

TUGAS AKHIR

REDESAIN GEDUNG *INNOVATIVE PROGRAM CLUSTER* (IPC) UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEBAGAI SISTEM RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Pendidikan Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Bagus Samiaji

30.2017.00.033

Bayu Arie Winarno

30.2017.00.037

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2021



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp. (024) 6583584 Ext. 507 Semarang 50112

HALAMAN PENGESAHAN

**REDESAIN GEDUNG *INNOVATIVE PROGRAM CLUSTER* (IPC)
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEBAGAI SISTEM
RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN**

Oleh :



Bagus Samiaji

30.2017.00.033



Bayu Arie Winarno

30.2017.00.037

Telah disetujui dan disahkan di Semarang tanggal Agustus 2021

Tim Penguji

1. M. Rusli Ahyar, ST., M. Eng
2. Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D.
3. Selvia Agustina, ST., M. Eng

Tanda Tangan

Universitas Islam Sultan Agung

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Ketua,

M. Rusli Ahyar, ST., M. Eng



USULAN PENELITIAN TUGAS AKHIR

REDESAIN GEDUNG *INNOVATIVE PROGRAM CLUSTER* (IPC) UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEBAGAI SISTEM RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN

Yang diajukan oleh :

Bagus Samiaji

30.2017.00.033

Bayu Arie Winarno

30.2017.00.037

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

Tanggal : April 2021

Pembimbing Pendamping



Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D

Tanggal : April 2021

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLASGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Bagus Samiaji

NIM : 30201700033

NAMA : Bayu Arie Winarno

NIM : 30201700037

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : **“REDESAIN GEDUNG INNOVATIVE PROGRAM CLUSTER (IPC) UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEBAGAI SISTEM RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN”** Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Bagus Samiaji



Bayu Arie Winarno

Semarang, Agustus 2021

Yang Membuat Pernyataan

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda-tangan di bawah ini :

NAMA : Bagus Samiaji

NIM : 30201700033

NAMA : Bayu Arie Winarno

NIM : 30201700037

JUDUL : **REDESAIN GEDUNG *INNOVATIVE PROGRAM CLUSTER* (IPC) UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEBAGAI SISTEM RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublishkan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Agustus 2021

Yang Membuat Pernyataan



Bagus Samiaji



Bayu Arie Winarno

MOTTO

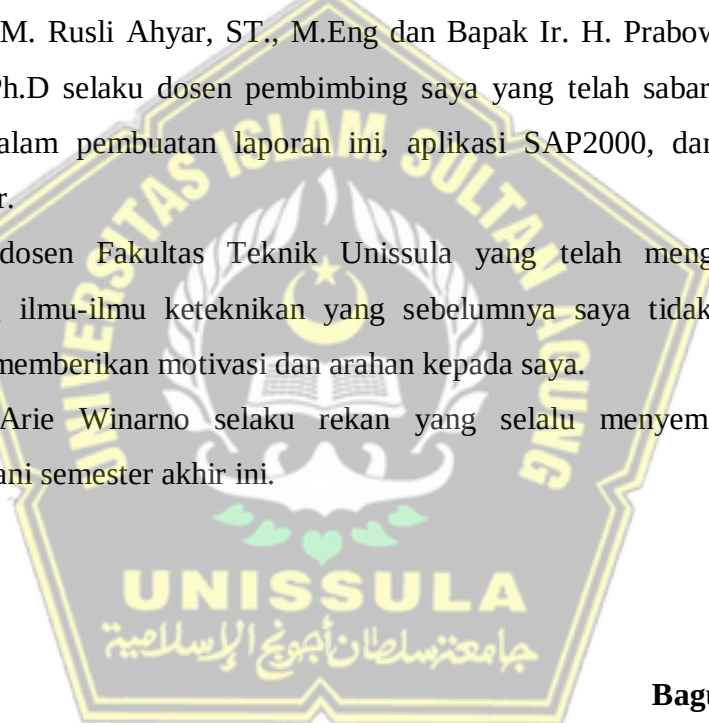
- Memulai dengan keyakinan, menjalankan dengan penuh keikhlasan, menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan.
- Jangan bandingkan prosesmu dengan proses orang lain. Tidak semua bunga tumbuh dan mekar bersamaan.
- Kehilangan orang tua itu sangat sedih, jangan terlalu lama bersedih, bangkit dan raihlah kesuksesan karena hidup harus terus berjalan.
- Percayalah pada dirimu sendiri, lakukan yang terbaik, raih cita-citamu untuk kesuksesan yang pasti.



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya Alm. Bapak Syamsuri dan Alm. Ibu Sumarni. Terimakasih yang pertama kepada almarhum dan almarhuma kedua orang tua saya yang selalu memberi dukungan dan selalu mengingatkan supaya jangan pernah berhenti di tengah jalan dan harus lulus tepat waktu.
2. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng dan Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar mengajarkan saya dalam pembuatan laporan ini, aplikasi SAP2000, dan perhitungan struktur.
3. Dosen-dosen Fakultas Teknik Unissula yang telah mengajarkan saya tentang ilmu-ilmu keteknikan yang sebelumnya saya tidak ketahui dan selalu memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
4. Bayu Arie Winarno selaku rekan yang selalu menyemangati dalam menjalani semester akhir ini.



Bagus Samiaji
30201700033

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Alpri Sukarno dan Ibu Narimawati Tri Setyowati, yang telah memberikan segenap kasih sayang dan dukungan materil, semangat, doa, dan pendidikan mental untuk terus mengejar impian menjadi seorang yang mulia di dunia dan akhirat.
2. Dosen-dosen Fakultas Teknik Unissula yang telah mengajarkan saya tentang ilmu-ilmu keteknikan yang sebelumnya saya tidak ketahui dan selalu memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
3. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng dan Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar membimbing saya dalam pembuatan laporan ini, aplikasi SAP2000, dan perhitungan struktur.
4. Bagus Samiaji selaku rekan yang telah bekerja keras dan berjuang bersama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman Fakultas Teknik Unissula angkatan 2017 yang lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih untuk kebersamaan kita selama ini, terimakasih atas doa, semangat dan motivasi kalian. Semoga selalu terjaga pertemanan sampai kapanpun.
6. Diri sendiri, terimakasih sudah percaya pada diri sendiri, terimakasih sudah selalu berusaha menjadi pribadi yang lebih baik, terimakasih sudah berjuang menyelesaikan skripsi ini serta selalu semangat untuk terus belajar hal-hal baru. Teruslah berproses.

Bayu Arie Winarno

30201700037

REDESAIN GEDUNG INNOVATIVE PROGRAM CLUSTER (IPC) UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEBAGAI SISTEM RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN

Oleh :

Bagus Samiaji¹⁾, Bayu Arie Winarno¹⁾, Muhamad Rusli Ahyar²⁾, Prabowo Setiyawan²⁾

ABSTRAK

Kurang familiarnya penggunaan baja sebagai struktur sebuah bangunan bukan berarti material baja kurang bagus untuk dijadikan sebuah material struktur bangunan. Material baja memiliki beberapa keunggulan salah satunya yaitu baja dikenal dengan kekuatan elastisitasnya yang baik, kondisi elastis ini membuat baja tidak mudah runtuh apabila memikul beban yang besar. Ditambah dengan sifat daktil yang dimiliki baja, ketika mekanisme tersebut terjadi maka baja akan mengalami leleh terlebih dahulu sebelum mengalami runtuh. Pada Tugas Akhir ini akan merencanakan pembangunan Gedung Innovative Program Cluster (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata dengan menggunakan struktur baja.

Metode perencanaan redesain ini berisi : pengumpulan data, perhitungan pembebanan, permodelan struktur, perhitungan struktur, dan analisa struktur pada gedung dimana gedung merupakan gedung pendidikan. Perencanaan sendiri harus memenuhi persyaratan yang berlaku : SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain, SNI 1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, dan SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Untuk membantu menganalisa struktur dan memodelkan struktur digunakan aplikasi SAP2000 v14.

Hasil yang didapat setelah meninjau ulang bangunan berdasarkan persyaratan yang berlaku, bangunan Gedung Innovatin Program Cluster (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata menggunakan sistem rangka baja pemikul momen dengan bresing konsentris khusus.

Kata Kunci : Redesain gedung ; Struktur baja

REDESIGN OF INNOVATIVE PROGRAM CLUSTER (IPC) BUILDING AT UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA AS A MOMENT RESISTANCE STEEL FRAME SYSTEM

By :

Bagus Samiaji¹⁾, Bayu Arie Winarno¹⁾, Muhamad Rusli Ahyar²⁾, Prabowo Setiyawan²⁾

ABSTRACT

The lack of familiarity with the utilization of steel as the structure of a building does not imply that steel material is not adequate to be used as a building structure material. Steel material has several advantages, one of which is steel is known for its good elasticity strength. This elastic condition makes steel difficult to collapse when carrying a heavy load. Coupled with steel's ductile properties, when this mechanism occurs, the steel will melt before collapse. This final project will plan the construction of the Innovative Program Cluster (IPC) building at Universitas Katolik Soegijapranata using steel structure.

The redesign method of this research contained: data collection, calculation of loading, structural modeling, calculation of dimensions, and analysis of structures in buildings which the building was an educational building. The planning itself should met the applicable requirements: SNI 1727-2013 Minimum Load for Designing Buildings and Other Structures, SNI 1729-2015 Specifications for Structural Steel Buildings, and SNI 1726-2019 Procedures for Planning Earthquake Resistance Building and Non-Building Structures. To help analyze the structure and model, the structure used SAP2000 v14 application.

The results are obtained after reviewing the building based on applicable requirements, the Innovation Program Cluster (IPC) building at Universitas Katolik Soegijapranata uses a moment-resistance steel frame system with special concentric braces.

Keyword : Steel ; Building redesign

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“REDESAIN GEDUNG INNOVATIVE PROGRAM CLUSTER (IPC) UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEBAGAI SISTEM RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN”**. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Selama menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis telah mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT Robbul ‘Izatti dan Rasulullah Muhammad SAW.
2. Ibu dan Ayah kami tercinta.
3. Keluarga kami yang telah banyak memberikan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta senantiasa memberikan doa, semangat, dan dukungan baik dukungan moral, material, maupun spiritual dengan penuh kasih sayang dan pengorbanan.
4. Yth. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Yth. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang dan juga selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
6. Yth. Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
7. Yth. Ibu Selvia Agustina, ST., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing Seminar Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Disadari, karena keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan, dan pengalaman yang dimiliki, dalam Tugas Akhir ini masih terdapat banyak

kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menjadikannya lebih baik dan lebih menuju pada kesempurnaan.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memenuhi syarat yang telah ditentukan.
Aamiin Yaa Robbal Aalamiin.

Semarang, Agustus 2021

Penyusun



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
USULAN PENELITIAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
PERNYATAAN KEASLIAN	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Redesain	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Perencanaan Struktur	6
2.2 Material	6
2.2.1 Sifat Mekanis Baja	6
2.2.2 Karakteristik Tarik Baja	7
2.3 Desain Kekuatan Berdasarkan LRFD (<i>Load and Resistance Factor Design</i>)	9
2.4 Pembebanan Struktur	10

2.4.1	Beban Mati	10
2.4.2	Beban Hidup	12
2.4.3	Beban Hidup Atap	13
2.4.4	Beban Gempa	13
2.4.5	Beban Angin	16
2.5	Menentukan Klasifikasi Situs	17
2.6	Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v	18
2.7	Menentukan Respon Spektra Desain	19
2.8	Menentukan Sistem Struktur dan Parameter Sistem	20
2.9	Kombinasi Pembebanan	21
2.10	Kategori Desain Seismik	23
2.11	Waktu Getar Alami Struktur	23
2.12	Simpangan Antar Lantai	25
2.13	Gaya Geser Dasar Gempa	26
2.14	Pengaruh P -delta	27
2.15	Perencanaan Struktur Baja	28
2.15.1	Batang Tekan	28
2.15.2	Batang Lentur	33
2.15.3	Tekuk Torsi Lateral / <i>Lateral Torsion Buckling</i> (LTB)	36
2.16	Sambungan Baut	38
2.16.1	Ukuran dan Lubang Baut	38
2.16.2	Kekuatan Baut	40
2.16.3	Kekuatan Geser Baut	41
2.16.4	Kekuatan Tarik Baut	41
2.16.5	Kekuatan Tumpu dan Sobek Lubang Baut	41
2.16.6	Baut Kekuatan Tinggi dalam Sambungan Slip Kritis ..	42
2.17	Sambungan Las	43
2.17.1	Jenis-Jenis Sambungan Las	44
2.17.2	Las Tumpul (<i>Groove Welds</i>)	44
2.17.3	Las Sudut (<i>Fillet Welds</i>)	45
2.17.4	Kuat Rencana Sambungan Las Sudut	46

BAB III METODOLOGI REDESAIN	48
3.1 Pengumpulan Data	48
3.2 Perencanaan dan Analisis Perhitungan Struktur	48
3.3 Diagram Alur	50
BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN	51
4.1 Permodelan Struktur	51
4.2 Kombinasi Pembebanan Struktur	52
4.3 Mutu Bahan Struktur	53
4.4 Analisa Desain Seismik	54
4.4.1 Kategori Resiko dan Faktor keutamaan Gempa	54
4.4.2 Klasifikasi Situs	54
4.4.3 Parameter Respon Spektral Gempa S_s dan S_1	54
4.4.4 Parameter Respon Spektral Gempa S_{ms} dan S_{m1}	55
4.4.5 Parameter Respon Spektral Gempa S_{Ds} dan S_{D1}	55
4.4.6 Respon Spektrum Gempa	55
4.4.7 Kategori Desain Seismik	57
4.4.8 Faktor Keutamaan	57
4.4.9 Analisa Waktu Getar dan Ragam Gerak Struktur	58
4.4.10 Cek Waktu Getar Alami Struktur	58
4.4.11 Perhitungan Gaya Geser Dasar Desain	60
4.4.12 Cek Simpangan Antar Tingkat	61
4.4.13 Cek Stabilitas P -Delta Struktur	63
4.5 Perencanaan Struktur	66
4.5.1 Perencanaan Pelat	66
4.5.2 Perencanaan Balok Anak	70
4.5.3 Perencanaan Batang Bresing	74
4.5.4 Perencanaan Balok Induk	79
4.5.5 Perencanaan Kolom	83
4.6 Perencanaan Sambungan	90
4.6.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk	90
4.6.2 Sambungan Kolom dengan Balok Induk	98

4.6.3 Sambungan Bresing dengan Balok Induk.....	105
4.6.4 Sambungan Antar Kolom	113
4.7 Hasil Perencanaan Struktur	115
BAB V PENUTUP	116
5.1 Kesimpulan	116
5.2 Saran.....	117
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Mekanis Baja Struktural Berdasarkan Mutu Baja.....	7
Tabel 2.2	Sifat Mekanis Baja Struktural Secara Umum	7
Tabel 2.3	Beban Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung	11
Tabel 2.4	Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o , dan Beban Hidup Terpusat Minimum	12
Tabel 2.5	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	14
Tabel 2.6	Tabel keutamaan Gempa.....	15
Tabel 2.7	Faktor Arah Angin K_d	17
Tabel 2.8	Klasifikasi Situs.....	17
Tabel 2.9	Koefisien Situs, F_a	18
Tabel 2.10	Koefisien Situs, F_v	19
Tabel 2.11	Faktor Koefisien Modifikasi Respon (R) untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	21
Tabel 2.12	Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{DS}	23
Tabel 2.13	Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}	23
Tabel 2.14	Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}	24
Tabel 2.15	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	24
Tabel 2.16	Simpangan Antar Tingkat.....	26
Tabel 2.17	Rasio Tebal terhadap Lebar	29
Tabel 2.18	Faktor Panjang Efektif atau Faktor Panjang Tekuk (K)	31
Tabel 2.19	Klasifikasi Elemen yang Memikul Lentur.....	34
Tabel 2.20	Kuat Nominal baut.....	38
Tabel 2.21	Ukuran Diameter Baut (mm) dan Gaya Tarik Minimum (kN).....	39
Tabel 2.22	Dimensi Lubang Nominal (mm)	39
Tabel 2.23	Jarak Tepi Minimum Baut (mm)	40
Tabel 2.24	Ukuran minimum las sudut	46
Tabel 4.1	Data Parameter S_s dan S_1	54
Tabel 4.2	Data Parameter S_{ms} dan S_{m1}	55

Tabel 4.3	Data Parameter S_{DS} dan S_{D1}	55
Tabel 4.4	Perhitungan Manual Respon Spektrum	56
Tabel 4.5	Kategori Desain Seismik	57
Tabel 4.6	Ragam Gerak dan Waktu Getar Alami Struktur	58
Tabel 4.7	Periode Struktur	59
Tabel 4.8	Hasil Perbandingan Gempa Statik dan Dinamik Arah X.....	60
Tabel 4.9	Hasil Perbandingan Gempa Statik dan Dinamik Arah Y	61
Tabel 4.10	Cek Simpangan Antar Tingkat Struktur Arah X	62
Tabel 4.11	Cek Simpangan Antar Tingkat Struktur Arah Y	63
Tabel 4.12	Cek Stabilitas P -Delta Arah X	64
Tabel 4.13	Cek Stabilitas P -Delta Arah Y	65
Tabel 4.14	Penggunaan Profil Baja	115
Tabel 4.15	Hasil Rasio Elemen Struktur Paling Kritis	115



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Baja.....	8
Gambar 2.2	Respon Spektra Desain	19
Gambar 2.3	Simpangan Antar Tingkat	25
Gambar 2.4	Nomogram Nilai K pada komponen Struktur Bergoyang	32
Gambar 2.5	Nomogram Nilai K pada komponen Struktur Tak Bergoyang	32
Gambar 2.6	Diagram Momen Balok Perletakan Jepit-Jepit	37
Gambar 2.7	Jenis Sambungan Las	44
Gambar 3.1	Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir.....	50
Gambar 4.1	Gambar Permodelan 3D Tampak Depan Perspektif	51
Gambar 4.2	Gambar Permodelan 3D Tampak Samping Perspektif	52
Gambar 4.3	Gambar Permodelan 3D Tampak Belakang Perspektif	52
Gambar 4.4	Grafik Perhitungan Manual Respon Spektrum Desain	57
Gambar 4.5	Perbandingan Gempa Statik dan Dinamik Arah X	60
Gambar 4.6	Perbandingan Gempa Statik dan Dinamik Arah Y	61
Gambar 4.7	Cek Simpangan Antar Tingkat Arah X.....	62
Gambar 4.8	Cek Simpangan Antar Tingkat Arah Y	63
Gambar 4.9	Cek Stabilitas P -Delta Arah X	64
Gambar 4.10	Cek Stabilitas P -Delta Arah Y	65
Gambar 4.11	<i>Output</i> SAP2000 pada salah satu pelat	66
Gambar 4.12	Hasil <i>Output</i> SAP2000 Gaya Geser dan Momen Balok Anak	71
Gambar 4.13	Hasil <i>Output</i> SAP2000 Gaya Geser dan Momen Balok Anak	74
Gambar 4.14	Hasil <i>Output</i> SAP2000 Gaya Aksial Bresing	75
Gambar 4.15	Hasil <i>Output</i> SAP2000 Gaya Geser dan Momen Bresing	75
Gambar 4.16	Hasil <i>Output</i> SAP2000 Gaya Geser dan Momen Balok Induk	80
Gambar 4.17	Hasil <i>Output</i> SAP2000 Gaya Geser dan Momen Kolom	84
Gambar 4.18	Nomogram untuk menghitung K arah x	85
Gambar 4.19	Nomogram untuk menghitung K arah y	86
Gambar 4.20	Hasil <i>Output</i> SAP2000 Gaya Aksial Kolom	89

Gambar 4.21 Hasil <i>Output</i> SAP2000 Gaya Geser dan Momen	
Balok Anak	92
Gambar 4.22 Hasil <i>Output</i> SAP2000 Gaya Geser dan Momen	
Balok Induk	99
Gambar 4.23 Hasil <i>Output</i> SAP2000 Gaya Geser dan Momen Bresing	106
Gambar 4.24 Hasil <i>Output</i> SAP2000 Gaya Geser dan Momen Kolom	113



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Berita Acara Seminar Tugas Akhir
- Lampiran 2 Gambar Struktur Bangunan Gedung *Innovative Program Cluster*
(IPC) Universitas Katolik Soegijapranata
- Lampiran 3 Tabel Baja Gunung Garuda
- Lampiran 4 Tabel Baja WF LRFD
- Lampiran 5 Hasil Pengecekan Turnitin



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan yang pesat di Indonesia akhir-akhir ini memicu pertumbuhan dan pembangunan, ditambah juga dengan pertumbuhan penduduk. Dengan pertumbuhan tersebut maka dibutuhkan pembangunan infrastruktur supaya dapat mengimbangi pertumbuhan penduduk yang terjadi. Akan tetapi pembangunan infrastruktur seringkali terkendala, salah satu kendala dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia khususnya di Semarang adalah keterbatasan lahan yang tersedia.

Berdasarkan letak geografis, Indonesia terletak di antara dua lempeng dunia yaitu lempeng Eurasia dan Australia, hal ini mengakibatkan Indonesia menjadi daerah yang rawan akan terjadinya gempa. Dalam hal ini maka diperlukan perencanaan struktur bangunan yang kuat yang dapat menahan gaya dari gempa sehingga resiko terjadinya kerusakan bangunan dapat diminimalisir.

Perencanaan struktur bertujuan untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, kuat, awet dan memenuhi tujuan seperti ekonomi serta kemudahan pelaksanaan. Salah satu faktor yang paling berpengaruh dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat tinggi adalah kekuatan bangunan, dimana faktor ini sangat terkait dengan keamanan dan ketahanan bangunan dalam menahan dan menampung beban yang bekerja pada struktur.

Dalam perencanaan sebuah bangunan gedung, terdapat 2 material yang paling umum digunakan sebagai struktur sebuah bangunan yaitu material beton bertulang dan material baja. Dua material tersebut sama-sama memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing dalam penggunaannya. Di Indonesia sendiri untuk struktur bangunan gedung bertingkat lebih familiar menggunakan struktur beton bertulang, namun hal tersebut bukan berarti material baja kurang bagus untuk dijadikan sebuah material struktur bangunan. Dalam beberapa kasus didapat jika material baja lebih efektif karena baja memiliki kekuatan yang tinggi, serta mudah dalam pelaksanaannya.

Jika dibandingkan struktur beton bertulang, material baja memiliki beberapa keunggulan yaitu baja mempunyai kekuatan leleh yang tinggi sehingga dalam aplikasinya elemen struktur baja memiliki dimensi relatif lebih kecil dibandingkan dengan struktur beton bertulang, dengan demikian berat konstruksi baja juga akan lebih ringan dibandingkan struktur beton. Baja juga dikenal dengan kekuatan elastisitasnya yang baik, kondisi elastis ini membuat baja tidak mudah runtuh bila memikul beban yang besar. Selain itu baja juga memiliki tingkat keawetan yang tinggi, dan juga dalam penyambungan antar elemennya dapat menggunakan alat sambung las atau baut.

Selain itu baja juga bersifat daktil. Daktil adalah sebuah kemampuan dari struktur baja untuk melakukan deformasi yang besar tanpa mengalami kegagalan, hal ini dikarenakan nilai kuat leleh baja yang sangat baik sehingga tidak mengalami kegagalan yang bersifat mendadak. Ketika mekanisme itu terjadi, baja mengalami leleh terlebih dahulu sebelum mengalami runtuh sehingga akan memberikan waktu bagi pengguna gedung untuk menyelamatkan diri. Hal ini sangat berguna jika mengetahui letak proyek pembangunan berada di daerah yang sering mengalami gempa.

Berdasarkan paparan diatas, penulis tertarik untuk memodifikasi struktur bangunan Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata yang awalnya struktur beton bertulang akan dimodifikasi menjadi struktur baja. Oleh karena itu judul dari Tugas Akhir ini adalah **“REDESAIN GEDUNG INNOVATIVE PROGRAM CLUSTER (IPC) UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEBAGAI SISTEM RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN”**.

Prinsip dari perencanaan ulang bangunan ini adalah dengan mengubah struktur yang awalnya struktur beton bertulang diubah menjadi struktur baja akan tetapi supaya tetap menghasilkan suatu bangunan yang aman, nyaman, kuat, efisien dan aman terhadap bahaya gempa bagi pengguna gedung. Suatu konstruksi gedung harus mampu menahan beban dan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi itu sendiri (beban gravitasi dan beban gempa) , sehingga bangunan atau struktur gedung aman dalam jangka waktu yang direncanakan.

Dalam redesain ini direncanakan sebuah gedung 5 lantai dan 1 basement dimana gedung tersebut digunakan sebagai fasilitas pendidikan untuk para mahasiswa maupun dosen Universitas Katolik Soegijapranata.

Perkembangan penggunaan struktur baja di Indonesia masih sangat minim jika dibandingkan dengan negara lain yang sudah maju infra strukturnya. Maka dalam Tugas Akhir ini kami akan merencanakan bangunan gedung bertingkat menggunakan struktur baja sebagai bekal untuk merencanakan bangunan gedung menggunakan struktur baja dimasa yang akan datang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka untuk perencanaan ulang struktur Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata Semarang dengan menggunakan struktur baja, permasalahan yang diambil yaitu bagaimana cara menentukan dimensi balok dan kolom portal utama terhadap momen akibat gaya-gaya yang bekerja pada struktur bangunan tingkat tinggi.

1.3 Tujuan Redesain

Tujuan dari Tugas Akhir yang berjudul Redesain Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata sebagai Sistem Rangka Baja Pemikul Momen adalah sebagai berikut :

1. Menentukan jenis sistem rangka pemikul momen pada gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
2. Menentukan dimensi balok dan kolom baja yang akan digunakan.
3. Menghitung rasio struktur untuk elemen balok, kolom, dan sambungan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari redesain ini adalah :

1. Perencanaan gedung ini dimaksudkan sebagai bahan studi sehingga tidak mempertimbangkan aspek ekonomi.
2. Desain struktur berdasarkan pada SNI 1729-2015.
3. Pembebanan dihitung berdasarkan SNI 1727-2013.

4. Perhitungan beban gempa berdasarkan SNI 1726-2019.
5. Tugas Akhir ini tidak membahas detail metode pelaksanaan.
6. Perhitungan struktur pada redesain gedung ini hanya memperhitungkan desain struktur atas.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan didapat dari redesain gedung ini yaitu dapat dijadikan referensi untuk perencanaan bangunan konstruksi tingkat tinggi dengan struktur baja.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan, maka dibuat suatu sistematika penulisan yang terdiri dari 5 bab. Adapun masing-masing bab tersebut mengandung pokok-pokok pembahasan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan yang ingin dicapai pada penulisan tugas akhir ini, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori dari literatur yang dianggap menunjang dalam penulisan tugas akhir ini serta sebagai landasan teori untuk analisis selanjutnya.

BAB III METODOLOGI REDESAIN

Bab ini menguraikan tentang deskripsi bangunan yang akan dianalisa, data-data struktur gedung, serta tahapan untuk menganalisis struktur.

BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN

Bab ini membahas mengenai analisis struktur, perhitungan beban, dan pengecekan terhadap persyaratan yang telah ditentukan. Pemodelan struktur menggunakan aplikasi SAP2000 v.14.

BAB V

PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan bab-bab sebelumnya dan saran yang berkaitan dengan hasil kesimpulan.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Struktur

Tujuan dari perencanaan struktur menurut Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015) adalah menghasilkan suatu struktur yang stabil, kuat, mampu layan, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti ekonomi dan kemudahan pelaksanaan.

Struktur bisa dikatakan kuat bila selama menerima beban rencana (beban *gravity*, beban gempa, beban angin, dan lain-lain), struktur tersebut tetap kuat dan tidak mengalami kerusakan non-struktural bahkan kerusakan struktural selama umur rencana bangunan. Struktur dikatakan stabil dan nyaman bila selama digunakan, struktur bisa memberikan ketenangan pada penghuni gedung tanpa menimbulkan rasa khawatir. Selain itu struktur juga harus dipastikan tidak mudah terguling, miring, atau tergeser saat menerima beban rencana selama umur bangunan. Selain itu, struktur juga diharapkan bisa memberikan *durability* yang lama sesuai umur rencana bangunan pada saat menerima beban rencana atau pada saat berinteraksi dengan lingkungan sekitar (air atau udara). Struktur juga diharapkan tidak terjadi kerusakan pada bagian non-struktural maupun bagian struktural.

2.2 Material

2.2.1 Sifat mekanis baja

Kekuatan material baja dalam menerima beban sangat ditentukan oleh sifat mekanisnya. Sifat mekanis suatu bahan adalah kemampuan bahan tersebut dalam memberikan perlawanan terhadap beban yang bekerja pada bahan tersebut. Sifat mekanis baja struktural yang dibutuhkan dalam perencanaan meliputi tegangan leleh, tegangan putus (tegangan ultima), modulus elastisitas, modulus geser, nisbah poisson, serta koefisien pemuaian.

Tabel 2.1 Sifat Mekanis Baja Struktural Berdasarkan Mutu Baja

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, f_y (MPa)	Peregangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber : SNI 03-1729-2015, Badan Standarisasi Nasional (2015)

Nilai dari tegangan leleh (f_y) dan tegangan putus (f_u) tidak boleh melebihi nilai yang diberikan pada Tabel 2.1. Nilai dari sifat mekanis lainnya diberikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat Mekanis Baja Struktural Secara Umum

Sifat Mekanis	Simbol	Nilai	Satuan
Modulus elastisitas	E	200.000	MPa
Modulus geser	G	80.000	MPa
Nisbah poisson	μ	0,3	
Koefisien pemuaian	α	12×10^{-6}	$^{\circ}\text{C}$

Sumber : SNI 03-1729-2015, Badan Standarisasi Nasional (2015)

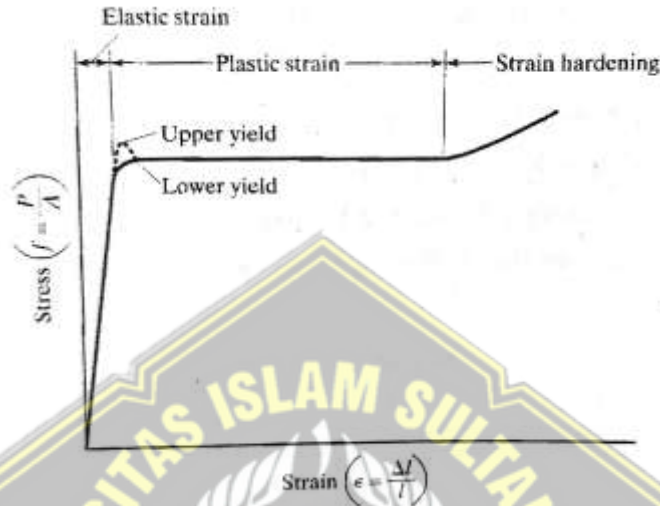
Untuk material baja yang tidak dilengkapi dengan spesifikasinya (tidak teridentifikasi), yang bebas dari cacat yang merugikan, hanya boleh digunakan untuk komponen struktur yang kerusakannya tidak akan mereduksi kekuatan struktur.

2.2.2 Karakteristik tarik baja

Untuk memahami dengan baik sifat dari material baja, perencana harus mengenal sifat alamiah dari baja. Sifat tersebut dituangkan dalam sebuah hubungan tegangan-regangan (*stress-strain*). Dengan mengetahui karakteristik ini,

perencana akan memiliki pertimbangan yang matang dalam perencanaan terkait beban yang akan dipikul oleh material baja.

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat hubungan *stress-strain* dari material baja dalam kondisi menerima beban dan mengalami deformasi.



Gambar 2.1 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Baja

Sumber : McCormac & Csernak, 2012

Sumbu X menunjukkan regangan yang terjadi pada material baja saat menerima beban, sedangkan sumbu Y menunjukkan besaran tegangan yang diterima profil baja saat menerima beban luar.

Pada bagian *Elastic strain* material baja masih bersifat elastis, artinya bila beban yang dikenakan pada profil dihilangkan maka deformasi profil akan menjadi nol atau bentuk kembali seperti semula tanpa adanya pertambahan panjang.

Bentuk kurva *Stress strain* pada material baja sangat dipengaruhi oleh kecepatan pembebanan. Disaat dilakukan pembebanan yang relatif cepat, titik leleh (*yield point*) terlihat lebih besar (*upper yield*). Sedangkan disaat beban laju pembebanan relatif lebih lambat, maka titik leleh material baja terlihat lebih rendah (*lower yield*).

Yield point ialah kondisi dimana sifat elastis baja telah tidak berlaku lagi. Profil baja telah menjadi leleh. Dengan kata lain, bila beban yang diberikan pada

profil dihilangkan maka profil baja tidak akan kembali pada bentuk semula. Saat menyentuh level leleh ini (*yield*) maka baja akan memasuki kondisi plastis.

Plastic strain adalah kondisi dimana material baja akan terus berdeformasi saat diberi gaya. Pada kondisi ini material baja akan mengalami deformasi permanen bila beban dihilangkan. Deformasi ini akan berlanjut hingga material baja benar-benar mengalami kondisi gagal (*failure*).

Pada kondisi *strain hardening* baja mengalami tegangan tambahan guna menghasilkan regangan tambahan pada profil. Dalam perencanaan, kondisi seperti ini sudah tidak terlalu penting dalam perhitungan dikarenakan deformasi yang terjadi pada profil baja sudah terlalu besar. Dengan kata lain, kondisi ini adalah detik-detik material akan mengalami kegagalan dikarenakan kapasitas material telah dilewati.

2.3 Desain Kekuatan Berdasarkan LRFD (*Load and Resistance Factor Design*)

Konsep LRFD digunakan dalam spesifikasi di AISC (*American Institute of Steel Construction*), dimana konsep desain ini memperhitungkan kondisi batas, yang merupakan kondisi maksimum yang dapat diberikan suatu penampang yang berada di luar batas elastis (inelastis).

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban LRFD. Desain harus dilakukan sesuai dengan persamaan :

$$R_u \leq \phi R_n \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

R_u = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban.

ϕ = Faktor Ketahanan

R_n = Kekuatan Nominal

ϕR_n = Kekuatan desain

Pada LRFD, beban yang digunakan adalah beban ultima, dimana beban yang bekerja dikalikan dengan faktor beban sehingga menghasilkan beban yang lebih besar dari beban yang diterima struktur. Selain faktor beban, pada LRFD juga menggunakan faktor ketahanan ϕ yang besarnya ditentukan oleh jenis gaya yang bekerja, apakah batang mengalami gaya tarik, tekan, lentur, atau geser.

2.4 Pembebanan Struktur

Beban merupakan gaya luar yang bekerja pada suatu komponen struktur. Pembebanan ini merupakan salah satu faktor penentu perencanaan struktur, dimana apabila beban yang ada melebihi beban yang direncanakan akan berakibat fatal pada bangunan. Sebagai contoh adalah kasus runtuhnya Jembatan Air Lingsing di Desa Tanjung Aur, Kikim Tengah, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan (Dewabroto, 2016). Jembatan rangka dengan bentang 50 m tersebut runtuh akibat kelebihan beban, dimana kapasitas jembatan sebesar ± 125 ton tetapi dilewati kendaraan dengan beban 200 ton secara bersamaan. Berdasarkan SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, bangunan gedung dan struktur lain yang dirancang berdasarkan material standar atau spesifikasi tertentu, harus dirancang dengan kombinasi beban yang telah ditetapkan sebagai berikut.

2.4.1 Beban mati

Dalam SNI 1727-2013 Pasal 3.1.1 Beban mati yaitu berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, *cladding* gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya. Selain itu, juga harus diperhatikan berat peralatan tetap yang digunakan dalam bangunan gedung seperti plumbing, mekanikal elektrik, dan alat pemanas, ventilasi, dan sistem pengondisian udara.

Beban mati diperoleh dengan memperhitungkan berat sendiri dari material yang dipakai, diantaranya adalah berat isi beton, berat isi baja, berat atap, dan sebagainya.

Seorang *engineer* yang berpengalaman akan dapat mengestimasi beban maupun dimensi profil pada struktur dengan lebih mendekati kenyataan sehingga dapat menghemat waktu untuk membuat perulangan desain karena estimasi yang kurang baik (McCormac & Cernak, 2012). Adapun untuk jenis dan berat sendiri beban mati dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Beban Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Bahan Bangunan	Berat	Satuan
Baja	7850	Kg/m ³
Beton	2200	Kg/m ³
Beton Bertulang	2400	Kg/m ³
Kayu (Kelas 1)	1000	Kg/m ³
Pasir (Kering Udara)	1600	Kg/m ³
Komponen Gedung		
Adukan, per cm tebal :		
- dari semen	21	Kg/m ²
- dari kapur, semen merah atau tras	17	Kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal Dinding Pas. Bata merah :	14	Kg/m ²
- satu batu	450	Kg/m ²
- setengah batu	250	Kg/m ²
Dinding pasangan batako :		
Berlubang :		
- tebal dinding 20 cm (HB 20)	200	Kg/m ²
- tebal dinding 10 cm (HB 10)	120	Kg/m ²
Tanpa lubang		
- tebal dinding 15 cm	300	Kg/m ²
- tebal dinding 10 cm	200	Kg/m ²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :		
- semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11	Kg/m ²
- kaca, dengan tebal 3 – 4 mm	10	Kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m	40	Kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,8 m	7	Kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan	50	Kg/m ²

usuk/kaso per m ² bidang atap		
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40	Kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10	Kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24	Kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11	Kg/m ²

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG), Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (1983)

2.4.2 Beban hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup tersebut merupakan beban maksimum yang terjadi akibat penggunaan bangunan gedung, dimana nilainya tidak boleh kurang dari beban rerata minimum yang telah ditetapkan.

Tabel 2.4 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o , dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat dilantai)	100 (4,79)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
Panggung pertemuan	100 (4,79)	
Lantai podium	100 (4,79)	
Koridor		
Lantai pertama	100 (4,79)	
Lantai lain		
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Garasi/parkir		
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	

Truk/bus		
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,5)

Sumber : SNI 1727:2013, Badan Standarisasi Nasional (2013)

2.4.3 Beban hidup atap

Menurut SNI 1727-2013 Pasal 4.1 definisi dari beban hidup atap ialah beban pada atap yang diakibatkan :

1. Pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material
2. Selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak, seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian.

2.4.4 Beban gempa

Dalam perencanaan struktur gedung, pengaruh gempa rencana harus ditentukan sedemikian rupa sehingga memberikan pengaruh yang terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan sistem struktur gedung secara keseluruhan. Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa I_e , menurut Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan nongedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain : - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen / rumah susun - Pusat perbelanjaan / mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain : - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain : - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas	III

manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana 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 dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk : - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedan dan unit gawat darurat. - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat. - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya. - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, 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. Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV	IV

Sumber : SNI 1726-2019, Badan Standarisasi Nasional (2019)

Tabel 2.6 Tabel Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726-2019, Badan Standarisasi Nasional (2019)

2.4.5 Beban angin

Pengertian beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 .

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727:2013 Tabel 27.2-1 halaman 64, dalam menentukan tekanan angin tipe SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama) adalah dengan melalui beberapa langkah, yaitu:

1. Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain.
2. Menentukan kecepatan angin dasar, V (m/s), untuk kategori resiko yang sesuai.
3. Menentukan parameter beban angin:
 - Faktor arah angin, K_d
 - Kategori eksposur
 - Faktor topografi, K_{zt}
 - Faktor efek tiupan angin, G
 - Klasifikasi tertutupan
 - Koefisien tekanan internal, $G_{C_{pi}}$
4. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h .
5. Menentukan tekanan velositas q , atau q_h (N/m^2).
6. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N .
7. Hitung tekanan angin, p (N/m^2), pada setiap permukaan bangunan gedung.

Tabel 2.7 Faktor Arah Angin K_d

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin, K_d
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong Asap, Tangki, dan Struktur yang Sama	
Segi Empat	0,90
Segi Enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka isi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Sumber : SNI 1727-2013, Badan Standarisasi Nasional (2013)

2.5 Menentukan Klasifikasi Situs

Menurut SNI 1726-2019 pasal 5.3 klasifikasi kelas situs dibagi menjadi 6 diantaranya SA, SB, SC, SD, SE dan SF. Kelas situs tersebut meliputi batuan keras batuan, tanah keras, sangat padat dan batuan lunak, tanah sedang, tanah lunak, dan tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik dan analisis respon spesifik. Kelas situs tersebut didefinisikan seperti pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (butiran)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :		

	1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\overline{Su} < 25$ kPa
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\overline{Su} < 50$ kPa

Keterangan : N/A = tidak dapat dipakai

Sumber : SNI 1726-2019, Badan Standarisasi Nasional (2019)

2.6 Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v

Untuk menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v Menurut SNI 1726-2019 pasal 6.2 koefisien situs F_a (faktor amplifikasi terkait percepatan pada getaran perioda pendek) dan F_v (faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik) harus mengikuti Tabel 2.9 dan Tabel 2.10.

Tabel 2.9 Koefisien Situs, F_a

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

CATATAN : SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Sumber : SNI 1726-2019, Badan Standarisasi Nasional (2019)

Tabel 2.10 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 \leq 0,3$	$S_1 \leq 0,4$	$S_1 \leq 0,5$	$S_1 \leq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

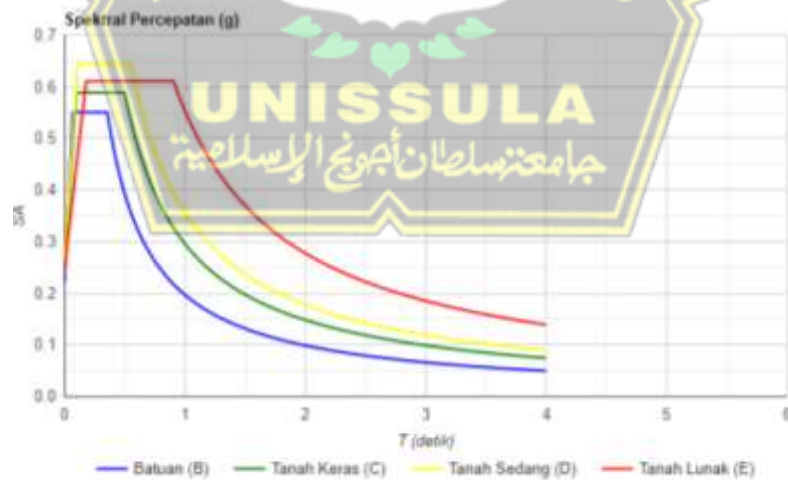
CATATAN : SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Sumber : SNI 1726-2019, Badan Standarisasi Nasional (2019)

2.7 Menentukan Respon Spektra Desain

Nilai respon spektra didapat dari desain spektra Indonesia yang dapat diakses melalui website pusat penelitian dan pengembangan penelitian yaitu puskim.pu.go.id.

Dibawah ini dapat dilihat contoh respon desain yang didapat dari website pusat penelitian dan pengembangan penelitian.



Gambar 2.2 Respon Spektra Desain
(sumber : [Puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id))

Sementara untuk perhitungan manual, ada beberapa hal yang harus dihitung untuk mendapatkan kurva respon spektrum. Hal-hal tersebut adalah sebagai berikut:

Nilai $T < T_0$, maka nilai S_a adalah

$$S_a = 0,4 \times S_{DS} \dots\dots\dots(2.2)$$

Nilai $T_0 \leq T \leq T_s$, maka nilai S_a adalah

$$S_a = S_{DS} \dots\dots\dots(2.3)$$

Nilai $T_s \leq T \leq T_L$, maka nilai S_a adalah

$$S_a = S_{D1}/T \dots\dots\dots(2.4)$$

Nilai $T_L \leq T$, maka nilai S_a adalah

$$S_a = S_{D1} \times T_L/T^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

$$T_0 = 0,2 S_{D1}/S_{DS} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$T_s = S_{D1}/S_{DS} \dots\dots\dots(2.7)$$

2.8 Menentukan Sistem Struktur dan Parameter Sistem

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan pada Tabel 2.11. Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda diizinkan untuk digunakan menahan gaya seismik di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d , dan Ω harus diterapkan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Faktor Koefisien Modifikasi Respon (R) untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10*	TI*	TI*
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ⁱ	TI ⁱ	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus ^h	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ⁱ	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

Sumber : SNI 1726-2019, Badan Standarisasi Nasional (2019)

2.9 Kombinasi Pembebanan

Ada tujuh kombinasi beban yang digunakan dalam metode desain kekuatan, dimana D (beban mati), L (beban hidup), L_r (beban hidup atap), S (beban salju), R (beban hujan), W (beban angin), dan E (beban gempa). Kombinasi pembebanan tersebut yaitu :

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

Untuk kombinasi pembebanan nomor 5 dan 7 dengan beban gempa diatur oleh SNI 1726:2019 pasal 7.4, faktor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal, dan beban gempa nominal, yaitu sebagai berikut :

1. $(1,2 + 0,2 S_{DS})D_L + 1L_L \pm 0,3 \rho E_x \pm 1 \rho E_y$
2. $(1,2 + 0,2 S_{DS})D_L + 1L_L \pm 1 \rho E_x \pm 0,3 \rho E_y$
3. $(0,9 + 0,2 S_{DS})D_L \pm 0,3 \rho E_x \pm 1 \rho E_y$
4. $(0,9 + 0,2 S_{DS})D_L \pm 1 \rho E_x \pm 0,3 \rho E_y$

Keterangan :

D_L = Beban mati

L_L = Beban hidup

L_r = Beban hidup atap

R = Beban hujan

W = Beban angin

E_x = Beban gempa arah = x

E_y = Beban gempa arah = y

ρ = Faktor redundansi

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

2.10 Kategori Desain Seismik

Untuk mendapatkan kategori desain seismik dapat dilakukan dengan 2 cara berdasarkan S_{DS} dan S_{D1} . Untuk mendapatkan S_{DS} dan S_{D1} ditentukan dan dipilih dengan kategori resiko yang paling besar. Semakin tinggi hasil huruf maka semakin resiko gempanya harus diperhitungkan.

Tabel 2.12 Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{DS}

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

Sumber : SNI 1726 – 2019, Badan Standarisasi Nasional (2019)

Tabel 2.13 Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}

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

Sumber : SNI 1726 – 2019, Badan Standarisasi Nasional (2019)

2.11 Waktu Getar Alami Struktur

Waktu getar alami struktur merupakan parameter penting yang harus didapatkan terutama untuk mendesain bangunan tahan gempa. Hasil periode getar tidak boleh melebihi hasil kali koefisien untuk periode yang dihitung dan nilai T_a ditentukan dari nilai empiris yang telah ditentukan.

$$T < C_u \times T_a \dots\dots\dots(2.8)$$

Periode fundamental pendekatan (T_a) harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan,

h_n = ketinggian bangunan dari lantai terbawah sampai lantai tertinggi (m)

T = Periode fundamental struktur

Nilai C_u dapat ditentukan melalui Tabel 2.14 dan nilai x dapat ditentukan dengan melihat Tabel 2.15.

Tabel 2.14 Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}

Parameter percepatan respon spektra desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien Pembatas (C_u)
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 1726 – 2019, Badan Standarisasi Nasional (2019)

Tabel 2.15 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang diisyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : SNI 1726 – 2019, Badan Standarisasi Nasional (2019)

Jika periode alami struktur diperoleh dari hasil analisis menggunakan *software* (T_c), maka periode getar alami struktur (T) harus ditentukan dengan persamaan seperti dibawah :

$T_c < T_a$, maka yang diambil adalah perhitungan manual yaitu T_a .

$T_a < T_c < C_u \times T_a$, maka yang diambil adalah perhitungan *software* yaitu T_c .

$C_u \times T_a < T_c$, maka yang diambil adalah perhitungan pendekatan yaitu $C_u \times T_c$.

2.12 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai perlu dihitung sehingga nantinya dapat diketahui perbedaan defleksi dari tingkat terbawah sampai teratas yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$\delta = \frac{C_d \cdot \delta_e}{I_e} \dots \dots \dots (2.10)$$

dengan :

C_d = faktor pembesaran defleksi

δ_e = defleksi pada lokasi lantai yang ditinjau yang diakibatkan gaya gempa lateral

I_e = faktor keutamaan gedung



Gambar 2.3 Simpangan Antar Tingkat
(sumber : SNI 1726-2019)

Simpangan antar tingkat tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin seperti yang tercantum dalam Tabel 2.16.

Tabel 2.16 Simpangan Antar Tingkat

Struktur	Kategori resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025 h_{sx}$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

sumber : SNI 1726-2019, Badan Standarisasi Nasional (2019)

2.13 Gaya Geser Dasar Gempa

Sebelum menghitung gaya geser dasar gempa, terlebih dahulu harus mengetahui sistem struktur yang digunakan pada bangunan. Sistem struktur dapat ditentukan dari tabel faktor koefisien modifikasi respon (R) untuk sistem penahan gaya gempa.

Gaya geser gempa dapat dihitung dengan persamaan :

$$V = C_S \times W \dots\dots\dots(2.11)$$

Besaran koefisien respon seismik (C_S) dapat dihitung dengan cara :

$$C_S = S_{DS} / (R/I_e) \dots\dots\dots(2.12)$$

Jika $T \leq T_L$, maka nilai C_S :

$$C_S = S_{DS}/T(R/I_e) \dots\dots\dots(2.13)$$

Jika $T > T_L$, maka nilai C_S :

$$C_S = S_{DS}.T_L/T^2(R/I_e) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dari semua nilai tersebut tidak boleh dari rumus berikut :

$$C_S = 0,0445.S_{DS}.I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots(2.15)$$

Bila S_1 sama dengan atau lebih besar daripada 0,6 g maka tidak boleh kurang dari rumus berikut :

$$C_S = 0,5.S_1/(R/I_e) \dots\dots\dots(2.16)$$

Gaya geser dasar gempa ini kemudian didistribusikan ke semua lantai bangunan menjadi gempa lateral (F_x) dengan rumus :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \dots\dots\dots(2.17)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^2}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN).

w_i dan w_x = bagian berat sesismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x .

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m).

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai sebagai berikut :

untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$

untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$

untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.14 Pengaruh P-Delta

Pengaruh P -delta pada geser dan momen tingkat, gaya, dan momen elemen struktur yang dihasilkan dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul oleh pengaruhnya tidak di isyaratkan untuk diperhitungkan apabila koefisien stabilitas (θ) menurut persamaan berikut ini sama dengan atau kurang dari 1,0 :

$$\theta = \frac{P_x \Delta_e I_e}{V_x h_{sx} C_d} \dots\dots\dots(2.19)$$

dengan :

θ = koefisien stabilitas

P_x = beban desain total

Δ = simpangan antar lantai tingkat desain

I_e = faktor keutamaan gedung

V_x = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan $x-1$

h_{sx} = tinggi tingkat

C_d = faktor pembesaran defleksi

Koefisien stabilitas (θ) harus tidak melebihi $\theta_{\max}$ yang ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\theta_{\max} = \frac{0,5}{\beta \cdot C_d} \dots \dots \dots (2.20)$$

dengan :

$\theta_{\max}$ = koefisien stabilitas maksimum

β = rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat x dan x-1.

Rasio ini diijinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0

C_d = faktor pembesaran defleksi

Jika koefisien stabilitas (θ) lebih besar dari 0,10 maka *story drift design* dan *story shear design* harus dikalikan dengan faktor $1,0/(1-\theta)$.

Jika θ lebih besar dari $\theta_{\max}$, struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang.

2.15 Perencanaan Struktur Baja

2.15.1 Batang tekan

Suatu batang yang mengalami tekan dapat mengalami tekuk lokal dan tekuk global. Tekuk lokal adalah tekuk yang terjadi pada elemen penampang (sayap atau badan profil) akibat gaya tekan yang bekerja, sedangkan tekuk global adalah tekuk yang dialami batang secara memanjang atau longitudinal.

Jika elemen penampang cenderung langsing dengan panjang kolom yang pendek, maka batang tekan akan mengalami tekuk lokal. Namun, bila elemen penampang relatif tebal dengan panjang yang relatif panjang, maka batang tekan akan mengalami tekuk global.

Kekuatan tekan nominal, P_n suatu batang harus diambil dari nilai terendah yang diperoleh berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk torsi-lentur.

$$P_u \leq \phi_c \cdot P_n \dots \dots \dots (2.21)$$

dengan :

P_u = Gaya tekan aksial terfaktor (N)

$\phi_c = 0,90$

Untuk perencanaan batang tekan klasifikasi non langsing, besarnya kuat tekan nominal, P_n harus ditentukan dengan persamaan :

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \dots\dots\dots(2.22)$$

dimana :

A_g = Luas bruto dari komponen struktur (mm^2)

F_{cr} = Tegangan kritis (MPa)

Nilai tegangan kritis (F_{cr}) pada persamaan diatas ditentukan dengan batasan sebagai berikut :

Jika $\frac{L_c}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$)

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] \cdot F_y \dots\dots\dots(2.23)$$

Jika $\frac{L_c}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$)

$$F_{cr} = 0,877 F_e \dots\dots\dots(2.24)$$

Dengan tegangan tekuk kritis elastis,

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \dots\dots\dots(2.25)$$

Untuk menentukan rasio tebal terhadap lebar dan batasan rasio elemen langsing/non langsing dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Rasio Tebal Terhadap Lebar

No	Deskripsi Elemen	Rasio Lebar Tebal (λ)	Batasan Rasio Lebar Terhadap Tebal λr (non langsing/langsing)
1.	Sayap dari profil I gilas panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I gilas panas, kaki berdiri	$\frac{b}{t}$	$0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

	bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap kanal, dan sayap T		
2.	Sayap profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun	$\frac{b}{t}$	$0,64 \sqrt{\frac{KcE}{F_y}}$ $Kc = 4\sqrt{h/tw}$ $0,35 \leq kc \leq 0,76$
3.	Kaki siku tunggal, kaki siku ganda dengan pemisah dan semua elemen tak diperkaku lainnya	$\frac{b}{t}$	$0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
4.	Badan T	$\frac{b}{t}$	$0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
5.	Badan profil I simetris ganda dan penampang profil I tersusun dan kanal	$\frac{b}{t}$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
6.	Dinding PSR persegi panjang	$\frac{b}{t}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
7.	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara baris-baris pengencang atau las	$\frac{b}{t}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
8.	Semua elemen diperkaku lainnya	$\frac{b}{t}$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
9.	PSR bulat	$\frac{D}{t}$	$0,11 \frac{E}{F_y}$

Sumber : SNI 1729 – 2015, Badan Standarisasi Nasional (2015)

Nilai faktor panjang efektif atau panjang tekuk dipengaruhi oleh jenis tumpuan dan panjang batang elemen struktur yang mengalami gaya aksial tekan.

Tabel 2.18 Faktor Panjang Efektif atau Faktor Panjang Tekuk (K)

Approximate Values of Effective Length Factor, K						
Bentuk tekuk kolom digambarkan dengan garis putus-putus						
K teoritis	0.50	0.70	1.00	1.00	2.00	2.00
K desain	0.65	0.80	1.20	1.00	2.10	2.00
Jenis Tumpuan	 : Jepit : Sendi			 : Rol : Ujung Bebas		

Sumber : AISC 2010

Atau juga dapat menggunakan nomogram dan dengan nilai G_A dan G_B ditentukan dengan rumus berikut :

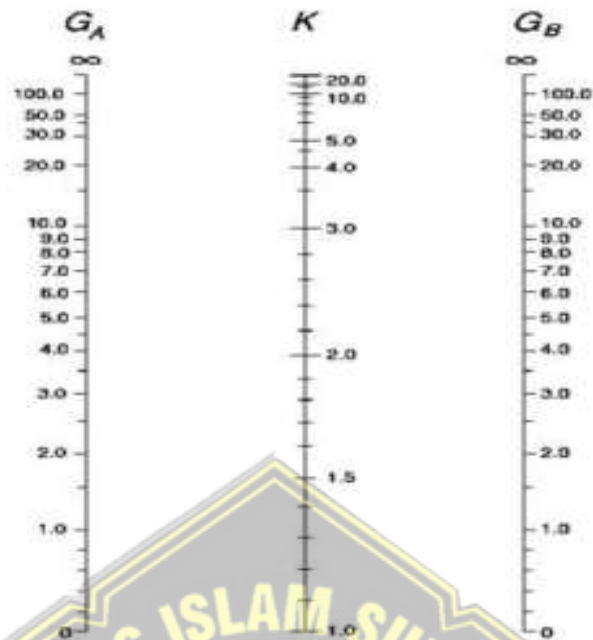
$$G_A = \frac{\sum EI/L_{kolom}}{\sum EI/L_{balok}} \text{ (di ujung kolom atas)(2.26)}$$

$$G_B = \frac{\sum EI/L_{kolom}}{\sum EI/L_{balok}} \text{ (di ujung kolom bawah)(2.27)}$$

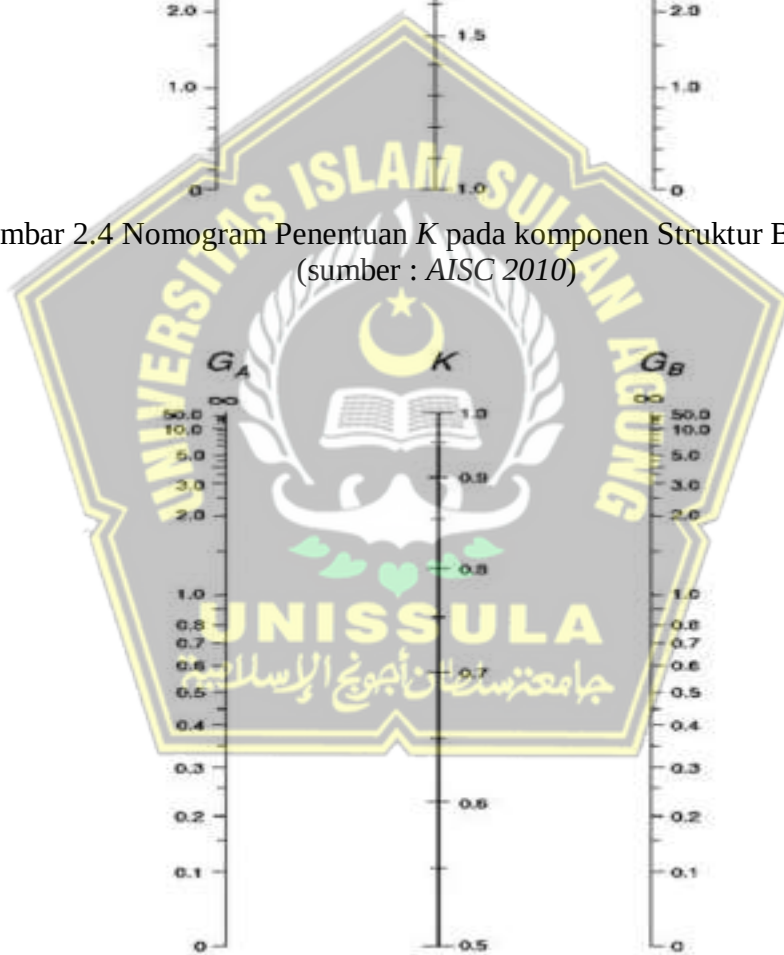
dimana :

E = Modulus Elastisitas Baja

I = Momen Inersia Baja



Gambar 2.4 Nomogram Penentuan K pada komponen Struktur Bergoyang
(sumber : AISC 2010)



Gambar 2.5 Nomogram Penentuan K pada komponen Struktur Tak Bergoyang
(sumber : AISC 2010)

2.15.2 Batang lentur

Batang lentur adalah elemen struktur yang memikul beban tegak lurus dengan sumbu memanjang (longitudinal). Perilaku elemen lentur didominasi oleh momen lentur dan gaya geser, yang besarnya tergantung dengan kondisi perletakan (*boundary condition*) pada ujung elemen tersebut. Pada struktur baja, profil tipe *WF* biasanya dipilih dalam perencanaan batang lentur karena mempunyai nilai ekonomis yang tinggi jika dibandingkan dengan jenis profil yang lain.

Balok biasa dan balok tinggi mempunyai perilaku yang berbeda dalam menahan beban yang terjadi akibat adanya perbedaan rasio bentang terhadap tingginya (L/h), dimana pada balok biasa beban dialihkan dengan mekanisme lentur. Pada balok tinggi, beban dialihkan menjadi diagonal gaya tekan (*strut*) di sisi atas, dan gaya tarik (*tie*) di sisi bawah tanpa terjadinya efek lentur (Dewabroto, 2016).

Konsep perencanaan dari elemen lentur mengacu pada konsep *Load Resistance Factor Design* (LRFD), dinyatakan sebagai berikut :

$$M_u \leq \phi_b \cdot M_n \dots\dots\dots (2.28)$$

dimana :

ϕ = Faktor reduksi untuk lentur = 0,90

M_n = Kuat lentur nominal balok

M_u = Gaya dalam ultima (momen)

M_n diambil berdasarkan nilai dari tegangan leleh minimum yang disyaratkan F_y (Ksi atau MPa) yang dikalikan dengan modulus penampang plastis terhadap sumbu X, Z_x (in^3 atau mm^3).

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \dots\dots\dots (2.29)$$

Dalam perhitungan tahanan momen nominal dibedakan antara penampang kompak, dan tidak kompak, dan langsing seperti halnya pada batang tekan. Batasan kompak, tidak kompak, dan langsing pada badan (*web*) dapat dilihat pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Klasifikasi Elemen yang Memikul Lentur

No	Elemen	Rasio Lebar-Tebal	λ_p (kompak/nonkompak)	λ_r (nonkompak/langsing)
1.	Sayap profil gilas I-WF, kanal, dan Tee	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
2.	Sayap profil tersusun I-WF simetri ganda dan tunggal	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,95 \sqrt{\frac{KcE}{FL}}$
3.	Lengan profil siku tunggal	b/t	$0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
4.	Sayap profil I-WF dan kanal pada lentur pada sumbu lemah	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
5.	Lengan profil Tee	d/t	$0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,52 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
6.	Badan profil I simetris ganda dan kanal	h/tw	$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
7.	Badan dari I simetris tunggal	hc/tw	$\frac{hc}{hp} \sqrt{\frac{E}{F_y}} / (0,54 \frac{Mp}{My} - 0,09)^2 \leq \lambda_r$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
8.	Sayap PSR persegi panjang	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
9.	Sayap pelat penutup dan pelat diafragma antara alat sambung	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
10.	Badan PSR persegi	h/t	$2,42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

	panjang dan boks			
11.	Pipa (PSR bundar)	D/t	$0,07 \frac{E}{F_y}$	$0,31 \frac{E}{F_y}$
12.	Sayap dari penampang boks	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

Sumber : AISC-2016

Terkait kekuatan geser dari elemen lentur yang memiliki sumbu simetris tunggal atau ganda serta profil kanal, perencanaan kekuatan geser dapat dihitung dengan rumus :

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \dots\dots\dots(2.30)$$

dimana :

V_n = Kekuatan geser nominal (N).

A_w = Luasan badan profil (mm^2).

C_v = Koefisien geser badan

Untuk memperoleh nilai geser nominal (V_n), analisa geser dibagi menjadi 2 kondisi sesuai dengan keadaan penampang yang dimana nilai C_v akan berbeda-beda, antara lain :

a. Untuk kondisi dimana bagian badan (Web) profil WF (Hot-rolled) :

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Maka berlaku ketentuan :

$$\phi = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,00$$

b. Untuk badan dari semua profil simetris ganda dan profil simetris tunggal serta kanal lainnya, ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} ; \text{ maka nilai}$$

$$C_v = 1,00 \dots\dots\dots(2.31)$$

$$\text{Bila } 1,10 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} ; \text{ maka nilai}$$

$$C_v = \frac{1,10\sqrt{K_v E / f_y}}{h/t_w} \dots\dots\dots(2.32)$$

Bila $\frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$; maka nilai

$$C_v = \frac{1,5 \times K_v \times E}{(\frac{h}{t_w})^2 \times f_y} \dots\dots\dots(2.33)$$

dimana :

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut/las sudut (mm)

t_w = Ketebalan badan (mm)

Untuk memperoleh koefisien tekuk geser pengaku transversal pelat badan, K_v , didalam SNI 1729-2015 mengatur sebagai berikut :

- Untuk badan tanpa pengaku transversal dan dengan $\frac{h}{t_w} \leq 260$, maka :

$$K_v = 5 \dots\dots\dots(2.34)$$

- Untuk badan dengan pengaku transversal :

$$K_v = 5 + \frac{5}{(\frac{a}{h})^2} \dots\dots\dots(2.35)$$

$K_v = 5$; bila $a/h > 3,0$ atau $a/h > [\frac{260}{(\frac{h}{t_w})}]^2$

dimana a adalah jarak bersih antara pengaku transversal (mm).

2.15.3 Tekuk torsi lateral / *Lateral Torsion Buckling* (LTB)

Dalam analisa LTB, jarak antara pengaku lateral yang direncanakan pada balok sangat berperan penting. Dengan kata lain, banyaknya pengaku lateral sangat mempengaruhi perilaku balok saat mengalami *lateral torsion buckling*. Analisa LTB dibagi dalam beberapa kategori berdasarkan jarak L_b .

1. Bila $L_b < L_p$, maka momen nominalnya adalah sama dengan momen plastis penampang yaitu :

$$M_p = Z_x \times f_y \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana : M_p = Momen plastis (kN.m)

S_x = Modulus penampang kondisi elastis pada sumbu x

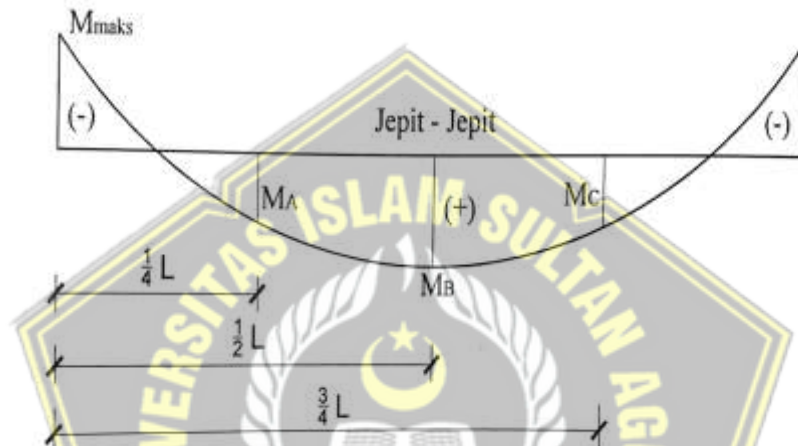
Z_x = Modulus penampang kondisi plastis pada sumbu x

2. Bila $L_p < L_b < L_r$, maka momen nominalnya harus dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$M_n = C_b [M_p - (M_p - 0,7f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)] \leq M_p \dots\dots\dots(2.37)$$

Untuk memperoleh nilai momen pada persamaan diatas, perlu dilakukan perhitungan parameter pendukung, antara lain :

- Parameter C_b : Faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen, seperti terlihat pada gambar



Gambar 2.6 Diagram Momen Balok Perletakan Jepit-Jepit
(sumber : Yudha Lesmana, 2019)

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \dots\dots\dots(2.38)$$

M_{maks} = Nilai mutlak momen maksimum pada elemen lentur

M_A = Nilai mutlak momen pada $\frac{1}{4}$ bentang elemen struktur lentur

M_B = Nilai mutlak momen pada $\frac{1}{2}$ bentang elemen struktur lentur

M_C = Nilai mutlak momen pada $\frac{3}{4}$ bentang elemen struktur lentur

- Parameter L_p : Panjang bentang maksimum untuk balok yang mampu menerima momen plastis

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots(2.39)$$

- Parameter L_r : Panjang bentang minimum untuk balok yang kekuatannya mulai ditentukan oleh momen kritis tekuk torsi lateral.

$$L_r = 1,95 \times r_{ts} \times \frac{E}{0,7f} \sqrt{\frac{J \times C}{S_x \times h_0} + \sqrt{\left(\frac{J \times C}{S_x \times h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 f_y}{E}\right)^2}}. (2.40)$$

2.16 Sambungan Baut

2.16.1 Ukuran dan lubang baut

Terdapat beberapa jenis baut yang umum digunakan sebagai alat sambung pada konstruksi baja, yaitu :

1. *Unfinished bolts* atau biasanya disebut *ordinary bolts* atau *common bolts*. Bila mengacu pada ASTM dan SNI 1729-2015, baut jenis ini disebut baut A307. Pada umumnya jenis baut ini digunakan pada struktur ringan (*light structure*) atau pada elemen struktur sekunder. Hal ini dikarenakan kekuatan baut A307 lebih kecil dibandingkan baut mutu tinggi.
2. *High strength bolts* merupakan baut bermutu tinggi yang memiliki kekuatan tarik 2 kali atau lebih dari *unfinished bolts*. Penggunaan baut jenis ini biasa digunakan mulai dari struktur kecil hingga gedung pencakar langit dan juga *monumental bridges*.

Adapun jenis-jenis baut beserta nilai kuat nominalnya dapat dilihat pada Tabel 2.20, Tabel 2.21 dan Tabel 2.22.

Tabel 2.20 Kuat Nominal baut

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, F_{nt} , Ksi (MPa)	Kekuatan Geser Nominal, F_{nv} , Ksi (MPa)
Baut A307	45 (310)	27 (186)
Baut A325	90 (620)	54 (372)
Baut A325	90 (620)	68 (469)
Baut A490	113 (780)	68 (469)
Baut A490	113 (780)	84 (579)

Sumber : SNI 1729-2015, Badan Standarisasi Nasional (2015)

Tabel 2.21 Ukuran Diameter Baut (mm) dan Gaya Tarik Minimum (kN)

Diameter Baut (mm)	Kelompok A (misal, Baut A325)	Kelompok B (Misal, Baut A490)
16	91	114
20	142	179
22	176	221
24	205	257
27	267	334
30	326	408
36	475	595

Sumber : SNI 1729-2015, Badan Standarisasi Nasional (2015)

Tabel 2.22 Dimensi Lubang Nominal (mm)

Diameter baut	Dimensi Lubang			
	Standar (Diameter)	Ukuran Berlebihan (Diameter)	Standar (Diameter)	Slot Panjang (Lebar x Panjang)
16	18	20	18 x 22	18 x 40
20	22	24	22 x 26	22 x 50
22	24	28	24 x 30	24 x 55
24	27	30	27 x 32	27 x 60
27	30	35	30 x 37	30 x 67
30	33	38	33 x 40	33 x 75
≥ 36	$d+3$	$d+3$	$(d+3) \times (d+10)$	$(d+3) \times 2,5d$

Sumber : SNI 1729-2015, Badan Standarisasi Nasional (2015)

Dalam pemasangan sambungan baut yang tidak kalah penting yaitu jarak antar baut dan jarak baut ke sisi tepi profil. Jarak minimum baut ke tepi dibutuhkan agar jarak baut tidak terlalu dekat dengan bagian tepi sehingga bisa menimbulkan sobek pada profil baja.

Tabel 2.23 Jarak Tepi Minimum Baut (mm)

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

Sumber : SNI 1729-2015, Badan Standarisasi Nasional (2015)

Untuk jarak spasi maksimum baut dari bagian tepi harus 12 kali ketebalan dari bagian yang disambung, namun tidak boleh melebihi 150 mm. Sedangkan jarak maksimum antar baut dibagi menjadi dua bagian :

- Untuk komponen struktur yang dicat atau yang tidak dicat yang tidak menahan korosi, maka spasi tidak boleh melebihi 24 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 305 mm.
- Untuk komponen struktur tidak dicat dari baja yang berhubungan dengan cuaca yang menahan korosi atmosferic, spasi tidak boleh melebihi 14 kali ketebalan tertipis atau 180 mm.

2.16.2 Kekuatan baut

Berdasarkan SNI 1729-2015, suatu baut yang memikul gaya terfaktor harus memenuhi syarat berikut :

$$R_u \leq \phi \cdot R_n \dots\dots\dots(2.41)$$

dimana :

R_u = Gaya terfaktor yang terjadi pada baut (N).

R_n = Kekuatan nominal baut.

ϕ = Faktor ketahanan baut, berbeda untuk setiap kasus.

Terdapat beberapa jenis kekuatan nominal baut, tergantung pada jenis gaya yang bekerja (geser dan tarik) dan tipe sambungan (tipe tumpu dan slip kritis).

2.16.3 Kekuatan geser baut

Kekuatan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser memenuhi persamaan :

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b \dots \dots \dots (2.42)$$

dimana :

R_n = Kekuatan nominal baut (N).

F_{nv} = Tegangan geser nominal baut (MPa).

A_b = Luas bruto penampang baut (mm^2).

ϕ = Faktor ketahanan baut, besarnya 0,75.

2.16.4 Kekuatan tarik baut

Baut yang memikul gaya tarik kekuatan nominalnya dihitung dengan rumus :

$$R_n = F_{nt} \cdot A_b \dots \dots \dots (2.43)$$

dimana :

R_n = Kekuatan nominal baut (N).

F_{nt} = Tegangan geser nominal baut (MPa).

A_b = Luas bruto penampang baut (mm^2).

2.16.5 Kekuatan tumpu dan sobek lubang baut

Tahanan tumpu nominal tergantung pada kondisi terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung. Kekuatan sambungan yang tersedia harus ditentukan terhadap kekuatan batas tumpu dan sobek.

- a. Untuk baut pada sambungan dengan lubang standar, ukuran berlebih dan slot pendek, tidak tergantung dari arah beban.
 - Tumpu

Apabila deformasi di lubang baut pada beban layan adalah suatu perhitungan desain.

$$R_n = 2,4 \times d \times t \times F_u \dots\dots\dots(2.44)$$

Apabila deformasi di lubang baut pada beban layan adalah bukan suatu perhitungan desain.

$$R_n = 3,0 \times d \times t \times F_u \dots\dots\dots(2.45)$$

- Sobek

Apabila deformasi di lubang baut pada beban layan adalah suatu perhitungan desain.

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t \times F_u \dots\dots\dots(2.46)$$

Apabila deformasi di lubang baut pada beban layan adalah bukan suatu perhitungan desain.

$$R_n = 1,5 \times l_c \times t \times F_u \dots\dots\dots(2.47)$$

- b. Untuk baut pada sambungan dengan lubang slot panjang, dan slot tersebut tegak lurus terhadap arah gaya.

- Tumpu

$$R_n = 2,0 \times d \times t \times F_u \dots\dots\dots(2.48)$$

- Sobek

$$R_n = 1,5 \times l_c \times t \times F_u \dots\dots\dots(2.49)$$

dimana :

F_u = Kuat tarik minimum dari profil yang disambung (MPa).

d = Diameter baut nominal (mm).

l_c = Jarak bersih antar tepi lubang/ tepi profil yang searah gaya.

T = Ketebalan dari material yang disambung (mm).

2.16.6 Baut kekuatan tinggi dalam sambungan slip kritis

Jika baut-baut slip kritis melewati pengisi, semua permukaan yang menahan slip harus dipersiapkan untuk mencapai ketahanan slip desain. Ketahanan slip yang tersedia untuk keadaan batas dari slip harus ditentukan sebagai berikut :

$$R_n = \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times n_s \dots\dots\dots(2.50)$$

Syarat : $\phi \times R_n \geq R_u$

dimana :

μ = Koefisien slip rata-rata untuk permukaan sambungan (0,3 untuk kelas A dan 0,5 untuk kelas B).

D_u = 1,13, rasio rata-rata pratarik baut terhadap pratarik min yang disyaratkan.

T_b = Gaya tarik minimum alat penyambung.

T_u = Gaya tarik dari beban rencana (kN).

h_f = Faktor pengisi sebesar 1,0 untuk satu pengisi antara bagian yang disambung dan 0,85 untuk dua atau lebih pengisi antara bagian yang disambung.

n_s = Jumlah bidang yang slip yang diperlukan untuk mengizinkan sambungan dengan slip.

n_b = Jumlah baut yang menahan gaya tarik.

ϕ = Faktor ketahanan baut 1,0 untuk lubang standar dan slot pendek yang tegak lurus terhadap arah beban. Nilai 0,85 untuk lubang ukuran *oversize* dan slot pendek yang searah gaya dan 0,7 untuk lubang slot panjang.

Dalam kasus khusus, bila tipe sambungan slip kritis menerima kombinasi gaya geser dan tarik, maka kuat nominal perlu dikalikan dengan faktor k_{sc} sebagai berikut :

$$k_{sc} = 1 - \frac{T_u}{D_u \times T_b \times n_b} \dots\dots\dots(2.51)$$

dengan :

T_u = Gaya tarik yang diperlukan menggunakan kombinasi beban (kN)

n_b = Jumlah baut yang menahan gaya tarik yang bekerja

2.17 Sambungan Las

Las adalah proses penyambungan (logam/ non logam) dengan membuat bagian yang disambung melebur menjadi satu kesatuan. Meskipun saat ini sudah banyak las modern yang telah tersedia, namun perkembangan penggunaan las relatif lebih lambat dikarenakan adanya perspektif negatif yang berkembang jika

menggunakan las dapat mengurangi kekuatan *fatigue* dari material baja dibandingkan paku keling (*riveted*) dan baut (*bolt*).

Namun dengan berkembangnya jaman dan juga dengan banyaknya penelitian pada sambungan las kekhawatiran terkait *fatigue* tidak perlu dikhawatirkan lagi karena sambungan las memiliki kekuatan *fatigue* yang baik. Perubahan kondisi ini tentunya dengan ketentuan-ketentuan yang harus dipenuhi oleh pelaksana di lapangan yang harus berdasarkan AWS (*American Welding Society*), antara lain tukang las yang memiliki *skill* (bersertifikat), teknik pengelasan yang baik dan proses pengerjaan yang bagus.

2.17.1 Jenis-jenis sambungan las

Terdapat lima jenis sambungan las, yaitu sambungan sebidang (*butt joint*), sambungan sudut (*corner joint*), sambungan lewatan (*lap joint*), sambungan tegak (*tee joint*), sambungan sisi (*edge joint*).



Gambar 2.7 Jenis Sambungan Las
(sumber : Patel, 2018)

2.17.2 Las tumpul (*Groove Welds*)

Las Tumpul (*groove welds*) dipakai untuk menyambung batang-batang sebidang. Karena las ini harus menyalurkan secara penuh beban yang bekerja, maka las ini harus memiliki kekuatan yang sama dengan batang yang disambunginya. Las tumpul dimana terdapat penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang tebal penuh sambungan dinamakan las tumpul penetrasi penuh.

Sedangkan bila tebal penetrasi lebih kecil dari pada tebal penuh sambungan, dinamakan las tumpul penetrasi sebagian.

Kuat las tumpul penetrasi penuh ditetapkan sebagai berikut:

- a. Bila sambungan dibebani dengan gaya Tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif, maka:

$$\phi \times R_{nw} = 0,90 \times t_e \times f_y \text{ (bahan dasar)(2.52)}$$

$$\phi \times R_{nw} = 0,90 \times t_e \times f_{yw} \text{ (las)(2.53)}$$

- b. Bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif, maka:

$$\phi \times R_{nw} = 0,90 \times t_e \times (0,6 \times f_y) \text{ (bahan dasar) ... (2.54)}$$

$$\phi \times R_{nw} = 0,80 \times t_e \times (0,6 \times f_{uw}) \text{ (las).....(2.55)}$$

Dengan f_y dan f_u adalah kuat leleh dan kuat tarik putus, dimana:

t_e = Tebal efektif las.

R_{nw} = Tahanan nominal per satuan panjang las.

ϕ = Faktor reduksi (0,75).

2.17.3 Las sudut (*Fillet Welds*)

Las sudut merupakan jenis las yang paling sering digunakan di konstruksi dan di industri. Hal ini dikarenakan berdasarkan hasil tes dan penelitian, las sudut lebih kuat dalam memikul beban tarik dan tekan dibandingkan dengan beban geser.

Nilai tebal efektif las dapat diperoleh dengan cara :

- Las sudut sama kaki

$$t_e = 0,707 \times a \text{(2.56)}$$

- Las sudut tidak sama kaki

$$t_e = \frac{a \times b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{(2.57)}$$

Tebal efektif (t_e) ini akan digunakan untuk menghitung luasan las, yaitu dengan cara :

$$A_{we} = t_e \times L \text{(2.58)}$$

dimana :

t_e = Tebal efektif las (mm)

a = Panjang kaki las (mm)

A_{we} = Luasan efektif las (mm)

L = Panjang las (mm)

Ketebalan dari sambungan las sudut perlu diatur terkait ketebalan minimum yang diijinkan guna memastikan kekuatan sambungan yang direncanakan. Untuk ukuran minimum las sudut dapat dilihat pada Tabel 2.24.

Tabel 2.24 Ukuran minimum las sudut

No	Ketebalan profil dari bagian paling tipis yang tersambung (mm)	Ukuran kaki (a) minimum las sudut (mm)
1.	Sampai dengan 6 mm	3
2.	Lebih besar dari 6 mm s/d 13 mm	5
3.	Lebih besar dari 13 mm s/d 19 mm	6
4.	Lebih besar dari 19 mm	8

Sumber : SNI 1729-2015, Badan Standarisasi Nasional (2015)

Sedangkan untuk tebal maksimum las sudut juga diatur dalam SNI 1729-2015. Adapun penjelasannya yaitu :

- Bila tebal profil yang disambung kurang dari 6 mm maka : $a \leq t_{\text{profil}}$
- Bila tebal profil yang disambung sama dengan atau lebih dari 6 mm maka : $a \leq (t_{\text{profil}} - 2 \text{ mm})$

2.17.4 Kuat rencana sambungan las sudut

Nilai kekuatan nominal sambungan las harus diambil nilai terendah dari kuat nominal logam dasar (profil yang disambung) atau kuat nominal logam las. Adapun rumusnya sebagai berikut :

- Kuat nominal logam dasar (profil yang disambung)

$$R_n = F_{nBM} \times A_{BM} \dots \dots \dots (2.59)$$

- Kuat nominal logam las (material las)

$$R_n = F_{nw} \times A_{we} \dots \dots \dots (2.60)$$

dimana :

F_{nBM} = Tegangan nominal dari logam dasar (MPa).

F_{nw} = Tegangan nominal dari logam las/ material las (MPa).

A_{BM} = Luasan penampang logam dasar/profil yang disambung (mm^2)

A_{we} = Luasan efektif las (mm^2)

Untuk las sudut sama kaki rumus kuat nominalnya adalah :

$$F_{nw} = 0,60 \times F_{EXX} \times (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \theta) \dots\dots\dots(2.61)$$

dimana :

F_{EXX} = Kekuatan klasifikasi logam pengisi dari las (MPa).

θ = Sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las (derajat)

Sedangkan bila tidak membentuk sudut maka nilai $\theta = 0$, dan persamaan menjadi :

$$F_{nw} = 0,60 \times F_{EXX} \dots\dots\dots(2.62)$$

$$R_n = 0,60 \times F_{EXX} \times A_{we} \dots\dots\dots(2.63)$$

Kemudian ada las sudut kombinasi las longitudinal dan transversal yang dimana sambungan las melibatkan las arah melintang dan arah memanjang dari arah gaya yang bekerja. Nilai kuat nominal las ini yaitu :

$$R_n = R_{nwl} + R_{nwt} \dots\dots\dots(2.64)$$

atau

$$R_n = 0,85R_{nwl} + 1,5R_{nwt} \dots\dots\dots(2.65)$$

dimana :

R_{nwl} = Kuat nominal las dari las sudut yang dibebani secara longitudinal (searah gaya) (N).

R_{nwt} = Kuat nominal dari las sudut yang dibebani secara transversal (tegak lurus gaya) (N).

BAB III METODOLOGI REDESAIN

3.1 Pengumpulan Data

Data yang didapat melalui pihak-pihak yang bersangkutan secara langsung dengan proyek merupakan data utama yang digunakan untuk merencanakan struktur dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Data tersebut adalah sebagai berikut :

1. Gambar struktur Gedung
2. Data gempa kota Semarang (*Software* Kementerian PU)

3.2 Perencanaan dan Analisis Perhitungan Struktur

Perencanaan dan analisis yang dilakukan hanya pada struktur atas bangunan yaitu kolom, balok, dan pelat lantai dengan memasukkan beban yang telah ditentukan dengan menggunakan peraturan yang berlaku di Indonesia. Tahapan pertama dalam analisis perhitungan struktur adalah menentukan standar atau acuan yang akan dipakai untuk merencanakan struktur bangunan tersebut. Acuan yang dipakai dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Standar yang dipakai
 - a. SNI 1727-2013 (Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain),
 - b. SNI 1729-2015 (Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural),
 - c. SNI 1726-2019 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung).

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data baik berupa data primer dan data sekunder pada Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata yang akan direncanakan. Data diperoleh melalui gambar *Shop Drawing* Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata. Data gambar akan digunakan untuk membuat pemodelan pada *Software* SAP 2000 v14.

3. Keadaan dan Kondisi Tanah

Klasifikasi tanah bergantung pada kecepatan rata-rata gelombang geser dan kuat geser aliran tanah. Berdasarkan parameter tersebut tanah dapat dikategorikan dalam kategori A,B,C,D,E, dan F. Dikarenakan kami tidak memiliki data tanah pada lokasi tersebut, maka untuk data tanah pada lokasi Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata kami asumsikan memiliki tipe tanah lunak (kategori E).

4. Pemodelan Struktur Gedung

Pemodelan struktur gedung dimodelkan berdasarkan peraturan atau acuan yang telah ditentukan. Pemodelan ini menggunakan bantuan *software* SAP 2000 v14.

5. Perhitungan Pembebanan Struktur

Perhitungan pembebanan struktur berupa beban mati struktur, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban atap. Beban mati struktur dapat dihitung secara otomatis oleh *software* dengan cara memberi koefisien 1 pada beban. Perhitungan pembebanan untuk beban mati tambahan, beban hidup dan beban atap dibebankan pada struktur tanpa melibatkan berat sendiri struktur, perhitungan ini pembebanan ini ditentukan berdasarkan peraturan SNI 1727-2013.

6. Perencanaan Respon Spektrum

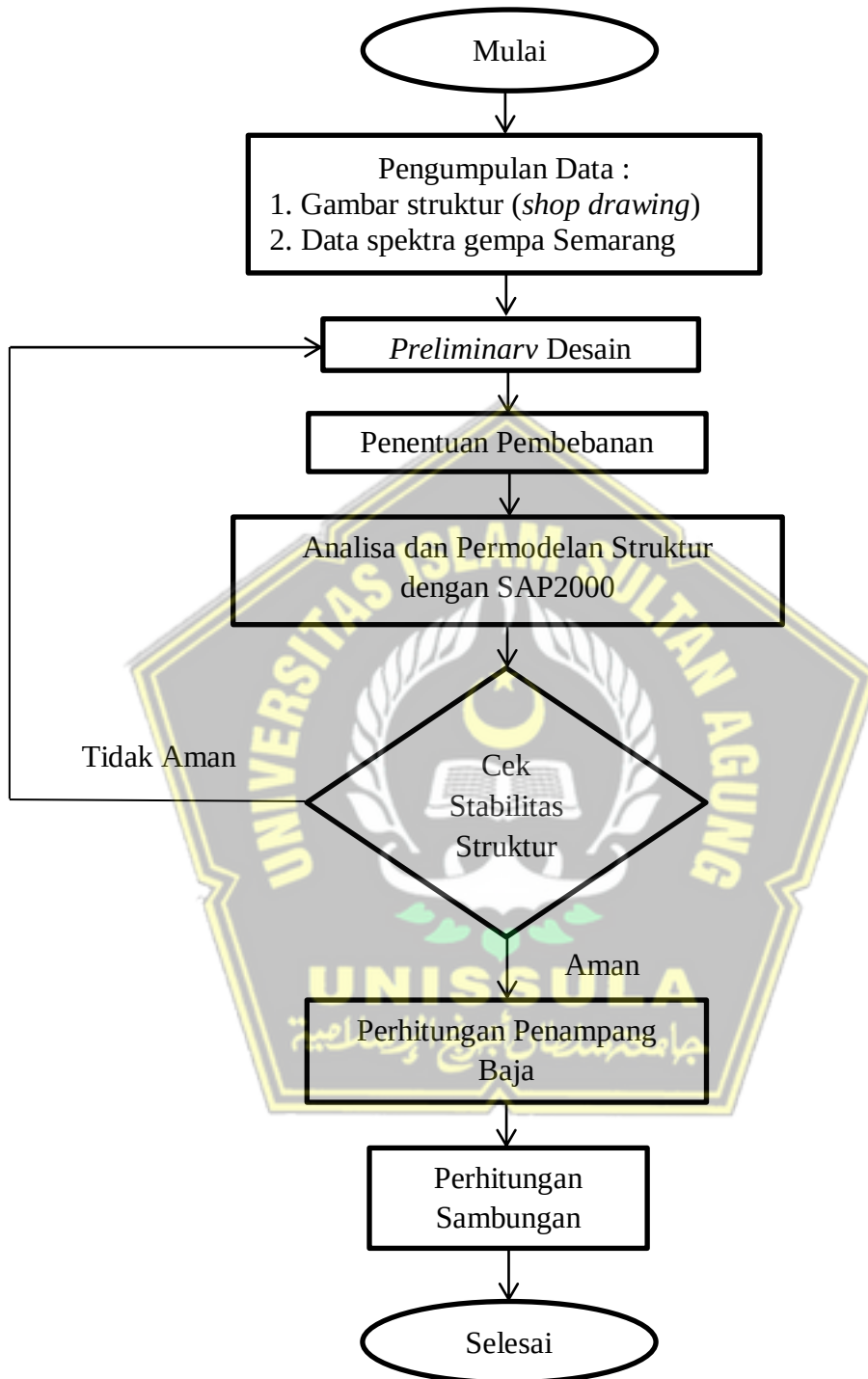
Perencanaan respon spektrum ini menggunakan *software* yang telah disediakan pada website Kementrian Pekerjaan Umum untuk mendapatkan keadaan tanah sesuai dengan wilayah yang telah direncanakan.

7. Desain Elemen-Elemen Struktur Atas

Elemen-elemen struktur atas ini berada diatas muka tanah yang terdiri dari balok, kolom, dan pelat lantai. Detail perhitungan elemen-elemen tersebut terdapat pada bab IV.

3.3 Diagram Alur

Bagan alur penyelesaian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir

BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN

4.1 Permodelan Struktur

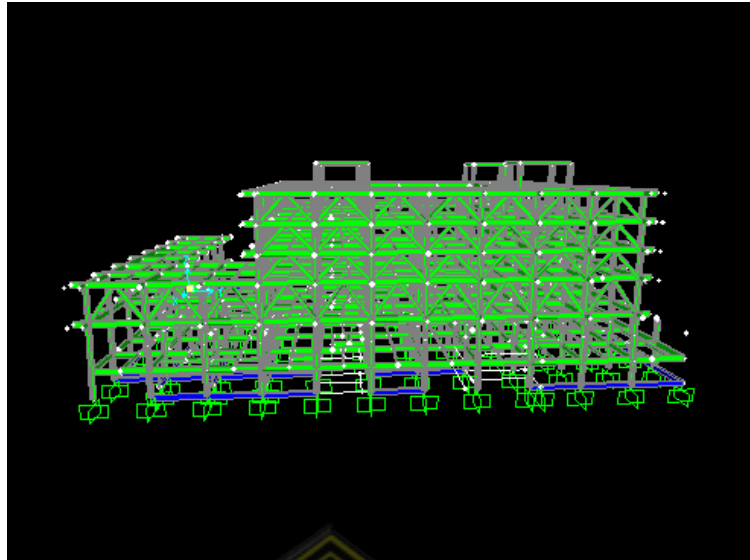
Struktur yang akan direncanakan merupakan bangunan gedung perkuliahan 5 lantai dengan tambahan 1 *basement*.

Pemodelan struktur gedung menggunakan program bantu SAP2000 v14. Pada program SAP2000, struktur gedung akan dimodelkan sesuai dengan kondisi sesungguhnya, sehingga akan membantu dalam perencanaan agar memenuhi persyaratan yang berada di SNI 1729-2015, SNI 1727-2013, dan SNI 1726-2019.

Berikut adalah hasil pemodelan yang dilakukan dalam program SAP2000 v14 :



Gambar 4.1 Gambar Permodelan 3D Tampak Depan Perspektif



Gambar 4.2 Gambar Permodelan 3D Tampak Samping Perspektif



Gambar 4.3 Gambar Permodelan 3D Tampak Belakang Perspektif

4.2 Kombinasi Pembebanan Struktur

Perencanaan Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata dengan tanah lunak ini direncanakan dengan beban kombinasi yang telah terdapat pada SNI 1726-2019 tentang kombinasi pembebanan dasar dan kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik adalah sebagai berikut :

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

Pembebanan untuk beban mati pada bangunan ini terdiri dari beban struktur sendiri dan beban mati tambahan berupa berat *plafond*, *plumbing*, *mechanikal electrical*, dan beban lainnya.

Pembebanan untuk beban hidup pada struktur ini berbeda-beda tergantung pada fungsi ruang yang telah diberlakukan pada SNI 1727-2013 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.

Pembebanan untuk beban mati dan beban hidup struktur bangunan ini adalah :

1. Beban hidup ruang kelas = $4,79 \text{ kN/m}^2$
2. Beban hidup koridor lantai pertama = $4,79 \text{ kN/m}^2$
3. Beban hidup parkir = $1,92 \text{ kN/m}^2$
4. Beban hidup koridor diatas lantai pertama = $3,83 \text{ kN/m}^2$
5. Beban mati keramik dan spesi = 20 kg/m^2
6. Beban mati *plafond* = $8,51 \text{ kg/m}^2$
7. Beban mati *plumbing* = 25 kg/m^2
8. Beban mati *mechanikal electrical* = 40 kg/m^2

4.3 Mutu Bahan Struktur

Bahan atau material yang dipakai untuk merencanakan pemodelan struktur ini yaitu jenis baja BJ-55 dan BJ-41, dimana baja BJ-55 memiliki tegangan putus minimum (f_u) yaitu 550 MPa, tegangan leleh minimum (f_y) sebesar 410 MPa, sedangkan baja BJ-41 memiliki tegangan putus minimum (f_u) yaitu 410 MPa, tegangan leleh minimum (f_y) sebesar 250 MPa.

4.4 Analisa Desain Seismik

Perencanaan pembebanan gempa pada struktur ini mengacu pada SNI 1726-2019 yang berisi tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung.

4.4.1 Kategori Resiko dan Faktor keutamaan Gempa

Bangunan gedung ini direncanakan sebagai gedung sekolah atau fasilitas pendidikan bagi mahasiswa. Dalam SNI 1726-2019 bangunan ini termasuk ke dalam bangunan dengan kategori resiko IV dengan nilai faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1,50.

4.4.2 Klasifikasi Situs

Klasifikasi situs telah diatur dalam SNI 1726-2019 pada pasal 5. Pada pasal tersebut terdapat 3 parameter untuk menentukan kelas situsnya yaitu kecepatan rata-rata gelombang geser (V_s), tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata (N), dan kuat geser nilai rata-rata (S_u). Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata ini diasumsikan dengan kelas situs tanah lunak (SE).

4.4.3 Parameter Respon Spektral Gempa S_s dan S_1

Parameter respon spektral gempa S_s dan S_1 didapat dari *software* Peta Gempa dan Respon Spektra 2019 yang dikeluarkan oleh Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) dan PUSKIM PU. Cara kerja *software* ini yaitu dengan memasukan titik koordinat lokasi bangunan yang direncanakan kemudian *software* akan menghitung secara otomatis nilai parameter respon spektral.

Tabel 4.1 Data Parameter S_s dan S_1

Data Desain Spektrum Indonesia Daerah Semarang (Tanah Lunak)	
PGA	0,402
$PGAm$	0,561
C_{RS}	0,000
C_{R1}	0,000
S_s	0,907
S_1	0,387
TL	10,000

F_a	1,174
F_v	2,452

4.4.4 Parameter Respon Spektral Gempa S_{ms} dan S_{m1}

Nilai respon spektral S_{ms} dan S_{m1} ini terdapat pada *software* Peta Gempa dan Respon Spektra 2019 yang dikeluarkan oleh Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) dan PUSKIM PU. Nilai ini dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Parameter S_{ms} dan S_{m1}

Data Desain Spektrum Indonesia Daerah Semarang (Tanah Lunak)	
S_{ms}	1,065
S_{m1}	0,949

4.4.5 Parameter Respon Spektral Gempa S_{DS} dan S_{D1}

Parameter respon spektral gempa S_{DS} dan S_{D1} didapat dari *software* Peta Gempa dan Respon Spektra 2019 yang dikeluarkan oleh Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) dan PUSKIM PU. Cara kerja *software* ini yaitu dengan memasukan titik koordinat lokasi bangunan yang direncanakan kemudian *software* akan menghitung secara otomatis nilai parameter respon spektral. Nilai parameter respon spektral dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Parameter S_{DS} dan S_{D1}

Data Desain Spektrum Indonesia Daerah Semarang (Tanah Lunak)	
S_{DS}	0,710
S_{D1}	0,633

4.4.6 Respon Spektrum Gempa

Cara menentukan respon spektrum ini dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan menggunakan *software* yang telah disediakan oleh kementerian pekerjaan umum atau dengan cara perhitungan manual mulai dari perhitungan T_0 , T_S , S_{DS} , S_{D1} , S_a , hingga periode panjang yang disesuaikan dengan SNI 1726-2019. Hasil perhitungan antara menggunakan *software* dan perhitungan manual tidak terlalu

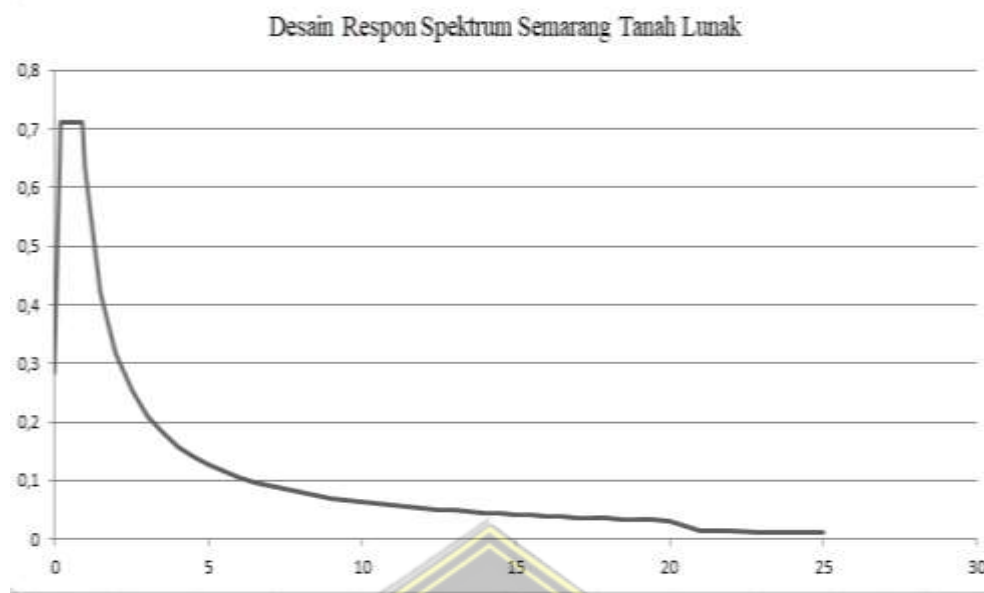
berbeda jauh sehingga tidak bermasalah dalam penginputan ke dalam aplikasi SAP 2000.

Perencanaan respon spektrum pada Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata ini menggunakan perhitungan manual dengan bantuan *software* Microsoft Excel, untuk data perhitungan manual dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Perhitungan Manual Respon Spektrum

T (Detik)	S_a (g)	T (Detik)	S_a (g)	T (Detik)	S_a (g)	T (Detik)	S_a (g)
0	0,2841	5,5	0,1150	11,5	0,0550	17,5	0,0362
0,178	0,7103	6	0,1054	12	0,0527	18	0,0351
0,890	0,7103	6,5	0,0973	12,5	0,0506	18,5	0,0342
1	0,6327	7	0,0904	13	0,0487	19	0,0333
1,5	0,4218	7,5	0,0844	13,5	0,0469	19,5	0,0324
2	0,3163	8	0,0791	14	0,0452	20	0,0316
2,5	0,2531	8,5	0,0744	14,5	0,0436	21	0,0143
3	0,2109	9	0,0703	15	0,0422	22	0,0131
3,5	0,1808	9,5	0,0666	15,5	0,0408	23	0,012
4	0,1582	10	0,0633	16	0,0395	24	0,011
4,5	0,1406	10,5	0,0603	16,5	0,0383	25	0,0101
5	0,1265	11	0,0575	17	0,0372		

Hubungan antara periode (T) dengan respon percepatan gempa (S_a) akan digambarkan dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Grafik Perhitungan Manual Respon Spektrum Desain

4.4.7 Kategori Desain Seismik

Pada tugas akhir ini, gedung perkuliahan direncanakan menggunakan sistem rangka baja dengan bresing konsentris khusus. Berdasarkan tabel 12 SNI 1726-2019 diperoleh nilai-nilai :

Tabel 4.5 Kategori Desain Seismik

Sistem Pemikul Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons (R)	Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)
Rangka Baja dengan Bresing Konsentris Khusus	7	2,5	5,5

Dari Tabel 4.5 didapat nilai Koefisien Modifikasi Respons (R) = 7, Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω) = 2,5, dan Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) = 5,5.

4.4.8 Faktor Keutamaan

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Pada kasus ini gedung direncanakan sebagai gedung sekolah atau fasilitas pendidikan. Maka menurut SNI 1726-2019 bangunan termasuk kategori IV sehingga pada Tabel 2.6 diperoleh nilai I_e = 1,50.

4.4.9 Analisa Waktu Getar dan Ragam Gerak Struktur

Analisa bangunan Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata ini menggunakan 12 modal ragam getar dimana hal ini sudah mencukupi terhadap syarat dimana pola ragam pertama dan kedua harus bertranslasi arah orthogonal dan memiliki 90% dinamik. Dari Tabel 4.6 diketahui bahwa ragam gerak pertama bertranslasi arah X dengan waktu getar alami 0,751 detik, ragam gerak kedua bertranslasi arah Y dengan waktu getar alami 0,444 detik, dan ragam gerak ketiga bertranslasi rotasi dengan waktu getar alami 0,415. Untuk detail ragam gerak dan waktu getar alami struktur bisa dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Ragam Gerak dan Waktu Getar Alami Struktur

Mode	Periode (detik)	UX (%)	UY (%)	RZ (%)
1	0,751	51 %	0 %	0 %
2	0,444	0 %	50 %	0 %
3	0,415	0 %	5 %	0 %
4	0,252	0 %	0 %	0 %
5	0,240	0 %	0 %	0 %
6	0,239	4 %	0 %	0 %
7	0,239	2 %	0 %	0 %
8	0,226	0 %	0 %	0 %
9	0,208	0 %	0 %	0 %
10	0,186	0 %	0 %	0 %
11	0,181	0 %	0 %	0 %
12	0,172	0 %	0 %	0 %

4.4.10 Cek Waktu Getar Alami Struktur

Nilai Kontrol waktu getar alami yang didapat dari Analisa program dibatasi dengan ketentuan sebagai berikut :

$T_c < T_a$, maka yang diambil adalah perhitungan manual yaitu T_a .

$T_a < T_c < C_u \times T_a$, maka boleh diambil perhitungan *software* T_c atau manual T_a .

$C_u \times T_a < T_c$, maka yang diambil adalah perhitungan pendekatan yaitu $C_u \times T_c$.

Nilai control pendekatan T_a telah ditetapkan dimana tinggi bangunan (h_n) adalah 25,2 m dan nilai C_t dan X ditentukan berdasarkan tabel 18 pada SNI 1726-2019. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$C_t = 0,0488 \text{ (Semua Sistem Struktur Lainnya)}$$

$$X = 0,75 \text{ (Semua Sistem Struktur Lainnya)}$$

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \cdot H_n^x \\ &= 0,0488 \cdot (25,2)^{0,75} \\ &= 0,618 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dengan nilai $S_{D1} = 0,633$, maka nilai $C_u = 1,4$

Sehingga periode struktur yang diijinkan adalah :

$$\begin{aligned} T &= T_a \cdot C_u \\ &= 0,618 \cdot 1,4 \\ &= 0,865 \text{ detik} \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Periode Struktur

<i>Output Case</i>	<i>Step Type</i>	<i>Step Num</i>	<i>Period (sec)</i>
MODAL	Mode	1	0,7512
MODAL	Mode	2	0,4446
MODAL	Mode	3	0,4145
MODAL	Mode	4	0,2522
MODAL	Mode	5	0,2406
MODAL	Mode	6	0,2399
MODAL	Mode	7	0,2392
MODAL	Mode	8	0,2263
MODAL	Mode	9	0,2080
MODAL	Mode	10	0,1860
MODAL	Mode	11	0,1812
MODAL	Mode	12	0,1729

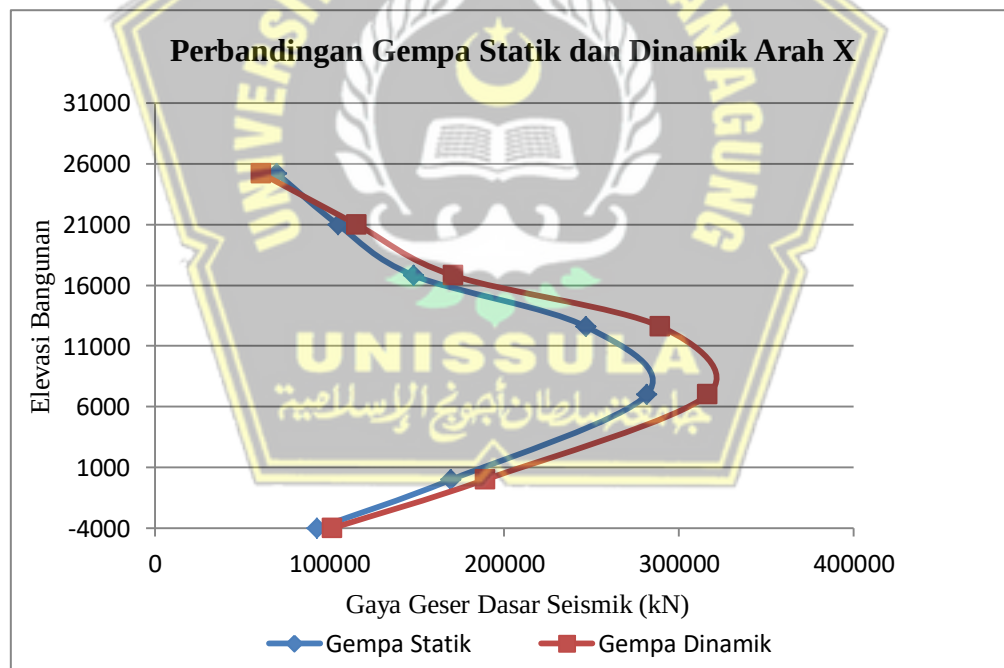
Dari tabel diatas didapat $T_c = 0,7512$ s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami nilai $T_c < C_u.T$. Maka analisis struktur bangunan gedung ini masih memenuhi syarat SNI 1726-2019.

4.4.11 Perhitungan Gaya Geser Dasar Desain

Perhitungan gaya geser dasar desain dimana pada SNI 1726 – 2019 mengharuskan nilai gempa dinamik > 100% gempa Statik jika mana syarat tersebut belum memenuhi maka diwajibkan menambahkan angka faktor pembesaran.

Tabel 4.8 Hasil Perbandingan Gempa Statik dan Dinamik Arah X

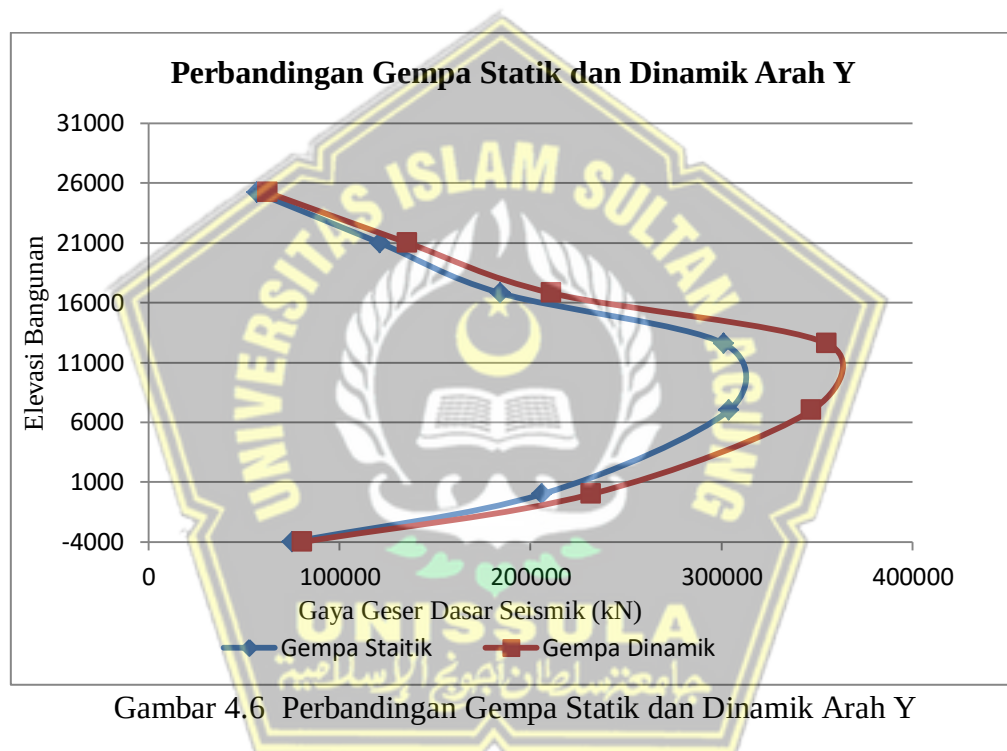
Elevasi Lantai	Vx Statik (kN)	Vx Dinamik (kN)
Atap	69949,31	60972,22
Lt 4	104841,9	115624,7
Lt 3	148426,2	170947,3
Lt 2	246826,1	289477,1
Lt 1	281671	316617
Lt dsr	169679,9	189126,6
Basement	93057,54	101507,7



Gambar 4.5 Perbandingan Gempa Statik dan Dinamik Arah X

Tabel 4.9 Hasil Perbandingan Gempa Statik dan Dinamik Arah Y

Elevasi Lantai	Vy Statik (kN)	Vy Dinamik (kN)
Atap	56587,69	62441,33
Lt 4	121078,7	135563,8
Lt 3	184251,2	210980,4
Lt 2	300997,9	355030
Lt 1	303785,4	347030,9
Lt dsr	205904,9	231662,4
Basement	75239,64	80599,74



Gambar 4.6 Perbandingan Gempa Statik dan Dinamik Arah Y

4.4.12 Cek Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat dari suatu titik pada suatu lantai harus ditentukan sebagai simpangan horizontal titik itu, relatif terhadap titik yang sesuai pada lantai yang berada dibawahnya.

Simpangan antar tingkat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu

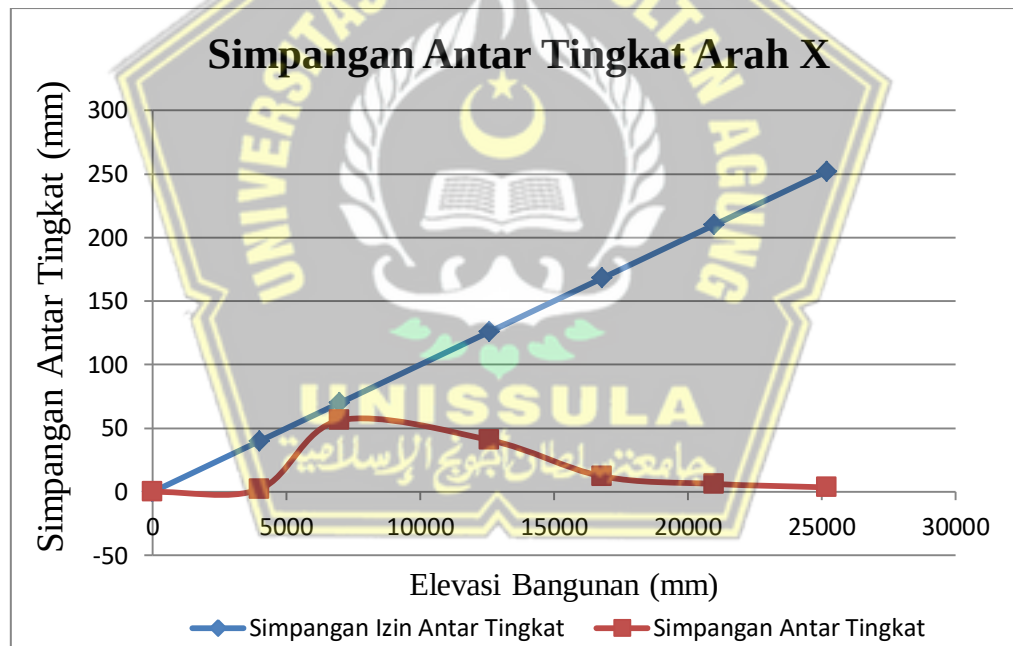
1. Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5
2. Faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,5

Rumus yang digunakan untuk memperoleh nilai simpangan atau perpindahan inelastis dapat dilihat pada persamaan 2.10.

Untuk perhitungan detail dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 sebagai berikut :

Tabel 4.10 Cek Simpangan Antar Tingkat Struktur Arah X

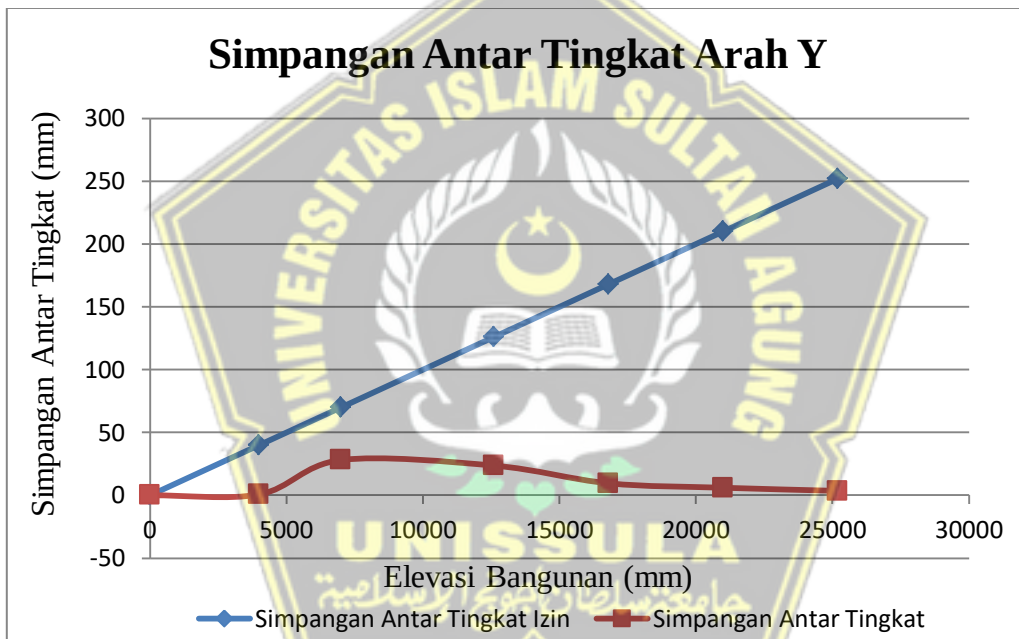
Elevasi Lantai	H_{sx} (mm)	H (mm)	δ_{ex} (mm)	δ_x (mm)	Δx (mm)	Δ_{ijin}	Ket
Lt Atap	25200	4200	33,071	121,259	3,557	252	OK
Lt 4	21000	4200	32,101	117,702	6,253	210	OK
Lt 3	16800	4200	30,395	111,449	12,275	168	OK
Lt 2	12600	5600	27,047	99,174	40,708	126	OK
Lt 1	7000	7000	15,945	58,466	56,240	70	OK
Lt Dsr	4000	4000	0,607	2,225	2,225	40	OK
Base	0	0	0,000	0,000	0,000	0	OK



Gambar 4.7 Cek Simpangan Antar Tingkat Arah X

Tabel 4.11 Cek Simpangan Antar Tingkat Struktur Arah Y

Elevasi Lantai	H_{sx} (mm)	H (mm)	δ_{ey} (mm)	δ_y (mm)	Δy (mm)	Δ_{ijin}	Ket
Lt Atap	25200	4200	19,525	71,592	3,524	252	OK
Lt 4	21000	4200	18,564	68,068	6,025	210	OK
Lt 3	16800	4200	16,921	62,043	9,563	168	OK
Lt 2	12600	5600	14,313	52,480	23,648	126	OK
Lt 1	7000	3000	7,863	28,832	28,099	70	OK
Lt Dsr	4000	4000	0,200	0,733	0,733	40	OK
Base	0	0	0,000	0,000	0,000	0	OK



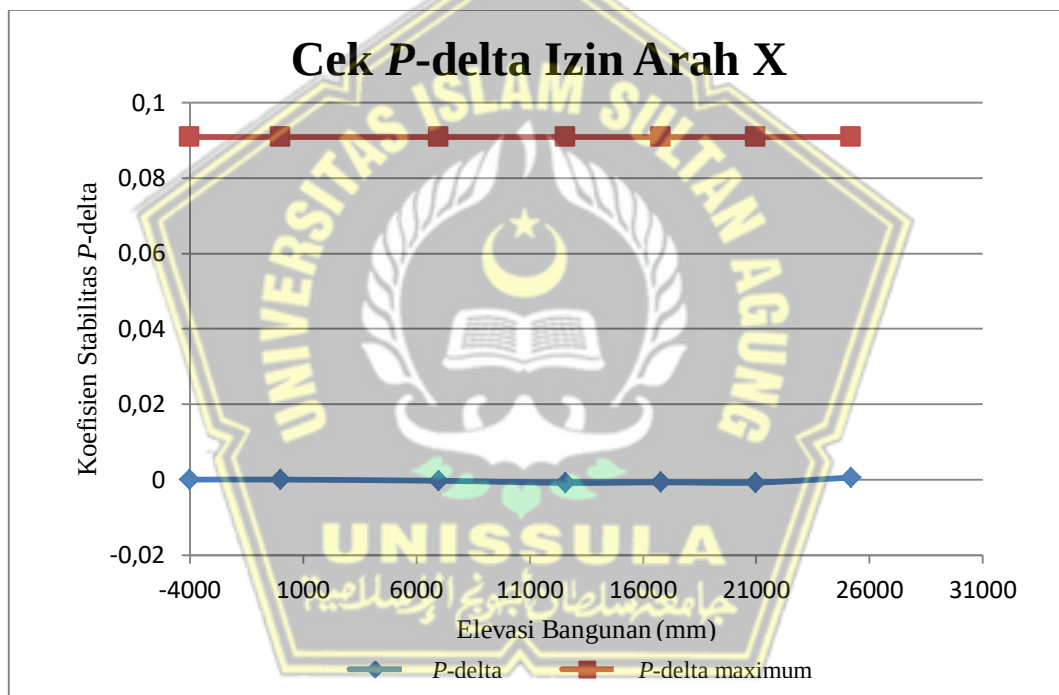
Gambar 4.8 Cek Simpangan Antar Tingkat Arah Y

4.4.13 Cek Stabilitas P-Delta Struktur

Untuk memperhitungkan koefisien stabilitas (θ) ditentukan dengan rumus pada persamaan 2.19. Stabilitas struktur ini merupakan analisa bagian yang penting dimana kita tidak bisa melanjutkan analisis berikutnya jika suatu struktur terjadi ketidakstabilan struktur. Untuk hasil perhitungan cek stabilitas struktur Gedung *Innovative Cluster Program* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata dapat dilihat pada Tabel 4.12, Tabel 4.13, Gambar 4.9, dan Gambar 4.10 dibawah ini :

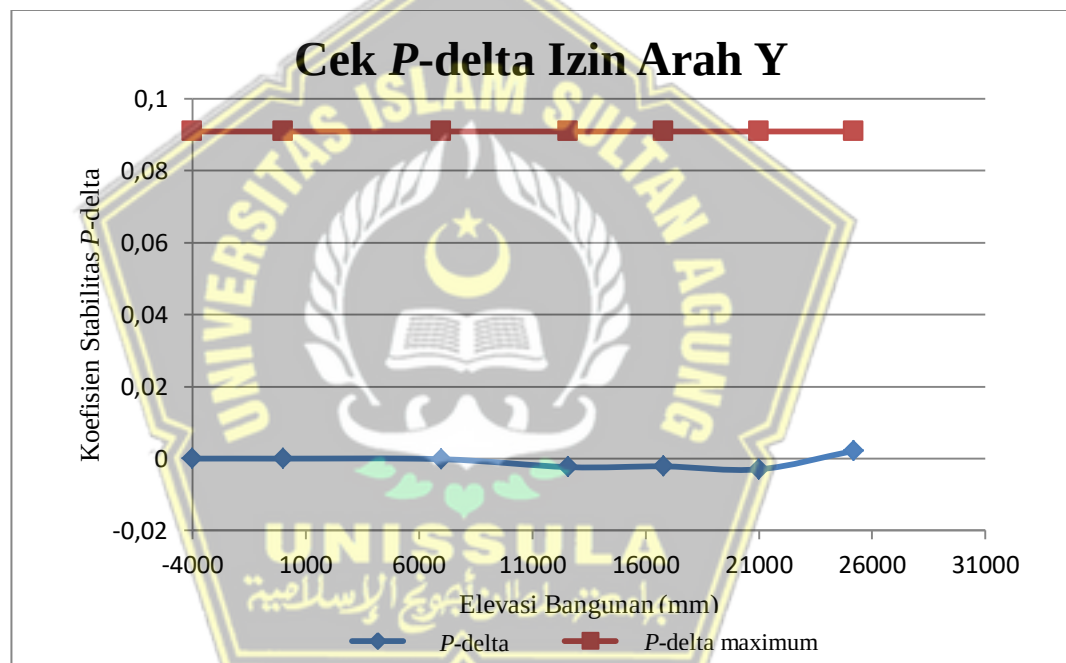
Tabel 4.12 Cek Stabilitas *P*-Delta Arah X

Elevasi Lantai	H_{sx} (mm)	Δx (mm)	P (kN)	V_x (kN)	θ	θ ijin	Ket
Atap	4200	85,843	81488,68934	33492,029	0,000562	0,090909	OK
4	4200	151,533	-120391,793	61450,854	-0,0008	0,090909	OK
3	4200	215,317	-77344,05	84984,401	-0,00073	0,090909	OK
2	5600	395,778	-46270,98	105477,116	-0,00087	0,090909	OK
1	3000	189,771	-16083,998	114033,077	-0,00031	0,090909	OK
Lt Ds	4000	16,945	430,48656	71303,289	9,16E-07	0,090909	OK
Base	4000	0	-153570,816	0	0	0,090909	OK

Gambar 4.9 Cek Stabilitas *P*-Delta Arah X

Tabel 4.13 Cek Stabilitas *P*-Delta Arah Y

Elevasi Lantai	H_{sx} (mm)	Δy (mm)	P (kN)	V_y (kN)	θ	θ ijin	Ket
Atap	4200	23,937	81488,68934	8598,720	0,002169	0,090909	OK
4	4200	40,624	-120391,793	15839,338	-0,00297	0,090909	OK
3	4200	61,538	-77344,05	22232,517	-0,00216	0,090909	OK
2	5600	81,727	-46270,98	22525,782	-0,00237	0,090909	OK
1	3000	112	-16083,998	111375,715	-0,00016	0,090909	OK
Lt Ds	4000	1,83825	430,48656	112061,877	1,92E-07	0,090909	OK
Base	4000	0	-153570,816	0	0	0,090909	OK

Gambar 4.10 Cek Stabilitas *P*-Delta Arah Y

4.5 Perencanaan Struktur

4.5.1 Perencanaan Pelat

Data perencanaan :

Mutu beton (f_c') = 30 MPa

Mutu baja tul (f_y) = 420 MPa

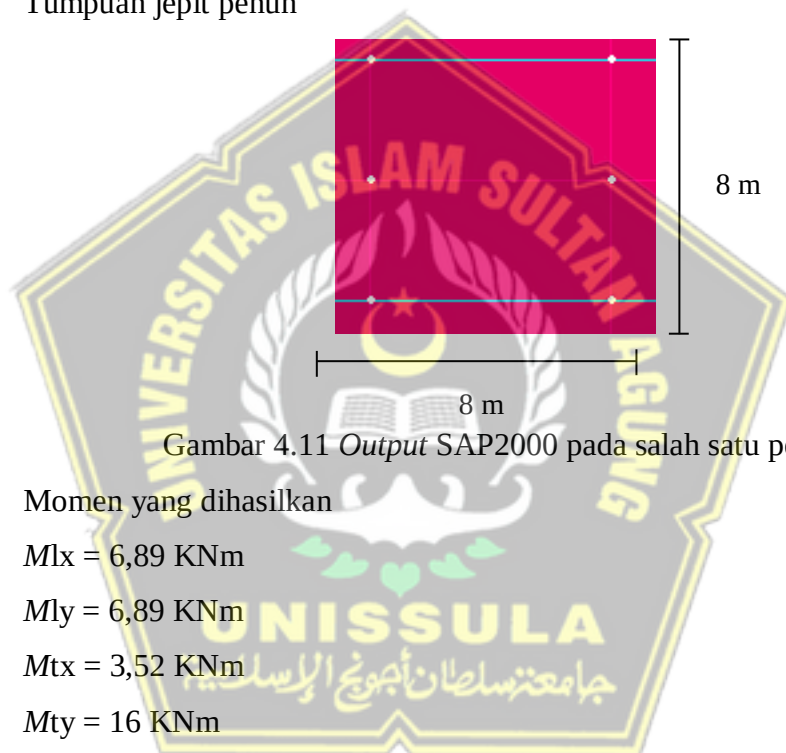
L_x = 8 m

L_y = 8 m

t = 15 cm

$\emptyset$ tul = D13

Tumpuan jepit penuh



Gambar 4.11 Output SAP2000 pada salah satu pelat

Momen yang dihasilkan

$M_{lx} = 6,89 \text{ KNm}$

$M_{ly} = 6,89 \text{ KNm}$

$M_{tx} = 3,52 \text{ KNm}$

$M_{ty} = 16 \text{ KNm}$

Karena pelat memiliki dua arah tulangan utama yang berbeda, maka tinggi efektif pelat diambil :

$$\begin{aligned} dx &= t - \text{decking} - 1/2\emptyset\text{tul} \\ &= 150 - 20 - 1/2 \times 13 \\ &= 123,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= t - \text{decking} - \emptyset\text{tul} - 1/2\emptyset\text{tul} \\ &= 150 - 20 - 13 - 1/2 \times 13 \\ &= 110,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sebagai pertimbangan nilai ekonomis, maka diperlukan batasan – batasan rasio tulangan (perbandingan tulangan tarik dengan komponen beton).

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\ = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y \\ = 1,4/420 = 0,0033$$

$$\rho_{balance} = \left(\frac{0,85\beta_1 f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \right)$$

dimana nilai $\beta_1 = 0,85$ untuk mutu beton 30 MPa.

$$\rho_{balance} = \left(\frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{420} \cdot \left(\frac{600}{600+420} \right) \right) = 0,03$$

$$\rho_{max} = 0,375 \times \frac{(600+f_y)}{600} \times \rho_{balance} \\ = 0,375 \times \frac{(600+420)}{600} \times 0,03 = 0,019$$

Tulangan Lapangan Arah x

$$M_{lx} = 6,89 \text{ kN.m} = 6890000 \text{ N.mm}$$

Faktor reduksi = 0,8 (tabel 21.2.1 SNI 2847-2019)

$$M_n = M_u/\phi = 6890000/0,8 = 8612500 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{8612500}{1000 \cdot 123,5^2} = 0,56$$

(nilai b diambil setiap 1000 mm panjang pelat)

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,47 \cdot 0,56}{420}} \right) = 0,0013$$

Karena nilai $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikan 30%

$$\rho_{pakai} = 1,3 \times \rho_{perlu} \\ = 1,3 \times 0,0013 = 0,0018$$

$$A_s = \rho_{pakai} \times b \times d \\ = 0,0018 \times 1000 \times 123,5 = 222,3 \text{ mm}^2$$

- Dipakai tulangan D13-150

$$A_{spakai} = 1/4 \times \pi \times d^2 \times 1000/2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times 1000/150 = 884,43 \text{ mm}^2$$

Tulangan Lapangan Arah y

$$M_{ly} = 6,89 \text{ kN.m} = 6890000 \text{ N.mm}$$

Faktor reduksi = 0,8 (tabel 21.2.1 SNI 2847-2019)

$$M_n = M_u/\phi = 6890000/0,8 = 8612500 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{8612500}{1000 \cdot 110,5^2} = 0,71$$

(nilai b diambil setiap 1000 mm panjang pelat)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,47 \cdot 0,71}{420}} \right) = 0,0017 \end{aligned}$$

Karena nilai $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &= 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} \\ &= 1,3 \times 0,0017 = 0,0022 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0022 \times 1000 \times 110,5 = 198,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Dipakai tulangan D13-150

$$\begin{aligned} A_{\text{pakai}} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times 1000/2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times 1000/150 = 884,43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Tumpuan Arah x

$$M_{tx} = 3,52 \text{ kNm} = 3520000 \text{ Nmm}$$

Faktor reduksi = 0,8 (tabel 21.2.1 SNI 2847-2019)

$$M_n = M_u/\phi = 3520000/0,8 = 4400000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{4400000}{1000 \cdot 123,5^2} = 0,29$$

(nilai b diambil setiap 1000 mm panjang pelat)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,47 \cdot 0,29}{420}} \right) = 0,0006 \end{aligned}$$

Karena nilai $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &= 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} \\ &= 1,3 \times 0,0006 = 0,0009 \end{aligned}$$

$$A_s = \rho_{pakai} \times b \times d$$

$$= 0,0009 \times 1000 \times 123,5 = 222,3 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D13-150

$$A_{spakai} = 1/4 \times \pi \times d^2 \times 1000/2$$

$$= 1/4 \times 3,14 \times 13^2 \times 1000/150 = 884,43 \text{ mm}^2$$

Tulangan Tumpuan Arah y

$$M_{ty} = 16 \text{ kN.m} = 16000000 \text{ N.mm}$$

Faktor reduksi = 0,8 (tabel 21.2.1 SNI 2847-2019)

$$M_n = M_u/\phi = 16000000/0,8 = 20000000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{20000000}{1000 \cdot 110,5^2} = 1,64$$

(nilai b diambil setiap 1000 mm panjang pelat)

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,47 \cdot 1,64}{420}} \right) = 0,0052$$

$$A_s = \rho_{pakai} \times b \times d$$

$$= 0,0052 \times 1000 \times 110,5 = 574,6 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D13-150

$$A_{spakai} = 1/4 \times \pi \times d^2 \times 1000/2$$

$$= 1/4 \times 3,14 \times 13^2 \times 1000/150 = 884,43 \text{ mm}^2$$

A. Kontrol Jarak Tulangan

Pada pasal 8.7.2.1 SNI 2847-2019, untuk pelat solid nonprategang, spasi maksimum s tulangan ulir longitudinal harus yang terkecil dari 2h dan 450 mm pada penampang kritis, dan yang terkeci dari 3h dan 450 mm pada penampang lainnya.

$$s < 2h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 300 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} < 450 \text{ mm (memenuhi)}$$

B. Kontrol Perlu Tulangan Susut dan Suhu

Pada pasal 24.4.3.2 SNI 2847-2019, rasio luasan tulangan ulir susut dan suhu terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi batasan.

$$\rho_{\text{susut}} = \frac{0,0018 \times 420}{f_y} = \frac{0,0018 \times 420}{420} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 150 = 270 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø10-200

$$\begin{aligned} A_{\text{pakai}} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times 1000/2 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000/200 = 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$s < 2h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} < 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$200 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

C. Kontrol Lendutan

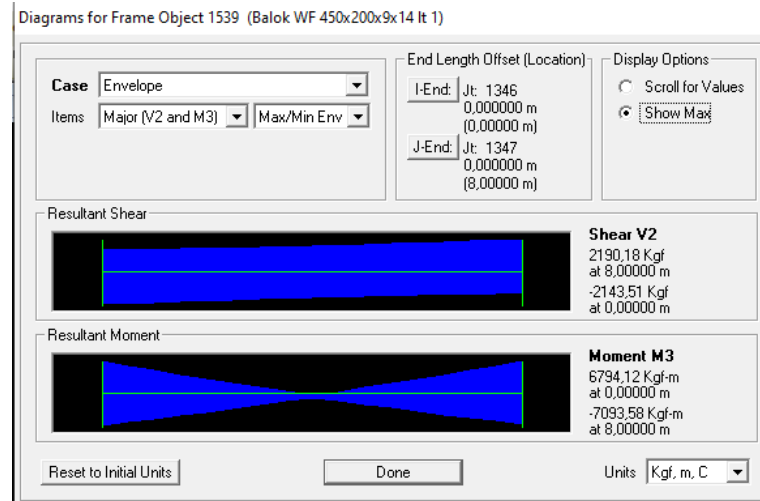
Karena tebal yang digunakan lebih besar dari tebal minimum, maka lendutan tidak perlu dihitung.

4.5.2 Perencanaan Balok Anak

Balok anak pada gedung ini direncanakan menggunakan profil WF 450x200x9x14, dengan data-data sebagai berikut :

$d = 450 \text{ mm}$	$i_x = r_x = 18,6 \text{ cm}$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$i_y = r_y = 4,40 \text{ cm}$
$t_f = 14 \text{ mm}$	$S_x = 1489 \text{ cm}^3$
$t_w = 9 \text{ mm}$	$S_y = 187 \text{ cm}^3$
$A = 96,8 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1621 \text{ cm}^3$
$q = 76 \text{ kg/m}$	$Z_y = 289 \text{ cm}^3$
$I_x = 33500 \text{ cm}^4$	$r = 18 \text{ cm}$
$I_y = 1870 \text{ cm}^4$	$h = d - 2(t_f + r)$
$f_y = 410 \text{ MPa (BJ-55)}$	$= 386 \text{ mm}$

Hasil dari *output* SAP2000 v14 *Frame* 1539 lantai 1 dengan kombinasi *envelope* diperoleh gaya :



Gambar 4.12 Hasil *Output* SAP2000 Gaya Geser dan Momen Balok Anak

$$M_u \text{ Max} = 6794,12 \text{ kg}\cdot\text{m} = 66,63 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ Max} = 2190,18 \text{ kg} = 21,48 \text{ kN}$$

- Kontrol kuat momen lentur

Pelat sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \cdot 14} = 7,14$$

$$\lambda p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 8,4$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Pelat badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{386}{9} = 42,89$$

$$\lambda p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 83,04$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = Z_x \times f_y$$

$$= 1621 \text{ cm}^3 \times 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 6646100 \text{ kg}\cdot\text{cm} = 66461 \text{ kg}\cdot\text{m} = 651,76 \text{ kN}$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 66461 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

$$= 39876,6 \text{ kg}\cdot\text{cm} = 391,06 \text{ kN}$$

- Cek kemampuan terhadap momen

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$391,06 \text{ kN} \geq 66,63 \text{ kN (OK)}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 8000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 44 \sqrt{\frac{200000}{410}} \\ = 1710,36 \text{ mm}$$

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

Dimana :

$$r_{ts} = \frac{I_{yho}}{2 S_x} = \frac{18700000,436}{2 \cdot 1489000} = 2737,81 \text{ mm}$$

J = Konstanta torsi

$$= \frac{1}{3} \times h \times t_w^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times b_f \times t_f^3 \right) \\ = \frac{1}{3} \times 386 \times 9^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times 200 \times 14^3 \right) \\ = 459664,6 \text{ mm}$$

G = Modulus elastisitas geser baja = 77200 MPa

c = Untuk profil simetris ganda = 1

Didapat :

$$L_r = 6100,563 \text{ mm}$$

Karena :

$L < L_p$ termasuk bentang pendek

$L_p < L < L_r$ termasuk bentang menengah

$L > L_r$ termasuk bentang panjang

Dari hasil perhitungan didapat :

$$L_p = 1710,36 \text{ mm}$$

$$L = 8000 \text{ mm}$$

$$L_r = 6100,563 \text{ mm}$$

Karena $L > L_r$ maka penampang termasuk batang panjang, sehingga :

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x H_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \\ = \frac{1,3 \cdot 14^2 \cdot 200000}{\left(\frac{8000}{2737,81}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{459664,6}{1489000,436} \left(\frac{8000}{2737,81}\right)^2} \\ = 1072240,61 \text{ mm}^4 = 1072,24061 \text{ cm}^4$$

$$M_n = 1072,24061 \cdot 1489 \leq 6646100$$

$$M_n = 1596566 \text{ cm} \leq 6646100 \text{ cm (OK)}$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times f_y \\ &= 1621 \text{ cm}^3 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6646100 \text{ kg.cm} = 66461 \text{ kg.m} = 651,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times f_y \\ &= 289 \text{ cm}^3 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1184900 \text{ kg.cm} = 11849 \text{ kg.m} = 116,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Persamaan Interaksi

$$\begin{aligned} \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} &\leq 1,0 \\ \frac{66,36}{0,9 \cdot 651,76} + \frac{0}{0,9 \cdot 116,2} &\leq 1,0 \rightarrow 0,49 < 1 \rightarrow (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Kontrol geser

$$\begin{aligned} V_u &= 21,48 \text{ kN} \\ \frac{h}{t_w} &\leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{386}{9} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\ 43,2 &\leq 54,32 \rightarrow \text{Plastis} \\ \text{Maka kuat geser nominal,} \\ V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \cdot 4100 \cdot (38,6 \times 0,9) = 85460,4 \text{ kg} = 838,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cekk kuat geser :

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ \phi V_n &= 0,9 \times 838,08 \text{ kN} \\ &= 754,272 \text{ kN} > 21,48 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

- Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{800}{360} = 2,222 \text{ cm}$$

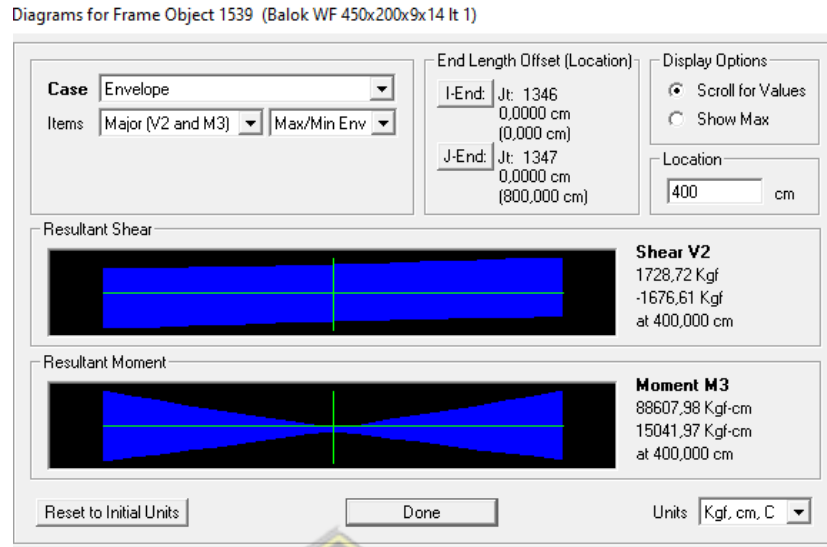
Lendutan akibat beban

$$f_{max} = \frac{5L^2}{48EI} [M_s - 0,1(M_a + M_b)]$$

Dimana :

$M_a = M_b$ = Momen di tumpuan (dari analisa SAP2000)

M_s = Momen di tengah bentang (dari analisa SAP2000)



Gambar 4.13 Hasil *Output* SAP2000 Gaya Geser dan Momen Balok Anak

$$f_{\max} = \frac{5.800^2}{48.200000.33500} [88607,98 - 0,1(679411,80 + 679411,80)]$$

$$f_{\max} = 0,47 \text{ cm} \leq 2,222 \text{ cm (OK)}$$

“Profil WF 450x200x9x14 dapat digunakan sebagai balok anak pada Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Unika.”

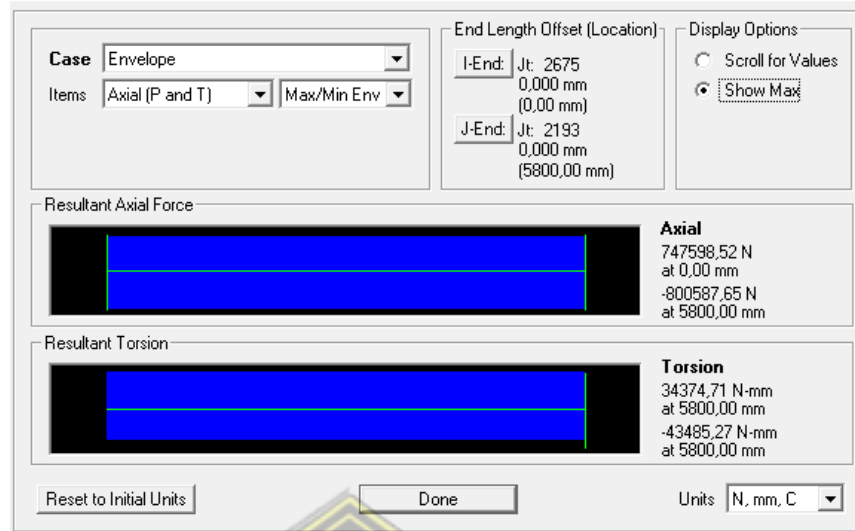
4.5.3 Perencanaan Batang Bresing

Pada gedung ini bresing direncanakan menggunakan profil WF 500x200x10x16 dengan data-data sebagai berikut :

$d = 500 \text{ mm}$	$i_x = r_y = 20,5 \text{ cm}$
$bf = 200 \text{ mm}$	$i_y = r_x = 4,43 \text{ cm}$
$tf = 16 \text{ mm}$	$Z_x = 2096 \text{ cm}^3$
$tw = 10 \text{ mm}$	$Z_y = 332 \text{ cm}^3$
$A = 114,2 \text{ cm}^2$	$S_x = 1910 \text{ cm}^3$
$q = 89,6 \text{ kg/m}$	$S_y = 214 \text{ cm}^3$
$I_x = 47800 \text{ cm}^4$	$r = 20 \text{ cm}$
$I_y = 2140 \text{ cm}^4$	$h = d - 2(tf + r)$
$f_y = 250 \text{ MPa (BJ-41)}$	$= 428 \text{ mm}$

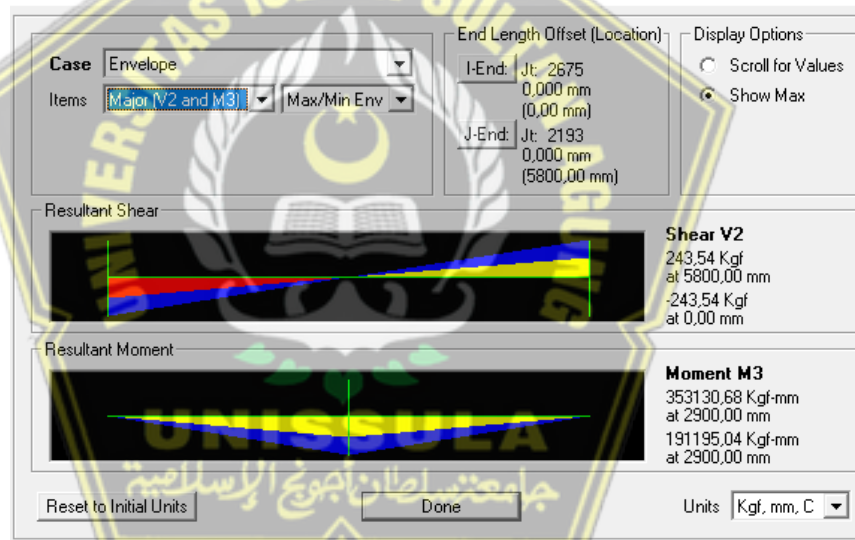
Hasil dari *output* SAP2000 dengan kombinasi Envelope diperoleh gaya :

Diagrams for Frame Object 2500 (Bracing 500x200x10x16)



Gambar 4.14 Hasil Output SAP2000 Gaya Aksial Bresing

Diagrams for Frame Object 2500 (Bracing 500x200x10x16)



Gambar 4.15 Hasil Output SAP2000 Gaya Geser dan Momen Bresing

$$P_u = 747598,52 \text{ N.mm} = 747,599 \text{ kN}$$

$$M_u = 353130,68 \text{ kg.mm} = 3463,03 \text{ kN}$$

- Kontrol Tekan Penampang

Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \cdot 16} = 6,25$$

$$0,56 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,84$$

Karena $\frac{bf}{2tf} < 0,56 \sqrt{\frac{E}{fy}}$, maka elemen Kompak

Badan

$$\frac{he}{tw} = \frac{500 - 2(20 + 10 + 16)}{10} = 40,8$$

$$1,49 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 42,14$$

Karena $\frac{he}{tw} < 1,49 \sqrt{\frac{E}{fy}}$, maka elemen Kompak

- Menentukan panjang efektif kolom (K)
Kolom dengan ujung jepit memiliki nilai K sebesar 0,50.
- Perhitungan tegangan kritis tekuk dan lentur

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{Q \cdot fy}}$$

Dimana :

Q = Faktor reduksi neto = 1

$$\frac{KL}{r} = \frac{0,50 \cdot 5800}{200} = 14,5$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{Q \cdot fy}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{1 \cdot 250}} = 133,2$$

Karena $\frac{KL}{r} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{Q \cdot fy}}$, maka F_{cr} dirumuskan :

$$F_{cr} = Q (0,658^{Qfy/Fe}) fy$$

Dimana :

Fe = tegangan tekuk kritis elastis (MPa). Untuk tekuk kritis lentur Fe dihitung dengan persamaan :

$$Fe = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{rx}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{\left(\frac{0,50 \times 5800}{205}\right)^2} = 9853,7 \text{ MPa}$$

Maka tegangan kritis sebagai berikut :

$$F_{cr} = 1 \left(0,658^{\frac{1 \cdot 250}{9853,7}} \right) \cdot 250 = 247,36 \text{ MPa}$$

Sedangkan untuk profil struktur simetris ganda tegangan kritis tekuk dan puntir dihitung dengan nilai Fe sebagai berikut :

$$Fe = \left(\frac{\pi^2 \cdot EC_w}{(KL)^2} + GJ \right) \frac{1}{I_x + I_y}$$

Dimana :

G = Modulus elastisitas geser baja = 77200 MPa

J = Konstanta torsi

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{3} \times h \times tw^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times bf \times tf^3 \right) \\ &= \frac{1}{3} \times 428 \times 10^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times 200 \times 16^3 \right) \\ &= 688800 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

C_w = Konstanta pilin

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{4} \cdot h^2 \cdot I_y \\ &= \frac{1}{4} \cdot 428^2 \cdot 21400000 \\ &= 980034400000 \text{ mm}^6 \end{aligned}$$

Maka nilai F_e adalah

$$\begin{aligned} F_e &= \left(\frac{3,14^2 \cdot 200000 \cdot 980034400000}{(2900)^2} + 77200 \cdot 688800 \right) \\ &\quad \frac{1}{478000000 + 21400000} \\ &= 566,61 \end{aligned}$$

Dengan memperoleh nilai F_e , maka tegangan kritis :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 1 \left(0,658^{\frac{1,250}{566,61}} \right) \cdot 250 \\ &= 207,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Menghitung kuat tekan nominal

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \times A_g \\ &= 207,8 \times 11420 \\ &= 2373076 \text{ N} = 2373,076 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$0,9 \cdot 2373,076 \geq 747,599$$

$$2135,77 \text{ kN} \geq 747,599 \text{ kN}$$

- Kontrol lentur penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \cdot 16} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,34$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

Karena $\lambda < \lambda_p$, Maka penampang didesain dengan keadaan momen plastis

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = f_y \times Z_x \\ &= 250 \times 20960 \\ &= 5240000 \text{ kg.mm} = 51386,86 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \cdot 51386,86 \text{ kN} \geq 3463,03 \text{ kN}$$

$$46248,174 \text{ kN} \geq 3463,03 \text{ kN (OK)}$$

- Kontrol Pengaruh Tekuk Lateral

$$L = 5800 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 44,3 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 2205,27 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

Dimana :

$$r_{ts} = \frac{I_{yho}}{2 S_x} = \frac{21400000 \cdot 484}{2 \cdot 1910000} = 2711,41 \text{ mm}^4$$

J = Konstanta torsi

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{3} \times h \times tw^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times bf \times tf^3 \right) \\ &= \frac{1}{3} \times 428 \times 10^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times 200 \times 16^3 \right) \\ &= 688800 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

G = Modulus elastisitas geser baja = 77200 MPa

c = Untuk profil simetris ganda = 1

Didapat

$$L_r = 338546,23 \text{ mm}$$

Karena :

$L < L_p$ termasuk bentang pendek

$L_p < L < L_r$ termasuk bentang menengah

$L > L_r$ termasuk bentang panjang

Dari hasil perhitungan didapat :

$$L_p = 2205,3 \text{ mm} < L = 5800 \text{ mm} < L_r = 338546,23 \text{ mm}$$

- Karena $L_p < L_b < L_r$ maka penampang termasuk batang menengah, sehingga :

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

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5.M_{max}}{2,5.M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \\ &= \frac{12,5.353130,68}{2,5.353130,68 + 3.1731514,53 + 4.3463029,05 + 3.1731514,53} \\ &= 0,22 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,22 [5240000 - (5240000 - 0,7.250.19100) \left(\frac{5600 - 2205,3}{338546,23 - 2205,3} \right)] \\ &= 1148586,7 \text{ cm} = 11263,79 \text{ kN} \\ &= 11263,79 \text{ kN} \leq 51386,86 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

- Interaksi gaya aksial dan momen lentur

$$P_u = 747598,52 \text{ N} = 747,599 \text{ kN}$$

$$P_n = 2373076 \text{ N} = 2373,076 \text{ kN}$$

$$\text{Jika, } \frac{P_u}{P_n} = \frac{747,599}{2373,076} = 0,3, \text{ maka}$$

$$\frac{P_u}{P_n} + \left(\frac{M_u + M_n}{M_n + M_n} \right) \leq 1$$

$$0,3 + \left(\frac{353130,68}{5240000} \right) \leq 1$$

$$0,37 \leq 1 \text{ (Aman)}$$

“Profil WF 500x200x10x16 dapat digunakan sebagai bresing pada Gedung Innovative Program Cluster (IPC) Unika.”

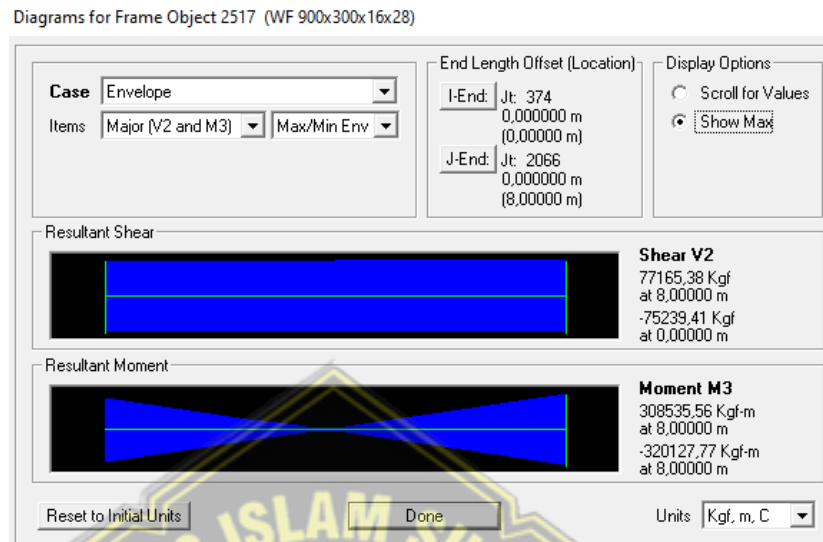
4.5.4 Perencanaan Balok Induk

Balok induk direncanakan menggunakan profil WF 900x300x16x28, dengan data-data sebagai berikut :

d	$= 900 \text{ mm}$	i_x	$= r_y = 36,42 \text{ cm}$
b_f	$= 300 \text{ mm}$	i_y	$= r_x = 6,38 \text{ cm}$
t_f	$= 28 \text{ mm}$	S_x	$= 9133 \text{ cm}^3$
t_w	$= 16 \text{ mm}$	S_y	$= 840 \text{ cm}^3$
A	$= 309,80 \text{ cm}^2$	Z_x	$= 10174 \text{ cm}^3$
q	$= 243,19 \text{ kg/m}$	Z_y	$= 1314 \text{ cm}^3$
I_x	$= 411000 \text{ cm}^4$	r	$= 28 \text{ cm}$
I_y	$= 12600 \text{ cm}^4$	h	$= d - 2(t_f + r)$

$$f_y = 410 \text{ MPa (BJ-55)} \quad = 788 \text{ mm}$$

Hasil dari *output* SAP2000 dengan kombinasi *envelope* diperoleh gaya dalam sebesar :



Gambar 4.16 Hasil *Output* SAP2000 Gaya Geser dan Momen Balok Induk

$$M_u \text{ Max} = 308535,56 \text{ kg.m} = 3025,7 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ Max} = 77165,38 \text{ kg} = 756,73 \text{ kN}$$

- Kontrol Penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2.28} = 5,36$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 8,4$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

Pelat badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{788}{16} = 49,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 83,04$$

$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

- Kapasitas momen penampang

Karena penampang kompak, Maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y$$

$$= 10174 \times 410$$

$$= 4171340 \text{ kg.cm} = 40906,88 \text{ kN}$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 40906,88 \text{ kN}$$

$$= 36816,192 \text{ kN}$$

- Cek kemampuan penampang terhadap momen

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$36816,192 \text{ kN} \geq 3025,7 \text{ kN (OK)}$$

- Kontrol penampang akibat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{788}{16} = 49,25 < 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 83,04$$

$$\frac{h}{tw} < 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$\text{Maka } V_n = 0,6 \times fy \times A_w$$

$$= 0,6 \times 410 \times (778 \times 16)$$

$$= 187452 \text{ kg} = 1838,28 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 1838,28$$

$$= 1654,452 \text{ kN}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$1654,452 \text{ kN} \geq 756,73 \text{ kN (OK)}$$

- Kontrol penampang akibat adanya bresing

$$\alpha = \arctan(5/3) = 59^\circ$$

$$P_{ub} = (R_y F_y A_g - 0,3 P_n) \sin \alpha$$

$$= (1,5 \cdot 250 \cdot 114,2 - 0,3 \cdot 76276,24) \sin 59$$

$$= 17093,74 \text{ kg} = 167,63 \text{ kN}$$

$$M_{ub} = 0,25 \times 17093,74 \times 8$$

$$= 34187,48 \text{ kg.m} = 335,26 \text{ kN}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 8000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,76 \cdot 64 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$= 2847,80 \text{ mm}$$

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

Dimana :

$$r_{ts} = \frac{I_{yho}}{2S_x} = \frac{126000000.872}{2 \cdot 9133000} = 6015,11 \text{ mm}$$

J = Konstanta torsi

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{3} \times h \times t_w^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times b_f \times t_f^3 \right) \\ &= \frac{1}{3} \times 788 \times 16^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times 300 \times 28^3 \right) \\ &= 5466282,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

G = Modulus elastisitas geser baja = 77200 MPa

c = Untuk profil simetris ganda = 1

Didapat

$$L_r = 13189,66 \text{ mm}$$

Karena :

$L < L_p$ termasuk bentang pendek

$L_p < L < L_r$ termasuk bentang menengah

$L > L_r$ termasuk bentang panjang

Dari hasil perhitungan didapat :

$$L_p = 2847,80 \text{ mm}$$

$$L_b = 8000 \text{ mm}$$

$$L_r = 13189,66 \text{ mm}$$

Karena $L_p < L_b < L_r$ maka penampang termasuk batang menengah, sehingga :

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

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \\ &= \frac{12,5.30853556}{2,5.30853556 + 3.13744643,95 + 4.1195256,26 + 3.16058296,71} \\ &= 2,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 2,25 [4171340 - (4171340 - 0,7.410.9133) \left(\frac{800 - 284,780}{1318,97 - 284,780} \right)] \\ &= 7647898,45 \text{ cm} \leq 41713400 \text{ cm (OK)} \end{aligned}$$

$$M_{nx} = M_{px} = Z_x \times f_y$$

$$= 10174 \times 410$$

$$= 4171340 \text{ kg} = 40906,88 \text{ kN}$$

$$M_{ny} = M_{py} = Z_y \times f_y$$

$$= 1314 \times 410$$

$$= 538740 \text{ kg} = 5283,24 \text{ kN}$$

- Persamaan Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1,0$$

$$\frac{3025,7}{0,940906,88} + \frac{0}{0,95283,24} \leq 1,0 \rightarrow 0,08 < 1 \rightarrow (\text{OK})$$

- Kontrol penampang akibat lendutan

$$\text{Lendutan izin} = \frac{l}{360} = \frac{800}{360} = 2,2 \text{ cm}$$

$$f_{\max} = \frac{5L^2}{48EI} [Ms - 0,1(Ma + Mb)]$$

Dimana :

$Ma = Mb$ = Momen di tumpuan (dari analisa SAP2000)

Ms = Momen di tengah bentang (dari analisa SAP2000)

$$f_{\max} = \frac{5.800^2}{48.200000.411000} [1195256,26 - 0,1(28698348,90 + 30853555,78)]$$

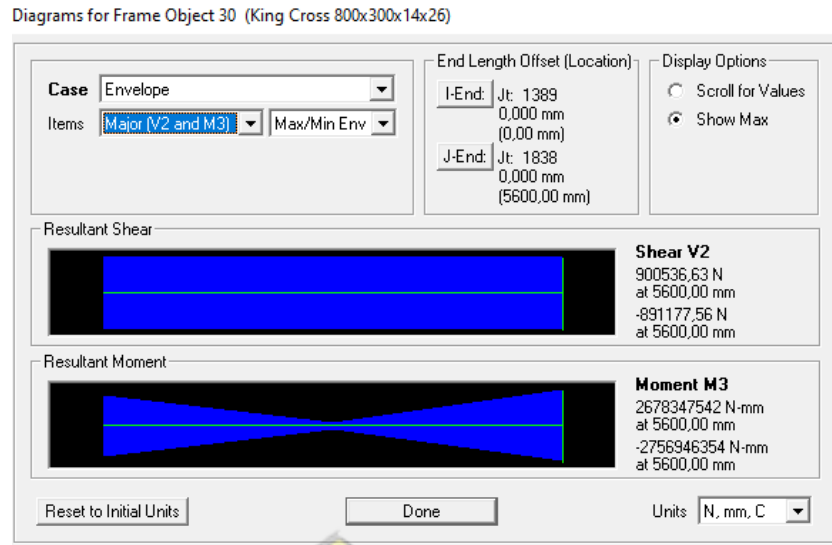
$$f_{\max} = 1,83 \text{ cm} \leq 2,222 \text{ cm (OK)}$$

“Profil WF 900x300x16x28 dapat digunakan sebagai balok induk pada Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Unika.”

4.5.5 Perencanaan Kolom

Kolom baja yang digunakan dalam perencanaan gedung ini adalah kolom *king cross* 800x300x14x26, dengan data-data penampang sebagai berikut :

d	$= 800 \text{ mm}$	i_x	$= r_x = 23,83 \text{ cm}$
bf	$= 300 \text{ mm}$	i_y	$= r_y = 24,27 \text{ cm}$
tf	$= 26 \text{ mm}$	Z_x	$= 7592,5 \text{ cm}^3$
tw	$= 14 \text{ mm}$	Z_y	$= 7740,2 \text{ cm}^3$
A	$= 534,8 \text{ cm}^2$	r	$= 28 \text{ cm}$
q	$= 419,8 \text{ kg/m}$	h	$= d - 2(tf + r)$
I_x	$= 303700 \text{ cm}^4$		$= 692 \text{ mm}$
I_y	$= 315700 \text{ cm}^4$		
f_y	$= 410 \text{ MPa (BJ-55)}$		



Gambar 4.17 Hasil Output SAP2000 Gaya Geser dan Momen Kolom

Dari hasil output SAP2000 kolom 30 lantai 1 didapat hasil :

$$M_{max} = 2678347542 \text{ N} = 2678347,542 \text{ kN}$$

$$V_{max} = 900536,63 \text{ N} = 900,537 \text{ kN}$$

- Kontrol terhadap tekan

Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \cdot 26} = 5,77$$

$$0,56 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 12,37$$

Karena $\frac{bf}{2tf} < 0,56 \sqrt{\frac{E}{fy}}$, maka elemen Kompak

Badan

$$\frac{he}{tw} = \frac{800 - 2(28 + 26 + 14)}{14} = 47,43$$

$$1,49 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 32,91$$

Karena $\frac{he}{tw} < 1,49 \sqrt{\frac{E}{fy}}$, maka elemen Non Kompak

- Menentukan panjang efektif kolom (KL) arah x

Kolom dianggap rangka bergoyang, karena terjadi displacement akibat beban gempa

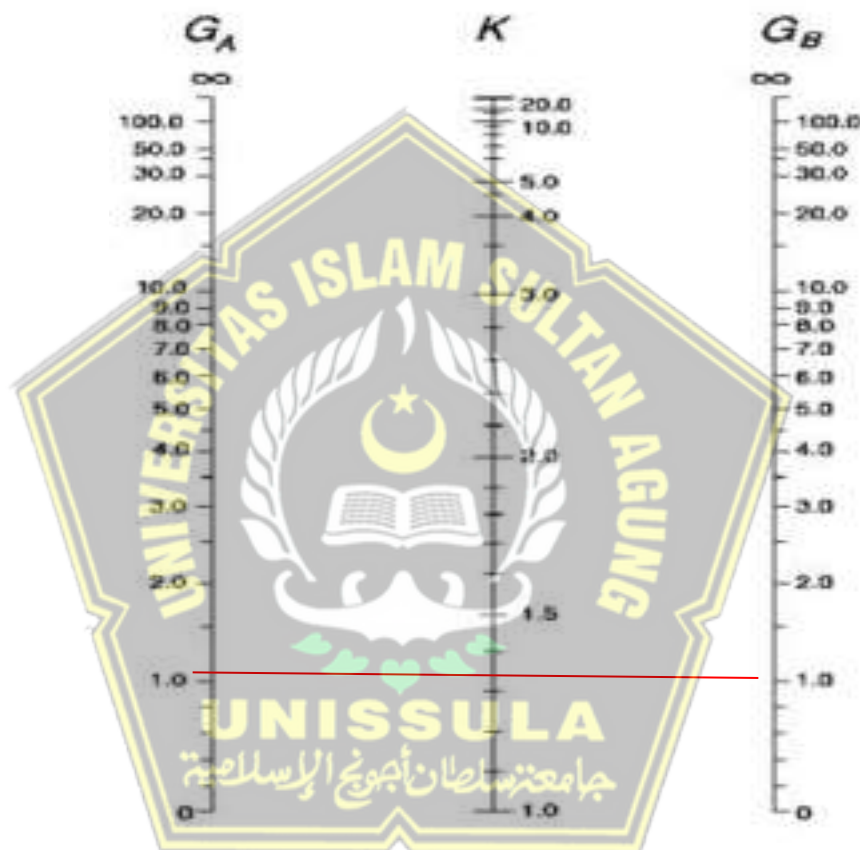
$$GA = \frac{\sum(EI/L)_{kolom}}{\sum(EI/L)_{balok}}$$

$$= \left(\frac{200000 \cdot 3037000000}{5600} \right) : \left(\frac{200000 \cdot 4110000000}{8000} \right)$$

$$= 1,055$$

GB = Untuk kolom yang terhubung kaku pada tumpuan jepit
maka nilai G diambil sebesar : 1

Kemudian nilai K diperoleh dengan menggunakan nomogram untuk struktur bergoyang sebagai berikut :



Gambar 4.18 Nomogram untuk menghitung K arah x

Dari nomogram tersebut nilai K diperoleh sebesar : 1,35

Menurut SNI1729-2015 Rasio kelangsingan efektif diisyaratkan sebagai berikut :

$$\frac{KL}{rx} = \frac{1,35 \times 5600}{238,3} = 31,73 < 200$$

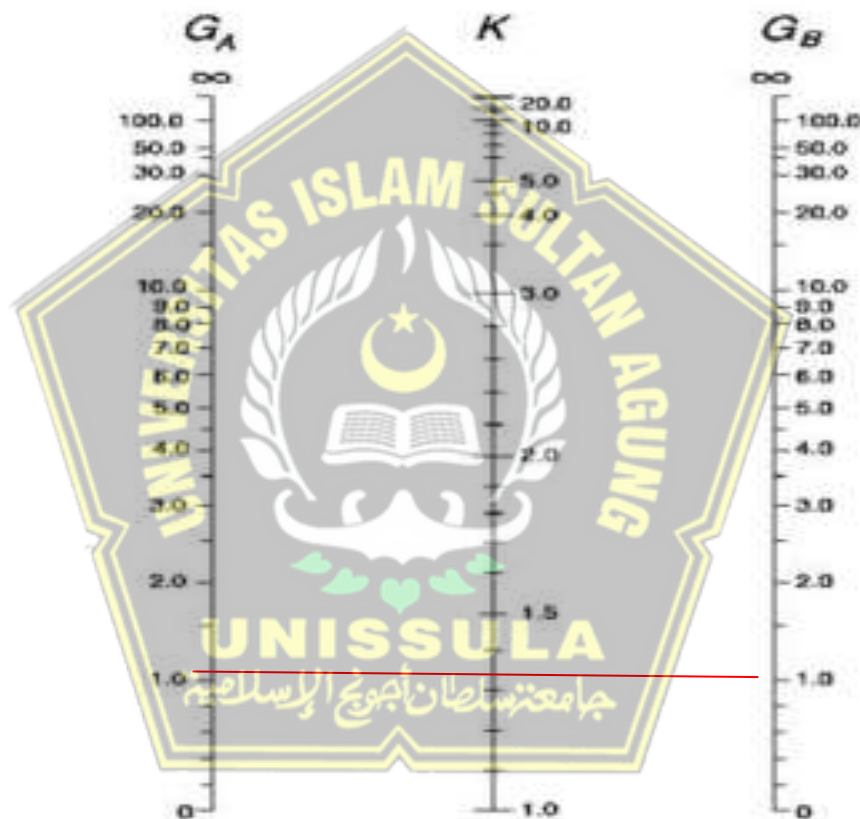
- Menentukan panjang efektif kolom (KL) arah y

Kolom dianggap rangka bergoyang, karena terjadi displacement akibat beban gempa

$$\begin{aligned}
 G_A &= \frac{\sum(EI/L)_{kolom}}{\sum(EI/L)_{balok}} \\
 &= \left(\frac{200000 \cdot 3037000000}{5600} \right) : \left(\frac{200000 \cdot 4110000000}{8000} \right) \\
 &= 1,055
 \end{aligned}$$

GB = Untuk kolom yang terhubung kaku pada tumpuan jepit
maka nilai G diambil sebesar : 1

Kemudian nilai K diperoleh dengan menggunakan nomogram untuk struktur bergoyang sebagai berikut :



Gambar 4.19 Nomogram untuk menghitung K arah y

Dari nomogram tersebut nilai K diperoleh sebesar : 1,35

Menurut SNI1729-2015 Rasio kelangsingan efektif diisyaratkan sebagai berikut :

$$\frac{KL}{ry} = \frac{1,35 \times 5600}{242,7} = 31,15 < 200$$

Rasio kelangsingan efektif $x = 31,73 > y = 31,15$ maka arah x menentukan tekuk, sehingga dalam perhitungan selanjutnya ditinjau arah x

- Perhitungan tegangan kritis tekuk dan lentur

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{Q \cdot F_y}}$$

Dimana :

Q = Faktor reduksi netto = 1

$$\frac{KL}{r} = \frac{1,35 \cdot 5600}{280} = 27$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{Q \cdot F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{1 \cdot 410}} = 104,03$$

Karena $\frac{KL}{r} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{Q \cdot F_y}}$, maka F_{cr} dirumuskan :

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q F_y / F_e}) f_y$$

Dimana :

F_e = tegangan tekuk kritis elastis (MPa). Untuk tekuk kritis lentur F_e dihitung dengan persamaan :

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{rx}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{\left(\frac{1,35 \times 5600}{238,3}\right)^2} = 1958,615 \text{ MPa}$$

Maka tegangan kritis sebagai berikut :

$$F_{cr} = 1 \left(0,658^{\frac{1 \cdot 410}{1958,615}} \right) \cdot 410 = 375,56 \text{ MPa}$$

Sedangkan untuk profil struktur simetris ganda tegangan kritis tekuk dan puntir dihitung dengan nilai F_e sebagai berikut :

$$F_e = \left(\frac{\pi^2 \cdot EC_w}{(KL)^2} + GJ \right) \frac{1}{I_x + I_y}$$

Dimana :

G = Modulus elastisitas geser baja = 77200 MPa

J = Konstanta torsi

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{3} \times h \times t w^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times b f \times t f^3 \right) \\ &= \frac{1}{3} \times 692 \times 14^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times 300 \times 26^3 \right) \\ &= 4148149,4 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_w &= \text{Konstanta pilin} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot h^2 \cdot I_y \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 692^2 \cdot 3157000000 \\
 &= 377943412000000 \text{ mm}^6
 \end{aligned}$$

Maka nilai F_e adalah

$$\begin{aligned}
 F_e &= \left(\frac{3,14^2 \cdot 200000 \cdot 377943412000000}{(7560)^2} + 77200 \cdot 4148149,4 \right) \\
 &\quad \frac{1}{3037000000 + 3157000000} \\
 &= 21052435,52
 \end{aligned}$$

Dengan memperoleh nilai F_e , maka tegangan kritis :

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= 1 \left(0,658^{\frac{1,410}{21052435,52}} \right) \cdot 410 \\
 &= 410 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- Menghitung kuat tekan nominal

Kuat tekan nominal (P_n) harus dihitung dari nilai terendah berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur dan tekuk torsi. Dari perhitungan sebelumnya didapat F_{cr} tekuk lentur < F_{cr} tekuk puntir. Maka tekuk yang terjadi adalah

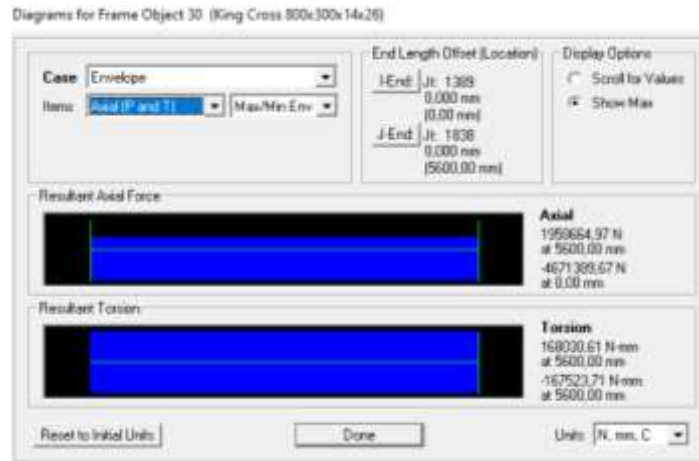
$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \times A_g \\
 &= 375,56 \times 53480 \\
 &= 20084948,8 \text{ N} = 20084,949 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$0,9 \cdot 20084,949 \geq 1958,664 \text{ kN}$$

$$18076,454 \text{ kN} \geq 1958,664 \text{ kN}$$



Gambar 4.20 Hasil Output SAP2000 Gaya Aksial Kolom

- Kontrol Lentur Penampang
Kekuatan lentur desain penampang didesain dengan keadaan momen plastis apabila :

Sayap

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2.t_f} = \frac{300}{2.26} = 5,77$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 8,39$$

Karena $\lambda_f < \lambda_{pf}$, sayap profil kompak

Badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{14} = 49,42$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 83,04$$

Karena $\lambda_w < \lambda_{pw}$, badan profil kompak

Maka penampang didesain dengan keadaan momen plastis

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x$$

$$= 410 \times 7592500$$

$$= 3112925000 \text{ Nmm} = 3112925 \text{ kN}$$

Syarat :

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 3112925 \geq 2678347,542$$

$$2801632,5 \text{ kN} \geq 2678347,542 \text{ kN}$$

- Kontrol Pengaruh Tekuk Lateral

$$L = 5600 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 243 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$= 9445,871 \text{ mm}$$

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

Dimana :

$$r_{ts} = \frac{I_{yho}}{2 S_x} = \frac{3157000000 .774}{2 . 7592500} = 160916,56 \text{ mm}^4$$

J = Konstanta torsi

$$= \frac{1}{3} \times h \times t_w^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times b_f \times t_f^3 \right)$$

$$= \frac{1}{3} \times 692 \times 14^3 + 2 \left(\frac{1}{3} \times 300 \times 26^3 \right)$$

$$= 4148149,4 \text{ mm}^4$$

G = Modulus elastisitas geser baja = 77200 MPa

c = Untuk profil simetris ganda = 1

Didapat

$$L_r = 640138,35 \text{ mm}$$

Karena :

$L < L_p$ termasuk bentang pendek

$L_p < L < L_r$ termasuk bentang menengah

$L > L_r$ termasuk bentang panjang

Dari hasil perhitungan didapat :

$$L = 5600 \text{ mm} < L_p = 9445,871 \text{ mm} < L_r = 640138,35 \text{ mm}$$

Maka penampang termasuk bentang pendek sehingga tidak terjadi tekuk torsi lateral pada kolom.

- Interaksi gaya aksial dan momen lentur

$$P_u = 1958664,97 \text{ N} = 1958,664 \text{ kN}$$

$$P_n = 20084948,8 \text{ N} = 20084,949 \text{ kN}$$

$$\text{Jika, } \frac{P_u}{P_n} = \frac{1958,664}{20084,949} = 0,09 < 0,2 \text{ Maka,}$$

$$\frac{P_u}{P_n} + \left(\frac{M_u + M_n}{M_n + M_n} \right) \leq 1$$

$$0,09 + \left(\frac{2678347542}{3112925000} \right) \leq 1$$

$$0,95 \leq 1 \text{ (Aman)}$$

Maka kolom *King Cross* 800x300x14x26 kuat memikul beban tekan dan momen lentur.

4.6 Perencanaan Sambungan

4.6.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan Menggunakan Baja Siku

Profil Balok Induk 900x300x16x28

$$h = 900 \text{ mm} \quad I_x = 411000 \text{ cm}^4$$

$$b = 300 \text{ mm} \quad I_y = 12600 \text{ cm}^4$$

t_w	=	16 mm	i_x	=	36,42 cm
t_f	=	28 mm	i_y	=	6,38 cm
r_0	=	28 mm	S_x	=	9133 cm ³
A	=	309,80 cm ²	S_y	=	840 cm ³
Berat	=	243,19 Kg/m			

Profil Balok Anak WF 450x200x9x14

h	=	450 mm	I_x	=	33,500 cm ⁴
b	=	200 mm	I_y	=	1870 cm ⁴
t_w	=	19mm	i_x	=	18,6 cm
t_f	=	14 mm	i_y	=	4,40 cm
r_0	=	16 mm	S_x	=	1490 cm ³
A	=	98,6 cm ²	S_y	=	187 cm ³
Berat	=	76 Kg/m			

Digunakan pelat siku sebagai penyambung (75x75x7)

Dimensi penampang :

$b = 75$ mm, $t = 7$ mm

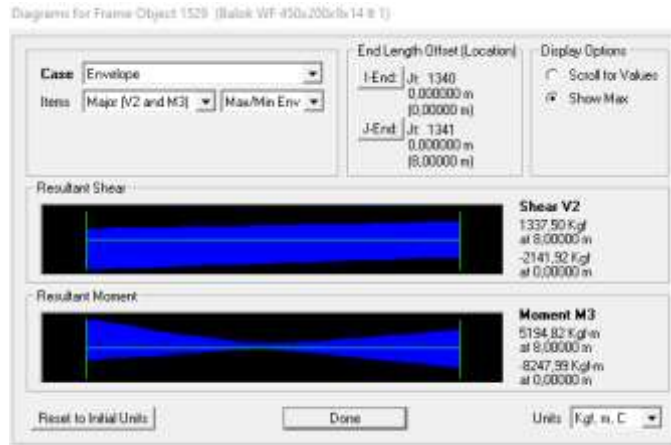
penampang yang dilemahkan :

$w = 40$ mm, $d = 23$ mm

Hasil analisis dari Program SAP2000

Balok anak WF 450x200x9x14

$V_u = 1337,50$ Kg = 1,3375 Ton = 13116,39 N



Gambar 4.21 Hasil Output SAP2000 Gaya Geser dan Momen Balok Anak

- Material baja B37 f_y = 410 MPa
 f_u = 550 MPa
 Tegangan residu (f_r) = 70 MPa (penampang digilas)
 Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
 Tebal pelat beton = 15 cm
 Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa
 Modulus Elastisitas beton = 25742,96 MPa
 Baut yang digunakan = A325
- Kuat tarik minimum (f_{ub}) = 620 MPa
 - Tegangan geser baut (f_{nv}) = 372 MPa
 - Diameter baut ($\emptyset$) = 16 mm
 - Diameter lubang baut (dt) = $\emptyset + 2 = 16 + 2 = 18$ mm
 - Luas baut (A_b) = $1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = 254,34 \text{ mm}^2$

- Kuat Nominal Tumpu Pelat

Pada WF 900x300x16x28

Kuat geser pelat di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \leq 2,4 \times d \times t_w \times f_u$$

$$R_{nv} = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u$$

$$= 1,2 \times 30 \times 16 \times 550 = 316800 \text{ N}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 213120 \text{ N} = 237600 \text{ N}$$

kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2,4 \times d_1 \times t_w \times f_u$$

$$= 2,4 \times 18 \times 16 \times 550 = 380160 \text{ N}$$

$$\phi R_{nt} = 0,75 \times 380160 \text{ N} = 285120 \text{ N}$$

syarat :

$$\phi R_{nv} < \phi R_{nt}$$

$$237600 \text{ N} < 285120 \text{ N} \dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{Diambil nilai kuat nominal yang terkecil} = 237600 \text{ N} = 2376 \text{ T}$$

- Pada WF 450x200x9x14

Kuat geser pelat di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \leq 2,4 \times d \times t_w \times f_u$$

$$R_{nv} = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u$$

$$= 1,2 \times 30 \times 9 \times 550 = 178200 \text{ N}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 178200 \text{ N} = 133650 \text{ N}$$

kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2,4 \times d_1 \times t_w \times f_u$$

$$= 2,4 \times 18 \times 9 \times 550 = 213840 \text{ N}$$

$$\phi R_{nt} = 0,75 \times 213840 \text{ N} = 160380 \text{ N}$$

syarat :

$$\phi R_{nv} < \phi R_{nt}$$

$$133650 \text{ N} < 160380 \text{ N} \dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{Diambil nilai kuat nominal yang terkecil} = 133650 \text{ N} = 1336,5 \text{ T}$$

- Pada L 75x75x7

Kuat geser pelat di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \leq 2,4 \times d \times t_w \times f_u$$

$$R_{nv} = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u$$

$$= 1,2 \times 30 \times 7 \times 550 = 138600 \text{ N}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 138600 \text{ N} = 103950 \text{ N}$$

Kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$R_{nt} = 2,4 \times d_1 \times t_w \times f_u$$

$$= 2,4 \times 18 \times 7 \times 550 = 166320 \text{ N}$$

$$\phi R_{nt} = 0,75 \times 166320 \text{ N} = 124740 \text{ N}$$

syarat :

$$\phi R_{nv} < \phi R_{nt}$$

$$103950\text{N} < 124740\text{ N}$$

Maka kuat tumpu diambil yang terkecil = 1039,5 T

- Kuat Nominal Geser Baut dengan 2 bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 254,34 \times 2 = 189228,96\text{ N} = 18,92\text{ T/baut} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 18,92\text{ T/baut} = 14,19\text{ T/baut}$$

- Kuat Nominal Geser Baut dengan 1 bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 254,34 \times 1 = 94614,48\text{ N} = 9,46\text{ T/baut} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 9,46\text{ T/baut} = 7,09\text{ T/baut}$$

dari hasil kuat tumpu profil dan geser baut, maka kuat geser baut menentukan.

Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{1,3375}{14,19} = 0,1 \approx 1\text{ baut}$$

Maka digunakan 4 buah baut pada profil WF 450x200x9x14

- Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{R_u}{n} < \phi R_{nv} \\ &= \frac{1,3375}{4} = 0,33\text{ Ton} < 14,19\text{ Ton} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Luasan Geser Pada pelat Siku

$$\begin{aligned} l &= S + S + S + S_1 \\ &= 100 + 100 + 100 + 25 = 325\text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bruto} &= A_{gv} = t_p \cdot l \\ &= 7 \cdot 325 = 2275\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18\text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b\text{ total}} &= l_b \cdot \text{jumlah lubang} \\ &= 18 \times 4 \\ &= 72\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto } A_{nv} &= (l - l_{b\text{ total}}) \cdot t_p \\ &= (325 - 72) \cdot 7 \\ &= 1771\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } A_{nv} < 85\% \cdot A_{gv}$$

$$1771 < 85\% \cdot 2275$$

$$1771 < 1933,75 \text{OK!}$$

- Luasan Tarik pada Pelat Siku

$$\begin{aligned} \text{Luas Bruto} = A_{gt} &= t_p \cdot b - w \\ &= 7 \cdot (75 - 40) \\ &= 245 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{jumlah lubang} \\ &= 18 \times 4 \\ &= 72 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto} = A_{nt} &= A_g - n \cdot d \cdot t \\ &= 245 - 2 \cdot 16 \cdot 7 \\ &= 21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } A_{nt} < 85\% \cdot A_{gt}$$

$$21 < 85\% \cdot 245$$

$$21 < 208,3 \text{OK!}$$

Kuat nominal berdasarkan keruntuhan / faktor dan tegangan putus

$$\begin{aligned} R_{nF} &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0,6 \cdot 410 \cdot 1771 + 1 \cdot 550 \cdot 21 \\ &= 447216 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan leleh dan tegangan putus

$$\begin{aligned} R_{nL} &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0,6 \cdot 410 \cdot 2275 + 1 \cdot 550 \cdot 21 \\ &= 571200 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } R_{nF} \leq R_{nL}$$

$$447216 \text{ N} \leq 571200 \text{ N}$$

Konfigurasi balok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan.

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot 571200 \\ &= 428400 \text{ N} = 50456,8 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\phi \cdot R_n > R_u$$

$$50456,8 > 13116,39 \dots \text{OK!}$$

- Periksa Kekuatan Geser Balok Pelat

$$R_n = 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt} \leq 0,6 \cdot F_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}$$

$$\text{Bila tegangan tarik merata } U_{bs} = 1$$

$$\text{Bila tegangan tarik tidak merata } U_{bs} = 0,5$$

Pada Balok WF 900x200x16x28

$$R_n = 0,6 \cdot 550 \cdot 1771 + 1 \cdot 550 \cdot 21 \leq 0,6 \cdot 410 \cdot 2275 + 1 \cdot 550 \cdot 21$$

$$R_n = 397980 \leq 571200, \text{ nilai melebihi sehingga cukup ambil nilai batas}$$

$$\text{max, sehingga diambil nilai } R_n = 571200 \text{ N}$$

Syarat :

$$\phi \cdot R_n > R_u$$

$$0,75 \cdot 571200 > 13116,39$$

$$428400 > 13116,39 \text{ OK!}$$

Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Tarik

Jarak baut ke tepi pelat (S_1) = 25 mm

Jarak antar baut (S) = 100 mm

$$d_4 = 320 \text{ mm}$$

$$d_3 = 220 \text{ mm}$$

$$d_2 = 120 \text{ mm}$$

$$d_1 = 20 \text{ mm}$$

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

$$= 20 + 120 + 220 + 320 = 680 \text{ mm}$$

Terhadap Momen akibat reaksi dan jarak baut

Maka momen yang terjadi :

$$M_u = w \cdot V_u$$

$$= 40 \cdot 13116,39 = 524655,6 \text{ Nmm}$$

Maka gaya tarik yang terjadi adalah :

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{524655,6 \cdot 20}{680^2} = 22,7 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{524655,6 \cdot 120}{680^2} = 136,2 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{524655,6 \cdot 220}{680^2} = 249,6 \text{ N}$$

$$T_{u4} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{524655,6 \cdot 320}{680^2} = 363,1 \text{ N}$$

Gaya tarik 1 baut pada profil

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 254,34 \cdot 620 \\ &= 157690,8 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena dalam satu baris terdapat 2 buah baut, maka

$$\begin{aligned} T_b &= 2 \cdot T_b \\ &= 2 \cdot 157690,8 = 315381,6 \text{ N} \end{aligned}$$

Tahanan nominal untuk 2 baut

$$\begin{aligned} T_d &= \phi \cdot T_b \\ &= 0,75 \cdot 315381,6 \text{ N} \\ &= 118268,1 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

Terhadap Momen akibat reaksi dan jarak baut

$$\begin{aligned} T_u &< T_d \\ T_{u1} &= 22,7 \text{ N} < 118268,1 \text{ N} \dots \text{OK!} \\ T_{u2} &= 136,2 \text{ N} < 118268,1 \text{ N} \dots \text{OK!} \\ T_{u3} &= 249,6 \text{ N} < 118268,1 \text{ N} \dots \text{OK!} \\ T_{u4} &= 363,1 \text{ N} < 118268,1 \text{ N} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan baut Terhadap Momen

$$\begin{aligned} \Sigma T &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} \\ &= 22,7 \text{ N} + 136,2 \text{ N} + 249,6 \text{ N} + 363,1 \text{ N} \\ &= 771,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$T_d \cdot d_1 = 187062,855 \text{ N} \cdot 20 \text{ mm} = 3741257,1 \text{ Nmm}$$

$$T_d \cdot d_2 = 187062,855 \text{ N} \cdot 120 \text{ mm} = 22447542,6 \text{ Nmm}$$

$$T_d \cdot d_3 = 187062,855 \text{ N} \cdot 220 \text{ mm} = 41153828,1 \text{ Nmm}$$

$$T_d \cdot d_4 = 187062,855 \text{ N} \cdot 320 \text{ mm} = 59860113,6 \text{ Nmm} +$$

$$\sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i = 127202741,4 \text{ Nmm}$$

Garis Netral pada Pelat Siku

$$a = \frac{\Sigma T}{f_{yp} \cdot b} = \frac{771,6}{410,75} = 0,025 \text{ mm} < 7 \text{ mm}$$

Momen Rencana

$$\begin{aligned}
 M_R &= \phi \cdot M_n = \frac{0,9 \cdot f_{yp} \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T d_i \cdot d_i \\
 &= \frac{0,9 \cdot 410 \cdot 0,025^2 \cdot 75}{2} + 127202741,4 \\
 &= 127202750,05 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$M_u < \phi \cdot M_n$$

$$524655,6 \text{ Nmm} < 127202750,05 \text{ Nmm} \dots (\text{OK})$$

4.6.2 Sambungan Kolom dengan Balok Induk

Menggunakan Sambungan *End Plate*

Profil Kolom *Kingcross* 800x300x18x26

h	= 800 mm	I_x	= 303,700 cm ⁴
b	= 300 mm	I_y	= 315,027 cm ⁴
t_w	= 18 mm	i_x	= 23,88 cm
t_f	= 26 mm	i_y	= 24,27 cm
r_0	= 28 mm	S_x	= 7592,5 cm ³
A	= 543,8 cm ²	S_y	= 7740,2 cm ³
Berat	= 419,8 Kg/m		

Profil Balok Induk 900x300x16x28

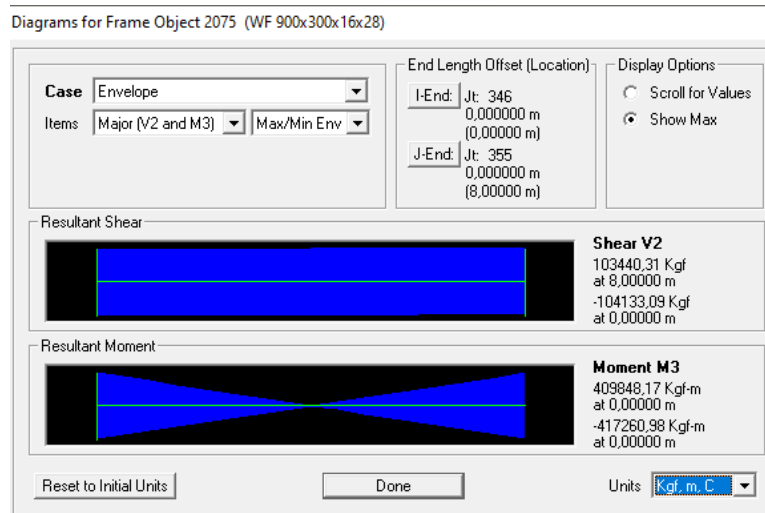
h	= 900 mm	I_x	= 411000 cm ⁴
b	= 300 mm	I_y	= 12600 cm ⁴
t_w	= 16 mm	i_x	= 36,42 cm
t_f	= 28 mm	i_y	= 6,38 cm
r_0	= 28 mm	S_x	= 9133 cm ³
A	= 309,80 cm ²	S_y	= 840 cm ³
Berat	= 243,19 Kg/m		

Hasil analisis dari Program SAP2000

Reaksi dan Momen pada Balok

$$V_u = 103440,31 \text{ Kg} = 103,44 \text{ Ton} = 1014402,9 \text{ N}$$

$$M_u = 409848,17 \text{ Kgm} = 4098481700 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.22 Hasil *Output* SAP2000 Gaya Geser dan Momen Balok Induk

- Material baja B55 f_y = 410 MPa
 f_u = 550 MPa
Tegangan residu (f_r) = 70 MPa (penampang digilas)
Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
Tebal pelat beton = 15 cm
Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa
Modulus Elastisitas beton = 25742,96 MPa
Baut yang digunakan = A325
- Kuat tarik minimum (f_{ub}) = 620 MPa
 - Tegangan geser baut (f_{nv}) = 372 MPa
 - Diameter baut ($\emptyset$) = 16 mm
 - Diameter lubang baut (dt) = $\emptyset + 2 = 16 + 2 = 18$ mm
 - Luas baut (A_b) = $1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = 254,34 \text{ mm}^2$
 - Kuat Nominal Tumpu

Pada WF 900x300x16x28

Kuat geser pelat di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \leq 2,4 \times d \times t_w \times f_u$$

$$R_{nv} = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u$$

$$= 1,2 \times 30 \times 16 \times 550 = 316800 \text{ N}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 316800 \text{ N} = 237600 \text{ N}$$

kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$\begin{aligned} R_{nt} &= 2,4 \times d_1 \times t_w \times f_u \\ &= 2,4 \times 18 \times 16 \times 550 = 380160 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nt} = 0,75 \times 380160 \text{ N} = 285120 \text{ N}$$

syarat :

$$\phi R_{nv} < \phi R_{nt}$$

$$237600 \text{ N} < 285120 \text{ N} \dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{Diambil nilai kuat nominal yang terkecil} = 237600 \text{ N} = 2376 \text{ T}$$

Pada Kolom *Kingcross* 800x300x18x26

Kuat geser pelat di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \leq 2,4 \times d \times t_w \times f_u$$

$$\begin{aligned} R_{nv} &= 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \\ &= 1,2 \times 30 \times 18 \times 550 = 356400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 356400 \text{ N} = 267300 \text{ N}$$

kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$\begin{aligned} R_{nt} &= 2,4 \times d_1 \times t_w \times f_u \\ &= 2,4 \times 18 \times 18 \times 550 = 427680 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nt} = 0,75 \times 427680 \text{ N} = 320760 \text{ N}$$

syarat :

$$\phi R_{nv} < \phi R_{nt}$$

$$267300 \text{ N} < 320760 \text{ N} \dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{Diambil nilai kuat nominal yang terkecil} = 267300 \text{ N} = 2673 \text{ T}$$

Pada Pelat Ujung / *End Plate* ($t = 16\text{mm}$)

Kuat geser pelat di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \leq 2,4 \times d \times t_w \times f_u$$

$$\begin{aligned} R_{nv} &= 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \\ &= 1,2 \times 30 \times 16 \times 550 = 316800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 316800 \text{ N} = 237600 \text{ N}$$

kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$\begin{aligned} R_{nt} &= 2,4 \times d_1 \times t_w \times f_u \\ &= 2,4 \times 18 \times 16 \times 550 = 380160 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nt} = 0,75 \times 380160 \text{ N} = 285120 \text{ N}$$

syarat :

$$\phi R_{nv} < \phi R_{nt}$$

$$237600 \text{ N} < 285120 \text{ N} \dots \text{diambil nilai terkecil}$$

Diambil nilai kuat nominal yang terkecil = 237600 N = 2376 T

- Kuat Nominal Geser Baut dengan 2 bidang Geser

$$R_{nv} = f_{nv} \times A_b \times m$$

$$= 372 \times 254,34 \times 2 = 189228,96 \text{ N} = 18,92 \text{ T/baut}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 18,92 \text{ T/baut} = 14,19 \text{ T/baut}$$

- Kuat Nominal Geser Baut dengan 1 bidang Geser

$$R_{nv} = f_{nv} \times A_b \times m$$

$$= 372 \times 254,34 \times 1 = 94614,48 \text{ N} = 9,46 \text{ T/baut}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 9,46 \text{ T/baut} = 7,09 \text{ T/baut}$$

maka geser diambil yang terkecil = 7,09 T/baut

dari hasil kuat tumpu profil dan geser baut, maka kuat geser baut menentukan.

- Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{103,44}{14,19} = 7,28 \approx 8 \text{ baut}$$

Maka digunakan 8 buah baut pada profil WF 900x300x16x28

- Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{R_u}{n} < \phi R_{nv} \\ &= \frac{103,44}{8} = 12,93 \text{ Ton} < 14,19 \text{ Ton} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

Menghitung jarak baut

Jarak tepi minimum untuk baut Ø 16 = 22 mm

$$S_{\min} < S_1 < 4t_p + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < S_1 < 4.12 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < 25 < 148 \text{ mm}$$

Jarak antar baut S untuk baut Ø 16

$$\frac{2}{3}d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21,33 < S < 15.16 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21,33 < 100 < 240 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S = 100 \text{ mm}$$

- Luasan Geser Pada pelat

$$\begin{aligned} l &= S + S + S + S_1 \\ &= 100 + 100 + 100 + 25 = 325 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bruto} &= A_{gv} = t_p \cdot l \\ &= 16 \cdot 325 = 5200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{jumlah lubang} \\ &= 18 \times 8 \\ &= 144 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto } A_{nv} &= (l - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p \\ &= (325 - 144) \cdot 16 \\ &= 1267 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } A_{nv} &< 85\% \cdot A_{gv} \\ 2896 &< 85\% \cdot 5200 \\ 2896 &< 3900 \text{OK!} \end{aligned}$$

- Luasan Tarik pada Pelat

$$\begin{aligned} \text{Luas Bruto} &= A_{gt} = t_p \cdot l \\ &= 16 \cdot 325 = 5200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{jumlah lubang} \\ &= 18 \times 8 \\ &= 144 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto} &= A_{nt} = A_g - n \cdot d \cdot t \\ &= 5200 - 4 \cdot 16 \cdot 16 \\ &= 4176 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } A_{nt} &< 85\% \cdot A_{gt} \\ 4176 &< 85\% \cdot 5200 \\ 4176 &< 4420 \text{OK!} \end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan keruntuhan / faktor dan tegangan putus

$$\begin{aligned} R_{nF} &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0,6 \cdot 410 \cdot 2896 + 1 \cdot 550 \cdot 4176 \\ &= 3009216 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan leleh dan tegangan putus

$$\begin{aligned} R_{nL} &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0,6 \cdot 410 \cdot 5200 + 1 \cdot 550 \cdot 4176 \\ &= 3576000 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat : $R_{nF} \leq R_{nL}$

$$3009216 \text{ N} \leq 3576000 \text{ N}$$

Konfigurasi balok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan.

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot 3576000 \\ &= 2682000 \text{ N} = 268200 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\phi \cdot R_n > R_u$$

$$2682000 > 1014402,9 \dots \text{OK!}$$

- Periksa Kekuatan Geser Balok Pelat

$$R_n = 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt} \leq 0,6 \cdot F_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}$$

Bila tegangan tarik merata $U_{bs} = 1$

Bila tegangan tarik tidak merata $U_{bs} = 0,5$

Pada Balok WF 900x200x16x28

$$R_n = 0,6 \cdot 550 \cdot 2896 + 1 \cdot 550 \cdot 4176 \leq 0,6 \cdot 410 \cdot 5200 + 1 \cdot 550 \cdot 4176$$

$R_n = 3252480 \leq 3576000$, cukup ambil nilai batas max, sehingga diambil nilai $R_n = 3576000 \text{ N}$

Syarat :

$$\phi \cdot R_n > R_u$$

$$0,75 \cdot 3576000 > 1014402,9$$

$$2682000 > 1014402,9 \dots \text{OK!}$$

Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Tarik

Jarak baut ke tepi pelat (S_1) = 25 mm

Jarak antar baut (S) = 100 mm

$$d_4 = 320 \text{ mm}$$

$$d_3 = 220 \text{ mm}$$

$$d_2 = 120 \text{ mm}$$

$$d_1 = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_t &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\ &= 20 + 120 + 220 + 320 = 680 \text{ mm} \end{aligned}$$

Terhadap Momen akibat reaksi dan jarak baut

Maka momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} M_u &= w \cdot V_u \\ &= 40 \cdot 1014402,9 = 40576116 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka gaya tarik yang terjadi adalah :

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{40576116 \cdot 20}{680^2} = 1755 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{40576116 \cdot 120}{680^2} = 10530,1 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{40576116 \cdot 220}{680^2} = 19305,2 \text{ N}$$

$$T_{u4} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{40576116 \cdot 320}{680^2} = 28080,4 \text{ N}$$

Gaya tarik 1 baut pada profil

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 254,34 \cdot 620 \\ &= 157690,8 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena dalam satu baris terdapat 2 buah baut, maka

$$\begin{aligned} T_b &= 2 \cdot T_b \\ &= 2 \cdot 157690,8 = 315381,6 \text{ N} \end{aligned}$$

Tahanan nominal untuk 2 baut

$$\begin{aligned} T_d &= \phi \cdot T_b \\ &= 0,75 \cdot 315381,6 \text{ N} \\ &= 236536,2 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

Terhadap Momen akibat reaksi dan jarak baut

$$T_u < T_d$$

$$T_{u1} = 1755 \text{ N} < 236536,2 \text{ N} \text{OK!}$$

$$T_{u2} = 10530,1 \text{ N} < 236536,2 \text{ N} \text{OK!}$$

$$T_{u3} = 19305,2 \text{ N} < 236536,2 \text{ N} \dots \text{OK!}$$

$$T_{u4} = 28080,4 \text{ N} < 236536,2 \text{ N} \dots \text{OK!}$$

Kontrol Kekuatan baut Terhadap Momen

$$\begin{aligned}\Sigma T &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} \\ &= 1755 \text{ N} + 10530,1 \text{ N} + 19305,2 \text{ N} + 28080,4 \text{ N} \\ &= 59670,7 \text{ N}\end{aligned}$$

$$Td \cdot d_1 = 236536,2 \text{ N} \cdot 20 \text{ mm} = 4730724 \text{ Nmm}$$

$$Td \cdot d_2 = 236536,2 \text{ N} \cdot 120 \text{ mm} = 28384344 \text{ Nmm}$$

$$Td \cdot d_3 = 236536,2 \text{ N} \cdot 220 \text{ mm} = 52037964 \text{ Nmm}$$

$$Td \cdot d_4 = 236536,2 \text{ N} \cdot 320 \text{ mm} = 75691584 \text{ Nmm} +$$

$$\Sigma_{i=1}^n Td \cdot di = 160844616 \text{ Nmm}$$

Garis Netral pada Pelat

$$a = \frac{\Sigma T}{f_{yp} \cdot b} = \frac{59670,7}{410 \cdot 16} = 9,09 \text{ mm} < 16 \text{ mm}$$

Momen Rencana

$$\begin{aligned}M_R &= \phi \cdot M_n = \frac{0,9 \cdot f_{yp} \cdot a^2 \cdot b}{2} + \Sigma_{i=1}^n Td \cdot di \\ &= \frac{0,9 \cdot 410 \cdot 9,09^2 \cdot 16}{2} + 160844616 \\ &= 161088534,15 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Syarat :

$$M_u < \phi \cdot M_n$$

$$40576116 \text{ Nmm} < 161088534,15 \text{ Nmm} \dots \text{OK!}$$

4.6.3 Sambungan Bresing dengan Balok Induk

Menggunakan Sambungan *End Plate*

Profil Bracing WF 500x200x10x26

$$h = 500 \text{ mm} \quad I_x = 47800 \text{ cm}^4$$

$$b = 200 \text{ mm} \quad I_y = 2140 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 10 \text{ mm} \quad i_x = 20,5 \text{ cm}$$

$$t_f = 26 \text{ mm} \quad i_y = 4,43 \text{ cm}$$

$$r_0 = 20 \text{ mm} \quad S_x = 1910 \text{ cm}^3$$

$$A = 114,23 \text{ cm}^2 \quad S_y = 214 \text{ cm}^3$$

$$\text{Berat} = 89,6 \text{ Kg/m}$$

Profil Balok Induk 900x300x16x28

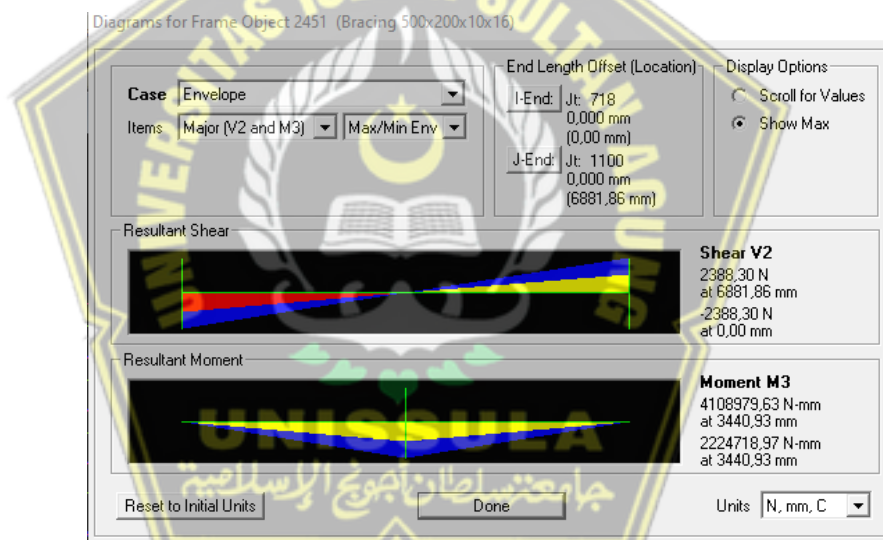
h	=	900 mm	I_x	=	411000 cm ⁴
b	=	300 mm	I_y	=	12600 cm ⁴
t_w	=	16 mm	i_x	=	36,42 cm
t_f	=	28 mm	i_y	=	6,38 cm
r_0	=	28 mm	S_x	=	9133 cm ³
A	=	309,80 cm ²	S_y	=	840 cm ³
Berat	=	243,19 Kg/m			

Hasil analisis dari Program SAP2000

Reaksi dan Momen pada Bresing

$V_u = 2388,3 \text{ N} = 2,39 \text{ Ton}$

$M_u = 4108979,63 \text{ Nmm}$



Gambar 4.23 Hasil Output SAP2000 Gaya Geser dan Momen Bresing

Material baja B55 f_y = 250 MPa

f_u = 410 MPa

Tegangan residu (f_r) = 70 MPa (penampang digilas)

Mutu Beton (f_c') = 30 MPa

Tebal pelat beton = 15 cm

Modulus Elastisitas baja = 200000 MPa

Modulus Elastisitas beton = 25742,96 MPa

- Baut yang digunakan = A325
- Kuat tarik minimum (f_{ub}) = 620 MPa
 - Tegangan geser baut (f_{nv}) = 372 MPa
 - Diameter baut ($\emptyset$) = 16 mm
 - Diameter lubang baut (dt) = $\emptyset + 2 = 16 + 2 = 18$ mm
 - Luas baut (A_b) = $1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = 254,34 \text{ mm}^2$
 - Kuat Nominal Tumpu

Pada Bresing WF 500x200x10x26

Kuat geser pelat di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \leq 2,4 \times d \times t_w \times f_u$$

$$\begin{aligned} R_{nv} &= 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \\ &= 1,2 \times 30 \times 10 \times 410 = 147600 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 147600 \text{ N} = 110700 \text{ N}$$

kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$\begin{aligned} R_{nt} &= 2,4 \times d_1 \times t_w \times f_u \\ &= 2,4 \times 18 \times 10 \times 410 = 177120 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nt} = 0,75 \times 177120 \text{ N} = 132840 \text{ N}$$

syarat :

$$\phi R_{nv} < \phi R_{nt}$$

110700 N < 132840 N ...diambil nilai terkecil

Diambil nilai kuat nominal yang terkecil = 148500 N = 1485 T

Pada WF 900x300x16x28

Kuat geser pelat di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \leq 2,4 \times d \times t_w \times f_u$$

$$\begin{aligned} R_{nv} &= 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \\ &= 1,2 \times 30 \times 16 \times 550 = 316800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 316800 \text{ N} = 237600 \text{ N}$$

kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$\begin{aligned} R_{nt} &= 2,4 \times d_1 \times t_w \times f_u \\ &= 2,4 \times 18 \times 16 \times 550 = 380160 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nt} = 0,75 \times 380160 \text{ N} = 285120 \text{ N}$$

syarat :

$$\phi R_{nv} < \phi R_{nt}$$

$$237600 \text{ N} < 285120 \text{ N} \dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{Diambil nilai kuat nominal yang terkecil} = 237600 \text{ N} = 2376 \text{ T}$$

Pada Pelat Ujung / *End Plate* ($t = 16\text{mm}$)

Kuat geser pelat di belakang bidang tumpu

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \leq 2,4 \times d \times t_w \times f_u$$

$$\begin{aligned} R_{nv} &= 1,2 \times l_c \times t_{pweb} \times f_u \\ &= 1,2 \times 30 \times 16 \times 550 = 316800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 316800 \text{ N} = 237600 \text{ N}$$

kuat tumpu pelat ketika memikul baut

$$\begin{aligned} R_{nt} &= 2,4 \times d_l \times t_w \times f_u \\ &= 2,4 \times 18 \times 16 \times 550 = 380160 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nt} = 0,75 \times 380160 \text{ N} = 285120 \text{ N}$$

syarat :

$$\phi R_{nv} < \phi R_{nt}$$

$$237600 \text{ N} < 285120 \text{ N} \dots \text{diambil nilai terkecil}$$

$$\text{Diambil nilai kuat nominal yang terkecil} = 237600 \text{ N} = 2376 \text{ T}$$

- Kuat Nominal Geser Baut dengan 2 bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 254,34 \times 2 = 189228,96 \text{ N} = 18,92 \text{ T/baut} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 18,92 \text{ T/baut} = 14,19 \text{ T/baut}$$

- Kuat Nominal Geser Baut dengan 1 bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \times A_b \times m \\ &= 372 \times 254,34 \times 1 = 94614,48 \text{ N} = 9,46 \text{ T/baut} \end{aligned}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \times 9,46 \text{ T/baut} = 7,09 \text{ T/baut}$$

dari hasil kuat tumpu profil dan geser baut, maka kuat geser baut menentukan.

- Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{2,39}{14,19} = 0,17 \approx 1 \text{ baut}$$

Maka digunakan 8 buah baut pada profil WF 900x300x16x28

- Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Geser

$$V_u = \frac{R_u}{n} < \phi R_{nv}$$

$$= \frac{2,39}{8} = 0,3 \text{ Ton} < 14,19 \text{ Ton} \dots \text{OK!}$$

Maka jumlah baut memnuhi kuat geser perlu

Menghitung jarak baut

Jarak tepi minimum S_1 untuk baut $\varnothing 16 = 22 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_1 < 4t_p + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < S_1 < 4.12 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$22 < 25 < 148 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

Jarak antar baut S untuk baut baut $\varnothing 16$

$$2\frac{2}{3}d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21,33 < S < 15. 7 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21,33 < 100 < 105 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka $S = 100 \text{ mm}$

- Luasan Geser Pada pelat

$$l = S + S + S + S_1$$

$$= 100 + 100 + 100 + 25 = 325 \text{ mm}$$

$$\text{Luas bruto} = A_{gv} = t_p \cdot l$$

$$= 16. 325 = 5200 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$l_{b \text{ total}} = l_b \cdot \text{jumlah lubang}$$

$$= 18 \times 8$$

$$= 144 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas Netto } A_{nv} = (l - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p$$

$$= (325 - 144) \cdot 16$$

$$= 2896 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat : } A_{nv} < 85\% \cdot A_{gv}$$

$$2896 < 85\% \cdot 5200$$

$$2896 < 3900 \dots\dots \text{OK!}$$

- Luasan Tarik pada Pelat

$$\begin{aligned}\text{Luas Bruto} &= A_{gt} = t_p \cdot l \\ &= 16 \cdot 325 = 5200 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Lebar lubang } (l_b) = d_b + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot \text{jumlah lubang} \\ &= 18 \times 8 \\ &= 144 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Netto} &= A_{nt} = A_g - n \cdot d \cdot t \\ &= 5200 - 4 \cdot 16 \cdot 16 \\ &= 4176 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat : } A_{nt} &< 85\% \cdot A_{gt} \\ 4176 &< 85\% \cdot 5200 \\ 4176 &< 4420 \dots\dots \text{OK!}\end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan keruntuhan / faktor dan tegangan putus

$$\begin{aligned}R_{nF} &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0,6 \cdot 410 \cdot 2896 + 1 \cdot 550 \cdot 4176 \\ &= 3009216 \text{ N}\end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan leleh dan tegangan putus

$$\begin{aligned}R_{nL} &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0,6 \cdot 410 \cdot 5200 + 1 \cdot 550 \cdot 4176 \\ &= 3576000 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat : } R_{nF} &\leq R_{nL} \\ 3009216 \text{ N} &\leq 3576000 \text{ N}\end{aligned}$$

Konfigurasi balok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan tahanan geser terkecil, maka kuat leleh pelat menentukan.

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot 3576000 \\ &= 2682000 \text{ N} = 268200 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &> R_u \\ 2682000 &> 2388,3 \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

- Periksa Kekuatan Geser Balok Pelat

$$R_n = 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt} \leq 0,6 \cdot F_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}$$

Bila tegangan tarik merata $U_{bs} = 1$

Bila tegangan tarik tidak merata $U_{bs} = 0,5$

Pada Balok WF 900x200x16x28

$$R_n = 0,6 \cdot 550 \cdot 2896 + 1 \cdot 550 \cdot 4176 \leq 0,6 \cdot 410 \cdot 5200 + 1 \cdot 550 \cdot 4176$$

$$R_n = 3252480 \leq 3576000, \text{ cukup ambil nilai batas max, sehingga diambil}$$

$$\text{nilai } R_n = 3576000 \text{ N}$$

Syarat :

$$\phi \cdot R_n > R_u$$

$$0,75 \cdot 3576000 > 2388,3$$

$$2682000 > 2388,3 \dots \text{OK!}$$

Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Tarik

Jarak baut ke tepi pelat (S_1) = 25 mm

Jarak antar baut (S) = 100 mm

$$d_4 = 320 \text{ mm}$$

$$d_3 = 220 \text{ mm}$$

$$d_2 = 120 \text{ mm}$$

$$d_1 = 20 \text{ mm}$$

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

$$= 20 + 120 + 220 + 320 = 680 \text{ mm}$$

Terhadap Momen akibat reaksi dan jarak baut

Maka momen yang terjadi :

$$M_u = w \cdot V_u$$

$$= 40 \cdot 2388,3 = 95532 \text{ Nmm}$$

Maka gaya tarik yang terjadi adalah :

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{95532 \cdot 20}{680^2} = 4,13 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{95532 \cdot 120}{680^2} = 24,79 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{95532 \cdot 220}{680^2} = 45,45 \text{ N}$$

$$T_{u4} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{95532 \cdot 320}{680^2} = 66,11 \text{ N}$$

Gaya tarik 1 baut pada profil

$$\begin{aligned}T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\&= 201,14 \cdot 620 \\&= 124708,57 \text{ N}\end{aligned}$$

Karena dalam satu baris terdapat 2 buah baut, maka

$$\begin{aligned}T_b &= 2 \cdot T_b \\&= 2 \cdot 124708,57 = 249417,14 \text{ N}\end{aligned}$$

Tahanan nominal untuk 2 baut

$$\begin{aligned}T_d &= \phi \cdot T_b \\&= 0,75 \cdot 249417,14 \text{ N} \\&= 187062,86 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat :

Terhadap Momen akibat reaksi dan jarak baut

$$T_u < T_d$$

$$T_{u1} = 4,13 \text{ N} < 187062,86 \text{ N} \dots\dots\text{OK!}$$

$$T_{u2} = 24,79 \text{ N} < 187062,86 \text{ N} \dots\dots\text{OK!}$$

$$T_{u3} = 45,45 \text{ N} < 187062,86 \text{ N} \dots\dots\text{OK!}$$

$$T_{u4} = 66,11 \text{ N} < 187062,86 \text{ N} \dots\dots\text{OK!}$$

Kontrol Kekuatan baut Terhadap Momen

$$\begin{aligned}\Sigma T &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} \\&= 4,13 \text{ N} + 24,79 \text{ N} + 45,45 \text{ N} + 66,11 \text{ N} \\&= 140,48 \text{ N}\end{aligned}$$

$$T_d \cdot d_1 = 187062,86 \cdot 20 \text{ mm} = 3741257,2 \text{ Nmm}$$

$$T_d \cdot d_2 = 187062,86 \cdot 120 \text{ mm} = 22447543,2 \text{ Nmm}$$

$$T_d \cdot d_3 = 187062,86 \cdot 220 \text{ mm} = 41153829,2 \text{ Nmm}$$

$$T_d \cdot d_4 = 187062,86 \cdot 320 \text{ mm} = \underline{59860115,2 \text{ Nmm}}$$

$$\sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i = 127202744,8 \text{ Nmm}$$

Garis Netral pada Pelat Siku

$$a = \frac{\Sigma T}{f_{yp} \cdot b} = \frac{140,48}{410,75} = 0,004 \text{ mm} < 7 \text{ mm}$$

Momen Rencana

$$M_R = \phi \cdot M_n = \frac{0,9 \cdot f_{yp} \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i$$

$$= \frac{0,9.410.0,004^2.75}{2} + 127202744,8$$

$$= 127202745,02 \text{ Nmm}$$

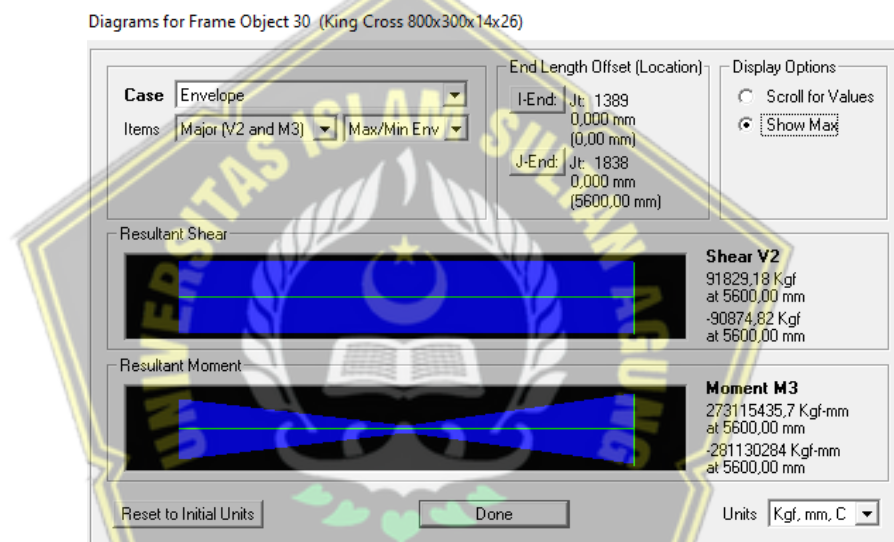
Syarat :

$$M_u < \phi \cdot M_n$$

$$95532 \text{ Nmm} < 127202745,02 \text{ Nmm} \dots \text{OK!}$$

4.6.4 Sambungan Antar Kolom

Kolom akan disambung menggunakan sambungan las dengan plat tambahan setebal 50 mm. Dari hasil analisa SAP2000, diperoleh gaya maksimum pada frame 30 dengan data-data sebagai berikut :



Gambar 4.24 Hasil Output SAP2000 Gaya Geser dan Momen Kolom

$$P_u = 199728,24 \text{ Kg}$$

$$V_u = 91829,18 \text{ Kg}$$

$$M_u = 273115435,7 \text{ Kg.mm}$$

Dengan data-data kolom king cross 800 x 300 x 14 x 26 sebagai berikut :

$$d = 800 \text{ mm}$$

$$i_x = r_x = 23,83 \text{ cm}$$

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

$$i_y = r_y = 24,27 \text{ cm}$$

$$t_f = 26 \text{ mm}$$

$$Z_x = 7592,5 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 14 \text{ mm}$$

$$Z_y = 7740,2 \text{ cm}^3$$

$$A = 534,8 \text{ cm}^2$$

$$r = 28 \text{ cm}$$

$$q = 419,8 \text{ kg/m} \quad h = d - 2(t_f + r)$$

$$I_x = 303700 \text{ cm}^4 \quad = 692 \text{ mm}$$

$$I_y = 315700 \text{ cm}^4$$

$$f_y = 410 \text{ MPa (BJ-55)}$$

$$S_x = b \cdot d + (d^2/3) = 453,33 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \cdot d + (d^2/3) = 453,33 \text{ cm}^3$$

$$\text{Misal } t_c = 1 \text{ cm}$$

$$Fe_{60} = 60000 \text{ lb/in}^2 = 415 \text{ MPa}$$

$$F_{Ulas} = 0,75 \times 0,6 \times Fe_{60} \times t_c$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 415 \times 1$$

$$= 186,75 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat P_u

$$F_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S_x} = \frac{199728,24}{534,8} + \frac{273115435,7}{453,3} = 602878,3 \text{ kg/cm}$$

Akibat V_u

$$F_h = \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S_x} = \frac{91829,18}{534,8} + \frac{273115435,7}{453,3} = 602676,5 \text{ kg/cm}$$

$$\begin{aligned} F_{total} &= (F_h^2 + F_v^2)^{0,5} \\ &= (602676,5^2 + 602878,3^2)^{0,5} \\ &= 852455,4 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Syarat tebal kaki las

$$\text{Tebal minimum} = \text{tebal plat} = 50 \text{ mm}, a_{\min} = 6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a_{\text{eff max las}} &= \frac{0,6 \times F_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times Fe_{60}} \\ &= \frac{0,6 \times 410 \times 50}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 34,9} \\ &= 34,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tebal las efektif

$$t_{w_e} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2 \cdot 14} = 2,6 \text{ mm}$$

Kekuatan nominal Logam dasar

$$\begin{aligned} R_n &= 0,6 \cdot F_{u_{\text{pelat}}} \cdot t_{\text{pelat}} \\ &= 0,6 \cdot 550 \cdot 50 \\ &= 16500 \text{ MPa/mm} \end{aligned}$$

Kekuatan nominal las

$$R_{nw} = F_{nw} \cdot A_{we}$$

$$F_{nw} = 0,6 \cdot Fe_{60} \cdot (1,0 + 0,5 \sin^{1,5})$$

$$= 0,6 \cdot 415 \cdot (1,0 + 0,5 \sin^{1,5}) = 249 \text{ MPa}$$

Maka,

$$R_{nw} = 249 \cdot 2,6$$

$$= 647,4 \text{ MPa/mm}$$

Dari dua nilai R_n dan R_{nw} , dipilih nilai terkecil yaitu $R_{nw} = 647,4$ MPa/mm

Penentuan panjang las

$$L_w = \frac{Pu}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{199728,24}{0,75 \cdot 647,4} = 411,3 \text{ mm} = 41,13 \text{ cm}$$

4.7 Hasil Perencanaan Struktur

Dari Perhitungan perencanaan struktur, dapat diambil hasil profil penampang baja yang digunakan dalam perencanaan Gedung *Innovative Program Cluster* (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.14 Penggunaan Profil Baja

Elemen Struktur	Jenis Profil Baja	Dimensi Profil Baja	Mutu Baja
Kolom	<i>King Cross</i>	800 x 300 x 14 x 26	BJ-55
Balok Induk	<i>Wide Flange</i>	900 x 300 x 16 x 28	BJ-55
Balok Anak	<i>Wide Flange</i>	450 x 200 x 9 x 14	BJ-55
Bresing	<i>Wide Flange</i>	500 x 200 x 10 x 16	BJ-41

Sedangkan hasil rasio paling kritis (rasio yang paling mendekati 1) dari setiap elemen struktur yang didapat dari analisis dengan menggunakan aplikasi SAP2000 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15 Hasil Rasio Elemen Struktur Paling Kritis

Elemen Struktur	No. <i>Frame</i>	Rasio
Kolom	53	0,99
Balok Induk	1429	0,97
Balok Anak	2262	0,91
Bresing	2161	0,99

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis menggunakan program analisis struktur SAP2000 v14 dapat diperoleh kesimpulan untuk laporan Tugas Akhir dengan judul **“REDESAIN GEDUNG INNOVATIVE PROGRAM CLUSTER (IPC) UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEBAGAI SISTEM RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN”** antara lain sebagai berikut :

1. Jenis sistem rangka pemikul momen yang digunakan pada perencanaan gedung ini adalah sistem rangka baja pemikul momen khusus dengan bresing konsentris, dengan nilai koefisien modifikasi respons (R) = 7, faktor kuat lebih sistem (Ω) = 2,5, dan faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5.
2. Dimensi profil baja yang digunakan pada redesain gedung ini adalah :
 - Pada elemen kolom digunakan profil baja *King Cross* 800 x 300 x 14 x 26 dengan mutu baja BJ-55.
 - Pada balok induk menggunakan profil baja *Wide Flange* 900 x 300 x 16 x 28 dengan mutu baja BJ-55.
 - Pada balok anak menggunakan profil baja *Wide Flange* 450 x 200 x 9 x 14 dengan mutu baja BJ-55.
 - Pada bresing menggunakan profil baja *Wide Flange* 500 x 200 x 10 x 16 dengan mutu baja BJ-41.
3. Rasio yang dihasilkan dari masing-masing perhitungan elemen struktur yaitu :
 - Pada elemen kolom dihasilkan rasio struktur sebesar 0,95.
 - Pada balok induk dihasilkan rasio sebesar 0,08.
 - Pada balok anak dihasilkan rasio struktur sebesar 0,49.
 - Pada bresing dihasilkan rasio struktur sebesar 0,37.

Sedangkan sambungan yang dibutuhkan adalah :

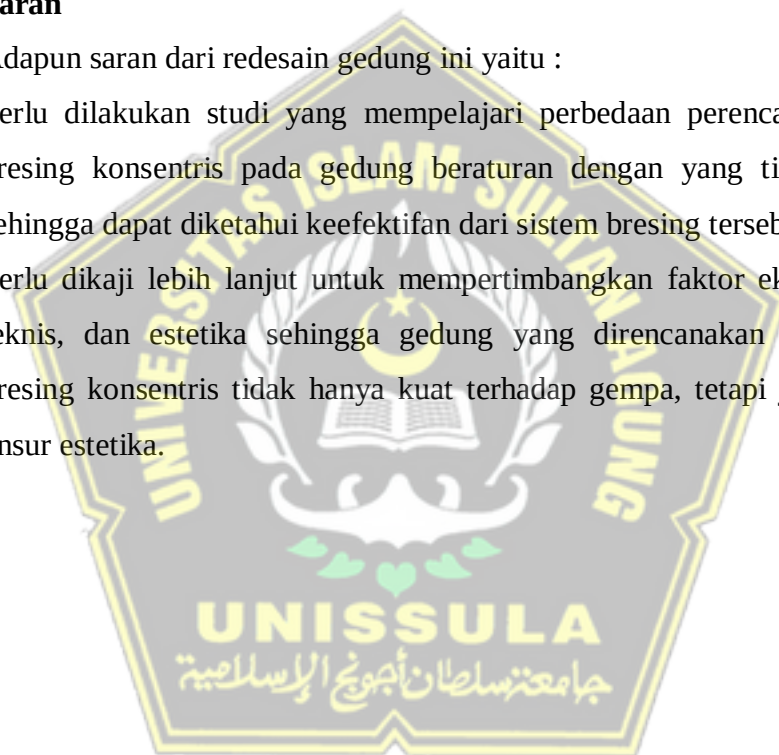
- Sambungan antara balok induk dengan balok anak digunakan pelat siku dengan ukuran 75 x 75 x 7 sebagai penyambung dengan kebutuhan baut sebanyak 4 buah baut.

- Sambungan antara kolom dengan balok induk digunakan sambungan *end plate* dengan ketebalan 16 mm dan baut yang dibutuhkan sebanyak 8 buah baut.
- Sambungan antara bresing dengan balok induk digunakan sambungan *end plate* dengan ketebalan 16 mm dan baut yang dibutuhkan sebanyak 8 buah baut.
- Sambungan antar kolom digunakan pelat penyambung dengan tebal 50 mm. Kolom disambung dengan cara di las dengan kepanjangan las 41,13 cm.

5.2 Saran

Adapun saran dari redesain gedung ini yaitu :

- Perlu dilakukan studi yang mempelajari perbedaan perencanaan struktur bresing konsentris pada gedung beraturan dengan yang tidak beraturan sehingga dapat diketahui keefektifan dari sistem bresing tersebut
- Perlu dikaji lebih lanjut untuk mempertimbangkan faktor ekonomi, aspek teknis, dan estetika sehingga gedung yang direncanakan menggunakan bresing konsentris tidak hanya kuat terhadap gempa, tetapi juga memiliki unsur estetika.



DAFTAR PUSTAKA

AISC. 2010. *Spesifications for Structural Steel Building (ANSI/AISC 360-10)*. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Construction.

Arifi, Eva. dan Setyowulan, Desy. 2020. *Perencanaan Struktur Baja*. Malang : UB Press.

Badan Standardisasi Nasional. 2015. SNI 1729:2015 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 1726:2019 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 1727:2013 *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.

Fauzy, Maradhika. 2016. *Perencanaan Struktur Baja Gedung Hotel NEO*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang.

Haris, Hanief. 2017. *Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Ilmu dan Administrasi Universitas Brawijaya Menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus*. Skripsi. Surabaya : Institut Sepuluh Nopember.

Lesmana, Yudha. 2019. *Analisa dan Desain Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729-2015*. Surabaya : CV. BUDI UTAMA.

McCormac, J. C. and Csernak, S. F. 2012. *Stuctural Steel Design, Fifth Edition*. Prentice Hall: Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458.

Patel, T. 2018. Different Types of Welding Joints. Online document ; URL : <http://industrial.store.shoppiko.com/blog/article/different-types-of-welding-joints>. Diakses tanggal 12 Mei 2021 pukul 19.30.

Stefano Pandaleke. 2019. “Perencanaan Ulang Bangunan Struktur Baja Rumah Sakit Umum Ratumbusang di Kota Manado” dalam *Jurnal Sipil Statik* Vol. 7, Nomor 6, (halaman 723-732). Manado : Universitas Sam Ratulangi.

Tio, Muchamad. dan Wildan, Muhammad. 2021. *Redesain Gedung 9 Lantai Menara USM Berdasarkan SNI Perencanaan Tahan Gempa (SNI 1726-2019)*. Skripsi. Semarang : Universitas Islam Sultan Agung.

LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR



Nama : 1. Bagus Samiaji (30201700033)

2. Bayu Arie Winarno (30201700037)

Dosen Pembimbing : 1. M.Rusli Ahyar, ST., M.Eng

2. Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	23-04-2021	- Perbaiki isi maksud & tujuan - Perbaiki isi batasan masalah - Revisi judul - Gunakan refrensi yang terbaru	
2.	28-04-2021	- ACC judul “Redesain Gedung Innovative Program Cluster (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata sebagai Sistem Rangka Baja Pemikul Momen” - Lanjutkan buat pemodelan gedung dengan aplikasi SAP2000	
3.	25-05-2021	- Cek lagi beban gempa statik ekuivalen dan kurva respon spektrum - Lanjutkan sampai desain struktur baja menggunakan SAP2000, cari sampai rasio $< 1,0$ - Periode struktur = 0,6 - Cek satuan pembebanan	
4.	14-06-2021	- Cek scale factor - Perbesar dimensi kolom atau diberi bracing - Cek pemilihan sistem rangka pemikul momen sesuaikan dengan SNI 1726-2019	

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
5.	26-06-2021	- Tambahkan kombinasi beban statik ekuivalen - Kurangi pemakaian bracing, hanya pakai di 2 sisi saja	
6.	5-07-2021	- Lanjutkan hitungan manual desain struktur	
7.	8-07-2021	- Gunakan lateral bracing untuk mengatasi hasil rasio yang lebih dari 1 - Validasi hitungan manual dengan hasil output SAP2000	
8.	15-07-2021	- Cari nilai UX, UY, Dan UZ (%) dengan show table → Modal Participating Mass Ratio - Cari nilai V statik dan dinamik Show table → element joint force	
9.	20-07-2021	- Buat kesimpulan - Lengkapi laporan	
10.	21-7-21	ACC laporan untuk seminar hasil	

LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR



Nama : 1. Bagus Samiaji (30201700033)

2. Bayu Arie Winarno (30201700037)

Dosen Pembimbing : 1. M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng

2. Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	29/7/2021	- Lengkapi format Laporan: Kata Pengantar, Daftar Isi, dst. - Perbaiki Laporan sesuai dg petunjuk	 
2	3/8/2021	- Perbaiki kesalahan sesuai dg petunjuk - Bisa diijid	



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 42 /A.3 / SA - T / VII / 2021

Lampiran :

Perihal : **Undangan**

Kepada Yth : Bapak M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
Di - Tempat

Assalamu'alaikum Wr Wb

Mengharap dengan sangat atas kehadiran Bapak / Ibu pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 29 Juli 2021

Jam : 14.00 WIB

Tempat : Ruang Seminar Lantai 2 Fakultas Teknik

Acara : Menguji Seminar Tugas Akhir

Bagus Samiaji

Bayu Arie Winarno

Demikian disampaikan atas perhatiannya diucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 29 Juli 2021

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng

NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 42 /A.3 / SA - T / VII / 2021

Lampiran :

Perihal : **Undangan**

Kepada Yth : Bapak Ir. H. Prabowo Setiawan, MT, Ph.D
Di - Tempat

Assalamu'alaikum Wr Wb

Mengharap dengan sangat atas kehadiran Bapak / Ibu pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 29 Juli 2021

Jam : 14.00 WIB

Tempat : Ruang Seminar Lantai 2 Fakultas Teknik

Acara : Menguji Seminar Tugas Akhir

Bagus Samiaji

Bayu Arie Winarno

Demikian disampaikan atas perhatiannya diucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 29 Juli 2021

Ketua Program Studi Teknik Sipil


M Rusli Ahyar, ST, M.Eng

NIK. 210216089





YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 42 /A.3 / SA - T / VII / 2021
Lampiran :
Perihal : **Undangan**

Kepada Yth : Ibu Selvia Agustina,ST,M.Eng
Di - Tempat

Assalamu'alaikum Wr Wb

Mengharap dengan sangat atas kehadiran Bapak / Ibu pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 29 Juli 2021

Jam : 14.00 WIB

Tempat : Ruang Seminar Lantai 2 Fakultas Teknik

Acara : Menguji Seminar Tugas Akhir

Bagus Samiaji

Bayu Arie Winarno

Demikian disampaikan atas perhatiannya diucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 29 Juli 2021

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng

NIK. 210216089





DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari
Tanggal
Jam

Kamis
29 Juli 2021
14.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Redesain Gedung Innovative Program Cluster (IPC)

Universitas Katolik Soegijapranata Sebagai Sistem Rangka Baja Pemikul Momen

1	Bagus Samiaji	30201700033	1	
2	Bayu Arie Winarno	30201700037	2	

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	M Rusli Ahyar,ST,M.Eng	1
2	Ir. H. Prabowo Setiawan,MT,Ph.D	2 an.
3	Selvia Agustina,ST,M.Eng	3

Semarang, 29 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089



**JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS**

Hari
Tanggal
Jam

Kamis
29 Juli 2021
14.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Redesain Gedung Innovative Program Cluster (IPC)

Universitas Katolik Soegijapranata Sebagai Sistem Rangka Baja Pemikul Momen

0

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

Redesign of Innovative Program Cluster (IPC) Building At Universitas Katolik
Soegijapranata As A Moment Resistance Steel Frame System

1	Bagus Samiaji	30201700033	1	
2	Bayu Arie Winarno	30201700037	2	

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN		
1	M Rusli Ahyar,ST,M.Eng	1		
2	Ir. H. Prabowo Setiawan,MT,Ph.D		2	

Semarang, 29 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Bagus Samiaji (30201700033) / Bayu Arie Winarno (30201700037)
Hari / Tanggal : Kamis / 29 Juli 2021
Judul TA : Redesain Gedung Innovative Program Cluster (IPC) Universitas Katolik
Soegijapranata Sebagai Sistem Rangka Baja Pemikul Momen

NO	
1	Perbaiki diagram alur di Bab 3. Untuk alur optional gunakan bentuk belah ketupat. Pada alur mulai dan selesai gunakan bentuk elips.
2	Isi dari kesimpulan sesuaikan dengan tujuan redesain
3	
4	
5	

DOSEN PENGUJI



.....

Selvia Agustina, ST., M.Eng



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 42 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Kamis Tanggal 29 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1 Nama	Bagus Samiaji	30201700033
2 Nama	Bayu Arie Winarno	30201700037

Judul TA Redesain Gedung Innovative Program Cluster (IPC)
Universitas Katolik Soegijapranata Sebagai Sistem Rangka Baja Pemikul Momen
0

Dengan Hasil

Baik dengan koreksi dari
dosen penguji

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan penggunaan seperlunya.

Dosen Pembimbing I

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng

Dosen Pembimbing II

Ir. H. Prabowo Setiawan,MT,Ph.D

Dosen Pembimbing

Selvia Agustina,ST,M.Eng

Mengetahui ,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng

MUTU BAHAN :
BALOK & PELAT
LT. DASAR - LT. ATAP1 : $f_c' = 33 \text{ MPa}$
TULANGAN BJTID 40, $f_y = 400 \text{ MPa}$
BAJA STRUKTUR SS41
BAUT HTB A 325 TYPE N
KAWAT LAS E 70XX

PEMILIK



YAYASAN SANDJOJO

NAMA	TTD
------	-----

11

KETUA MASTERPLAN

OPTIMA MITRA
Ruko Paramount Seven Seas (TCS)
Tanjung Priok, Jakarta Utara

EMAIL : optima.haj@gmail.com

NAMA	TTD
Ir. SONNY CAHYO BAWANA	

KONSULTAN QS :
CIPTA PRIMA SEJAHTERA

1000

KONSULTAN ARSITEKTUR, STRUKTUR
DAN MEP

152 Beach Road #27-01/04
 The Ocean Group

Figure 8

PLAZA 3 PONDOK INDAH, BLOK B-05
JL. TB. SIMATUPANG,
JAYABARU 60132, INDONESIA

EMAIL : pdwinc@indosat.net.id

PENANGGUNG JAWAB PERENCANA STRUKTUR	
NAMA	TTD

NO. SKA
1.2.201.1.025.09.1037150

© 2008 PDW - Planning & Development Workshop
SEMUA DENAH, RANCANGAN, DAN KARYA SENI YANG
TERTERA PADA GAMBAR INI DI INDIKASI DI DUA

DIPERBANYAK TANPA IJIN TERTULIS DARI PLANNING DEVELOPMENT WORKSHOP (PT. PDW).

ALAM KETIMPAKULAN HARUS DIPERFORMA KAPRA
ARSITEK. GAMBAR BERDONGI TIDAK DIPERKENAKAN
DISKALA.

KERJA DAN CONTOH BAHAN DARI ARSITEK.

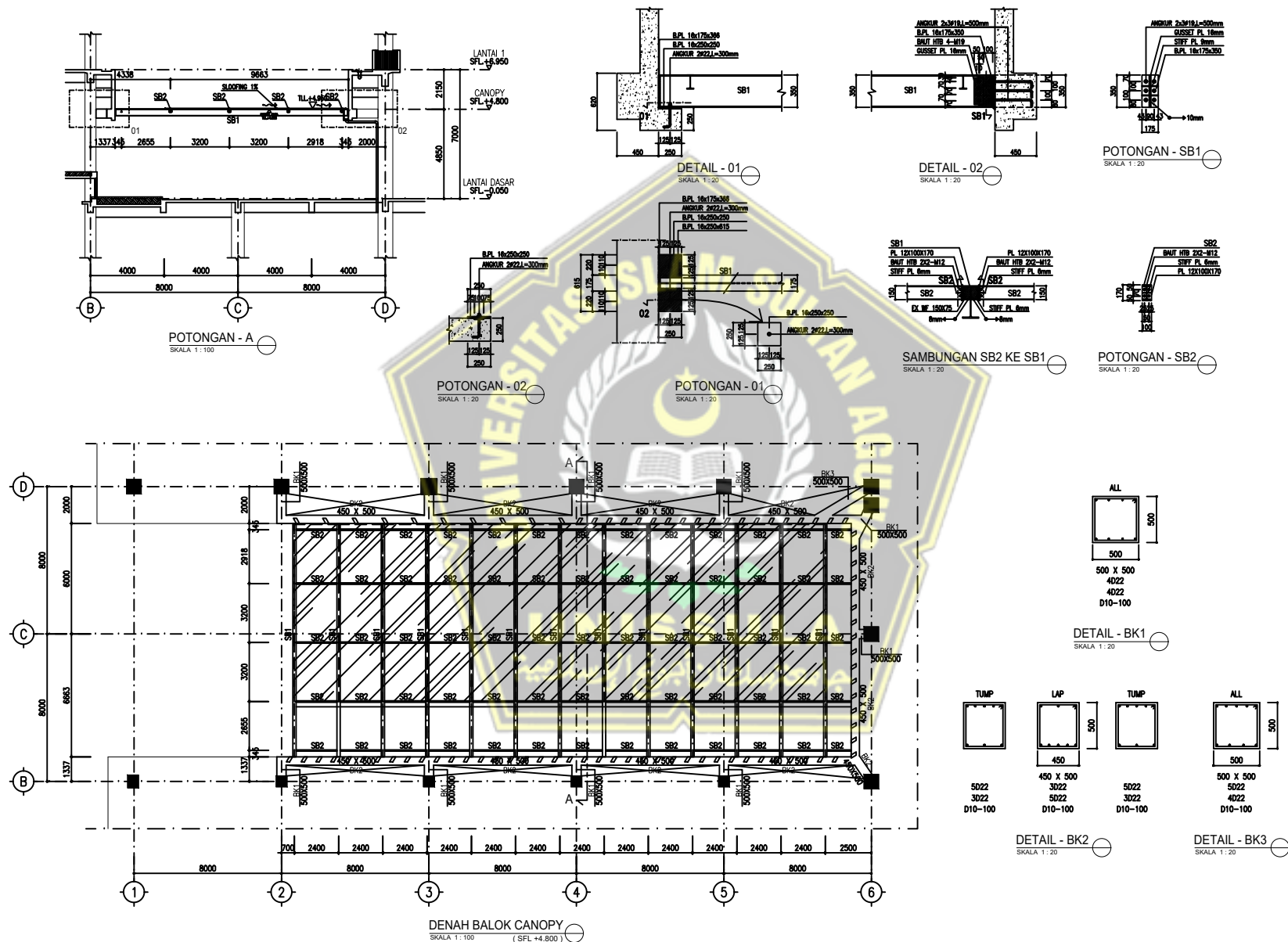
NO.	CATATAN
-----	---------

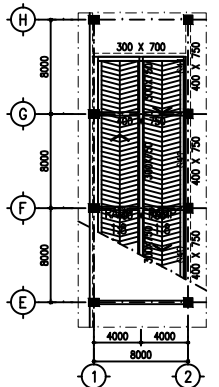
DENAH BALOK CANOPY

-	S-1701	1 : 100
---	--------	---------

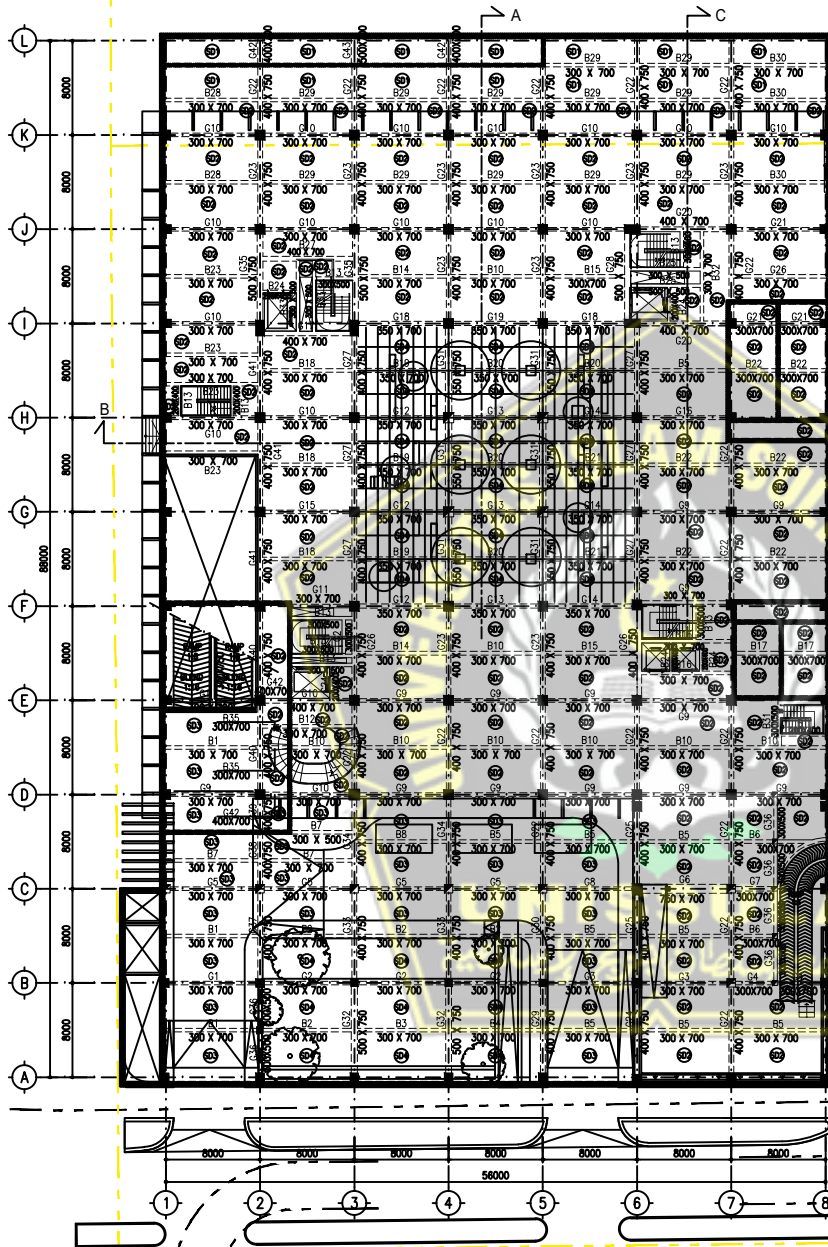
TANGGAL	08.07.2019		
---------	------------	--	--

DPERKSA	*	
DSETUJUI	*	



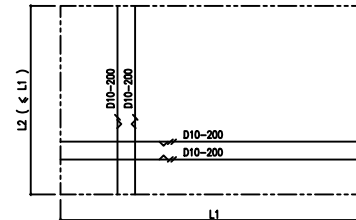


DENAH BALOK RAMP
SKALA 1 : 200

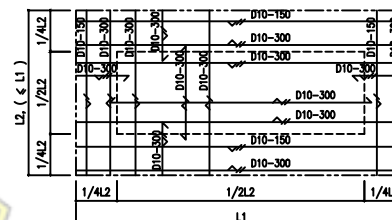


DENAH BALOK & PELAT LANTAI DASAR
SKALA 1 : 200 (SFL -0.050)

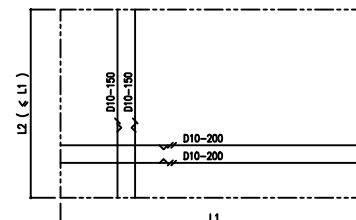
MATERIAL :
BALOK & PELAT
LT. DASAR - LT. ATAP 1 : $f_c = 33 \text{ MPa}$
TULANGAN BJT 40, $f_y = 400 \text{ MPa}$



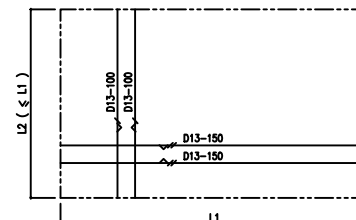
TYPE-SD1
1" = 150mm



TYPE-SD2
1" = 150mm



TYPE-SD3
1" = 150mm



TYPE-SD4
1" = 200mm

PROYEK GEDUNG
INNOVATIVE PROGRAM
CLUSTER (IPC)
KAMPUS UNKA SOEGIJAPRANATA
BUNUT SEMARANG BARU - SEMARANG

PENILIR

YAYASAN SANDIJOJO
Unitas Semarang, Jl. A. Yani No. 108 A,
Pondokrejo, Semarang Tengah, Kota Semarang,
Jawa Tengah 50132

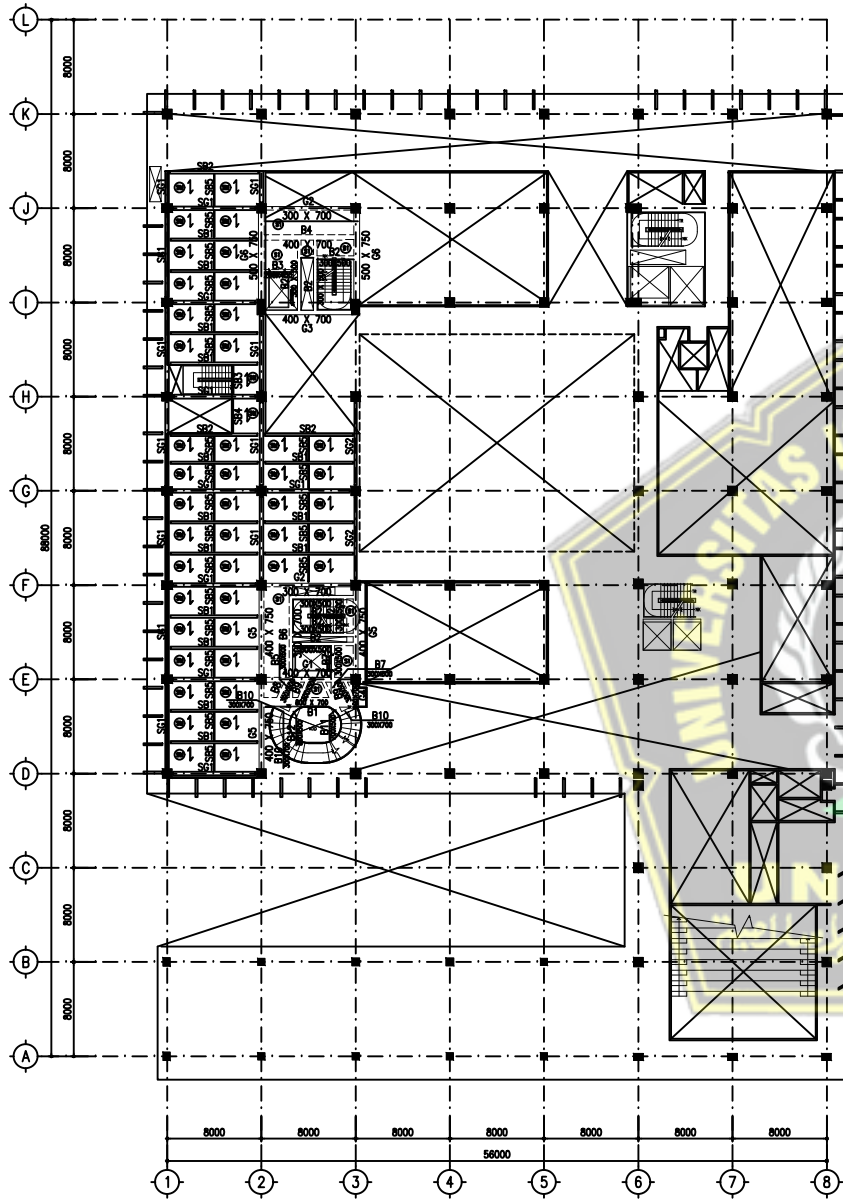
PENANGGUNG JAWAB PEMILIR

NAMA: TTD
DR. AGUS BURYONO, MM

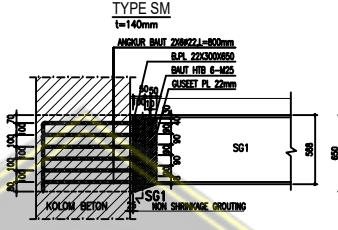
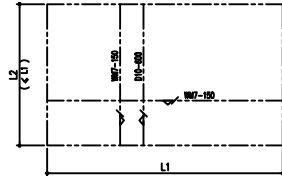
KETUA MASTERPLAN

NAMA: TTD
Prof. Dr. Y. BUDI WIDANARNO, M.Sc.

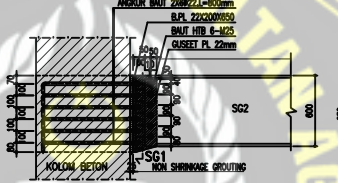
CATATAN / DENAH KUNCI



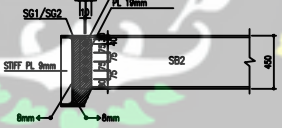
DENAH BALOK & PELAT MEZZANINE LANTAI DASAR
SKALA 1:200
(SFL +3.450)



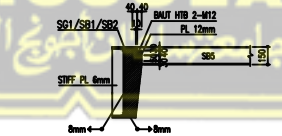
SAMBUNGAN SG1 KE KOLOM BETON
SKALA 1:20



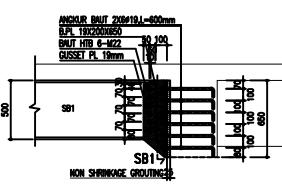
SAMBUNGAN SG2 KE KOLOM BETON
SKALA 1:20



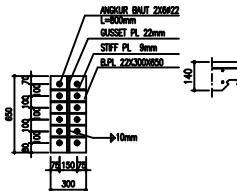
SAMBUNGAN SB2 KE BALOK SG1/SG2
SKALA 1:20



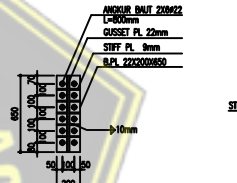
SAMBUNGAN SB5 KE BALOK SG1/SB1/SB2
SKALA 1:20



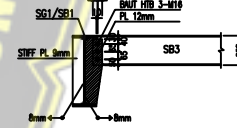
SAMBUNGAN SB1 KE BALOK BETON
SKALA 1:20



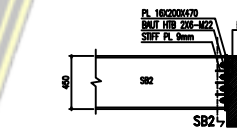
POTONGAN - SG1
SKALA 1:20



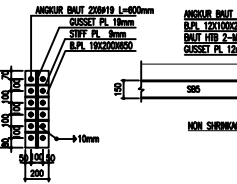
POTONGAN - SG2
SKALA 1:20



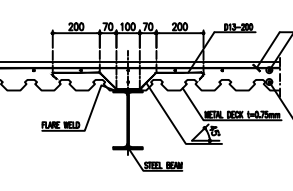
SAMBUNGAN SB3 KE BALOK SG1/SB1
SKALA 1:20



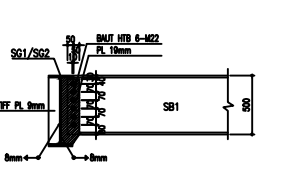
SAMBUNGAN SB2 KE BALOK SG1
SKALA 1:20



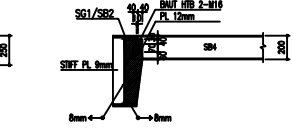
POTONGAN - SB1
SKALA 1:20



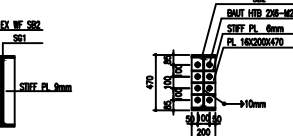
SAMBUNGAN SB1 KE BALOK SG1/SG2
SKALA 1:20



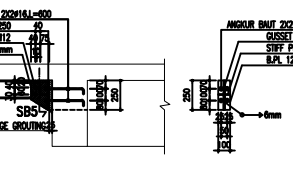
SAMBUNGAN SB4 KE BALOK SG1/SB2
SKALA 1:20



POTONGAN - SB2
SKALA 1:20



POTONGAN - SB2
SKALA 1:20



POTONGAN - SB5
SKALA 1:20

NOTASI	DIMENSI
SG1	WF 588 X 300 X 12 X 20
SG2	WF 600 X 200 X 11 X 17
SB1	WF 500 X 200 X 10 X 16
SB2	WF 450 X 200 X 9 X 14
SB3	WF 250 X 125 X 6 X 9
SB4	WF 200 X 100 X 5.5 X 8
SB5	WF 150 X 75 X 5 X 7

MUTU BAHAN :
BALOK & PELAT
LT. DASAR - LT. ATAP1 : $f_c = 33 \text{ MPa}$
TULANGAN BJT 40, $f_y = 400 \text{ MPa}$
BAJA STRUKTUR
BAUT HTB
KAWAT LAS
SS41
A 325 TYPE M
E 70XX

PROYEK GEDUNG
INNOVATIVE PROGRAM
CLUSTER (IPC)
KAMPUS UNKA SOEGIJAPRANATA
BUNTU SEMARANG BARU - SEMARANG

PEMILIK
YAYASAN SANDIJOJO
Unitas Sandiyo, Jl. Raya Sandiyo, 188 A,
Pondokrejo, Semarang Tengah, Kota Semarang.

PENANGGUNG JAWAB PEMILIK
NAMA: DR. AJ AGUS BURYONO, MM TTD

KETUA MASTERPLAN
NAMA: Prof. Dr. Y. BUDI WIDANARNO, M.Sc TTD

CATATAN / DENAH KUNCI

KONSULTAN M.K
OPTIMA MITRA
Ruko Perumahan Sorek Sorek (PSC)
Ruko Lp C2 No. 22
Gondok, Semarang, Tanggung
EMAIL: optima.mitra@gmail.com

PENANGGUNG JAWAB MANAJEMEN KONSTRUKSI
NAMA: N. SOWNY CARYO BAWANA TTD

KONSULTAN QS :
CIPRA PRIMA SELAMETERA
Jl. Dr. Wahidul Gani A. Semarang - 50254
EMAIL: cipra@cipra.com

KONSULTAN ARSITEKTUR, STRUKTUR
DAN MEP
BROADWAY MALAYAN
152 Beach Road #27-01/04
The Gateway East
Singapore - 189721

PT PANDEGA DESAIN
WEHARJANA (PDW)
PLAZA 3 PONDOK REJAH, BLOK B-03
Jl. TB. SEMARANG
JAWA BARU, 50132
TEL: (021) 7384-4777
FAX: (021) 7384-4778
EMAIL: pandega@pandega.net.id

PENANGGUNG JAWAB PERENCANA STRUKTUR
NAMA: STEPHANUS S.P. M.ENG TTD

NO. SKA: 1.3.201.1.025.08.1037158

REVISI

DENAH BALOK & PELAT
MEZZANINE LANTAI DASAR

NO. PROJEK: S-1303 SKALA: 1:200

DISERAHKAN UNTUK
CONSUMER TENDER

TANGGAL: 08.07.2019

DIGAMBAR: 1

DIPERIKSA: 2

DIBERESKAN: 3

MUTU BAHAN :
BALOK & PELAT
LT. DASAR – LT. ATAP1 : $f_c = 33 \text{ MPa}$
TULANGAN B/TD 40, $f_y = 400 \text{ MPa}$

PROYEK GEDUNG
**INNOVATIVE PROGRAM
 CLUSTER (IPC)**
 KAMPUS UNKA SOEGIJAPRANATA
 BUKIT SEMARANG BARU - SEMARANG

PEMILIK

YAYASAN SANDJOJO
 Unika Soegijapranata, Jl. Sekeloa Selatan No. 108 A,
 Ponoromo, Semarang Tengah, Kota Semarang,
 Jawa Tengah 50132

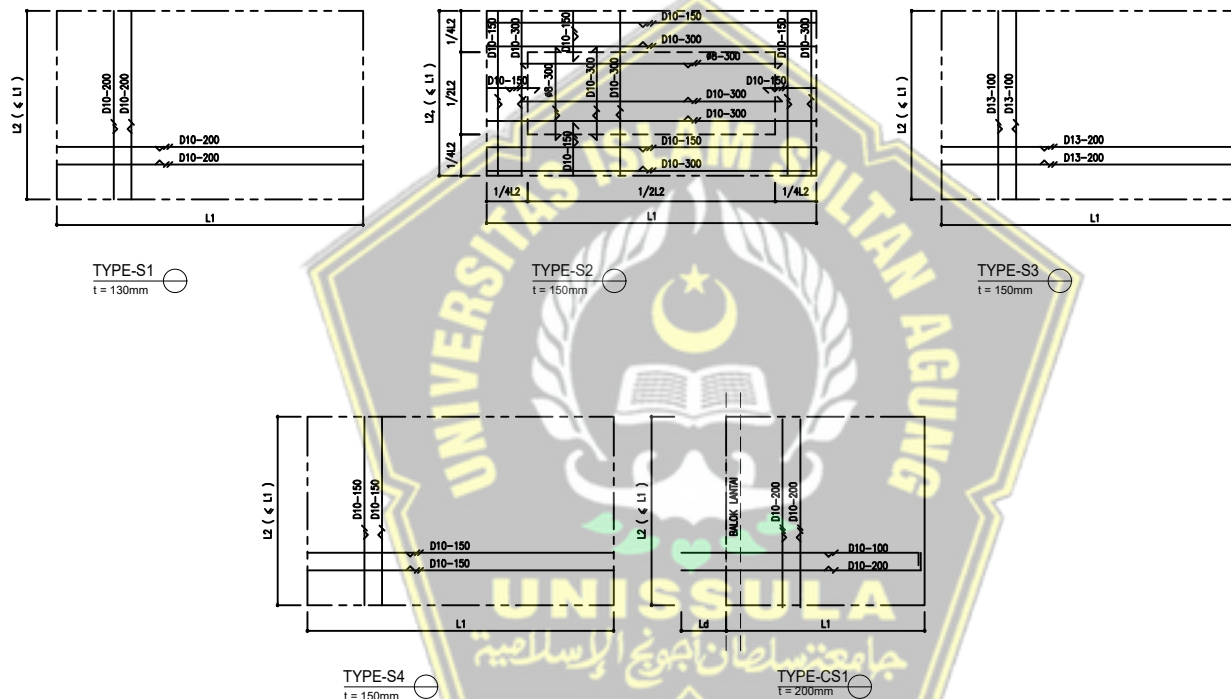
PENANGGUNG JAWAB PEMILIK

NAMA: DR. AI AGUS BURYONO, MM TTD

KETUA MASTERPLAN

NAMA: Prof. Dr. Y. BUDI WIDANARNO, M.Sc. TTD

CATATAN / DENAH KUNCI



KONSULTAN M.K

OPTIMA MITRA

Ruko Transmart Sorek Sorek (PSC)
 Blok 1P-2 No. 20
 Gedung Cempaka, Tangerang
 33442, optima.mitra@gmail.com

PENANGGUNG JAWAB MANAJEMEN KONSTRUKSI

NAMA: N. SOWNY CARYO BAKAWA TTD

KONSULTAN QS :

CIPITA PRIMA SELAMTERA

Jl. Dr. Wahidin 82 A, Semarang - 50254
 EMAIL: cipita@consultrans.co.id

KONSULTAN ARSITEKTUR, STRUKTUR
 DAN MEP

BROADWAY MALYAN[®]

152 Beach Road #07-01/04
 The Gateway East
 Singapore 189721

PT. PANDEGA DESAIN

WEHARSMA (PDV)

PLAZA 3 PONDOK REJAH, BLOK B-03

Jl. TB. SEMARANG
 SURABAYA 60132

TEL: (021) 7780-8777

FAX: (021) 7780-8778

EMAIL: pandega@indosat.net.id

PENANGGUNG JAWAB PERENCANA STRUKTUR

NAMA: STEPHANUS S.P., M.ENG TTD

NO. SKA: 1.2.201.1.025.08.1027158

IS 2008 FOR: Planning & Development Building

SEKSI STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

URUTAN RENCANA STRUKTUR, PERENCANAAN, DAN MONITORING

DETAIL PENULANGAN PELAT

PROYEK GEDUNG
INNOVATIVE PROGRAM
CLUSTER (IPC)
KAMPUS UNIKA SOEGLIAPRANATA
BUKIT SEMARANG BARU - SEMARANG

Ulrika Soegijapranata, J.L. Imam Bonjol, No. 186 A,
Pandarwati, Semarang Tengah, Kota Semarang,
Jawa Tengah 50139

NAMA	TTD
DR ALAGUS SURYONO MM	

KETUA MASTERPLAN

Prof. Dr. Y. BUDI WIDIANARKO, M.Sc.



OPTIMA MITRA
Ruko Paramount Seven Sasis (7CS)
Blok DF-3 No. 20
Gading Serpong, Tangerang
EMAIL : optima.mk@gmail.com

NAMA	TTD
Ir. SONNY CAHYO BAWANA	

CIPTA PRIMA SEJAHTERA
Jl. Dr. Wahidin 62 A. Semarang - 50254
EMAIL : cp@cps-consultants.co.id

DAN MEP DDADWYAAALMAN^{DM}

152 Beach Road #27-01/04
The Gateway East

DT. DANDEGA DESAIN

PLAZA 3 PONDOK INDAH, BLOK B-05
JL. TB. SIMATUPANG.

TEL: (+62) 21-7500-6177
FAX: (+62) 21-7500-6178
EMAIL: edhain@indosat.net.id

NAMA	TTD
DR. H. H. H. H.	

NO. SKA 1.2.201.1.025.09.1037150

SEMUA DENAH, RANCANGAN, DAN KARYA SENI YANG TERtera PADA GAMBAR INI DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA, SERTA HANYA DIPAKAI

KONTRAKTOR BERKAWAJIAN UNTUK MEMERIKSA
DIMENSI TERHADAP KEADAAN LAPANGAN DAN APABILA
ADA KETIDAKCOOKAN HARUS MELAPORKAN KEPADA

BERKAWAJAN UNTUK MEMINTA PERSETUJUAN GAMBAR
KERJA DAN CONTOH BAHAN DARI ARSITEK.

REVISI	
--------	--

DENAH RETAINING WALL

NO. PROYEK	NO. GAMBAR	SKALA
------------	------------	-------

	S-1206	1:200
--	--------	-------

DOKUMENT TENDER			
TANGGAL	08.07.2019		

DIPERIKSA	*	
-----------	---	--



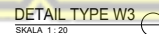
SKALA 1 : 200

NO. PROYEK	NO. GAMBAR	SKALA
-	S-1208	1 : 200

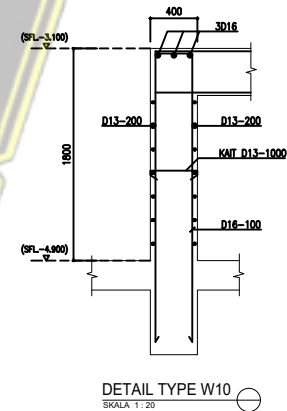
DIKELUARKAN UNTUK :
DOKUMEN TENDER

TANGGAL	08.07.2019		
DIGAMBAR	-		
DIPERIKSA	-		

DISETUJUI	*	
-----------	---	--



DIGAMBAR	..	
DIPERIKSA	..	
DIREVISI	..	





PT. GUNUNG GARUDA

Steel Is Our Business



Product Catalogue



Table Of Content

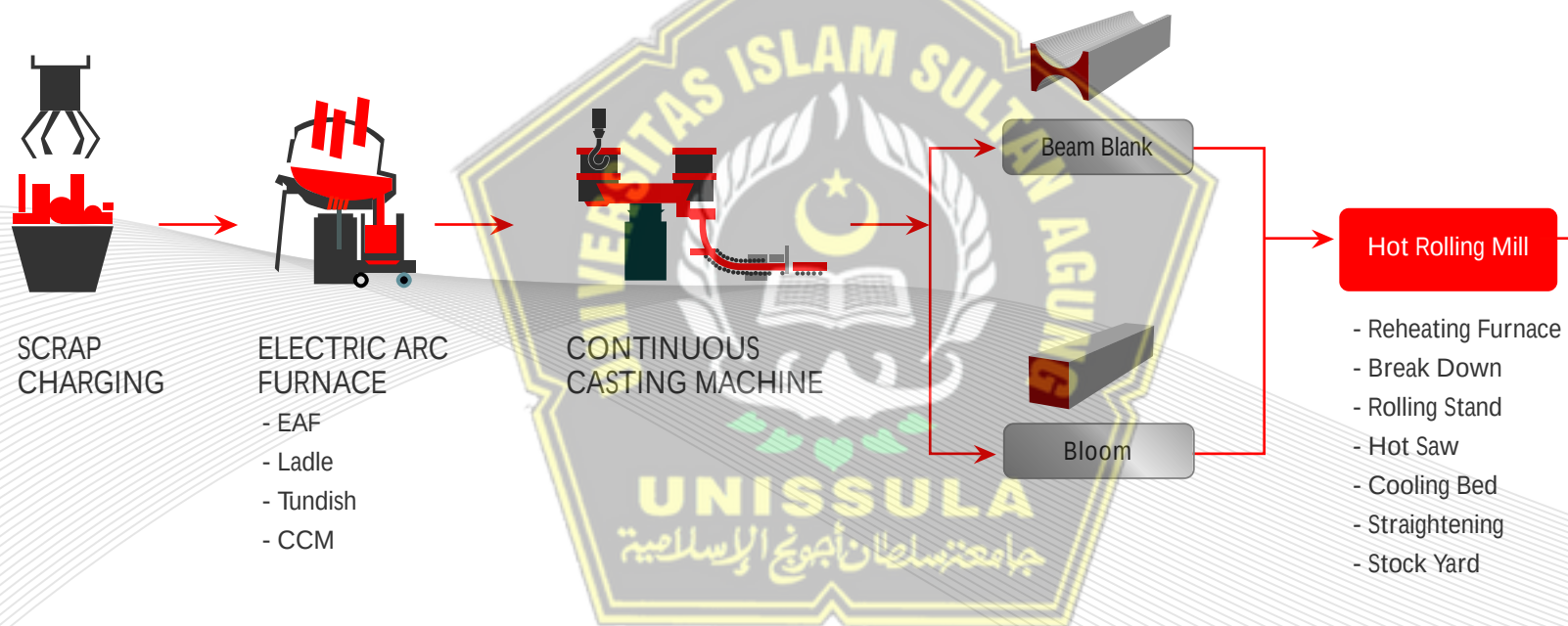
Table of Content	01
Production Workflow	02
Mainstream	
Angle (Hot Rolled)	06
H-Beam	12
Wide Flange (IWF)	14
Downstream	
Cell Form	20
Honey comb	22
T-Beam	24
Kingcross	26
Queencross	28
Certificate	30
Steel Service Center	32
Application	34

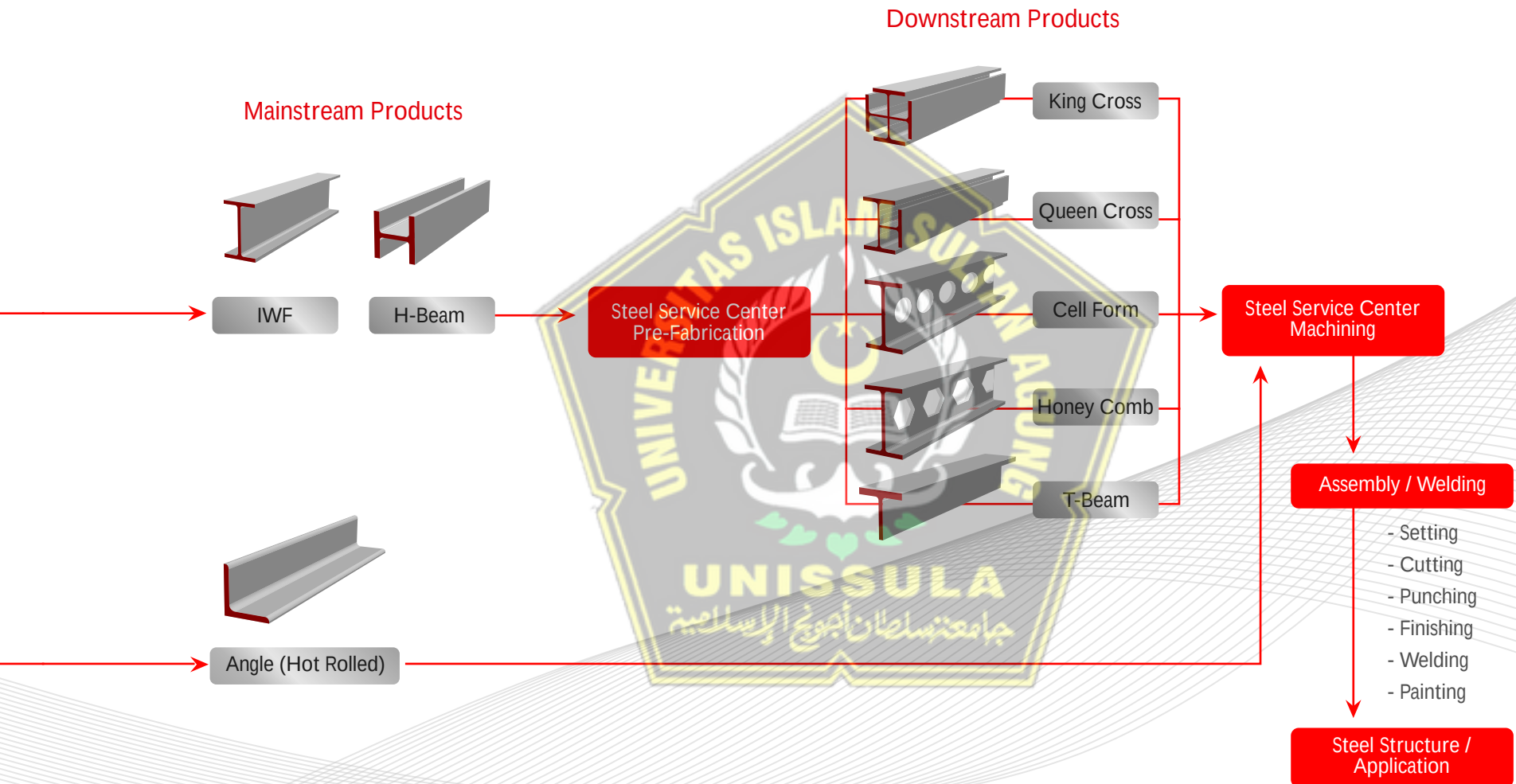
Introduction

Established in 1986, PT. Gunung Garuda was the first company to manufacture structural steel products and hot rolled steel sections in Southeast Asia. The company produces heavy steel profile, with an annual production capacity of more than 800,000MT. Today, Gunung Garuda remains one of the largest and most dominant private steel manufacturer in South East Asia due to advanced technological and human investment made, starting from the very inception of the company.

Gunung Garuda produces high quality steel certified by Indonesian National Standard (SNI) and also conforms to JIS & equivalent to other international standards like ASTM, BS, DIN, etc. We takes a proactive approach towards quality. Inspections are conducted throughout the manufacturing and fabrication process to ensure compliance to international standards and our customers' requirements. Our quality management system meets ISO 9001 : 2008 standards. We always keeps ready stock to ensures prompt delivery for our customers

The information in this literature is correct at time of printing. However, specifications are subject to change without prior notice





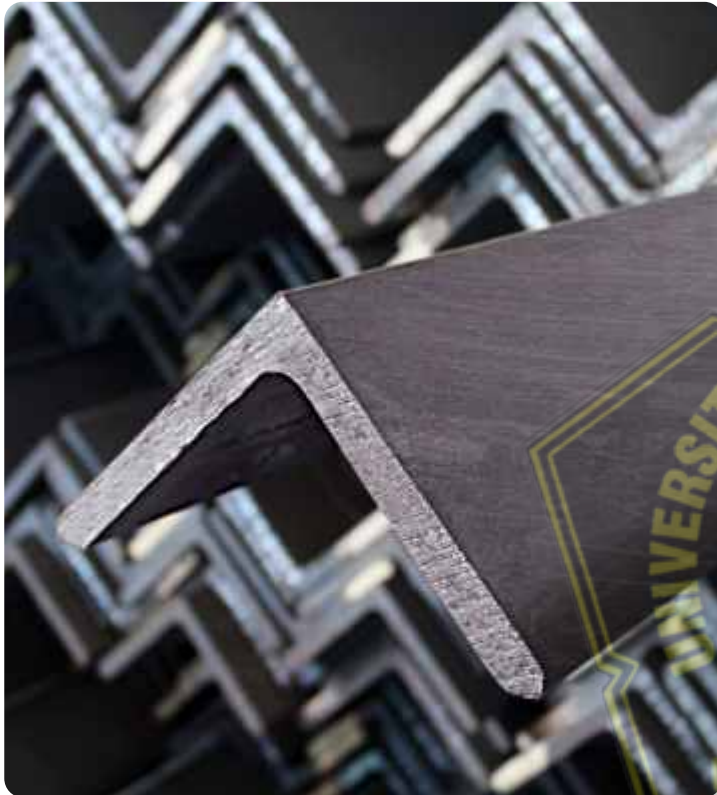




Steel Structure : Mainstream



Angle (Hot Rolled)



Steel Angle is an important structural steel section for manufacture of communication tower and power towers, as well as workshops and other engineering projects. It can be composed into different bearing components with different structures and it can also be used as joint pieces between the components.

Gunung Garuda's Angles are hot rolled and produced by rolling pre-heated blooms into an angle shape. The angle bars are manufactured under strict quality controls to ensure consistency and conformity to regional and international standards.

There are certain variations in the steel angles depending on its basic construction. The variations are if one leg is longer than the other then it is known as Unequal Angle / L-Angle. If the steel angle is something different from 90 degrees then it is known as V-Angle. Gunung Garuda's Hot Rolled Angles comes in equal and unequal angle.

Grades and sizes other than shown on the table may also be available depending upon section and quantity requirements.

Size Range : 50x50 to 250x250

Standard Length : 6m & 12m

Thickness Range : 5mm to 35mm

Annual Capacity : > 60.000 MT/Y

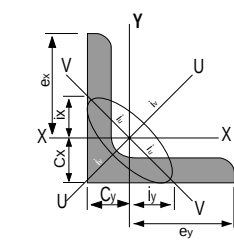
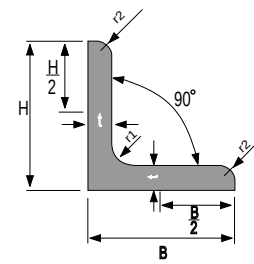
Standards : JIS G 3101 SS400 (Mild Steel)

JIS G 3101 SS540 (High Strength)

EQUAL ANGLE

Metric Size

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS					SECTION AREA	UNIT WEIGHT			INFORMATIVE REFERENCE								REMARKS
									CENTER OF GRAVITY	GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA			RADIUS OF GYRATION OF AREA			MODULUS OF SECTION	
										C _x = C _y	I _x = I _y	Max I _u	Min I _v	i _x = i _y	Max i _u		
H x B	t	r ₁	r ₂	A	kg/m	kg/6m	kg/12m	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm	cm ³		
mm x mm	mm	mm	mm	cm ²				cm	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm	cm ³		
50 x 50	5	6.5	3	4.802	3.77	22.62	45.24	1.410	11.100	17.50	4.580	1.520	1.91	0.98	3.080		
50 x 50	6	6.5	4.5	5.644	4.43	26.58	53.16	1.440	12.600	20.00	5.230	1.500	1.88	0.96	3.550		
60 x 60	5	6.5	3	5.802	4.55	27.5	55	1.660	19.600	31.20	8.090	1.840	2.32	1.18	4.520		
60 x 60	6	8	4	6.910	5.40	32.5	65	1.700	22.790	36.16	9.420	1.820	2.29	1.17	5.280		
65 x 65	5	8.5	3	6.367	5.00	30	60	1.770	25.300	40.10	10.500	1.990	2.51	1.28	5.350		
65 x 65	6	8.5	4	7.527	5.91	35.5	71	1.810	29.400	46.60	12.200	1.980	2.49	1.27	6.260		
65 x 65	8	8.5	6	9.761	7.66	46	92	1.880	36.800	58.30	15.300	1.940	2.44	1.25	7.960		
70 x 70	6	8.5	4	8.127	6.38	38.5	77	1.930	37.100	58.90	15.300	2.140	2.69	1.37	7.330		
75 x 75	6	8.5	4	8.727	6.85	41	82	2.060	46.100	73.20	19.000	2.300	2.90	1.48	8.470		
80 x 80	6	8.5	4	9.230	7.32	43.9	87.8	2.180	56.400	89.60	23.200	2.460	3.10	1.58	9.700		
90 x 90	7	10	5	12.220	9.59	57.6	115.2	2.460	93.000	148.00	38.300	2.760	3.48	1.77	14.200		
90 x 90	10	10	7	17.000	13.30	80	160	2.570	125.000	199.00	51.700	2.710	3.42	1.74	19.500		
100 x 100	7	10	5	13.620	10.70	64	128	2.710	129.000	205.00	53.200	3.080	3.88	1.98	17.700		
100 x 100	10	10	7	19.000	14.90	89.5	179	2.820	175.000	278.00	72.000	3.040	3.83	1.95	24.400		
120 x 120	8	12	5	18.760	14.70	88	176	3.240	258.000	410.00	106.000	3.710	4.67	2.38	29.500		
120 x 120	11	13	6.5	25.370	19.90	119.5	239	3.300	340.000	541.00	140.000	3.660	4.62	2.35	39.360		
120 x 120	12	13	6.5	27.540	21.60	130	260	3.400	367.000	583.00	151.000	3.650	4.60	2.35	42.680		
130 x 130	9	12	6	22.740	17.90	107.4	214.8	3.530	366.000	583.00	150.000	4.010	5.06	2.57	38.700		
130 x 130	12	12	8.5	29.760	23.40	140.5	281	3.640	467.000	743.00	192.000	3.960	5.00	2.54	49.900		
150 x 150	12	14	7	34.770	27.30	164	328	4.140	740.000	1,180.00	304.000	4.610	5.82	2.96	68.100		
150 x 150	15	14	10	42.740	33.60	202	404	4.240	888.000	1,410.00	365.000	4.560	5.75	2.92	82.600		
150 x 150	19	14	10	53.380	41.90	251.5	503	4.400	1,090.000	1,730.00	451.000	4.520	5.69	2.91	103.000		
175 x 175	12	15	11	40.520	31.80	191	382	4.730	1,170.000	1,860.00	480.000	5.380	6.78	3.44	91.800		
175 x 175	15	15	11	50.210	39.40	236.5	473	4.850	1,440.000	2,290.00	589.000	5.350	6.75	3.48	114.000		
200 x 200	15	17	12	57.750	45.30	272	544	5.460	2,180.000	3,470.00	891.000	6.140	7.75	3.93	150.000		
200 x 200	20	17	12	76.000	59.70	358	716	5.670	2,820.000	4,490.00	1,160.000	6.090	7.68	3.90	197.000		
200 x 200	25	17	12	93.750	73.60	442	884	5.860	3,420.000	5,420.00	1,410.000	6.040	7.61	3.88	242.000		
250 x 250	25	24	12	119.400	93.70	562	1124	7.100	6,950.000	11,000.00	2,860.000	7.630	9.62	4.89	388.000		
250 x 250	35	24	18	162.600	128.00	768	1536	7.450	9,110.000	14,400.00	3,790.000	7.490	9.42	4.83	519.000		

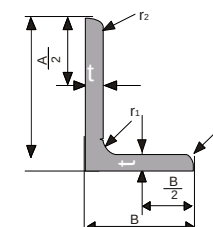


NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

UNEQUAL ANGLE

Metric Size

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS						SECTION AREA	UNIT WEIGHT			INFORMATIVE REFERENCE														REMARKS
										CENTER OF GRAVITY		GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA				RADIUS OF GYRATION OF AREA				tan α	MODULUS OF SECTION			
												C _x	C _y	I _x	I _y	Max I _u	Min I _v	i _x	i _y		Max i _u	Min i _v	Z _x	
H	x	B	t	r ₁	r ₂	A	kg/m	kg/6m	kg/12m	cm	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm	cm	α	cm ³	cm ³		
mm	x	mm	mm	mm	mm	cm ²				cm	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm	cm		cm ³	cm ³		
125	x	75	8	11	12	15.5	12.2	73	146	4.14	1.68	247	67.6	274	40.9	3.96	2.06	4.17	1.61	0.360	29.6	11.6		
125	x	75	9	17	12	93.750	13.49	81	162	4.22	1.75	299	80.8	330	49.0	3.96	2.06	4.17	1.61	0.676	17.4	12.4		
125	x	75	10	10	7	19.00	14.9	89	178	4.22	1.75	299	80.8	330	49.0	3.96	2.06	4.17	1.61	0.357	36.1	14.1		
150	x	90	9	12	6	20.94	16.4	98.5	197	4.95	1.99	485	133	537	80.4	4.81	2.52	5.06	1.96	0.361	48.2	19.0		
150	x	90	10	12	6	23.2	18.1	109	218	5.00	2.04	533	146	591	88.3	4.81	2.52	5.06	1.96	0.360	53.3	21		
150	x	90	12	12	8.5	27.36	21.5	129.5	259	5.07	2.10	619	167	685	102	4.76	2.47	5.00	1.93	0.357	62.3	24.3		



NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

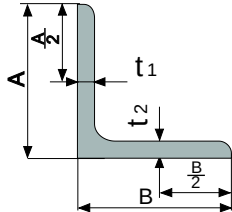
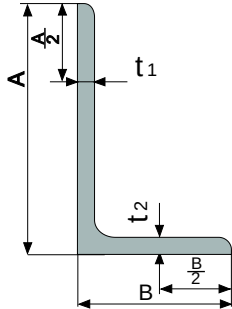
MECHANICAL PROPERTIES

Metric Size

CLASSIFICATION	YIELD POINT N/mm ²		TENSILE STRENGTH N/mm ²	ELONGATION %		
	Thickness (mm)			Thickness (mm)		
	≤16	> 16		≤5	5 to 16	> 16
JIS G 3101 SS400	245	235	400 - 510	21	17	21
JIS G 3101 SS540	400	390	min 540	16	13	17
JIS G 3101 SS490	285	275	490-610	19	15	19
JIS G 3106 SV400 A,B,C	245	235	400-510	23	18	22
JIS G 3106 SV490 A,B,C	325	315	490-610	22	17	21
JIS G 3106 SVS490 YA, YB	365	355	490-610	19	15	19
JIS G 3106 SV520 B,C	365	355	520-640	19	15	19
JIS G 3106 SV570	460	450	570-720	19	19	26

DIMENSIONAL TOLERANCE

Metric Size | JIS 3192 / TIS 1227-194

DIMENSION		TOLERANCE	REMARKS	
Leg Length (A or B)	Under 50 in depth	± 1.5		
	50 or over to and excl. 100	± 2.0		
	100 or over to and excl. 200	± 3.0		
	200 or over	± 4.0		
Thickness t, t ₁ , t ₂	For Leg Length A (B for T Section) or under 130 in depth	Under 6.3	± 0.6	
		6.3 or over to and excl.10	± 0.7	
		10 or over to and excl.16	± 0.8	
		16 or over	± 1.0	
	For Leg Length A (B for T Section) or under 130 or over in depth	Under 6.3	± 0.7	
		6.3 or over to and excl.10	± 0.8	
		10 or over to and excl.16	± 1.0	
		16 or over to and excl.25	± 1.2	
Length	7m or under	+ 40	Add 5mm to the plus side tolerance given in the above column for every 1m. Increase in length or its fraction	
		- 0		
	Over 7m			
Out of Square (T)	I Section	2.0 % or under of width B		
	Sections excluding I and T sections	2.5 % or under of width of flange B (or leg length)		
Bend	I and T Sections	0.20% or under of length	To be applied to bend such as sweep and camber	
	Sections excluding I and T sections	0.30% or under of length		

CHEMICAL COMPOSITION

According JIS G 3101, G 3106

SYMBOL OF GRADE		CHEMICAL COMPOSITION (%)				
		C	Si	Mn	P	S
SS 400, 490		—	—	—	0.050 max	0.050 max
SS 540		0.3 max	—	1.60 max	0.040 max	0.040 max
SM 400 A	50 mm or under in thickness over 50 mm, up to and incl. 200 mm in thickness	0.23 max 0.25 max	—	2.5 x c min (1)	0.035 max	0.035 max
SM 400 B	50 mm or under in thickness over 50 mm, up to and incl. 200 mm in thickness	0.20 max 0.22 max	0.35 max	0.60 -1.40	0.035 max	0.035 max
SM 400 C	100 mm or under in thickness	0.18 max	0.35 max	1.40 max	0.035 max	0.035 max
SM 490 A	50 mm or under in thickness over 50 mm, up to and incl. 200 mm in thickness	0.20 max 0.22 max	0.55 max	1.60 max	0.035 max	0.035 max
SM 490 B	50 mm or under in thickness over 50 mm, up to and incl. 200 mm in thickness	0.18 max 0.20 max	0.55 max	1.60 max	0.035 max	0.035 max
SM 490 C	100 mm or under in thickness	0.18 max	0.55 max	1.60 max	0.035 max	0.035 max
SM 490 YA SM 490 YB	100 mm or under in thickness	0.20 max	0.55 max	1.60 max	0.035 max	0.035 max
SM 520 B SM 520 C	100 mm or under in thickness	0.20 max	0.55 max	1.60 max	0.035 max	0.035 max
SM 570	100 mm or under in thickness	0.18 max	0.55 max	1.60 max	0.035 max	0.035 max

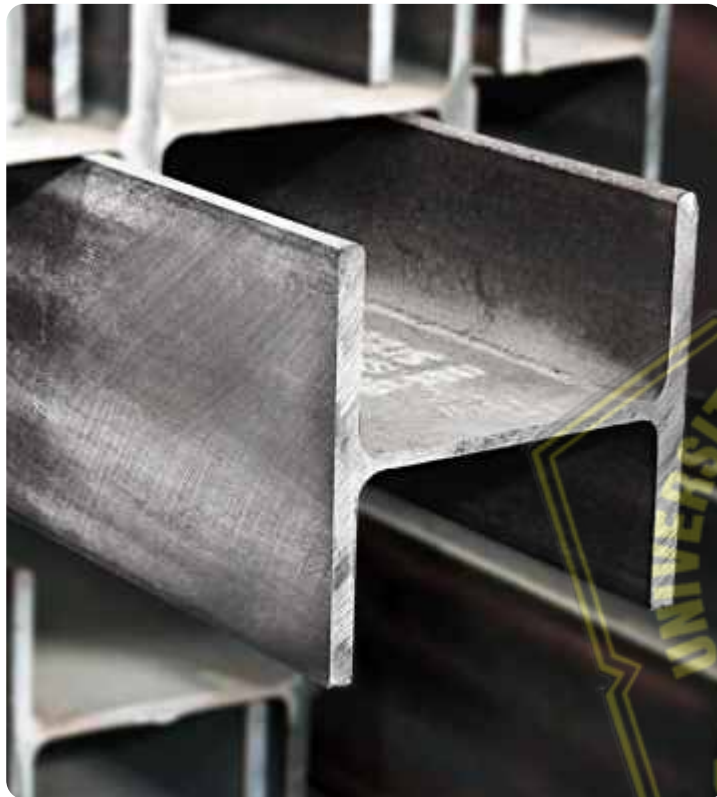
Note: (1) The value of carbon here in is the actual cast analysis value

CORRESPONDING SPECIFICATION

Metric Size

TYPE OF MATERIAL	CLASSIFIED BY TENSILE STRENGTH		SPECIFICATIONS			
	Tensile strength Class (N/mm ²)	Special specification	JIS	ASTM	BS 4360	DIN
General Structure	400	—	G 3101 SS 400	A 36	Gr. 43A	St 33
	490	—	G 3101 SS 490	—	Gr. 50A	St 50-2
Welded Structure	400	—	G 3106 SM 400A	A 572 Gr. 42	Gr. 43B	—
		Charpy impact test	G 3106 SM 400B,C	—	Gr. 43C	St 37-2 RSt 37-2
		Charpy impact test for low temperature	—	—	Gr. 43D	—
	490	—	G 3106 SM 490A	—	Gr. 43DD	—
		Charpy impact test	G 3106 SM 490B, C	—	—	—
		—	G 3106 SM 490 YA	A 572 Gr. 42	Gr. 50B	—
490 (High yield point)	490 (High yield point)	Charpy impact test	G 3106 SM 490 YB, SM 520 B, C	—	Gr. 50C	St 52-3
		Charpy impact test for low temperature	—	—	Gr. 50D	—

H-Beam



Structural steel profile shaped like an H in section. The horizontal elements of the "I" are flanges, while the vertical element is the web. The web resists shear forces while the flanges resist most of the bending moment experienced by the beam. Beam theory shows that the H-shaped sections is a very efficient form for carrying both bending and shear loads in the plane of the web.

H-beams are widely used in the construction industry and are available in a variety of standard sizes. H-beams may be used both as beams and as columns.

Gunung Garuda's hot rolled H-Beam comes with standard size range from 100x100 up to 350x350. Non standard H-Beam can be fabricated by welding steel plates together to form a welded beam that fits our customer's size requirements. We also provide free cut-to-length service for customers that required length below our standard length of 12m.

Size range : 100x100 to 350x350

Standard length : 12m

Flange thickness range : 6mm to 12mm

Web thickness range : 8mm to 19mm

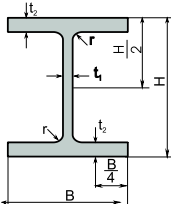
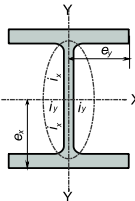
Annual Capacity : > 1.000.000 MT/Y

Standards : JIS G 3101 SS400 (Mild Steel)

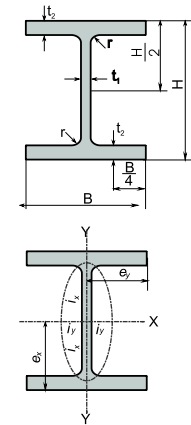
JIS G 3101 SS540 (High Strength)

H-BEAM

Metric Size | JIS 3192

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS				SECTION AREA	UNIT WEIGHT		INFORMATIVE REFERENCE						REMARKS
							GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION		
H x B	t1	t2	r	A	Kg/m	Kg/12m	Ix	Iy	ix	iy	Zy	Zy	
mm x mm	mm	mm	mm	cm ²			cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	
100 x 100	6	8	10	21.90	17.20	206	383	134	4.18	2.47	76.5	26.7	 
125 x 125	6.5	9	10	30.31	23.80	286	847	293	5.29	3.11	136	47	
150 x 150	7	10	11	40.14	31.50	378	1 640	563	6.39	3.75	219	75.1	
175 x 175	7.5	11	12	51.21	40.20	482	2 880	984	7.50	4.38	330	112	
200 x 200	8	12	13	63.53	49.90	599	4 720	1 600	8.62	5.02	472	160	
250 x 250	9	14	16	92.18	72.40	869	10 800	3 650	10.8	6.29	867	292	
300 x 300	10	15	18	119.80	94	1128	20 400	6 750	13.1	7.51	1 360	450	
350 x 350	12	19	20	173.9	137	1644	40 300	13 600	15.2	8.84	2 300	776	

NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity



Wide Flange (IWF)



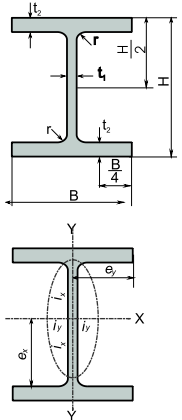
Wide Flange is a structural steel profile similar with H-Beam but with flange length longer than its web. Wide flange are also internationally known as I-Beam / W-Beam / Universal Beam / Universal Column and it's widely used in the construction industry and are available in a variety of standard sizes. Steel beams have always been more preferred to concrete because it offers better tension and compression thus resulting in lighter construction.

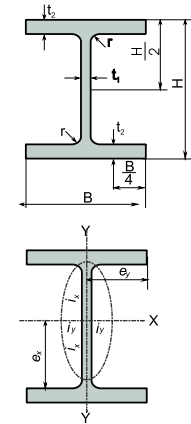
Gunung Garuda's hot rolled IWF comes with standard size range from 150x75 up to 600x200. Non standard IWF can be fabricated by welding steel plates together to form a welded beam that fits our customer's size requirements. We also provides free cut-to-length service for customers that required length below our standard length of 12m.

Size range	: 150x75 to 600x200
Standard length	: 12m
Flange thickness range	: 5mm to 11mm
Web thickness range	: 7mm to 17mm
Annual Capacity	: > 1.000.000 MT/Y
Standards	: JIS G 3101 SS400 (Mild Steel) JIS G 3101 SS540 (High Strength)

WIDE FLANGE (IWF)

Metric Size | JIS 3192

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS					SECTION AREA	UNIT WEIGHT		INFORMATIVE REFERENCE						REMARKS
								GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION		
Nominal Dimensional	H x B	t1	t2	r	A									
mm	mm x mm	mm	mm	mm	cm ²	Kg/m	Kg/12m	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14.00	168	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2	
150 x 100	148 x 100	6	9	11	26.84	21.10	253.2	1 020	151	6.17	2.37	138	30.1	
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.20	218.4	1 580	114	8.26	2.21	160	23.0	
	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.30	255.6	1 840	134	8.24	2.22	184	26.8	
200 x 150	194 x 150	6	9	12	38.80	30.60	367.2	2 675	507	8.30	3.60	275.8	67.6	
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.68	25.70	308.4	3 540	255	10.4	2.79	285	41.1	
	250 x 125	6	9	12	37.66	29.60	355.2	4 050	294	10.4	2.79	324	47.0	
300 x 150	298 x 149	5.5	8	13	40.80	32.0	384	6 320	442	12.4	3.29	424	59.3	
	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.70	440.4	7 210	508	12.4	3.29	481	67.7	
350 x 175	346 x 174	6	9	14	52.68	41.40	469.8	11 100	792	14.5	3.88	641	91.0	
	350 x 175	7	11	14	63.14	49.60	595.2	13 600	984	14.7	3.95	775	112	
400 x 200	396 x 199	7	11	16	72.16	56.60	679.2	20 000	1 450	16.7	4.48	1 010	145	
	400 x 200	8	13	16	84.1	66.0	792	23 700	1 740	16.8	4.54	1 190	174	
450 x 200	450 x 200	9	14	18	96.8	76.0	912	33 500	1 870	18.6	4.40	1 490	187	
500 x 200	500 x 200	10	16	20	114.2	89.6	1075.2	47 800	2 140	20.5	4.43	1 910	214	
600 x 200	600 x 200	11	17	22	134.4	106	1272	77 600	2 280	24.0	4.12	2 590	228	

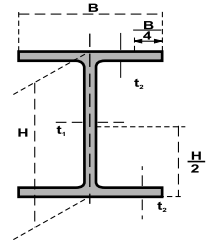
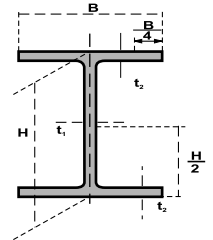
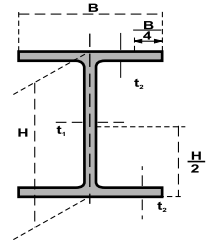
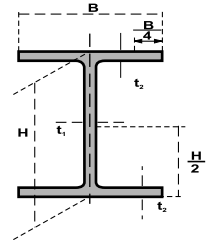
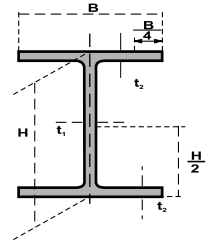
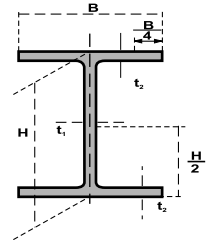
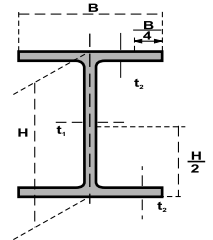


NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

Technical Properties for H-Beam & Wide Flange

DIMENSIONAL TOLERANCE

H-Beam & Wide Flange | JIS 3192

ITEM, mm (in.)		TOLERANCE	REMARKS
Depth (H)	FLANGE WIDTH, B	$\pm 3.0 (0.118)$	
	Nominal depths of under 400 (15.748) 400 to 600 (23.622), excl. 40 600 and over	$\pm 3.0 (0.118)$ $\pm 4.0 (0.157)$ $\pm 5.0 (0.197)$	
Thickness	Flange, t_2	Under 16 16 or over to and excl. 25 25 or over to and excl. 40 40 or over	
	Web, t_1	Under 16 16 or over to and excl. 25 25 or over to and excl. 40 40 or over	
Length	7 m or under	$+ 40 (1.575)$ $- 0$	
	Over 7 m	40 (1.575) plus 5 (0.197) for each additional meter or fraction thereof	
Out-of-Square, (T)	Nominal depths 300 (11.811) or under in nominal depth	Not more than 1.2 percent of flange width B or 2.0 (0.079) at minimum	
	Nominal depths Over 300 (11.811) in nominal depth	Not more than 1.5 percent of flange width B or 2.0 (0.079) at minimum	
Camber of Sweep	Nominal depths 300 (11.811) and under	Not more than 0.20 percent of Length	
	Nominal depths over 300 (11.811)	Not more than 0.10 percent of Length	
Web Off Center, (S)	Nominal depths 300 (11.811) and under	$\pm 3.0 (0.118)$	
	Nominal depths over 300 (11.811)	$\pm 4.5 (0.177)$	
Ends-out-of-square (e)		1.6 % or under of width B or of depth H, provided that 3.0 mm is the minimum	

CHEMICAL COMPOSITION

SYMBOL OF GRADE	CHEMICAL COMPOSITION (%)				
	C	Si	Mn	P	S
SS 400, 490	—	—	—	0.050 max	0.050 max
SS 540	0.3 max	—	1.60 max	0.040 max	0.040 max

CORRESPONDING SPECIFICATION

TYPE OF MATERIAL	CLASSIFIED BY TENSILE STRENGTH		SPECIFICATIONS			
	Tensile strength Class (N/mm ²)	Special specification	JIS	ASTM	BS 4360	DIN
Steel Structure	400	—	G 3101 SS 400	A 36	Gr. 43A	ST 33

MECHANICAL PROPERTIES

CLASSIFICATION	YIELD POINT N/mm ²		TENSILE STRENGTH N/mm ²	ELONGATION %		
	Thickness (mm)			Thickness (mm)		
	≤16	> 16		≤5	5 to 16	> 16
Steel Structure	245 min	235 min	400 - 510	21 min	17 min	21 min
JIS G3106 SM 490 YA SM 490 YB	365 min	355 min	490 - 610	19 min	15 min	19 min



Steel Structure: Downstream



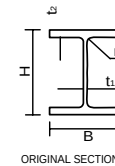
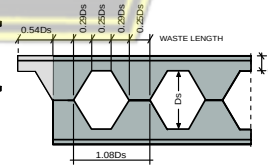
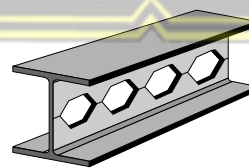
Castellated Beam : honey comb



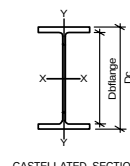
Honey Comb is a castellated beam that is fabricated from a standard IWF. The beam is initially split along its length by a profiled flame cut. The two halves of the beam are then separated, displaced by one profile and reconnected by welding, thus forming hexagonal holes along the web.

Castellated beams have a deeper section than a comparable solid beam, which has a greater resistance to deflection. They are therefore most often used in long span applications with light or moderate loadings, particularly roofs. Since the weight of steel has not changed, the structural efficiency of the section in bending has been increased. A further advantage of castellated beams is the holes in the web which provide a route for services.

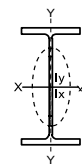
Size range	: 150x100 to 1200x300
Standard length	: 12m
Depth Section	: 150 to 1200
Standards	: JIS G 3101 SS400 (Mild Steel) JIS G 3101 SS540 (High Strength)



ORIGINAL SECTION



CASTELLATED SECTION



CASTELLATED BEAM : HONEY COMB

Metric Size | JIS 3192

Sectional Index		Weight	Depth of Section		Width of Section	Thickness		Corner Radius	Depth of Castellated Hole	Depth of Castellated Tee	Depth Between Flanges	Section Area		Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section	
Original	Castellated		Original	Castellated		Web	Flange					Max	Min						
H	DC		H	DC		t ₁	t ₂					Gross	Net	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
mm	mm	Kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
100 x 100	150 x 100	17.2	100	150	100	6	8	10	105	22.5	134	24.9	18.57	905.3	134	7	2.7	120.7	26.8
150 x 75	225 x 75	14	150	225	75	5	7	8	154	35.5	211	21.6	13.85	1579.7	49.5	10.7	1.9	140.4	13.2
150 x 150	225 x 150	31.5	150	225	150	7	10	11	154	35.5	205	45.39	34.54	3889.6	563	10.6	4	345.7	75.1
200 x 100	300 x 100	21.3	200	300	100	5.5	8	11	205	47.5	284	32.66	21.36	4306.8	134	14.2	2.5	287.1	26.8
200 x 100	297 x 99	18.2	198	297	99	4.5	7	11	202	47.5	283	27.64	18.5	3643.9	114	14	2.5	245.4	23
200 x 200	300 x 200	49.9	200	300	200	8	12	13	205	47.5	276	71.53	55.09	11139	1600.1	14.2	5.4	742.6	160
250 x 125	375 x 125	29.6	250	375	125	6	9	12	254	60.5	357	45.16	29.86	9491.5	294.1	17.8	3.1	506.2	47
250 x 125	372 x 124	25.7	248	372	124	5	8	12	253	59.5	356	39.88	26.21	8189.6	255	17.7	3.1	440.3	41.1
250 x 250	375 x 250	72.4	250	375	250	9	14	16	254	60.5	347	103.43	80.48	25477.5	3650.2	17.8	6.7	1358.8	292
300 x 150	450 x 150	36.7	300	450	150	6.5	9	13	305	72.5	432	56.53	36.67	16895.1	508.1	21.5	3.7	750.9	67.7
300 x 150	447 x 149	32	298	447	149	5.5	8	13	302	72.5	431	49	32.33	14664	442	21.3	3.7	656.1	59.3
300 x 300	450 x 300	94	300	450	300	10	15	18	305	72.5	420	134.8	104.25	47854.8	6750.3	21.4	8	2126.9	450
350 x 175	525 x 175	49.6	350	525	175	7	11	14	354	85.5	503	75.39	50.54	31847.5	984.1	25.1	4.4	1213.2	112.5
350 x 175	519 x 174	41.4	346	519	174	6	9	14	350	84.5	501	63.06	42	25819.2	792.1	24.8	4.3	995	91
350 x 350	525 x 350	137	350	525	350	12	19	20	354	85.5	487	194.9	152.3	95013.1	13600.6	25	9.4	3619.5	777.2
400 x 200	600 x 200	66	400	600	200	8	13	16	405	97.5	574	100.12	67.68	55683.6	1740.2	28.7	5.1	1856.1	174
400 x 200	594 x 199	56.6	396	594	199	7	11	16	401	96.5	572	86.02	57.2	46656.1	1450.1	28.4	5	1570.9	145.7
450 x 200	675 x 200	76	450	675	200	9	14	18	454	110.5	647	117.01	76.06	78747.4	1870.3	32.2	5	2333.3	187
500 x 200	750 x 200	89.6	500	750	200	10	16	20	505	122.5	718	139.2	88.65	122855.7	2140.5	35.7	4.9	3009.5	214
600 x 200	900 x 200	106	600	900	200	11	17	22	605	147.5	866	167.4	100.8	184103	2280.8	42.7	4.8	4091.2	228.1
588 x 300	882 x 300	151	588	882	300	12	20	28	593	144.5	842	227.78	156.56	274532.9	9021	41.9	7.6	6225.2	601.4
400 x 400	600 x 400	172	400	600	400	13	21	22	405	97.5	558	244.7	191.99	156913.2	22400.8	28.6	10.8	5230.4	1120
700 x 300	1050 x 300	185	700	1050	300	13	24	28	705	172.5	1002	281	189.29	473222.7	10801.5	50	7.6	9013.8	720.1
800 x 300	1200 x 300	210	800	1200	300	14	26	28	805	197.5	1148	323.4	210.63	690341.9	11702.2	57.2	7.5	11505.7	780.1

NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

Castellated Beam : Cell Form

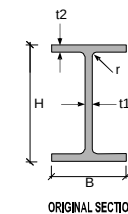
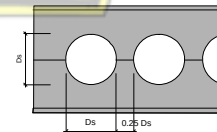
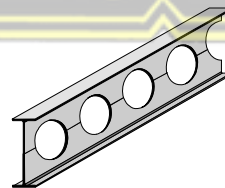


The cellform beam is fabricated in a similar way to the Honey Comb castellated beam, but some additional cuts are made in the web to create circular holes when the cut sections are joined. Cellform beams offer users flexibility, reduced weight, space and aesthetics, while lowering costs.

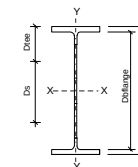
The use of cellular beams allows a new architectural expression. Structures are lightened and spans increased, pulling spaces together. This flexibility goes together with the functionality of allowing technical installations (pipes and ducts) to pass through the openings.

The lightweight appearance of cellular beams, combined with their high strength, never ceases to inspire architects to new structural forms.

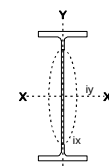
Size range	: 150x100 to 1200x300
Standard length	: 12m
Depth Section	: 150 to 1200
Standards	: JIS G 3101 SS400 (Mild Steel) JIS G 3101 SS540 (High Strength)



ORIGINAL SECTION



CELL FORM SECTION



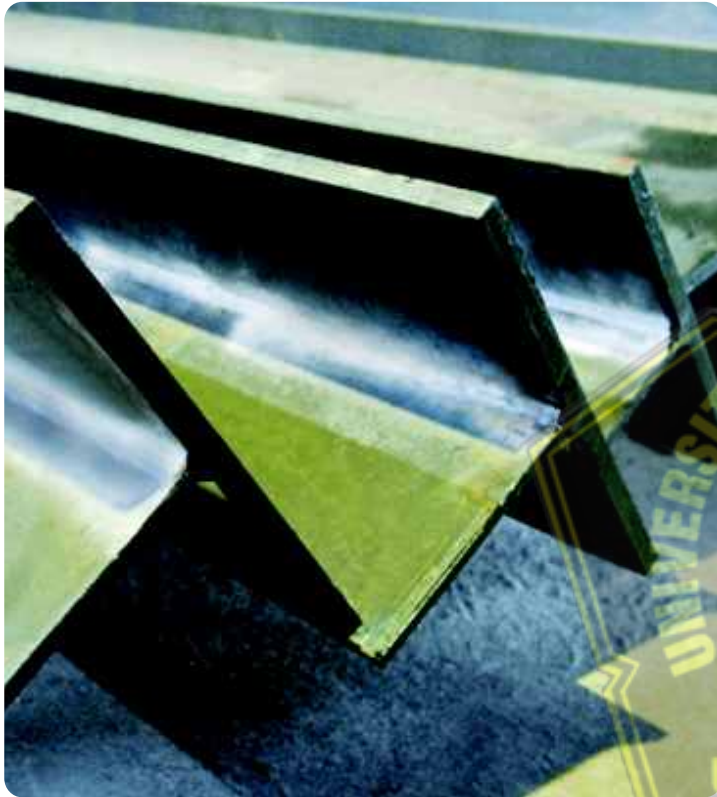
CASTELLATED BEAM : CELL FORM

Metric Size | JIS 3192

Sectional Index		Weight	Depth of Section		Width of Section	Thickness		Corner Radius	Depth of Cell Form Hole	Depth of Cell Form Tee	Depth Between Flanges	Section Area		Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section	
Original	Cell Form		Original	Cell Form		Web	Flange					Max	Min						
mm	mm	Kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
100 x 100	150 x 100	16.27	100	150	100	6	8	10	103	23	134	25	18.8	908.9	134	7	2.7	121.2	26.8
150 x 75	225 x 75	12.78	150	225	75	5	7	8	155	35	211	21.7	14	1586.2	49.5	10.7	1.9	141	13.2
150 x 150	225 x 150	29.75	150	225	150	7	10	11	155	35	205	45.6	34.7	3897.8	563	10.6	4	346.5	75.1
200 x 100	300 x 100	19.44	200	300	100	5.5	8	11	206	47	284	32.8	21.5	4322.8	134	14.2	2.5	288.2	26.8
200 x 100	300 x 99	16.54	198	300	99	4.5	7	11	210	45	286	27.9	18.4	3732.3	114	14.2	2.5	248.8	23
200 x 200	300 x 200	47.1	200	300	200	8	12	13	206	47	276	71.8	55.3	11159.9	1600	14.2	5.4	744	160
250 x 125	375 x 125	26.98	250	375	125	6	9	12	258	59	357	45.4	29.9	9516.5	294	17.8	3.1	507.5	47
250 x 125	375 x 124	23.33	248	375	124	5	8	12	262	57	359	39.2	26.1	8351.7	255	17.9	3.1	445.4	41.1
250 x 250	375 x 250	68.32	250	375	250	9	14	16	258	59	347	103.8	80.6	25510.2	3650	17.8	6.7	1360.5	292
300 x 150	450 x 150	33.55	300	450	150	6.5	9	13	309	70	432	56.8	36.7	16943.9	508	21.5	3.7	753.1	67.7
300 x 150	450 x 149	29.17	298	450	149	5.5	8	13	313	68	434	49.4	32.2	14905.3	442	21.5	3.7	662.5	59.3
300 x 300	450 x 300	88.76	300	450	300	10	15	18	309	70	420	135.3	104.3	47919.5	6750	21.4	8	2129.8	450
350 x 175	525 x 175	45.11	350	525	175	7	11	14	361	82	503	75.8	50.5	31912.4	984	25.1	4.4	1215.7	112.5
350 x 175	525 x 174	37.65	346	525	174	6	9	14	369	78	507	63.8	41.6	26499.6	792	25.2	4.4	1009.5	91
350 x 350	525 x 350	129.25	350	525	350	12	19	20	361	82	487	195.5	152.3	95108.4	13599.9	25	9.5	3623.2	777.1
400 x 200	600 x 200	59.94	400	600	200	8	13	16	412	94	574	100.6	67.6	55799	1740	28.7	5.1	1860	174
400 x 200	600 x 199	51.37	396	600	199	7	11	16	421	90	578	86.9	57.4	47743	1450	28.8	5	1591.4	145.7
450 x 200	675 x 200	68.66	450	675	200	9	14	18	464	106	647	117.6	75.9	78909.5	1870	32.2	5	2338.1	187
500 x 200	750 x 200	80.28	500	750	200	10	16	20	515	117	718	140	88.4	113123.5	2140	35.8	4.9	3016.6	214
600 x 200	900 x 200	94.11	600	900	200	11	17	22	618	141	866	168.4	100.4	184605.2	2279.9	42.9	4.8	4102.3	228
588 x 300	900 x 300	136.46	588	900	300	12	20	28	643	128	860	231.1	153.9	286789.2	9019.9	43.2	7.7	6373.1	601.3
400 x 400	600 x 400	162.21	400	600	400	13	21	22	412	94	558	245.5	191.9	157075.6	22399.9	28.6	10.8	5235.9	1120
700 x 300	1050 x 300	165.42	700	1050	300	13	24	28	722	164	1002	282.4	188.6	473991	10799.9	50.1	7.6	7028.4	720
800 x 300	1200 x 300	185.76	800	1200	300	14	26	28	825	188	1148	325.1	209.7	691563.8	11699.8	57.4	7.5	11526.1	780

NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

T-Beam



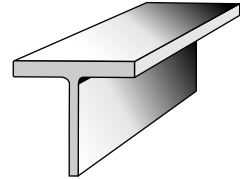
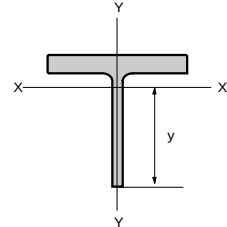
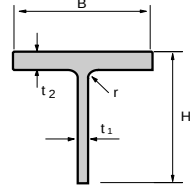
A T-beam is a load-bearing structure with a t-shaped cross section. The top of the t-shaped cross section serves as a flange or compression member in resisting compressive stresses. The web of the beam below the compression flange serves to resist shear stress and to provide greater separation for the coupled forces of bending.

One way to make a T-beam more efficient structurally is to use an inverted T-beam with a floor slab or bridge deck joining the tops of the beams. Done properly, the slab acts as the compression flange.

Size range	: 50 x 100 to 400x300
Web Thickness Range	: 6mm to 14mm
Flange Thickness Range	: 8mm to 26mm
Standards	: JIS G 3101 SS400 (Mild Steel) JIS G 3101 SS540 (High Strength)

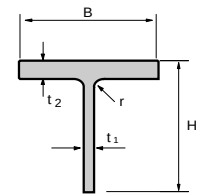
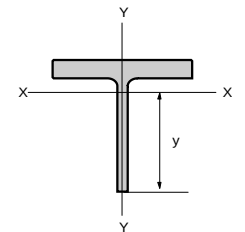
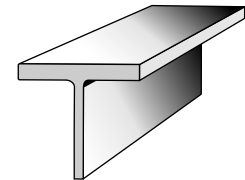
T-Beam

Metric Size | JIS 3192

Standard Sectional Dimension						Sectional Area	Unit Weight	Informative Reference							Remarks
Sectional Index	Depth of Section	Width of Section	Thickness		Corner Radius			Center of Gravity	Geometrical Moment of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section		
			Web	Flange					I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	
	HB	H	t ₁	t ₂	r										
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	mm	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	
T 50 x 100	50	100	6	8	10	10.95	8.6	40	16	67	1.2	2.47	4	13.4	  
T 62.5 x 125	62.5	125	6.5	9	10	15.16	11.9	50.6	35	147	1.51	3.11	6.9	23.5	
T 75 x 75	75	75	5	7	8	8.93	7	57	42	25	2.18	1.67	7.4	6.6	
T 75 x 150	75	150	7	10	11	20.07	15.75	61.3	66	282	1.81	3.75	10.8	37.6	
T 100 x 100	100	100	5.5	8	11	13.58	10.65	71.7	114	67	2.9	2.22	14.8	13.4	
T 99 x 100	99	100	4.5	7	11	11.59	9.1	78.1	94	58	2.84	2.25	12	11.7	
T 87.5 x 175	87.5	175	7.5	11	12	25.61	20.1	72	114	492	2.11	4.38	15.8	56.2	
T 100 x 200	100	200	8	12	13	31.77	24.95	82.7	184	801	2.41	5.02	22.2	80.1	
T 125 x 125	125	125	6	9	12	18.83	14.8	97.2	248	147	3.63	2.79	25.5	23.5	
T 124 x 124	124	124	5	8	12	16.34	12.85	97.7	207	127	3.56	2.79	21.2	20.5	
T 125 x 250	125	250	9	14	16	46.09	36.2	104.2	411	1825	2.98	6.29	39.4	146	
T 150 x 150	150	150	6.5	9	13	23.39	18.35	115.9	463	254	4.45	3.29	39.9	33.8	
T 149 x 149	149	149	5.5	8	13	20.4	16	116.4	393	221	4.39	3.29	33.7	29.6	
T 150 x 300	150	300	10	15	18	59.9	47	125.3	796	3378	3.64	7.51	63.5	225.2	
T 175 x 175	175	175	7	11	14	31.57	24.8	137.5	814	492	5.08	3.95	59.2	56.3	
T 173 x 174	173	174	6	9	14	26.34	20.7	136	678	396	5.07	3.88	49.9	45.5	
T 175 x 350	175	350	12	19	20	86.95	68.85	146.4	1515	6794	4.17	8.84	103.5	388.2	
T 200 x 200	200	200	8	13	16	42.06	33	157.7	1395	868	5.76	4.54	88.5	86.8	
T 198 x 199	198	199	7	11	16	36.08	28.3	156.3	1193	723	5.75	4.48	76.3	72.7	
T 200 x 400	200	400	13	21	22	109.35	86	167.9	2470	11207	4.75	10.12	147.1	560.4	
T 225 x 200	225	200	9	14	18	48.38	38	173.5	2155	936	6.67	4.4	124.2	93.6	
T 250 x 200	250	200	10	16	20	57.1	44.8	190.5	3210	1071	7.5	4.33	168.5	107.1	
T 300 x 200	300	200	11	17	22	67.2	53	221.6	5786	1139	9.29	4.12	261.9	113.9	
T 294 x 300	294	300	12	20	28	96.25	75.5	233.2	6695	4509	8.34	6.84	295.3	300.6	
T 350 x 300	350	300	13	24	28	117.75	92.5	274.5	12015	5412	10.1	6.78	447.3	360.8	
T 400 x 300	400	300	14	26	28	133.7	105	308.3	18787	5866	11.85	6.62	609.5	391.1	

NOTE :

- Material specification refer to Wide Flange (IWF)
- Tolerance H= ±2mm
- Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity



King Cross



King Cross is a built-up / fabricated steel section. Standard sizes can be made by welding 2 T-Beams into the web of a hot rolled IWF, forming the shape of a cross. Non standard sizes are made entirely by welding steel plates.

King Cross's are generally used for structure column and steel piling foundation. When used as a column, King Cross can bear higher axial load than it is of standard IWF / Queen Cross due to its mechanical properties and high cross section area.

Compared to standard IWF / H-Beam, King Cross has higher Moment Of Inertia. To increase the slenderness capacity, higher Moment Of Inertia is required to avoid any buckling on the compression member. The Moment Of Inertia of the Y and X axis is almost the same, thus resulting in no weak axis.

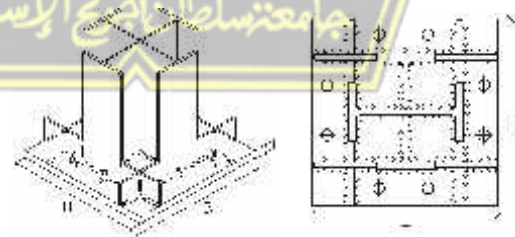
While standard Gunung Garuda's King Cross's are welded with partial joint penetration welding procedure, other welding procedure can also be done as per customers request /requirement such as complete joint penetration or fillet.

Other than our 12M length standard, non standard sizes are also available upon request and subject to minimum quantity.

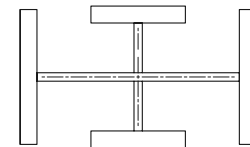
Size range : K 150 x 75 to K 800x300

Web Thickness Range : 5mm to 14mm

Flange Thickness Range : 7mm to 26mm



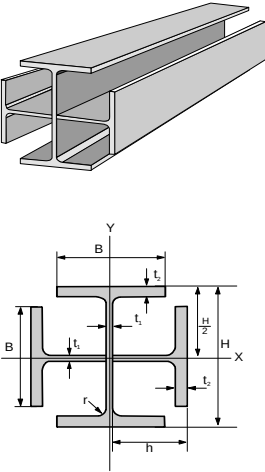
Fixed based plate for King Cross

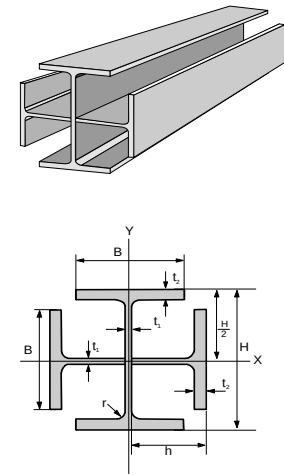


Non-standard built up King Cross

King Cross

Metric Size

Standard Sectional Dimension						Sectional Area	Unit Weight	Informative Reference						Remarks
Sectional Index	Depth of Section	Width of Section	Thickness		Corner Radius			Geometrical Moment of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section		
			Web	Flange				Inertia		Area		Section		
	H	B	t ₁	t ₂	r			I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	
K 150 x 75	150	75	5	7	8	35.7	28	716	767	4.48	4.64	95.4	99.1	
K 200 x 100	200	100	5.5	8	11	54.32	42.6	1,974	2,095	6.03	6.21	197.4	203.9	
K 198 x 99	198	99	4.5	7	11	46.36	36.4	1,694	1,778	6.04	6.23	171.1	175.6	
K 250 x 125	250	125	6	9	12	75.32	59.2	4,344	4,567	7.59	7.79	347.5	356.9	
K 248 x 124	248	124	5	8	12	65.36	51.4	3,765	3,924	7.59	7.75	303.6	310.2	
K 300 x 150	300	150	6.5	9	13	93.56	73.4	7,718	8,073	9.08	9.29	514.5	526.9	
K 298 x 149	298	149	5.5	8	13	81.6	64	6,762	7,024	9.1	9.28	453.8	462.9	
K 350 x 175	350	175	7	11	14	126.28	99.2	14,554	5,128	10.75	10.95	831.7	847.5	
K 346 x 174	346	174	6	9	14	105.36	82.8	11,892	12,321	10.62	10.62	687.4	700.0	
K 400 x 200	400	200	8	13	16	168.24	132	25,440	26,519	12.3	12.55	1,272	1,299.9	
K 396 x 199	396	199	7	11	16	144.32	113.2	21,450	22,267	12.19	12.19	1,083.3	1,105.1	
K 450 x 200	450	200	9	14	18	193.52	152	35,370	36,851	13.52	13.52	1,572.0	1,605.7	
K 500 x 200	500	200	10	16	20	228.4	179.2	29,940	52,189	14.79	15.7	1,997.6	2,046.6	
K 600 x 200	600	200	11	17	22	268.8	212	79,880	83,229	17.24	17.24	2,662.7	2,724.4	
K 588 x 300	588	300	12	20	28	385	302	127,020	132,585	18.16	18.16	4,320.4	4,419.5	
K 700 x 300	700	300	13	24	28	471	369.7	211,800	220,791	21.21	21.65	6,051.4	6,193.3	
K 800 x 300	800	300	14	26	28	534.8	419.8	303,700	315,027	23.83	24.27	7,592.5	7,740.2	



NOTE :

- $H = H/2$ = Height of T-Beam
- Material specification refer to Wide Flange (IWF)
- Tolerance $H = \pm 2\text{mm}$
- Welded specification as per AWS E-6013
- Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

Queen Cross



Queen Cross is almost similar to King Cross but differ in shape. Standard sizes can be made by welding a T-Beam into the web of a hot rolled IWF while non standards are made entirely by welding steel plates.

Just like King Cross, Queen Cross's are also generally used for structure column with smaller axial load properties compared to King Cross but still higher than standard IWF.

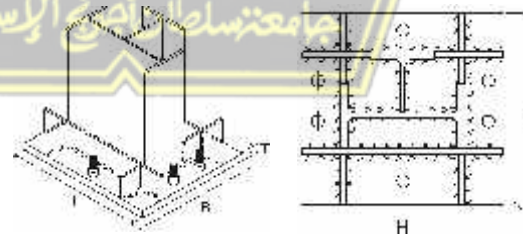
Gunung Garuda's Queen Cross's are welded with partial joint penetration welding procedure while other procedures such as complete joint penetration and fillet can also be done as per request.

Other than our 12M length standard, non standard sizes are also available upon request and subject to minimum quantity.

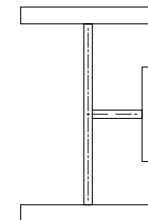
Size range : Q 150x75 to Q 800x300

Web Thickness Range : 5mm to 14mm

Flange Thickness Range : 7mm to 26mm



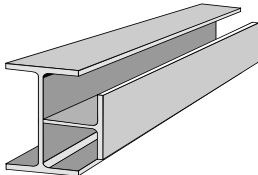
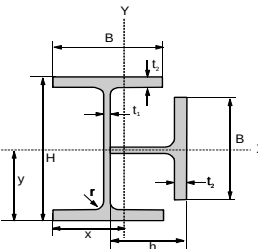
Fixed based plate for Queen Cross

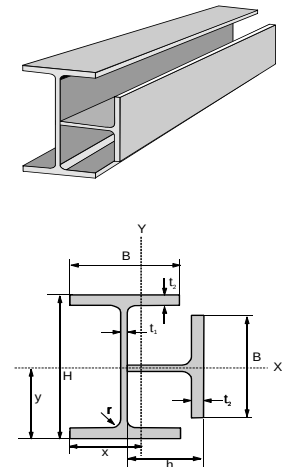


Non-standard built up Queen Cross

Queen Cross

Metric Size

Standard Sectional Dimension						Sectional Area	Unit Weight	Informative Reference								Remarks
Sectional Index	Depth of Section	Width of Section	Thickness		Corner Radius			Center of Gravity		Geometrical Moment of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section		
			Web	Flange				x	y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	
	mm	mm	mm	mm	mm			mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	
Q 150 x 75	150	75	5	7	8	26.78	21	57.3	75	691	310	5.08	3.4	92.1	53.99	 
Q 200 x 100	200	100	5.5	8	11	40.74	32	76.6	100	1,907	848	6.84	4.56	190.7	110.72	
Q 198 x 99	198	99	4.5	7	11	34.77	27.3	76.1	99	1,637	722	6.86	4.56	165.3	94.86	
Q 250 x 125	250	125	6	9	12	56.49	44.4	95.9	125	4,197	1,844	6.82	5.71	335.8	192.34	
Q 248 x 124	248	124	5	8	12	49.02	38.5	95.4	124	3,670	1,599	8.65	5.71	296.0	167.62	
Q 300 x 150	300	150	6.5	9	13	70.17	55.1	114.7	150	7,464	3,260	10.31	6.82	497.6	284.16	
Q 298 x 149	298	149	5.5	8	13	61.2	48.1	114.2	149	6,545	2,842	10.34	6.81	439.3	248.76	
Q 350 x 175	350	175	7	11	14	94.71	74.4	134.5	175	14,092	6,096	12.2	8.02	805.3	453.30	
Q 346 x 174	346	174	6	9	14	79.02	62.1	133.3	173	11,496	4,978	12.07	7.94	664.5	373.37	
Q 400 x 200	400	200	8	13	16	126.18	99.1	153.9	200	24,570	10,661	13.95	9.19	1,228.4	692.79	
Q 396 x 199	396	199	7	11	16	108.24	85	152.8	198	20,725	8,984	13.84	9.11	1,047.2	588.07	
Q 450 x 200	450	200	9	14	18	145.14	114	159.3	225	34,436	15,472	15.4	10.02	1,530.5	914.48	
Q 500 x 200	500	200	10	16	20	171.3	134.5	165.2	250	48,871	20,386	16.89	10.91	1,954.8	1,234.37	
Q 600 x 200	600	200	11	17	22	201.6	158.3	175.7	300	78,739	32,097	19.76	12.62	2,624.6	1,826.74	
Q 588 x 300	588	300	12	20	28	288.75	226.7	229.7	294	122,509	53,713	20.6	13.64	4,167.0	2,338.03	
Q 700 x 300	700	300	13	24	28	353.25	277.4	243.7	350	206,406	86,629	24.17	15.66	5,897.1	3,555.30	
Q 800 x 300	800	300	14	26	28	401.1	315	255.1	400	297,859	121,518	27.25	17.41	7,446.3	4,763.91	



NOTE :

- H = H/2 = Height of T-Beam
- Material specification refer to Wide Flange (IWF)
- Tolerance H = ±2mm
- Welded specification as per AWS E-6013
- Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity



Specification ACCORDING TO JIS C 5101 SS and

S/D No. 4435 / ZIL - STOCK / Y / 2018

MILL TEST CERTIFICATE

Total Bundles:

Total Pieces	19
--------------	----

[illegible]

Inspected by:



GRD.FM.QA.12



P.T. GUNUNG GARUDA
Steel Is Our Business

Head Office :
Insan Bangor 4, Wining Bangkok, Sukasana, Cikarang Barat
Sukoharjo 17503, West Java - INDONESIA
Phone : (62-21) 8691111 / 869, 8693161 / 161 199
Fax : (62-21) 6603255 / 376 / 677, 8916711
E-mail : garung@grdsteel.com, cs@grdsteel.com
URL : <http://www.grdsteel.com>



Steel Service Center

With facilities spanning over 40.500 sqm, the Steel Service Center (SSC) brings to you the most high quality service for steel manufacturing and fabrication with the most advanced and precise computerized machines like CNC sawing machines, CNC drilling, cutting, punching, bending machines, machines for galvanizing & shot blasting etc. Together with GSG's mainstream products and experienced engineers of ESC, now our customers can buy cut-to-length/cut-to-shape or custom steel fabrication that meets their requirement and international quality standards.

PRODUCTS SERVICED:

Angle (HR), Cell Form, Channel (UNP), H-Beam (HR), Honey Comb, King Cross, Queen Cross, T-Beam, Welded Beam, Wide Flange Beam (IWF).

SERVICE PROVIDED:

- Angle Line: Cutting, Punching, Stamping Angle Line
- Special Operations: Bending, Chamfering, Notching
- Beam Line: Bending, Cutting (90° & 45°), Drilling Copying (Honey Comb)
- Painting
- Shot Blasting
- Welded Beam Line: Build Up Beam, Tacking, Welding, Straightening

CAPACITY (MT/Month): 150.000 MT/Year



Machinery



Drilling



Angle Punching



Cutting



Straightening



Shotblasting

Steel Structure Applications



High Rise Buildings

- Apartment
- Hotel
- Office Building
- Landmark
- Gas Processing & Distribution
- Terminal & Cargo Handling System

Low Rise Buildings

- Housing / Residence
- Hospital
- Office Building
- Airport / Hangar
- School

Commercial Buildings

- Show Room
- Supermarket & Hypermarket

Industrial Buildings

- Air Pollution Control Equipment
- Cement Plants
- Chemical & Petrochemical Plant
- Factory
- Iron & Steel Mill
- Oil Refinery
- Pulp, Paper Mills & Wood Process
- Warehouse
- Workshop

Bridges

- Girder Bridging
- Truss Bridging
- Cantilever Bridging
- Arch Bridging
- Suspension Bridging
- Cable-stayed Bridging
- Railway Bridging

Towers

- Transmission Tower
- Substation Tower
- Telecommunication Tower
- Pole Tower
- Monumental Tower
- Billboard
- Monitoring Tower
- Watertank Tower



Jakarta Head Office & Factory
Jl. Imam Bonjol 4, Ds. Sukadanau
Warung Bongkok, Cikarang Barat
Bekasi - 17520, West Java - Indonesia
Phone: +62 21 8900666 / 8900111
Email : info@grdsteel.com

Jakarta Representative Office
Jl. P. Jayakarta No. 105 G
Jakarta - 10730, Indonesia

Medan Office & Factory (GGS)
Jl. Medan Belawan KM 10
Medan - North Sumatra - Indonesia
Phone : +62 61 6851333 / 30008170

www.grdsteel.com

 /gunungsteelgroup  @gunungsteel



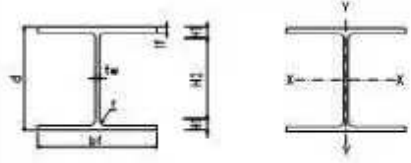
This book is printed with 100% recycled paper



Standard Sectional Dimension of **WF-steel** and Its Sectional Area, Unit Weight and Sectional Characteristic

		Sifat Mekanis Baja Struktural				$ix = \sqrt{\frac{Ix}{A}}$ $iy = \sqrt{\frac{Iy}{A}}$		$Zx = \frac{t_w d^2}{4} + (b_f - t_w) * (d - t_f) t_f$ $Zy = \frac{t_f d^2}{2} + (h - 2 t_f) * \frac{t_w^2}{4}$										
		Jenis	fu (Mpa)	fy (Mpa)														
		BJ 34	340	210														
		BJ 37	370	240														
		BJ 41	410	250														
		BJ 50	50	290														
		BJ55	51	410														
		*Tabel 8.3.2 SNI 03-1729-2002				**PPBBI 1984 Chapter 10.												
Sectional Dimension								Sectional Properties										
	d	x	bf	tw	tf	r	H2	Sec.of	Unit	Geometrical		Radius of		Elastic Modulus of		Plastic Modulus of		Compad Crit
	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Area	Weight	Moment of		Gyration of		Section		Section		
								cm²	kg/m	Ix	Iy	ix	iy	Sx	Sy	Zx	Zy	bf/2tf
WF	100	x	50	5.0	7.0	8.0	70.0	11.85	9.30	187	15	3.97	1.13	37	6	42	9	3.57
	100		100	6.0	8.0	10.0	64.0	21.90	17.19	383	134	4.18	2.47	77	27	84	41	6.25
WF	125	x	60	6.0	8.0	9.0	91.0	16.84	13.22	413	29	4.95	1.31	66	10	74	15	3.75
	125		125	6.5	9.0	10.0	87.0	30.31	23.79	847	293	5.29	3.11	136	47	149	71	6.94
WF	150	x	75	5.0	7.0	8.0	120.0	17.85	14.01	666	49	6.11	1.66	89	13	98	21	5.36
	148	x	100	6.0	9.0	11.0	108.0	26.8	21.07	1020	151	6.16	2.37	138	30	150	46	5.36
WF	150	x	150	7.0	10.0	11.0	108.0	40.1	31.51	1640	563	6.39	3.75	219	75	240	114	7.50
	175	x	90	5.0	8.0	9.0	141.0	23.1	18.09	1210	98	7.25	2.06	138	22	152	33	5.63
WF	175		175	7.5	11.0	12.0	129.0	51.2	40.20	2880	984	7.50	4.38	329	112	360	171	7.95
	198	x	99	4.5	7.0	11.0	162.0	23.2	18.20	1580	114	8.26	2.22	160	23	170	35	7.07
WF	200	x	100	5.5	8.0	11.0	162.0	27.2	21.32	1840	134	8.23	2.22	184	27	200	41	6.25
	194	x	150	6.0	9.0	13.0	150.0	39.0	30.62	2690	507	8.30	3.61	277	58	296	103	8.33
WF	248	x	124	5.0	12.0	13.0	208.0	53.23	49.87	4720	1600	8.62	5.92	472	160	513	243	8.33
	248	x	124	5.0	12.0	13.0	208.0	53.23	49.87	4720	1600	8.62	5.92	472	160	513	243	8.33
	250	x	125	6.0	9.0	12.0	208.0	37.66	29.56	4050	294	10.37	2.79	324	47	352	72	6.94
	244	x	175	7.0	11.0	16.0	190.0	56.24	44.15	6120	984	10.43	4.18	502	112	535	171	7.95
WF	250	x	250	9.0	14.0	16.0	190.0	92.18	72.36	10800	3650	10.82	6.29	864	292	937	442	8.93

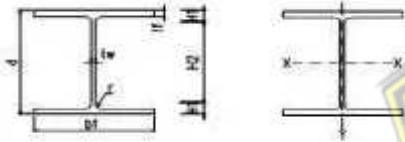
Standard Sectional Dimension of **WF-steel** and Its Sectional Area, Unit Weight and Sectional Characteristic

		Sifat Mekanis Baja Struktural			$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$ $i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$		$Z_x = \frac{t}{4} \frac{d^2}{4} + (b_f - t_w) * (d - t_f) t_f$ $Z_y = \frac{t_f d^2}{2} + (h - 2 t_f) * \frac{t_w^2}{4}$																			
		<table><tr><th>Jenis</th><th>fu (Mpa)</th><th>fy (Mpa)</th></tr><tr><td>BJ 34</td><td>340</td><td>210</td></tr><tr><td>BJ 37</td><td>370</td><td>240</td></tr><tr><td>BJ 41</td><td>410</td><td>250</td></tr><tr><td>BJ 50</td><td>50</td><td>290</td></tr><tr><td>BJ55</td><td>51</td><td>410</td></tr></table>			Jenis	fu (Mpa)	fy (Mpa)	BJ 34	340	210	BJ 37	370	240	BJ 41	410	250	BJ 50	50	290	BJ55	51	410	*Tabel 8.3.2 SNI 03-1729-2002		**PPBBI 1984 Chapter 10.	
Jenis	fu (Mpa)	fy (Mpa)																								
BJ 34	340	210																								
BJ 37	370	240																								
BJ 41	410	250																								
BJ 50	50	290																								
BJ55	51	410																								
Sectional Dimension								Sectional Properties																		
										Geometrical Moment of Inertia (cm4)		Radius of Gyration of Area (cm)		Elastic Modulus of Section (cm3)		Plastic Modulus of Section (cm3)		Compac Crit								

*Tabel 8.3.2 SNI 03-1729-2002

**PPBBI 1984 Chapter 10.

Standard Sectional Dimension of **WF-steel** and Its Sectional Area, Unit Weight and Sectional Characteristic

		Sifat Mekanis Baja Struktural			$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$ $i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$			$Z_x = \frac{t_w d^2}{4} + (b_f - t_w) * (d - t_f) t_f$ $Z_y = \frac{t_f d^2}{2} + (h - 2 t_f) * \frac{t_w^2}{4}$										
Sectional Dimension			Sectional Properties															
d	x	bf	tw	tf	r	H2	Sec.of Area	Unit Weight	Geometrical Moment of Inertia (cm4)		Radius of Gyration of Area (cm)		Elastic Modulus of Section (cm3)		Plastic Modulus of Section (cm3)		Compact Crit	
mm		mm	mm	mm	mm	mm	cm²	kg/m	Ix	Iy	ix	iy	Sx	Sy	Zx	Zy	bf/2tf	
582	x	300	12.0	17.0	28.0	492.0	174.50	136.98	103000	7670	24.30	6.63	3540	511	3782	785	8.82	
588	x	300	12.0	20.0	28.0	492.0	192.50	151.11	118000	9020	24.76	6.85	4014	601	4309	920	7.50	
WF	700	x	300	13.0	24.0	28.0	596.0	215.50	184.87	201000	10800	30.54	7.08	5743	720	6249	1108	6.25
WF	800	x	300	14.0	26.0	28.0	692.0	267.40	209.91	292000	11700	33.05	6.61	7300	780	7995	1207	5.77
WF	900	x	300	16.0	28.0	28.0	788.0	309.80	243.19	411000	12600	36.42	6.38	9133	840	10174	1314	5.36

*Tabel 8.3.2 SNI 03-1729-2002

**PPBBI 1984 Chapter 10.

10)

$$Z_x = \frac{t_w d^2}{4} + (b_f - t_w) * (d - t_f) t_f$$

$$Z_y = \frac{t_f d^2}{2} + (h - 2 t_f) * \frac{t_w^2}{4}$$

† Section
eria

h/tw

14.00

10.67

15.17

13.38

24.00

18.00

15.43

28.20

17.20

36.00

29.45

25.00

18.75

41.60

34.67

27.14

21.11

$$Z_x = \frac{t_w d^2}{4} + (b_f - t_w) * (d - t_f) t_f$$

$$Z_y = \frac{t_f d^2}{2} + (h - 2 t_f) * \frac{t_w^2}{4}$$

Section
Area

h/tw

46.55
39.38
29.25
23.40
15.60
50.00
42.86
30.22
22.67
48.86
42.75
31.40
24.15
42.89
32.36
47.56
42.80
36.36
36.36
52.20
47.45

$$Z_x = \frac{t_w d^2}{4} + (b_f - t_w) * (d - t_f) t_f$$

$$Z_y = t_f \frac{d^2}{2} + (h - 2 t_f) * \frac{t_w^2}{4}$$

Section
Area

h/tw

41.00

41.00

45.85

49.43

49.25

Standard Sectional Dimension of **WF-steel** and Its Sectional Area, Unit Weight and Sectional Characteristic

Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis	f_u (Mpa)	f_y (Mpa)
BJ 34	340	210
BJ 37	370	240
BJ 41	410	250
BJ 50	50	290
BJ55	51	410

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{b}{2 t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

Penampang Kompak $M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$ **

**Tabel 7.5.1 .SNI-03-1729-2002.

Sectional Dimension										Compact Section Criteria							
	d mm	x	bf mm	tw mm	tf mm	r mm	H2 mm	bf/2tf	h/tw	BJ 34		BJ 37		BJ 41		BJ 50	
										$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$
WF	100	x	50	5.0	7.0	8.0	70.0	3.57	14.00	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	100		100	6.0	8.0	10.0	64.0	6.25	10.67	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	125	x	60	6.0	8.0	9.0	91.0	3.75	15.17	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	125		125	6.5	9.0	10.0	87.0	6.94	13.38	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	150	x	75	5.0	7.0	8.0	120.0	5.36	24.00	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	148	x	100	6.0	9.0	11.0	108.0	5.56	18.00	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	150	x	150	7.0	10.0	11.0	108.0	7.50	15.43	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	175	x	90	5.0	8.0	9.0	141.0	5.63	28.20	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	175		175	7.5	11.0	12.0	129.0	7.95	17.20	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	198	x	99	4.5	7.0	11.0	162.0	7.07	36.00	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	200	x	100	5.5	8.0	11.0	162.0	6.25	29.45	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	194	x	150	6.0	9.0	13.0	150.0	8.33	25.00	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	200	x	200	8.0	12.0	13.0	150.0	8.33	18.75	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98

Standard Sectional Dimension of **WF-steel** and Its Sectional Area, Unit Weight and Sectional Characteristic

Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis	fu (Mpa)	fy (Mpa)
BJ 34	340	210
BJ 37	370	240
BJ 41	410	250
BJ 50	50	290
BJ55	51	410

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{b}{2 t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

Penampang Kompak $M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$ **

**Tabel 7.5.1 .SNI-03-1729-2002.

Sectional Dimension										Compact Section Criteria							
	d	x	bf	tw	tf	r	H2	bf/2tf	h/tw	BJ 34		BJ 37		BJ 41		BJ 50	
										$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$
WF	248	x	124	5.0	8.0	12.0	208.0	7.75	41.60	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	250	x	125	6.0	9.0	12.0	208.0	6.94	34.67	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	244	x	175	7.0	11.0	16.0	190.0	7.95	27.14	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	250	x	250	9.0	14.0	16.0	190.0	8.93	21.11	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	298	x	149	5.5	8.0	13.0	256.0	9.31	46.55	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	300	x	150	6.5	9.0	13.0	256.0	8.33	39.38	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	294	x	200	8.0	12.0	18.0	234.0	8.33	29.25	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	300	x	300	10.0	15.0	18.0	234.0	10.00	23.40	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	300	x	305	15.0	15.0	18.0	234.0	10.17	15.60	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	346	x	174	6.0	9.0	14.0	300.0	9.67	50.00	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	350	x	175	7.0	11.0	14.0	300.0	7.95	42.86	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	340	x	250	9.0	14.0	20.0	272.0	8.93	30.22	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	350	x	350	12.0	19.0	20.0	272.0	9.21	22.67	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	396	x	199	7.0	11.0	16.0	342.0	9.05	48.86	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	400	x	200	8.0	13.0	16.0	342.0	7.69	42.75	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	390	x	300	10.0	16.0	22.0	314.0	9.38	31.40	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	400	x	400	13.0	21.0	22.0	314.0	9.52	24.15	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98

Standard Sectional Dimension of **WF-steel** and Its Sectional Area, Unit Weight and Sectional Characteristic

Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis	fu (Mpa)	fy (Mpa)
BJ 34	340	210
BJ 37	370	240
BJ 41	410	250
BJ 50	50	290
BJ55	51	410

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{b}{2 t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

Penampang Kompak $M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$ **

**Tabel 7.5.1 .SNI-03-1729-2002.

Sectional Dimension										Compact Section Criteria							
	d	x	bf	tw	tf	r	H2	bf/2tf	h/tw	BJ 34		BJ 37		BJ 41		BJ 50	
										1680	170	1680	170	1680	170	1680	170
	mm		mm	mm	mm	mm	mm			$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$
WF	450	x	200	9.0	14.0	18.0	386.0	7.14	42.89	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	440	x	300	11.0	18.0	24.0	356.0	8.33	32.36	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	496	x	199	9.0	14.0	20.0	428.0	7.11	47.56	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	500	x	200	10.0	16.0	20.0	428.0	6.25	42.80	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	482	x	300	11.0	15.0	26.0	400.0	1,000	36.36	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	488	x	300	11.0	18.0	26.0	400.0	8.33	36.36	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	596	x	199	10.0	15.0	22.0	522.0	6.63	52.20	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	600	x	200	11.0	17.0	22.0	522.0	5.88	47.45	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	582	x	300	12.0	17.0	28.0	492.0	8.82	41.00	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
	588	x	300	12.0	20.0	28.0	492.0	7.50	41.00	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	700	x	300	13.0	24.0	28.0	596.0	6.25	45.85	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	800	x	300	14.0	26.0	28.0	692.0	5.77	49.43	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98
WF	900	x	300	16.0	28.0	28.0	788.0	5.36	49.25	115.93	11.73	108.44	10.97	106.25	10.75	98.65	9.98

(2010)

BJ 55	
$\frac{1680}{\sqrt{fy}}$	$\frac{170}{\sqrt{fy}}$
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40



BJ 55	
1680	170
$\sqrt{fy}$	$\sqrt{fy}$
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40



BJ 55	
<u>1680</u>	<u>170</u>
$\sqrt{fy}$	$\sqrt{fy}$
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40
82.97	8.40



Sifat Mekanis Baja Struktural	Jenis	fu (Mpa)	fy (Mpa)
BJ 34	340	210	
BJ 37	370	240	
BJ 41	410	250	
BJ 50	50	290	
BJ55	51	410	

$$\lambda_P = 1,76 * i_y * \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_R = i_y * \left[\frac{x_1}{f_y - f_r} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 f_{L^2}}}$$

$$x_1 = \left[\frac{\pi}{S_x} \right] * \sqrt{\frac{E * G * J * A}{2}}$$

$$x_2 = 4 * \left[\frac{S_x}{G * J} \right] * \left[\frac{I_w}{I_y} \right]$$

$$I_w = I_y \frac{h^2}{4}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3$$

Dimana :
 fr : 70 MPa (Tegangan)
 fL : fy - fr
 E : 200000 MPa (Modulus)
 G : 80000 MPa (Modulus)
 J : Konstanta Puntir Torsi (cm⁴)
 I_w : Konstanta Puntir Lengkung (cm⁶)

Sectional Dimension																			
d mm	x mm	bf mm	tw mm	tf mm	r mm	H2 mm	BJ 34			BJ 37			BJ 41			BJ 50			
							Mn (Ton.M) Zx*fy	λp	λr	Mn (Ton.M) Zx*fy	λp	λr	Mn (Ton.M) Zx*fy	λp	λr	Mn (Ton.M) Zx*fy	λp	λr	
WF	100	x	50	5.0	7.0	8.0	70.0	0.878	61.11	371.07	1.003	57.16	308.14	1.045	56.01	291.90	1.212	52.00	242.01
	100		100	6.0	8.0	10.0	64.0	1.768	134.35	865.26	2.020	125.68	716.28	2.105	123.14	677.78	2.441	114.33	559.27
WF	125	x	60	6.0	8.0	9.0	91.0	1.554	71.28	400.18	1.776	66.67	333.27	1.850	65.33	316.03	2.145	60.65	263.09
	125		125	6.5	9.0	10.0	87.0	3.131	168.87	966.24	3.579	157.97	802.09	3.728	154.77	759.74	4.324	143.70	629.55
WF	150	x	75	5.0	7.0	8.0	120.0	2.062	89.99	369.21	2.357	84.18	313.63	2.455	82.48	299.32	2.848	76.58	255.32
	150	x	100	6.0	9.0	11.0	108.0	3.159	128.83	631.72	3.611	120.51	528.26	3.761	118.07	501.62	4.363	109.63	419.93
WF	175	x	90	5.0	8.0	9.0	141.0	3.189	111.99	437.45	3.644	104.76	372.95	3.796	102.64	356.33	4.403	95.30	305.13
	175		175	7.5	11.0	12.0	129.0	7.551	238.09	1175.37	8.630	222.71	981.06	8.990	218.21	931.02	10.428	202.60	777.49
WF	198	x	99	4.5	7.0	11.0	162.0	3.579	120.45	398.90	4.091	112.67	347.12	4.261	110.40	333.61	4.943	102.50	291.39
	200	x	100	5.5	8.0	11.0	162.0	4.203	120.64	438.17	4.804	112.85	377.12	5.004	110.57	361.32	5.804	102.66	312.38
	194	x	150	6.0	9.0	13.0	150.0	6.220	195.81	746.81	7.109	183.16	636.00	7.405	179.46	607.45	8.590	166.63	519.58
	200	x	200	8.0	12.0	13.0	150.0	10.776	272.58	1277.00	12.316	254.97	1068.60	12.829	249.82	1014.96	14.881	231.95	850.45
WF	248	x	124	5.0	8.0	12.0	208.0	6.413	151.72	480.42	7.329	141.92	420.71	7.634	139.06	405.04	8.855	129.11	355.77
	250	x	125	6.0	9.0	12.0	208.0	7.389	151.76	514.39	8.445	141.96	446.52	8.797	139.06	428.84	10.204	129.14	373.74
	244	x	175	7.0	11.0	16.0	190.0	11.230	227.19	844.77	12.835	212.52	721.48	13.369	208.22	689.68	15.508	193.33	591.68
WF	250	x	250	9.0	14.0	16.0	190.0	19.675	341.78	1495.04	22.485	319.71	1256.29	23.422	313.25	1194.88	27.170	290.84	1006.53
	298	x	149	5.5	8.0	13.0	256.0	9.556	178.77	537.52	10.921	167.23	475.16	11.376	163.85	458.61	13.196	152.13	406.07
	300	x	150	6.5	9.0	13.0	256.0	10.964	178.99	566.49	12.530	167.43	497.21	13.052	164.04	478.98	15.140	152.31	421.54
	294	x	200	8.0	12.0	18.0	234.0	17.275	255.37	901.72	19.742	238.88	775.64	20.565	234.05	743.01	23.855	217.31	642.00
WF	300	x	300	10.0	15.0	18.0	234.0	30.760	407.70	1621.03	35.154	381.37	1372.42	36.619	373.66	1308.46	42.478	346.94	1112.00
	300	x	305	15.0	15.0	18.0	234.0	33.122	394.19	1754.88	37.854	368.73	1476.08	39.431	361.28	1404.37	45.740	335.44	1184.42
	346	x	174	6.0	9.0	14.0	300.0	14.471	210.60	623.34	16.539	197.00	552.04	17.228	193.02	533.08	19.984	179.21	472.73
	350	x	175	7.0	11.0	14.0	300.0	17.658	214.42	674.27	20.180	200.57	591.15	21.021	196.52	569.31	24.385	182.46	500.56
WF	340	x	250	9.0	14.0	20.0	272.0	28.561	325.71	1138.57	32.641	304.67	979.17	34.001	298.52	937.93	39.441	277.17	810.27
	350	x	350	12.0	19.0	20.0	272.0	52.357	480.33	2033.88	59.836	449.31	1712.67	62.330	440.23	1630.05	72.302	408.74	1376.61
	396	x	199	7.0	11.0	16.0	342.0	22.839	243.47	731.43	26.101	227.75	645.90	27.189	223.15	623.23	31.539	207.19	551.35
WF	400	x	200	8.0	13.0	16.0	342.0	27.005	247.03	785.17	30.863	231.07	687.09	32.149	226.40	661.37	37.293	210.21	580.56

Standard Sectional Dimension of **WF-steel** and Its Sectional
Area, Unit Weight and Sectional Characteristic

Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis	f_u (Mpa)	f_y (Mpa)
BJ 34	340	210
BJ 37	370	240
BJ 41	410	250
BJ 50	50	290
BJ55	51	410

$$\lambda^P = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_R = i_y \cdot \sqrt{\frac{x_1}{f_y - f_r}} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 f_{L^2}}}$$

$$x_1 = \left[\frac{\pi}{S_x} \right] \cdot \frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}$$

$$x_2 = 4 \cdot \sqrt{\frac{S_x}{G \cdot J}} \cdot \frac{I_w}{I_y}$$

$$I_w = I_y \cdot \frac{h^2}{4}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3$$

Dimana :

f_r : 70 MPa (Tegangan)
 f_y : fr
 E : 200000 MPa (Modulus)
 G : 80000 Mpa (Modulus)
 J : Konstanta Puntir Torsi (cm⁴)
 I_w : Konstanta Puntir Lengkung (cm⁶)

Sectional Dimension																			
d mm	x	bf mm	tw mm	tf mm	r mm	H2 mm	BJ 34			BJ 37			BJ 41			BJ 50			
							Mn _{Zx*ly} (Ton.M)	λp	λr	Mn _{Zx*ly} (Ton.M)	λp	λr	Mn _{Zx*ly} (Ton.M)	λp	λr	Mn _{Zx*ly} (Ton.M)	λp	λr	
390	x	300	10.0	16.0	22.0	314.0	44.428	395.47	1368.67	50.775	369.93	1177.66	52.890	362.46	1128.23	61.353	336.53	975.14	
400	x	400	13.0	21.0	22.0	314.0	75.603	549.69	2254.25	86.403	514.19	1902.73	90.003	503.80	1812.32	104.404	467.77	1534.84	
WF	450	x	200	9.0	14.0	18.0	38.051	238.78	759.40	38.916	223.35	666.08	40.537	218.84	641.54	47.023	203.19	564.28	
	440	x	300	11.0	18.0	24.0	57.281	389.88	1356.09	65.463	364.70	1167.31	68.191	357.33	1118.44	79.102	331.77	967.07	
WF	496	x	199	9.0	14.0	200	38.549	231.48	717.06	44.056	216.53	632.58	45.891	212.16	610.22	53.234	196.98	539.38	
	500	x	200	10.0	16.0	20.0	44.024	235.12	762.77	50.313	219.94	668.01	52.409	215.49	643.14	60.794	200.08	564.94	
	482	x	300	11.0	15.0	26.0	55.930	370.22	1159.95	63.920	346.31	1016.29	66.583	339.31	978.56	77.237	315.04	859.90	
	488	x	300	11.0	18.0	26.0	65.097	382.53	1261.26	74.396	357.83	1094.55	77.496	350.60	1051.15	89.895	325.52	915.86	
WF	596	x	199	10.0	15.0	22.0	53.239	220.17	678.32	60.844	205.95	601.42	63.379	201.79	580.94	73.520	187.36	515.66	
	600	x	200	11.0	17.0	22.0	60.127	223.71	712.28	68.716	209.26	627.97	71.579	205.03	605.67	83.032	190.37	535.08	
	582	x	300	12.0	17.0	28.0	79.431	360.10	1113.80	90.778	336.84	979.90	94.560	330.03	944.58	109.690	306.43	833.01	
	588	x	300	12.0	20.0	28.0	90.487	371.80	1195.89	103.414	347.78	1043.95	107.723	340.76	1004.19	124.958	316.39	879.59	
WF	700	x	300	13.0	24.0	28.0	131.225	384.51	1191.94	149.971	359.68	1040.70	156.220	352.41	1001.12	181.215	327.20	877.05	
WF	800	x	300	14.0	26.0	28.0	167.905	359.28	1149.59	191.891	336.07	1007.41	199.887	329.28	970.06	231.868	305.73	852.58	
WF	900	x	300	16.0	28.0	28.0	213.657	346.39	1118.03	244.179	324.02	981.68	254.354	317.47	945.78	295.050	294.76	832.65	

2010)		
n Sisa)		
section Baja) Geser Baja.)		
BJ 55		
Mn (Ton.M) Zx*fy	λp	λr
1.714	43.73	164.09
3.452	96.15	373.54
3.033	51.01	180.54
6.113	120.86	426.18
4.026	64.40	185.59
6.168	92.20	292.51
9.823	145.58	481.00
6.225	80.15	223.54
14.743	170.39	538.12
6.988	86.20	221.39
8.206	86.34	233.04
12.145	140.14	379.77
21.039	195.08	593.78
12.520	108.58	272.90
14.426	108.61	282.85
21.926	162.60	435.02
38.412	244.60	711.88
18.656	127.94	315.64
21.405	128.10	324.40
33.727	182.76	478.45
60.055	291.78	802.13
64.667	282.11	840.05
28.254	150.72	368.39
34.475	153.45	384.60
55.761	233.10	603.63
102.220	343.76	979.38
44.589	174.25	427.96
52.724	176.79	444.85



1^a Sisa)

section Baja)
Geser Baja.)

BJ 55		
Mn (Ton.M) Zx*fy	λp	λr
86.740	283.03	727.13
147.605	393.40	1098.82
66.481	170.89	433.83
111.833	279.03	721.62
75.262	165.67	418.09
85.951	168.27	433.37
109.197	264.96	660.06
127.093	273.77	692.83
103.942	157.57	402.46
117.390	160.10	414.39
155.079	257.71	643.23
176.665	266.09	671.51
256.200	275.18	669.77
327.814	257.13	654.63
417.140	247.90	641.14



REDESAIN GEDUNG INNOVATIVE PROGRAM CLUSTER (IPC) UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEBAGAI SISTEM RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN

ORIGINALITY REPORT

21 %
SIMILARITY INDEX

18 %
INTERNET SOURCES

2 %
PUBLICATIONS

10 %
STUDENT PAPERS

Mengutahn : Muhamad Rusdi Almyar

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet Source	5 %
2	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	4 %
3	eprints.itn.ac.id Internet Source	3 %
4	eprints.umm.ac.id Internet Source	1 %
5	www.scribd.com Internet Source	1 %
6	Submitted to Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Gadjah Mada Student Paper	1 %
7	repository.unika.ac.id Internet Source	1 %
8	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1 %

9	ocw.upj.ac.id Internet Source	1 %
10	repository.ummat.ac.id Internet Source	<1 %
11	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
12	es.scribd.com Internet Source	<1 %
13	repository.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
14	123dok.com Internet Source	<1 %
15	repository.usm.ac.id Internet Source	<1 %
16	id.123dok.com Internet Source	<1 %
17	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
18	idoc.pub Internet Source	<1 %
19	jurnalmahasiswa.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
20	adoc.pub Internet Source	<1 %

21	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
22	core.ac.uk Internet Source	<1 %
23	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	<1 %
24	id.scribd.com Internet Source	<1 %
25	repositori.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
26	Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya Student Paper	<1 %
27	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
28	repositori.unsil.ac.id Internet Source	<1 %
29	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
30	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
31	repository.untag-sby.ac.id Internet Source	<1 %
32	Submitted to Universitas International Batam Student Paper	

<1 %

33

edoc.site

Internet Source

<1 %

34

Submitted to University of Malaya

Student Paper

<1 %

35

ejurnal.itenas.ac.id

Internet Source

<1 %

36

etheses.iainponorogo.ac.id

Internet Source

<1 %

37

docplayer.com.br

Internet Source

<1 %

38

repo.unhi.ac.id

Internet Source

<1 %

39

repositori.usu.ac.id

Internet Source

<1 %

40

Sri Nawangwulan. "Meningkatkan Keaktifan Mahasiswa Semester 3 Program Studi Rekam Medik dan Informasi Kesehatan melalui Think-Pair-Share (TPS)", Jurnal Manajemen Kesehatan Yayasan RS.Dr. Soetomo, 2015

Publication

<1 %

41

abstrak.ta.uns.ac.id

Internet Source

<1 %

dspace.uui.ac.id

42

Internet Source

<1 %

43

ejurnal.itats.ac.id

Internet Source

<1 %

44

repo.itera.ac.id

Internet Source

<1 %

45

tr.scribd.com

Internet Source

<1 %

46

vdocuments.mx

Internet Source

<1 %

47

repository.uma.ac.id

Internet Source

<1 %

Exclude quotes

Off

Exclude bibliography

Off

Exclude matches

Off

