

**PERENCANAAN ALTERNATIF STRUKTUR BAJA GEDUNG MIPA
CENTER (TAHAP I) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

LEONARD PRASETIO

NIM. 115060100111064

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

2015

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga rahmat dan hidayah-Nya selalu dilimpahkan kepada kita semua setiap saat.

Skripsi yang berjudul “Perencanaan Struktur Baja Gedung MIPA Center (Tahap I) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

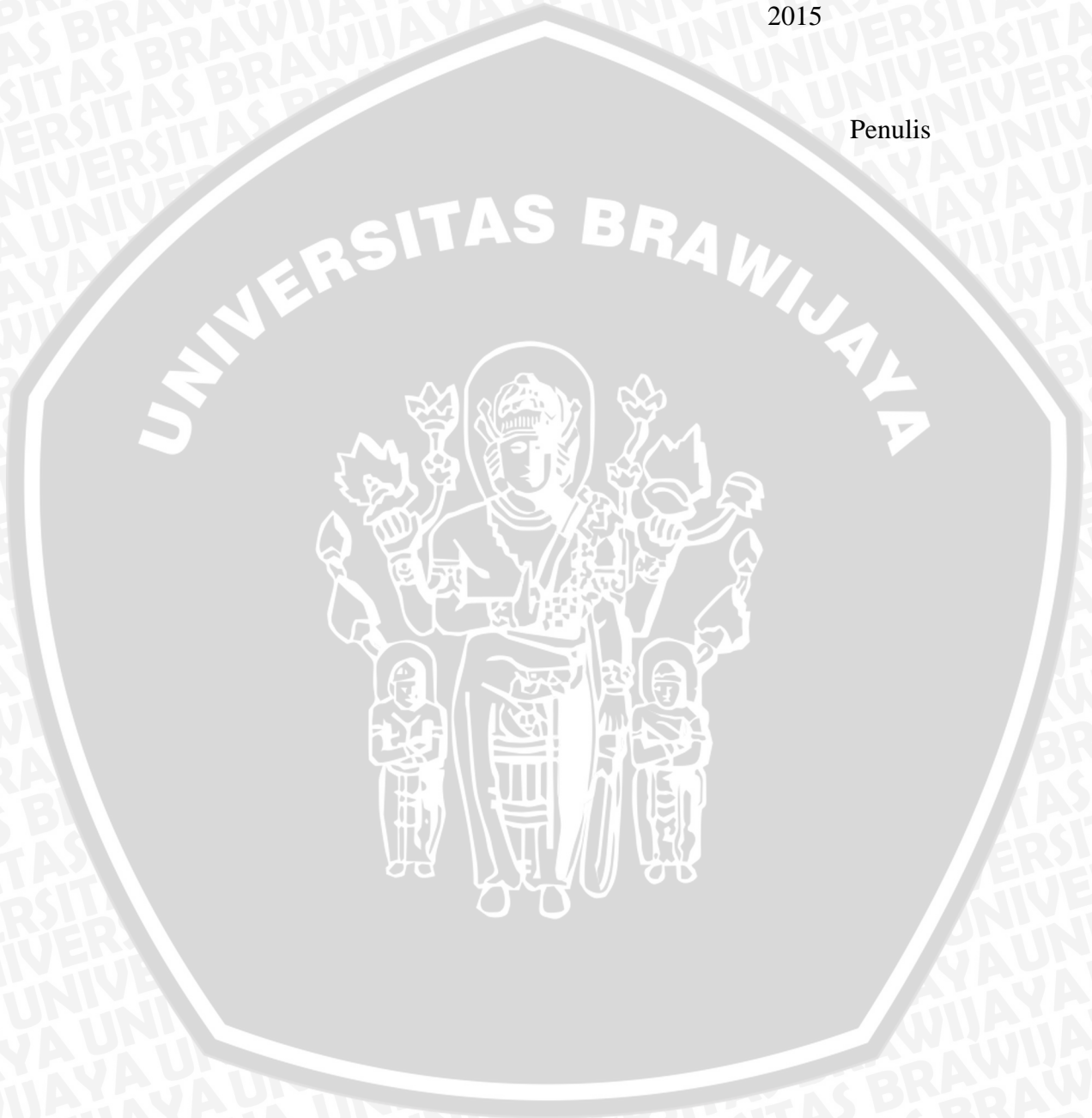
Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat dukungan dan bimbingan beberapa pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selama ini memberikan dukungan moral dan doa.
2. Bapak Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D., dan Bapak Ir. M. Taufik Hidayat, MT. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan dan arahan untuk kesempurnaan skripsi ini.
3. Beberapa pihak yang membantu kelancaran skripsi ini, khususnya ibu Dr.Eng. Devi Nuralinah, ST., MT. selaku ketua majelis proposal dan penguji, bapak Dr. Eng. Indradi W, St., M.Eng. (prac) selaku Ketua Program Studi S1 serta Bapak Sugeng P. Budio, Ms selaku ketua jurusan Teknik Sipil.
4. Sahabat, teman, keluarga besar FORSIS yang selama ini memberikan motivasi, bantuan maupun doa. Khususnya Agus, Yono, Toro, Budi, Gideon, Surya, Tanjaya, Andrew, Eddy, Elysia, Cita, Akbar, Dio, Gingga, Bagus, Frigi, Eny, Tasha, Aisah, Fakhrol dan teman-teman yang lain.
5. Seluruh kru Angkasa Komputer Malang yang telah membantu saya dalam doa serta dukungan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat diperlukan untuk kebaikan di masa depan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Malang, 26 Juli
2015

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR SIMBOL	xi
RINGKASAN	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Maksud dan Tujuan.....	3
1.6 Manfaat.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Struktur.....	5
2.2 Struktur Baja.....	5
2.2.1 Umum.....	5
2.2.2 Keunggulan Struktur Baja.....	5
2.2.3 Kelemahan Struktur Baja.....	6
2.3 Kriteria Perencanaan.....	6
2.3.1 Beban-beban.....	6
2.3.2 Kombinasi Beban Terfaktor.....	8
2.3.3 Faktor Tahanan.....	8
2.3.4 Wilayah Gempa.....	9
2.3.5 Kategori Gedung.....	10
2.3.6 Konfigurasi Struktur Gedung.....	13
2.3.7 Sistem Struktur.....	14
2.3.8 Distribusi dari V.....	14

2.4	Konsep Perencanaan.....	15
2.5	Metode Analisis dan Desain	16
2.5.1	Analisis struktur	16
2.5.2	Analisis portal tiga dimensi.....	18
2.5.3	Analisis statik ekuivalen	19
2.6	Analisis Penampang Komponen Baja	21
2.6.1	Kolom.....	21
2.6.2	Balok	23
	2.6.2.1 Hubungan Anantara Pengaruh Beban Luar.....	23
	2.6.2.1 Tegangan Lentur dan Momen Plastis.....	24
2.7	Kontrol Penampang	25
2.7.1	Tekuk Lokal Sayap (Flange Local Buckling)	25
2.7.2	Tekuk Lokal Badan (Web Local Buckling).....	27
2.8	Persamaan Interaksi Balok Kolom	28
2.9	Tekuk Lokal Web Pada Komponen Struktur Balok Kolom.....	28

BAB III PENDAHULUAN

3.1	Pengumpulan Data.....	30
3.2	Data Perencanaan	30
3.2.1	Data umum gedung	30
3.2.2	Data teknis gedung	31
3.3	Prosedur Perencanaan.....	31
3.3.1	Analisis pembebanan	31
3.3.2	Analisis statika	32
3.3.3	Desaian penampang	33
3.3.4	Gambar struktur	33
3.3.5	Diagram alur perencanaan.....	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

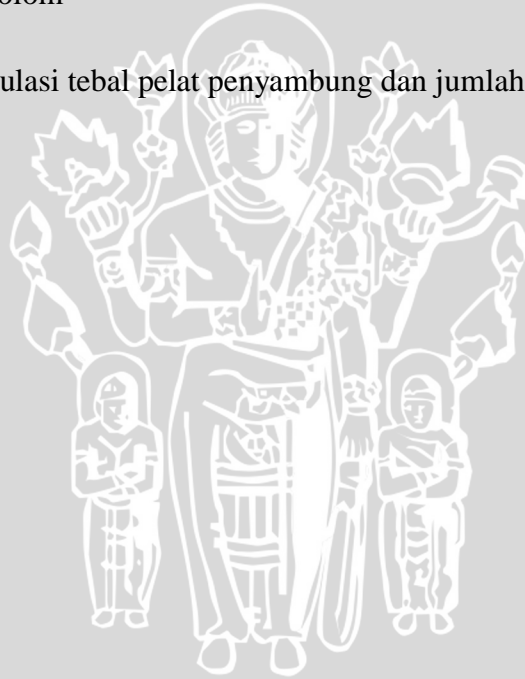
4.1	Perencanaan Dimensi Struktur.....	35
4.1.1	Dimensi pelat	35
4.1.2	Dimensi balok	35
4.1.3	Dimensi kolom.....	35
4.2	Data Pembebanan	36

4.2.1	Beban mati	36
4.2.2	Beban hidup	36
4.2.3	Pembebanan pelat.....	36
4.2.4	Pembebanan atap baja.....	37
4.3	Analisis Beban Gempa	37
4.4	Kombinasi Pembebanan	44
4.5	Input Data STAAD Pro 2008 v8i	45
4.6	Perencanaan Balok	46
4.7	Perencanaan Kolom.....	52
4.7.1	Kuat rencana.....	54
4.7.2	Hubungan balok-kolom.....	56
4.8	Perencanaan Pengaku	60
4.8.1	Pengaku Tumpuan.....	61
4.8.2	Pengaku Vertikal	62
4.9	Perencanaan Sambungan.....	63
4.9.1	Sambungan balok bentang 9 meter	63
4.9.2	Sambungan antara balok induk dan balok anak.....	67
4.9.3	Sambungan balok - kolom	71
4.9.4	Sambungan antar kolom.....	74
4.10	Pembahasan	79
 BAB V Penutup		
5.1	Kesimpulan	81
5.2	Saran.....	81
 DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN.....		84

DAFTAR TABEL

NO	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	10
Tabel 2.2	Faktor keutamaan gempa	13
Tabel 2.3	Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal Untuk Elemen Tertekan (f_y dinyatakan dalam Mpa)	22
Tabel 4.1	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCE_R) S_s	39
Tabel 4.2	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCE_R) S_1	40
Tabel 4.3	Parameter respons percepatan pada perioda pendek	42
Tabel 4.4	Parameter respons percepatan pada perioda 1 detik	43
Tabel 4.5	Tingkat resiko kegempaan	43
Tabel 4.6	Rekapitulasi kelangsingan profil balok	47
Tabel 4.7	Rekapitulasi jarak antar pengeang lateral pada balok	48
Tabel 4.8	Rekapitulasi kuat lentur balok	49
Tabel 4.9	Rekapitulasi kuat geser balok	51
Tabel 4.10	Rekapitulasi lendutan balok	52
Tabel 4.11	Rekapitulasi tabel daerah panel	54
Tabel 4.12	Rekapitulasi kuat rencana kolom	56

Tabel 4.13	Rekapitulasi kelangsingan profil kolom	58
Tabel 4.14	Rekapitulasi kombinasi aksial lentur kolom	60
Tabel 4.15	Rekapitulasi kuat tumpu balok	62
Tabel 4.16	Rekapitulasi tebal pelat penyambung dan jumlah baut	67
Tabel 4.17	Rekapitulasi tebal dan panjang las sudut antara balok induk dan balok anak	71
Tabel 4.18	Rekapitulasi tebal dan panjang las sudut sambungan balok-kolom	74
Tabel 4.19	Rekapitulasi tebal pelat penyambung dan jumlah baut	79

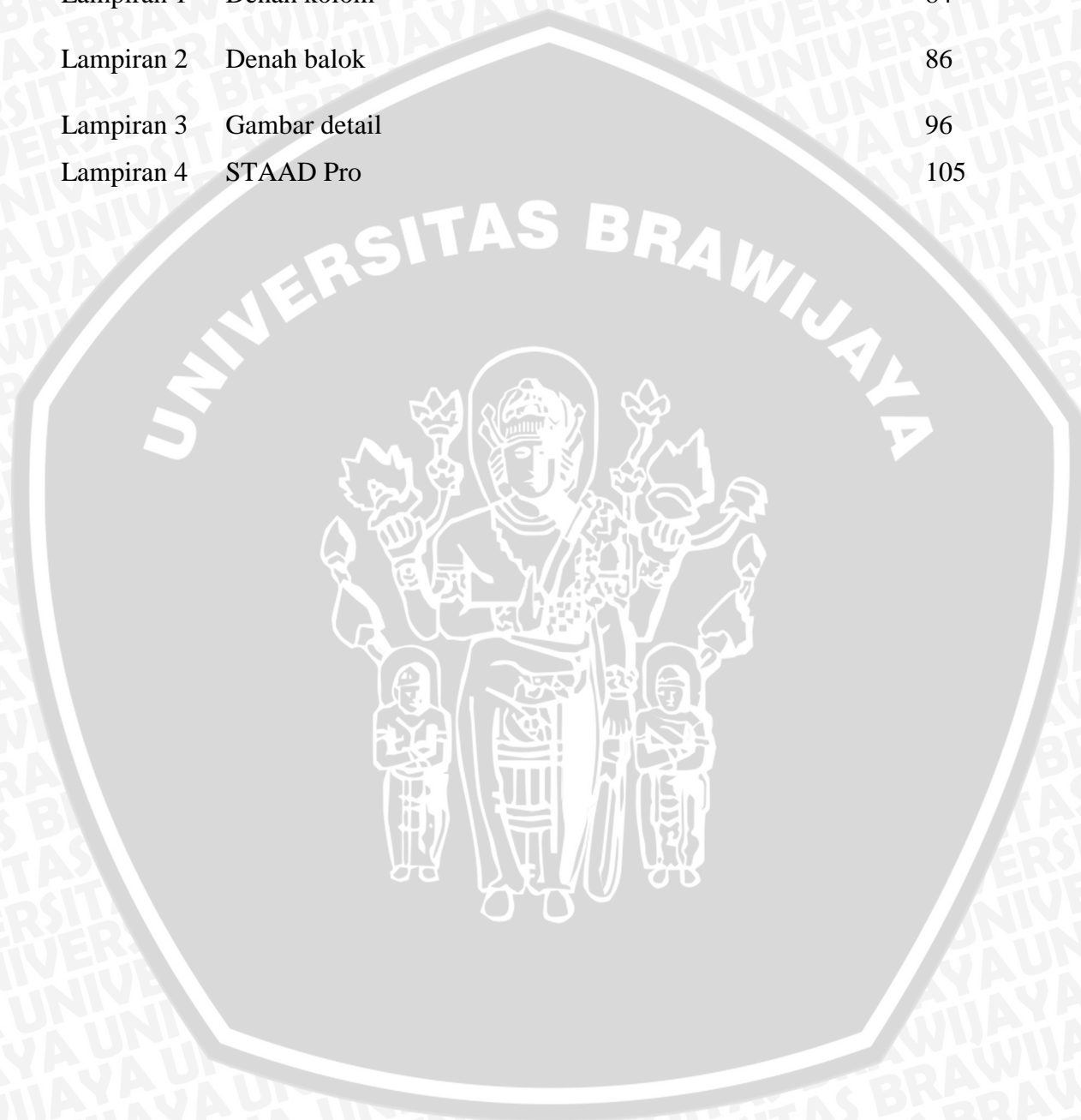


DAFTAR GAMBAR

NO	Judul	
Halaman		
Gambar 2.1	Portal Statis Tak Tentu	17
Gambar 2.2	Portal Statis Tak Tentu	17
Gambar 2.3	Mekanisme struktur baja luluh	25
Gambar 2.4	Grafik batas tekuk lokal sayap	25
Gambar 2.5	Grafik batas tekuk lokal badan	27
Gambar 2.6	Profil Wide Flange	28
Gambar 4.1	lokasi gedung MIPA Center	38
Gambar 4.2	Respon spectral percepatan di permukaan	38
Gambar 4.3	respon spectrum desain	42

DAFTAR LAMPIRAN

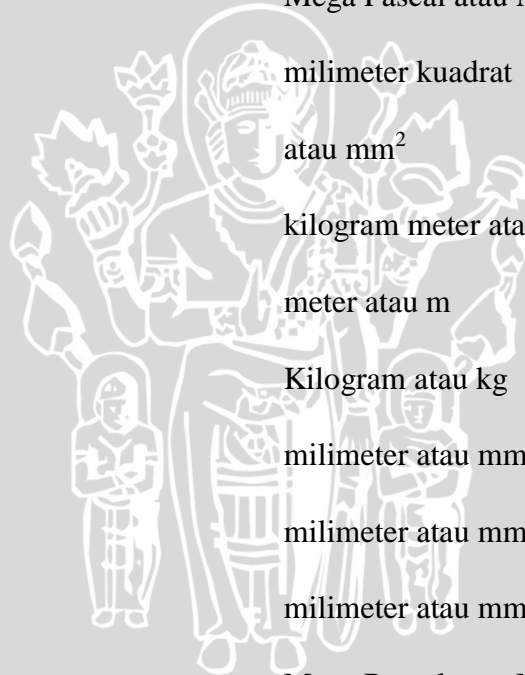
NO	Judul	
Halaman		
Lampiran 1	Denah kolom	84
Lampiran 2	Denah balok	86
Lampiran 3	Gambar detail	96
Lampiran 4	STAAD Pro	105



DAFTAR SIMBOL

Besaran dasar	Satuan dan singkatannya	Simbol
Beban persatuan panjang	kilogram/meter atau kg/m	w
Berat	kilogram atau kg	W
Faktor keamanan	-	I
Faktor respon gempa	-	C
Faktor keamanan	-	I
Faktor panjang efektif	-	k _c
Faktor reduksi tahanan	-	φ
Gaya geser nominal	kilogram atau kg	V _n
Gaya geser perlu	kilogram atau kg	V _u
Gaya aksial tekan	kilogram atau kg	N
Gaya tarik baja	kilogram atau kg	T _s
Gaya tarik tulangan longitudinal	kilogram atau kg	T _{sr}
Gaya tekan baja	kilogram atau kg	C _s
Gaya tekan beton	kilogram atau kg	C _c
Jarak antar penghubung geser dan baut	milimeter atau mm	s
Jari-jari girasi	milimeter atau mm	r
Koefisien wilayah gempa	-	ζ
Kuat tekan beton	Mega Pascal atau MPa	f' _c
Lebar efektif	milimeter atau mm	b _E
Luas penampang baja	milimeter kuadrat	A _s

	atau mm ²	
Luas penampang <i>stud connector</i>	milimeter kuadrat	A _c
	atau mm ²	
Luas penampang tulangan longitudinal	milimeter kuadrat	A _r
	atau mm ²	
Lebar profil	milimeter atau mm	b _f
Lendutan	milimeter atau mm	Δ
Modulus elastisitas	Mega Pascal atau MPa	E
Modulus geser baja	Mega Pascal atau MPa	G
Modulus penampang	milimeter kuadrat	S
	atau mm ²	
Momen	kilogram meter atau kgm	M
Panjang bentang	meter atau m	L
Tahanan nominal	Kilogram atau kg	R _n
Tebal badan profil	milimeter atau mm	t _w
Tebal las	milimeter atau mm	a
Tebal pelat lantai	milimeter atau mm	t _s
Modulus geser baja	Mega Pascal atau MPa	G
Tegangan leleh baja	Kilogram atau kg	f _y
Tinggi profil	milimeter atau mm	d
Waktu getar alami	detik atau s	T



RINGKASAN

Leonard Prasetio, Jurusan Teknik Spili, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2015, *Perencanaan Struktur Baja Gedung MIPA Center (Tahap I) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang*, Dosen Pembimbing: Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D., . Ir. M. Taufik Hidayat, Mt.,

Saat ini kesadaran masyarakat tentang pentingnya pendidikan semakin tinggi, hal ini dimanfaatkan beberapa perguruan tinggi untuk menambah mahasiswa. Peningkatan jumlah mahasiswa tidak sebanding dengan tersedianya lahan, oleh karena itu bangunan tinggi merupakan salah satu solusi untuk menyelesaikan masalah tersebut. Masalah yang sering timbul pada perencanaan bangunan tinggi adalah kemampuan struktur dalam menahan gempa. Maka dari itu, setiap bangunan tinggi harus direncanakan taha terhadap gempa. Sehingga tujuan penulisan skripsi ini untuk menjelaskan bagaimana perencanaan struktur baja yang mampu menahan gaya gempa yang menggunakan sistem struktur SRPM.

Perencanaan Gedung MIPA Center (Tahap I) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang ini menggunakan bahan baja pada bagian baloknya. Balok dan kolom yang digunakan adalah berupa baja dengan profil WF.

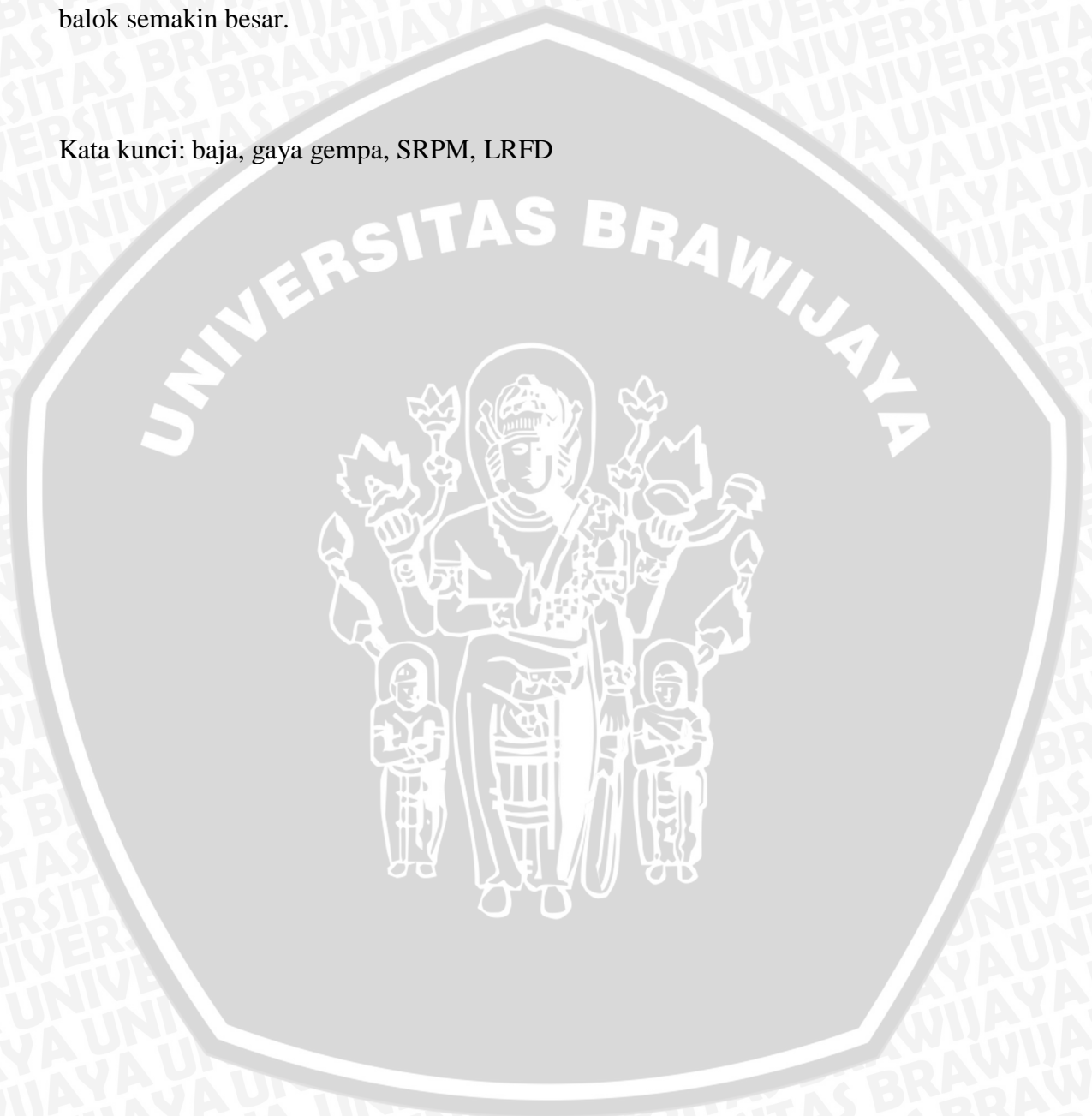
Konsep perencanaan menggunakan metode LRFD. LRFD adalah suatu metode perencanaan struktur baja yang mendasarkan perencanaannya dengan membandingkan kekuatan struktur yang telah diberi suatu factor resistensi (ϕ) terhadap kombinasi beban terfaktor yang direncanakan bekerja pada struktur tersebut ($\sum \gamma_i Q_i$). factor resistensi diperlukan untuk mengantisipasi kemungkinan adanya kelebihan beban.

Pada perencanaan ini dilakukan beberapa kali percobaan dimensi balok dan kolom, hingga mendapatkan profil baja WF yang mamapu menahan gaya-gaya dalam yang terjadi dan memenuhi persyaratan yang ada di peraturan. Untuk mencegah terjadinya selip antara balok baja dengan pelat beton, maka digunakan penghubung geser yang dipasang pada balok baja. Sambungan untuk antara balok

induk dan balok anak serta sambungan balok-kolom digunakan las, sedangkan sambungan antar kolom digunakan baut.

Keuntungan dari pemakaian struktur baja ini adalah pengurangan berat sendiri struktur, struktur menjadi lebih kaku serta panjang bentang layan untuk balok semakin besar.

Kata kunci: baja, gaya gempa, SRPM, LRFD



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangunan di Indonesia kini sudah melaju pesat. Kita sudah menemui bangunan tinggi dengan konstruksi beton serta baja. Hal ini disebabkan laju pertumbuhan penduduk yang pesat sehingga kebutuhan akan ruang dan lahan semakin meningkat. Bangunan tinggi merupakan solusi yang paling tepat untuk mengatasi masalah laju pertumbuhan penduduk.

Beton merupakan material struktur utama yang sering digunakan di konstruksi saat ini. Namun beton sendiri memiliki banyak kelemahan seperti banyak faktor yang bisa mempengaruhi kekuatan beton. Tidak lain seperti faktor suhu, cuaca, kuli atau yang membuat ready mix. Karena itu penulis ingin menganalisa apakah baja bisa menjadi alternatif dari beton.

Baja merupakan material yang sudah tak asing digunakan di bidang konstruksi, karena baja merupakan salah satu material fundamental dalam membuat berbagai struktur bangunan. Dalam membuat berbagai struktur bangunan, disarankan menggunakan baja dibanding alternatif material lain yaitu beton. Yang membuat baja lebih unggul daripada beton adalah hasil struktur dari beton terkadang mengalami banyak deviasi. Deviasi ini terjadi karena dalam proses pembuatan struktur beton, banyak faktor yang mempengaruhi hasil dari struktur beton tersebut. Contoh deviasi tersebut antara lain adalah suhu (terik tidaknya matahari ketika proses pembuatan struktur beton *onsite*), faktor human error dari pekerja saat pembuatan, dan faktor lain yang cukup berpengaruh pada hasil kualitas struktur beton tersebut.

Bangunan tinggi yang ada di wilayah Malang hampir seluruhnya, termasuk Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang direncanakan dengan menggunakan struktur beton bertulang. Hal tersebut dikarenakan struktur beton bertulang lebih mudah dikerjakan dan tidak memerlukan tenaga ahli khusus. Kekurangan dari struktur

beton bertulang yaitu, bangunan yang di bangun menggunakan struktur beton bertulang memiliki beban mati yang relative besar, sehingga bangunan menjadi kurang efektif karena harus memikul beban yang lebih besar. Dengan berat sendiri yang besar maka beban gempa yang harus ditahan bangunan tersebut semakin besar pula. Serta karena perencanaan awal Gedung MIPA CENTER adalah 12 lantai mengakibatkan ukuran balok dan kolom yang besar oleh karena itu, perlu adanya perencanaan lain pada Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang. Salah satunya yaitu menggunakan perencanaan struktur baja. Struktur baja di sisi lain, tidak banyak memiliki faktor yang dapat membuat satu baja dengan lainnya berbeda atau dengan kata lain mutu dari baja satu dengan baja lainnya dapat dijaha. Hal ini dikarenakan pembuatan baja dilakukan di pabrik, sehingga memiliki standard yang sama dan struktur dari baja juga lebih *reliable* dan mudah dikalkulasi.

1.2 Identifikasi Masalah

Pada perencanaan struktur bangunan tinggi, masalah yang timbul adalah besarnya beban vertical dan beban gempa yang dipikul struktur tersebut sehingga, semua struktur harus bekerja menjadi satu kesatuan struktur. Beban gempa yang terjadi sangat dipengaruhi dengan berat sendiri bangunan semakin ringan berat sendiri bangunan, maka gaya geser yang diakibatkan beban gempa yang diterima struktur bangunan akan semakin kecil.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah bagaimana perencanaan Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang dengan menggunakan struktur baja yang efisien serta memenuhi tingkat layanan berdasarkan konsep LRFD?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam desain ulang Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang, yaitu sebagai berikut.

1. Objek perencanaan struktur yang dipantau adalah gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang.
2. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
3. Disain kolom dan balok portal baja dengan metode LRFD
4. Beban horizontal yang ditinjau adalah beban gempa
5. Perencanaan yang dilakukan hanya struktur bagian atas saja, yaitu pada balok dan kolom, sehingga perencanaan gedung tidak diikuti dengan perencanaan pondasi
6. Seluruh kaki portal dan dinding diasumsikan terjepit pada pondasi.
7. Tidak dilakukan perencanaan pada tangga, bordes dan pelat.
8. Pengaruh terhadap momen torsi tidak diperhitungkan.
9. Tidak membahas perhitungan ikatan angin
10. Balok dan kolom menggunakan struktur baja profil WF
11. Sambungan antar baja digunakan baut atau las
12. Rangka atap tetap diperhitungkan namun tidak untuk didesain, reaksi atap dijadikan beban terpusat pada portal.
13. Perhitungan analisis struktur untuk mengetahui gaya-gaya dalam akibat beban menggunakan aplikasi analisis struktur STAAD,Pro V8i
14. Tidak membahas analisis ekonomi.

1.5 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari perhitungan struktur pembangunan Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui mengapa struktur baja jarang diaplikasikan di sekitar kota Malang khususnya di Universitas Brawijaya
2. Untuk memaparkan hasil perencanaan struktur baja yang efisien berdasarkan konsep LRFD pada Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang

3. Untuk mengaplikasikan ilmu teknik sipil yang telah diperoleh, sehingga dapat dijadikan bekal dalam dunia kerja.

1.6 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam skripsi ini yaitu:

1. Bagi Akademisi

Diharapkan dapat meningkatkan pemahaman terhadap perencanaan struktur baja tahan gempa pada struktur gedung.

2. Bagi teknisi maupun praktisi

Sebagai pembanding antara perencanaan yang sudah ada dengan perencanaan yang di bahas dalam tugas ini, sehingga dapat dijadikan referensi bagi teknisi maupun praktisi dalam membangun sebuah gedung.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Struktur

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

Tujuan dari perencanaan struktur menurut Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002) adalah menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, mampu layan, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti terguling, miring, atau tergeser selama umur rencana bangunan. Risiko terhadap kegagalan struktur dan hilangnya kemampulayanan selama umur rencananya juga harus diminimalisir dalam batas-batas yang masih dapat diterima. Suatu struktur yang awet semestinya tidak memerlukan biaya perawatan yang terlalu berlebihan selama umur layannya.

2.2 Struktur Baja

2.2.1 Umum

Baja struktur adalah suatu jenis baja yang berdasarkan pertimbangan ekonomi, kekuatan dan sifatnya, cocok untuk pemikul beban. Baja struktur banyak dipakai untuk kolom serta balok bangunan bertingkat, sistem penyangga atap, hangar, jembatan, menara antena, penahan tanah, pondasi tiang pancang, dan lain lain.

2.2.2 Keunggulan Struktur Baja

Beberapa keuntungan dari baja sebagai bahan struktur adalah sebagai berikut:

1. Baja mempunyai kekuatan cukup tinggi serta merata, menurut Kozai Club (1983) kekuatan baja terhadap tarik ataupun tekan tidak banyak berbeda dan bervariasi dari 300 Mpa sampai 2000 Mpa. Kekuatan yang tinggi ini mengakibatkan struktur yang terbuat dari baja pada umumnya mempunyai ukuran tampang yang relatif kecil jika dibandingkan dengan struktur dari bahan lain. Oleh karena itu struktur cukup ringan sekalipun berat jenis baja tinggi. Akibat lebih lanjut adalah pemakaian pondasi yang lebih hemat.
2. Baja adalah hasil produksi pabrik dengan peralatan mesin-mesin yang cukup canggih dengan jumlah tenaga manusia relatif tidak banyak, sehingga pengawasan mudah dilaksanakan dengan saksama dan mutu dapat dipertanggung jawabkan.
3. Pada umumnya struktur baja dapat dibongkar untuk kemudian dapat dipasang lagi, sehingga elemen struktur baja dapat dipakai berulang ulang dalam berbagai bentuk struktur.

2.2.3 Kelemahan Struktur Baja

Sudah barang tentu baja sebagai bahan struktur juga mempunyai beberapa kelemahan atau kekurangan, antara lain dapat disebutkan sebagai berikut,

1. Struktur dari baja memerlukan pemeliharaan secara tetap yang membutuhkan pembiayaan yang tidak sedikit
2. Kekuatan baja dipengaruhi oleh temperatur. Pada temperatur tinggi kekuatan baja sangat berkurang sehingga pada saat kebakaran bangunan dapat runtuh sekalipun tegangan yang terjadi mungkin saja masih rendah.
3. Karena kekuatan baja cukup tinggi maka banyak dijumpai batang batang struktur yang langsing, oleh karena itu bahaya tekuk (Buckling) mudah terjadi.

2.3 Kriteria Perencanaan

2.3.1 Beban-beban

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Besar beban yang bekerja pada

suatu struktur diatur oleh pembebanan yang berlaku, sedangkan masalah kombinasi dari beban-beban yang bekerja telah diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 6.2.2 yang akan dibahas kemudian. Beberapa jenis beban yang sering dijumpai antara lain: (Setiawan, 2008)

1. Beban Mati (Dead Loads)

Beban mati adalah segala sesuatu bagian struktur yang bersifat tetap, termasuk dalam hal ini berat sendiri struktur. Sebagai contoh adalah berat sendiri balok, kolom, pelat lantai dan dinding. Contoh lain adalah atap, dinding, jendela, plumbing, peralatan elektrikal, dan lain sebagainya.

2. Beban Hidup (live loads)

Beban hidup adalah semua beban yang bersifat dapat berpindah-pindah (beban berjalan), atau beban yang bersifat sementara yang ditempatkan pada suatu tempat tertentu.

Sebagai contoh adalah beban kendaraan pada area parkir, kelengkapan meja/kursi pada kantor, dinding partisi, manusia, beban air pada kolam renang, beban air pada tangki air, dan lain sebagainya.

3. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi (baik itu gempa tektonik atau vulkanik) yang mempengaruhi struktur tersebut.

Gempa mengakibatkan beban pada struktur karena interaksi tanah dengan struktur dan karakteristik respons struktur. Beban gempa adalah beban yang merupakan fungsi dari waktu, sehingga respons yang terjadi pada suatu struktur juga tergantung dari riwayat waktu pembebanan tersebut.

Beban gempa adalah beban percepatan tanah yang berupa suatu rekaman percepatan tanah untuk suatu gempa tertentu, sehingga untuk setiap waktu tertentu akan mempunyai harga percepatan tanah tertentu.

4. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada suatu struktur, akibat pengaruh struktur yang mem-blok aliran angin, sehingga energi kinetic

angin akan dikonversi menjadi tekanan energi potensial, yang menyebabkan terjadinya beban angin.

Efek beban angin pada suatu struktur bergantung pada berat jenis dan kecepatan udara, sudut luas angin, bentuk dan kekakuan struktur, dan faktor-faktor yang lain.

2.3.2 Kombinasi Beban Terfaktor

Tahanan rencana harus melebihi jumlah dari beban beban bekerja yang dikalikan dengan suatu factor beban. Penjumlahan beban-beban kerja ini yang dinamakan sebagai kombinasi pembebanan. Menurut peraturan baja Indonesia, SNI 03-1729-2002 Pasal 6.2.2 mengenai kombinasi pembebanan, dinyatakan bahwa dalam perencanaan suatu struktur baja haruslah diperhatikan jenis-jenis kombinasi pembebanan berikut ini:

1. $1,4 D$ (2.1)
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$ (2.2)
3. $1,2 D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$ (2.3)
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$ (2.4)
5. $1,2 D + 1,0 E + L$ (2.5)
6. $0,9 D + 1,0 W$ (2.6)
7. $0,9 D + 1,0 E$ (2.7)

Keterangan :

D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen.

L = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung

L_r = beban hidup yang diakibatkan oleh pembebanan atap

R = beban hujan

W = beban angin

E = beban gempa

2.3.3 Faktor Tahanan

Faktor tahanan dalam perencanaan struktur berdasarkan metode LRFD, ditentukan dalam tabel 6.4-2 SNI 03-1729-2002, sebagai berikut:

- a. Komponen struktur yang memikul lentur

$$\phi = 0,90$$

b. Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial

$$\phi = 0,85$$

c. Komponen struktur yang memikul gaya tarik

$$\phi = 0,75$$

1) Terhadap kuat tarik leleh

$$\phi = 0,90$$

2) Terhadap kuat tarik fraktur

$$\phi = 0,75$$

d. Komponen struktur yang memikul gaya aksial dan lentur

$$\phi = 0,90$$

e. Komponen struktur komposit

1) Kuat tekan

$$\phi = 0,85$$

2) Kuat tumpu beton

$$\phi = 0,60$$

3) Kuat lentur dengan distribusi tegangan plastis

$$\phi = 0,85$$

4) Kuat lentur dengan distribusi tegangan elastis

$$\phi = 0,90$$

f. Sambungan baut

$$\phi = 0,75$$

g. Sambungan las

1) Las tumpul penetrasi penuh

$$\phi = 0,90$$

2) Las sudut, las tumpul penetrasi sebagian, las pengisi

$$\phi = 0,75$$

2.3.4 Wilayah Gempa

Parameter percepatan gempa ditentukan berdasarkan 2 hal yaitu, Parameter percepatan terpetakan dan Kelas Situs. Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen

terlampau dalam 50 tahun (MCE_R , 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 \leq 0,04$ g dan $S_s \leq 0,15$ g, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A. (SNI 1762-2012 Pasal 6.1.1)

Sedangkan Kelas situs mengatur klasifikasi berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD,SE, atau SF. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situsnya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF. (SNI-1762-2012 Pasal 6.1.2)

2.3.5 Kategori gedung

Pada SNI 1762 2012, berdasarkan fungsinya gedung akan di klasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I

<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none">- Perumahan- Rumah toko dan rumah kantor- Pasar- Gedung perkantoran- Gedung apartemen/ rumah susun- Pusat perbelanjaan/ mall- Bangunan industry- Fasilitas manufaktur- Pabrik	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bioskop- Gedung pertemuan- Stadion- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat- Fasilitas penitipan anak- Penjara- Bangunan untuk orang jompo	III

Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Pusat pembangkit listrik biasa
- Fasilitas penanganan air
- Fasilitas penanganan limbah
- Pusat telekomunikasi

Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:

- Bangunan-bangunan monumental
- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan
- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat
- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat

<ul style="list-style-type: none"> - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	<p>IV</p>
--	-----------

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa

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

2.3.6 Konfigurasi struktur gedung

Struktur Gedung dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu beraturan dan tidak beraturan. Pada SNI 1762 mengatur 9 syarat yang kemudian dapat menentukan suatu gedung beraturan atau tidak.

Analisis gedung beraturan dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen, sedangkan yang tidak, pengaruh gempa rencanan harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respon dinamis.



Pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang memiliki panjang tonjolan pada denah kurang dari 25 % panjang tonjolan terbesar dalam arah yang sama, yaitu sebesar 22,5 %, dan memenuhi setiap persyaratan gedung beraturan lainnya. Sehingga perencanaan gedung ini, akan menggunakan metode statik ekuivalen.

2.3.7 Sistem struktur

Pada dasarnya setiap struktur pada suatu bangunan merupakan penggabungan berbagai elemen struktur secara tiga dimensi. Fungsi utama dari sistem struktur adalah untuk memikul secara aman dan efektif beban yang bekerja pada bangunan, serta menyalurkannya ke tanah melalui pondasi. Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur, sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).

a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

SRPMB pada struktur bangunan diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis secara terbatas pada komponen struktur sambungannya akibat gaya gempa rencana. SRPMB diterapkan pada wilayah gempa 1 dan 2.

b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Sistem Struktur bangunan ini diharapkan dapat menahan resiko kegempaan sedang yaitu, wilayah gempa 3 dan 4. Dan sistem SRPMM ini akan digunakan pada Skripsi ini.

c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

SRPMK pada struktur bangunan diharapkan dapat mengalami deformasi besar apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari beban gempa rencana. SRPMK diterapkan pada wilayah gempa 5 dan 6

2.3.8 Distribusi dari V

Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s W \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan

W = berat seismik efektif

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai sebagai berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

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

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan

2.4 Konsep Perencanaan

Sampai saat ini paling tidak ada dua metode perencanaan struktur beton, yaitu metode beban kerja (*working stress method*) dan metode beban batas (*limit states method*). Metode beban kerja dilakukan dengan menghitung tegangan yang terjadi dan membandingkann dengan tegangan ijin yang bersangkutan. Apabila tegangan yang terjadi lebih kecil dari tegangan yang diijinkan maka dinyatakan aman. Dalam menghitung tegangan, semua beban tidak dikalikan dengan faktor beban. Tegangan ijin dikalikan dengan suatu faktor kelebihan tegangan (*overstress faktor*). Untuk struktur beton, metode ini diterapkan pada peraturan Beton Indonesia (PBI 1971).

Metode beban batas didsarkan pada batas-batas tertentu yang bisa dilampaui oleh suau sistem struktur. Batas-batas tersebut yang bisa dilampaui oleh suatu sistem struktur. Batas-batas tersebut, terutama adalah kekuatan, kemampuan layan, keawetan, ketahanan terhadap api, ketahanan terhadap beban kelelahan dan persyaratan khusus yang berhubungan dengan penggunaan sistem struktur tersebut. Setiap batas dinyatakan aman apabila aksi rencana lebih kecil dari kapasitas

komponen struktur. Aksi rencana dihitung dengan menggunakan faktor beban, sedangkan kapasitas bahan dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan. Peraturan beton saat ini menggunakan pendekatan ini, termasuk di Indonesia, SNI T15-1991-03, atau edisi barunya, SNI 03-2874-2002.

2.5 Metode Analisis dan Desain

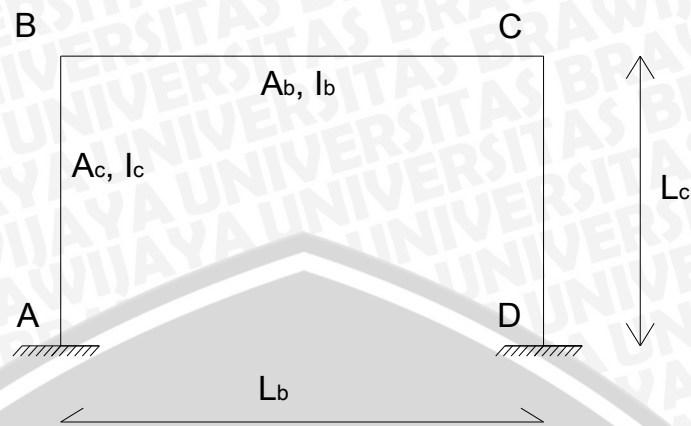
2.5.1 Analisis Struktur

Analisis struktur menurut cara-cara mekanika teknik yang baku merupakan pra-perencanaan bagi desain struktur. bentuk dan besarnya ukuran penampang akibat pembebanan akan menentukan desain. Analisis dengan bantuan computer menggunakan aplikasi analisis struktur dalam mendapatkan bentuk dan besarnya sistem struktur berupa gaya-gaya dalam harus dilakukan dengan model-model matematik yang mensimulasikan keadaan struktur yang sesungguhnya dilihat dari bahan dan kekakuan unsur-unsurnya. Dengan menggunakan bantuan aplikasi komputer akan mempermudah perhitungan analisis struktur, khususnya struktur statis tak tentu.

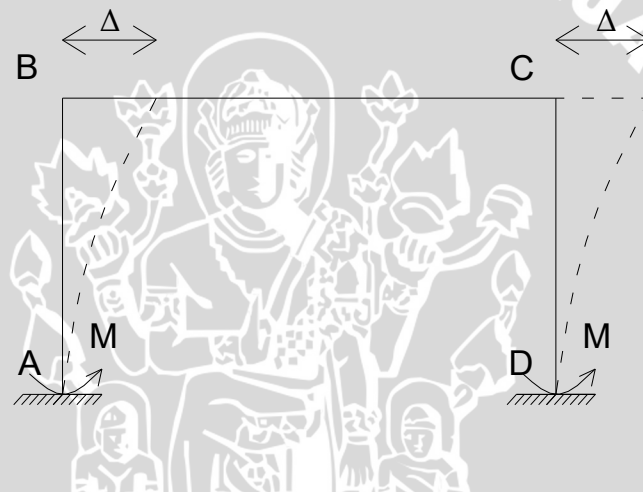
Struktur statis tak tentu mempunyai beberapa kelebihan dibanding struktur statis tertentu. Kelebihan tersebut diantaranya : momen lentur lebih kecil sehingga defleksinya berkurang dan penampang juga menjadi lebih kecil. Perbedaan yang signifikan ada struktur statis tertentu dan statis tak tentu adalah adanya aksi tahanan yang berkembang pada struktur statis tak tentu akibat adanya perubahan bentuk yang ada padanya. Reaksi yang dihasilkan oleh tumpuan akibat aksi prategang disebut reaksi sekunder. Reaksi sekunder ini menghasilkan momen dan geser sekunder.

1. Portal Statis Tak Tentu

Pada rangka statis tak tentu terjadi hal yang sama dengan balok statis tak tentu. Untuk mendapatkan pengaruh sekunder dari prategang dapat digunakan metode beban ekuivalen.



Gambar 2.1 Portal Statis Tak Tentu



Gambar 2.2 Portal Statis Tak Tentu

horizontal sebesar $\Delta = \frac{P \cdot L_b}{2 E_c A_b}$. Momen jepit pada kolom akibat perpindahan Δ adalah $M = \frac{6 E_c I_c}{L_c^2} \Delta$. Tidak seperti pada balok statis tak tentu, perpindahan aksial pada balok dapat ditahan oleh kekakuan kolom pendukungnya sehingga berkurang secara signifikan. Dengan demikian kekakuan kolom sangat menentukan perpindahan aksial dari balok pada portal. Perpindahan aksial juga bisa disebabkan oleh susut dan rangkak. Apabila kolom mengalami perpindahan aksial pada baloknya, maka analisis tambahan harus dilakukan. Perpindahan aksial atau hal-hal lain yang mempengaruhi portal, seperti susut, rangkak, pengaruh P- δ dan lain-lain, diperhitungkan sebagai pengaruh tersier. Pengaruh tersier bisa ditambahkan

pada pengaruh sekunder dan primer untuk memperoleh pengaruh total struktur portal. (Budiadi, 2008)

Pada portal yang berada pada suatu sistem struktur yang terdiri dari portal berbagai arah, pengaruh prategang pada umumnya sangat kecil sehingga bisa diabaikan. Tetapi untuk portal dua dimensi, perpindahan aksial sangat mempengaruhi momen primer maupun sekunder sehingga pengaruh perpindahan tersebut diakomodasi dalam desain. Dalam perencanaan portal beton prategang, pengaruh utama seperti beban hidup, beban mati, dan beban lateral (angin, gempa) ditentukan terlebih dahulu, kemudian pengaruh sekunder dan tersier ditentukan. Penjumlahan dari pengaruh-pengaruh tersebut digunakan untuk pendimensian ulang komponen portal. Prosedur perencanaan portal beton prategang melibatkan perhitungan momen primer, sekunder dan tersier; serta melakukan analisis lentur, geser, puntir, dan lain-lain. (Budiadi, 2008)

2.5.2 Analisis portal tiga dimensi

Struktur terbentuk dari elemen-elemen batang lurus (lazimnya prismatic) yang dirangkai dalam ruang tiga dimensi, dengan sambungan antar ujung-ujung batang diasumsikan kaku sempurna. Namun, dapat dipindah tempat dan berputar dalam ruang tiga dimensi. Beban luar yang bekerja boleh berada pada titik-titik buhul maupun pada titik-titik di sepanjang batang dengan arah sembarang. Posisi tumpuan yang berupa jepit atau sendi, harus berada pada titik-titik buhul. Mengingat sambungan antar ujung-ujung batang adalah kaku sempurna yang dapat menjamin stabilitas elemen, maka sistem portal tiga dimensi ini meskipun lazim mendekati bentuk-bentuk segiempat, namun, pada prinsipnya diperbolehkan berbentuk sembarang. Elemen-elemen pembentuk portal tiga dimensi (*space frame system*) tersebut akan dapat mengalami gaya-gaya dalam (*internal forces*) berupa: momen lentur (*bending moment*) dalam dua sumbu putar, momen torsi (*torsional moment*), gaya geser dalam dua arah, dan gaya aksial. Berbagai contoh struktur di lapangan yang dapat diidealisasikan menjadi sistem portal tiga dimensi antara lain adalah struktur portal gedung bertingkat banyak, struktur bangunan industri/pabrik, struktur jembatan berbentuk panjang, struktur dermaga, dan sejenisnya, yang ditinjau secara tiga dimensi. (Nasution, 2000)

Portal ruang mempunyai enam komponen reaksi disetiap tumpuan. Tiga komponen x , y , z serta tiga kopel M_x , M_y , dan M_z . Pada titik kumpul kaku mempunyai tiga persamaan gaya dan tiga persamaan momen, resultan tegangan disetiap batang bisa enam dari 12 gaya diketahui sehingga setiap batang memberi enam gaya yang tak diketahui. (Nasution, 2000).

2.5.3 Analisis statik ekuivalen

Analisis gempa dengan metode static ekuivalen digunakan untuk memperhitungkan respon struktur terhadap gaya gempa. Dimana akibat gaya gempa, struktur akan bergoyang berdasarkan periode natural sistem. Dalam analisis ini, penambahan gaya akibat gempa akan dijadikan beban lateral statik yang nilainya ekuivalen berdasarkan gempa maksimum yang mungkin terjadi. Adapun besarnya gaya tersebut tergantung dari periode natural dan jenis tanah. (Alkaf, 2006)

Pada struktur gedung beraturan pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dapat ditampilkan sebagai beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai-lantai tingkat. Maka pengaruh beban-beban gempa nominal statik ekuivalen tersebut dapat dianalisis dengan metode analisis statik tiga dimensi biasa yang dalam hal ini disebut dengan analisis static ekuivalen tiga dimensi.

Struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut: (SNI 1726:2002)

- Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan kalau mempunyai tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan gedung tersebut.
- Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut dan kalau mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.

- Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama orthogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
- Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka dan walaupun mempunyai loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing-masing arah, tidak kurang dari 75% dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya. Dalam hal ini, struktur rumah atap yang tingginya tidak lebih dari dua tingkat tidak perlu dianggap menyebabkan adanya loncatan bidang muka.
- Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Yang dimaksud tingkat lunak adalah suatu tingkat, di mana kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan lateral rata-rata tiga tingkat di atasnya. Dalam hal ini, yang dimaksud dengan kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang apabila bekerja di tingkat itu menyebabkan satu satuan simpangan antar tingkat.
- Sistem struktur gedung memiliki nberat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau dibawahnya. Berat atap atau rumah atap tidak perlu memenuhi ketentuan ini.
- Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
- Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Walaupun ada lantai tingkat dengan lubang atau bukaan seperti itu, jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya.

Struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan-ketentuan di atas, ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan. Sehingga tidak bisa dianalisis dengan menggunakan metode statik ekuivalen.

2.6 Analisis Penampang Komponen Baja

2.6.1 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur.

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin.

Persyaratan disain kolom dalam spesifikasi LRFD dapat dinyatakan sebagai:

$$a. N_u \leq \phi N_n \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

N_u = Gaya tekan terfaktor.

ϕ = Faktor reduksi kekuatan, 0.85 (SNI Tabel 6.4-2).

N_n = Kuat tekan nominal komponen struktur.

(SNI butir 7.6.2 dan (9.2).

b. Perbandingan Kelangsingan

1) Kelangsingan elemen penampang $\lambda_{elemen} < \lambda_r$.

2) Kelangsingan komponen struktur tekan , $\lambda_{batang} = \frac{L_k}{r} < 200$

Dengan, λ_{elemen} = Kelangsingan elemen batas (SNI, Tabel 7.5-1).

λ_r = Kelangsingan batas (kritis).

λ_{batang} = Kelangsingan batang desak.

L = Panjang kritis/ Skematis batang.

Jika $\lambda_{elemen} = \frac{b}{t} < \lambda_r$ (Kompak) maka berlaku :

$$N_n = A_g \cdot f_{cr}$$

$$= A_g \cdot \left(\frac{f_y}{\omega}\right) \dots \dots \dots (2.10)$$

Nilai ω (koefisien tekuk) diambil sebesar 3 kemungkinan :

- 1) Untuk $\lambda_c \leq 0,25$ maka $\omega = 1,0$
- 2) Untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$
- 3) Untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{L_k}{r_y} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_y}{E}}\right) \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana,

A_g = Luas tampang bruto/gross, mm².

f_{cr} = Tegangan kritis tampang, Mpa.

f_y = Tegangan leleh baja, Mpa.

r_y = jari-jari girasi komponen struktur terhadap sumbu y-y, mm.

L_k = Panjang tekuk komponen struktur tersusun pada arah tegak lurus sumbu, mm.

c. Komponen struktur tekan yang elemen penampang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebal lebih besar daripada nilai λ_r yang ditentukan dalam Tabel 1 (SNI, Tabel 7.5-1) harus direncanakan dengan analisis rasional yang dapat diterima.

Tabel 2.3 Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal Untuk Elemen Tertekan (f_y dinyatakan dalam Mpa)

Jenis Elemen	Perbandingan terhadap tebal (λ)	Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal	
		λ_p (kompak)	λ_r (kompak)
Pelat sayap balok-I dan kanal dalam lentur	b/t	$170/\sqrt{f_y}$ [c]	$370/\sqrt{f_y - f_y}$ [c]
Pelat sayap balok-I hibrida atau balok tersusun yang di las dalam lentur	b/t	-	$\frac{420}{\sqrt{f_{xf} - f_r/kc}}$ [c][f]



Pelat sayap dari komponen-komponen struktur tersusun dalam tekan	b/t	-	$290 / \sqrt{f_y/k_c}$ [f]
Sayap bebas dari profil siku kembar yang menyatu pada sayap lainnya, pelat sayap dari komponen struktur kanal dalam aksial tekan, profil siku dan plat yang menyatu dengan balok atau komponen struktur tekan	b/t	-	$250/\sqrt{f_y}$
Sayap dari profil siku tunggal pada penyokong, sayap dari profil siku ganda dengan pelat kopel pada penyokong, elemen yang tidak diperkaku, yaitu, yang ditumpu pada salah satu sisinya	b/t	-	$200/\sqrt{f_y}$
Pelat badan dari profil T	b/t	-	$335/\sqrt{f_y}$

2.6.2 Balok

Balok adalah bagian dari structural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu ring balok juga berfungsi sebag pengikat kolom-kolom agar apabila terjadi pergerakan kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisinya semula. Ring balok dibuat dari bahan yang sama dengan kolomnya sehingga hubungan ring balok dengan kolom.

2.6.2.1 Hubungan Antara Pengaruh Beban Luar.

Untuk sumbu kuat (sb x) harus memenuhi $M_{ux} \leq \phi M_{nx}$.

Untuk sumbu lemah (sb y) harus memenuhi $M_{uy} \leq \phi M_{ny}$.

- M_{ux}, M_{uy} = Momen lentur terfaktor arah sumbu x dan y menurut butir 7.4, N.mm.
- M_{ny} = Kuat nominal dari momen lentur memotong arah y menurut butir 7.4, N.mm.
- ϕ = Faktor reduksi (0,9).
- M_{nx} = Kuat nominal dari momen lentur penampang. M_n diambil nilai yang lebih kecil dari kuat nominal penampang, untuk momen lentur terhadap sumbu x yang ditentukan oleh butir 8.2, atau kuat nominal komponen struktur untuk momen lentur terhadap sumbu x yang ditentukan oleh 8.3 pada balok baja, atau butir 8.4 khusus untuk balok pelat berdingding penuh, N-mm.

2.6.2.2 Tegangan Lentur dan Momen Plastis.

Distribusi tegangan pada sebuah penampang akibat momen lentur, diperlihatkan dalam gambar 3. Pada daerah beban layan, penampang masih elastik (gambar 3.1), kondisi elastik berlangsung hingga tegangan pada serat terluar mencapai kuat lelehnya (f_y). Setelah mencapai tegangan leleh (ϵ_y), tegangan akan terus naik tanpa diikuti kenaikan tegangan.

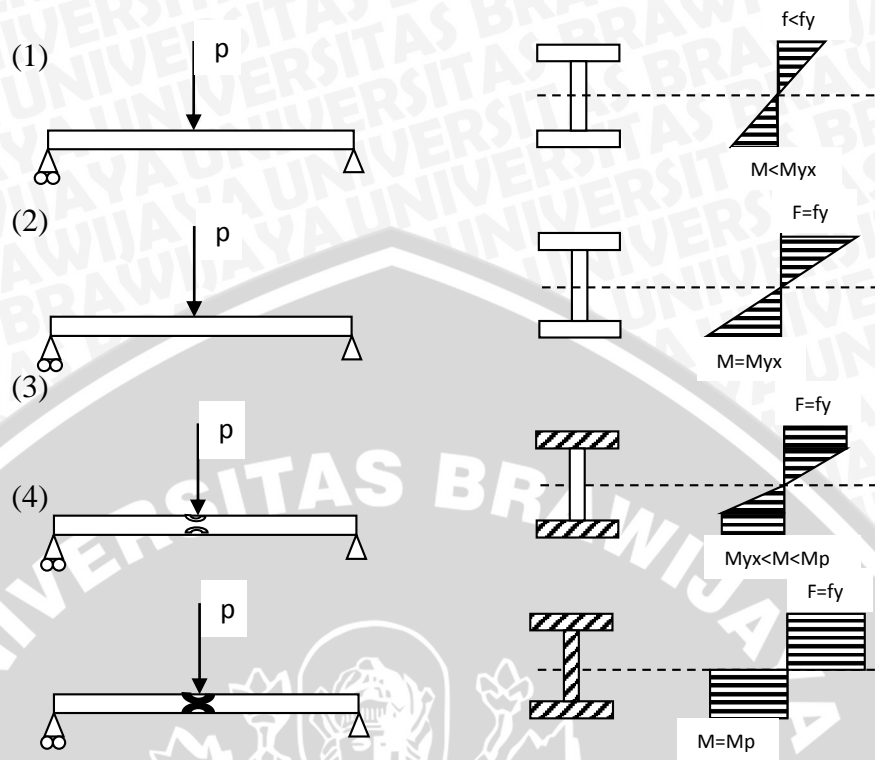
Ketika kuat leleh tercapai pada serat terluar (gambar 3.2), tahanan momen nominal sama dengan momen leleh M_{yx} , dan besarnya adalah :

$$M_{ny} = M_{yx} = S_x \cdot f_y \quad \text{.....(2.12)}$$

Dan pada saat kondisi pada gambar 3.4 tercapai, semua serat dalam penampang melampaui regangan lelehnya, dan dinamakan kondisi plastis. Tahanan momen nominal dalam kondisi ini dinamakan momen plastis M_p , dan besarnya :

$$M_p = f_y \cdot Z \quad \text{.....(2.13)}$$

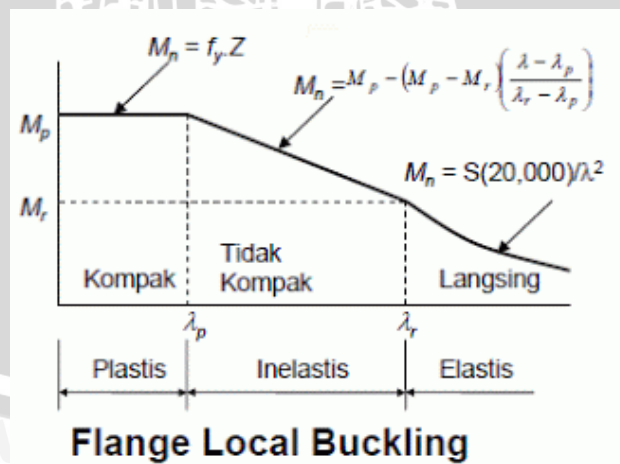




Gambar 2.3 Mekanisme Struktur Baja Luluh.

2.7 Kontrol Penampang

2.7.1 Tekuk Lokal Sayap (Flange Local Buckling)



Gambar 2.4 Grafik Batas Tekuk Lokal Sayap

Kelangsingan dari sayap untuk penampang I adalah

$$\lambda = \frac{b}{t_f} = \frac{b_f}{2t_f} \dots\dots\dots(2.14)$$

Terlihat pada gambar diatas, terdapat 3 zona dengan 3 tipe penampang yang terkait : plastis (penampang kompak), inelastis (penampang tidak kompak) dan elastis (penampang langsing).

Untuk penampang I, batas antara kompak dan nonkompak adalah:

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \Rightarrow f_y = \text{Mpa}$$

$$\lambda_p = \frac{65}{\sqrt{f_y}} \Rightarrow f_y = \text{ksi}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1)

Dan batas antara non kompak dan balok langsing adalah:

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \Rightarrow f_y = \text{Mpa}$$

$$\lambda_r = \frac{141}{\sqrt{f_y - f_r}} \Rightarrow f_y = \text{ksi}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1)

dimana : f_r = tegangan tekan residual rata-rata pada pelat sayap = 70 Mpa (10 ksi)
 untuk penampang di rol = 115 Mpa (16.5 ksi) untuk penampang di las Untuk memberikan kontrol tambahan pada penampang nonkompak di daerah gempa, direkomendasikan untuk λ_p direduksi menjadi $\lambda_p = 52/\sqrt{f_y}$

Didalam zona plastis, momen nominal adalah :

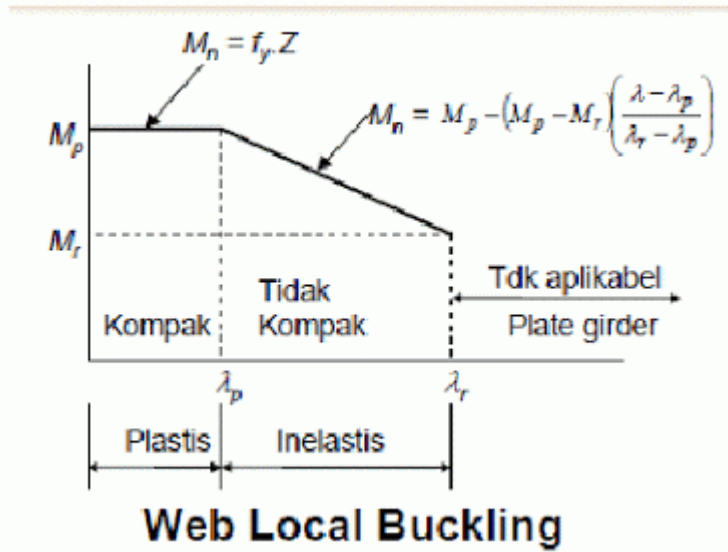
$$M_n = M_p = f_y Z \dots\dots\dots(2.15)$$

Di batas antara zona nonkompak dan langsing, momen adalah:

$$M_r = S (f_y - f_r) \dots\dots\dots(2.16)$$



2.7.2 Tekuk Lokal Badan (Web Local Buckling)



Gambar 2.5 Grafik Batas Tekuk Lokal Badan

Untuk penampang I, batas dari plastis (penampang kompak):

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad \rightarrow \quad f_y = \text{Mpa} \quad (\text{SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1})$$

$$\lambda_p = \frac{640}{\sqrt{f_y}} \quad \rightarrow \quad f_y = \text{ksi}$$

dan batas untuk daerah inelastis (penampang non kompak):

$$\lambda_p = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \quad \rightarrow \quad f_y = \text{Mpa} \quad (\text{SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1})$$

$$\lambda_p = \frac{970}{\sqrt{f_y}} \quad \rightarrow \quad f_y = \text{ksi}$$

Di batas antara inelastis dan perilaku elastis, momen nominal adalah:

$$M_n = M_r = S \cdot f_y \dots \dots \dots (2.17)$$

Baik untuk tekuk sayap maupun tekuk badan, hubungan antara λ dan M_n dalam daerah inelastis adalah linear, sehingga M_n dapat secara mudah dikalkulasi sebagai berikut:



$$\Delta p < \lambda < \lambda_r$$

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \dots\dots\dots(2.18)$$

2.8 Persamaan Interaksi Balok Kolom

Dalam perencanaan komponen struktur balok-kolom, diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 11.3 yang menyatakan bahwa suatu komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan sebagai berikut :

Untuk $\frac{N_u}{\phi N_n} < 0,2$ maka $\frac{N_u}{2\phi N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \dots\dots\dots(2.19)$

Untuk $\frac{N_u}{\phi N_n} \geq 0,2$ maka $\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \dots\dots\dots(2.20)$

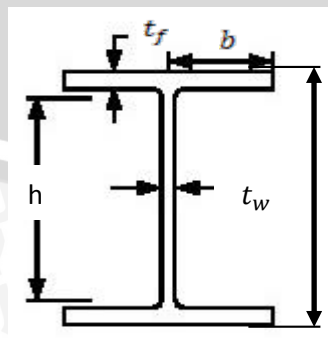
Dengan,

- N_u = gaya tekan aksial terfaktor, N.
- ϕN_n = kuat nominal penampang, N.
- ϕ = faktor reduksi tahanan tekan (0,85).
- M_{ux}, M_{uy} = momen lentur terfaktor sumbu x, sumbu y.
- M_{nx}, M_{ny} = momen nominal untuk lentur sumbu x, sumbu y.
- ϕ_b = faktor reduksi tahanan lentur = 0,9.

2.9 Tekuk Lokal Web Pada Komponen Struktur Balok-Kolom

Untuk menentukan tahanan lentur rencana dari suatu profil, maka terlebih dahulu harus diperiksa kekompakan dari penampang tersebut. Syarat kelangsingan badan atau kekompakan badan sebagai berikut :

Nilai banding $\frac{h}{t_w}$, Akan lebih kritis jika $h = H - (2.C_x)$



Gambar 2.6 Profil Wide Flange.



Kelangsingan dari web dapat dikategorikan menjadi tiga bagian :

- 1) Jika $\lambda \leq \lambda_p$, maka penampang kompak
- 2) Jika $\lambda < \lambda \leq \lambda_r$, maka penampang tak kompak
- 3) Jika $\lambda > \lambda_r$, maka penampang lancing

Table 7.5.1 SNI 03-1729-2002 memberikan batasan nilai untuk λ_p dan λ_r sebagai berikut :

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi_b \cdot N_y} < 0,125, \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \left[1 - \frac{2,75 \cdot N_u}{\phi_b \cdot N_y} \right] \dots\dots\dots(2.21-1)$$

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi_b \cdot N_y} > 0,125, \lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left[2,33 - \frac{N_u}{\phi_b \cdot N_y} \right] > \frac{665}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots(2.22-2)$$

$$\text{Untuk semua nilai, } \lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \left[1 - \frac{0,74 \cdot N_u}{\phi_b \cdot N_y} \right] \dots\dots\dots(2.23-3)$$

Dengan $N_y = A_g \cdot f_y$ adalah gaya aksial yang diperlukan untuk mencapai kondisi batas leleh.



BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan gambar dari tim teknis proyek Gambar rencana berguna sebagai acuan untuk merencanakan gedung dalam skripsi ini.

3.2 Data Perencanaan

3.2.1 Data umum gedung

Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang merupakan gedung perkuliahan. Data-data lain mengenai gedung adalah sebagai berikut

Nama Gedung : Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang

Lokasi : Jalan Veteran Malang

Fungsi : lantai 1 sebagai pusat layanan mahasiswa serta ruang kelas, lantai 2 sampai 4 sebagai ruang kelas perkuliahan sampai, lantai 5 sebagai laboratorium komputasi serta perpustakaan, lantai 6 sampai 7 sebagai ruang staff pengajar serta karyawan, dan lantai 8 dibangun ruang kaca Laboratorium Biologi serta rumah kaca Aqua Culture.

Tanggal Mulai Proyek : 21 Juni 2013

Biaya : Rp. 14.399.089.600,00

3.2.2 Data Teknis Gedung

Struktur Gedung : lantai 1 sampai 8 menggunakan struktur beton bertulang, sedangkan atap menggunakan struktur baja.

Jumlah Lantai : 8 lantai

Tinggi Bngunan : $\pm 32,4$ m

Tinggi Tiap Lantai : 4,5 m

Profil baja yang digunakan pada balok dan kolom adalah profil WF. Adapun mutu bahan untuk konstruksi beton bertulang yang digunakan pada Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang adalah sebagai berikut:

- Mutu Beton : K-350
- Mutu baja menggunakan tulangan BJTD 503.3

Prosedur

3.3 Prosedur Perencanaan

Secara garis besar langkah-langkah perencanaan struktur pada Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang meliputi hal-hal sebagai berikut:

3.3.1 Analisis pembebanan

Pembebanan yang diperhitungkan pada perencanaan pada Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang secara garis besar adalah sebagai berikut:

- Beban Mati
- Beban Hidup
- Beban Angin
- Beban Gempa

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas, maka beton bertulang Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan berikut ini:

- $U = 1,4 D$
- $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$
- $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R)$
- $U = 0,9 D \pm 1,6 W$
- $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan:

- D : beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen
- L : beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung
- A : beban atap
- R : beban hidup
- W : beban angin
- E : beban gempa

3.3.2 Analisis statika

Dalam perencanaan Skripsi ini digunakan analisis statis ekuivalen untuk menghitung gaya pada struktur akibat gaya gempa. Adapun cara menganalisisnya yaitu dengan menggunakan aplikasi analisis struktur STAAD,Pro V8i. penggunaan aplikasi analisis struktur STAAD,Pro V8i bertujuan untuk mendapatkan besarnya gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur (momen, gaya aksial, dan gaya geser). Sedangkan pada system strukturnya dianalisis menggunakan Sistem Rangka

Pemikul Momen Momen Menengah (SRPMM) karena wilayah malang berada di wilayah gempa 4.

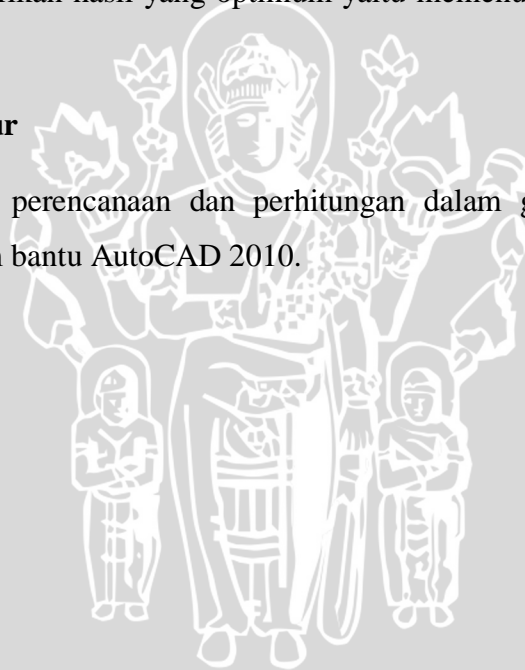
3.3.3 Desain Penampang

Prinsip dasar yang digunakan untuk mendesain penampang pada Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang adalah dengan menggunakan konsep LRFD.

Detail penampang yang akan digunakan pada balok serta kolom adalah profil WF. Setelah dilakukan pemilihan dimensi awal dan ukuran elemen struktur sesuai dengan penetapan beban kerja dilakukan analisa struktur agar didapat gaya-gaya serta perpindahan elemen. Evaluasi apakah dimensi serta ukuran elemen struktur sudah memberikan hasil yang optimum yaitu memenuhi syarat kekuatan serta kelayanan.

3.3.4 Gambar struktur

Penggambaran dalam perencanaan dan perhitungan dalam gambar teknik ini menggunakan program bantu AutoCAD 2010.



3.3.5 Diagram alur perencanaan



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

4.1.1 Dimensi pelat

Sistem lantai yang digunakan adalah sistem diafragma (kaku).Tebal pelat yang digunakan pada perencanaan gedung ini adalah 13 cm sesuai dengan keadaan existing gedung tersebut.

4.1.2 Dimensi balok

Pada perencanaan ini dimensi balok didasarkan pada bentang balok dan besar gaya dalam yang ditahan balok tersebut, adapun macam-macam dimensi yang digunakan dalam perencanaan sebagai berikut (tabel AISC edisi ke-13)

- Profil WF 18x192 (B1)
- Profil WF 18x243 (B2)
- Profil WF 30x292 (B3)

Untuk mempermudah perencanaan dapat dilihat denah pembalokan pada

Lampiran 2.

4.1.3 Dimensi kolom

Pada perencanaan ini dimensi kolom harus memiliki inersia yang lebih besar dari balok, sehingga dimensi kolom direncanakan sebagai berikut (tabel AISC edisi ke-13)

- Kolom portal tengah lantai 1 sampai 7 digunakan profil WF 33x318 (K1)
- Kolom tepi digunakan profil WF 30x292 (K2)

Untuk mempermudah perencanaan, dapat dilihat di denah kolom pada **Lampiran**

1.

4.2 Data Pembebanan

4.2.1 Beban mati

Sesuai dengan peraturan pembebanan Beton Bertulang Indonesia untuk Gedung Tahun 1983 (PPIUG 1983), beban mati diatur sebagai berikut:

Berat isi beton	= 2400 kg/m ³
Berat spesi per cm tebal	= 21 kg/m ³
Berat keramik	= 24 kg/m ³
Berat pasangan bara merah ½ batu 15 cm	= 250 kg/m ³
Berat eternity + penggantung langit-langit	= 18 kg/m ³

4.2.2 Beban hidup

Sesuai dengan peraturan pembebanan Beton Bertulang Indonesia untuk Gedung Tahun 1983 (PPIUG 1983), beban mati diatur sebagai berikut:

Ruang kuliah dan kantor	= 250 kg/m ³
Ruang pertemuan dan rapat	= 400 kg/m ³
Ruang alat-alat mesin dan gedung	= 400 kg/m ³
Tangga dan lorong kuliah	= 300 kg/m ³
Tangga dan lorong ruang pertemuan	= 500 kg/m ³

4.2.3 Pembebanan pelat

Direncanakan:

Tebal pelat lantai	= 13 cm
Tebal pelat atap	= 10 cm
Tebal spesi	= 3 cm
Tebal keramik	= 1 cm
Beban hidup pelat lantai (beban guna)	= 250 kg/m ²

Beban hidup pelat atap = 100 kg/m²

Beban mati pelat lantai

a. Beban mati pelat lantai dan pelat atap

Berat sendiri = -1 x selfweight pelat

Berat spesi = 3 x 21 = 63 kg/m²

Berat keramik = 1 x 24 = 24 kg/m²

Berat plafond = 11 kg/m²

Berat instalasi = 25 kg/m²

Total berat = 123 kg/m²

b. Beban dinding = 250 . 4,5 = 1125 kg/m

c. Beban guna

Diambil beban hidup dari komponen beban hidup yang ada yaitu sebesar 250 kg/m²

d. Beban pelat atap

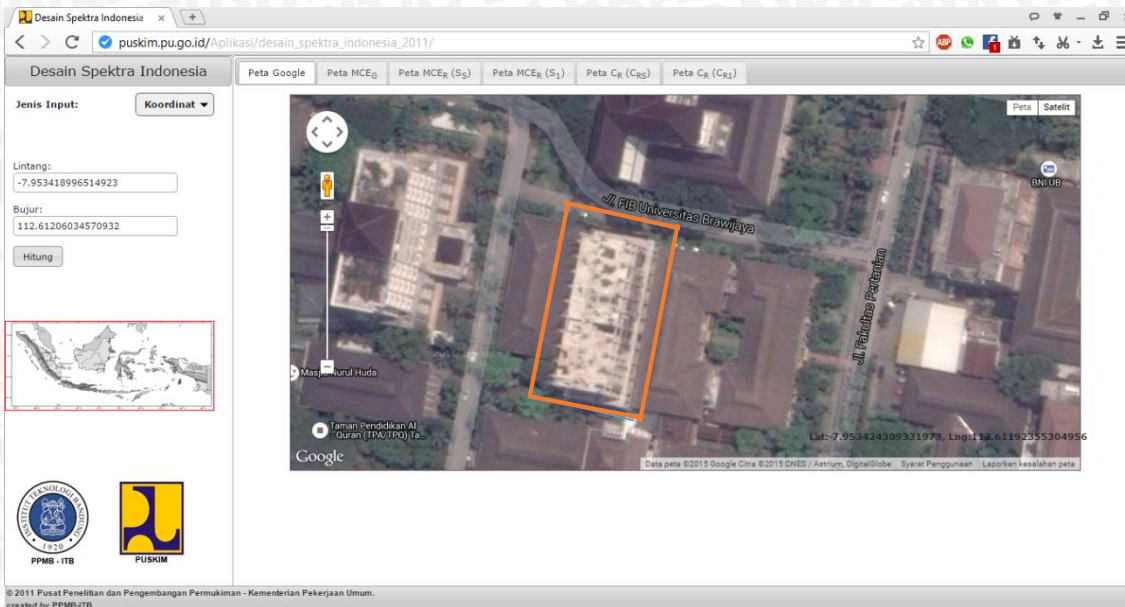
Diambil beban hidup dari komponen beban hidup yang ada yaitu sebesar 100 kg/m²

4.2.4 Pembebanan atap baja

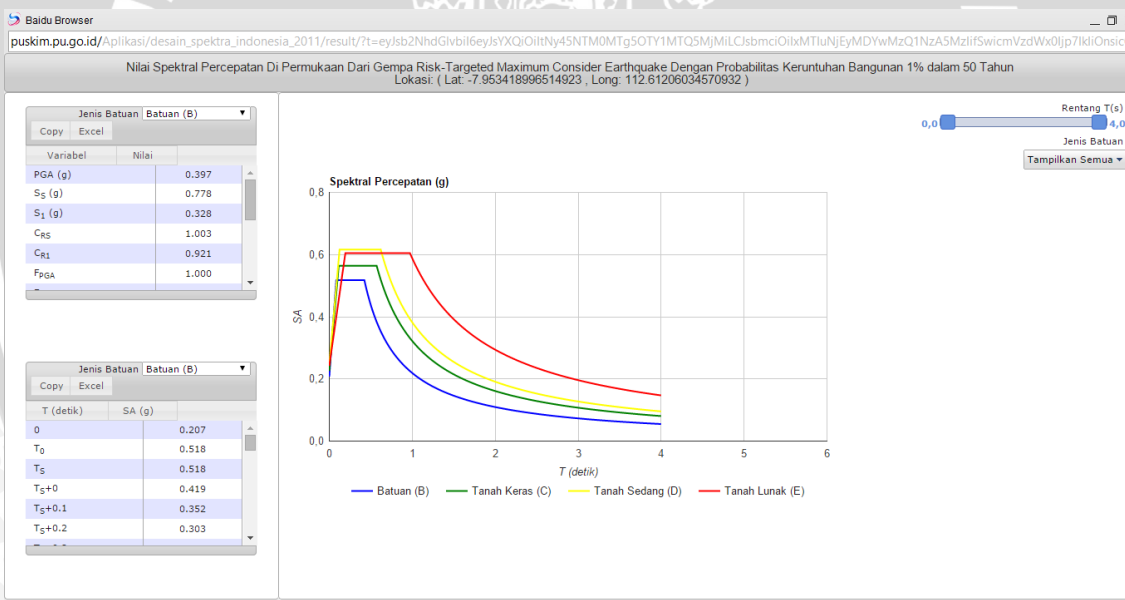
Desain atap Gedung MIPA Center Fakultas Matematika dan Ilmu Pngetahuan Alam Universitas Brawijaya merupakan rangka baja. Pada perencanaan skripsi ini, baban atap yang akan diterima oleh portal digunakan nilai asumsi untuk tumpuan sendi rol yaitu 4000 kg

4.3 Analisis Beban Gempa

Pada perhitungan beban gempa pada gedung MIPA Center (Tahap I) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang, perhitungan spektrum repons desain menggunakan program yang telah disediakan PU: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/. Dengan cara memasukkan jenis input kordinat tempat yang akan ditinjau.



Gambar 4.1 Lokasi gedung MIPA Center



Gambar 4.2 Respon spectral percepatan di permukaan

Maka akan diperoleh nilai S_s dan S₁

$$S_s = 0,778 \quad S_1 = 0,328$$

Mencari nilai Fa



Tabel 4.1 Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) S_s

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan pada Perioda Pendek, $T=0,2$ Detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Interpolasi

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1$$

Interpolasi Linear

 $S_s =$

0,778

 $F_a = 1,089$ Mencari nilai F_v

SC	X	0.75	1
	Y	1.1	1

Tabel 4.2 Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) S_1

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan pada Periode 1Detik, S_1				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Interpolasi Linear

$S_1 =$

0,328

$F_v = 1,472$

SC	X	0.3	0.4
	Y	1.5	1.4

- a. Mencari parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{ms}) dan periode 1 detik (S_{m1}), dengan asumsi nilai F_s dan F_v diambil dari kelas situs SC.

$$\begin{aligned} S_{ms} &= F_a \cdot S_s \\ &= 1,089 \cdot 0,778 = 0,847 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{m1} &= F_v \cdot S_1 \\ &= 1,472 \cdot 0,328 = 0,483 \end{aligned}$$

- b. Menghitung parameter percepatan spektrum desain untuk periode pendek, S_{ds} dan periode 1 detik (S_{d1}).

$$S_{ds} = 2/3 \cdot S_{ms} = 2/3 \cdot 0,847 = 0,565$$

$$S_{d1} = 2/3 \cdot S_{m1} = 2/3 \cdot 0,483 = 0,322$$

- c. Menentukan periode fundamental pendekatan (T_a)

Dalam SNI 1726-2012, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan, T_a , dalam detik, dari persamaan berikut, untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa untuk Sistem Rangka Pemikul Momen secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m:

$$T_a = 0,1N = 0,1 \times 8 = 0,8$$

Keterangan: N = jumlah tingkat

- d. Membuat spectrum respon desain

- 1) Untuk membuat periode yang lebih kecil dari T_0 , nilai S_a menggunakan persamaan berikut :

$$S_a = S_{ds} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) = 0,565 \left(0,4 + 0,6 \frac{0,8}{0,114} \right) = 2,605$$

- 2) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum repons percepatan desain S_a sama dengan S_{ds}

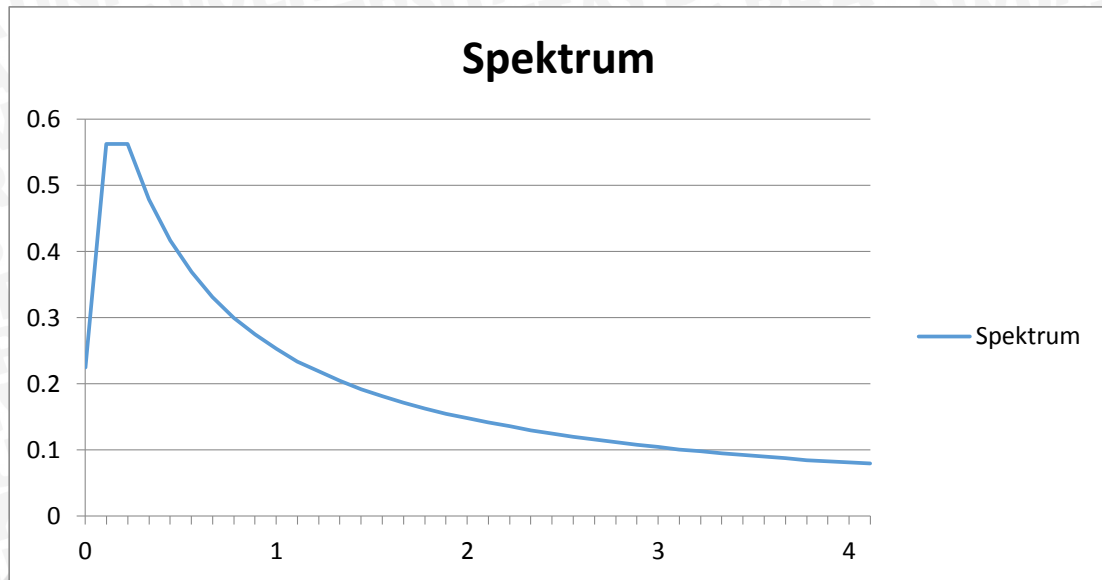
- 3) Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a diambil menggunakan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{d1}}{T} = \frac{0,322}{0,8} = 0,403$$

$$T_s = \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = \frac{0,322}{0,565} = 0,570$$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = 0,2 \frac{0,322}{0,565} = 0,114$$

Spektrum respons desain



Gambar 4.3 Respon spectrum desain

e. Menentukan Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik dievaluasi berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek dan 1 detik, yaitu dari nilai S_{DS} dan S_{D1} .

Tabel 4.3 Parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	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 4.4 Parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	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

Untuk nilai $S_{DS} = 0,565$ dan $S_{D1} = 0,322$ maka dari tabel di atas, didapatkan kategori desain seismic D. Dalam hal ini, system struktur yang dipakai untuk kategori desain seismic D adalah Rangka Baja dan Beton Komposit Pemikul Momen Khusus.

Tabel 4.5 Tingkat resiko kegempaan

Code/ Peraturan	Tingkat Resiko Kegempaan (SNI 2847-2013)		
	Rendah	Menengah	Tinggi
SNI 1726-2012	KDS	KDS	KDS
	A,B	C	D,E,F
	SRPMB/M/K	SRPMM/K	SRPMK
	SDSB/K	SDSB/K	SDSK

- f. Menghitung koefisien respon seismic (C_s)

Koefisien respons seismik, C_s harus dengan persamaan :

$$C_{s(\text{hitungan})} = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,565}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,106$$

Keterangan

I_e : 1,5 (faktor keutamaan gempa untuk kategori resiko II)

R : 8 (koefisien modifikasi respons untuk rangka pemikul momen khusus beton bertulang, SNI 1726-2012 Pasal 7.2.2)

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan diatas tidak boleh melebihi:

$$C_{s(maxs)} = \frac{S_1}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,328}{0,8 \left(\frac{8}{1,5} \right)} = 0,077$$

Nilai C_s yang dihitung juga tidak kurang dari :

$$\begin{aligned} C_{s(min)} &= 0,044 \cdot S_{ds} \cdot I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,565 \cdot 1,5 \geq 0,01 \\ &= 0,0373 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Jadi, nilai C_s yang diambil adalah nilai C_s maks karena :

C_s hitungan $\geq C_s(maxs)$

$0,106 \geq 0,077$, maka C_s maks yang digunakan : 0,077

4.4 Kombinasi Pembebanan

Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan.

Kombinasi pembebanan pokok yang diperhitungkan adalah sebagai berikut:

- a. Bila kuat perlu U untuk menahan beban mati D , dan beban hidup L , dan juga beban atap L_r atau beban hujan R , paling tidak harus sama dengan:

$$U = 1.4 D$$

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

- b. Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W , maka harus dipertimbangkan dalam perencanaan. Pengaruh kombinasi D , L , dan W yang akan dihitung menentukan nilai U yang terbesar, yaitu:

$$U = 1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L_r \text{ atau } 0,5 W)$$

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

$$U = 0,9 D + 1,0 W$$

- c. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E , maka harus dipertimbangkan dalam perencanaan. Pengaruh kombinasi D , L , dan E yang akan dihitung menentukan nilai U yang terbesar, yaitu:

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

$$U = 1,2 D + 1,0 E2 + 1,0 L$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E1$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E1$$

Keterangan :

E1 : gempa arah utara – selatan dan barat – timur

E2 : gempa arah selatan – utara dan timur – barat

Faktor beban untuk L boleh direduksi menjadi $0,5 L$ kecuali untuk ruangan garasi, ruangan pertemuan, dan semua ruangan dengan beban hidup L -nya lebih besar dari pada 500 kg/m

4.5 Input Data STAAD Pro 2008 v8i

Input data merupakan sekumpulan perintah dan data yang akan digunakan dalam memodelkan dan menganalisis model struktur. Berikut penjelasan singkatnya:

a. *Geometry*

Memuat informasi tentang letak koordinat titik-titik pada struktur dalam sumbu x , y dan z .

b. *General → Property*

Memuat informasi tentang data-data dari elemen struktur batang tiga dimensi pada struktur yang dianalisis melalui *property*, dan momen inersia dari setiap elemen.

c. *General → Load*

Memuat informasi tentang data-data dari elemen batang tiga dimensi pada struktur yang dianalisis meliputi beban yang bekerja pada elemen. Beban yang bekerja dari analisis struktur yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

Beban mati : *Selfweight Y -1*

Floor with Y range

Beban hidup : *Floor with Y range*

Beban gempa : Beban lateral

Beban atap : *Joint load* Beban atap

Beban angin : *Wind definition*

d. *General* → *Load Combination*

Memuat informasi mengenai kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisis struktur utama.

e. *General* → *Support*

Memuat informasi mengenai perletakan tumpuan pada struktur yang akan dianalisis.

f. *Analyze* → *Run Analyze*

Memuat informasi untuk mendapatkan hasil dari data input yang telah dimasukkan.

4.6 Perencanaan Balok

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan program aplikasi analisis struktur, maka diperoleh gaya-gaya dalam. Pada perencanaan balok ini, digunakan momen dan gaya lintang. Selanjutnya dilakukan analisis pada balok berdasarkan SNI 03-1729-2002. Contoh perhitungan dilakukan pada balok B1 yang menggunakan profil WF 18x192

Data-data profil WF 18x192:

$$b_f = 292,1 \text{ mm}$$

$$t_f = 44,45 \text{ mm}$$

$$t_w = 24,384 \text{ mm}$$

$$r_y = 70,866 \text{ mm}$$

$$f_y = 253,1 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 400 \text{ Mpa}$$

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

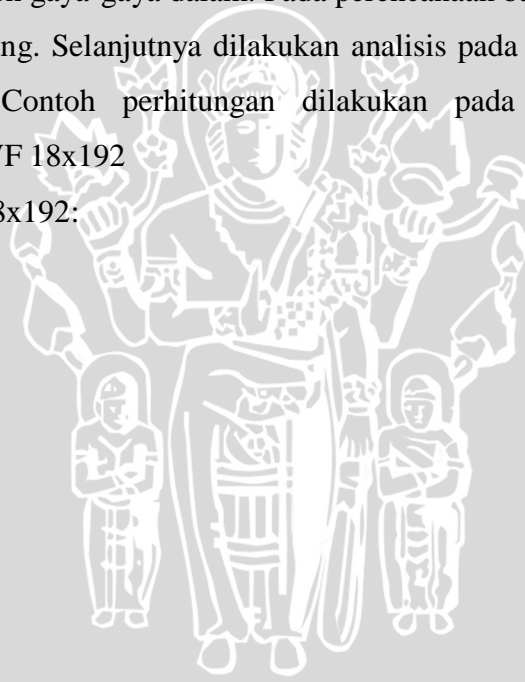
$$t_s = 130 \text{ mm}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$d = 518,16 \text{ mm}$$

$$h = 407,213 \text{ mm}$$

$$A_s = 36387,024 \text{ mm}^2$$



$$Z_x = 7243082,288 \text{ mm}^3$$

a. Cek kelangsingan penampang profil WF 18x192

Tekuk lokal sayap

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{253,1}} = 10,686$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{292,1}{2.44,45} = 3,286$$

$$\lambda < \lambda_p$$

Maka sayap kompak

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{253,1}} = 105,6$$

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{407,213}{24,384} = 16,7$$

$$\lambda < \lambda_p$$

Maka badan kompak

Selanjutnya untuk profil lainnya digunakan cara yang sama untuk memperoleh hasil kelangsingan profil balok

Tabel 4.6 Rekapitulasi kelangsingan profil balok

Balok	Profil	$\frac{bf}{2tf}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{h}{tw}$	$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	Penampang
B1	WF 18x192	3,286	10,686	16,7	105,6	Kompak
B2	WF 18x234	2,773	10,686	13,8	105,6	Kompak
B3	WF 30x292	4,135	10,686	26,2	105,6	Kompak

b. Pengekang lateral

Jarak antar pengekang lateral pada balok tidak boleh melampaui L_b (SNI 03-1729-2002 pasal 15.8.4)

$$L_b = \frac{25250 \cdot r_y}{f_y}$$

$$L_b = \frac{25250 \cdot 70,866}{253,1}$$

$$= 7069,800 \text{ mm}$$

$$L \leq L_b$$

$$5400 \text{ mm} \leq 6892,422 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama, diperoleh jarak antar pengekang lateral pada balok bentang lain seperti pada tabel berikut

Tabel 4.7 Rekapitulasi jarak antar pengekang lateral pada balok

Balok	Profil	L (mm)	L_b (mm)	Kontrol
B1	WF 18x92	5400	7069,800	Ok
B2	WF 18x234	5400	7221,839	Ok
B3	WF 30x292	9000	9071,644	Ok

c. Kuat lentur

$$M_{u \text{ max}} = 110519,80 \text{ Kgm}$$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 7243082,288 \cdot 253,1$$

$$= 1833224127,093 \text{ Nmm}$$

$$= 183322,413 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \Phi_b \cdot M_n$$

$$98084,314 \text{ Kgm} \leq 0,85 \cdot 183322,413$$

$$98084,314 \text{ Kgm} \leq 1558240,501 \text{ kgm} \quad \text{OK}$$

Dengan cara yang sama maka diperoleh hasil kuat lentur balok pada bentang lain seperti dalam Tabel berikut:

Tabel 4.8 Rekapitulasi kuat lentur balok

Balok	Profil	Mu (Kgm)	Mn (Kgm)	Kontrol
B1	WF 18X192	98084,314	113518,879	ok
B2	WF 18X234	55815,098	155824,051	ok
B3	WF 30X292	140120,620	373695,687	ok

d. Kuat geser

$$a = \frac{b_f - t_w}{2} + t_w$$

$$= \frac{292,1 - 24,384}{2} + 24,384$$

$$= 158,242 \text{ mm}$$

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

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{158,242}{407,213}\right)^2}$$

$$= 38,111$$

Asumsikan:

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E_s}{f_y}}$$

Maka:

$$\frac{407,213}{24,384} \leq 1,10 \sqrt{\frac{38,111 \cdot 200000}{253,1}}$$

$$16,7 \leq 190,891$$

Jadi asumsi benar, sehingga:

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

$$= 0,6 \cdot f_y \cdot ((d - 2t_f)t_w)$$

$$= 0,6 \cdot 253,1 \cdot ((518,16 - 2 \cdot 44,45) \cdot 24,384)$$

$$= 1589530,137 \text{ N}$$

$$= 158953,014 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \Phi_b \cdot V_n$$

$$24240,734 \leq 0,85 \cdot 158953,014$$

$$24240,734 \text{ kg} \leq 135110,062 \text{ kg}$$

Dengan cara yang sama, diperoleh hasil kuat geser balok pada bentang lain seperti dalam tabel berikut:

Tabel 4.9, Rekapitulasi kuat geser balok

Balok	Profil	V_u (kg)	$\Phi_b V_n$ (kg)	Kontrol
B1	WF 18X192	32774,62	135110,062	Ok
B2	WF 18X234	90993,58	163064,786	Ok
B3	WF 30X292	37056,78	2403899,803	Ok

e. Lendutan

Menurut Tabel 6.4-1 SNI 03-1729-2002, batas lendutan untuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas adalah $L/360$, dengan L adalah bentang balok.

Balok WF 18x192

$$\begin{aligned} \text{Panjang bentang (L)} &= 5,4 \text{ m} \\ &= 5400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Lendutan maksimum } (\Delta_{\text{maks}}) = 13,819 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan ijin } (\Delta_{\text{ijin}}) &= \frac{L}{360} \\ &= \frac{5400}{360} \\ &= 15 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\Delta_{\text{maks}} \leq \Delta_{\text{ijin}}$$

$$2,775 \text{ mm} \leq 15 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama, diperoleh lendutan balok pada bentang lain seperti dalam Tabel berikut:

Tabel 4.10, Rekapitulasi lendutan balok

Balok	Δ_{maks} (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Kontrol
Bentang 9 m	2,743	25	Ok
Bentang 5,4 m	13,819	15	Ok
Bentang 4,2 m	4,455	11,667	Ok
Bentang 3,15 m	2,331	8,958	Ok
Bentang 2,7 m	2,606	7,5	Ok
Bentang 2,15 m	1,027	5,972	Ok
Bentang 1,8 m	0,409	5	Ok

4.7 Perencanaan Kolom

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan program aplikasi analisis struktur, maka diperoleh gaya-gaya dalam. Pada perencanaan kolom ini, digunakan momen dan gaya normal. Selanjutnya dilakukan analisis pada kolom berdasarkan SNI 03-1729-2002. Contoh perhitungan dilakukan pada kolom E-4 (K1) lantai 1 yang menggunakan profil WF 33x318.

$$B_f = 406,4 \text{ mm}$$

$$t_f = 48,006 \text{ mm}$$

$$t_w = 26,416 \text{ mm}$$

$$r_y = 94,234 \text{ mm}$$

$$f_y = 253,1 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 400 \text{ MPa}$$

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

$$t_s = \text{mm}$$

$$f_c = \text{Mpa}$$

$$G = 80000 \text{ Mpa}$$

$$r_x = 368,3 \text{ mm}$$

$$d = 894,08 \text{ mm}$$

$$h = 758,1392 \text{ mm}$$

$$A_s = 60386,976 \text{ mm}^2$$

$$Z_x = 20811571,28 \text{ mm}^3$$

$$S_x = 18189641,04 \text{ mm}^3$$

$$I_x = 8116512799 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 536938539 \text{ mm}^4$$

$$s_x = 18189641,04 \text{ mm}^3$$

$$C_w = 9,58673E+13 \text{ mm}^6$$

$$J = 35129932,32 \text{ mm}^4$$

Syarat tebal pada daerah panel (SNI 03-1729-2002 pasal 15.7.3.2)

Tinggi daerah panel (tinggi kotor pelat badan profil balok).

$$d_z = d - (2 \cdot t_f)$$

$$d_z = 812 - (2 \cdot 46,99)$$

$$d_z = 718,820 \text{ mm}$$

lebar daerah panel antara kedua sayap kolom (tinggi kotor pelat badan profil kolom).

$$w_z = d - (2 \cdot t_f)$$

$$w_z = 894,080 - (2 \cdot 48,006)$$

$$w_z = 798,068 \text{ mm}$$

$$t_w \geq \frac{d_z + w_z}{90}$$

$$t_w \geq \frac{718,820 + 798,068}{90}$$

$$t_w \geq 16,854 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama, diperoleh tebal daerah panel pada kolom lain seperti dalam tabel berikut:

Tabel 4.11 Rekapitulasi tebal daerah panel

kolom	profil	T _w	(d _z +w _z)/90)	kontrol
K1	WF 33x318	26.416	16.854	ok
K2	WF 30x292	25.908	12.745	ok

4.7.1 Kuat Rencana

$$N_{u \text{ max}} = 255658,120 \text{ kg}$$

Periksa kelangsingan penampang

Flens

$$\frac{b/2}{t_f} = \frac{388,62/2}{46,99} = 4,135$$

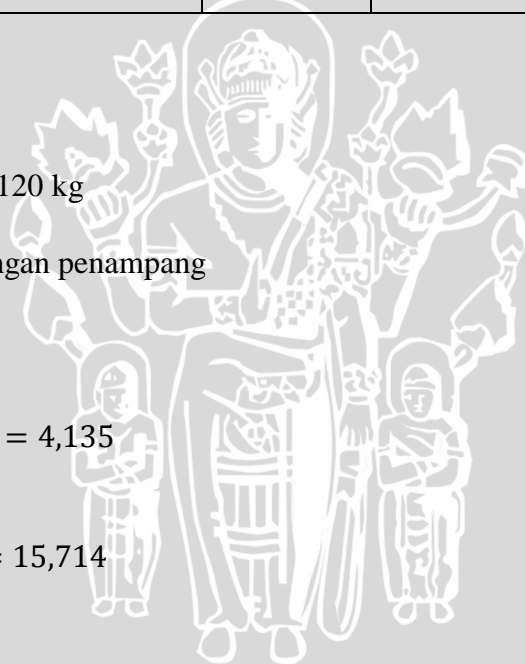
$$\frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{253,1}} = 15,714$$

$$\frac{b/2}{t_f} < \lambda_r$$

Web

$$\frac{h}{t_w} = \frac{678,790}{25,908} = 26,2$$

$$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{253,1}} = 41,8$$



$$\frac{h}{t_w} < \lambda_r$$

Faktor panjang efektif

$$G_A = 1 \text{ (Jepit)}$$

Momen inersia kolom WF 33x318

$$I_x = 8116512799,2 \text{ mm}^4$$

Momen inersia balok WF 18x192

$$I_x = 1610815617,072 \text{ mm}^4$$

Faktor panjang efektif k

$$G_B = \frac{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_{\text{balok}}}$$

$$G_B = \frac{3607339,022}{1193196,753 + 298299,188}$$

$$G_B = 2,42$$

$$k_c = 1,49 \text{ (dari nomogram diagram)}$$

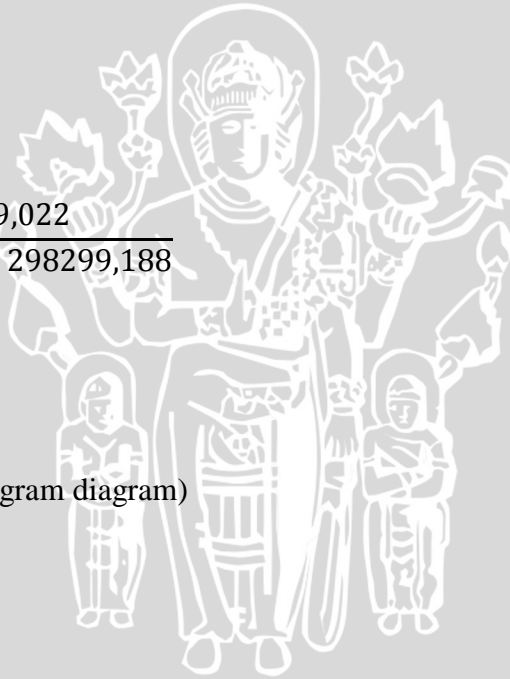
$$\lambda_c = \frac{k_c \cdot L}{r_x \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

$$\lambda_c = \frac{1,49 \cdot 4500}{94,234 \cdot \pi} \sqrt{\frac{253,1}{200000}}$$

$$\lambda_c = 0,806$$

Karena $0,25 < \lambda_c = 0,806 < 1,2$, maka:

$$\omega = \frac{1,4}{1,6 - (0,67 \cdot \lambda_c)}$$



$$\omega = \frac{1,4}{1,6 - (0,67 \cdot 0,806)}$$

$$\omega = 1,321$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

$$f_{cr} = \frac{253,1}{1,321}$$

$$f_{cr} = 191,597 \text{ Mpa}$$

Kuat rencana nominal

$$N_n = A_s \cdot f_{cr}$$

$$N_n = 60386,976 \cdot 191,597$$

$$N_n = 11569963,44 \text{ N}$$

$$N_n = 1156996,344 \text{ kg}$$

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$255658,120 \leq 0,85 \cdot 1156996,344$$

$$255658,120 \text{ kg} \leq 983446,893 \text{ kg}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan hasil kuat rencana kolom pada kolom lain seperti dalam tabel berikut :

Tabel 4.12 Rekapitulasi kuat rencana kolom

Kolom	profil	Nu (kg)	ΦNn (kg)	kontrol
K1	WF 33x318	131945,05	979377,446	ok
K2	WF 30x292	81711,47	854930.818	ok

4.7.2 Hubungan balok-kolom

$$M_1 = 42957,229 \text{ kgm}$$

$$M_A = 84205,606 \text{ kgm}$$

$$M_B = 125453,990 \text{ kgm}$$

$$M_C = 166702,350 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 211433,080 \text{ kgm}$$

Cek kelangsingan penampang profil

$$\frac{N_u}{\phi_b N_y} = \frac{255658,120}{983446,893}$$

$$= 0,2599 > 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda = \frac{758,139}{26,416}$$

$$\lambda = 28,7$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left(2,33 - \frac{N_u}{\phi_b N_y} \right) > \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{253,1}} \left(2,33 - \frac{255658,120}{983446,893} \right) > \frac{665}{\sqrt{253,1}}$$

$$\lambda_p = 65,057 > 41,80$$

$$\lambda < \lambda_p$$

$$28,7 < 65,057$$

Maka penampang kompak

Dengan cara yang sama, didapatkan hasil kelangsingan profil kolom pada kolom yang lain seperti dalam tabel berikut :

Tabel 4.13 Rekapitulasi kelangsingan profil kolom

kolom	profil	$\frac{h}{t_w}$	$\frac{500}{\sqrt{f_y}} \left(2,33 - \frac{N_u}{\phi_b N_y} \right)$	$\frac{665}{\sqrt{f_y}}$	kontrol
K1	WF 33x318	28.700	65.057	41.800	ok
K2	WF 30x292	26.200	68.216	41.800	ok

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{f_y}} \cdot r_y$$

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{253,1}} \cdot 94,234$$

$$L_p = 4679,384 \text{ mm}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$f_L = 253,1 - 70$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E_s \cdot G \cdot J \cdot A}{2}}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{18189641,040} \sqrt{\frac{200000 \cdot 80000 \cdot 35129932,321 \cdot 60386,976}{2}}$$

$$X_1 = 22488,517 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = \frac{4 \cdot C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{G \cdot J} \right)$$

$$X_2 = \frac{4 \cdot 95867304354814,3}{536938539,024} \left(\frac{18189641,040}{80000 \cdot 35129932,321} \right)$$

$$X_2 = 4,622 \text{ mm}^4 / \text{N}^2$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (f_L)^2}}$$

$$L_r = 94,234 \frac{22488,517}{183,1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 4,622 (183,1)^2}}$$

$$L_r = 229927,844 \text{ mm}$$

$$L < L_p$$

$$4500 \text{ mm} < 4679,384 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga } M_n = M_p$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$M_p = 20811571,280 \cdot 253,1$$

$$M_p = 5267408690,968 \text{ Nmm}$$

$$M_p = 526740,869 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_p$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 526740,869$$

$$\phi M_n = 474066,782 \text{ kgm}$$

menentukan perbesaran momen

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = \frac{1,49 \cdot 4500}{368,3}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = 18,205$$

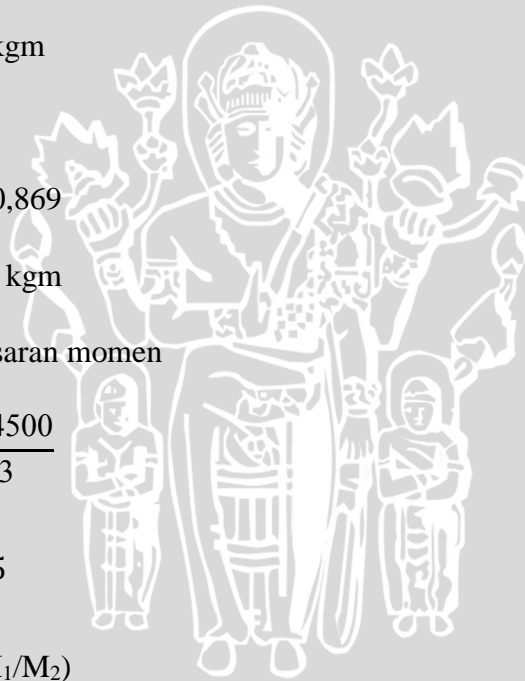
$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot (M_1/M_2)$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot (42957,229/211433,080)$$

$$C_m = 0,519$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot E_s \cdot A_g}{\left(k \cdot \frac{L}{r}\right)^2}$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot 200000 \cdot 60386,976}{(18,205)^2}$$



$$N_{el} = 114425168,1 \text{ N}$$

$$N_{el} = 11442516,81 \text{ kg}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{el}}}$$

$$\delta_b = \frac{0,519}{1 - \frac{255658,12}{11442516,81}}$$

$$\delta_b = 0,520 \leq 1 \text{ (maka diambil 1)}$$

$$M_u = \delta_b \cdot M_{u \text{ maks}}$$

$$M_u = 1 \cdot 211433,080$$

$$M_u = 211433,080 \text{ kgm}$$

Kontrol

$$\frac{N_u}{\phi_b N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_u}{\phi_b M_n} \right) < 1$$

$$\frac{255658,12}{983446,893} + \frac{8}{9} \left(\frac{211433,080}{474066,782} \right) < 1$$

$$0,656 < 1$$

Dengan cara yang sama, diperoleh hasil kombinasi aksial lentur kolom pada kolom yang lain seperti dalam tabel berikut:

Tabel 4.14 Rekapitulasi kombinasi aksial lentur kolom

kolom	profil	M_u	$\frac{N_u}{\phi_b N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_u}{\phi_b M_n} \right)$	kontrol
K1	WF 33x318	211433.080	0.656	ok
K2	WF 30x292	170862.600	0.565	ok

4.8 Perencanaan Pengaku

Pengaku pada struktur diperlukan agar struktur tersebut lebih stabil. Terdapat 2 macam pengaku yang dianalisis, yaitu pengaku tumpuan dan pengaku vertikal. Analisis terhadap pengaku ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1729-2002. Contoh perhitungan dilakukan pada balok BC-4 (B1) lantai 2 menggunakan profil WF 18x143.

4.8.1 Pengaku tumpuan

Dimensi penampang balok yang telah direncanakan sebelumnya, sudah aman terhadap lentur, geser dan lendutan. Tapi, pada penampang balok masih ada kemungkinan terjadi tekuk atau leleh pada badan dan sayap profil baja di daerah tumpuan akibat reaksi balok. Oleh karena itu, perlu direncanakan ada tidaknya pengaku pada balok.

Data balok:

$$V_{u \text{ maks}} = 38101.602 \text{ kg}$$

Lentur pelat sayap

$$R_b = 6,25 \cdot t_f^2 \cdot f_y$$

$$R_b = 6,25 \cdot 33,528 \cdot 253,1$$

$$R_b = 1778228,056 \text{ N}$$

Kuat leleh pelat badan

$$R_b = (5k + N) \cdot f_y \cdot t_w$$

$$R_b = (5 \cdot 43,688 + 43,688) \cdot 253,1 \cdot 18,542$$

$$R_b = 1230161,514 \text{ N}$$

Kuat tekuk dukung pelat badan

$$R_b = 0,8 \cdot t_w^2 \cdot \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E_s \cdot f_y \cdot t_f}{t_w}}$$



$$R_b = 0,8 \cdot 18,542^2 \cdot \left[1 + 3 \left(\frac{43,688}{495,3} \right) \left(\frac{18,542}{33,528} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{200000 \cdot 253,1 \cdot 33,528}{18,542}}$$

$$R_b = 2917787,895 \text{ N}$$

Kuat lentur pelat badan

$$R_b = \frac{24,08 \cdot \sqrt{E_s \cdot f_y}}{h}$$

$$R_b = \frac{24,08 \cdot 18,542^3 \cdot \sqrt{200000 \cdot 253,1}}{407,924}$$

$$R_b = 2677367,737 \text{ N}$$

Sehingga $R_b = 1778228,056 \text{ N}$ (diambil yang terkecil)

$$R_b = 177822,806 \text{ kg}$$

$$R_u \leq \phi_b \cdot R_b$$

$$R_u \leq 0,9 \cdot 177822,806$$

$$38101.602 \text{ kg} \leq 1600405,251 \text{ kg}$$

jadi, penampang balok tidak memerlukan pengaku pada tumpuan.

Dengan cara yang sama, diperoleh hasil kuat tumpu balok pada bentang lain seperti dala Tabel berikut:

Tabel 4.15 Rekapitulasi kuat tumpu balok

Balok	Profil	Vu kg	Vn kg	0.9 Rb (kg)	kontrol
B1	WF 18x143	54221.80	135110.062	281292,532	Ok
B2	WF 18x192	130271,10	163064,786	408928,158	Ok
B3	WF 30x292	52958,60	240389.980	314358.756	ok

4.8.2 Pengaku vertikal

Pengaku vertikal diperlukan jika pelat badan tidak kuat menahan gaya geser yang terjadi akibat beban. Pada analisa kuat geser sebelumnya, semua pelat badan

penampang balok aman terhadap gaya geser yang terjadi. Sehingga, pada balok tidak diperlukan pengaku vertikal.

4.9 Perencanaan Sambungan

Sambungan pada suatu struktur gedung diperlukan untuk menyambung pertemuan balok induk dan balok anak, menyambung pertemuan antara balok dan kolom serta pertemuan antar kolom. Pada skripsi ini, sambungan antara balok baja induk dan balok baja anak serta antara balok baja dan kolom baja menggunakan las, sedangkan sambungan antar kolom menggunakan baut. Analisis terhadap sambungan ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1729-2002.

4.9.1 Sambungan balok bentang 9 meter

Untuk menyambung antar kolom baja digunakan sambungan berupa baut. Contoh perhitungan dilakukan pada kolom E-4 (K1) lantai 1 yang menggunakan profil WF 30x292.

Data-data baut:

Digunakan baut A325

$$\emptyset = 22 \text{ mm}$$

$$A_b = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$f_u^b = 825 \text{ Mpa}$$

Data-data pada kolom

$$f_u = 400 \text{ Mpa}$$

$$f_u \text{ ijin} = 266,7 \text{ Mpa}$$

$$M_{u \text{ maks}} = 167303,51 \text{ kgm}$$

$$V_{u \text{ maks}} = 52958,60 \text{ kg}$$

Tahanan nominal baut (ϕR_{nw})

Geser

$$1 \text{ bidang geser} = 0,75 \cdot 0,4 \cdot f_u^b \cdot A_b$$



$$1 \text{ bidang geser} = 0,75 \cdot 0,4 \cdot 825 \cdot 379,94$$

$$1 \text{ bidang geser} = 94035,15 \text{ N}$$

$$2 \text{ bidang geser} = 2 \cdot 94035,15$$

$$2 \text{ bidang geser} = 188070,3 \text{ N}$$

Tumpu

$$\text{Badan profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot f_{up} \cdot \emptyset \cdot t_w$$

$$\text{Badan profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 400 \cdot 22 \cdot 25,908$$

$$\text{Badan profil} = 410382,720 \text{ N}$$

$$\text{Sayap profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot f_{up} \cdot \emptyset \cdot t_f$$

$$\text{Sayap profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 400 \cdot 22 \cdot 46,990$$

$$\text{Sayap profil} = 744321,600 \text{ N}$$

Baut pada badan

Tinggi pelat penyambung direncanakan 600 mm

Menghitung tebal pelat penyambung

$$I_{\text{pelat penyambung}} \geq I_{\text{badan}}$$

$$2 \cdot 1/12 \cdot t_p \cdot h_p^3 \geq 1/12 \cdot t_w \cdot h^3$$

$$2 \cdot 1/12 \cdot t_p \cdot 600^3 \geq 1/12 \cdot 25,908 \cdot 678,790^3$$

$$t_p \geq 18,757 \text{ mm}$$

$$t_p \approx 20 \text{ mm}$$

Tahanan geser nominal 2 bidang lebih kecil dari pada tahanan tumpu, sehingga tahanan nominal baut ditentukan oleh tahanan geser nominal 2 bidang.

$$n = \frac{R_u V}{\phi R_n w}$$

$$n = \frac{52958,60}{188070,3}$$

$$n = 2,816$$

$$n \approx 4 \text{ buah}$$

Syarat jarak baut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.4)

$$1,5 \varnothing = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$$

$$3 \varnothing = 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm}$$

$$15 \cdot t_w = 15 \cdot 25,908 = 396,240 \text{ mm}$$

$$4 \cdot t_w + 100 = 4 \cdot 25,908 + 100 = 203,632 \text{ mm}$$

Jarak antar baut

$$3 \varnothing < S < 15 \cdot t_w \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$66 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Jarak baut dengan tepi pelat

$$1,5 \varnothing < S < 4 \cdot t_w + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$33 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Baut pada sayap

Tinggi pelat penyambung direncanakan 350 mm

Menghitung tebal pelat penyambung

$$S = \frac{M_u}{d}$$

$$S = \frac{167303,51}{812,800}$$

$$S = 2058360,113 \text{ N}$$

$$A_n = \frac{S}{f_u^{ijin}}$$

$$A_n = \frac{2058360,113}{266,7}$$

$$A_n = 7717,886 \text{ mm}^2$$

$$t_p = \frac{A_n}{h_l}$$

$$t_p = \frac{7717,886}{350}$$

$$t_p = 22,051 \text{ mm}$$

$$t_p \approx 25 \text{ mm}$$

Tahanan geser nominal 1 bidang lebih kecil daripada tahanan tumpu, sehingga tahanan nominal baut ditentukan oleh tahanan geser nominal 1 bidang.

Jumlah baut yang dibutuhkan

$$n = \frac{S}{\phi R_{nw}}$$

$$n = \frac{2058360,113}{94035,150}$$

$$n = 21,889$$

$$n \approx 24 \text{ buah}$$

Syarat jarak baut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.4)

$$1,5 \emptyset = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$$

$$3 \emptyset = 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm}$$

$$15 \cdot t_f = 15 \cdot 46,990 = 704,850 \text{ mm}$$

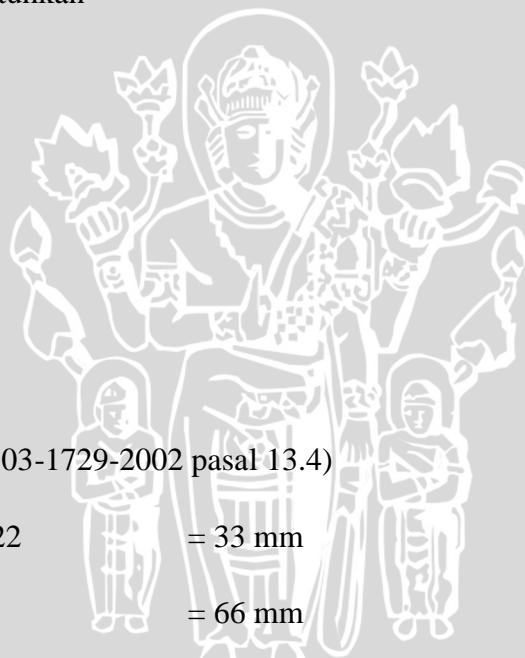
$$4 \cdot t_f + 100 = 4 \cdot 46,990 + 100 = 287,960 \text{ mm}$$

Jarak antar baut

$$3 \emptyset < S < 15 \cdot t_w \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$66 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Jarak baut dengan tepi pelat



$$1,5 \varnothing < S < 4 \cdot t_w + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$33 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Dengan cara yang sama, didapat tebal pelat penyambung dan jumlah baut pada bentang lain seperti pada tabel 4.16 berikut:

Tabel 4.16 Rekapitulasi tebal pelat penyambung dan jumlah baut

kolom	profil	badan		Sayap	
		tp (mm)	n baut	tp (mm)	n baut
B3	WF 30x292	20	4	25	24

4.9.2 Sambungan antara balok induk dan balok anak

Untuk menyambungkan balok anak baja ke balok induk baja digunakan sambungan berupa las. Contoh perhitungan dilakukan pada balok BC-4 (B1) lantai 2 yang menggunakan profil WF 18x143

Data-data las:

Digunakan electrode las E80

$$f_{u w} = 560 \text{ Mpa}$$

Data-data pada balok

$$M_{u \text{ maks}} = 99847,047 \text{ kgm}$$

$$V_{u \text{ maks}} = 38101,602 \text{ kg}$$

Las pada badan

Persyaratan ukuran las

$$a_{\text{maks}} = t_w - 1,6$$

$$a_{\text{maks}} = 18,542 - 1,6$$

$$a_{\text{maks}} = 16,942 \text{ mm}$$

$$a_{\text{min}} = 6 \text{ mm (tabel 13.5-1 SNI 03-1729-2002)}$$

Diambil nilai $a = 10 \text{ mm}$

$$t_e = 0,707 \cdot a$$

$$t_e = 0,707 \cdot 10$$

$$t_e = 7,07 \text{ mm}$$

Gaya akibat geser

$$R_{uV} = V_u$$

$$R_{uV} = 381016,02 \text{ N}$$

Kuat rencana las ukuran 10 mm per mm panjang

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

$$\phi R_{uW} = 0,75 \cdot 7,07 \cdot 0,6 \cdot 560$$

$$\phi R_{uW} = 1781,64 \text{ N/mm}$$

Panjang total las yang dibutuhkan

$$L_w = \frac{R_{uV}}{\phi R_{nW}}$$

$$L_w = \frac{381016,02}{1781,64}$$

$$L_w = 213,857 \text{ mm}$$

$$L_w \approx 215 \text{ mm}$$

Syarat panjang minimum las sudut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.5)

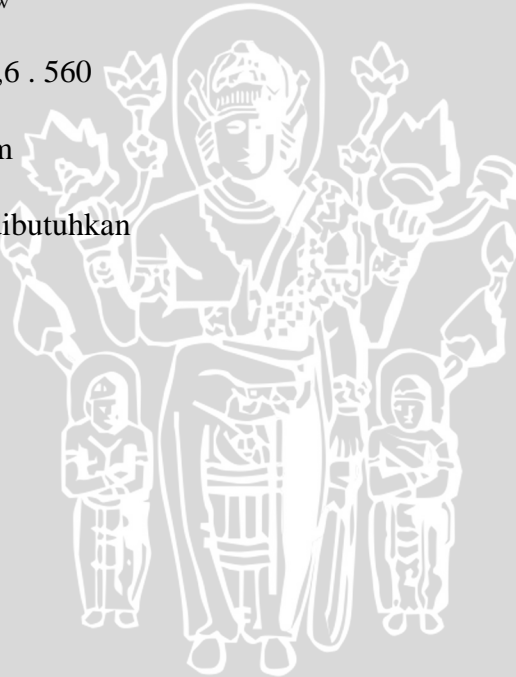
$$L_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 4 \cdot a$$

$$L_{\min} = 4 \cdot 10$$

$$L_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 40 \text{ mm (diambil yang terbesar)}$$



Syarat jarak maksimum antara las sudut yang berdekatan (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.7)

$$L_{\text{maks}} = 300 \text{ mm}$$

$$L_{\text{maks}} = 16 \cdot t_w$$

$$L_{\text{maks}} = 16 \cdot 18,542$$

$$L_{\text{maks}} = 296,672$$

$$L_{\text{maks}} = 295 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Las pada sayap

Persyaratan ukuran las

$$a_{\text{maks}} = t_f - 1,6$$

$$a_{\text{maks}} = 33,528 - 1,6$$

$$a_{\text{maks}} = 31,928 \text{ mm}$$

$$a_{\text{min}} = 6 \text{ mm (tabel 13.5-1 SNI 03-1729-2002)}$$

diambil nilai $a = 20 \text{ mm}$

$$t_e = 0,707 \cdot a$$

$$t_e = 0,707 \cdot 20$$

$$t_e = 14,14 \text{ mm}$$

Gaya akibat geser

$$R_{uM} = M_u / d$$

$$R_{uM} = 998470470 / 495,3$$

$$R_{uM} = 2015890,31 \text{ N}$$

Kuat rencana las ukuran mm per mm panjang

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

$$\phi R_{uw} = 0,75 \cdot 14,14 \cdot 0,6 \cdot 560$$

$$\phi R_{uw} = 3563,280 \text{ N/mm}$$

Panjang total las yang dibutuhkan

$$L_w = \frac{R_{uM}}{\phi R_{nw}}$$

$$L_w = \frac{2015890,309}{3563,280}$$

$$L_w = 565,740 \text{ mm}$$

$$L_w \approx 570 \text{ mm}$$

Syarat panjang minimum las sudut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.5)

$$L_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 4 \cdot a$$

$$L_{\min} = 4 \cdot 20$$

$$L_{\min} = 80 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 80 \text{ mm (diambil yang terbesar)}$$

Syarat jarak maksimum antara las sudut yang berdekatan (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.7)

$$L_{\max} = 300 \text{ mm}$$

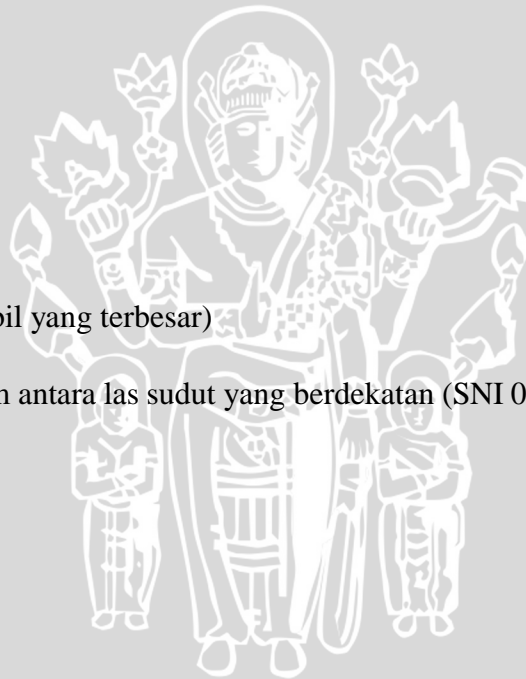
$$L_{\max} = 16 \cdot t_w$$

$$L_{\max} = 16 \cdot 33,528$$

$$L_{\max} = 536,448$$

$$L_{\max} = 300 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan tebal dan panjang las sudut pada balok bentang lain seperti dalam tabel berikut:



Tabel 4.17 Rekapitulasi tebal dan panjang las sudut antara balok induk dan balok anak

balok	profil	badan		Sayap	
		a (mm)	Lw (mm)	a (mm)	Lw (mm)
B1	WF 18x192	10	215	20	570
B2	WF 18x234	20	300	20	780

4.9.3 Sambungan balok – kolom

Untuk menyambungkan balok baja ke kolom baja digunakan sambungan berupa las. Contoh perhitungan dilakukan pada balok BC-4 (B1) lantai 2 yang menggunakan profil WF 18x143

Data-data las:

Digunakan electrode las E80

$$f_{uw} = 560 \text{ Mpa}$$

Data-data pada balok

$$M_{u \text{ maks}} = 99847,047 \text{ kgm}$$

$$V_{u \text{ maks}} = 38101,602 \text{ kg}$$

Las pada badan

Persyaratan ukuran las

$$a_{\text{maks}} = t_w - 1,6$$

$$a_{\text{maks}} = 18,542 - 1,6$$

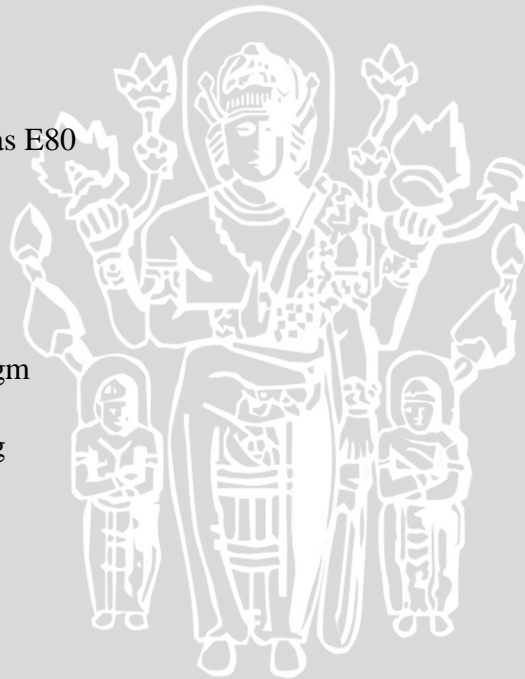
$$a_{\text{maks}} = 16,942 \text{ mm}$$

$$a_{\text{min}} = 6 \text{ mm (tabel 13.5-1 SNI 03-1729-2002)}$$

Diambil nilai $a = 10 \text{ mm}$

$$t_e = 0,707 \cdot a$$

$$t_e = 0,707 \cdot 10$$



$$t_e = 7,07 \text{ mm}$$

Gaya akibat geser

$$R_{uV} = V_u$$

$$R_{uV} = 381016,02 \text{ N}$$

Kuat rencana las ukuran 10 mm per mm panjang

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

$$\phi R_{uw} = 0,75 \cdot 7,07 \cdot 0,6 \cdot 560$$

$$\phi R_{uw} = 1781,64 \text{ N/mm}$$

Panjang total las yang dibutuhkan

$$L_w = \frac{R_{uV}}{\phi R_{nw}}$$

$$L_w = \frac{381016,02}{1781,64}$$

$$L_w = 213,857 \text{ mm}$$

$$L_w \approx 215 \text{ mm}$$

Syarat panjang minimum las sudut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.5)

$$L_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 4 \cdot a$$

$$L_{\min} = 4 \cdot 10$$

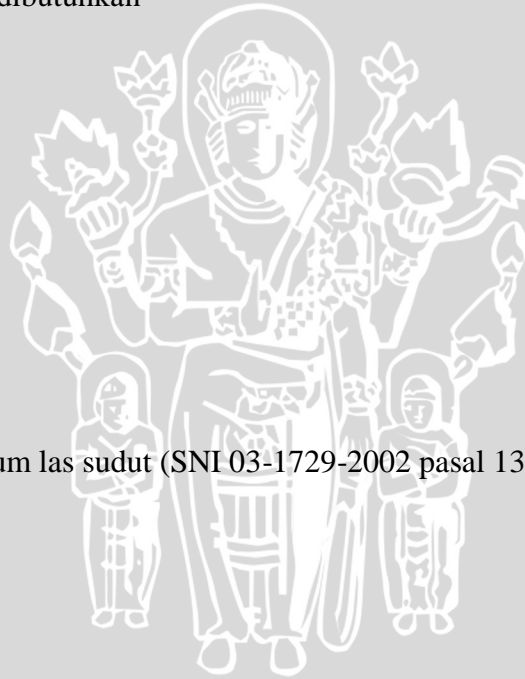
$$L_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 40 \text{ mm (diambil yang terbesar)}$$

Syarat jarak maksimum antara las sudut yang berdekatan (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.7)

$$L_{\max} = 300 \text{ mm}$$

$$L_{\max} = 16 \cdot t_w$$



$$L_{\text{maks}} = 16 \cdot 18,542$$

$$L_{\text{maks}} = 296,672$$

$$L_{\text{maks}} = 295 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Las pada sayap

Persyaratan ukuran las

$$a_{\text{maks}} = t_f - 1,6$$

$$a_{\text{maks}} = 33,528 - 1,6$$

$$a_{\text{maks}} = 31,928 \text{ mm}$$

$$a_{\text{min}} = 6 \text{ mm (tabel 13.5-1 SNI 03-1729-2002)}$$

diambil nilai $a = 20 \text{ mm}$

$$t_e = 0,707 \cdot a$$

$$t_e = 0,707 \cdot 20$$

$$t_e = 14,14 \text{ mm}$$

Gaya akibat geser

$$R_{uM} = M_u / d$$

$$R_{uM} = 998470470 / 495,3$$

$$R_{uM} = 2015890,31 \text{ N}$$

Kuat rencana las ukuran mm per mm panjang

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

$$\phi R_{uw} = 0,75 \cdot 14,14 \cdot 0,6 \cdot 560$$

$$\phi R_{uw} = 3563,280 \text{ N/mm}$$

Panjang total las yang dibutuhkan

$$L_w = \frac{R_{uM}}{\phi R_{nw}}$$



$$L_w = \frac{2015890,309}{3563,280}$$

$$L_w = 565,740 \text{ mm}$$

$$L_w \approx 570 \text{ mm}$$

Syarat panjang minimum las sudut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.5)

$$L_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 4 \cdot a$$

$$L_{\min} = 4 \cdot 20$$

$$L_{\min} = 80 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 80 \text{ mm (diambil yang terbesar)}$$

Syarat jarak maksimum antara las sudut yang berdekatan (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.7)

$$L_{\text{maks}} = 300 \text{ mm}$$

$$L_{\text{maks}} = 16 \cdot t_w$$

$$L_{\text{maks}} = 16 \cdot 33,528$$

$$L_{\text{maks}} = 536,448$$

$$L_{\text{maks}} = 300 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan tebal dan panjang las sudut pada balok bentang lain seperti dalam tabel berikut:

Tabel 4.18 Rekapitulasi tebal dan panjang las sudut sambungan balok-kolom

balok	profil	badan		sayap	
		a (mm)	Lw (mm)	a (mm)	Lw (mm)
B1	WF 18x192	10	215	20	570
B2	WF 18x234	20	300	20	780
B3	WF 30x292	20	130	20	510

4.9.4 Sambungan antar kolom

Untuk menyambung antar kolom baja digunakan sambungan berupa baut. Contoh perhitungan dilakukan pada kolom E-4 (K1) lantai 1 yang menggunakan profil WF 33x318.

Data-data baut:

Digunakan baut A325

$$\emptyset = 22 \text{ mm}$$

$$A_b = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$f_u^b = 825 \text{ Mpa}$$

Data-data pada kolom

$$f_u = 400 \text{ Mpa}$$

$$f_{u \text{ ijin}} = 266,7 \text{ Mpa}$$

$$M_{u \text{ maks}} = 211433,08 \text{ kgm}$$

$$V_{u \text{ maks}} = 62725,636 \text{ kg}$$

Tahanan nominal baut ($\phi R_{n w}$)

Geser

$$1 \text{ bidang geser} = 0,75 \cdot 0,4 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

$$1 \text{ bidang geser} = 0,75 \cdot 0,4 \cdot 825 \cdot 379,94$$

$$1 \text{ bidang geser} = 94035,15 \text{ N}$$

$$2 \text{ bidang geser} = 2 \cdot 94035,15$$

$$2 \text{ bidang geser} = 188070,3 \text{ N}$$

Tumpu

$$\text{Badan profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot f_{u p} \cdot \emptyset \cdot t_w$$

$$\text{Badan profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 400 \cdot 22 \cdot 26,416$$

$$\text{Badan profil} = 418429,440 \text{ N}$$

$$\text{Sayap profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot f_{u p} \cdot \emptyset \cdot t_f$$

$$\text{Sayap profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 400 \cdot 22 \cdot 48,006$$

$$\text{Sayap profil} = 760415,040 \text{ N}$$

Baut pada badan

Tinggi pelat penyambung direncanakan 700 mm

Menghitung tebal pelat penyambung

$$I_{\text{pelat penyambung}} \geq I_{\text{badan}}$$

$$2 \cdot 1/12 \cdot t_p \cdot 700^3 \geq 1/12 \cdot t_w \cdot h^3$$

$$2 \cdot 1/12 \cdot t_p \cdot h_p^3 \geq 1/12 \cdot 26,416 \cdot 758,139^3$$

$$t_p \geq 16,780 \text{ mm}$$

$$t_p \approx 18 \text{ mm}$$

Tahanan geser nominal 2 bidang lebih kecil dari pada tahanan tumpu, sehingga tahanan nominal baut ditentukan oleh tahanan geser nominal 2 bidang.

$$n = \frac{R_{u v}}{\phi R_{n w}}$$

$$n = \frac{627256,360}{188070,3}$$

$$n = 3,335$$

$$n \approx 4 \text{ buah}$$

Syarat jarak baut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.4)

$$1,5 \emptyset = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$$

$$3 \emptyset = 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm}$$

$$15 \cdot t_w = 15 \cdot 26,416 = 396,240 \text{ mm}$$

$$4 \cdot t_w + 100 = 4 \cdot 26,416 + 100 = 205,664 \text{ mm}$$

Jarak antar baut

$$3 \varnothing < S < 15 \cdot t_w \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$66 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Jarak baut dengan tepi pelat

$$1,5 \varnothing < S < 4 \cdot t_w + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$33 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Baut pada sayap

Tinggi pelat penyambung direncanakan 375 mm

Menghitung tebal pelat penyambung

$$S = \frac{M_u}{d}$$

$$S = \frac{2114330800}{d894,080}$$

$$S = 2364811,650 \text{ N}$$

$$A_n = \frac{S}{f_{u \text{ ijin}}^p}$$

$$A_n = \frac{2364811,650}{266,7}$$

$$A_n = 8866,935 \text{ mm}^2$$

$$t_p = \frac{A_n}{h_1}$$

$$t_p = \frac{8866,935}{375}$$

$$t_p = 23,645 \text{ mm}$$

$$t_p \approx 25 \text{ mm}$$



Tahanan geser nominal 1 bidang lebih kecil daripada tahanan tumpu, sehingga tahanan nominal baut ditentukan oleh tahanan geser nominal 1 bidang.

Jumlah baut yang dibutuhkan

$$n = \frac{S}{\phi R_{n w}}$$

$$n = \frac{2364811,650}{94035,150}$$

$$n = 25,148$$

$$n \approx 26 \text{ buah}$$

Syarat jarak baut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.4)

$$1,5 \emptyset = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$$

$$3 \emptyset = 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm}$$

$$15 \cdot t_f = 15 \cdot 48,006 = 720,090 \text{ mm}$$

$$4 \cdot t_f + 100 = 4 \cdot 48,006 + 100 = 292,024 \text{ mm}$$

Jarak antar baut

$$3 \emptyset < S < 15 \cdot t_w \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$66 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Jarak baut dengan tepi pelat

$$1,5 \emptyset < S < 4 \cdot t_w + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$33 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Dengan cara yang sama, didapat tebal pelat penyambung dan jumlah baut pada bentang lain seperti dala tabel 4.19 berikut:

Tabel 4.19 Rekapitulasi tebal pelat penyambung dan jumlah baut

kolom	profil	badan		sayap	
		tp (mm)	n baut	tp (mm)	n baut
K1	WF 33x292	18	4	25	26
K2	WF 30x292	12	4	25	24

4.10 Pembahasan

Perencanaan ulang Gedung MIPA Center (Tahap I) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang ini menggunakan bahan baja pada bagian balok dan kolomnya. Balok dan kolom yang digunakan adalah balok baja dan kolom baja WF. Menggunakan mutu baja A36 dan mutu beton K-350. Untuk sambungan antara balok induk dan balok anak serta sambungan antara balok dan kolom digunakan las dengan electrode E80, sedangkan sambungan antar kolom digunakan baut dengan mutu A325.

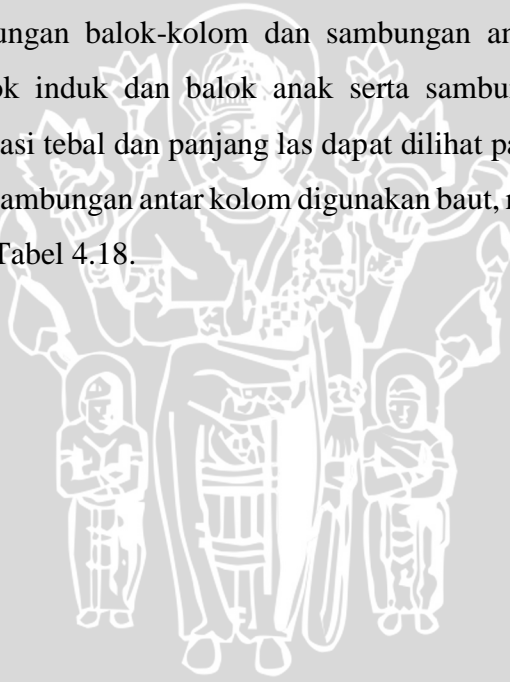
Beban yang diperhitungkan dalam pembebanan struktur adalah beban gempa dan beban gravitasi, yang mana seluruh beban tersebut ditahan oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Karena struktur gedung terdiri dari Sembilan lantai, sehingga beban lateral dalam hal ini gempa cukup berpengaruh.

Analisis yang digunakan adalah analisis respon spectra dengan menggunakan program aplikasi analisis struktur. Data yang dimasukkan yaitu beban gravitasi dan beban gempa yang telah dikombinasikan berdasarkan SNI 03-1729-2002. Sedangkan *output* yang dihasilkan adalah berupa gaya-gaya dalam dari struktur yang berupa momen, gaya lintang dan gaya aksial. Gaya-gaya dalam tersebut digunakan untuk mengontrol balok dan kolom yang telah diperkirakan di awal perencanaan serta untuk merencanakan sambungan balok induk dan balok anak, sambungan balok-kolom maupun sambungan antar kolom.

Berdasarkan filosofi “*Capacity Design*” yang digunakan dalam perencanaan, maka kolom diberi cukup kekuatan sehingga kolom tidak leleh atau runtuh terlebih dahulu sebelum balok ketika terjadi goyangan lateral. Dalam hal ini untuk merencanakan kekuatan lentur kolom dilakukan control terhadap persyaratan *strong column weak beam*, yaitu bahwa kapasitas yang tersedia dari penampang kolom harus lebih besar dari kapasitas penampang balok.

Setelah dilakukan beberapa kali percobaan dimensi balok, didapatkan profil balok yang mampu menahan gaya dalam yang terjadi. Rekapitulasi dimensi balok dapat dilihat pada sub bab 4.6 sedangkan untuk dimensi kolom dapat dilihat pada sub bab 4.7.

Sambungan pada perencanaan ini terdiri dari sambungan antara balok induk dan balok anak, sambungan balok-kolom dan sambungan antar kolom. Untuk sambungan antara balok induk dan balok anak serta sambungan balok-kolom digunakan las, rekapitulasi tebal dan panjang las dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17. Sedangkan sambungan antar kolom digunakan baut, rekapitulasi jumlah baut dapat dilihat pada Tabel 4.18.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Perencanaan Gedung MIPA Center (tahap I) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang menggunakan struktur baja memiliki beberapa kelebihan, yaitu kekakuan lantai meningkat, dan panjang bentang layan untuk balok tertentu bisa lebih panjang. Balok dan kolom yang digunakan pada perencanaan ini adalah balok baja dan kolom baja dengan profil WF. Gedung ini dirancang mampu menahan gaya gempa menggunakan sistem struktur yaitu, sistem struktur rangka pemikul momen (SRPM) dan konsep perencanaan yang digunakan adalah LRFD. Beban dianalisis dengan metode respon spectra dengan bantuan program aplikasi analisis struktur.

5.2 Saran

Seiring kemajuan teknologi komputerisasi seperti saat ini, perencanaan struktur gedung portal 3D, program aplikasi analisis struktur mampu menghasilkan gaya-gaya dalam yang terjadi akibat pembebanan secara langsung, tetapi dari hasil yang diperoleh tersebut harus tetap memperhatikan peraturan-peraturan yang berlaku, agar dapat diperoleh hasil yang dapat dipertanggung jawabkan serta dapat diperoleh hasil yang lebih efisien dan dapat menghemat biaya pelaksanaan pekerjaan. Selain itu, para perencana harus lebih teliti dalam memasukkan data dalam program analisis, karena kesalahan *input* data akan berakibat fatal.

Pada perencanaan struktur baja agar dapat menahan gaya gempa, yang harus diperhatikan adalah pada saat mengontrol tahanan balok dan kolom sehingga memenuhi batasan-batasan balok dan kolom sesuai SRPM serta perlu adanya ketelitian dalam merencanakan sambungan. Setelah merealisasikan hitungan menjadi sebuah gambar, perlu adanya kontrol apakah sudah sesuai dengan rencana

awal. Selain itu pemilihan profil WF harus tepat, sehingga didapatkan dimensi balok dan kolom yang hemat dan optimal.

