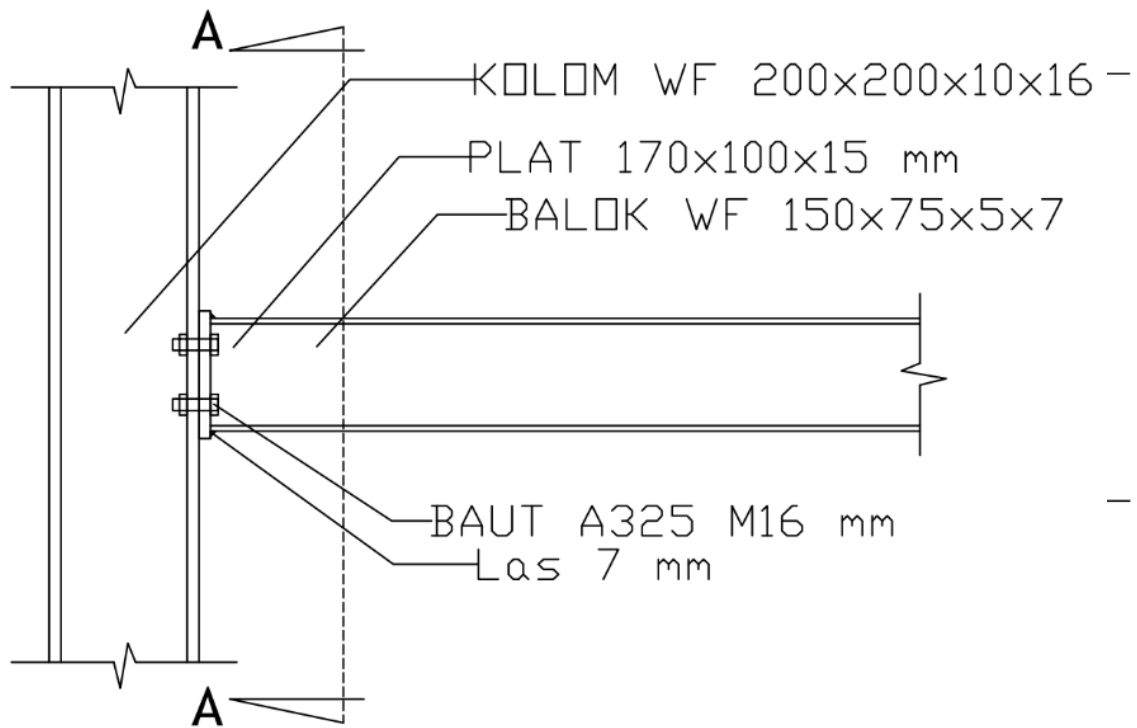
$$f_h = \frac{M_u}{S_x} = \frac{106028}{161,32} = 657,25 \text{ kg/cm}^2$$


$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{87,2^2 + 657,32^2} = 663 \text{ kg/cm}^2$$

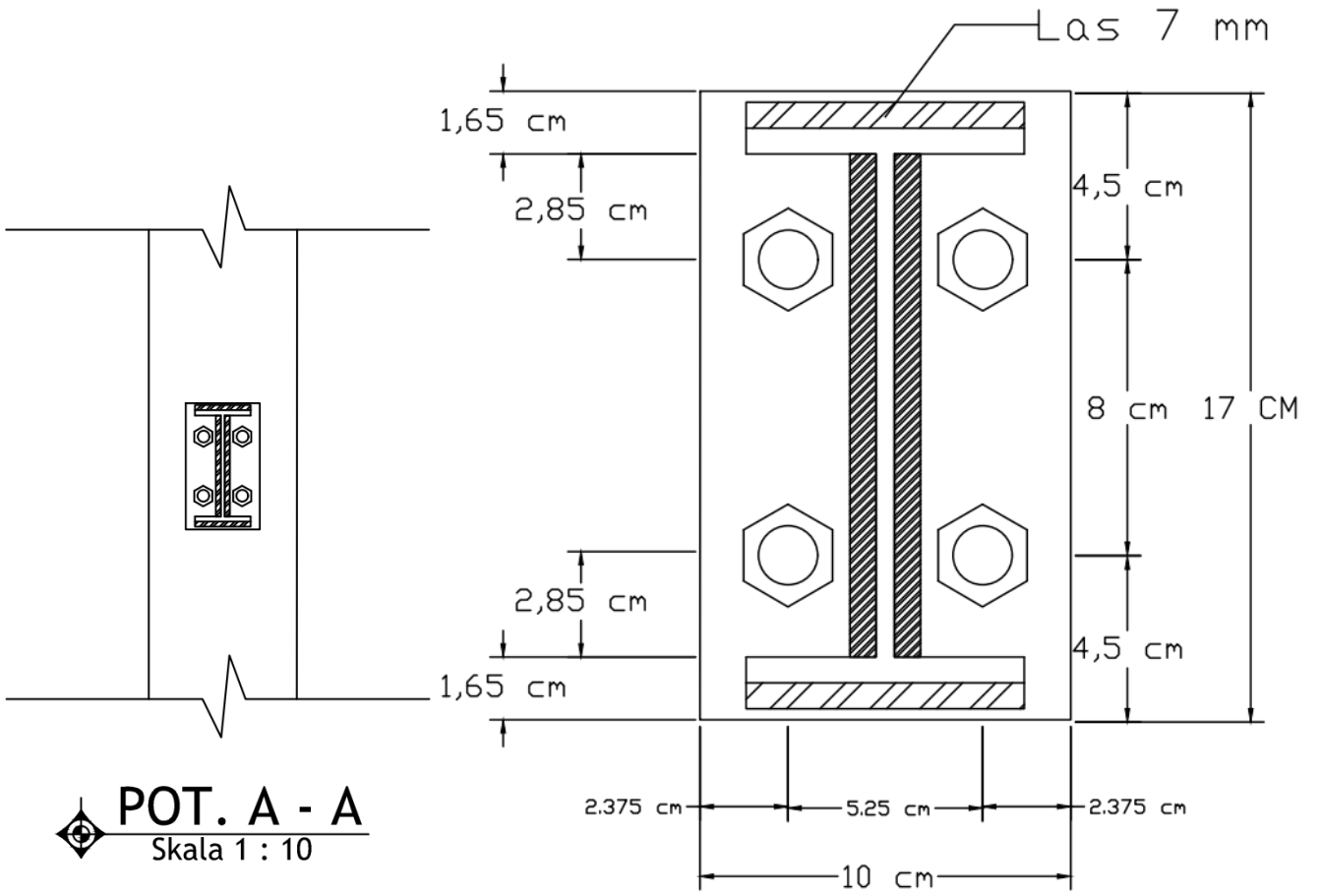
$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi F_u} = \frac{663}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,29 \text{ cm}$$

$A_{\text{perlu}} = t_e / 0,707 = 0,42 \text{ cm} < A_{\text{eff badan}}$

Pakai a las = 7 mm



 **DETAIL Balok 150 - flange Kolom 40**
Skala 1 : 10



POT. A - A
Skala 1 : 10

PELAT
Skala 1 : 2

Sambungan pada web kolom

$$a_{eff maks 1} = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 5 = 2,65 \text{ mm} , \text{ Las di badan}$$

$$a_{eff maks 2} = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 7 = 7,42 \text{ mm}, \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 0,5 \text{ cm}$

$$A_{we} = 0,5 \times (2 \times (13 + 7,5)) = 20,5 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 13^3 + 1 \times 7,5 \times 7,5^2 \right] = 1209 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{max} = 1209 / 7,5 = 161,32 \text{ cm}^3$$

Momen maksimum yang terjadi adalah 1060.28 Kg.m

Geser maksimum yang terjadi adalah 1787.61 Kg

$$f_v = \frac{P_u}{A_{we}} = \frac{1787,61}{20,5} = 87,2 \text{ kg/cm}^2$$

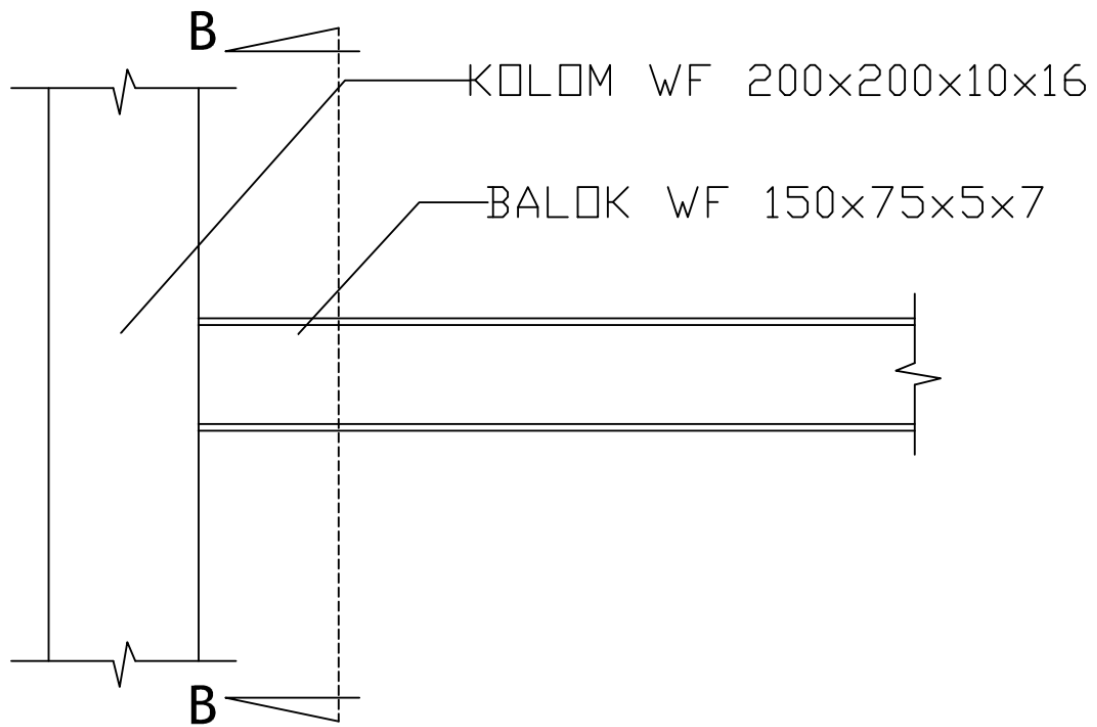
$$f_h = \frac{M_u}{S_x} = \frac{106028}{161,32} = 657,25 \text{ kg/cm}^2$$


$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{87,2^2 + 657,32^2} = 663 \text{ kg/cm}^2$$

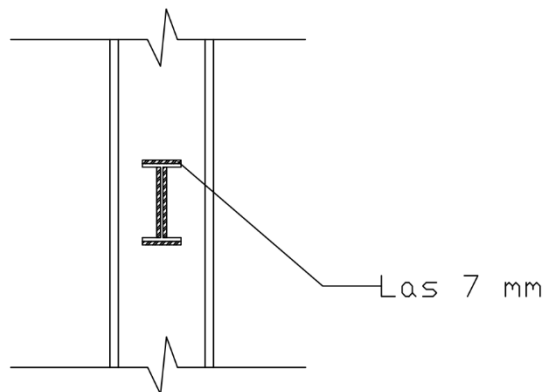
$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi F_u} = \frac{663}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,29 \text{ cm}$$

$$A_{perlu} = t_e / 0,707 = 0,42 \text{ cm} < A_{eff \text{ badan}}$$

Pakai las = 7 mm



 **DETAIL Balok 150 - web Kolom 40**
Skala 1 : 10



 **POT. B - B**
Skala 1 : 10

7.3.3 Balok 500 200 10 16 dan Kolom 40 x 40

Profil Kolom : 200 200 10 16

Profil Balok : 500 200 10 16

Sambungan pada Flange kolom

Diameter Baut : 22 mm

Lubang Baut, bor : 22 mm + 1,5 mm = 23,5 mm

$l_c = \text{jarak baut terluar-diameter}/2 = 110 \text{ mm} - 23,5/2 \text{ mm} = 98,25 \text{ mm}$

Mutu Baut A325

Kuat rencana baut :

$$A_b = \frac{\pi}{4} (2,2 \text{ cm})^2 = 3,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{bn} = 0,75 \times A_b = 0,75 \times 3,8 \text{ cm}^2 = 2,851 \text{ cm}^2$$

Geser :

$$R_u = \phi F_{nv} A_b = 0,75 \times 4570 \text{ kg/cm}^2 \times 3,8 \text{ cm}^2 = 13029 \text{ kg (menentukan)}$$

Tumpu :

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 l_c t f_u < 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \times 9,825 \times 1,0 \times 3700 < 2,4 \times 2,2 \times 1,0 \times 3700 \\ &= 43623 \text{ kg} < 19536 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$R_u = 0,75 \times 19536 = 14652 \text{ kg}$$

Tarik :

$$\begin{aligned} R_u &= \phi F_{nt} A_{bn} \\ &= 0,75 \times 6200 \times 2,851 \text{ cm}^2 = 13257,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari control geser, tumpu, dan tarik. Nominal geser yang menentukan, $R_n = 13029 \text{ kg}$

Pendekatan titik putar :

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 34151.58 Kg.m

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 28129.66 Kg

- Akibat beban sentris , $P_u = 28,2 \text{ t}$

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{28200}{12} = 2350 \text{ kg} < R_u = 13029 \text{ kg (OK)}$$

- Akibat momen lentur , M_u dari SAP = 34151,5791 kg.m = 34151579,1 kg.mm

$$T_u \text{ max} = \frac{M_u \times d \text{ max}}{\sum d^2} = \frac{34151579,1 \text{ kg.mm} \times 600 \text{ mm}}{2(120^2 + 250^2 + 370^2 + 490^2 + 620^2)} = 12591,6 \text{ kg} < R_u \text{ (Tarik)} = 13257,1 \text{ kg}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$F_{rv} = \frac{V_u}{A_b} = \frac{2350}{3,8} = 618,21 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 0,75 \times 4570 = 3427,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{uv}} f_{rv} < F_{nt}$$

$$= 1,3 \times 6200 - \frac{6200}{0,75 \times 4570} \times 618,21 < 6200$$

$$= 6941,73 \text{ kg} < 6200 \text{ kg (maka yang dipakai } F_{nt} = 6200 \text{ kg)}$$

$$R_u = \phi_t \times F_{nt} \times A_b = 0,75 \times 6200 \times 3,8 = 19790,84 \text{ kg}$$

$$T_u \text{ maks} = 13257,1 \text{ kg} < 19790,84 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol Las Pelat Sambung

$$a \text{ eff maks } 1 = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 10 = 5,3 \text{ mm} , \text{ Las di badan}$$

$$a \text{ eff maks } 2 = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 16 = 17 \text{ mm} , \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{we} = 1 \times (2 \times (45 + 2 \times 20)) = 170 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 45^3 + \frac{1}{12} \times 1 \times 30^3 + 1 \times 20 \times 25^2 + 1 \times 20 \times 40^2 \right] = 108687 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{\text{max}} = 108687 / 40 = 2717 \text{ cm}^3$$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 34151.58 Kg.m

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 28129.66 Kg

$$fv = \frac{Pu}{Awe} = \frac{28129}{170} = 165 \text{ kg/cm}^2$$

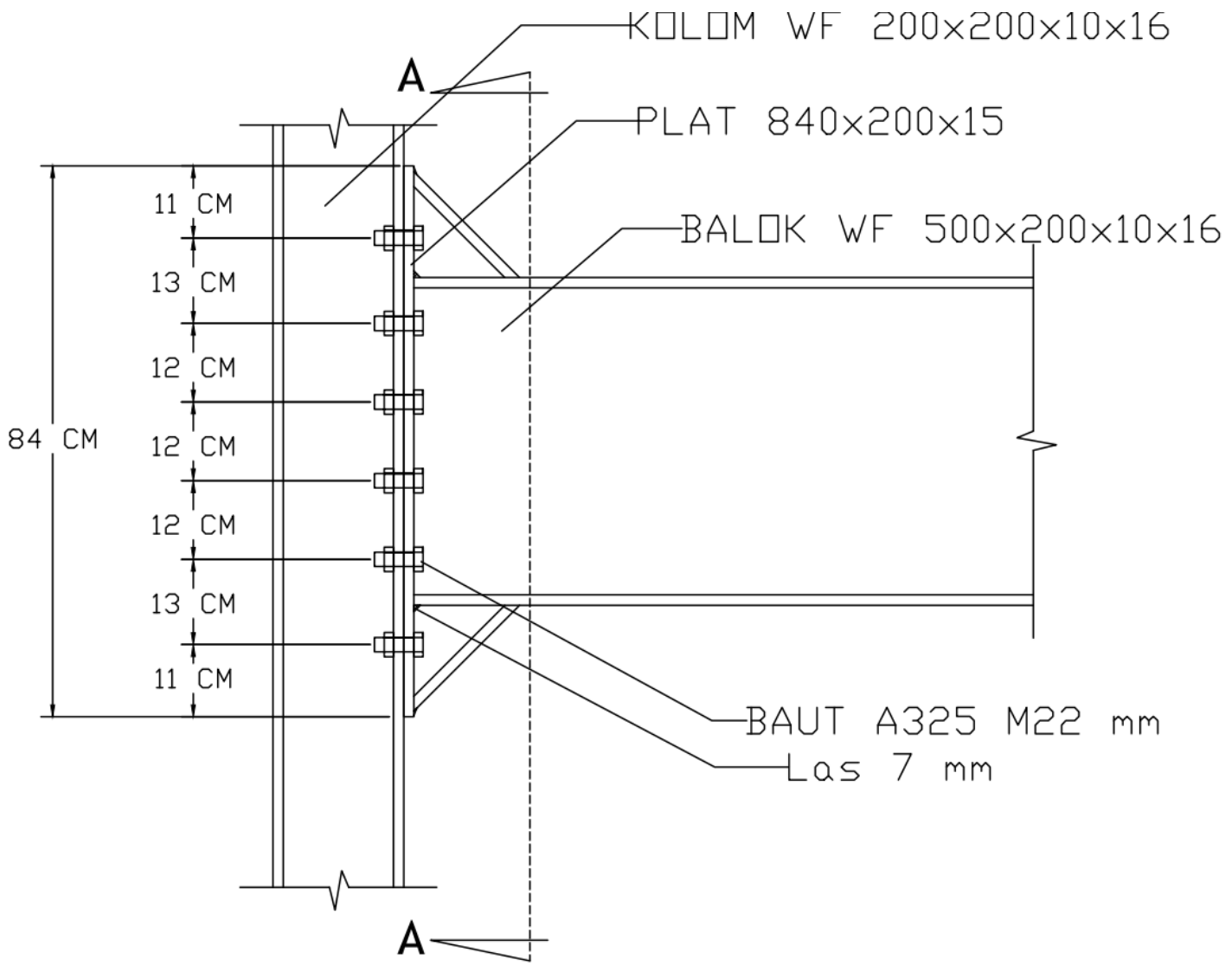
$$fh = \frac{Mu}{Sx} = \frac{3415158}{2717} = 1256 \text{ kg/cm}^2$$


$$f \text{ total} = \sqrt{fv^2 + fh^2} = \sqrt{165^2 + 1256^2} = 1266 \text{ kg/cm}^2$$

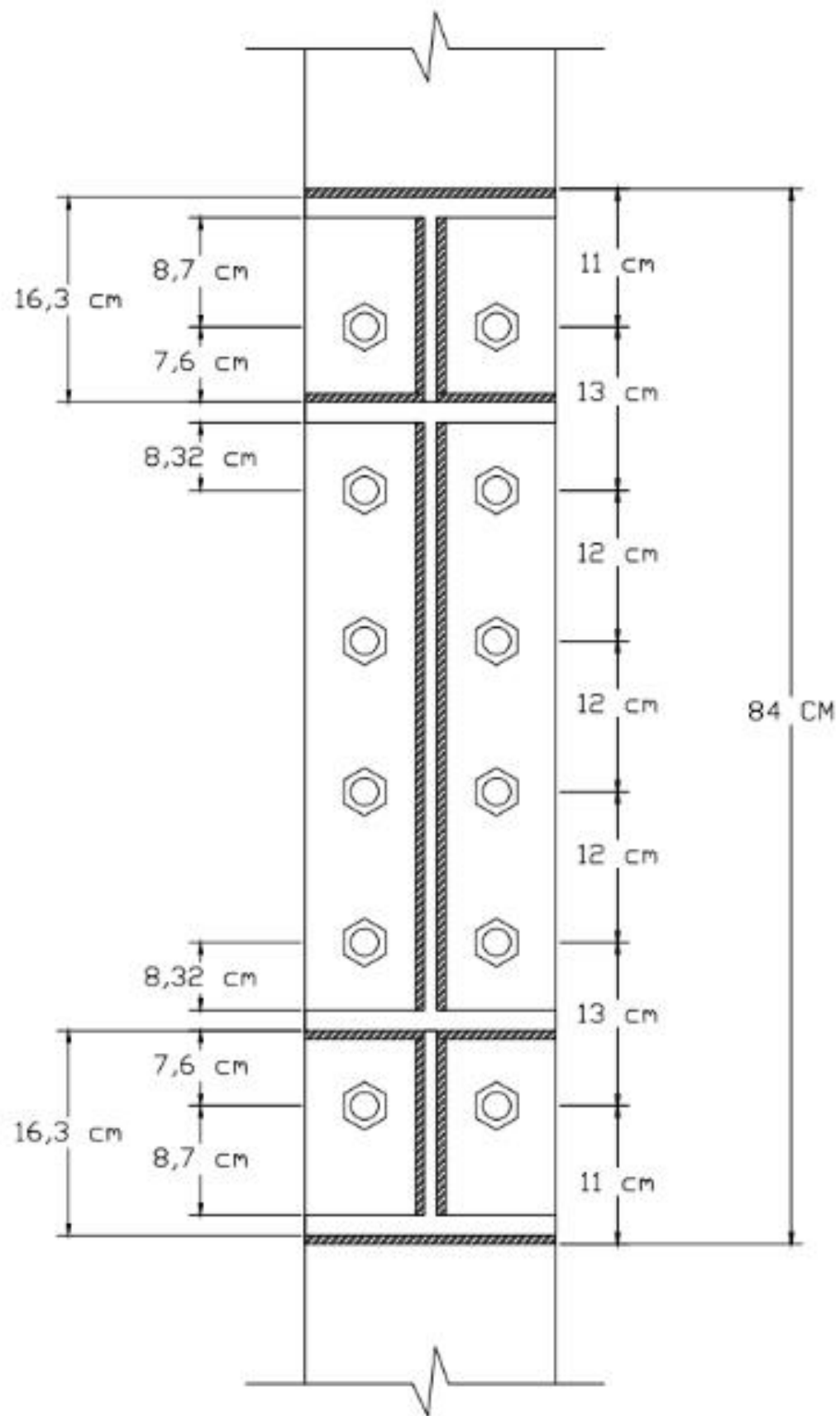
$$te = \frac{f \text{ total}}{\phi Fu} = \frac{1266}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,57 \text{ cm}$$

A perlu = te / 0,707 = 0,8 cm < A eff badan

Pakai Las = 8 mm



 **DETAIL Balok 500 - Kolom 40**
 Skala 1 : 10




POT. A - A
 Skala 1 : 5

7.3.4 Balok 300 150 9 13 dan Kolom 40 x 40

Profil Kolom : 200 200 10 16

Profil Balok : 300 150 9 13

Sambungan pada Flange kolom

Diameter Baut : 16 mm

Lubang Baut, bor : 16 mm + 1,5 mm = 17,5 mm

Mutu Baut A325

Kuat rencana baut :

$$A_b = \frac{\pi}{4} (1,6 \text{ cm})^2 = 2,01 \text{ cm}^2$$

Geser :

$$R_u = \phi F_{nv} A_b = 0,75 \times 4570 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 = 6891,4 \text{ kg}$$

Tumpu :

$$L_c = 7 \text{ cm} - \frac{1}{2} \times 1,6 = 6,2 \text{ cm}$$

$$R_n = 1,2 l_c t f_u < 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \times 6,2 \times 1,3 \times 3700 < 2,4 \times 1,6 \times 1,3 \times 3700$$

$$= 35786 \text{ kg} < 18470 \text{ kg (OK)}$$

$$R_u = 0,75 \times 18470 = 13852 \text{ kg}$$

Tarik :

$$R_u = \phi F_{nt} A_{bn}$$

$$= 0,75 \times 6200 \times 1,51 \text{ cm}^2 = 7021,5 \text{ kg}$$

Dari control geser, tumpu, dan tarik. Nominal geser yang menentukan, $R_n = 6891,4 \text{ kg}$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 5308,13 Kg.m

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 6125,29 Kg

Pendekatan titik putar

- Akibat beban sentris , $P_u = 6,125 \text{ t}$

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{6125}{6} = 1020,8 \text{ kg} < R_u = 6891 \text{ kg}$$

- Akibat momen lentur , M_u dari SAP = 5308,13 kg.m = 5308130 kg.mm

$$T_u \text{ max} = \frac{M_u \times d \text{ max}}{\sum d^2} = \frac{5308130 \text{ mm} \times 280 \text{ mm}}{2(100^2 + 190^2 + 280^2)} = 5969 \text{ kg} < R_u \text{ (Tarik)} = 7021 \text{ kg}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$F_{rv} = \frac{V_u}{A_b} = \frac{1020,8}{2,01} = 507,72 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 0,75 \times 4570 = 3427,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} < F_{nt}$$

$$= 1,3 \cdot 6200 - \frac{6200}{0,75 \times 4570} \cdot 507,72 < 6200$$

$$. = 7141,584 \text{ kg} < 6200 \text{ kg} \text{ maka dipakai } f_{nt} = 6200 \text{ kg}$$

$$R_u = \phi_t \times F_{nt} \times A_b = 0,75 \times 6200 \times 2,01 = 9349,38 \text{ kg}$$

$$T_u \text{ maks} = 5969 \text{ kg} < 9349,38 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol Las Pelat Sambung

$$a \text{ eff maks } 1 = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70 \text{ xx}}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 9 = 4,78 \text{ mm} , \text{ Las di badan}$$

$$a \text{ eff maks } 2 = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70 \text{ xx}}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 13 = 13,8 \text{ mm} , \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_w = 1 \times (2 \times (27 + 15)) = 84 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 27^3 + 1 \times 15 \times 15^2 \right] = 10030,5 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{\text{max}} = 10030,5 / 15 = 668 \text{ cm}^3$$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 5308.13 Kg.m

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 6125.29 Kg

$$f_v = \frac{Pu}{A_{we}} = \frac{6125}{84} = 73 \text{ kg/cm}^2$$

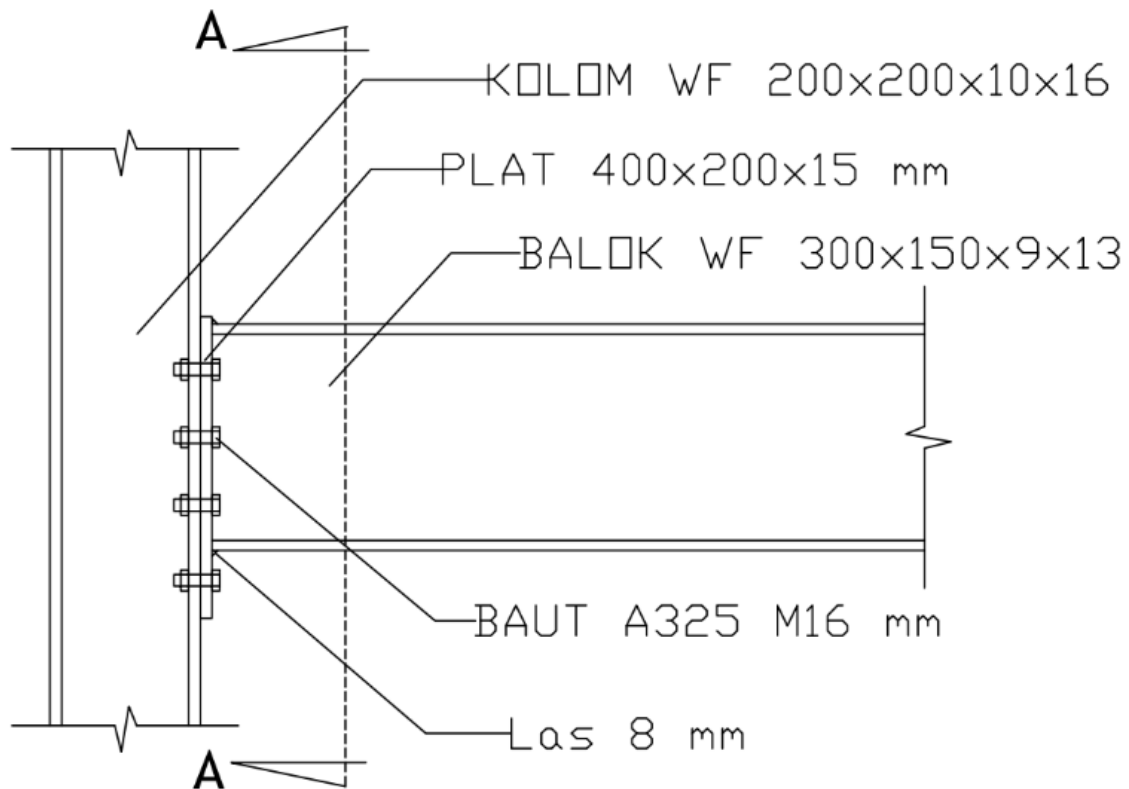
$$f_h = \frac{Mu}{S_x} = \frac{530813}{668} = 795 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{73^2 + 795^2} = 798 \text{ kg/cm}^2$$

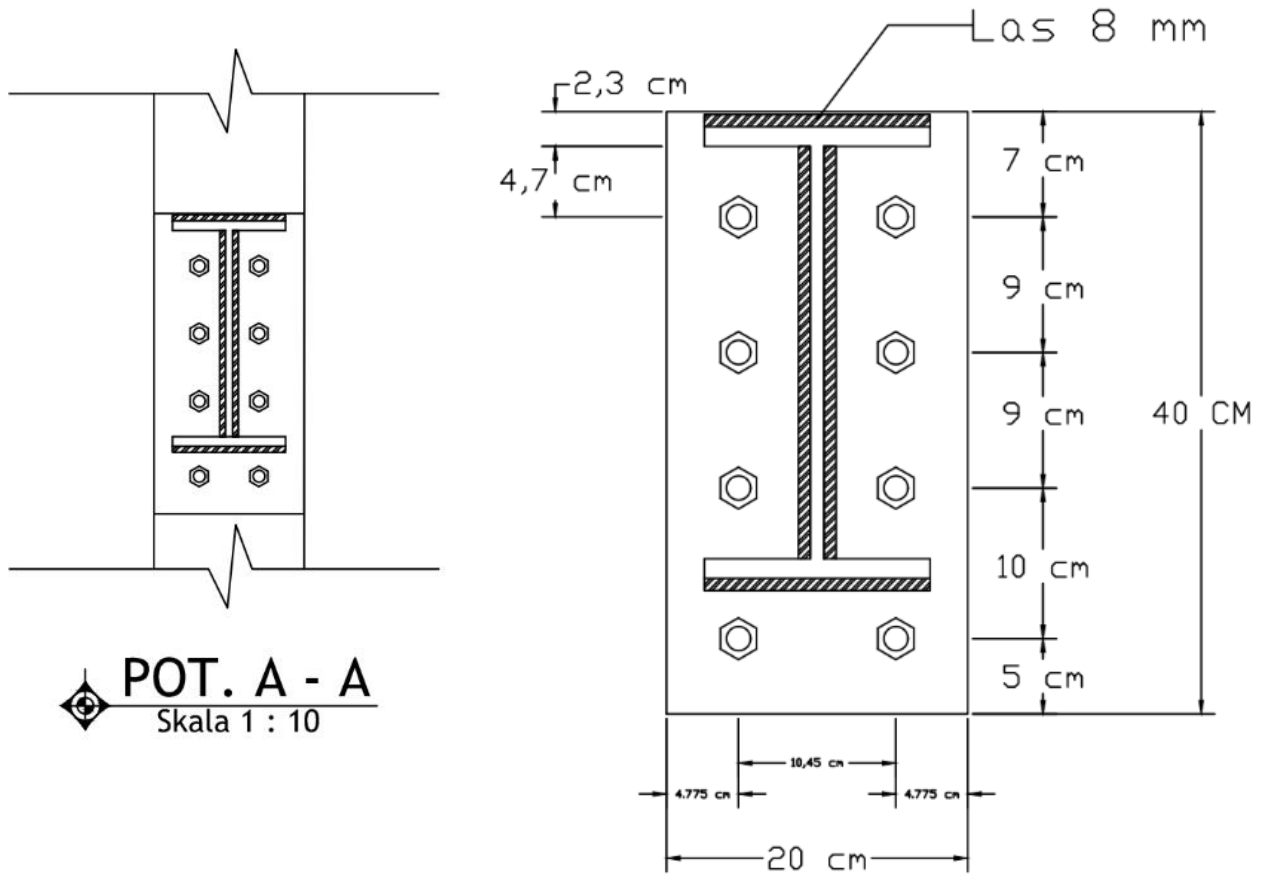
$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi F_u} = \frac{798}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,36 \text{ cm}$$

$$A_{perlu} = t_e / 0,707 = 0,5 \text{ cm} < A_{eff \text{ badan}}$$

Pakai Las = 7 mm



DETAIL Balok 300 - flange Kolom 40
Skala 1 : 10



POT. A - A
Skala 1 : 10

PELAT
Skala 1 : 5

Sambungan pada web kolom

$$a_{eff maks 1} = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 9 = 4,78 \text{ mm} , \text{ Las di badan}$$

$$a_{eff maks 2} = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 13 = 13,8 \text{ mm}, \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{we} = 1 \times (2 \times (27 + 15)) = 84 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 27^3 + 1 \times 15 \times 15^2 \right] = 10030,5 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{max} = 10030,5 / 15 = 668 \text{ cm}^3$$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 5308.13 Kg.m

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 6125.29 Kg

$$f_v = \frac{P_u}{A_{we}} = \frac{6125}{84} = 73 \text{ kg/cm}^2$$

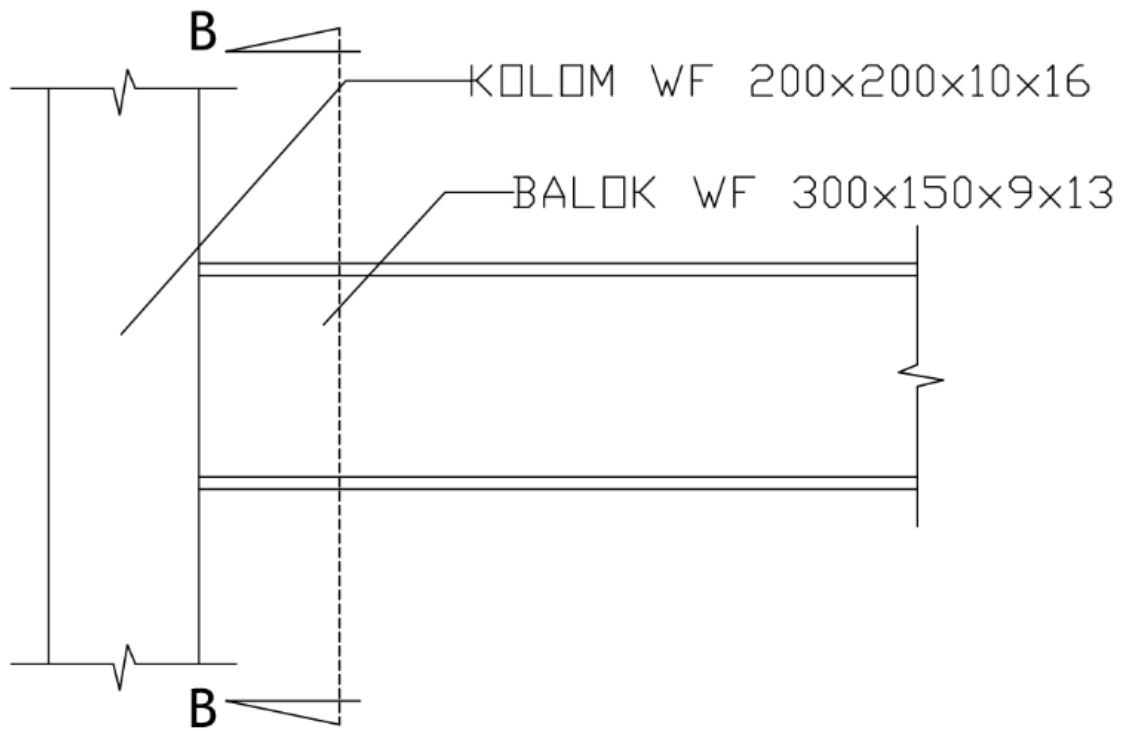
$$f_h = \frac{M_u}{S_x} = \frac{530813}{668} = 795 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{73^2 + 795^2} = 798 \text{ kg/cm}^2$$

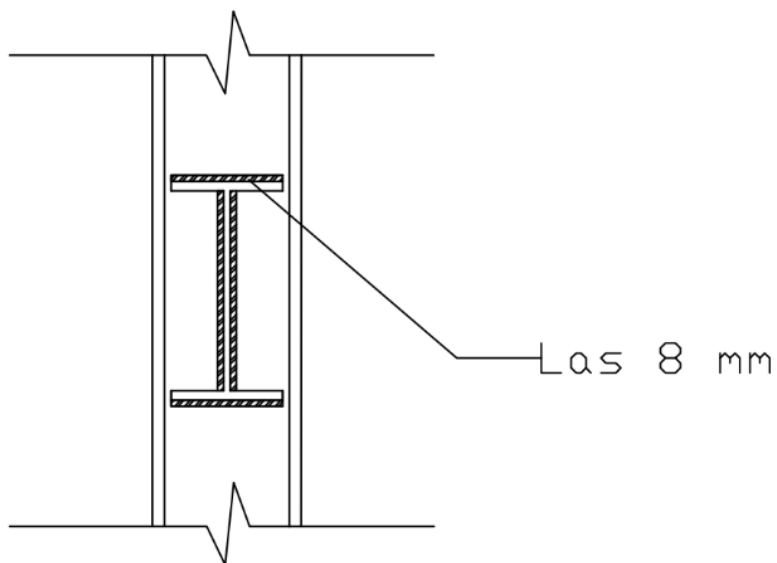
$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi F_u} = \frac{798}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,36 \text{ cm}$$

A perlu = $t_e / 0,707 = 0,5 \text{ cm} < A_{eff} \text{ badan}$

Pakai Las = 7 mm



◆ **DETAIL Balok 300 - web Kolom 40**
Skala 1 : 10



◆ **POT. B - B**
Skala 1 : 10

7.3.5 Balok 300 150 9 13 dan Kolom 25 x 25

Profil Kolom : 150 150 7 10

Profil Balok : 300 150 9 13

Sambungan pada Flange kolom

Diameter Baut : 16 mm

Lubang Baut, bor : 16 mm + 1,5 mm = 17,5 mm

Mutu Baut A325

Kuat rencana baut :

$$A_b = \frac{\pi}{4} (1,6 \text{ cm})^2 = 2,01 \text{ cm}^2$$

Geser :

$$R_u = \phi F_{nv} A_b = 0,75 \times 4570 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 = 6891,4 \text{ kg}$$

Tumpu :

$$L_c = 7 \text{ cm} - \frac{1}{2} 1,6 = 6,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 l_c t f_u < 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \times 6,2 \times 1,0 \times 3700 < 2,4 \times 1,6 \times 1,0 \times 3700 \\ &= 27528 \text{ kg} < 14208 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$R_u = 0,75 \times 14208 = 10656 \text{ kg}$$

Tarik :

$$\begin{aligned} R_u &= \phi F_{nt} A_{bn} \\ &= 0,75 \times 6200 \times 1,51 \text{ cm}^2 = 7021,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari control geser, tumpu, dan tarik. Nominal geser yang menentukan, $R_n = 6891,4 \text{ kg}$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 5308.13 Kg.m

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 6125.29 Kg

Pendekatan titik putar

- Akibat beban sentris , $P_u = 6,125 \text{ t}$

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{6125}{6} = 1020,8 \text{ kg} < R_u = 6891 \text{ kg}$$

- Akibat momen lentur , M_u dari SAP = 5308,13 kg.m = 5308130 kg.mm

$$T_u \text{ max} = \frac{M_u \times d \text{ max}}{\sum d^2} = \frac{5308130 \text{ mm} \times 280 \text{ mm}}{2(100^2 + 190^2 + 280^2)} = 5969 \text{ kg} < R_u \text{ (Tarik)} = 7021 \text{ kg}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$F_{rv} = \frac{V_u}{A_b} = \frac{1020,8}{2,01} = 507,72 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 0,75 \times 4570 = 3427,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} < F_{nt}$$

$$= 1,3 \times 6200 - \frac{6200}{0,75 \times 4570} \times 507,72 < 6200$$

$$. = 7141,584 \text{ kg} < 6200 \text{ kg} \text{ maka dipakai } f_{nt} = 6200 \text{ kg}$$

$$R_u = \phi_t \times F_{nt} \times A_b = 0,75 \times 6200 \times 2,01 = 9349,38 \text{ kg}$$

$$T_u \text{ maks} = 5969 \text{ kg} < 9349,38 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol Las Pelat Sambung

$$a \text{ eff maks } 1 = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 9 = 4,78 \text{ mm} , \text{ Las di badan}$$

$$a \text{ eff maks } 2 = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 13 = 13,8 \text{ mm} , \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{we} = 1 \times (2 \times (27 + 15)) = 84 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 27^3 + 1 \times 15 \times 15^2 \right] = 10030,5 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{\text{max}} = 10030,5 / 15 = 668 \text{ cm}^3$$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 5308.13 Kg.m

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 6125.29 Kg

$$fv = \frac{Pu}{Awe} = \frac{6125}{84} = 73 \text{ kg/cm}^2$$

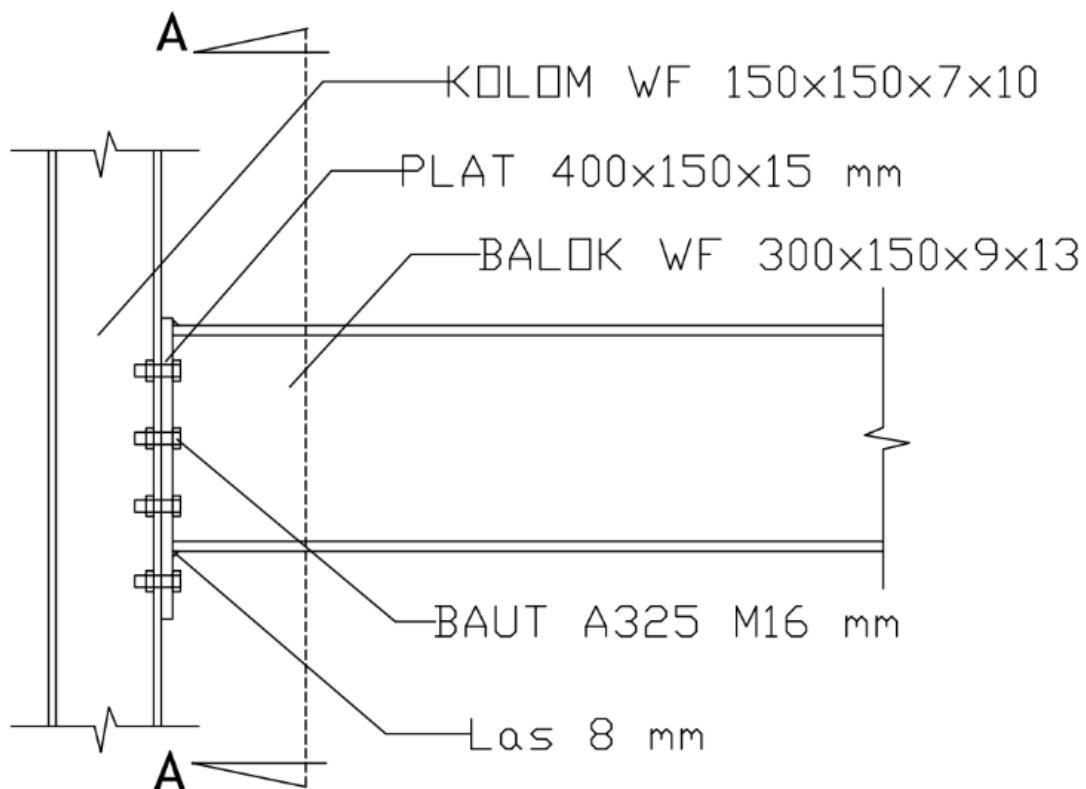
$$fh = \frac{Mu}{Sx} = \frac{530813}{668} = 795 \text{ kg/cm}^2$$


$$f_{total} = \sqrt{fv^2 + fh^2} = \sqrt{73^2 + 795^2} = 798 \text{ kg/cm}^2$$

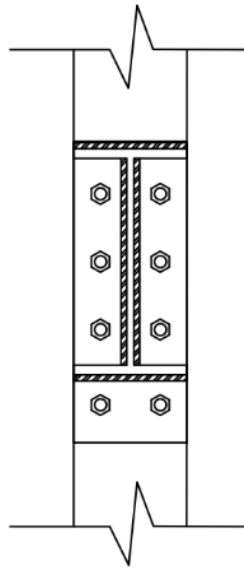
$$te = \frac{f_{total}}{\phi Fu} = \frac{798}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,36 \text{ cm}$$

A perlu = $te / 0,707 = 0,5 \text{ cm} < A \text{ eff badan}$

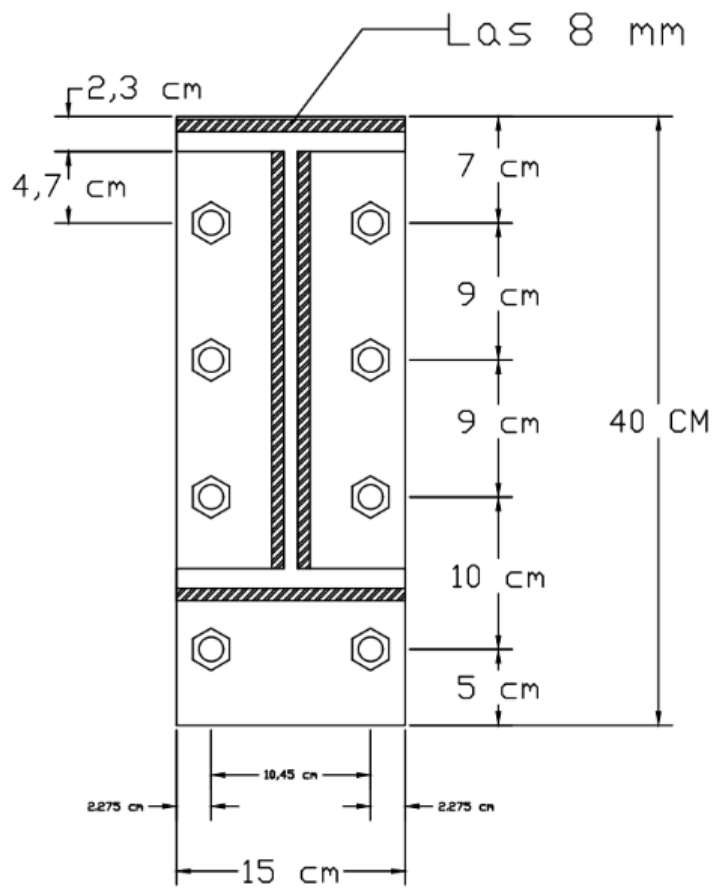
Pakai Las = 7 mm



 **DETAIL Balok 300 - flange Kolom 25**
Skala 1 : 10



POT. A - A
Skala 1 : 10



PELAT
Skala 1 : 5

Sambungan pada web kolom

$$a_{eff maks 1} = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 9 = 4,78 \text{ mm} , \text{ Las di badan}$$

$$a_{eff maks 2} = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 13 = 13,8 \text{ mm}, \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{we} = 1 \times (2 \times (27 + 15)) = 84 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 27^3 + 1 \times 15 \times 15^2 \right] = 10030,5 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{max} = 10030,5 / 15 = 668 \text{ cm}^3$$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 5308.13 Kg.m

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 6125.29 Kg

$$f_v = \frac{P_u}{A_{we}} = \frac{6125}{84} = 73 \text{ kg/cm}^2$$

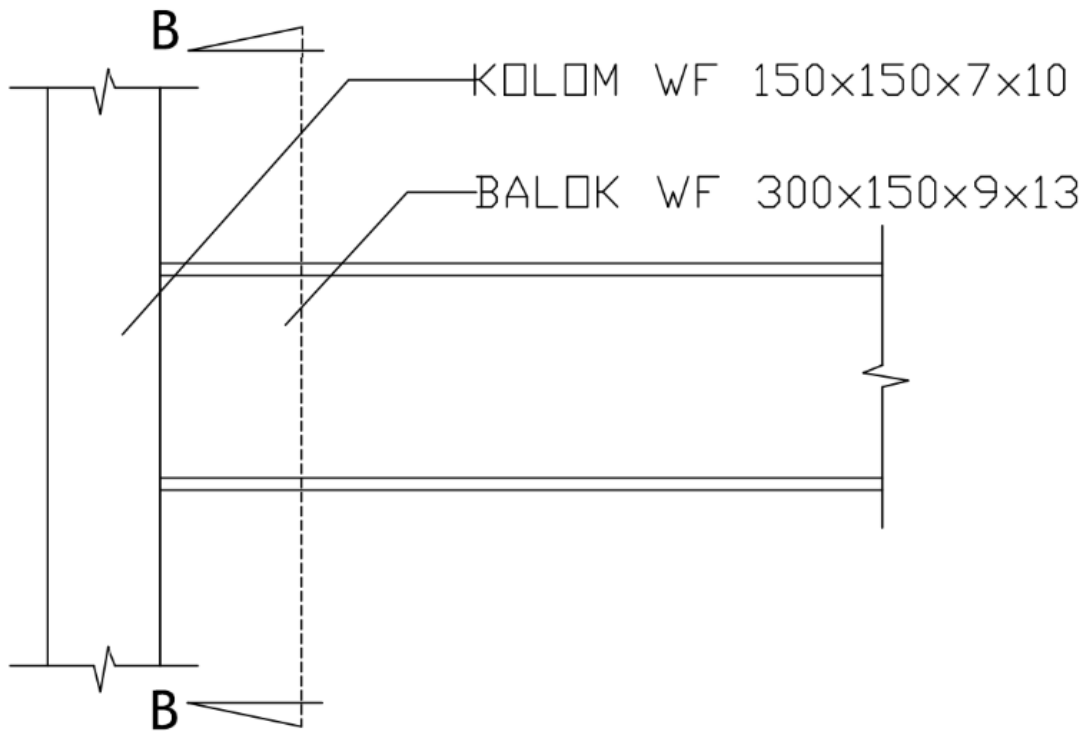
$$f_h = \frac{M_u}{S_x} = \frac{530813}{668} = 795 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{73^2 + 795^2} = 798 \text{ kg/cm}^2$$

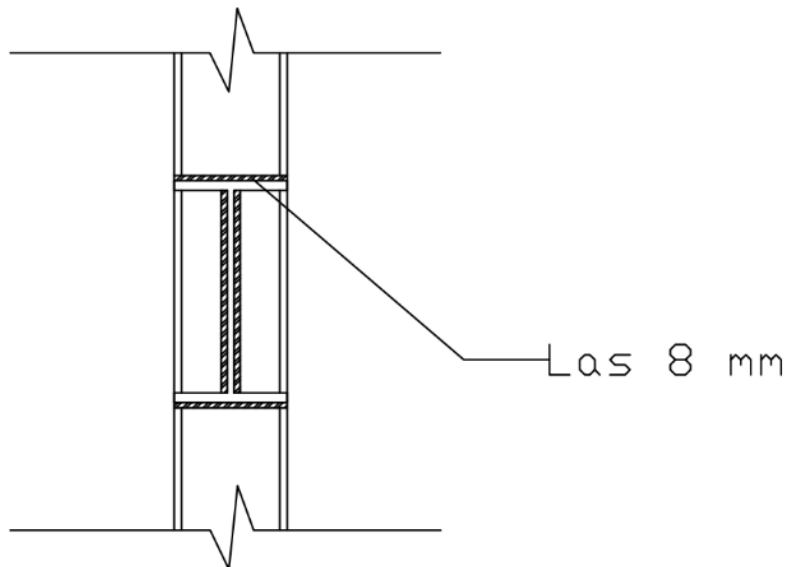
$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi F_u} = \frac{798}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,36 \text{ cm}$$

A perlu = $t_e / 0,707 = 0,5 \text{ cm} < A_{eff \text{ badan}}$

Pakai Las = 7 mm



◆ **DETAIL Balok 300 - web Kolom 25**
Skala 1 : 10



◆ **POT. B - B**
Skala 1 : 10

7.3.6 Balok 250 125 6 9 dan Kolom 40 x 40

Profil Kolom : 200 200 10 16

Profil Balok : 250 125 6 9

Sambungan pada Flange kolom

Diameter Baut : 16 mm

Lubang Baut, bor : 16 mm + 1,5 mm = 17,5 mm

Mutu Baut A325

Kuat rencana baut :

$$A_b = \frac{\pi}{4} (1,6 \text{ cm})^2 = 2,01 \text{ cm}^2$$

Geser :

$$R_u = \phi F_{nv} A_b = 0,75 \times 4570 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 = 6891,4 \text{ kg (menentukan)}$$

Tumpu :

$$L_c = 7 \text{ cm} - \frac{1}{2} 1,6 = 6,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 l_c t f_u < 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \times 6,2 \times 0,9 \times 3700 < 2,4 \times 1,6 \times 0,9 \times 3700 \\ &= 24775 \text{ kg} < 12787 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$R_u = 0,75 \times 12787 = 9590,4 \text{ kg}$$

Tarik :

$$\begin{aligned} R_u &= \phi F_{nt} A_{bn} \\ &= 0,75 \times 6200 \times 1,51 \text{ cm}^2 = 7021 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari control geser, tumpu, dan tarik. Nominal geser yang menentukan, $R_n = 6891,4 \text{ kg}$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah $= 2179,441 \text{ Kg.m}$

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 3258,77 Kg

Pendekatan titik putar

- Akibat beban sentris , $P_u = 3,258 \text{ t}$

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{3258}{6} = 543 \text{ kg} < R_u = 6891,4 \text{ kg}$$

- Akibat momen lentur , M_u dari SAP = 2179,441 kg.m = 2179441 kg.mm

$$T_u \text{ max} = \frac{M_u \text{ d max}}{\Sigma d^2} = \frac{2179441 \text{ kg.mm} \times 130 \text{ mm}}{2(65^2 + 130^2)} = 6705,97 \text{ kg} < R_u (\text{Tarik}) = 7012,1 \text{ kg}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$F_{rv} = \frac{V_u}{A_b} = \frac{543}{2,01} = 270,1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 0,75 \times 4570 = 3427,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} < F_{nt}$$
$$= 1,3 \times 6200 - \frac{6200}{0,75 \times 4570} \times 270,1 < 6200$$

$$= 7571,4 \text{ kg} < 6200 \text{ kg} \text{ maka dipakai } f_{nt} = 6200 \text{ kg}$$

$$R_u = \phi_t \times F_{nt} \times A_b = 0,75 \times 6200 \times 2,01 = 9349,38 \text{ kg}$$

$$T_u \text{ maks} = 6705,97 \text{ kg} < 9349,38 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol Las Pelat Sambung

$$a_{\text{eff maks 1}} = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 6 = 3,2 \text{ mm} , \text{ Las di badan}$$

$$a_{\text{eff maks 2}} = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 9 = 9,54 \text{ mm} , \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{we} = 1 \times (2 \times (22 + 12,5)) = 69 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 22^3 + 1 \times 12,5 \times 12,5^2 \right] = 5680 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{\text{max}} = 5680 / 12,5 = 454 \text{ cm}^3$$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah

$$= 2179,441 \text{ Kg.m}$$

Dan geser maksimum yang terjadi adalah

$$= 3258,77 \text{ Kg}$$

$$fv = \frac{Pu}{Awe} = \frac{3258}{69} = 47,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$fh = \frac{Mu}{Sx} = \frac{217944}{454} = 480 \text{ kg/cm}^2$$

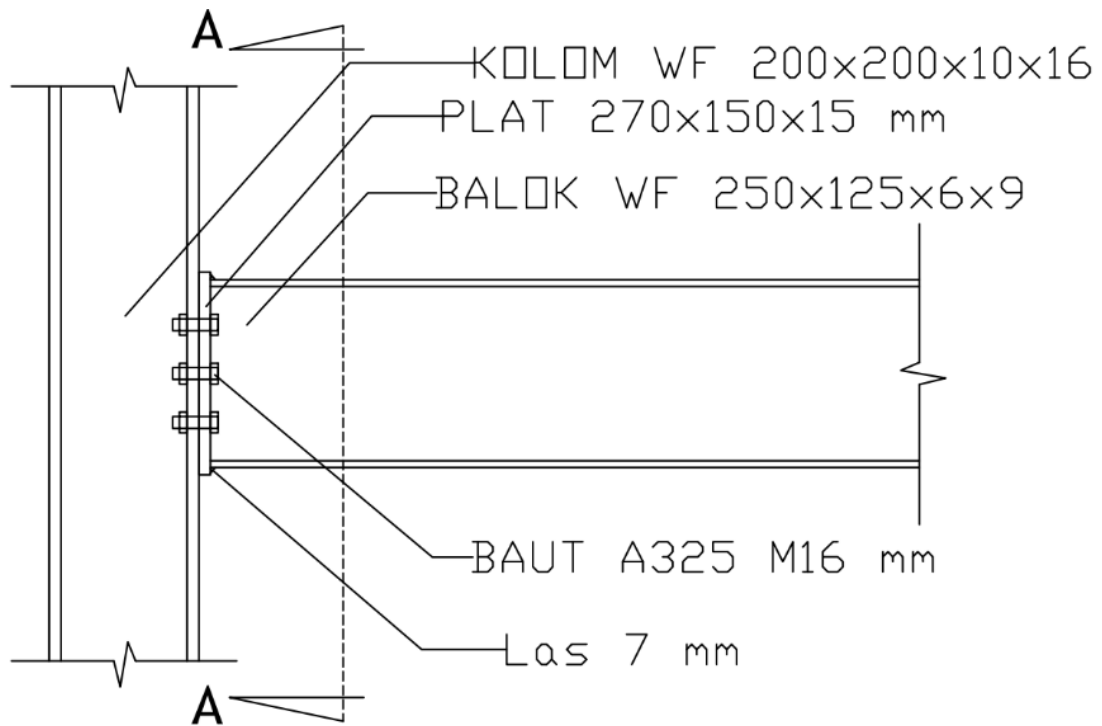
$$f \text{ total} = \sqrt{fv^2 + fh^2} = \sqrt{47,2^2 + 480^2} = 482 \text{ kg/cm}^2$$


$$te = \frac{f \text{ total}}{\phi Fu} = \frac{482}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,21 \text{ cm}$$

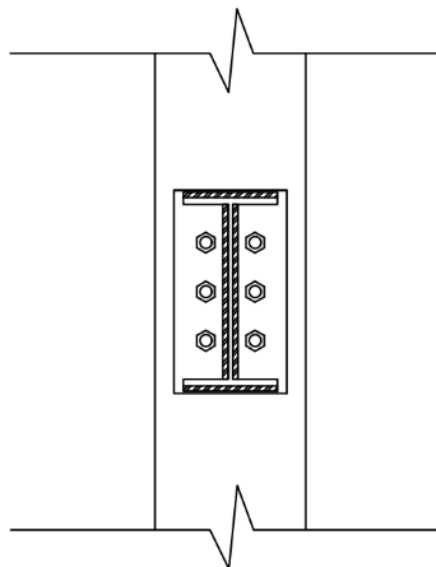
A perlu = $te / 0,707 = 0,3 \text{ cm} < A \text{ eff badan}$

Pakai Las = 0,5 cm

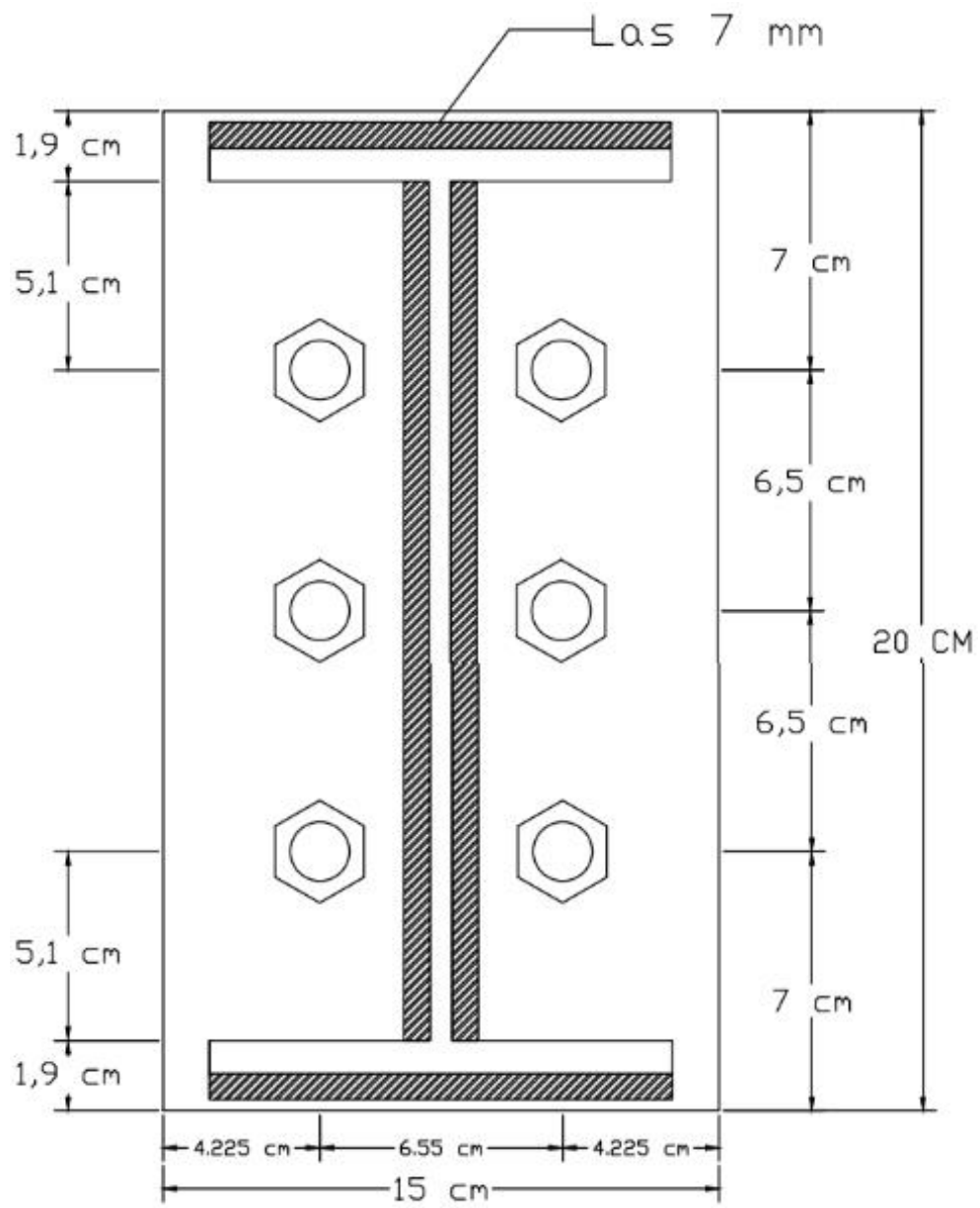
Pakai Las = 7 mm




DETAIL Balok 250 - flange Kolom 40
 Skala 1 : 10




POT. A - A
 Skala 1 : 10




PELAT
 Skala 1 : 2

Sambungan Pada Web Kolom

$$a_{eff maks 1} = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 6 = 3,2 \text{ mm}, \text{ Las di badan}$$

$$a_{eff maks 2} = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 9 = 9,54 \text{ mm}, \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{we} = 1 \times (2 \times (22 + 12,5)) = 69 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 22^3 + 1 \times 12,5 \times 12,5^2 \right] = 5680 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{max} = 5680 / 12,5 = 454 \text{ cm}^3$$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah $= 2179,441 \text{ Kg.m}$

Dan geser maksimum yang terjadi adalah $= 3258,77 \text{ Kg}$

$$f_v = \frac{P_u}{A_{we}} = \frac{3258}{69} = 47,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_h = \frac{M_u}{S_x} = \frac{2179,44}{454} = 480 \text{ kg/cm}^2$$

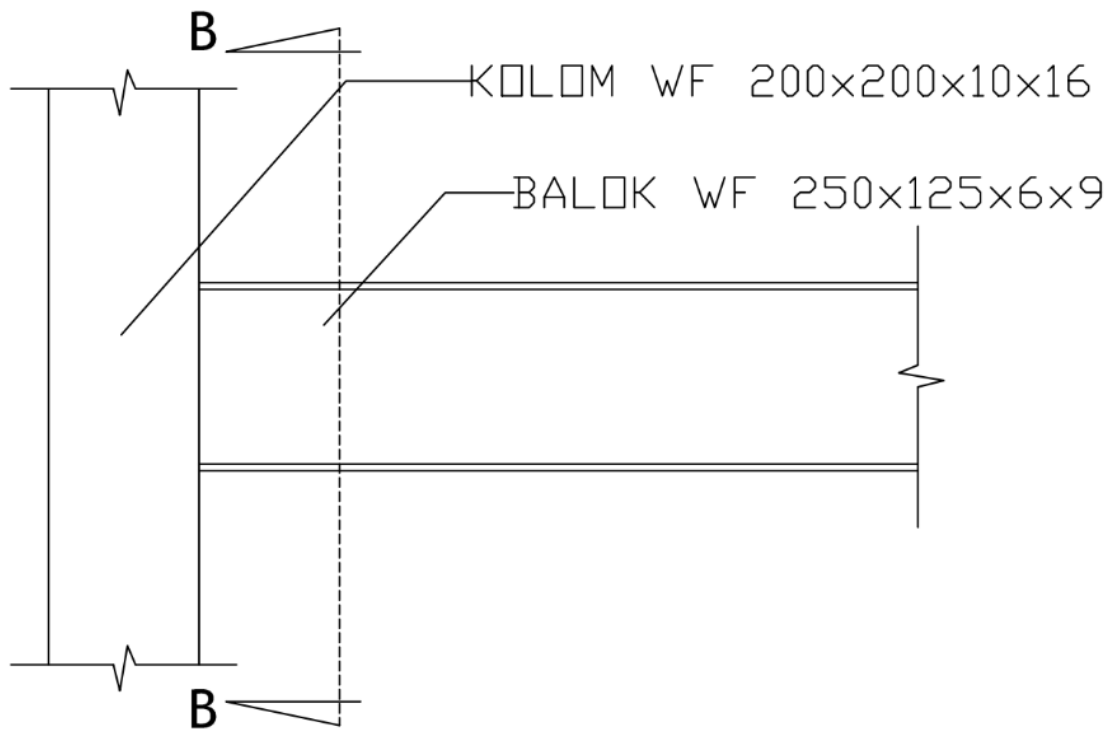
$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{47,2^2 + 480^2} = 482 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi F_u} = \frac{482}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,21 \text{ cm}$$

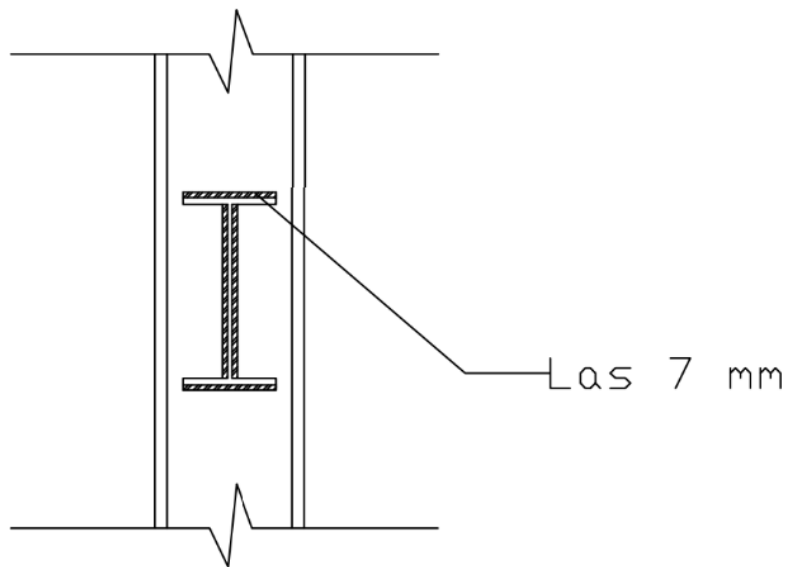
A perlu = $t_e / 0,707 = 0,3 \text{ cm} < A_{eff} \text{ badan}$

Pakai Las = 0,5 cm

Pakai Las = 7 mm



DETAIL Balok 250 - web Kolom 40
 Skala 1 : 10



POT. B - B
 Skala 1 : 10

7.3.7 Balok 250 125 6 9 dan Kolom 25 x 25

Profil Kolom : 150 150 7 10

Profil Balok : 250 125 6 9

Sambungan pada Flange kolom

Diameter Baut : 16 mm

Lubang Baut, bor : 16 mm + 1,5 mm = 17,5 mm

Mutu Baut A325

Kuat rencana baut :

$$A_b = \frac{\pi}{4} (1,6 \text{ cm})^2 = 2,01 \text{ cm}^2$$

Geser :

$$R_u = \phi F_{nv} A_b = 0,75 \times 4570 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 = 6891,4 \text{ kg (menentukan)}$$

Tumpu :

$$L_c = 7 \text{ cm} - \frac{1}{2} \times 1,6 = 6,2 \text{ cm}$$

$$R_n = 1,2 l_c t f_u < 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \times 6,2 \times 0,9 \times 3700 < 2,4 \times 1,6 \times 0,9 \times 3700$$

$$= 24775 \text{ kg} < 12787 \text{ kg (OK)}$$

$$R_u = 0,75 \times 12787 = 9590,4 \text{ kg}$$

Tarik :

$$R_u = \phi F_{nt} A_{bn}$$

$$= 0,75 \times 6200 \times 1,51 \text{ cm}^2 = 7021 \text{ kg}$$

Dari control geser, tumpu, dan tarik. Nominal geser yang menentukan, $R_n = 6891,4 \text{ kg}$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah $= 2179,441 \text{ Kg.m}$

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 3258,77 Kg

Pendekatan titik putar

- Akibat beban sentris , $P_u = 3,258 \text{ t}$

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{3258}{6} = 543 \text{ kg} < R_u = 6891,4 \text{ kg}$$

- Akibat momen lentur , M_u dari SAP = 2179,441 kg.m = 2179441 kg.mm

$$T_u \text{ max} = \frac{M_u \text{ d max}}{\Sigma d^2} = \frac{2179441 \text{ kg.mm} \times 130 \text{ mm}}{2(65^2 + 130^2)} = 6705,97 \text{ kg} < R_u \text{ (Tarik)} = 7012,1 \text{ kg}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$F_{rv} = \frac{V_u}{A_b} = \frac{543}{2,01} = 270,1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 0,75 \times 4570 = 3427,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} < F_{nt}$$
$$= 1,3 \times 6200 - \frac{6200}{0,75 \times 4570} \times 270,1 < 6200$$

$$= 7571,4 \text{ kg} < 6200 \text{ kg} \text{ maka dipakai } f_{nt} = 6200 \text{ kg}$$

$$R_u = \phi_t \times F_{nt} \times A_b = 0,75 \times 6200 \times 2,01 = 9349,38 \text{ kg}$$

$$T_u \text{ maks} = 6705,97 \text{ kg} < 9349,38 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol Las Pelat Sambung

$$a_{eff \text{ maks } 1} = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 6 = 3,2 \text{ mm} , \text{ Las di badan}$$

$$a_{eff \text{ maks } 2} = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 9 = 9,54 \text{ mm} , \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{we} = 1 \times (2 \times (22 + 12,5)) = 69 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 22^3 + 1 \times 12,5 \times 12,5^2 \right] = 5680 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{\text{max}} = 5680 / 12,5 = 454 \text{ cm}^3$$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah = 2179,441 Kg.m

Dan geser maksimum yang terjadi adalah = 3258,77 Kg

$$fv = \frac{Pu}{Awe} = \frac{3258}{69} = 47,2 \text{ kg/cm}^2$$

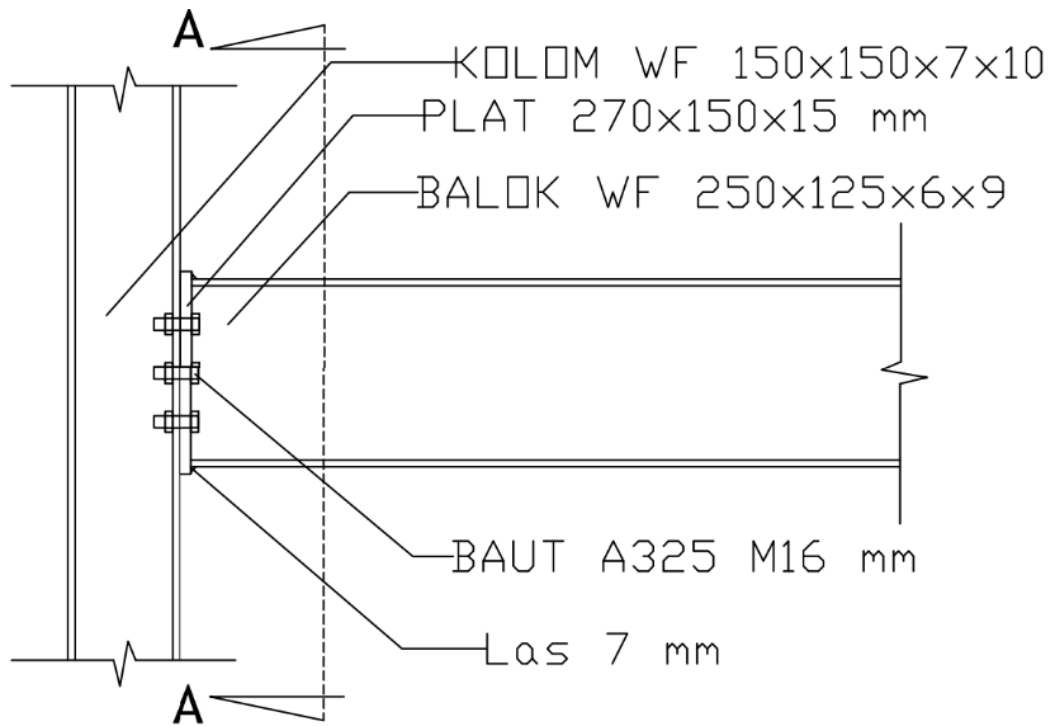
$$fh = \frac{Mu}{Sx} = \frac{217944}{454} = 480 \text{ kg/cm}^2$$


$$f \text{ total} = \sqrt{fv^2 + fh^2} = \sqrt{47,2^2 + 480^2} = 482 \text{ kg/cm}^2$$

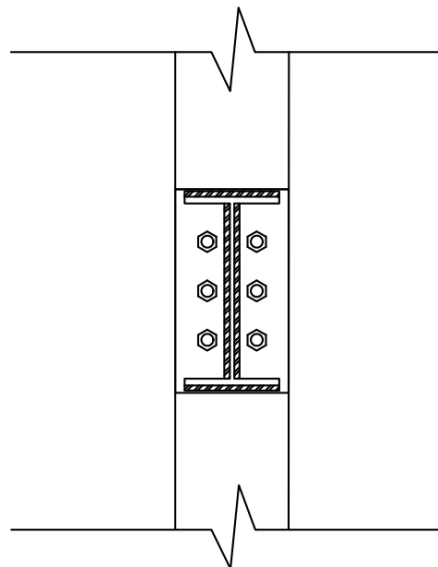
$$te = \frac{f \text{ total}}{\phi Fu} = \frac{482}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,21 \text{ cm}$$

A perlu = $te / 0,707 = 0,3 \text{ cm} < A \text{ eff badan}$

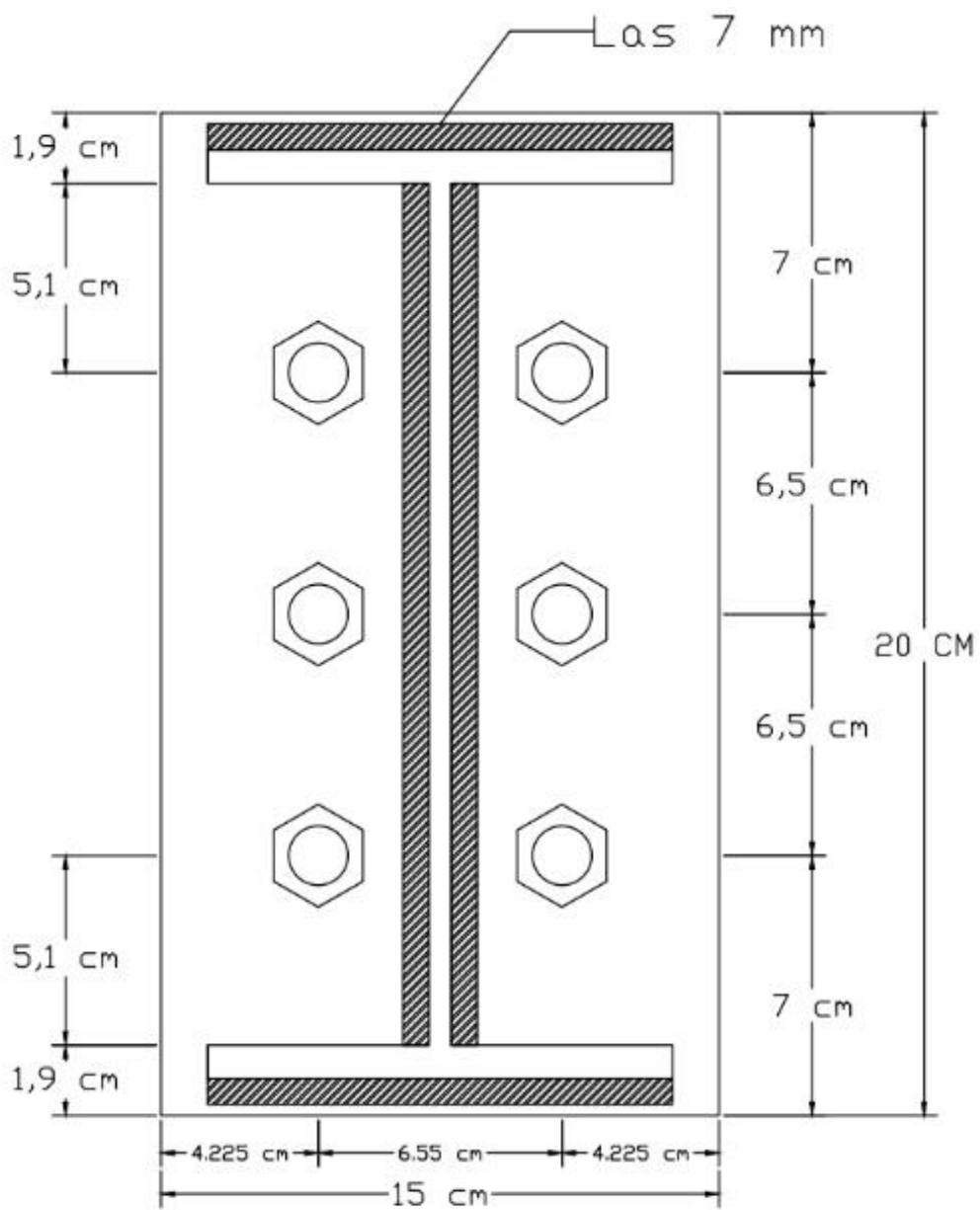
Pakai Las = 0,7 cm




DETAIL Balok 250 - flange Kolom 25
 Skala 1 : 10




POT. A - A
 Skala 1 : 10



 **PELAT**
Skala 1 : 2

Sambungan Pada Web Kolom

$$a_{eff maks 1} = 0,707 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_w = 0,707 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 6 = 3,2 \text{ mm}, \text{ Las di badan}$$

$$a_{eff maks 2} = 1,41 \frac{f_u}{f_{e70xx}} \times t_f = 1,41 \frac{3700}{70 \times 70,3} \times 9 = 9,54 \text{ mm}, \text{ Las di sayap}$$

Dipakai $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{we} = 1 \times (2 \times (22 + 12,5)) = 69 \text{ cm}^2$$

$$I_P = 2 \left[\frac{1}{12} \times 1 \times 22^3 + 1 \times 12,5 \times 12,5^2 \right] = 5680 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / Y_{max} = 5680 / 12,5 = 454 \text{ cm}^3$$

Didapatkan momen maksimum yang terjadi adalah $= 2179,441 \text{ Kg.m}$

Dan geser maksimum yang terjadi adalah $= 3258,77 \text{ Kg}$

$$f_v = \frac{P_u}{A_{we}} = \frac{3258}{69} = 47,2 \text{ kg/cm}^2$$

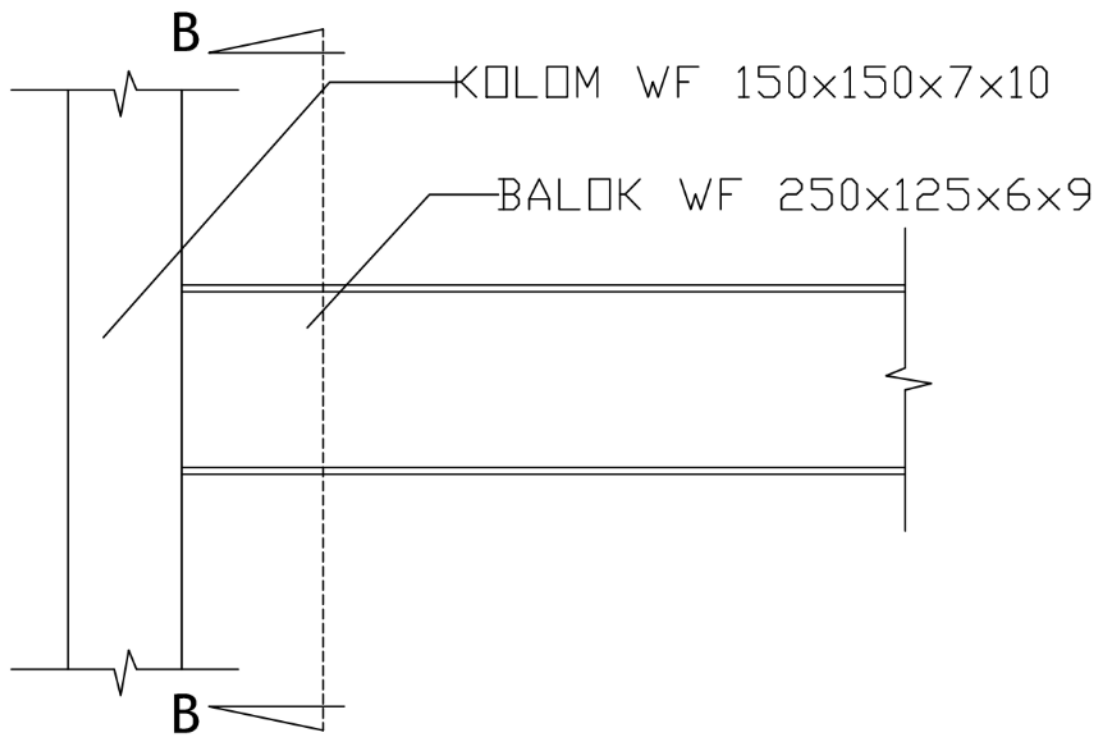
$$f_h = \frac{M_u}{S_x} = \frac{2179,44}{454} = 480 \text{ kg/cm}^2$$


$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{47,2^2 + 480^2} = 482 \text{ kg/cm}^2$$

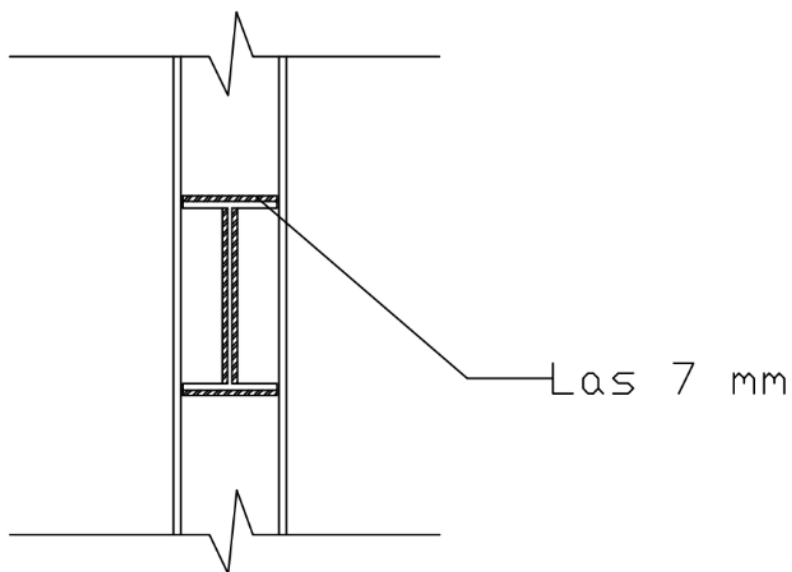
$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi F_u} = \frac{482}{0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3} = 0,21 \text{ cm}$$

A perlu = $t_e / 0,707 = 0,3 \text{ cm} < A_{eff} \text{ badan}$

Pakai Las = $0,7 \text{ cm}$



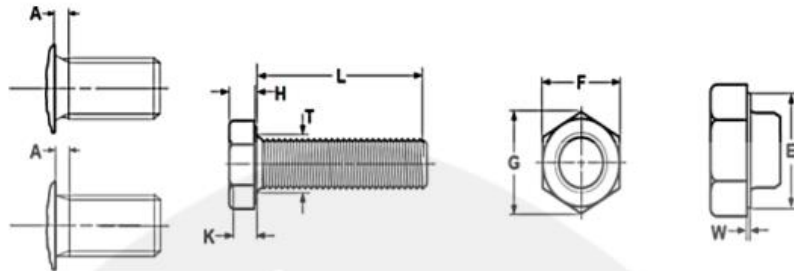

DETAIL Balok 250 - web Kolom 25
 Skala 1 : 10




POT. B - B
 Skala 1 : 10

LAMPIRAN

Spesifikasi Baut dan Mur



METRIC - HEX HEAD CAP SCREWS, FULL THREAD, PRODUCT GRADE A													ISO 4017	
Nominal Size	Thread Pitch	A		W		T	E	H		F		G	K	
		Thread Run-Out		Washer Face Thickness		Fillet Transition Diameter	Washer Face Diameter	Head Height		Width Across Flats		Width Across Corners	Wrenching Height	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Min	Min	
M1.6	0.35	1.05	0.35	0.25	0.1	2	2.27	1.225	0.975	3.2	3.02	3.41	0.68	
M2	0.4	1.2	0.4	0.25	0.1	2.6	3.07	1.525	1.275	4	3.82	4.32	0.89	
M2.5	0.45	1.35	0.45	0.25	0.1	3.1	4.07	1.825	1.575	5	4.82	5.45	1.1	
M3	0.5	1.5	0.5	0.4	0.15	3.6	4.57	2.125	1.875	5.5	5.32	6.01	1.31	
M4	0.7	2.1	0.7	0.4	0.15	4.7	6.03	2.925	2.675	7	6.78	7.66	1.87	
M5	0.8	2.4	0.8	0.5	0.15	5.7	6.88	3.65	3.35	8	7.78	8.79	2.35	
M6	1	3	1	0.5	0.15	6.8	8.88	4.15	3.85	10	9.78	11.05	2.7	
M8	1.25	4	1.25	0.6	0.15	9.2	11.63	5.45	5.15	13	12.73	14.38	3.61	
M10	1.5	4.5	1.5	0.6	0.15	11.2	14.63	6.58	6.22	16*	15.73	17.77	4.35	
M12	1.75	5.3	1.75	0.6	0.15	13.7	16.63	7.68	7.32	18*	17.73	20.03	5.12	
M14	2	6	2	0.6	0.15	15.7	19.37	8.98	8.62	21*	20.67	23.36	6.03	
M16	2	6	2	0.8	0.2	17.7	22.49	10.18	9.82	24	23.67	26.75	6.87	
M20	2.5	7.5	2.5	0.8	0.2	22.4	28.19	12.715	12.285	30	29.67	33.53	8.6	
M24	3	9	3	0.8	0.2	26.4	33.61	15.215	14.785	36	35.38	39.98	10.35	
Tolerance on Length		2-3mm: ±0.2				4-6mm: ±0.24				8-10mm: ±0.29				
		12-16mm: ±0.35				20-30mm: ±0.42				35-50mm: ±0.5				
		55-80mm: ±0.6				90-120: ±0.7				130-150mm: ±0.8				

*DIN 933 spec for maximum width across flats on these three diameters are 17, 19 & 22 mm, respectively.



1 TAMPAK DEPAN



2 TAMPAK BELAKANG



www.autodesk.com/revit

No.	Description	Date

Owner

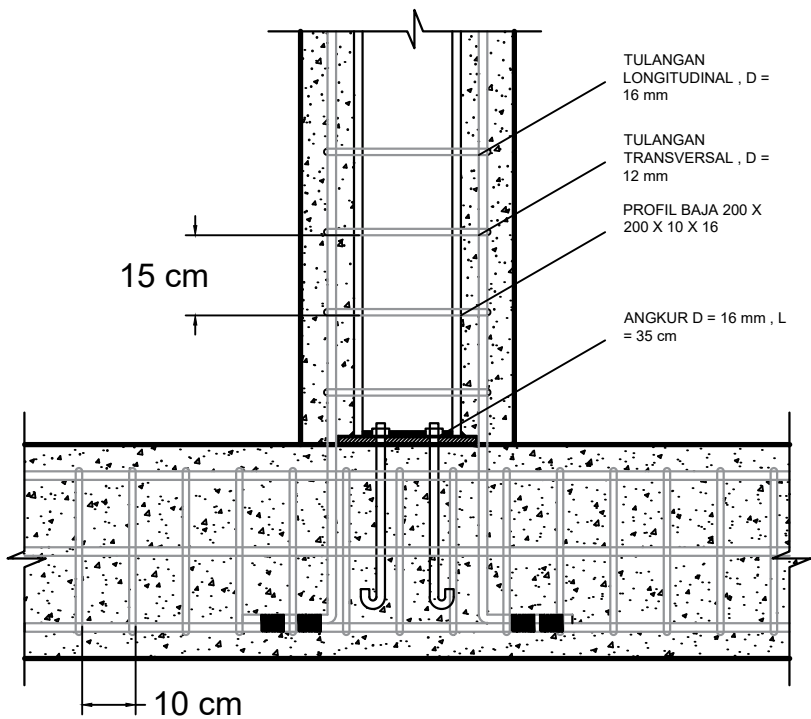
Project Name

TAMPAK BANGUNAN

Project number	0001
Date	Issue Date
Drawn by	Author
Checked by	Checker

A301

Scale



TULANGAN
LONGITUDINAL , D =
16 mm

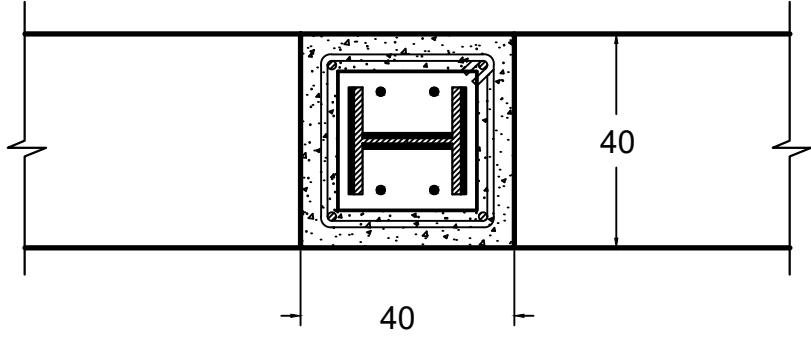
TULANGAN
TRANSVERSAL , D =
12 mm

PROFIL BAJA 200 X
200 X 10 X 16

ANGKUR D = 16 mm , L
= 35 cm

15 cm

10 cm

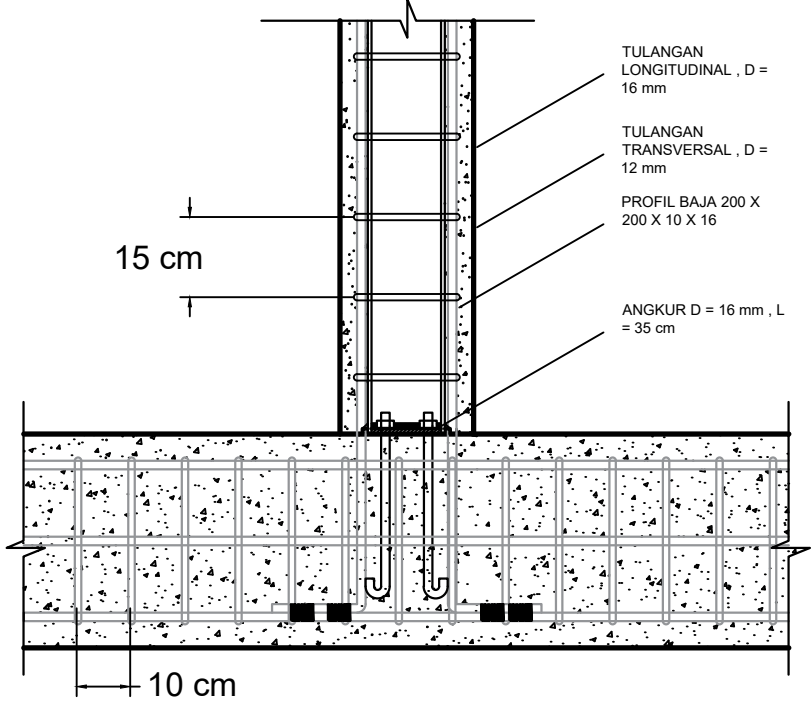


40

40



GAMBAR BASE PLATE KOLOM 40 X 40
SKALA 1 : 10



TULANGAN
LONGITUDINAL , D =
16 mm

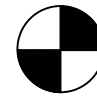
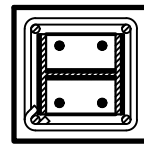
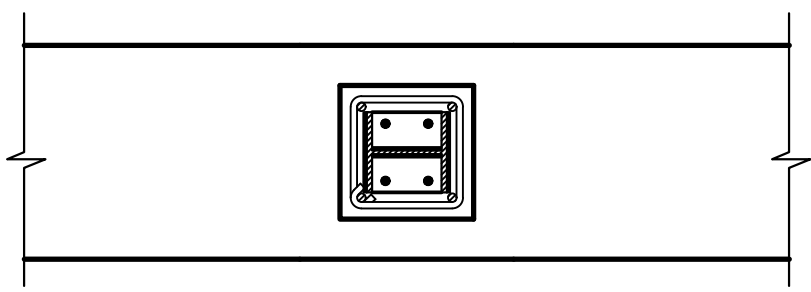
TULANGAN
TRANSVERSAL , D =
12 mm

PROFIL BAJA 200 X
200 X 10 X 16

ANGKUR D = 16 mm , L
= 35 cm

15 cm

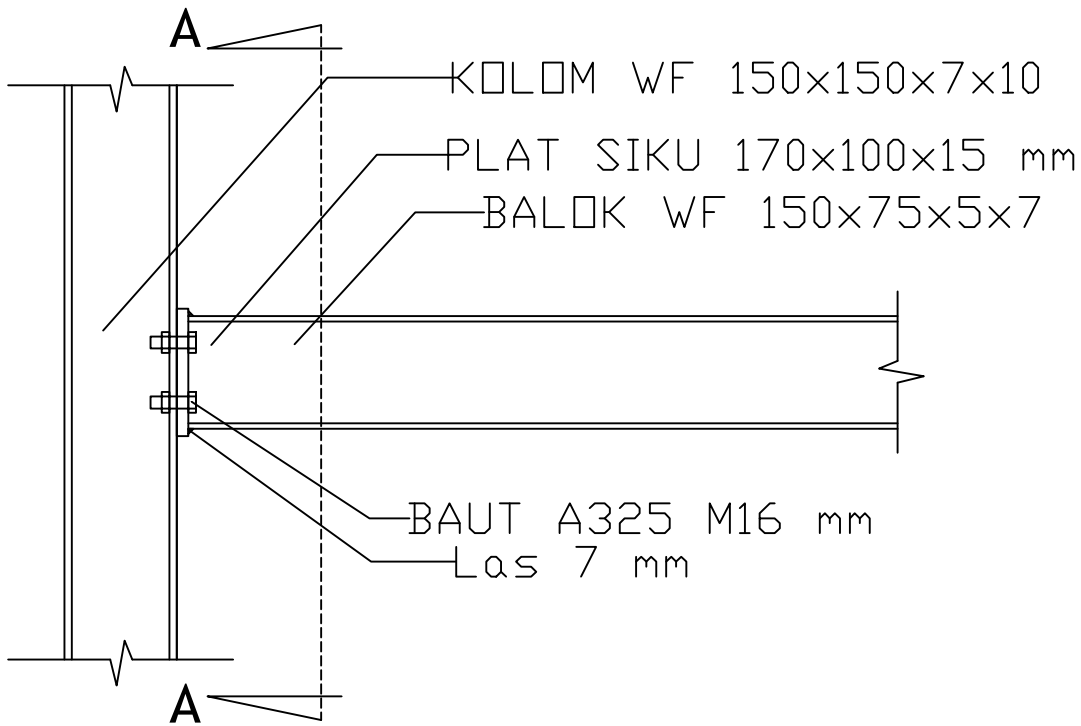
10 cm



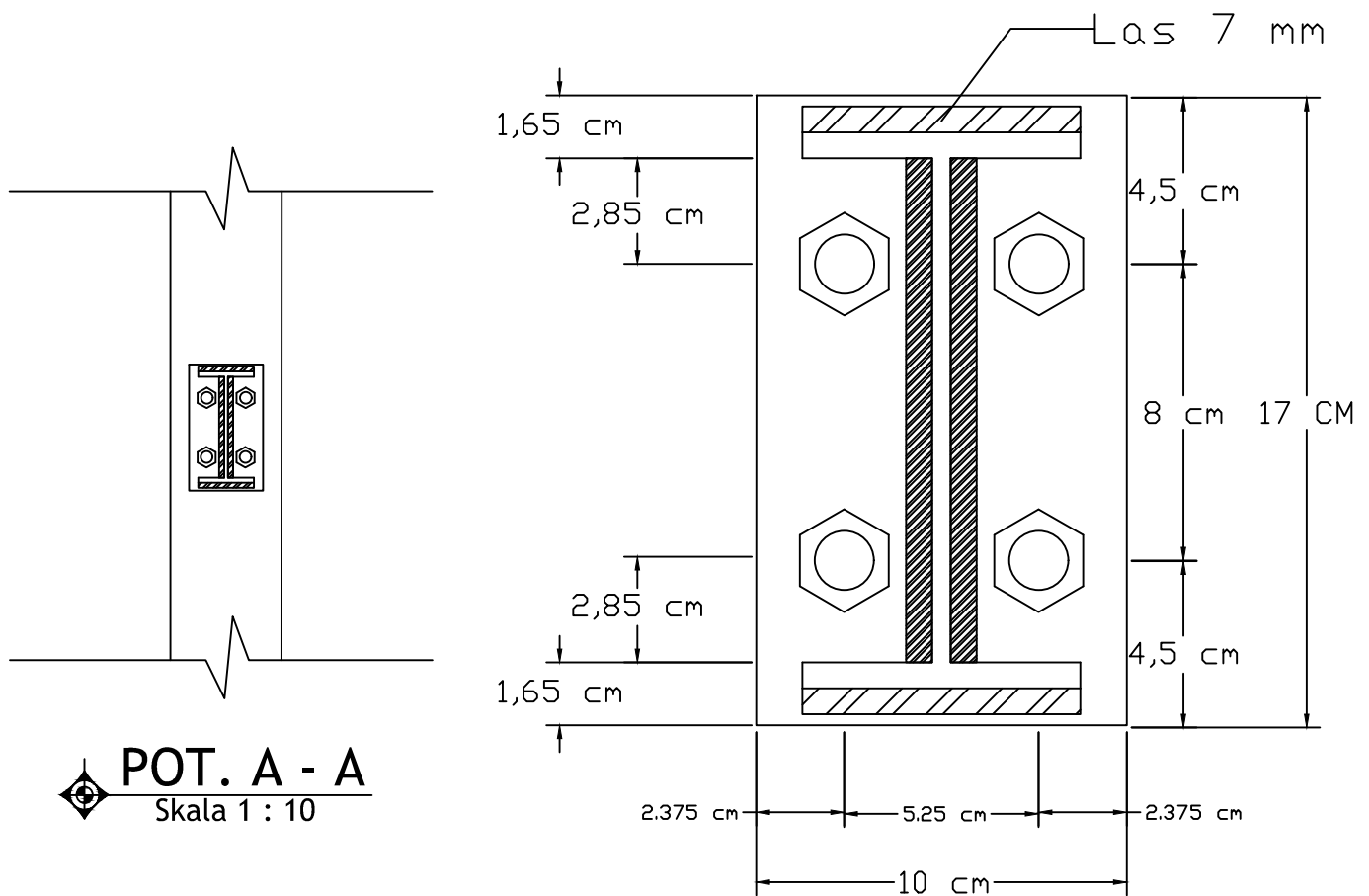
GAMBAR BASE PLATE KOLOM 25 X 25
SKALA 1 : 10

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

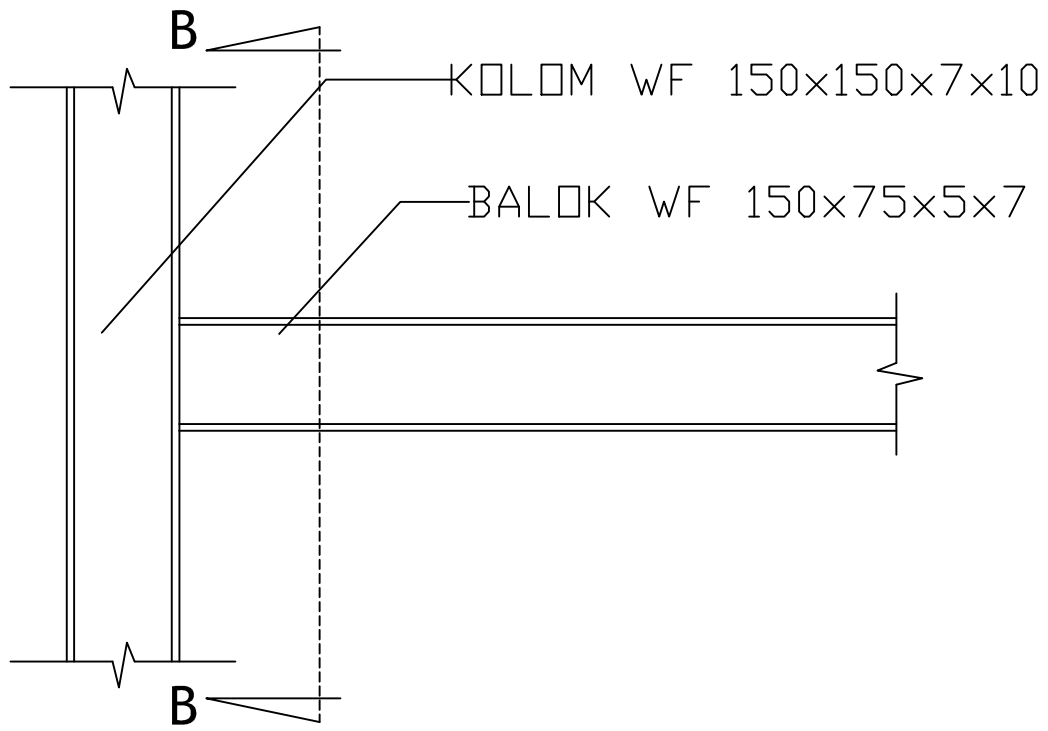


DETAIL Balok 150 - flange Kolom 25
 Skala 1 : 10

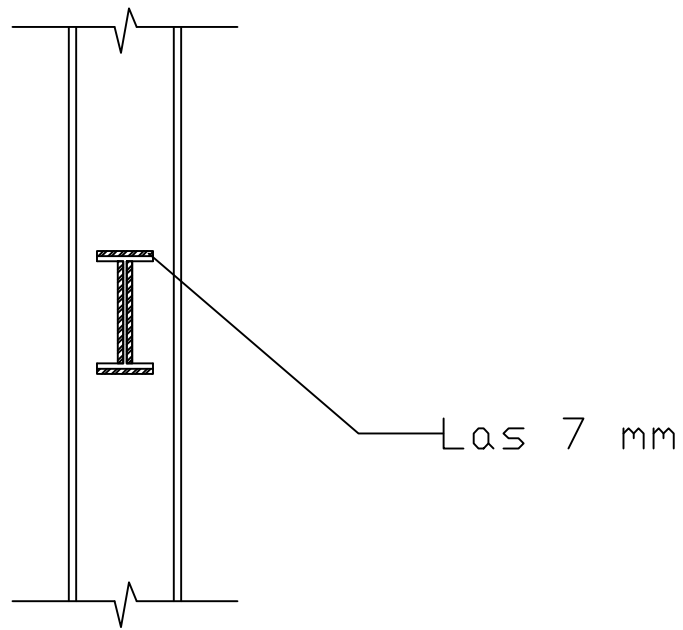


POT. A - A
 Skala 1 : 10

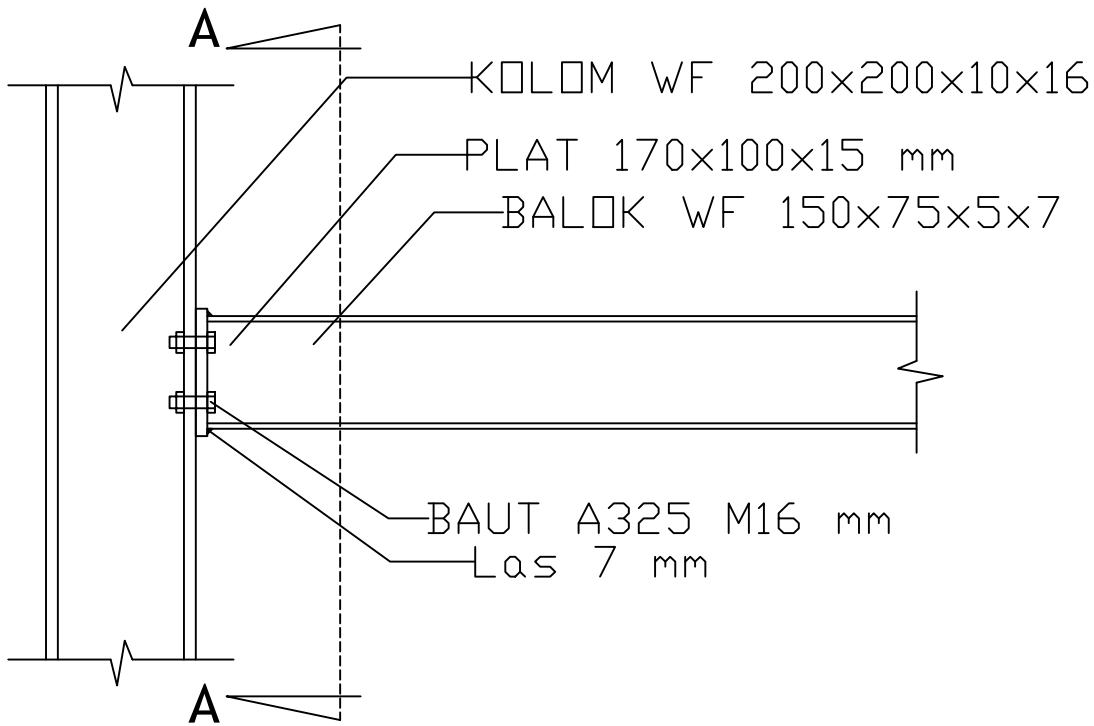
PELAT
 Skala 1 : 2



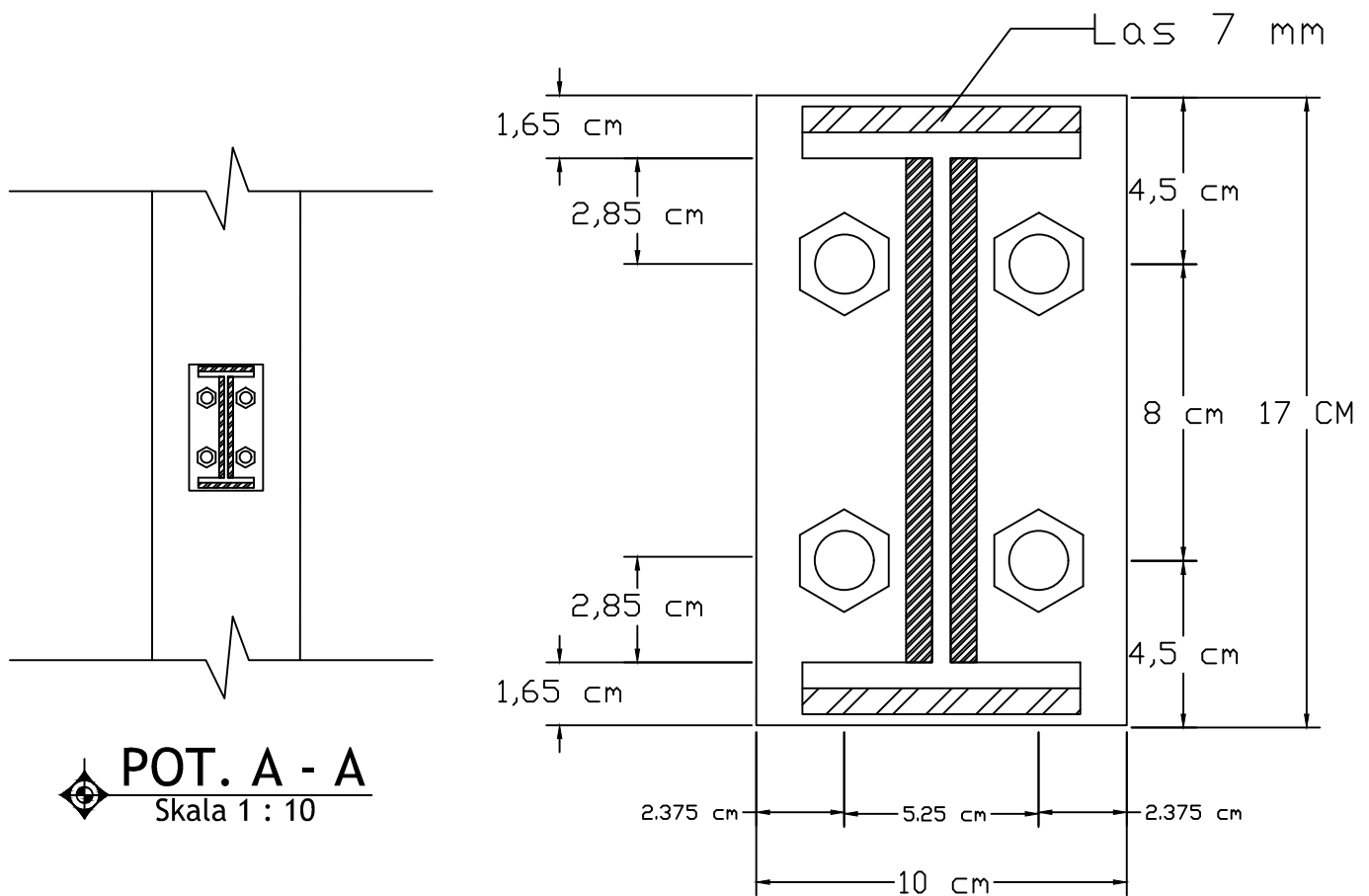
◆ **DETAIL Balok 150 - web Kolom 25**
 Skala 1 : 10



◆ **POT. B - B**
 Skala 1 : 10

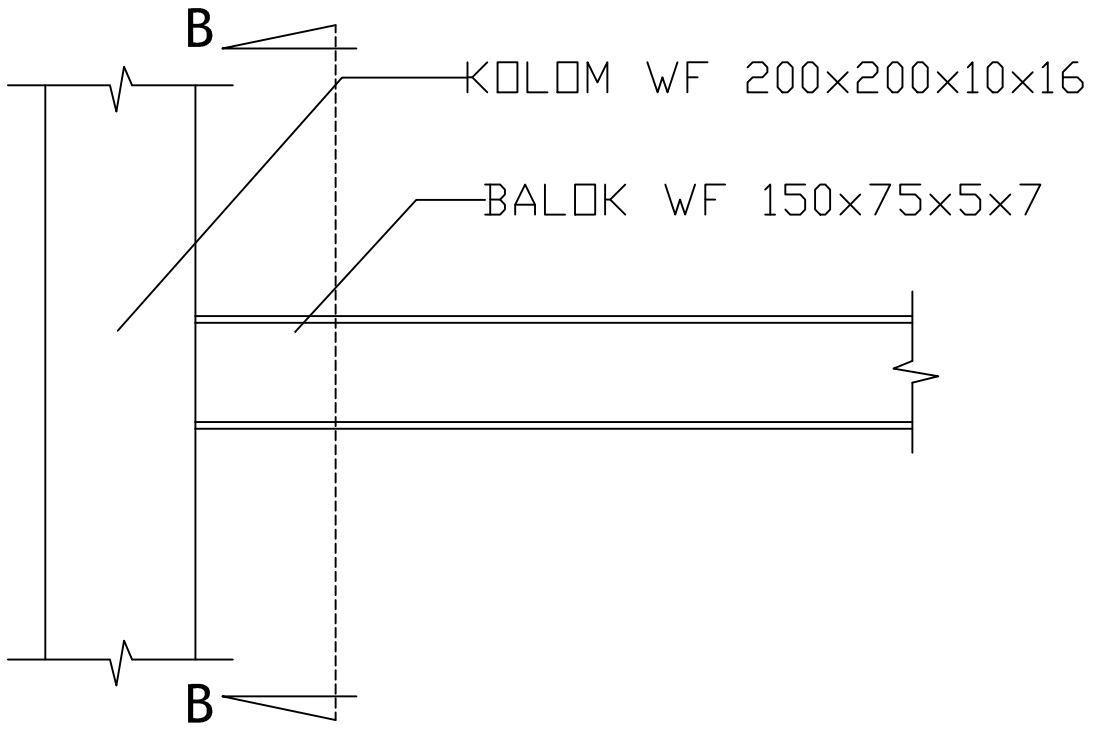



DETAIL Balok 150 - flange Kolom 40
 Skala 1 : 10

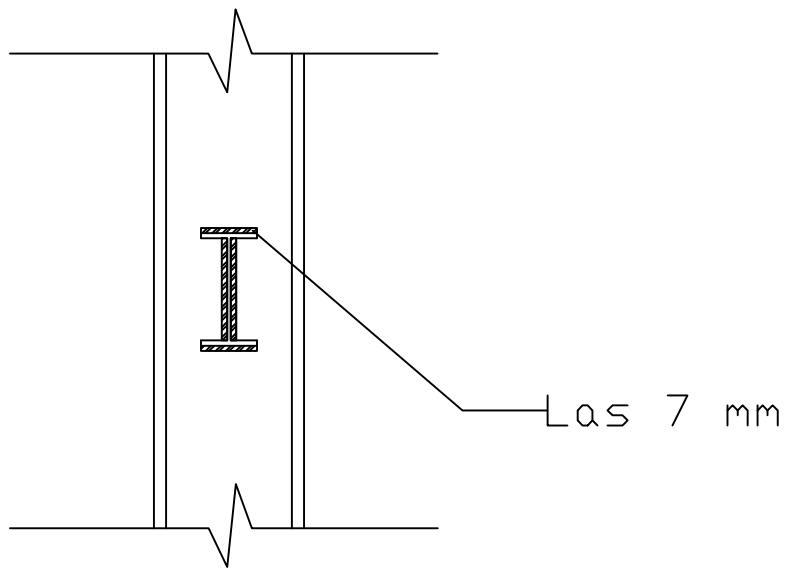


POT. A - A
 Skala 1 : 10

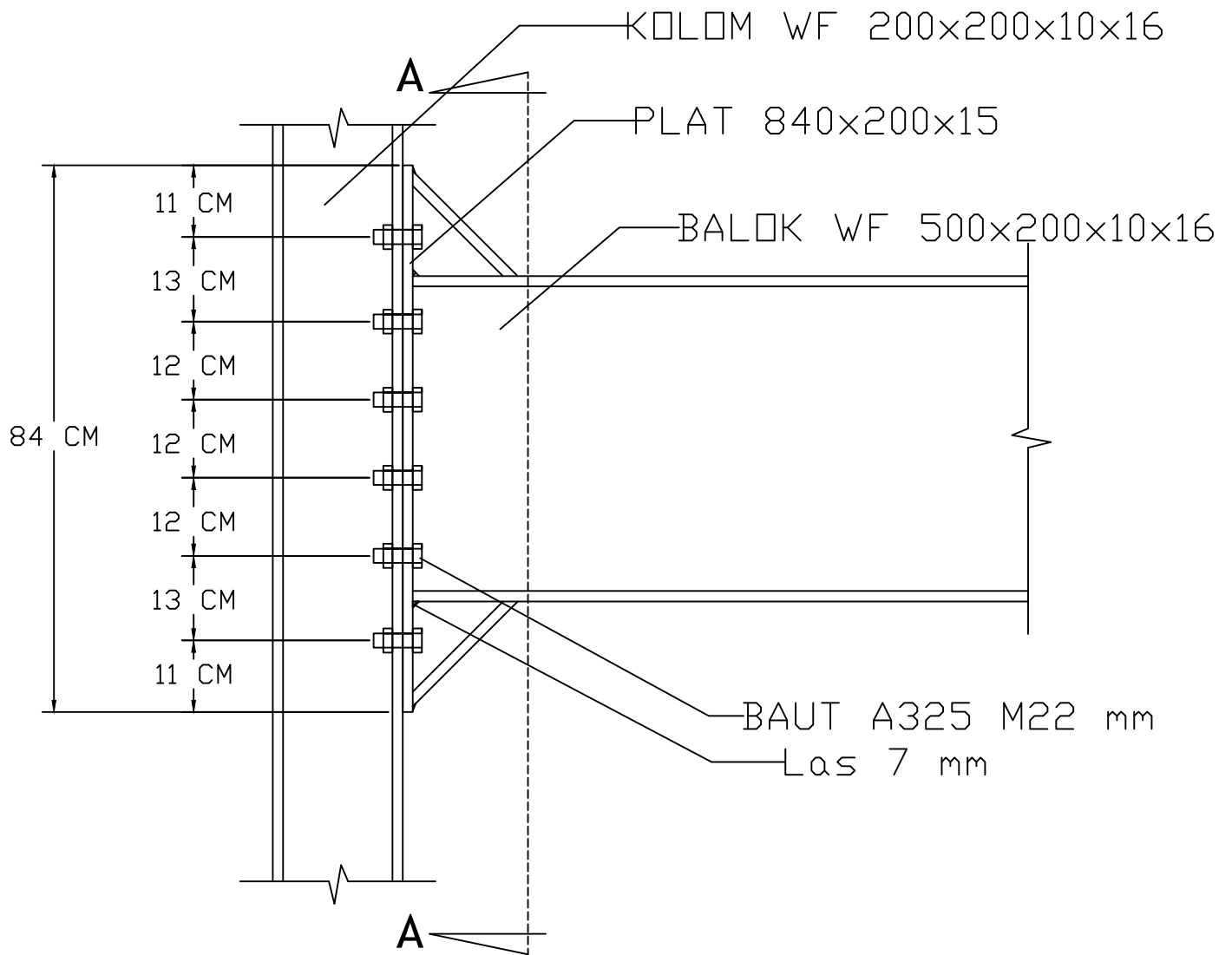
PELAT
 Skala 1 : 2



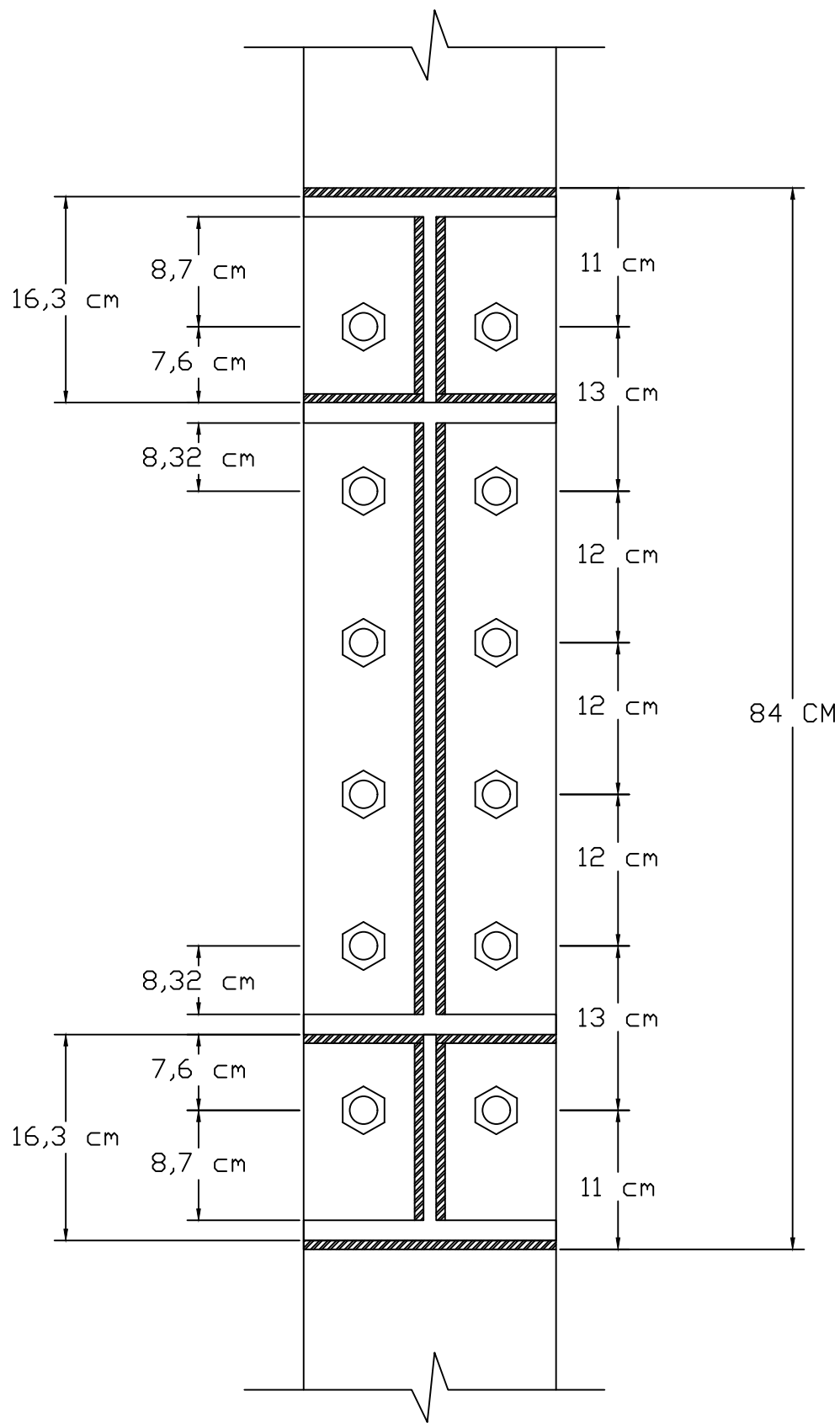

DETAIL Balok 150 - web Kolom 40
 Skala 1 : 10



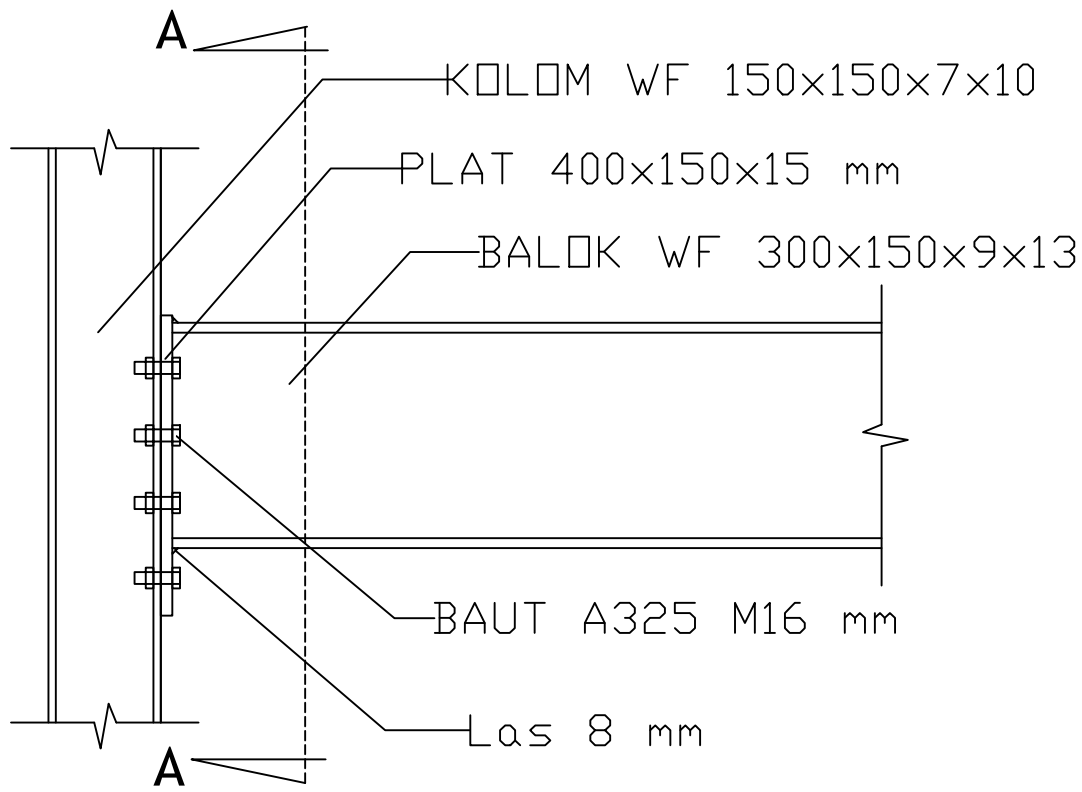

POT. B - B
 Skala 1 : 10



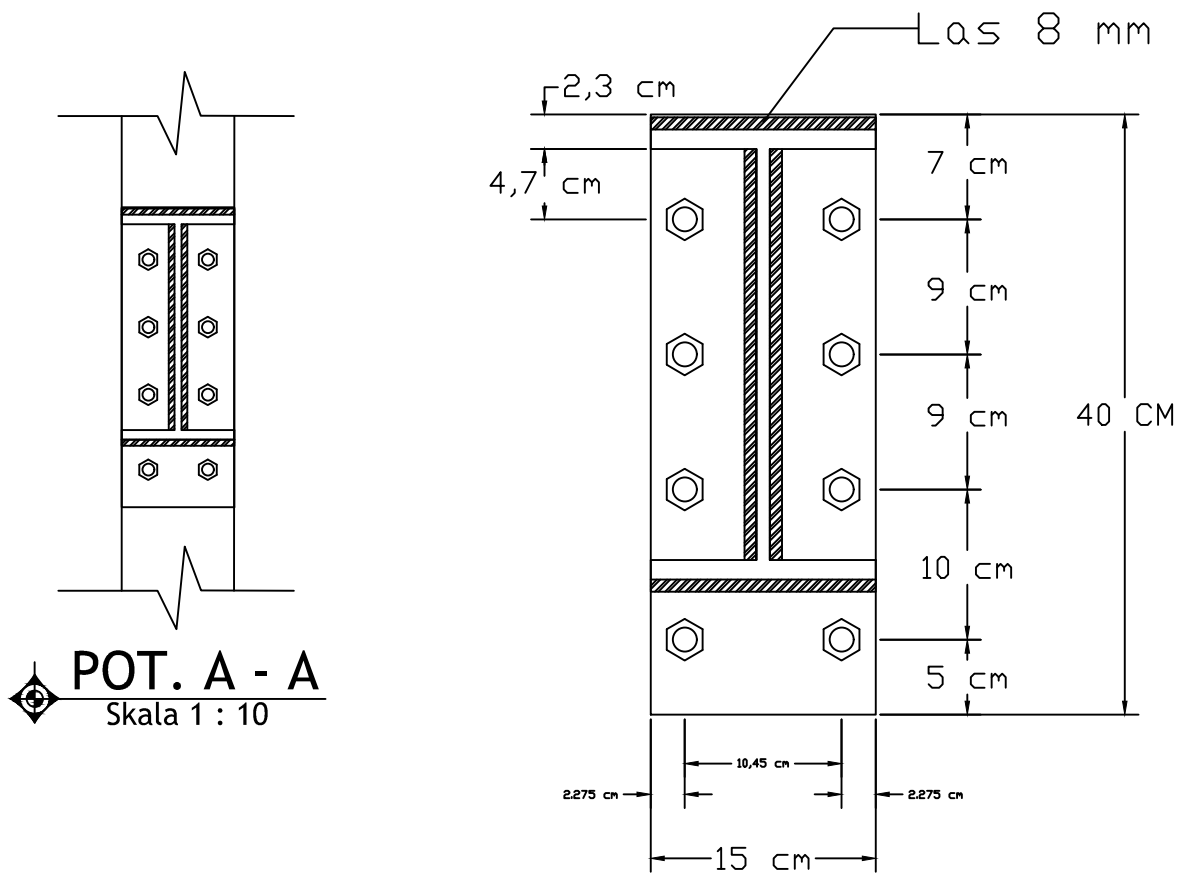

DETAIL Balok 500 - Kolom 40
 Skala 1 : 10




POT. A - A
 Skala 1 : 5

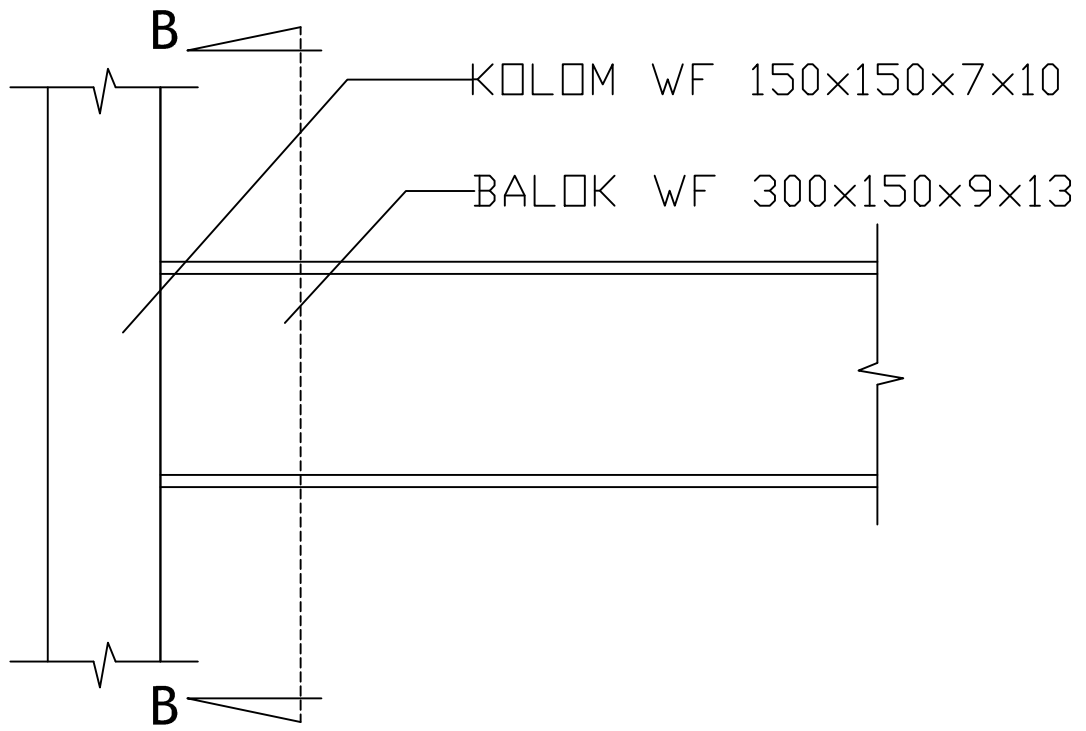


DETAIL Balok 300 - flange Kolom 25
 Skala 1 : 10

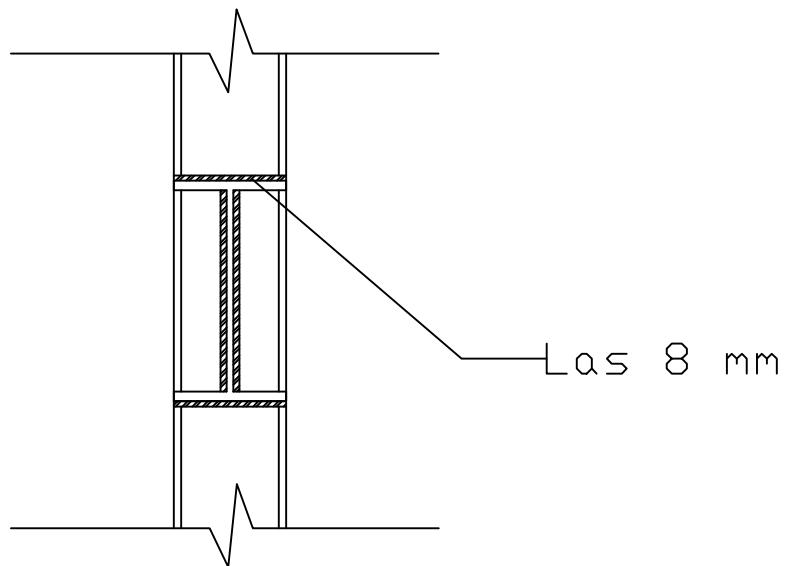


POT. A - A
 Skala 1 : 10

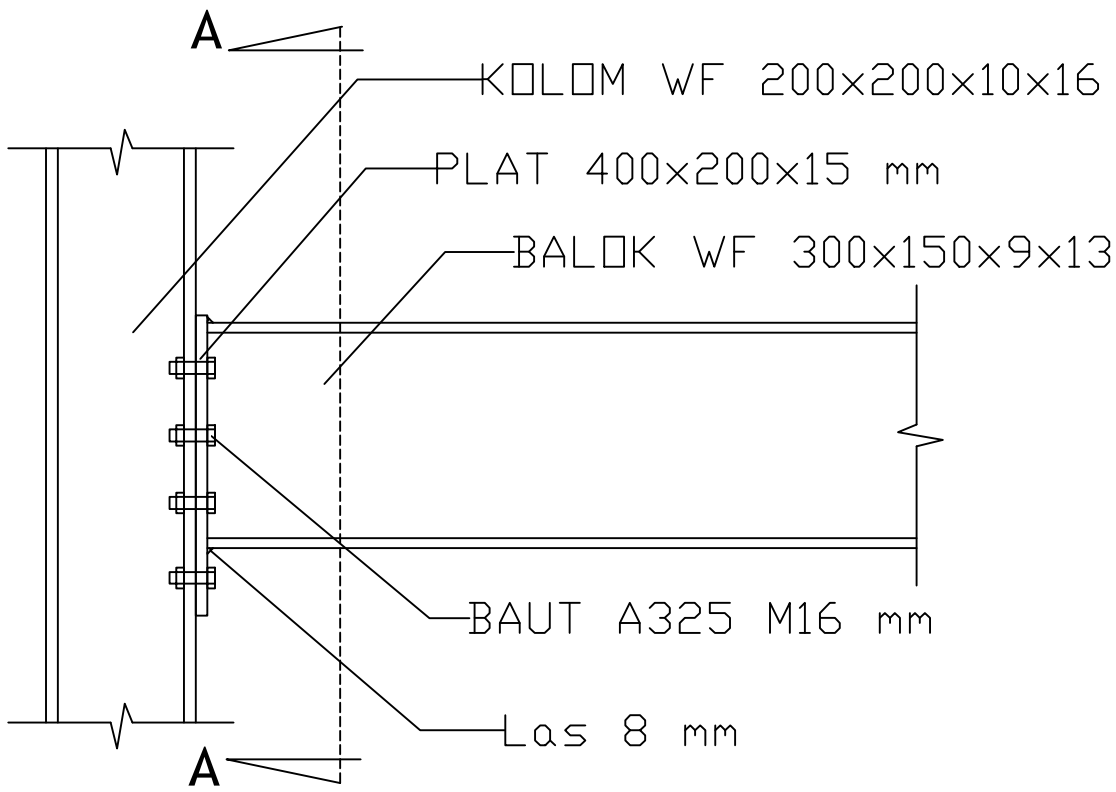
PELAT
 Skala 1 : 5



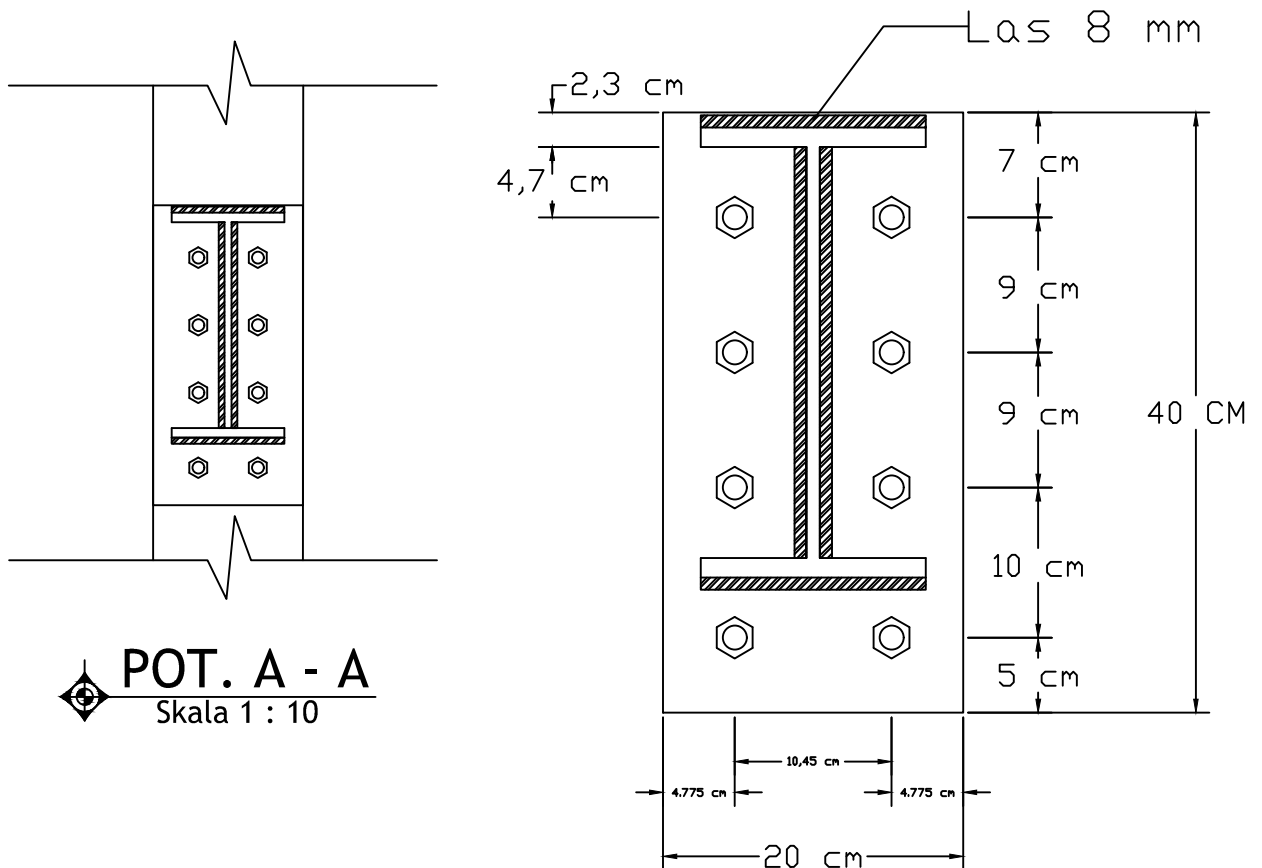
◆ **DETAIL Balok 300 - web Kolom 25**
 Skala 1 : 10



◆ **POT. B - B**
 Skala 1 : 10

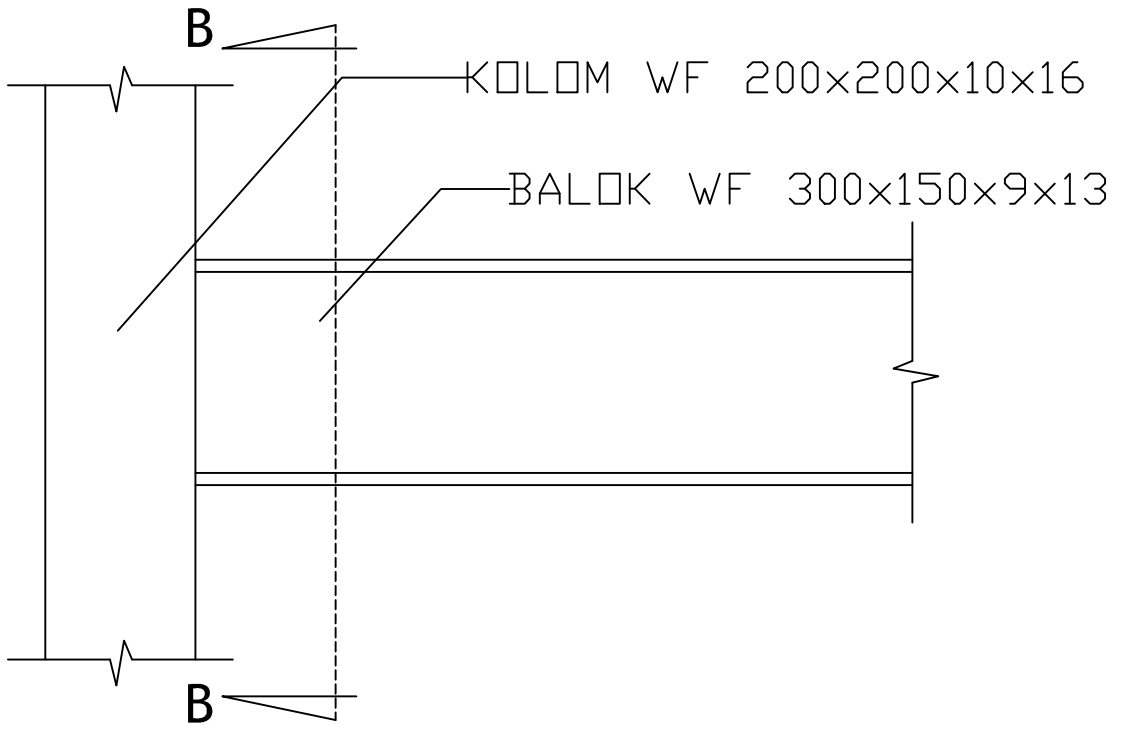


DETAIL Balok 300 - flange Kolom 40
 Skala 1 : 10

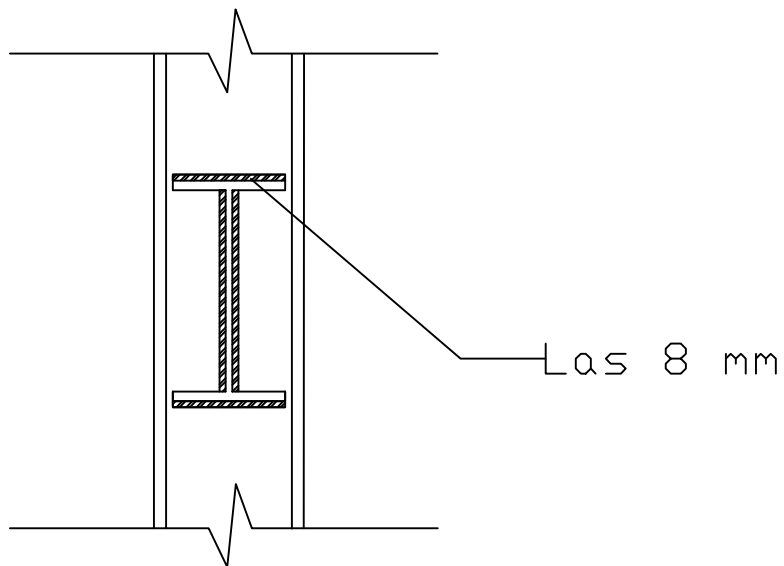


POT. A - A
 Skala 1 : 10

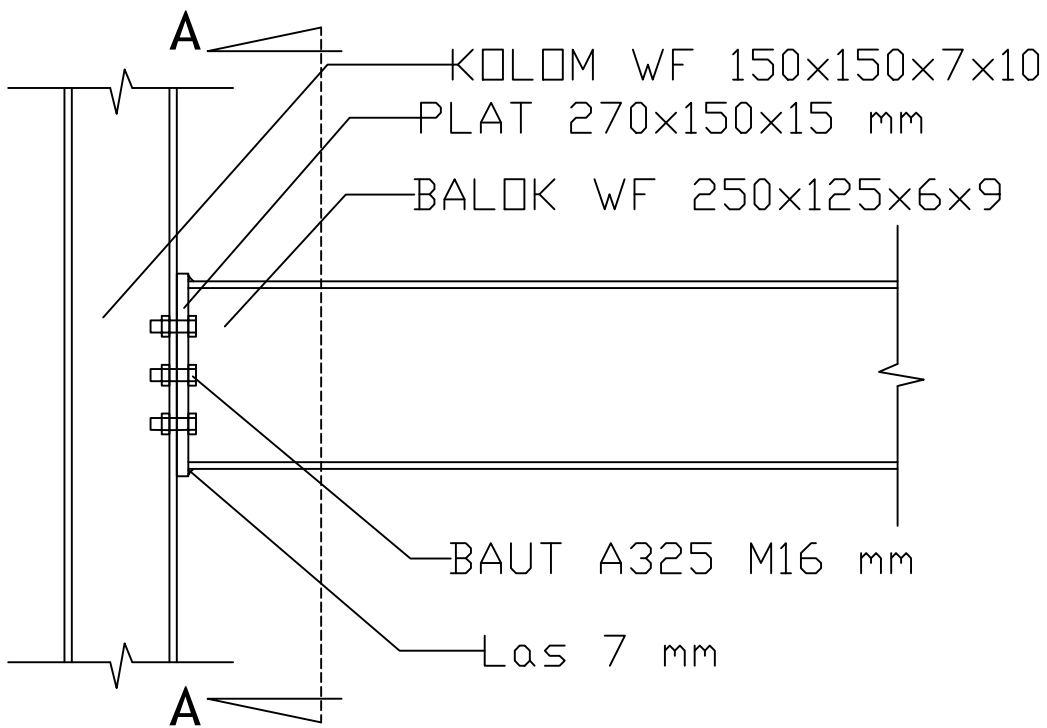
PELAT
 Skala 1 : 5



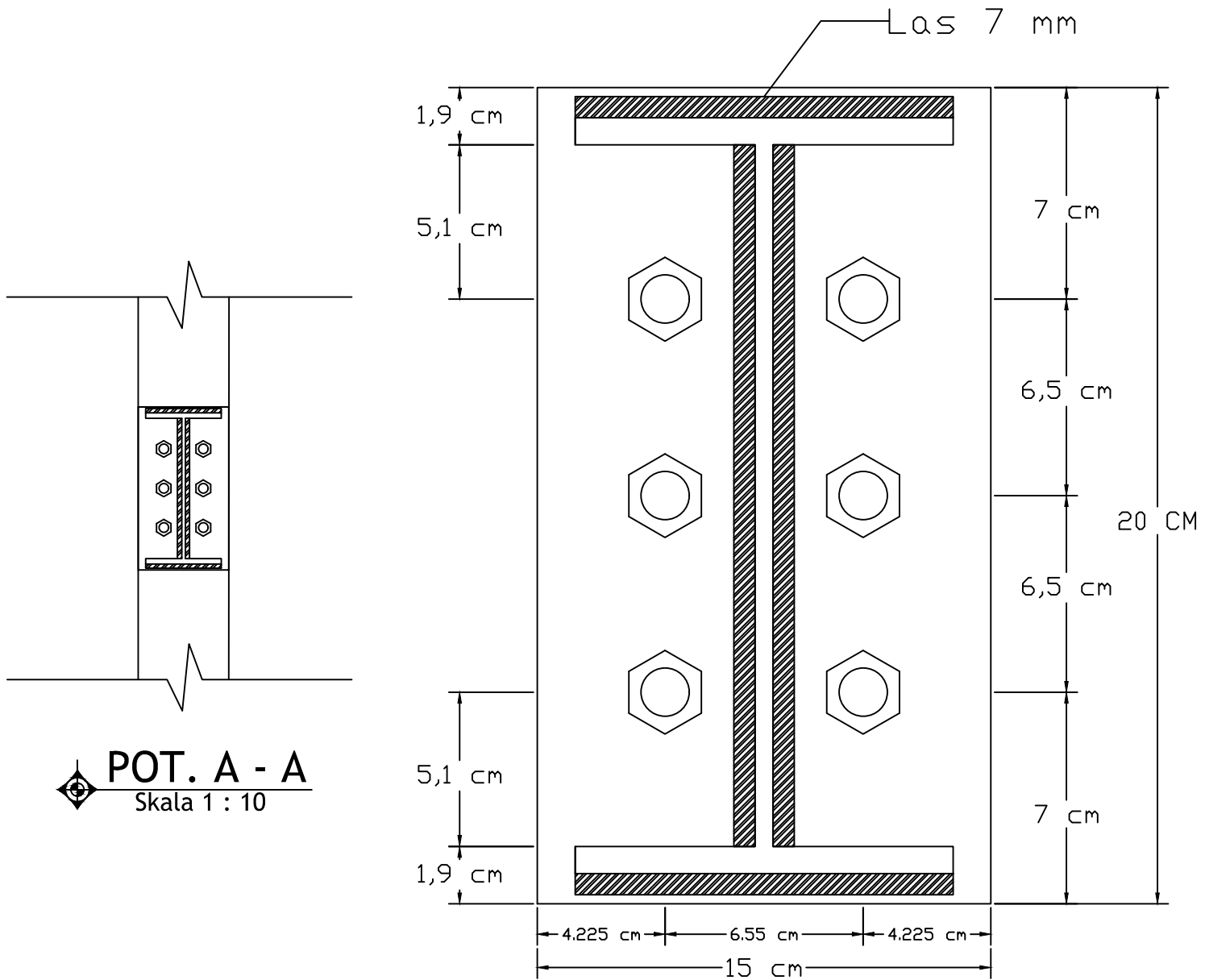
◆ **DETAIL Balok 300 - web Kolom 40**
 Skala 1 : 10



◆ **POT. B - B**
 Skala 1 : 10

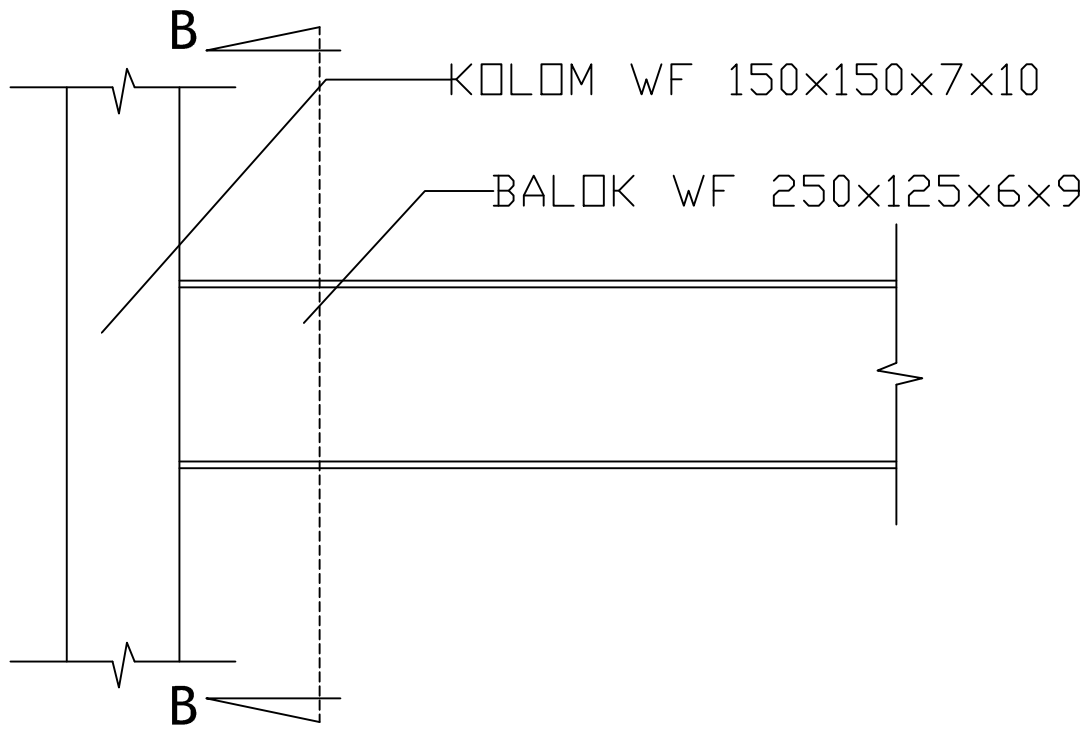



DETAIL Balok 250 - flange Kolom 25
 Skala 1 : 10

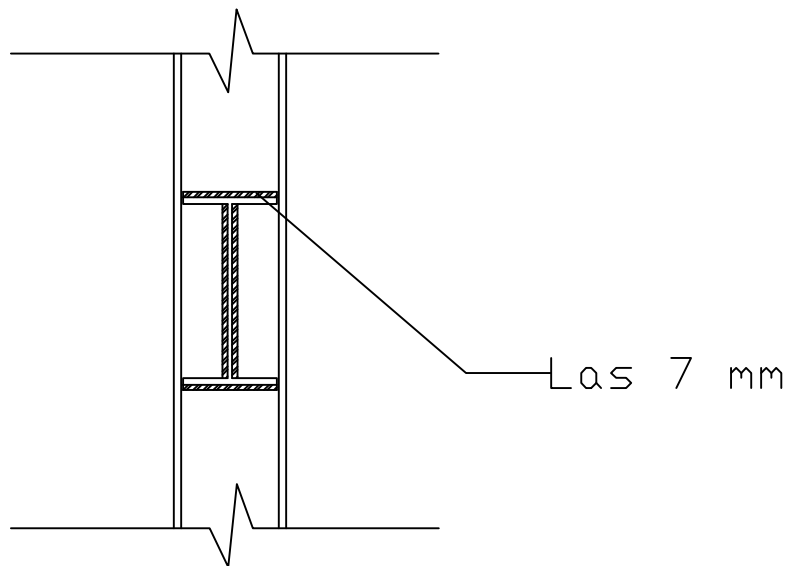


POT. A - A
 Skala 1 : 10

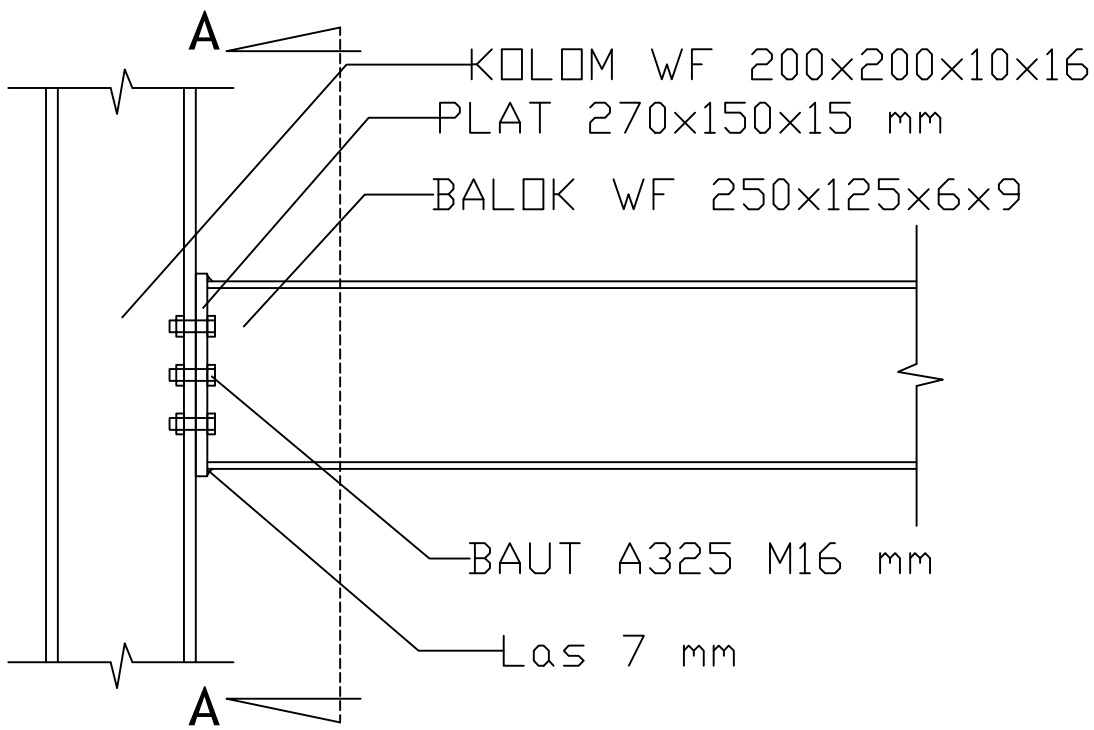
PELAT
 Skala 1 : 2



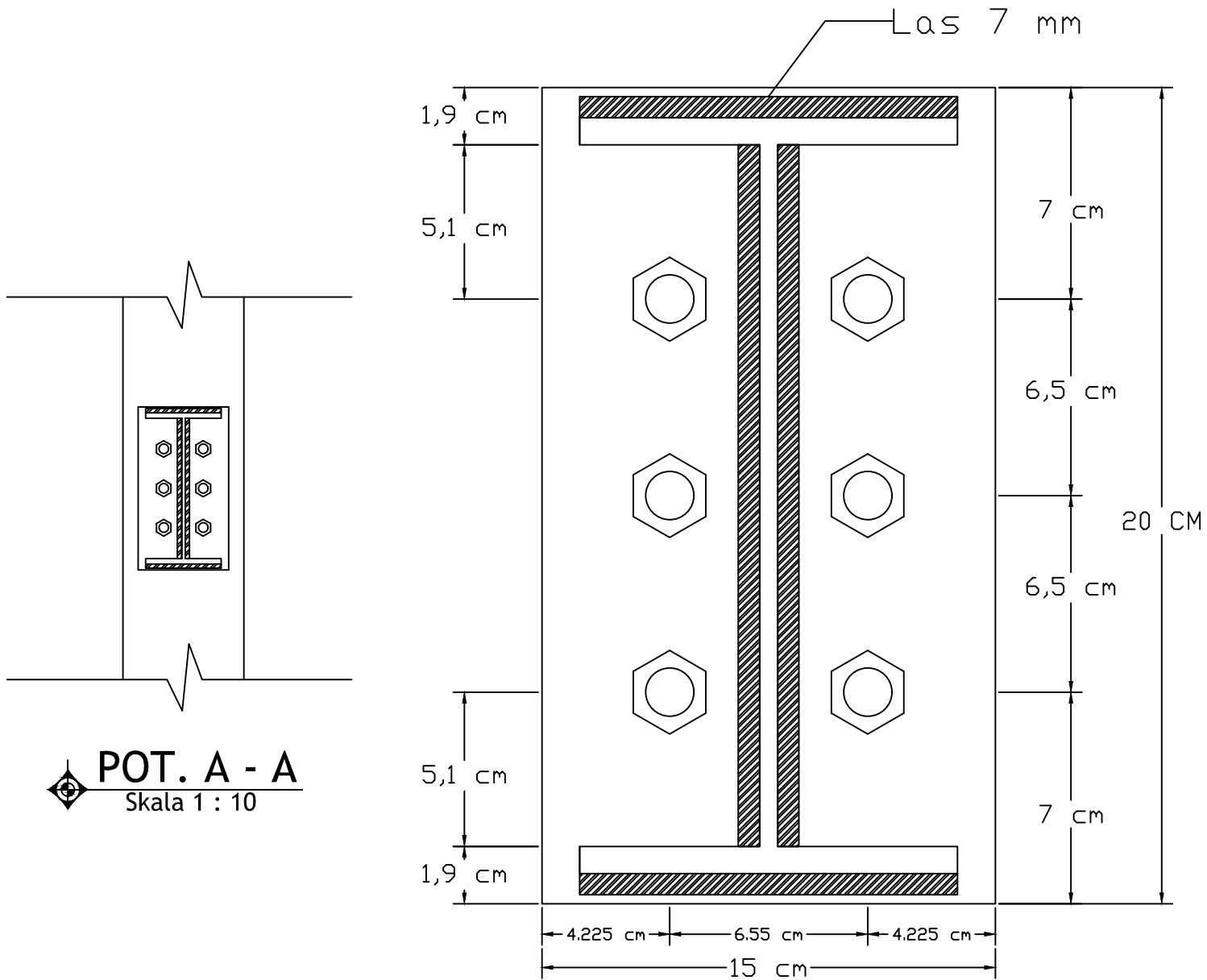

DETAIL Balok 250 - web Kolom 25
 Skala 1 : 10




POT. B - B
 Skala 1 : 10

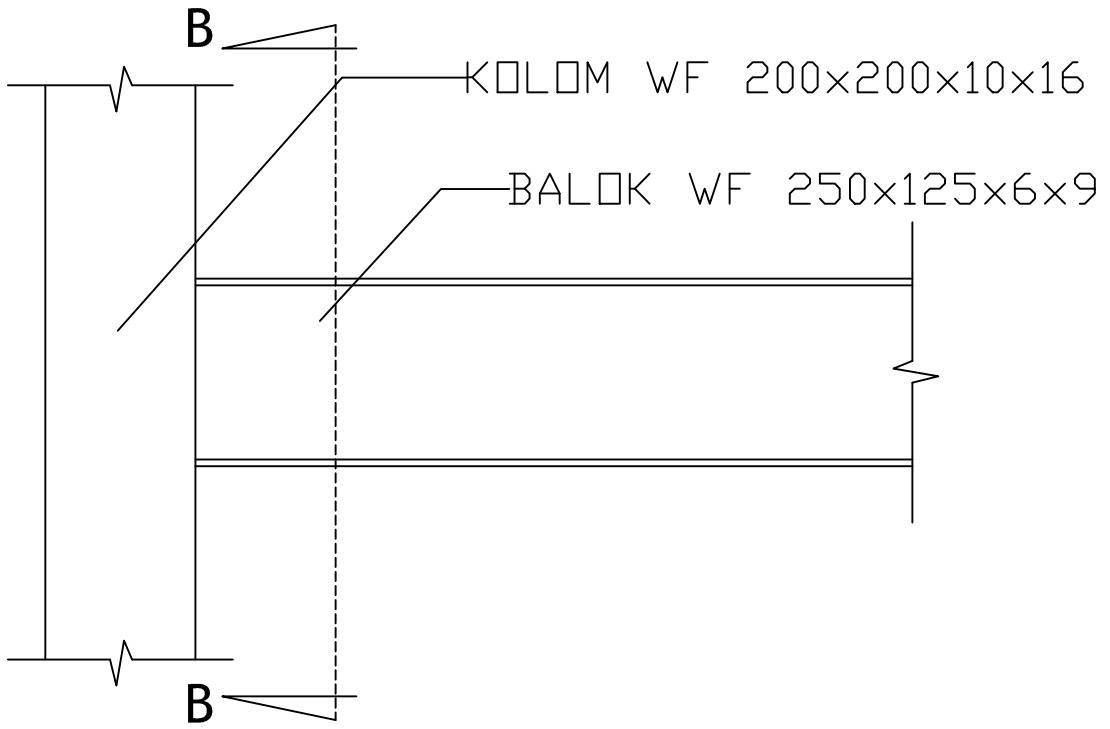



DETAIL Balok 250 - flange Kolom 40
 Skala 1 : 10

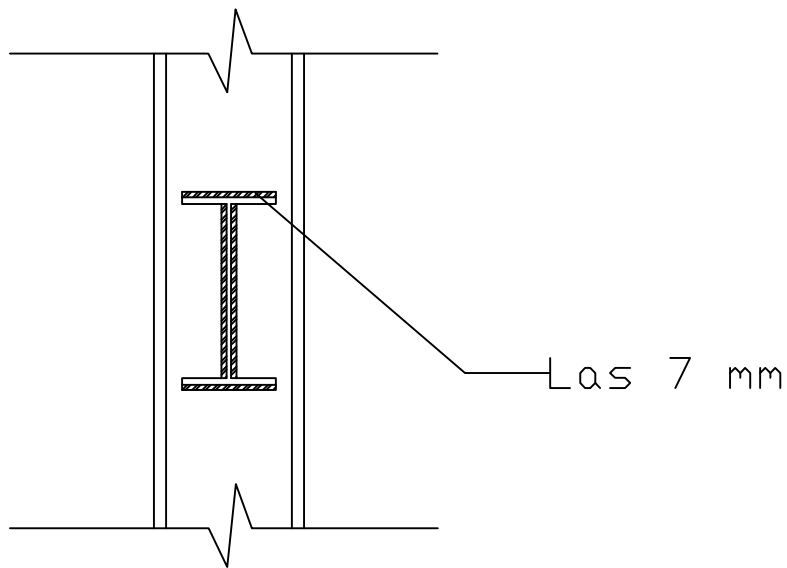


POT. A - A
 Skala 1 : 10

PELAT
 Skala 1 : 2




DETAIL Balok 250 - web Kolom 40
 Skala 1 : 10




POT. B - B
 Skala 1 : 10