

## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISA OPTIMASI PROFIL TUNGGAL DAN PROFIL MAJEMUK DALAM PERENCANAAN BANGUNAN INDUSTRI PADA KONSTRUKSI RANGKA BAJA ( *STUDI LITERATUR* )**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**ROBBY SUGANDA**  
**1307210299-P**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Robby suganda

NPM : 1307210299-P

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis optimasi profil tunggal dan profil majemuk dalam perencanaan bangunan industri pada konstruksi baja (studi literatur)

Bidang ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

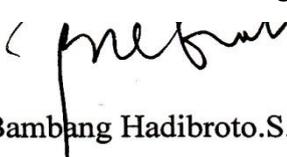
Medan, 22 september 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing -I

  
Tondi Amrisyah, P, S. T. M. T

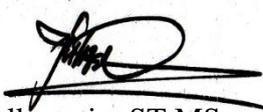
Dosen Pembimbing II

  
Bambang Hadibroto. S. T. M. T

Dosen Pembanding I

  
DR. Ade faisal ST.M.Sc

Dosen Pembanding I

  
DR. Fahrizal Zulkarnain, ST.MSc

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,

  
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST. MSc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Robby suganda

Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 11 february 1996

NPM : 1307210299-p

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis optimasi profil tunggal dan profil majemuk dalam perencanaan bangunan industri pada konstruksi baja (studi literatur) ”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 September 2019

Saya yang menyatakan,





Robby suganda

## ABSTRAK

### ANALISA OPTIMASI PROFIL TUNGGAL DAN PROFIL MAJEMUK DALAM PERENCANAAN BANGUNAN INDUSTRI PADA KONSTRUKSI RANGKA BAJA (*STUDI LITERATUR*)

Robby suganda  
1307210299-P  
Tondi Amirsyah ST.MT  
Rhini wulandary ST.MT

Dalam perencanaan suatu proyek konstruksi, volume bahan merupakan hal yang menjadi prioritas utama untuk dianalisis. Pada suatu konstruksi bangunan baja, tidak terlepas dari balok-kolom dan element-element pelat. Dalam merencanakan struktur rangka baja tentunya diinginkan struktur yang kuat, indah, aman dan ekonomis. Optimum atau tidaknya desain rangka baja itu sudah tentu sangat dipengaruhi oleh pembebanan yang didesain mampu dipikul oleh rangka sesuai peruntukan konstruksi tersebut nantinya. Upaya untuk menentukan profil yang paling optimum tersebut tentu tetap dilakukan demi mencapai volume baja yang seekonomis. Selain membandingkan profil, juga dilakukan perhitungan yang membandingkan antara jenis rangka atap yang berbeda juga. Itu berarti selain memperbandingkan satu profil tunggal dengan profil tunggal lainnya, juga dibandingkan dengan kombinasi satu atau dua profil tunggal yang didesain menjadi sebuah tipe rangka majemuk. Adapun profil yang dipakai adalah profil baja *castellated beam* IWF, *channel lips*, dan besi beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui profil dengan jenis rangka mana yang mempunyai volume optimum dalam memikul beban atau gaya – gaya dalam yang diperoleh melalui analisis *program Software SAP2000*. Dari output perhitungan tersebut dapat disimpulkan berapa volume total yang diperlukan masing – masing profil dan profil mana yang paling optimum mampu memikul gaya pada bentang dan pembebanan yang sama.

Kata kunci : Baja, *Castellated Beam* Profil IWF, Profil *Channel*, Volume.

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF OPTIMIZATION OF SINGLE PROFILE AND PROJECT PROFILE IN INDUSTRIAL BUILDING PLANNING IN STEEL FRAME CONSTRUCTION (LITERATURE STUDY)**

Robby suganda  
1307210299-P  
Tondi Amirsyah ST.MT  
Rhini wulandary ST.MT

In planning a construction project, the volume of material is the main priority for analysis. In a steel building construction, it cannot be separated from the beam-column and plate elements. In planning the steel frame structure, of course it is desirable to have a strong, beautiful, safe and economical structure. The optimum design of the steel frame is certainly very much influenced by the loading that is designed to be carried by the frame according to the designation of the construction later. Efforts to determine the most optimum profile are certainly carried out in order to achieve economical steel volume. In addition to comparing profiles, calculations are also made that compare between different types of roof truss too. That means in addition to comparing one single profile with another single profile, it is also compared to a combination of one or two single profiles that are designed to be a compound frame type. The profile used is the profile of IWF castellated beam steel, channel lips, and concrete iron. The purpose of this study is to determine the profile with which type of frame has the optimum volume in carrying loads or internal forces obtained through analysis of the SAP2000 Software program. From the output of the calculation, it can be concluded that the total volume needed for each profile and profile is the most optimum which is capable of carrying the same force on the span and loading.

Keywords: Steel, Castellated Beam IWF Profile, Channel Profile, Volume.

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan *penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Optimasi Profil Tunggal Dan Profil Majemuk Dalam Perencanaan Bangunanindustri Pada Konstruksi Rangka Baja ( Studi Literatur )”*.

sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Tondy Amirsyah Putra ST.MT. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Ibu Rhini wulan Dary ST.MT selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Selaku sekretaris program Studi Teknik Sipil Unversitas Muhammadiyah sumatera utara
3. Bapak DR. Ade Faisal selaku Dosen pembanding I dan penguji sekaligus Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak DR. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen pembanding II dan penguji sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST.MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Kedua Orang Tua tercinta yang selalu memberi kasih sayangnya, dan selalu mendorong saya hingga bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman dekat penulis Ovila Ulfha S.KG yang selalu mensupport penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Sahabat-sahabat Penulis Sundi Ngaliul S.T, Joni Miswanto, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 22 September 2019



Robby suganda

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Tujuan penelitian	3
1.4. Batasan masalah	3
1.5. Manfaat penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN KEPUSTAKAAN	5
2.1. Umum	5
2.2. Mutu Baja	7
2.3. Profil Baja	10
2.3.1 <i>Honey Beam</i>	10
2.3.1.1 <i>Terminologi Honey Beam</i>	11
2.3.1.2 <i>Kelebihan Castelated Beam</i>	11
2.3.1.3 <i>Kekurangan Castelated Beam</i>	12
2.3.2 <i>Wide Flange</i>	12
2.3.3 <i>Chanel (C)</i>	13
2.3.4 <i>Baja Tulangan Beton</i>	14
2.4. Jenis-Jenis Pembebanan	14

2.4.1	Beban Mati	14
2.4.2	Beban Hidup	15
2.4.3	Beban Angin	15
2.4.3.1	Ruang lingkup	15
2.4.3.2	Beban Angin Desain Minimum	15
2.4.3.3	Arah Angin	16
2.4.4	Beban Gempa	16
2.4.4.1	Gempa Rencana dan Faktor Keutamaanya	17
2.4.4.2	Klasifikasi Situs Gempa	19
2.4.4.3	Parameter Percepatan Terpetakan	21
2.4.4.4	Parameter Percepatan Gempa	22
2.4.4.5	Parameter Percepatan Spektral Desain	23
2.4.4.6	Kategori Desain <i>Seismik</i> (KDS)	24
2.5.	Beban <i>Notional</i>	24
2.6.	Sistem Struktur dan Parameter Struktur	25
2.7.	Penentuan Perioda	25
2.8.	Distribusi Vertikal Gaya Gempa	27
2.9	Penentuan Simpangan Antar Lantai	28
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>30</b>
3.1.	Metodelogi penelitian	30
3.2.	Tinjauan umum	31
3.3.	Pembebanan Struktur	34
3.3.1	Beban Mati	34
3.3.2	Beban Hidup	34
3.3.3	Beban Angin	35
3.4.	Beban Gempa	35
3.5.	Kombinasi Pembebanan	36
3.6.	Data Perencanaan Struktur Tipe I	37
3.6.1	Kolom	37
3.6.2.	<i>Rafter</i>	38
3.7.	Data Perencanaan Struktur Tipe II	39
3.7.1	Kolom	39

3.7.2	<i>Rafter</i>	39
3.8.	Perencanaan dan Pemodelan Struktur SAP 2000	40
3.8.1	Desain dan Pemodelan Struktur <i>Castellated</i>	40
3.8.2	Desain dan Pemodelan Struktur Rangka	44
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN		47
4.1.	Tinjauan Umum	47
4.2.	Hasil dan Analisa Struktur	47
4.2.1	Periode Alami dan kekakuan Struktur	47
4.2.2	Penentuan Faktor <i>Amplifikasi</i> ( $B_2$ )	48
4.2.3	Simpangan dan Lendutan Struktur	51
4.2.4	Hasil Desain Struktur	57
4.2.5	Volume Struktur	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1.	Kesimpulan	63
5.2.	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Daftar Tegangan dari Beberapa Jenis Baja	9
Tabel 2.2	Faktor Arah Angin	16
Tabel 2.3	Kategori Resiko Bagunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa	17
Tabel 2.4	Faktor Keutamaan Gempa	19
Tabel 2.5	Klasifikasi Situs	20
Tabel 2.6	Koefisien Situs $F_a$	23
Tabel 2.7	Koefisien Situs $F_v$	23
Tabel 2.8	Kategori Desain <i>Seismik</i> Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Perioda Pendek SDS	24
Tabel 2.9	Kategori Desain <i>Seismik</i> Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Perioda Pendek 1 Detik SD1	24
Tabel 2.10	Faktor R, Cd, Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	25
Tabel 2.11	Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	26
Tabel 2.12	Nilai Parameter Perioda Pendekatan $C_t$ dan $x$	26
Tabel 2.13	Simpangan antar lantai tingkat ijin	28
Tabel 3.1	Berat Material Konstruksi	34
Tabel 3.2	Berat tambahan Komponen Gedung	34
Tabel 3.3	Beban Hidup Pada Lantai Struktur	34
Tabel 3.4	Kombinasi Pembebanan	37
Tabel 4.1	Periode Alami Struktur	47
Tabel 4.2	Kekakuan Struktur	48
Tabel 4.3	Simpangan Pada Struktur <i>Castellated</i>	52
Tabel 4.4	Simpangan Pada Struktur Rangka	53
Tabel 4.5	Lendutan Pada Struktur <i>Castellated</i>	55
Tabel 4.6	Lendutan Pada Struktur Rangka	56
Tabel 4.7	Resume Hasil Desain Struktur	58
Tabel 4.8	Resume Hasil Desain Rangka	58
Tabel 4.9	Resume Perbandingan Rasio Tegangan Struktur <i>Casteallted</i> dengan Struktur Rangka	60

Tabel 4.10 Volume Struktur dengan <i>Castellated</i>	61
Tabel 4.11 Volume Struktur dengan Rangka	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rangka Baja Penahan Dinding	5
Gambar 2.2	Rangka Baja Jembatan	6
Gambar 2.3	Rangka Baja Gedung	6
Gambar 2.4	Rangka Baja Bangunan Industri	7
Gambar 2.5	Hubungan Tegangan – Regangan Uji Tarik Pada Baja Lunak	7
Gambar 2.6	Bagian-Bagian <i>Hexagonal Castelated Beam</i>	11
Gambar 2.7	Prafil Baja <i>Wide Flange</i>	13
Gambar 2.8	Profil Baja <i>Channel</i>	13
Gambar 2.9	Peta Gempa Perioda Pendek	21
Gambar 2.10	Peta Gempa Perioda 1 Detik (S1)	21
Gambar 2.11	Gempa Maksimum (PGA)	22
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 3.2	Sketsa Bangunan	32
Gambar 3.3	Pemodelan 2D Terhadap Sumbu X-Z	32
Gambar 3.4	Sketsa Bangunan 2D Terhadap Sumbu X-Z	33
Gambar 3.5	Pemodelan 2D Terhadap Sumbu X-Z	33
Gambar 3.6	Profil Baja <i>Castelated</i>	38
Gambar 3.7	Profil Baja <i>CNP</i>	40
Gambar 3.8	Baja Silinder	40
Gambar 3.9	Beban Mati Struktur dengan <i>Castelated</i>	41
Gambar 3.10	Beban Hidup Struktur dengan <i>Castelated</i>	42
Gambar 3.11	Beban Angin Struktur dengan <i>Castelated</i>	42
Gambar 3.12	Beban Gempa Struktur dengan <i>Castelated</i>	43
Gambar 3.13	Beban Gempa Struktur dengan <i>Castelated</i>	44
Gambar 3.14	Beban Mati dan Beban Mati Tambahan Struktur dengan Rangka	45
Gambar 3.15	Beban Hidup Struktur dengan Rangka	45
Gambar 3.16	Beban Angin Struktur dengan Rangka	46
Gambar 3.17	Beban Gempa dengan Struktur Rangka	46

Gambar 3.18	Beban <i>Notional</i> Struktur dengan Rangka	46
Gambar 4.1	Simpangan pada Orde 1 pada Struktur <i>Castellated</i>	49
Gambar 4.2	Simpangan pada Orde 2 pada Struktur <i>Castellated</i>	49
Gambar 4.3	Simpangan pada Orde 1 pada Struktur <i>Castellated</i>	50
Gambar 4.4	Simpangan pada Orde 2 pada Struktur <i>Castellated</i>	50
Gambar 4.5	Simpangan pada Struktur <i>Castellated</i>	51
Gambar 4.6	Simpangan pada Struktur Rangka	52
Gambar 4.7	Lendutan pada Struktur <i>Castellated</i> .	54
Gambar 4.8	Lendutan pada Struktur Rangka	56
Gambar 4.9	Desain Struktur dengan <i>Castellated</i> .	57
Gambar 4.10	Desain Struktur dengan <i>Castellated</i> .	58
Gambar 4.11	Perbandingan Rasio Tegangan Struktur <i>Castellated</i> dengan Struktur Rangka	60

## DAFTAR NOTASI

D	Beban mati (kg)
d	Tinggi kolom (mm)
E	Beban gempa (kg)
$E_c$	Modulus elastisitas baja (Mpa)
EX	Beban gempa arah x (kg)
EY	Beban gempa arah y (kg)
$F_y$	Tegangan leleh baja yang disyaratkan, (Mpa)
$I_e$	Faktor keutamaan gempa
$I_x$	Momen inersia terhadap sumbu-x ( $\text{mm}^4$ )
$I_y$	Momen inersia terhadap sumbu-y ( $\text{mm}^4$ )
L	Beban hidup (kg)
PGA	Percepatan muka tanah puncak (g)
$S_{ds}$	Parameter percepatan respon spektral pada periode pendek
$S_{d1}$	Parameter percepatan respon spektral pada periode 1.0 detik
$S_1$	Parameter percepatan respon desain yang ditetapkan pada periode 1.0 detik
$S_B$	Batuan dasar
$S_A$	Batuan keras
$S_C$	Batuan lunak dan tanah sangat padat
$S_D$	Tanah sedang
$S_E$	Tanah lunak
$S_F$	Tanah khusus
$S_S$	Parameter percepatan respon spektral dari peta gempa pada periode pendek
$S_{MS}$	Parameter percepatan respon spektral dari peta gempa pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$S_{M1}$	Parameter percepatan respon spektral dari peta gempa pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

$S_{D1}$	Parameter percepatan respon spectral spesifik situs pada periode 1 detik
$S_{DS}$	Parameter percepatan respon spectral spesifik situs pada periode pendek
$S_{PGA}$	Nilai PGA dibatuan daras ( $S_B$ ) mengacu pada peta gempa Indonesia 2012
$T$	Periode getar fundamental struktur (detik)
$T_{a \text{ maksimum}}$	Nilai maksimum perioda bangunan (detik)
$T_{a \text{ minimum}}$	Nilai minimum perioda bangunan (detik)
$\theta$	koefisien stabilitas
$\lambda$	Parameter kelangsingan
$\lambda_p$	Parameter batas kelangsingan untuk elemen kompak
$\rho$	Faktor reduksi gempa

## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

SRPMB	Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa
WF	<i>Wide Flange</i>
CNP	Channel C
SPBAU	Sistem Penahan Beban Angin Utama
Ss	Periode Pendek
S1	Periode 1 Detik
KDS	Kategori Desain Seismik

# **BABI**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar belakang**

Di era modern sekarang ini, pembangunan dan perkembangan teknologi maju dengan pesat seiring dengan kemajuan di bidang ekonomi dan industri terutama di wilayah perkotaan.

Hal ini dapat dijadikan sebagai indikasi bahwa masyarakat pada umumnya mengalami kemajuan gaya hidup yang berdampak dapat memacu peningkatan pembangunan di bidang-bidang lain, seperti gedung pusat olahraga semisal futsal, termasuk gedung-gedung perindustrian.

Perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil mengakibatkan perubahan sistem konstruksi baik ditinjau dari segi mutu, bahan, struktur konstruksi serta ekonomisnya. Untuk itu dituntut kesadaran bahwa seseorang yang berkecimpung di dunia konstruksi harus dapat mengantisipasi hal-hal tersebut di atas.

Baja adalah salah satu bahan konstruksi yang lazim digunakan dalam struktur bangunan sipil. Karena kekuatannya yang tinggi dan ketahanannya terhadap gaya yang bekerja serta nilai keekonomisannya maka bahan baja telah menjadi pilihan utama untuk konstruksi bangunan seperti gedung perindustrian, menara/tower.

Pada perencanaan suatu bangunan haruslah membuat kriteria dasar untuk menilai tercapai atau tidaknya suatu penyelesaian yang optimum. Adapun kriteria umum untuk struktur bangunan biasanya berupa produksi bahan yang minimum, waktu konstruksi yang singkat, tenaga kerja yang minim, serta operasional kerjayang minimum.

Untuk bangunan konstruksi rangka baja, perencanaan struktur dilakukan untuk mendapatkan suatu struktur yang stabil seperti memiliki kekuatan dan kekakuan yang memadai, memiliki nilai ekonomis pada pembiayaan awal dan pada saat perawatan/pemeliharaan serta kemudahan pelaksanaannya, memiliki umur pelayanan yang lama, dan juga penyesuaian konstruksi yang diperlukan pada masa yang akan datang.

Umumnya tujuan perencanaan struktur adalah untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, kuat, kokoh dan memenuhi tujuan lainnya seperti aspek ekonomis dan kemudahan pelaksanaan. Dikatakan kuat dan kokoh karena kemungkinan terjadinya kegagalan struktur dan hilangnya kemampuan struktur selama umur rencana adalah kecil dan dalam batas yang dapat diterima serta kerusakan dan keausan yang terjadi pada konstruksi selama umur rencana masih memenuhi batas wajar dan tidak perlu dilakukan pemeliharaan yang berlebihan. Dalam hal ini, penentuan dimensi profil yang sesuai sangat diperlukan sebab nantinya profil baja yang dipilih harus kuat memikul beban-beban yang terjadi terhadap struktur dan juga mempertimbangkan aspek keekonomisan dan optimalisasi profil yang akan dipakai.

Pada akhirnya akan didapat bobot atau volume dari konstruksi rangka baja, dimana dari hal ini jugalah ditentukan keekonomisan konstruksi rangka batang tersebut. Semakin besar volumenya maka semakin mahal pulalah biaya konstruksi dan sebaliknya. Oleh sebab itu, dapat timbul masalah dalam penentuan tipe profil rangka batang dalam hal pencapaian nilai ekonomis dan optimasi konstruksi rangka baja. (Padosbajoyo, 1994).

Adapun masalah yang akan dibahas pada tulisan ini adalah menentukan bobot total minimum suatu konstruksi baja rangka batang gedung industri. Ada beberapa profil yang digunakan untuk merencanakan suatu konstruksi baja dengan tujuan memperoleh nilai ekonomis dan struktur yang aman. Dari beberapa profil baja yang digunakan tentunya memberikan hasil yang berbeda. Disini penulis membandingkan baja profil *Castellated beam* atau *Honey beam* dengan CNP, IWF dan rangka besi beton.

## **1.2. Rumusan masalah**

1. Berapa besar lendutan profil rangka batang antar rangka baja?
2. Berapa rasio kekuatan antar profil rangka baja?
3. Berapa besar efisiensi volume antar rangka baja?

### **1.3. Tujuan penelitian**

Adapun penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui berapa besar lendutan profil rangka batang antar rangka baja.
2. Untuk mengetahui berapa besar rasio kekuatan profil antar rangka baja.
3. Untuk mengetahui berapa besar efisiensi volume antar rangka baja.

### **1.4. Pembatasan Masalah**

Dalam penulisan tugas akhir ini terdapat batasan-batasan masalah.

Adapun batasan-batasan masalahnya adalah :

1. Sambungan profil pada rangka baja tidak di analisis.
2. Struktur adalah bangunan baja *open frame*.
3. Material baja yang digunakan adalah BJ 37.
4. Perencanaan dimensi profil struktur baja, yang mana perhitungan beban berdasarkan peraturan muatan angin dan perencanaan konstruksi menggunakan metode LRFD.
5. Dalam tugas akhir ini tidak memperhitungkan sambungan dan pondasi.
6. Analisis beban gempa menggunakan metode statikekivalen dengan standar dari SNI 1726-2012.
7. Analisis beban angin rangka baja digunakan standar dari SNI 1729-2015.
8. Analisa struktur menggunakan *software SAP2000*.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini adalah diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan bangunan industri rangka baja khususnya bangunan yang menggunakan profil tunggal dan profil majemuk.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang dari judul tugas akhir yang telah ditetapkan, rumusan masalah, tujuan masalah, pembatasan masalah dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dan rumus-rumus yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir yaitu mengenai baja, tipe-tipe pembebanan, metode perhitungan statika, karakteristik baja, dan berbagai macam dimensi profil baja yang sering digunakan. Dasar teori didapatkan dari berbagai sumber, diantaranya berasal dari: buku - buku pedoman, jurnal, skripsi, dan internet.

### **BAB III APLIKASI PERHITUNGAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan penulisan tugas akhir.

### **BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISIS**

Bab ini berisi hasil-hasil perhitungan dalam perencanaan struktur bangunan gedung industri. Analisis dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus yang ada pada Bab II serta berdasarkan batasan-batasan yang sudah ditetapkan dalam ruang lingkup dan batasan pembahasan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini sebagai penutup yang berisikan kesimpulan dan saran yang dapat diambil dari penulisan tugas akhir dengan menitikberatkan pada optimalisasi dan keekonomisan profil yang akan digunakan.

## BAB II LANDASAN TEORI

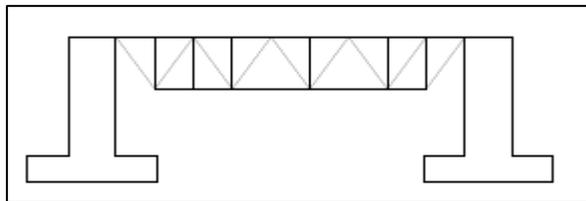
### 2.1 Umum

Baja merupakan elemen penting dalam dunia konstruksi. Saat ini terdapat berbagai jenis dan bentuk baja yang dapat digunakan, sehingga elemen kayu ataupun beton bukan merupakan satu-satunya bahan dasar konstruksi. Pengerjaannya yang lebih efisien juga menjadi salah satu faktor utama elemen baja menjadi pilihan utama dalam konstruksi, tentunya pada bentuk dan jenis tertentu dan pada tingkat kekuatan suatu struktur konstruksi tertentu. Struktur baja bisa dibagi atas tiga kategori umum:

1. Struktur rangka (*framed structure*). Elemennya bisa terdiri dari batang tarik, kolom, balok dan batang yang mengalami gabungan lenturan dan beban aksial.
2. Struktur gantung (*suspension*). Sistem pendukung utamanya mengalami tarikan aksial yang dominan.
3. Struktur selaput (*shell*) yang tegangan aksialnya dominan.

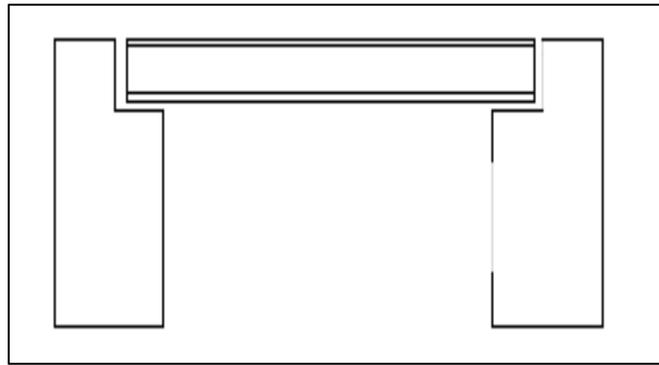
Tipe-tipe struktur baja:

1. Rangka baja penahan dinding yakni struktur rangka (*framed structure*) yang elemennya bisa terdiri dari batang tarik, kolom, balok dan batang yang mengalami gabungan lenturan dan beban aksial yang berfungsi sebagai struktur penahan dinding seperti pada Gambar 2.1.



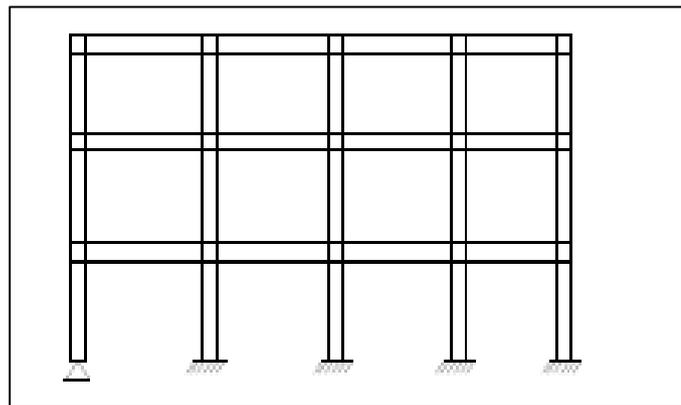
Gambar 2.1: Rangka Baja Penahan Dinding

2. Rangka baja jembatan yakni struktur rangka (*framed structure*). Elemennya bisa terdiri dari batang tarik, kolom, balok dan batang yang mengalami gabungan lenturan dan beban aksial yang berfungsi sebagai struktur gantung penahan beban yang melintas / beban yang bergerak. Seperti pada Gambar 2.2.



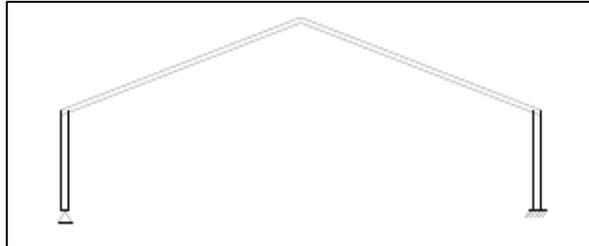
Gambar 2.2: Rangka Baja Jembatan.

3. Rangka baja gedung (portal) yakni struktur rangka (*framed structure*). Elemennya bisa terdiri dari batang tarik, kolom, balok dan batang yang mengalami gabungan lenturan dan beban aksial yang berfungsi sebagai struktur bangunan gedung yang permanen. Seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Rangka Baja Gedung (Portal).

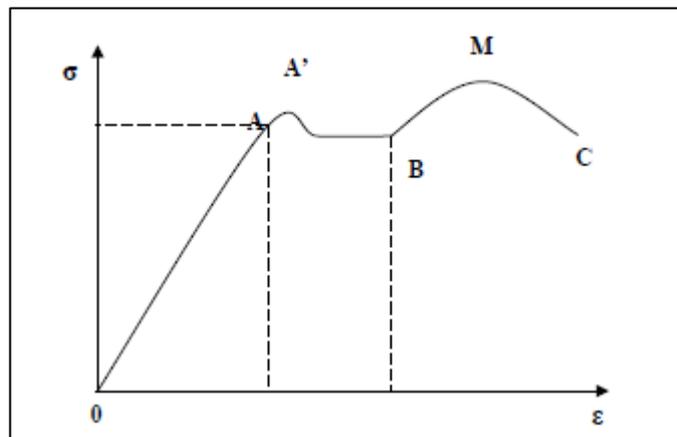
4. Rangka baja bangunan industri yakni struktur rangka (*framed structure*), yang elemennya bisa terdiri dari batang tarik, kolom, balok dan batang yang mengalami gabungan lenturan dan beban aksial yang berfungsi sebagai struktur bangunan industri. Seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4: Rangka Baja Bangunan Industri

## 2.2 Mutu Baja

Untuk mengetahui hubungan antara tegangan dan regangan pada baja dapat dilakukan dengan uji tarik di laboratorium. Sebagian besar percobaan atas baja akan menghasilkan bentuk hubungan antara tegangan dan regangan seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Hubungan Tegangan – Regangan Uji Tarik pada Baja Lunak.

Keterangan gambar :

$\sigma$  = tegangan baja

$\epsilon$  = regangan baja

A = titik proporsional A' = titik batas elastis

B = titik batas plastis M = titik runtuh

C = titik putus

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa sampai titik A hubungan antara tegangan dan regangan masih linier atau keadaan masih mengikuti hukum *Hooke*. Kemiringan garis OA menyatakan besarnya modulus elastisitas (E). Diagram regangan untuk baja lunak memiliki titik leleh atas (*upper yield point*),  $\sigma_{yu}$  dan daerah leleh datar. Secara praktis, letak titik leleh atas ini, A' tidaklah terlalu berarti sehingga pengaruhnya sering diabaikan. Titik A' sering juga disebut sebagai titik batas elastis (*elasticity limit*). Sampai batas ini bila gaya tarik dikerjakan pada batang baja maka batang tersebut akan berdeformasi. Selanjutnya bila gaya itu dihilangkan maka batang akan kembali ke bentuk semula. Dalam hal ini batang tidak mengalami deformasi permanen. Bila beban yang bekerja bertambah, maka akan terjadi penambahan regangan tanpa adanya penambahan tegangan. Sifat pada daerah AB inilah yang disebut sebagai keadaan plastis. Lokasi titik B, yaitu titik batas plastis.

Daerah BC merupakan daerah *strain hardening*, dimana penambahan regangan akan diikuti dengan sedikit penambahan tegangan. Disamping itu, hubungan tegangan dengan regangannya tidak lagi bersifat linier. Kemiringan garis setelah titik B ini didefinisikan sebagai  $E_z$ . Di titik M, yaitu regangan berkisar antara 20 % dari panjang batang, tegangannya mencapai nilai maksimum yang disebut sebagai tegangan tarik batas (*Ultimate tensile strength*). Akhirnya bila beban semakin bertambah besar lagi maka titik C batang akan putus.

Tegangan leleh adalah tegangan yang terjadi pada saat baja mulai meleleh. Dalam kenyataannya, sulit untuk menentukan besarnya tegangan leleh, sebab perubahan dari elastisitas menjadi plastis seringkali besarnya tidak tetap. sebagai standar menentukan besarnya tegangan leleh dihitung dengan menarik garis sejajar dengan sudut kemiringan modulus elastisitasnya, dari regangan sebesar 0.2 %. Harga konstanta – konstanta diatas untuk baja struktur adalah :

1. Modulus Elastisitas  $E = 2,1 \times 10^5$  MPa
2. Modulus Geser  $G = 0,81 \times 10^5$  MPa
3. Angka Poison  $\mu = 0,30$
4. Koefisien Muai  $\alpha_1 = 12 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$

Di Indonesia produksi baja tulangan dan baja struktur telah diatur sesuai dengan Standard Industri Indonesia seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Daftar Tegangan Dari Beberapa Jenis Baja.

Jenis baja	Tegangan putus minimum $F_u$ (MPa)	Tegangan leleh minimum $F_y$ (MPa)
BJ 34	340	210
BJ 37	370	240
BJ 41	410	250
BJ 50	500	290
BJ 55	550	410

Baja merupakan bahan struktur yang sangat luas penggunaannya, sehingga harus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Kekuatan baja ini tergantung kepada kadar karbon dan mangan yang dikandungnya. Penambahan persentase karbon meningkatkan tegangan leleh tetapi mengurangi daktilitas, sehingga sukar dilas. Pengelasan akan ekonomis dan memuaskan bila kandungan karbon baja tersebut tidak lebih dari 0,30 %.

Dari titik regangannya 0.2 % ditarik garis sejajar dengan garis OB sehingga memotong grafik tegangan regangan dan memotong sumbu tegangan. Tegangan yang diperoleh ini disebut dengan tegangan leleh.

Kekuatan baja ini tergantung kepada kadar karbon dan mangan yang dikandungnya. Penambahan persentase karbon meningkatkan tegangan leleh tetapi mengurangi daktilitas, sehingga sukar dilas. Pengelasan akan ekonomis

dan memuaskan bila kandungan karbon baja tersebut tidak lebih dari 0,30 %. Baja memiliki beberapa kelebihan sebagai bahan konstruksi, diantaranya :

1. Nilai kesatuan yang tinggi per satuan berat.
2. Keseragaman bahan dan komposit bahan yang tidak berubah terhadap waktu.
3. Dengan sedikit perawatan akan didapat masa pakai yang tidak terbatas.
4. Daktalitas yang tinggi.
5. Mudah untuk diadakan pengembangan struktur.
6. Komponen Strukturnya dapat digunakan lagi untuk tujuan lain.
7. Komponen tidak dapat digunakan lagi masih memiliki nilai sebagai besi tua.
8. Struktur yang dihasilkan adalah permanen dengan cara yang tidak terlalu sulit pemeliharaan.

Disamping itu baja juga mempunyai kekurangan dalam hal :

1. Biaya perawatan yang besar.
2. Biaya pengadaan anti api yang besar (*fire proofing cost*).
3. Dibandingkan dengan kekuatannya kemampuan baja melawan tekuk kecil.
4. Nilai kekuatannya akan berkurang, jika dibebani secara berulang / periodik, hal ini biasanya disebut dengan leleh atau *fatigue*.

Dengan kemajuan teknologi perlindungan terhadap karat dan kebakaran pada baja sudah ditemukan hingga akibat buruk yang mungkin terjadi bisa dikurangi atau dihindari.

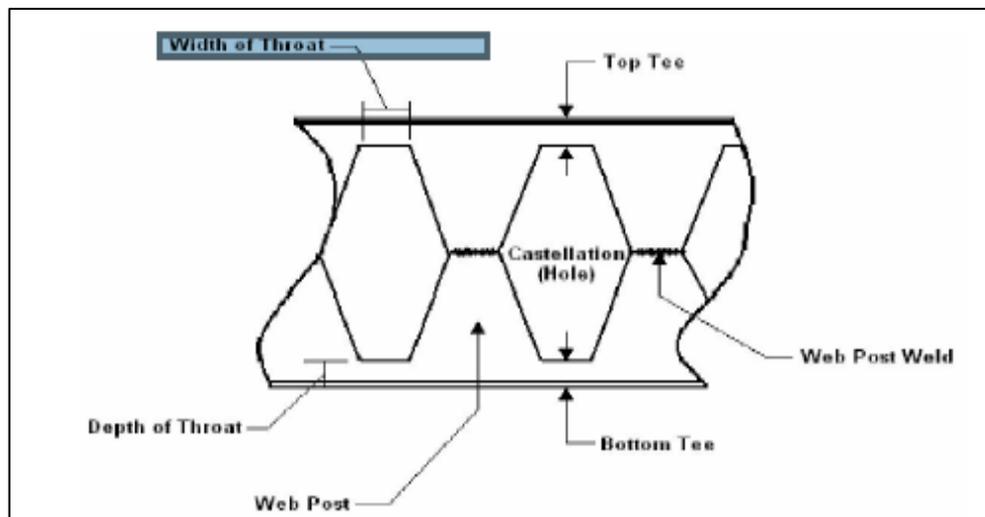
## **2.3 Profil Baja**

### **2.3.1 Honey Beam**

*Castellated Beam* adalah suatu spesifikasi profil yang ditingkatkan kekuatan komponen strukturnya dengan memperpanjang kearah satu sama lain dan di las sepanjang pola. *Castellated Beam* ini mempunyai tinggi (h) hampir 50% lebih tinggi dari profil awal sehingga meningkatkan nilai lentur aksial, momen inersia ( $I_x$ ), dan *modulus section*( $S_x$ ) (Knowles, 1991).

### 2.3.1.1 Terminologi Honey Beam

*Hexagonal castellated beam* terdiri dari beberapa bagian seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Bagian-bagian *Hexagonal Castellated Beam* (Patrick Bardley 2007).

Terminologi diatas merupakan ilustrasi bagian-bagian dari *Castellated Beam*.

1. *Web Post* : Area solid dari *Castellated Beam*.
2. *Castellation* : Area yang sudah mengalami pelubangan (*hole*).
3. *Throat Width* : Perpanjangan horisontal dari potongan “gigi” bawah profil
4. *Throat Depth* : Tinggi daerah profil potongan “gigi” bawah sampai sayap profil (Patrick Bardley, 2007).

*Castellation* adalah proses memotong badan profil dengan pola zig-zag yang dicetak menggunakan *hot-rolled* (cetakan panas) berbentuk H, I, atau U. Setengah bagian profil baja yang telah dipotong disambung dengan cara digeser atau dibalik (ujung kanan di las dengan ujung kiri, dan sebaliknya) sehingga membentuk lubang berbentuk *polygonal*. Hal ini mengakibatkan bertambahnya tinggi ( $h$ ) dan tinggi daerah pemotongan ( $d$ ) (Amayreh dan Saka 2005).

### **2.3.1.2 Kelebihan dari *Castellated Beam***

1. Dengan lebar profil yang lebih tinggi ( $d_g$ ), menghasilkan momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya (*Megharief, 1997 dan Grunbauer, 2001*).
2. Mampu memikul momen lebih besar dengan tegangan ijin yang lebih kecil (*Megharief, 1997 dan Grunbauer, 2001*).
3. Bahan ringan, kuat serta mudah dipasang (*Megharief, 1997 dan Grunbauer, 2001*).
4. Profil *castellated beam* ini juga cocok untuk bentang panjang (untuk penggunaan *castellated beam* pada atap dapat mencapai 10-50 meter dan bila digunakan sebagai plat 12-25 meter). Sehingga dapat mengurangi jumlah kolom dan pondasi, serta mengurangi biaya *erection* atau pengangkatan (*Doughetty, 1993*).
5. Dapat digunakan untuk gedung tingkat tinggi, bangunan perindustrian (*Amayreh dan Saka, 2005*).

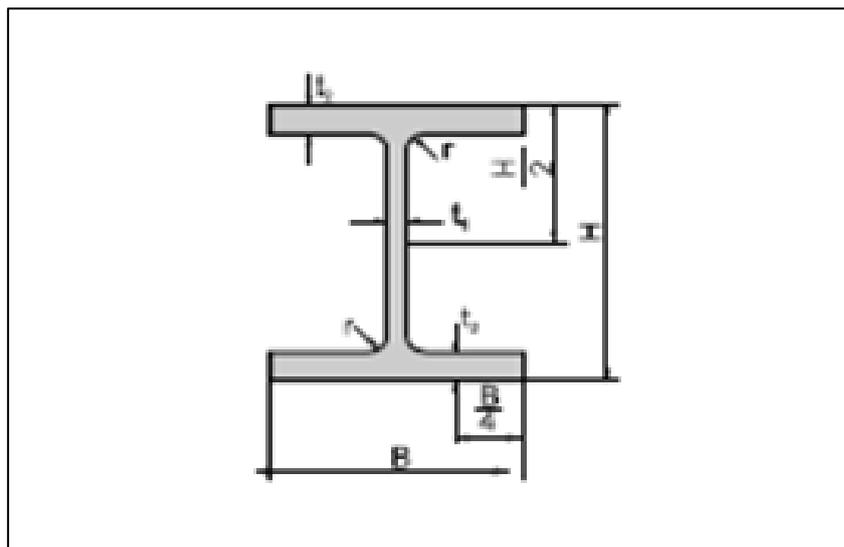
### **2.3.2.3 Kekurangan dari *castellated beam***

1. *Castellated beam* kurang tahan api. Sehingga harus ditambah dengan lapisan tahan api atau *fire proofing* 20% lebih tebal agar mencapai ketahanan yang sama dengan profil awalnya (*Grunbauer, 2001*).
2. Kurang kuat menerima gaya lateral, sehingga perlu diberi satu atau lebih plat pada ujung-ujung (dekat dengan pertemuan balok kolom) (*Grunbauer, 2001*).
3. Pada ujung-ujung bentang (di sudut-sudut profil) terjadi peningkatan pemusatan tegangan (*stress concentrations*) (*Amayreh dan Saka, 2005*).
4. Analisa dan defleksi lebih rumit daripada balok solid (*Amayreh dan Saka, 2005*).

### 2.3.2 Wide Flange

Baja *Wide Flange* ini biasa digunakan untuk membuat sebuah kolom, balok, tiang pancang, *top & bottom chord* member pada truss, *composite beam* atau *column, cantilever canopy*.

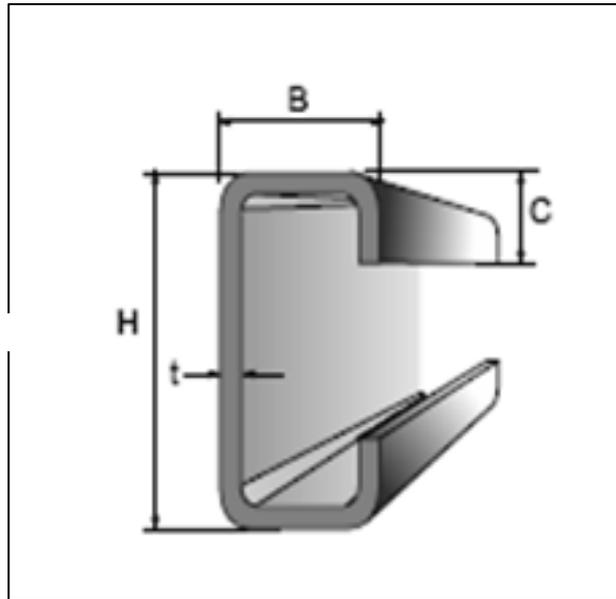
Profil WF (*Wide Flange*) adalah salah satu profil baja struktural yang paling populer digunakan untuk konstruksi baja. Namun, profil ini ternyata punya banyak nama. Ada yang menyebutnya dengan profil H, HWF, H-BEAM, IWF, dan I. Profil WF terutama digunakan sebagai elemen struktur balok dan kolom. Semakin tinggi profil ini, maka semakin ekonomis. Untuk banyak aplikasi profil M mempunyai penampang melintang yang pada dasarnya sama dengan profil W, dan juga memiliki aplikasi yang sama. Profil baja *Wide Flange* seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7: Profil Baja *Wide Flange*

### 2.3.3 C Channel

Baja channel C (CNP) biasa digunakan untuk purlin (balok dudukan penutup atap), *girts* (elemen yang memegang penutup dinding misalnya *metal sheet*), rangka komponen arsitektural. Seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Profil Baja *Channel*

#### 2.3.4 Baja Tulangan Beton

Baja tulangan beton adalah baja berbentuk batang berpenampang bundar yang digunakan untuk penulangan beton, yang diproduksi dari bahan *bakubillet* dengan cara canai panas (*hot rolling*). Berdasarkan bentuknya, baja tulangan beton dibedakan menjadi (dua) jenis yaitu baja tulangan beton polos dan baja tulangan beton sirip. Baja tulangan beton polos adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip, disingkat BjTP. Baja tulangan beton sirip adalah baja tulangan beton dengan bentuk khusus yang permukaannya memiliki sirip melintang dan rusuk memanjang yang dimaksudkan untuk meningkatkan daya lekat dan gunamenahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton, disingkat BjTS.

#### 2.4 Jenis - Jenis Pembebanan

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Dan pada umumnya penentuan besarnya beban hanya merupakan suatu estimasi saja. Meskipun beban yang bekerja pada suatu lokasi dari struktur dapat diketahui secara pasti, namun

distribusi beban dari elemen ke elemen, dalam suatu struktur umumnya memerlukan asumsi dan pendekatan. Jika beban – beban yang bekerja pada struktur telah diestimasi, maka masalah berikutnya adalah menentukan kombinasi - kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada struktur tersebut.

Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku. Beberapa jenis pembebanan antara lain :

#### **2.4.1 Beban Mati**

Beban mati adalah berat seluruh bahan konsumsi bangunan gedung yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk beban keran. Beberapa contoh berat dari beberapa komponen bangunan penting yang digunakan untuk menentukan besarnya beban mati dari suatu gedung / bangunan diperlihatkan berikut. Sesuai dengan peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1983.

<b>Bahan Bangunan</b>	<b>Berat</b>
• Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>



#### **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.

#### **2.4.3 Beban Angin**

Dalam mempersiapkan ketentuan beban angin yang terkandung dalam standar ini, *subkomite* beban angin (*WLSC*) dari *ASCE 7* tujuan utamanya adalah menentukan peningkatan kejelasan dan pengguna standar secara optimal. Sebagai hasil dari

upaya ini, ketentuan beban angin dari *ASCE 7* disajikan dalam Pasal 26 sampai dengan Pasal 31. Sesuai dengan SNI 1727-2013.

#### **2.4.3.1 Ruang lingkup**

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk sistem penahan beban angin utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus sesuai dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai dengan pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lain yang terdapat dalam standar ini.

#### **2.4.3.2 Beban Angin Desain Minimum**

Beban angin digunakan dalam desain SPBAU untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari  $16 \text{ lb/ft}^2$  ( $0,77 \text{ kN/m}^2$ ) dikalikan dengan luas dinding bangunan dan  $8 \text{ lb/ft}^2$  ( $0,38 \text{ kN/m}^2$ ) dikalikan dengan luas atap bangunan gedung yang terproyeksi pada bidang vertical tegak lurus terhadap arah angin diasumsikan. Beban dinding dan atap harus diterapkan secara simultan. Gaya angin desain untuk bangunan gedung terbuka harus tidak kurang dari  $16 \text{ lb/ft}^2$  ( $0,77 \text{ kN/m}^2$ ) dikalikan dengan luas  $A_f$ .

#### **2.4.3.3 Arah Angin**

faktor arah angin,  $K_d$  harus ditentukan, faktor ini hanya akan dimasukkan dalam menentukan beban angin bila kombinasi beban yang disyaratkan. Pengaruh angin dalam menentukan beban angin sesuai pasal 31 harus didasarkan pada analisis untuk kecepatan angin yang sesuai dengan persyaratan sesuai dengan SNI(1727-2013). Seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Faktor Arah Angin,  $K_d$ .

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin $K_d$
Bangunan Gedung Sistem Penahan Beban Angina Utama Komponen Dand Lading Bangunan Gedung	0,85 0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong Asap, Tangki, Dan Struktur Yang Sama Segit Empat, Segi Enam Bundar	0,90 0,95 0,95
Dinding Pejal Berdiri Bebas Dan Papan Reklame Pejal Berdiri Bebas Dan Papan Reklame Terikat	0,85
Papan Reklame Terbuka Dan Krangka Kisi	0,85
Rangka Batang Menara Segi Tiga, Segi Empat, Persegi Panjang Penampang Lainnya.	0,85 0,95

#### 2.4.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban *statik ekuivalen* yang bekerja pada struktur akibat adanya pergerakan tanah oleh gempa bumi, baik pergerakan arah vertikal maupun horizontal. Namun pada umumnya percepatan tanah arah horizontal lebih besar daripada arah vertikalnya, sehingga pengaruh gempa horizontal jauh lebih menentukan daripada gempa vertikal. Besarnya gaya geser dasar (*statik ekuivalen*) ditentukan sesuai dengan Pers. 2.1.

$$V = \frac{C \times I \times W_t}{R} \quad (2.1)$$

Dengan C adalah faktor respon gempa yang ditentukan berdasarkan lokasi bangunan dan jenis tanahnya, I adalah faktor keutamaan gedung, R adalah faktor reduksi gempa yang tergantung pada jenis struktur yang bersangkutan,  $W_t$  adalah berat total bangunan termasuk beban hidup yang bersesuaian.

Dari mekanika bahan kita ketahui bahwa batang tekan yang pendek akan dapat dibebani sampai beban meleleh. Batang tekan yang panjang akan runtuh akibat tekuk elastis. Pada keadaan umum kehancuran akibat tekan terjadi diantara keruntuhan akibat tekuk elastis, setelah bagian penampang melintang meleleh,

kedaaan ini disebut tekuk *inelastic (inelastic buckling)*. Ada tiga jenis keruntuhan batang tekan yaitu :

1. Keruntuhan akibat tegangan yang terjadi pada penampang telah melampaui kekuatan materialnya.
2. Keruntuhan akibat batang tertekuk elastic (*elastic buckling*). Keadaan ini terjadi pada bagian konstruksi yang langsing. Disini hukum Hooke masih berlaku bagi serat penampang dan tegangan yang terjadi tidak melebihi batas proposional.
3. Keruntuhan akibat melelehnya sebagian serat disebut tekuk elastik (*inelastic buckling*). Kasus semacam ini berada diantara kasus (1) dan kasus (2), dimana pada saat menekuk sejumlah seratnya menjadi *inelastic* maka modulus elastisitasnya ketika tertekuk lebih kecil dari harga awalnya.

#### 2.4.4.1. Gempa Rencana dan Faktor keutamaannya

Kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 2.3 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikaitkan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 2.4.

Tabel 2.3: Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>• Fasilitas sementara</li> <li>• Gudang penyimpanan</li> <li>• Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perumahan</li> <li>• Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>• Pasar</li> </ul>	

Tabel 2.3 *lanjutan*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gedung perkantoran</li> <li>• Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>• Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>• Bangunan industri</li> <li>• Fasilitas manufaktur</li> <li>• Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bioskop</li> <li>• Gedung pertemuan</li> <li>• Stadion</li> <li>• Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>• Fasilitas penitipan anak</li> <li>• Penjara</li> <li>• Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>• Fasilitas penanganan air</li> <li>• Fasilitas penanganan limbah</li> <li>• Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagimasyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bangunan-bangunan monumental</li> <li>• Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>• Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>• Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi</li> <li>• kendaraan darurat</li> <li>• Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat</li> </ul>	IV

Tabel 2.3 lanjutan

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

Tabel 2.4: Faktor keutamaan gempa

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

#### 2.4.4.2 Klasifikasi Situs Gempa

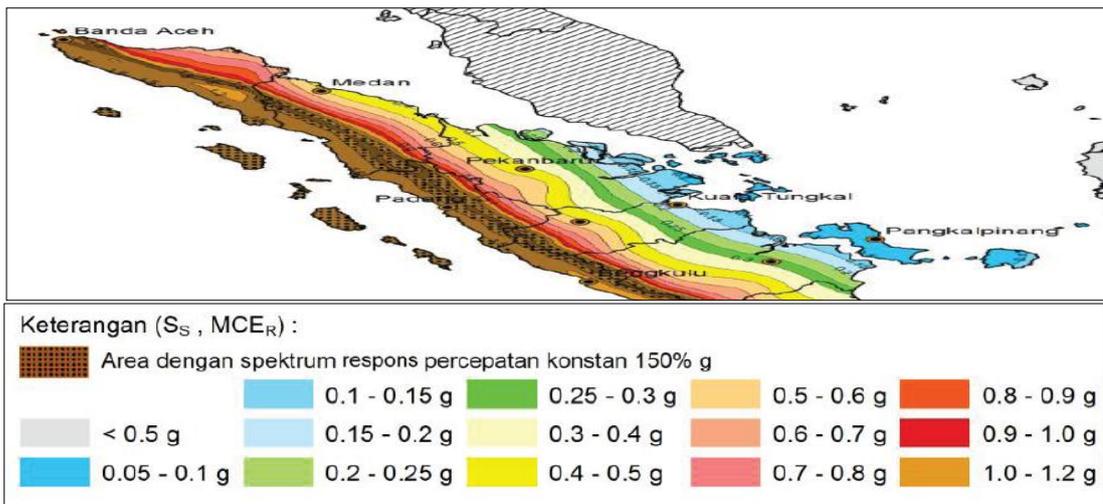
Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan tabel 2.5 berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan pengujian di laboratorium dengan minimal mengukur secara independen dua dari tiga parameter tanah yang tercantum dalam Tabel 2.5. kelas situs yang diberlakukan adalah kelas situs yang paling buruk dari hasil analisis.

Tabel 2.5: Klasifikasi Situs

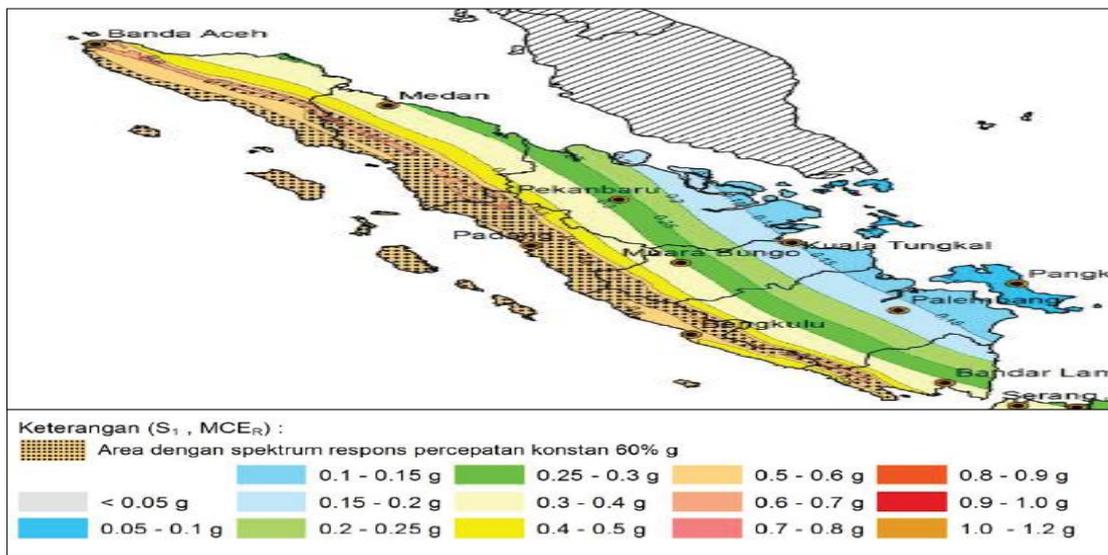
Kelas situs	$V_s$ (m/detik)	$N$ atau $ch N$	$S_u$ (kPa)
SA(batuan keras)	>1500	Tidak dapat dipakai	Tidak dapat dipakai
SB (batuan)	750 sampai 1500	Tidak dapat dipakai	Tidak dapat dipakai
SC(tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD(tanah sedang)	175 sampai 350	15sampai 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 : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math></li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math></li> <li>3. Kuat geser niralir 25 kPa</li> </ol>		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik situs yang mengikti 6.10.1	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>2. Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math>m dengan Indeks Plasitisitas <math>PI &gt; 75</math>) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>S_u &lt; 50</math>kPa</li> </ol>		

#### 2.4.4.3 Parameter Percepatan Terpetakan

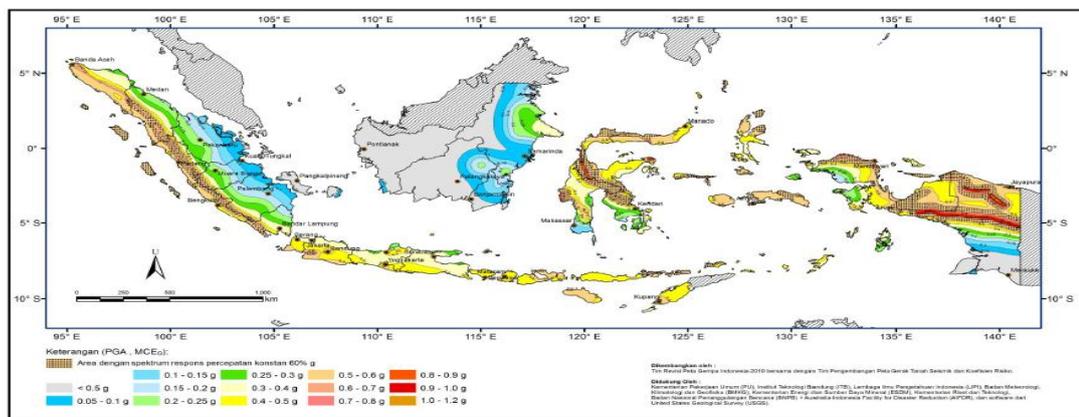
Setelah mengetahui klasifikasi situs dan mengetahui letak lokasi bangunan, langkah berikutnya adalah mengetahui parameter percepatan batuan dasar pada perioda pendek ( $S_s$ ) dan percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik ( $S_I$ ) dan PGA Ketiga parameter ini bisa diambil dari peta gempa SNI 1726-2012. Seperti pada Gambar 2.9 dan 2.10.



Gambar 2.9 Peta Gempa Periode Pendek ( $S_S$ ).



Gambar 2.10 Peta Gempa Periode 1 Detik ( $S_1$ ).



Gambar 2.11 Gempa Maksimum (PGA)

#### 2.4.4.4 Parameter Percepatan Gempa

Setelah mengetahui klasifikasi situs dan parameter percepatan batuan dasar, langkah berikutnya adalah menghitung koefisien atau parameter percepatan gempa berdasarkan klas situs terdahulu dan nilai dari peta gempa supaya bisa didapatkan respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (*MCER*). Untuk menentukan respons spektral percepatan gempa *MCER* di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi sesimik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor *amplifikasi* meliputi faktor *amplifikasi* getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (*F<sub>a</sub>*) dan faktor *amplifikasi* getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik (*F<sub>v</sub>*). Parameter *spektrum respons* percepatan pada periode pendek (*SMS*) dan periode 1 detik (*SM1*) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, sesuai dengan Pers. 2.2 dan 2.3.

$$SMS = F_a \cdot SS \quad (2.2)$$

$$SM1 = F_v \cdot S1 \quad (2.3)$$

Dengan nilai *F<sub>a</sub>* dan *F<sub>v</sub>* ditentukan oleh Tabel 2.6 dan 2.7.

Tabel 2.6: Koefisien situs, *F<sub>a</sub>*

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek T=0,2 detik <i>s<sub>s</sub></i>				
	<i>S<sub>s</sub></i> ≤ 0,25	<i>S<sub>s</sub></i> = 0,5	<i>S<sub>s</sub></i> = 0,75	<i>S<sub>s</sub></i> 1,0	<i>S<sub>s</sub></i> ≥ 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS				

Tabel 2.7: Koefisien situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek $T=1$ detik $s_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS				

Catatan :

1. Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier
2. SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik.

#### 2.4.4.5 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan *spektral* desain untuk perioda pendek,  $SDS$  dan pada perioda 1 detik,  $SDI$  sesuai dengan Pers 2.4 dan 2.5.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.5)$$

#### 2.4.4.6 Kategori Desain Seismik (KDS)

Dari nilai  $SDS$ ,  $SDI$  dan kategori resiko gedung akan didapatkan dua kategori desain *seismik*. Nilai yang diambil adalah yang paling besar dari kedua KDS tersebut. Seperti pada Tabel 2.8 dan 2.9.

Tabel 2.8: Kategori Desain *Seismik* berdasarkan Parameter Respons Percepatan prioda Pendek, *SDS*

Nilai $S_{DS}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,5$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2.9: Kategori Desain *Seismik* berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode 1 detik, *SD1*

Nilai $S_{D1}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,2$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

## 2.5 Beban *Notional*

Efek ketidak sempurnaan awal pada stabilitas struktur diperhitungkan melalui pemberian beban imajinatif (*notional load*) sebagai representasi dari ketidaksempurnaan tersebut. Distribusi beban disalurkan sebagai beban lateral pada semua tingkat, sebagai tambahan dari beban lateral yang ada dan ditambahkan pada semua kombinasi pembebanan.

Beban *notional* harus digunakan pada arah yang memberi efek *destabilisasi* terbesar. Besarnya beban *notional* dapat dihitung sebagai berikut.

$$N_i = 0,002 \alpha Y_i$$

Dimana :

$N_i$  = beban *notional* di level  $i$

$\alpha$  = Faktor penyesuaian level gaya

$Y_i$  = beban gravitasi di level  $i$  hasil beban kombinasi LRFD

## 2.6 Sistem Struktur dan Parameter Struktur

Sistem struktur yang dipilih harus sesuai dengan batasan dan memperhatikan koefisien dalam jenis sistem struktur tersebut. Seperti pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10: Faktor  $R$ ,  $C_d$ ,  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
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
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
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 <sup>h,i</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI

Keterangan :

TB : tidak dibatasi

TI : tidak diijinkan

## 2.7 Penentuan Periode

Periode *fundamental* struktur,  $T$ , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode *fundamental* struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari tabel 2.10 dan periode fundamental pendekatan,  $T_a$  yang ditentukan sesuai persamaan (2.5). Sebagai alternatif, pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur,  $T$ , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan,  $T_a$ , seperti Pers 2.6.

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (2.6)$$

Dengan  $h$  adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas sampai tingkat tertinggi struktur dan nilai parameter perioda pendekatan  $C_t$  dan  $x$  seperti pada Tabel 2.11 dan 2.12.

Tabel 2.11 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 2.12 Nilai Parameter Perioda Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_t$	$X$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau berhubungan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	$0,0724^a$	0,8
Rangka beton pemikul momen	$0,0466^a$	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	$0,0731^a$	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	$0,0731^a$	0,75
Semua sistem struktur lainnya	$0,0488^a$	0,75

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, dan persamaan (2.6) untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dengan sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m. Seperti Pers 2.7.

$$T_a = 0,1N \quad (2.7)$$

Dengan  $N$  adalah jumlah tingkat.

## 2.8 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral ( $F_x$ ), dalam (kN), yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari Pers 2.7 dan 2.8. :

$$F_x = C_{vx} V \quad (2.8)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (2.9)$$

Keterangan :

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertical

$V$  = gaya lateral desain total atau geser didasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (KN)

$W_t$  dan  $W_x$  = bagian berat seismik efektif total struktur yang ditempatkan atau dikenakan pada tinggi  $i$  atau  $x$  (KN)

$H_t$  dan  $h_x$  = tinggi dari dasar sampai tingkat  $I$  atau  $x$ , dalam meter (m)

= eksponen yang terkait dengan perioda struktur berikut ini  
struktur dengan perioda 0,5 atau kurang,  $k=1$

struktur dengan perioda 2,5 atau lebih  $k=2$

struktur dengan perioda 0,5 – 2,5

$k=2$  atau interpolasi linier antara 1 dan 2.

## 2.9 Penentuan Simpangan Antar Lantai

SNI 1726-2012 menyebutkan untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen pada struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E atau F, simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta a$ ) yang dibagi dengan faktor

redundansi ( $\rho$ ) untuk semua tingkat. Bagi struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C, D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horisontal tipe 1a atau 1b, simpangan antar lantai desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik-titik di atas dan di bawah tingkat yang diperhatikan yang letaknya segaris secara vertikal, di sepanjang salah satu bagian tepi struktur. Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) (mm). Seperti Pers 2.10.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (2.10)$$

Dengan :

$C_d$  = faktor amplifikasi defleksi ditentukan oleh jenis struktur penahan gaya gempa terpilih

$\delta_x$  = defleksi pada lokasi yang disyaratkan (mm)

$I_e$  = faktor keutamaan gempa, ditentukan oleh kategori resiko

Simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta a$ ) diuraikan pada Tabel 2.13 :

Tabel 2.13: Simpangan antar lantai tingkat ijin

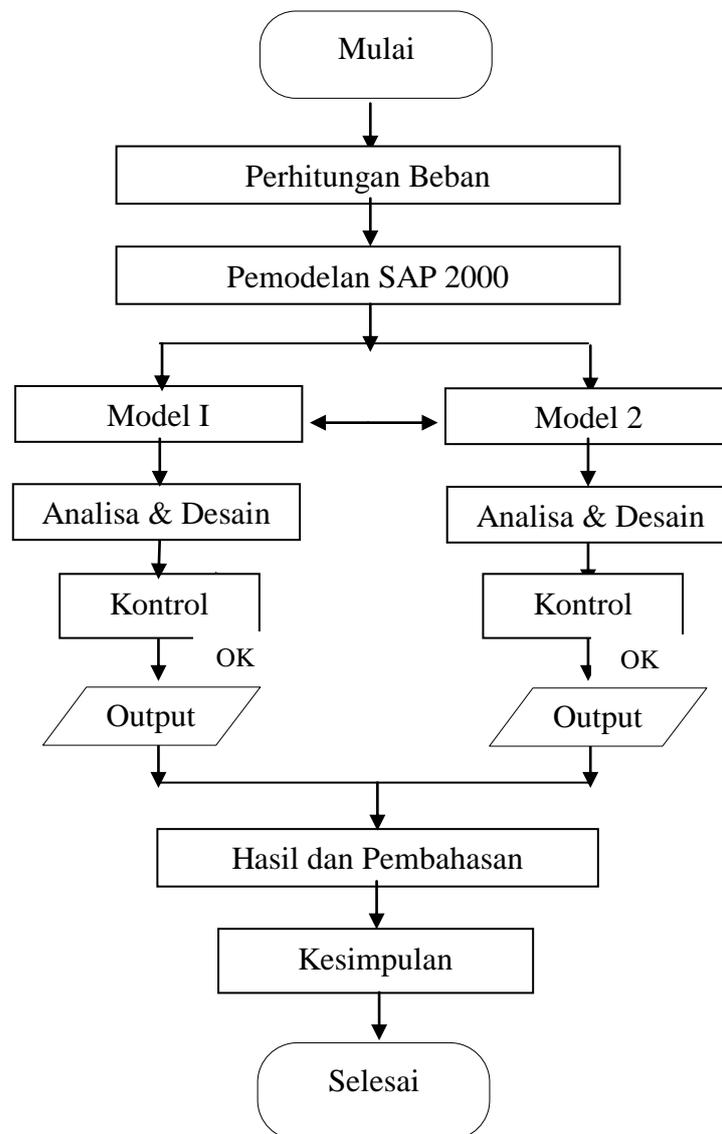
Struktur	Kategori resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	$0,025hsc^x$	$0,020hsc^x$	$0,015hsc^x$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

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Metodologi Penelitian

Studi ini dilakukan melalui beberapa tahap pengerjaan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian.

### 3.2. Tinjauan Umum

Dalam tugas akhir ini terdapat dua bangunan gedung yang menjadi bahan studi, yaitu gedung baja dengan rangka atap tipe *Castellated* dan tipe rangka berupa 1 lantai yang memiliki tinggi kolom bangunan 7,0 m dan keseluruhan dari dasar sampai ujung atap 15,15 m. Keseluruhan gedung menggunakan struktur rangka pemikul momen biasa.

Gedung difungsikan sebagai gudang yang terletak di Medan yang memiliki *site* tanah sedang. Konstruksi kolom dan balok menggunakan struktur baja dan atap adalah atap seng spandek.

Perencanaan dilakukan sesuai dengan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung mengacu pada (SNI 1726:2012).
2. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung mengacu pada (SNI 1727:2013) beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain.
3. Syarat dan ketentuan penggunaan baja mengacu pada tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 03-1729-2002).

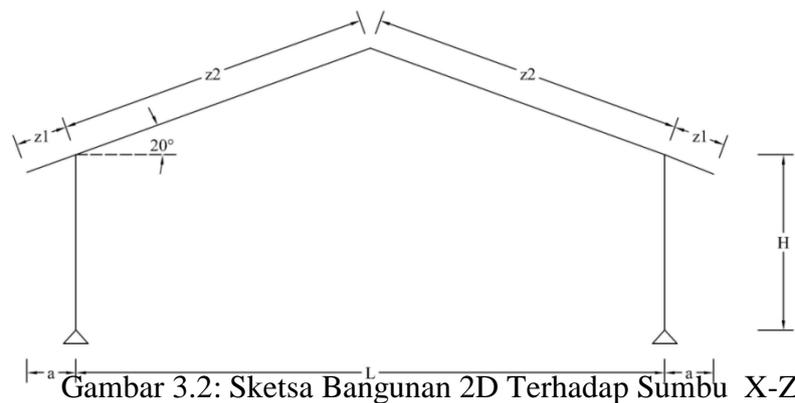
Material yang digunakan adalah baja pada elemen struktur, dengan mutu baja (BJ) 37, dengan tegangan leleh  $F_y = 250$  Mpa, tegangan ultimate  $F_u = 370$  Mpa serta modulus elastisitas 200000 MPa.

Berikut adalah beberapa parameter pemodelan gedung, yaitu:

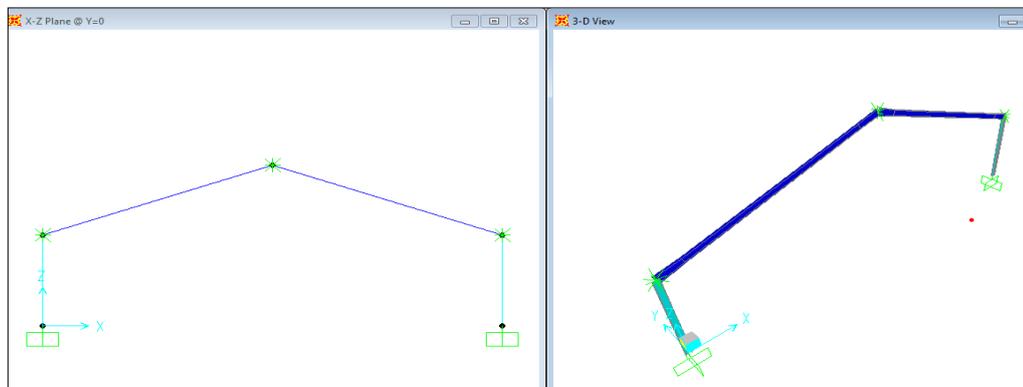
- Type Konstruksi : Portal
- Bahan Penutup Atap : Spandek
- Jarak Antar Portal : 6 meter
- Bentang kuda – kuda (L) : 30 meter
- Jarak Gording : 1,4 meter
- Tinggi Kolom (H) : 7 meter
- Kemiringan atap ( $\alpha$ ) :  $20^\circ$
- Beban Angin :  $65 \text{ kg/m}^2$
- Beban Berguna (P) : 100 kg
- Baja Profil : BJ37

- Modulus elastisitas baja :  $2.10^5 \text{ Mpa} = 2.10^6 \text{ kg/cm}^2$
- Tegangan ijin baja :  $1600 \text{ kg/cm}^2$
- Berat penutup atap :  $4 \text{ kg/m}^2$

Adapun gambar pemodelan bangunan terhadap sumbu X dan sumbu Z dapat terlihat pada Gambar 3.2 berikut.

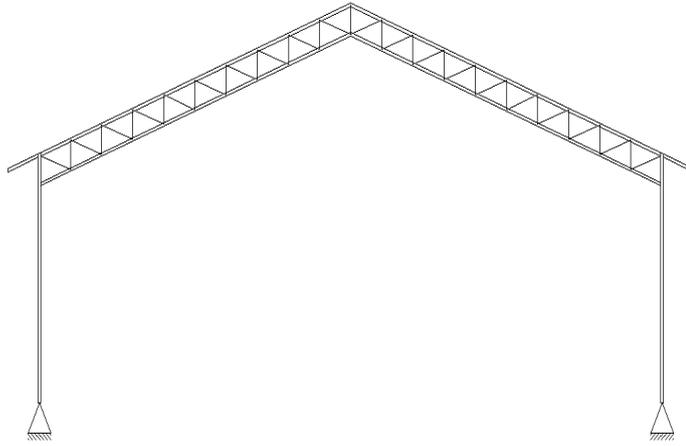


Struktur gedung adalah portal baja yang dimodelkan sebagai *element frame* 2 dimensi (2D) dengan mengacu pada SNI 1726:2012. Analisis dan desain dilakukan dengan sistem struktur yang menggunakan struktur sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB) dengan menggunakan bantuan program analisa struktur SAP2000. Bangunan tipe 1 adalah bangunan dengan atap profil *castellated* seperti ditunjukkan Gambar 3.3.



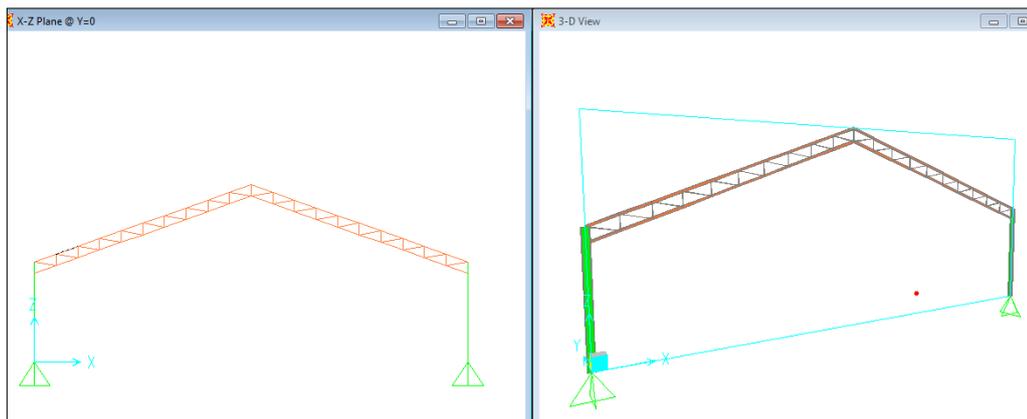
Gambar 3.3: Pemodelan 2D Terhadap Sumbu X-Z (model 1)

Tipe struktur kedua adalah tipe dengan atap rangka baja dengan profil C. Ilustrasi bangunan tipe 2 ditunjukkan seperti Gambar 3.4.



Gambar 3.4: Sketsa Bangunan 2D Terhadap Sumbu X-Z

Struktur gedung model 2 adalah portal baja yang dimodelkan sebagai *element frame* 2 dimensi (2D) dengan perilaku atap sebagai rangka (*truss*) dengan mengacu pada SNI 1726:2012. Pemodelan dengan menggunakan bantuan program analisa struktur SAP2000 seperti Gambar 3.5.



Gambar 3.5: Pemodelan 2D Terhadap Sumbu X-Z (model 2)

### 3.3. Pembebanan Struktur

Di dalam struktur bangunan Teknik Sipil terdapat dua jenis beban luar yang bekerja yaitu beban statis dan beban dinamis. Beban yang bekerja terus-menerus pada suatu struktur adalah beban statis. Jenis dari beban statis adalah sebagai berikut:

#### 3.3.1. Beban mati (*Dead load*)

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja secara vertikal yang mengikuti arah gravitasi pada struktur bangunan. Adapun berat komponen material bangunan dapat ditentukan dari peraturan yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 1727:2013. Untuk berat satuan material disajikan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1: Berat Material Konstruksi

Beban Mati	Besarnya Beban
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>

Tabel 3.2: Berat Tambahan Komponen Gedung .

Beban Mati	Besarnya Beban
Atap pvc invideck 3ply (3mm)	6,3 kg/m <sup>2</sup>
Mechanical electrical	10 kg/m <sup>2</sup>

#### 3.3.2 Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang disebabkan oleh penggunaan maupun hunian dan beban ini bisa ada atau tidak ada pada struktur pada waktu tertentu. Secara umum beban ini bekerja dengan arah vertikal ke bawah, tetapi terkadang dapat juga berarah horizontal. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat bergerak atau berpindah. Berat beban hidup berdasarkan SNI 1727:2013 disajikan dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Beban Hidup Pada Lantai Struktur

Beban hidup	Besarnya beban
Gedung Pergudangan	479 kg/m <sup>2</sup>
Beban hidup di atap (pekerja)	100kg

### 3.3.3 Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin didasarkan pada SNI 1727:2013 dengan mengambil dari Tabel pada SNI 1727:2013 dan menyesuaikan dengan metoda interpolasi sesuai dengan karakteristik bangunan. Perhitungan beban angin dapat dilihat pada lampiran.

### 3.4. Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 dan menurut puskim, spektrum respon gempa disain harus dianalisis terlebih dahulu. Untuk kota Medan mempunyai data sebagai berikut:

- $PGA = 0,25$  (Gambar 2.11)
- $S_s = 0,526$  (Gambar 2.9)
- $S_1 = 0,332$  (Gambar 2.10)

Dengan data tersebut diatas, maka diperoleh hasil interpolasi nilai  $F_a = 1,38$  (Tabel 2.6) dan  $F_v = 1,74$  (Tabel 2.7) untuk tanah sedang. Selanjutnya tahap-tahap yang perlu dilakukan untuk membuat *spektrum* respon gempa disain adalah sebagai berikut:

1. Penentuan nilai  $S_{MS}$  dan  $S_{MI}$

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \cdot S_s \\ S_{MS} &= 1,38 \cdot 0,526 \\ S_{MS} &= 0,72588 \\ S_{MI} &= F_v \cdot S_1 \\ S_{MI} &= 1,74 \cdot 0,332 \\ S_{MI} &= 0,57768 \end{aligned}$$

2. Penentuan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{DI}$

Nilai  $\mu = 2/3$

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \mu \cdot S_{MS} \\ S_{DS} &= (2/3) \cdot 0,72588 \\ S_{DS} &= 0,48392 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_{DI} &= \mu \cdot S_{MI} \\
S_{DI} &= (2/3) \cdot 0,57768 \\
S_{DI} &= 0,38512
\end{aligned}$$

3. Penentuan nilai  $T_s$  dan  $T_0$

$$\begin{aligned}
T_s &= \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \\
T_s &= \frac{0,38512}{0,48392} \\
T_s &= 0,794 \\
T_0 &= 0,2 \cdot T_s \\
T_0 &= 0,159
\end{aligned}$$

4. Penentuan nilai  $S_a$

- Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , *spektrum* respon percepatan disain harus diambil dari persamaan:

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

- Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , *spektrum* respon disain  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$
- Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , *spektrum* respon percepatan disain  $S_a$  diambil berdasarkan persamaan:

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

### 3.5 Kombinasi Pembebanan

Seluruh beban-beban yang bekerja, yaitu: beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa tersebut diperhitungkan dengan faktor pembesaran dan kombinasi (*load combination*) yang diinput ke dalam program analisa struktur berdasarkan SNI 1726:2012 dengan menggunakan nilai  $\rho = 1$  yang diperoleh dari disain seismik C dan nilai  $S_{DS} = 0,48392$  diperoleh dari sub bab 3.4. maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 dengan nilai  $\rho = 1$  dan  $S_{DS} = 0,48392$ .

Kombinasi Pembebanan						
Kombinasi	Koefisien		Koefisien		Koefisien	
Kombinasi 1	1,4	DL	0	LL	0	EX
Kombinasi 2	1,2	DL	1,6	LL	0	EX
Kombinasi 3	1,33	DL	1	LL	0,3	EX
Kombinasi 4	1,07	DL	1	LL	-0,3	EX
Kombinasi 5	1,13	DL	1	LL	0,3	EX
Kombinasi 6	1,27	DL	1	LL	-0,3	EX
Kombinasi 7	1,33	DL	1	LL	1	EX
Kombinasi 8	1,07	DL	1	LL	-1	EX
Kombinasi 9	1,27	DL	1	LL	1	EX
Kombinasi 10	1,13	DL	1	LL	-1	EX
Kombinasi 11	1,03	DL	0	LL	0,3	EX
Kombinasi 12	0,77	DL	0	LL	-0,3	EX
Kombinasi 13	0,83	DL	0	LL	0,3	EX
Kombinasi 14	0,97	DL	0	LL	-0,3	EX
Kombinasi 15	1,03	DL	0	LL	1	EX
Kombinasi 16	0,77	DL	0	LL	-1	EX
Kombinasi 17	0,97	DL	0	LL	1	EX
Kombinasi 18	0,83	DL	0	LL	-1	EX

### 3.6 Data Perencanaan Struktur Tipe I

Secara umum data perencanaan struktur adalah:

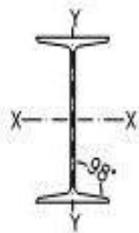
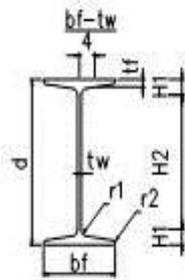
- a. Jenis portal struktur bangunan menggunakan baja.
- b. Atap baja menggunakan baja profil *Castellated*
- c. Fungsi bangunan adalah gudang.
- d. Bangunan terletak di kota Medan.
- e. Jenis tanah sedang.

#### 3.6.1. Kolom

Kolom merupakan penahan gaya aksial dan lentur yang terhubung kaku dengan balok-balok di atas dan di bawahnya. Saat terjadi gempa kolom menerima

sebagian beban lateral yang bekerja sebelum diteruskan kepada elemen-elemen struktur lainnya.

Profil kolom adalah WF 350x175x7x11. Data detail profil adalah sebagai berikut:



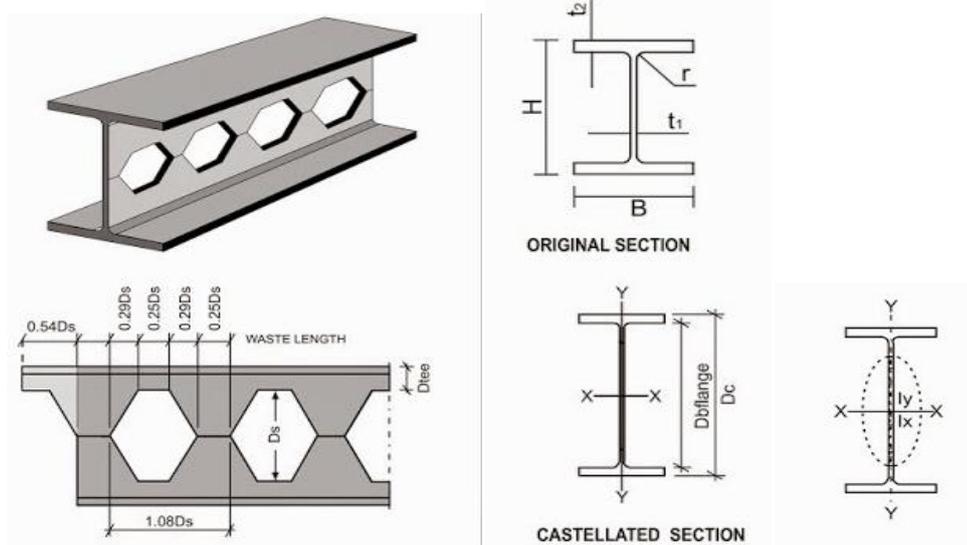
$d = 350 \text{ mm}$	$i_x = 14,28 \text{ cm}$
$bf = 175 \text{ mm}$	$i_y = 3,07 \text{ cm}$
$tw = 7 \text{ mm}$	$I_x = 15200 \text{ cm}^4$
$tf = 11 \text{ mm}$	$I_y = 702 \text{ cm}^4$
$A = 63,14 \text{ cm}^2$	$Z_x = 869 \text{ cm}^3$
$g = 49,56 \text{ kg/m}$	$Z_y = 94 \text{ cm}^3$

### 3.6.2. Rafter

Pada bangunan Tipe I rafter didesain dari profil *Castellated* dengan bentuk *Honey comb* yang dimodifikasi sedemikian sehingga diperoleh profil baja *Castellated 525.175* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6.

Data detail profil *Castellated 525.175* adalah sebagai berikut:

$d = 350 \text{ mm}$	$i_x = 14,28 \text{ cm}$
$bf = 175 \text{ mm}$	$i_y = 3,07 \text{ cm}$
$tw = 7 \text{ mm}$	$I_x = 15200 \text{ cm}^4$
$tf = 11 \text{ mm}$	$I_y = 702 \text{ cm}^4$
$A = 74,58 \text{ cm}^2$	$Z_x = 869 \text{ cm}^3$
$g = 66,03 \text{ kg/m}$	$Z_y = 94 \text{ cm}^3$



Gambar 3.6: Profil Baja *Castelled*

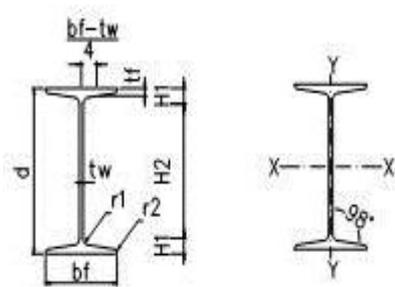
### 3.7 Data Perencanaan Struktur Tipe II

Secara umum data perencanaan struktur adalah:

- Jenis portal struktur bangunan menggunakan baja.
- Atap baja menggunakan baja profil Rangka
- Fungsi bangunan adalah gudang.
- Bangunan terletak di kota Medan.
- Jenis tanah sedang.

#### a. Kolom

Kolom pada struktur tipe II adalah kolom IWF dengan profil yang sama dengan Tipe I. Profil kolom adalah WF 350x175x7x11. Data detail profil adalah sebagai berikut:



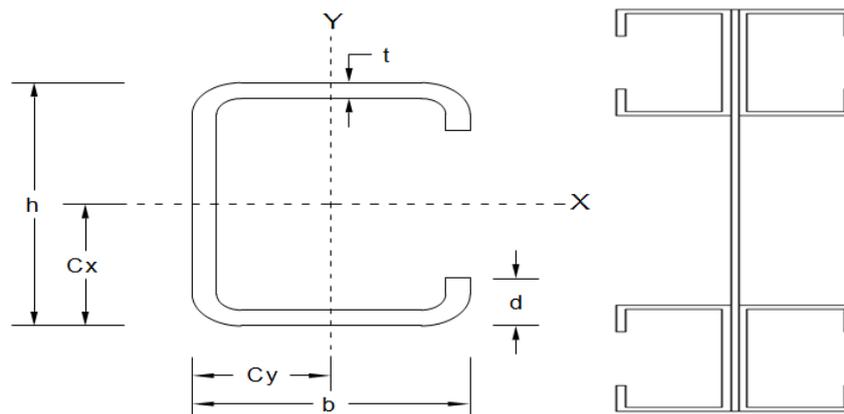
$d = 350 \text{ mm}$	$i_x = 14,28 \text{ cm}$
$bf = 175 \text{ mm}$	$i_y = 3,07 \text{ cm}$
$tw = 7 \text{ mm}$	$I_x = 15200 \text{ cm}^4$
$tf = 11 \text{ mm}$	$I_y = 702 \text{ cm}^4$
$A = 63,14 \text{ cm}^2$	$Z_x = 869 \text{ cm}^3$
$g = 49,56 \text{ kg/m}$	$Z_y = 94 \text{ cm}^3$

### b. Rafter

Pada bangunan Tipe II rafter didesain dari profil dobel siku CNP150×50×20×4,5 sebagai rangka batang seperti ditunjukkan Gambar 3.7.

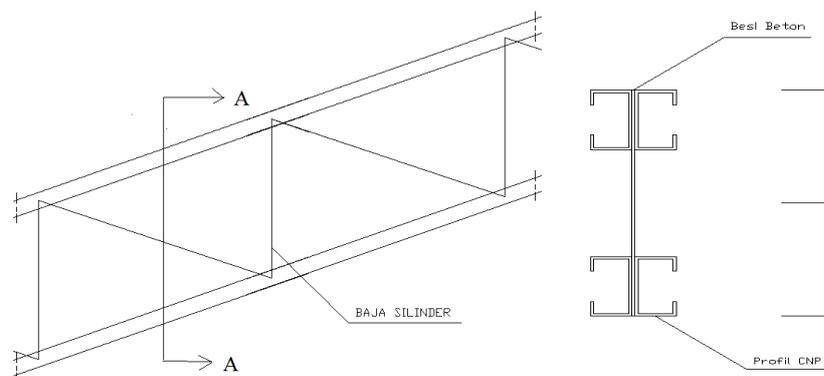
Data detail profil CNP150×50×20×4,5 adalah sebagai berikut:

$h = 150 \text{ mm}$	$q = 9,2 \text{ kg/m}$
$b = 50 \text{ mm}$	$I_y = 35,7 \text{ cm}^4$
$d = 20 \text{ mm}$	$i_x = 5,6 \text{ cm}$
$t = 4,5 \text{ mm}$	$i_y = 1,745301 \text{ cm}$
$f = 11,72 \text{ cm}^2$	$W_x = 49,07 \text{ cm}^3$
$I_x = 368 \text{ cm}^4$	$W_y = 10,32 \text{ cm}^3$



Gambar 3.7: Profil Baja CNP

Sementara besi beton sebagai baja silang pada dobel CNP adalah besi beton ulir dengan diameter 13 mm seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.8.



Gambar 3.8: Baja Silinder

### 3.8 Perencanaan dan Pemodelan Struktur SAP 2000

Perencanaan struktur melingkupi seluruh perhitungan beban yang bekerja pada struktur. Beban-beban yang telah diperhitungkan dimasukkan ke dalam struktur melalui program SAP 2000 sebagai program dalam melakukan desain.

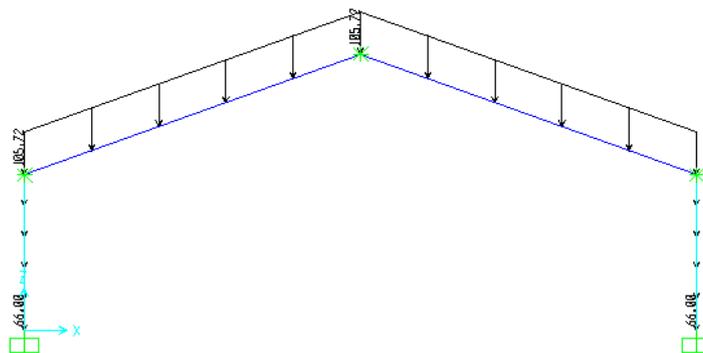
#### 3.8.1 Desain dan Pemodelan Struktur *Castellated*

Pemodelan dilakukan dalam 2D dengan struktur kolom dan balok rafter sebagai penahan atap yang dimodelkan dalam SAP 2000. Beban-beban diinput sebagai beban merata dan beban titik di elemen struktur.

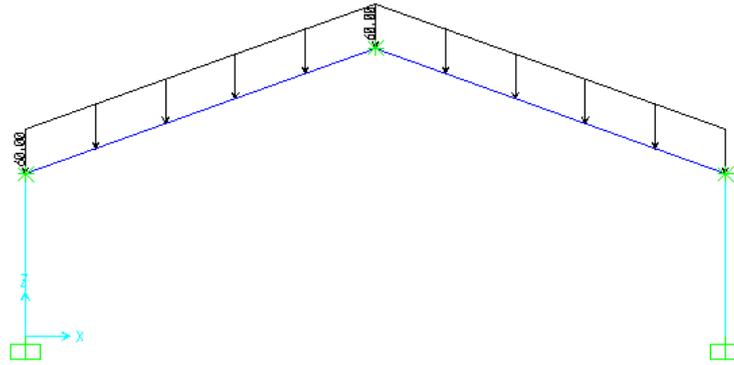
##### a. Beban Mati

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja secara vertikal yang mengikuti arah gravitasi pada struktur bangunan. Beban mati merupakan berat sendiri dan berat tambahan dari setiap elemen. Beban mati pada SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 3.9a.

Sementara beban mati tambahan adalah beban mati yang tidak permanen tetapi tetap ada selama bangunan tetap berdiri, seperti mekanikal dan elektrik dan lain sebagainya yang sifatnya identik. Beban mati tambahan pada SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 3.9b.



(a)

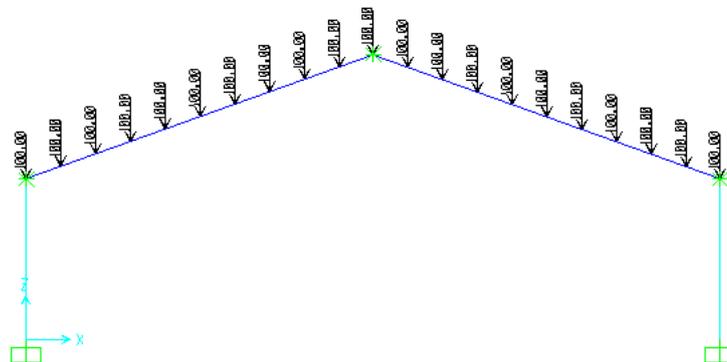


(b)

Gambar 3.9 Beban Mati Struktur dengan *Castellated*

b. Beban Hidup

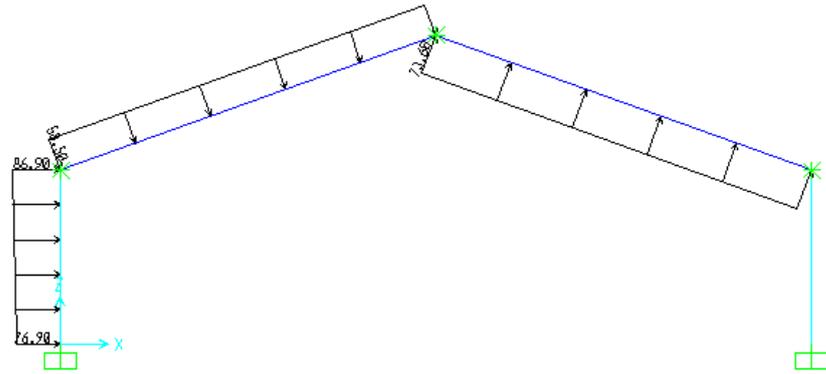
Beban hidup adalah beban yang disebabkan oleh penggunaan maupun hunian dan beban ini bisa ada atau tidak ada pada struktur pada waktu tertentu. Pada struktur ini beban hidup hanya berada pada atap seperti ditunjukkan pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 Beban Hidup Struktur dengan *Castellated*

c. Beban Angin (*Wind Load*)

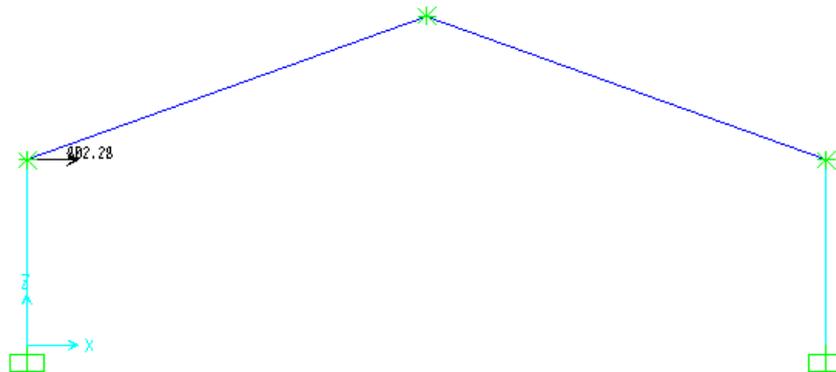
Beban angin didasarkan pada SNI 1727:2013 dengan mengambil dari Tabel pada SNI 1727:2013 dan menyesuaikan dengan metoda interpolasi sesuai dengan karakteristik bangunan. Beban angin ditunjukkan pada Gambar 3.11 di bawah ini.



Gambar 3.11 Beban Angin Struktur dengan *Castellated*

d. Beban Gempa

Beban gempa dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 dan diaplikasikan ke struktur dengan metode *statik ekuivalen* dengan beban terpusat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Beban Gempa Struktur dengan *Castellated*

e. Beban Notional

Efek ketidaksempurnaan awal pada stabilitas struktur diperhitungkan melalui pemberian beban imajinatif (*notional load*) sebagai representasi dari ketidaksempurnaan tersebut. Distribusi beban disalurkan sebagai beban lateral pada semua tingkat, sebagai tambahan dari beban lateral yang ada dan ditambahkan pada semua kombinasi pembebanan.

Beban *notional* harus digunakan pada arah yang memberi efek *destabilisasi* terbesar. Besarnya beban *notional* dapat dihitung sebagai berikut.

$$N_i = 0,002 \alpha Y_i$$

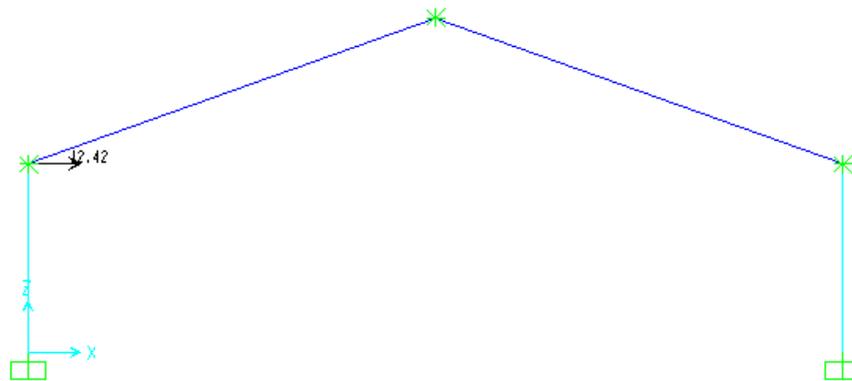
Dimana :

$N_i$  = beban *notional* di level  $i$

$\alpha$  = Faktor penyesuaian level gaya

$Y_i$  = beban gravitasi di level  $i$  hasil beban kombinasi LRFD

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh beban *notional* untuk struktur *castellated* adalah sebesar 11,95 Kg, seperti ditunjukkan Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Beban Gempa Struktur dengan *Castellated*

### 3.8.2 Desain dan Pemodelan Struktur Rangka

Pemodelan dilakukan dalam 2D dengan struktur kolom dan balok

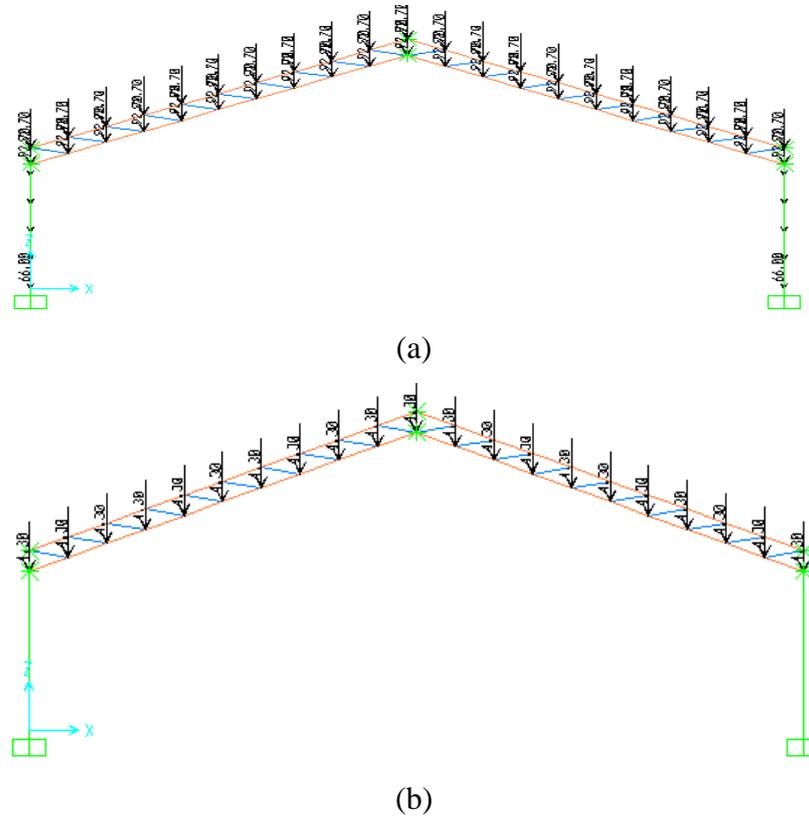
rafter sebagai penahan atap yang dimodelkan dalam SAP 2000. Beban-beban diinput sebagai beban merata dan beban titik di elemen struktur.

#### a. Beban Mati

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja secara vertikal yang mengikuti arah gravitasi pada struktur bangunan. Beban mati merupakan berat sendiri dan berat tambahan dari setiap elemen. Beban mati pada SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 3.14a.

Sementara beban mati tambahan adalah beban mati yang tidak permanen tetapi tetap ada selama bangunan tetap berdiri, seperti mekanikal dan

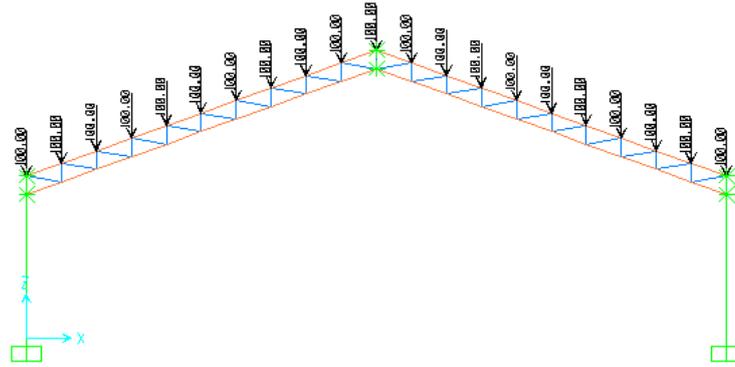
elektrikal dan lain sebagainya yang sifatnya identik. Beban mati tambahan pada SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 3.14b.



Gambar 3.14 Beban Mati dan Beban Mati Tambahan Struktur dengan Rangka

#### b. Beban Hidup

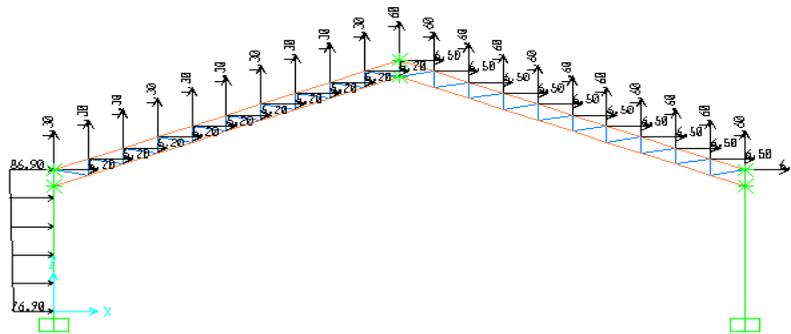
Beban hidup adalah beban yang disebabkan oleh penggunaan maupun hunian dan beban ini bisa ada atau tidak ada pada struktur pada waktu tertentu. Pada struktur ini beban hidup hanya berada pada atap seperti ditunjukkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Beban Hidup Struktur dengan Rangka

c. Beban Angin (*Wind Load*)

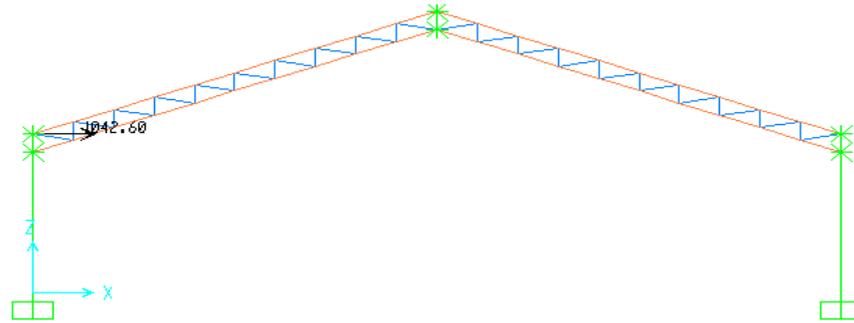
Beban angin didasarkan pada SNI 1727:2013 dengan mengambil dari Tabel pada SNI 1727:2013 dan menyesuaikan dengan metoda interpolasi sesuai dengan karakteristik bangunan. Beban angin ditunjukkan pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Beban Angin Struktur dengan Rangka

d. Beban Gempa

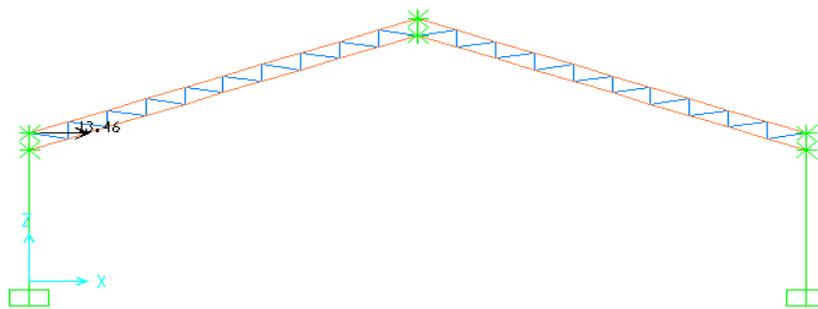
Beban gempa dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 dan diaplikasikan ke struktur dengan metode *statik ekuivalen* dengan beban terpusat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Beban Gempa Struktur dengan Rangka

e. Beban Notional

Beban *notional* harus digunakan pada arah yang memberi efek *destabilisasi* terbesar. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh beban *notional* untuk struktur *castellated* adalah sebesar 11,95 Kg, seperti ditunjukkan Gambar 3.18 di bawah ini.



Gambar 3.18 Beban *Notional* Struktur dengan Rangka

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Tinjauan Umum

Analisa dilakukan dengan cara pemodelan bangunan ke dalam program SAP 2000. Pemodelan tersebut berdasarkan analisa dan desain perhitungan awal seperti pembebanan dan pliminary desain penampang untuk balok dan kolom.

Dari desain awal tersebut akan ditentukan penampang yang ideal dengan dua tipe bangunan yang berbeda dan selanjutnya dapat dianalisa lebih lanjut berdasarkan efektifitas kekuatan, kekakuan dan segi ekonomi.

#### 4.2 Hasil dan Analisa Struktur

Dengan metode analisis linier pada program SAP 2000, maka pada kedua struktur diperoleh hasil berupa periode alami struktur, simpangan struktur, lendutan pada struktur dan juga hasil desain kekuatan berdasarkan AISC 360-05/IBC 2006 dengan menyesuaikan faktor-faktor desain berdasarkan SNI-1729-2015 untuk desain struktur baja.

##### 4.2.1 Periode Alami dan kekakuan Struktur

Berdasarkan analisis linier untuk bangunan dengan struktur *rafter* berupa *castellated* dan struktur dengan rangka, periode alami strukturnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1: Periode Alami Struktur

No	Struktur	T1 (s)	T2(s)	T3(s)
1	Castelated	0,295	0,255	0,055
2	Rangka	0,404	0,319	0,147

Berdasarkan tabel 4.1 terlihat bahwa periode struktur bangunan dengan atap rangka memiliki periode yang lebih besar daripada bangunan dengan atap *castellated*, hal ini menunjukkan bahwa bangunan dengan atap *castellated* bersifat lebih kaku dibandingkan dengan bangunan dengan atap rangka.

Dengan keadaan demikian dapat diketahui bahwa struktur dengan kekakuan lebih besar sangat dianjurkan sebagai struktur yang menahan gaya angin yang besar, tetapi akan sangat tidak dianjurkan untuk menahan gempa.

Kekakuan dari struktur dapat ditentukan dari nilai simpangan yang terjadi akibat gaya lateral yang bekerja atau gaya geser pada bangunan. Pada Tabel 4.2 di bawah ini ditampilkan tabel gaya geser dan simpangan yang terjadi pada bangunan castelated dan bangunan rangka akibat gaya gempa yang bekerja. Seperti pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2: Kekakuan Struktur

No	Model	Gaya geser akibat gempa, V	Simpangan top kolom, $\Delta$	Simpangan atap, $\Delta a$	Kekakuan, $k = V/\Delta$
		Kg	mm	mm	kg/mm
1	Castelated	775.220	6.99	8.13	110.904
2	Rangka	836.684	8.16	9.44	102.535

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai kekakuan bangunan castelated sebesar 110,904 kg/mm dan rangka 102,535 kg/mm. Artinya kekakuan dari bangunan castelated lebih besar daripada bangunan dengan rangka. Hal ini juga sejalan dengan periode alami struktur yang terjadi. Sehingga dapat dikatakan bahwa struktur dengan rangka lebih fleksibel dibandingkan dengan struktur castelated.

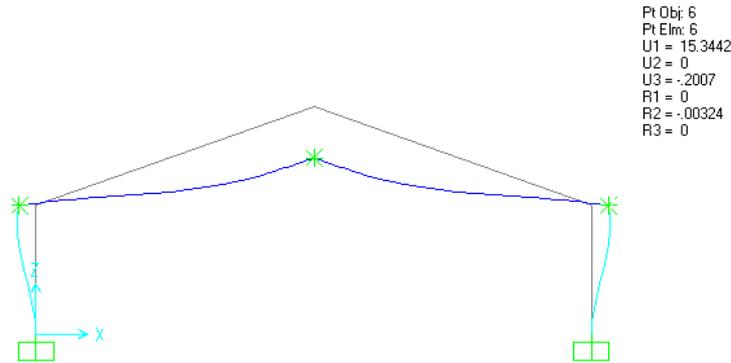
#### 4.2.2 Penentuan Faktor Amplifikasi ( $B_2$ )

Saat ini, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung atau SNI 03-1729-2002 telah digantikan dengan peraturan baru, yaitu Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Strktural atau SNI 1729:2015. Dalam peraturan SNI03-1729-2002, analisis untuk pengaruh orde kedua terdapat di dalam pasal 7.4.2. Pasal ini menyebutkan bahwa pengaruh orde kedua dapat dianalisis menggunakan analisis orde pertama dan analisis orde kedua.

Pengaruh orde kedua terjadi pada saat struktur menerima beban lateral seperti beban gempa atau beban angin. Beban lateral dapat menimbulkan deformasi pada struktur. Hal ini memberikan efek kepada beban gravitasi pada

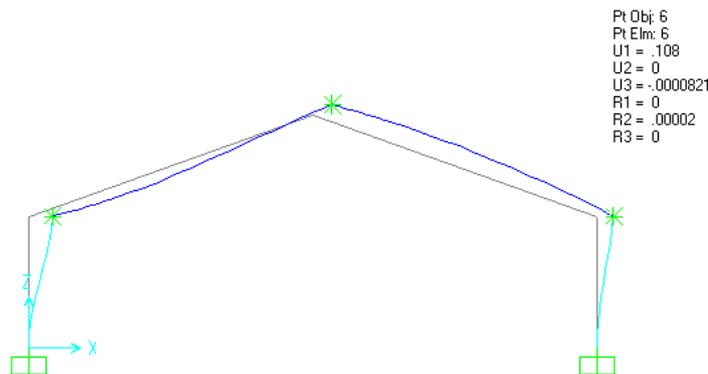
struktur terhadap sumbu vertikal kolom atau dinding pada struktur yang telah terdeformasi. Efek yang dihasilkan adalah momen tambahan yang dipikul oleh kolom struktur sebesar gaya gravitasi dikalikan dengan deformasi yang terjadi.

Simpangan yang diakibatkan oleh beban gravitasi pada penentuan simpangan orde satu pada bangunan *castellated* dapat dilihat pada Gambar 4.1 adalah sebesar 15,344 mm ( $\Delta_1=15,344$  mm).



Gambar 4.1: Simpangan pada Orde 1 pada struktur *Castellated*

Sementara Simpangan yang diakibatkan oleh beban notional pada penentuan simpangan orde dua pada bangunan *castellated* dapat dilihat pada Gambar 4.2 adalah sebesar 0,108 mm ( $\Delta_2=0,108$  mm)



Gambar 4.2: Simpangan pada Orde 2 pada struktur *Castellated*

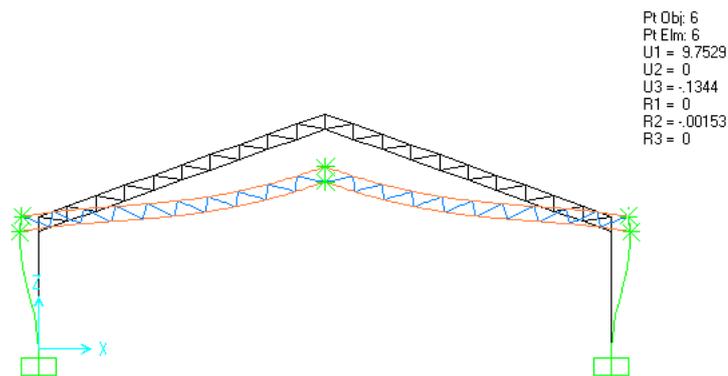
Faktor amplifikasi pada bangunan *castellated* dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$\frac{\Delta_2}{\Delta_1} \leq 1,5$$

$$\frac{0,108}{15,344} \leq 1,5$$

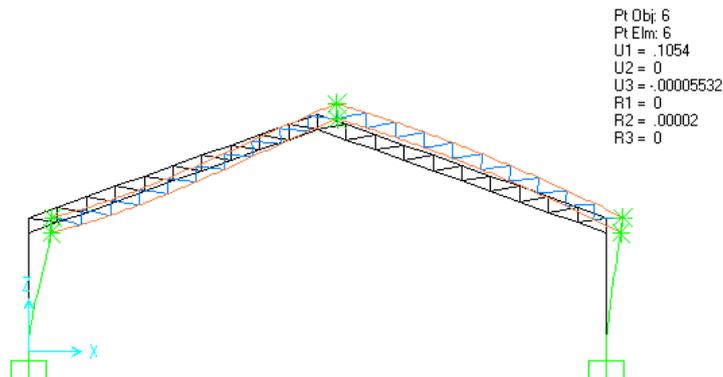
$$0,0065 \leq 1,5 \quad \dots \text{ (OK)}$$

Pada bangunan rangka, simpangan yang diakibatkan oleh beban gravitasi pada penentuan simpangan orde satu dapat dilihat pada Gambar 4.3 adalah sebesar 9,753 mm ( $\Delta_1=9,753$  mm).



Gambar 4.3: Simpangan pada Orde 1 pada struktur *Castellated*

Simpangan akibat beban notional pada penentuan simpangan orde dua dapat dilihat pada Gambar 4.4 adalah sebesar 0,105 mm ( $\Delta_2=0,105$  mm)



Gambar 4.4: Simpangan pada Orde 2 pada struktur *Castellated*

Faktor *amplifikasi* pada bangunan *castellated* dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$\frac{\Delta_2}{\Delta_1} \leq 1,5$$

$$\frac{0,105}{9,753} \leq 1,5$$

$$0,011 \leq 1,5 \quad \dots \text{ (OK)}$$

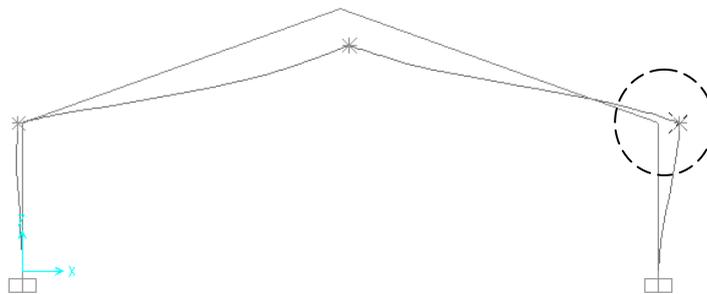
### 4.2.3 Simpangan dan Lendutan Struktur

Simpangan yang terjadi pada struktur ditinjau pada puncak kolom bangunan dengan mengambil simpangan maksimum dari setiap kombinasi pembebanan. Simpangan yang terjadi merupakan simpangan yang didominasi oleh gaya lateral, yaitu gempa.

Sementara itu, lendutan struktur yang diambil adalah lendutan struktur atap pada titik yang mengalami lendutan maksimum yang disebabkan oleh kombinasi pembebanan yang ada.

#### a. Simpangan Struktur

Simpangan pada struktur *castellated* diambil pada titik atas kolom sebagai titik yang mengalami simpangan terbesar seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5.



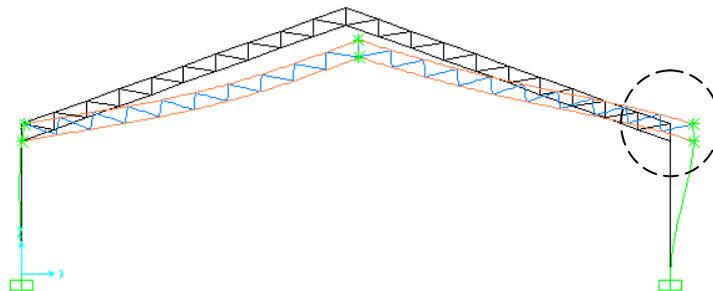
Gambar 4.5: Simpangan pada struktur *Castellated*

Berdasarkan hasil analisa SAP 2000 simpangan pada struktur *castellated* terjadi pada Comb 9 dengan nilai simpangan maksimum 28,077 mm. Keseluruhan simpangan struktur dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Simpangan pada struktur *Castellated*

NO	Kombinasi	Simpangan (mm)			Batas simpangan	Ket
		U1	U2	U3	L/240 (mm)	
1	COMB1	21.638	0.000	-0.281	29.167	OK
2	COMB2	27.910	0.000	-0.358	29.167	OK
3	COMB3	27.504	0.000	-0.342	29.167	OK
4	COMB4	20.293	0.000	-0.287	29.167	OK
5	COMB5	25.413	0.000	-0.302	29.167	OK
6	COMB6	23.385	0.000	-0.327	29.167	OK
7	COMB7	27.759	0.000	-0.285	29.167	OK
8	COMB8	15.402	0.000	-0.283	29.167	OK
9	COMB9	28.077	0.000	-0.293	29.167	Max (OK)
10	COMB10	16.329	0.000	-0.295	29.167	OK
11	COMB11	18.016	0.000	-0.208	29.167	OK
12	COMB12	9.805	0.000	-0.153	29.167	OK
13	COMB13	14.925	0.000	-0.168	29.167	OK
14	COMB14	12.896	0.000	-0.193	29.167	OK
15	COMB15	22.907	0.000	-0.212	29.167	OK
16	COMB16	4.914	0.000	-0.149	29.167	OK
17	COMB17	21.980	0.000	-0.200	29.167	OK
18	COMB18	5.841	0.000	-0.161	29.167	OK

Sementara simpangan pada struktur rangka juga diambil pada titik atas kolom sebagai titik yang mengalami simpangan terbesar seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6: Simpangan pada struktur Rangka

Berdasarkan hasil analisa SAP 2000 simpangan pada struktur rangka terjadi pada Comb 7 dengan nilai simpangan maksimum 29,277 mm. Simpangan tersebut masih berada dalam batas nilai maksimum untuk ketinggian struktur kolom sebesar 7 m. Keseluruhan simpangan struktur dapat dilihat pada Tabel 4.3.

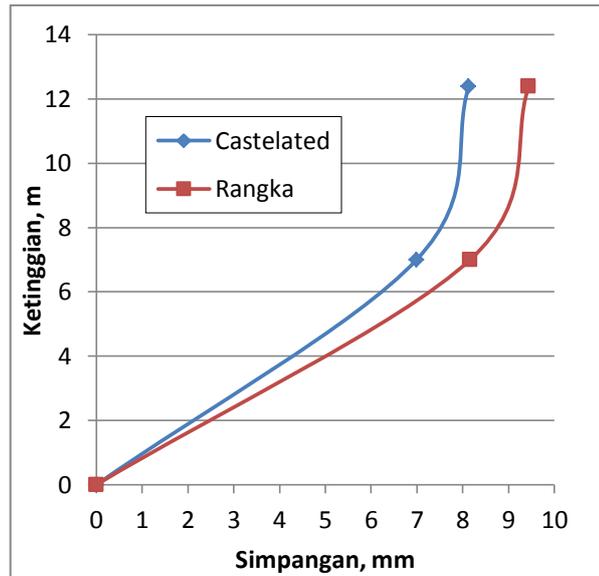
Tabel 4.4: Simpangan pada struktur Rangka

N O	Kombinasi	Simpangan (mm)			Batas simpangan	Ket
		U1	U2	U3	L/240 (mm)	
1	COMB1	13.654	0.000	-0.188	29.167	OK
2	COMB2	19.929	0.000	-0.262	29.167	OK
3	COMB3	20.562	0.000	-0.243	29.167	OK
4	COMB4	13.127	0.000	-0.205	29.167	OK
5	COMB5	18.611	0.000	-0.216	29.167	OK
6	COMB6	15.078	0.000	-0.232	29.167	OK
7	COMB7	29.277	0.000	-0.246	29.167	Max (OK)
8	COMB8	7.412	0.000	-0.202	29.167	OK
9	COMB9	25.691	0.000	-0.238	29.167	OK
10	COMB10	7.998	0.000	-0.210	29.167	OK
11	COMB11	12.495	0.000	-0.140	29.167	OK
12	COMB12	5.060	0.000	-0.102	29.167	OK
13	COMB13	10.544	0.000	-0.113	29.167	OK
14	COMB14	7.011	0.000	-0.129	29.167	OK
15	COMB15	18.210	0.000	-0.143	29.167	OK
16	COMB16	-0.654	0.000	-0.099	29.167	OK
17	COMB17	17.625	0.000	-0.135	29.167	OK
18	COMB18	-0.069	0.000	-0.107	29.167	OK

Dari keseluruhan uraian di atas dapat dilihat bahwa simpangan terbesar terjadi pada struktur dengan rangka dibandingkan dengan struktur *castellated*, sehingga dalam kasus ini struktur rangka lebih fleksibel dibandingkan dengan struktur *castellated*.

Hal ini juga dapat dianalisa sebagai perilaku struktur rangka yang tidak menerima momen, tetapi hanya gaya aksial sehingga kekakuan struktur lebih kecil dibandingkan bangunan *castellated*.

Hasil simpangan pada ujung kolom dan atap juga dapat dilihat pada grafik akibat beban lateral gempa statik ekuivalen sebagaimana ditunjukkan pada Grafik 4.1.

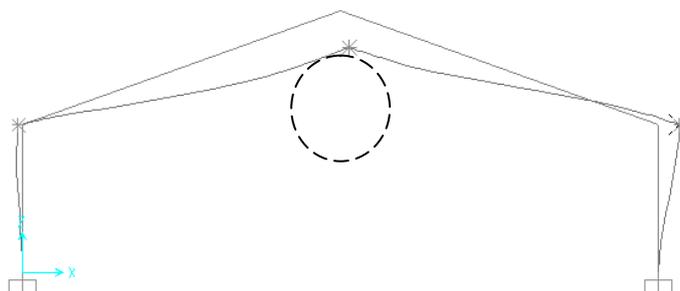


Grafik 4.1: Perbandingan simpangan pada struktur *castellated* dan struktur Rangka.

Dari grafik diatas terlihat bahwa simpangan akibat gempa pada struktur *castellated* lebih kecil dibandingkan dengan struktur rangka. Dua titik simpangan menunjukkan perilaku yang sama yaitu ujung kolom struktur pada ketinggian 7 m dan ujung atap struktur pada ketinggian 12,4 m.

#### b. Lendutan Struktur

Lendutan pada struktur *castellated* diambil pada titik tengah bentang atap sebagai titik yang mengalami lendutan terbesar seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Lendutan pada struktur *Castellated*.

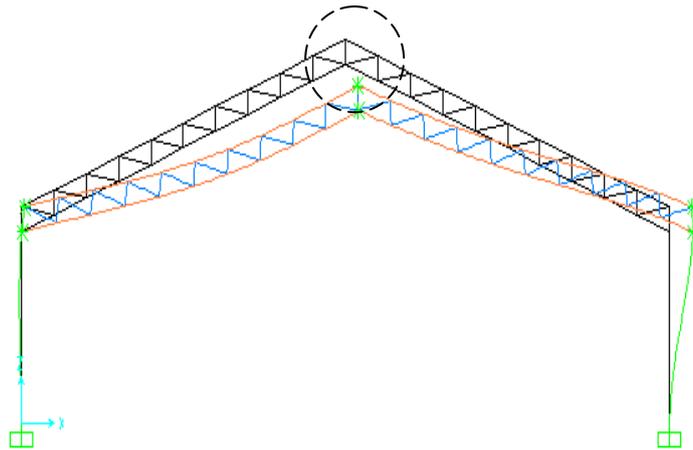
Berdasarkan hasil analisa SAP 2000 lendutan pada struktur *castellated* terjadi pada Comb 2 dengan nilai simpangan maksimum 84,351 mm. Lendutan tersebut masih berada dalam batas nilai maksimum untuk bentang struktur sebesar 30 m, yaitu sebesar 83 mm. Uraian keseluruhan lendutan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Lendutan pada struktur *Castellated*

N O	Kombinasi	Lendutan (mm)			Batas lendutan	Ket
		U1	U2	U3	L/360 (mm)	
1	COMB1	0.000	0.000	-65.429	83.333	OK
2	COMB2	0.008	0.000	-84.351	83.333	Max (OK)
3	COMB3	2.444	0.000	-78.542	83.333	OK
4	COMB4	-2.434	0.000	-68.958	83.333	OK
5	COMB5	2.444	0.000	-69.195	83.333	OK
6	COMB6	-2.434	0.000	-78.305	83.000	OK
7	COMB7	8.135	0.000	-61.527	83.333	OK
8	COMB8	-8.125	0.000	-71.953	83.333	OK
9	COMB9	8.135	0.000	-63.397	83.333	OK
10	COMB10	-8.125	0.000	-74.757	83.333	OK
11	COMB11	2.439	0.000	-46.854	83.333	OK
12	COMB12	-2.439	0.000	-37.270	83.333	OK
13	COMB13	2.439	0.000	-37.507	83.333	OK
14	COMB14	-2.439	0.000	-46.617	83.333	OK
15	COMB15	8.130	0.000	-43.859	83.333	OK
16	COMB16	-8.130	0.000	-40.264	83.333	OK
17	COMB17	8.130	0.000	-41.055	83.333	OK
18	COMB18	-8.130	0.000	-43.068	83.333	OK

Lendutan didominasi oleh comb 2 dengan beban mati dan beban hidup yang membuat lendutan menjadi besar. Hal ini sejalan dengan arah beban mati dan beban hidup yang searah gravitasi membuat beban secara vertikal dan menyebabkan lendutan terjadi pada atap.

Sementara itu, lendutan pada struktur rangka juga diambil pada titik tengah bentang atap sebagai titik yang mengalami lendutan terbesar seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Lendutan pada struktur Rangka.

Berdasarkan hasil analisa SAP 2000 lendutan pada struktur rangka terjadi pada Comb 2 dengan nilai simpangan maksimum 63,404 mm. Lendutan tersebut masih berada dalam batas nilai maksimum untuk bentang struktur sebesar 30 m, yaitu sebesar 83,333 mm. Uraian keseluruhan lendutan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

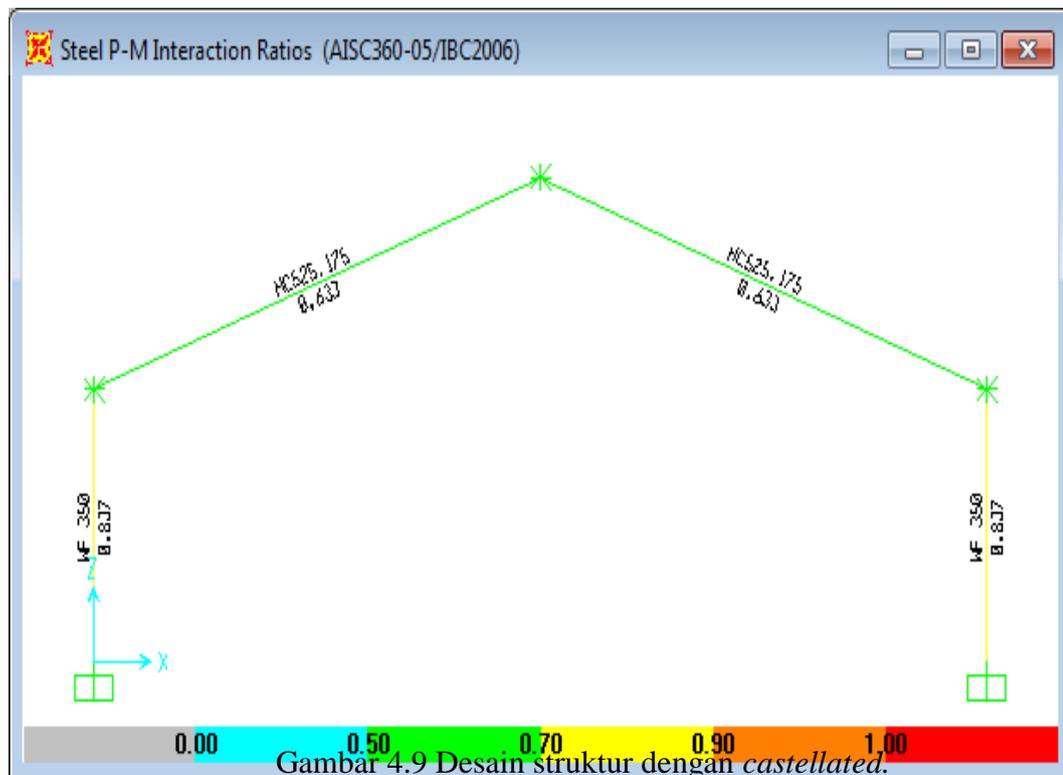
Tabel 4.6: Lendutan pada struktur rangka.

NO	Kombinasi	Lendutan (mm)			Batas lendutan L/360 (mm)	Ket
		U1	U2	U3		
1	COMB1	0.000	0.000	-43.449	83.333	OK
2	COMB2	0.000	0.000	-63.404	83.333	Max (OK)
3	COMB3	2.831	0.000	-56.074	83.333	OK
4	COMB4	-2.831	0.000	-51.112	83.333	OK
5	COMB5	2.831	0.000	-49.867	83.333	OK
6	COMB6	-2.831	0.000	-57.319	83.000	OK
7	COMB7	9.438	0.000	-52.450	83.333	OK
8	COMB8	-9.438	0.000	-54.736	83.333	OK
9	COMB9	9.438	0.000	-50.588	83.333	OK
10	COMB10	-9.438	0.000	-56.598	83.333	OK
11	COMB11	2.831	0.000	-30.413	83.333	OK
12	COMB12	-2.831	0.000	-25.450	83.333	OK
13	COMB13	2.831	0.000	-24.206	83.333	OK
14	COMB14	-2.831	0.000	-31.657	83.333	OK
15	COMB15	9.438	0.000	-26.789	83.333	OK
16	COMB16	-9.438	0.000	-29.074	83.333	OK
17	COMB17	9.438	0.000	-24.926	83.333	OK
18	COMB18	-9.438	0.000	-30.936	83.333	OK

#### 4.2.4 Hasil Desain Struktur

Struktur yang telah dianalisa sesuai dengan analisa beban dan kombinasi beban selanjutnya didesain melalui program SAP 2000 dengan desain yang berdasarkan pada AISC 360-05/IBC 2006 sebagai acuan mendekati SNI 1729-2015 tentang spesifikasi bangunan baja struktural dengan menyesuaikan beberapa faktor reduksi.

Desain pada struktur *castellated* menunjukkan bahwa diperlukan ukuran kolom WF 350x175x7x11 dengan rasio tegangan 0,837 dan balok *castellated* untuk *rafter* adalah profil HC 525.175 dengan rasio tegangan maksimum 0,633 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.9.

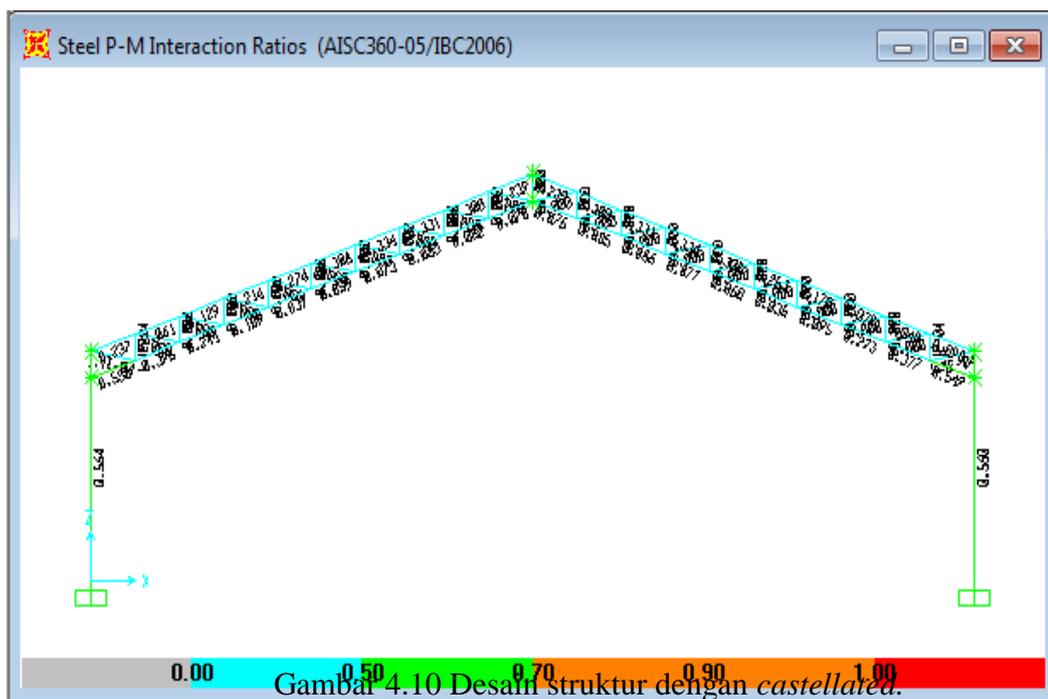


Resume rasio dan kombinasi desain pada bentang tertentu setiap elemen dari hasil desain struktur dengan *castellated* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Resume Hasil Desain Struktur *Castellated*

Design Sect.	DesignType	Ratio	RatioType	Combo	Location
Batang	Type	Unitless	Text	Text	M
WF 350	Column	0.836688	PMM	COMB2	7
WF 350	Column	0.836641	PMM	COMB2	7
HC525.175	Brace	0.632985	PMM	COMB2	0
HC525.175	Brace	0.633398	PMM	COMB2	15.94

Sedangkan hasil desain pada struktur rangka menunjukkan bahwa diperlukan ukuran kolom WF 350x175x7x11 dengan rasio tegangan 0,564 dan balok rangka untuk rafter adalah profil baja CNP double 125 mm dengan rasio tegangan maksimum 0,33 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Resume dari hasil desain struktur dengan rangka dapat dilihat pada Tabel 4.8. Rasio tegangan maksimum 0,56 terjadi akibat kombinasi 2 pada batang sambungan dengan kolom.

Tabel 4.8: Resume hasil desain struktur rangka.

No	DesignSect	DesignType	Ratio	RatioType	Combo	Location
	Batang	Type	Unitless	Text	Text	m
1	WF 350	Column	0.564445	PMM	COMB10	0
2	WF 350	Column	0.559639	PMM	COMB2	6.2
3	DC125	Brace	0.238812	PMM	COMB2	0
4	DC125	Brace	0.29951	PMM	COMB2	0
5	DC125	Brace	0.331281	PMM	COMB2	0
6	DC125	Brace	0.334127	PMM	COMB2	0
7	DC125	Brace	0.308046	PMM	COMB2	0
8	DC125	Brace	0.253039	PMM	COMB2	0
9	DC125	Brace	0.170322	PMM	COMB10	0
10	DC125	Brace	0.077709	PMM	COMB10	0
11	DC125	Brace	0.040395	PMM	COMB7	0
12	DC125	Brace	0.097623	PMM	COMB7	0
13	DC125	Brace	0.075933	PMM	COMB10	0
14	DC125	Brace	0.0851	PMM	COMB10	0
15	DC125	Brace	0.085553	PMM	COMB10	0
16	DC125	Brace	0.077292	PMM	COMB10	0
17	DC125	Brace	0.060317	PMM	COMB10	0
18	DC125	Brace	0.034629	PMM	COMB10	0
19	DC125	Brace	0.095371	PMM	COMB7	0
20	DC125	Brace	0.223142	PMM	COMB7	0
21	DC125	Brace	0.377202	PMM	COMB7	0
22	DC125	Brace	0.549156	PMM	COMB2	0
23	DC125	Brace	0.236753	PMM	COMB10	0.15
24	DC125	Brace	0.060736	PMM	COMB10	0
25	DC125	Brace	0.128525	PMM	COMB7	0
26	DC125	Brace	0.214364	PMM	COMB7	0
27	DC125	Brace	0.273914	PMM	COMB7	0
28	DC125	Brace	0.308046	PMM	COMB2	0
29	DC125	Brace	0.334127	PMM	COMB2	0
30	DC125	Brace	0.331281	PMM	COMB2	0
31	DC125	Brace	0.29951	PMM	COMB2	0
32	DC125	Brace	0.238812	PMM	COMB2	0
33	DC125	Brace	0.556095	PMM	COMB10	0.15
34	DC125	Brace	0.395774	PMM	COMB10	0
35	DC125	Brace	0.240603	PMM	COMB10	0
36	DC125	Brace	0.10889	PMM	COMB10	0
37	DC125	Brace	0.037134	PMM	COMB7	0
38	DC125	Brace	0.059255	PMM	COMB7	0
39	DC125	Brace	0.073066	PMM	COMB2	0

40	DC125	Brace	0.082754	PMM	COMB2	0
41	DC125	Brace	0.081697	PMM	COMB2	0
42	DC125	Brace	0.070123	PMM	COMB10	0

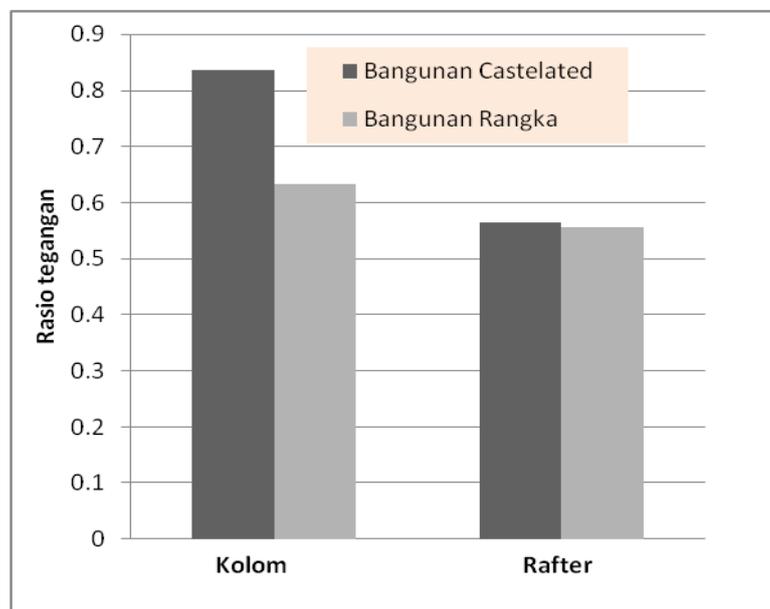
Perbandingan rasio struktur *castellated* dengan struktur rangka dapat dilihat pada Tabel 4.9. dibawah ini.

Tabel 4.9: Resume Perbandingan Rasio Tegangan Struktur *Castellated* Dengan Struktur Rangka

No	Struktur	Bangunan Castelated		Bangunan Rangka	
		Frame	Max. rasio	Frame	Max. rasio
1	Kolom	WF 350	0.836688	WF 350	0.564445
2	Rafter	HC525.175	0.632985	DC125	0.556095

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa struktur *castellated* memiliki rasio yang lebih besar pada dibandingkan dengan struktur rangka. Hal ini terlihat jelas pada kondisi kolom struktur. Sementara rasio tegangan pada *rafter* cenderung sama besar.

Perbandingan antara rasio kolom dan rafter bangunan *castellated* dan rangka lebih jelas dapat dilihat pada diagram Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Perbandingan rasio tegangan struktur *castellated* dengan struktur rangka

#### 4.2.5 Volume Struktur

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan di atas, maka dapat dirangkum juga besarnya volume dari masing-masing struktur untuk mengetahui tipe struktur yang lebih ekonomis dalam hal anggaran biaya antara struktur dengan *castellated* ataupun struktur dengan rangka.

Struktur dengan *castellated* memiliki volume total 2207,514 kg sebagai struktur utama seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.10. Volume tersebut diluar dari volume sambungan yang dalam perhitungan ini diabaikan.

Tabel 4.10: Volume struktur dengan *castellated*

No	Profil	struktur	Unit (btg)	Panjang (m)	Luas penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (Kg)
1	WF 350.175.7.11	Kolom	2	7	0.00614	0.086	674.786
2	HC 525.175	Rafter	2	15.9	0.00614	0.195	1532.728
$\Sigma =$							<b>2207.514</b>

Sedangkan struktur dengan rangka memiliki volume total 2444,961 kg sebagai struktur utama seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.11. Volume tersebut diluar dari volume sambungan yang dalam perhitungan ini diabaikan.

Tabel 4.11: Volume struktur dengan rangka

No	Profil	struktur	Unit (btg)	Panjang (m)	Luas penampang (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat total Kg
1	WF 350.175.7.11	Kolom	2	7	0.00614	0.086	674.786
2	DCNP 150.50.20.4,5	Rafter	4	15.9	0.00205	0.130	1023.483
3	D 13 vertikal	Pengaku	20	0.8	0.00205	0.033	257.480
4	D 13 diagonal	Pengaku	20	1.52	0.00205	0.062	489.212
$\Sigma =$							<b>2444.961</b>

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa volume struktur rangka lebih besar dibandingkan dengan struktur dengan *castellated*, walaupun tidak berbeda jauh. Sehingga berdasarkan atas hal ini struktur dengan *castellated* jelas lebih ekonomis dibandingkan dengan struktur rangka.

Pada kedua bangunan tersebut menggunakan kolom yang sama yaitu kolom WF 350x175x7x11 sehingga secara struktur tidak berbeda terlalu signifikan. Selisih volume yang terjadi adalah:

$$V_{\text{selisih}} = 2444.961 - 2207.514 = 237.447 \text{ Kg.}$$

## **BAB V**

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan pada struktur sederhana dengan tipe atap dari profil *castelated/honey comb* dan tipe atap dari rangka, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari gaya arah horizontal yang menyebabkan terjadi simpangan, maka diperoleh kekakuan struktur bangunan dengan tipe *Castelated/Honey Comb* lebih kaku sebesar 8,165% dibandingkan dengan struktur tipe atap rangka.
2. Simpangan maksimum yang terjadi pada struktur atap tipe *Castelated/Honey Comb* lebih kecil sebesar 0,1% dibandingkan dengan simpangan maksimum pada struktur tipe atap rangka.
3. Lendutan maksimum yang terjadi pada struktur atap tipe *Castelated/Honey Comb* lebih besar 33,037% dibandingkan dengan struktur tipe atap rangka.
4. Hasil analisis dan desain untuk struktur *Castelated/Honey Comb* diperoleh kolom WF 350.175.7.11 dan atap *Castelated* HC525.175 dengan volume lebih ekonomis 10,756% dibandingkan dengan struktur atap rangka dengan kolom WF 350.175.7.11 dan atap dobel CNP 150.50.20.4,5.

### 5.2 Saran

Setelah melakukan analisa dan perhitungan pada struktur sederhana dengan tipe atap dari profil *castelated/honey comb* dan tipe atap dari rangka, maka ada beberapa hal yang perlu Penulis sarankan dalam penyusunan penelitian berikutnya, yaitu:

1. Agar membuat analisa non-linier supaya mengetahui perilaku struktur baik kekuatan maupun perilaku keruntuhan struktur.

2. Agar memodelkan struktur dalam bentuk 3D sehingga perilaku struktur lebih dapat ditinjau sesuai dengan keadaan di lapangan.
3. Agar analisa dilakukan dengan variasi ketinggian struktur dan bentang yang bervariasi untuk mendapatkan perbandingan yang lebih lengkap.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.1984. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)*.  
Departemen PekerjaanUmum: Bandung.
- Setiawan, A. (2002) *Perencanaan Struktur Baja denganMetode LRFD*. Jakarta:  
Erlangga
- Boby, BH.(2015) Analisis Optimasi Profil Rangka Baja dalam Perencanaan  
Bangunan Industri. *Laporan Tugas Akhir*. Medan: Program Studi Teknik sipil  
Universitas Sumatera Utara.
- Tata Cara Perencanaan petahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung  
dan Non Gedung 1726-2012*  
*Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Structural. 1729-2012*



Perhitungan Pembebanan							
1) BEBAN MATI ATAP							
1 Beban Berat sendiri struktur							
<u>Honey Comb 525.175</u>							
<b>Propertis:</b>				<b>Propertis pada SAP 2000:</b>		<b>RASIO</b>	
<i>Original</i>	:	350 x 175	(mm)	525 x 175	(mm)	100%	
<i>Castellated</i>	:	525 x 175	(mm)	525 x 175	(mm)	100%	
<i>Weight</i>	:	49.6	kg/m	57.862	kg/m	0.857	
<i>web, tw</i>	:	7	(mm)	7	(mm)	100%	
<i>flange, tf</i>	:	11	(mm)	11	(mm)	100%	
<i>Section area (gross)</i>	:	75.39	(cm <sup>2</sup> )	73.71	(cm <sup>2</sup> )	100%	
<i>Section area (netto)</i>	:	50.54	(cm <sup>2</sup> )	73.71	(cm <sup>2</sup> )	0.686	
<i>Moment inertia, Ix</i>	:	31847.5	(cm <sup>4</sup> )	32856.45	(cm <sup>4</sup> )	0.969	
<i>Moment inertia, Iy</i>	:	984.1	(cm <sup>4</sup> )	983.98	(cm <sup>4</sup> )	100%	
<i>Modulus of section, Zx</i>	:	1213.2	(cm <sup>3</sup> )	1251.67	(cm <sup>3</sup> )	0.969	
<i>Modulus of section, Zy</i>	:	112.5	(cm <sup>3</sup> )	174.59	(cm <sup>3</sup> )	0.644	
- Berat sendiri w = 49.6 kg/m'							
- Panjang total L = 31.88 m'							
- Berat total Wt = 1581.248 Kg							
2 Beban Tambahan							
<u>Gording CNP 125.50.20.2.3</u>							
- Berat sendiri w = 4.867 kg/m'							
- Panjang total L = 6 m'							
- Jumlah Profil n = 20 batang							
- Berat total Wt = 584.04 Kg							
<u>Atap seng Spandek (asumsi t = 3mm)</u>							
- Berat sendiri w = 6.3 kg/m <sup>2</sup>							
- Panjang atap L = 31.88 m'							
- Lebar atap n = 6 m'							
- Berat total Wt = 1205.064 Kg							
<b>TOTAL BERAT SENDIRI ATAP</b>				<b>Watap = 3370.352 Kg</b>			

<u>Distribusi beban mati rafter</u>			
Panjang Rafter total	n =	31.88 titik	
Berat Sendiri (input SAP 2000)	D =	105.720 Kg/m'	(input SAP 2000)
<u>Mekanikal &amp; Elektrikal</u>			
- Berat sendiri	w =	10 kg/m <sup>2</sup>	
- Panjang atap	L =	31.88 m'	
- Lebar atap	n =	6 m'	
- Berat total	Wt =	1912.8 Kg	
<b>TOTAL BERAT TAMBAHAN (SDL) ATAF</b>		<b>W<sub>SDL</sub> =</b>	<b>1912.8 Kg</b>
<u>Distribusi beban mati tambahan rafter</u>			
Panjang Rafter total	n =	31.88 m'	
Berat Sendiri (input SAP 2000)	D =	60.000 Kg/m'	(input SAP 2000)
<b>2) BEBAN HIDUP ATAP</b>			
Beban hidup atap	P =	100 kg	
<b>TOTAL BEBAN HIDUP ATAP</b>		<b>W<sub>LL</sub> =</b>	<b>2100 Kg</b>

The image part with relationship ID 15671 was not found in the file.



<b>1 Data output berat tingkat (SAP 2000)</b>				
1	TOTAL BERAT SENDIRI ATAP	=	3370.4	Kg
2	TOTAL BERAT TAMBAHAN (SDL) ATAP	=	1912.8	Kg
3	BEBAN KOLOM			
	WF 350.175.7.11	=	49.56	Kg/m'
	Panjang	=	7	m
	Berat total	=	693.84	Kg
<hr/>				
	TOTAL BERAT BEBAN MATI	=	5977	Kg
4	TOTAL BEBAN HIDUP ATAP	=	2100	Kg
	Berat bangunan diambil 100%Dead + 30%	=	6607	Kg
<hr/>				
<b>2</b>	<b>Faktor keutamaan, <math>I_e</math></b>	=	<b>1</b>	112.5

Tabel 2. Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ )

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

**3 Daktalitas Struktur/Faktor reduksi, R = 4.5**

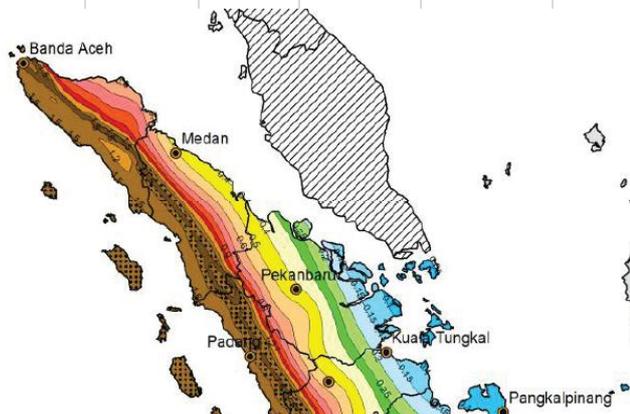
Tabel 9-Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>d</sup>
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
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
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 <sup>10</sup>	TI <sup>10</sup>	TI <sup>10</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>10</sup>	TI <sup>10</sup>	TI <sup>10</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI

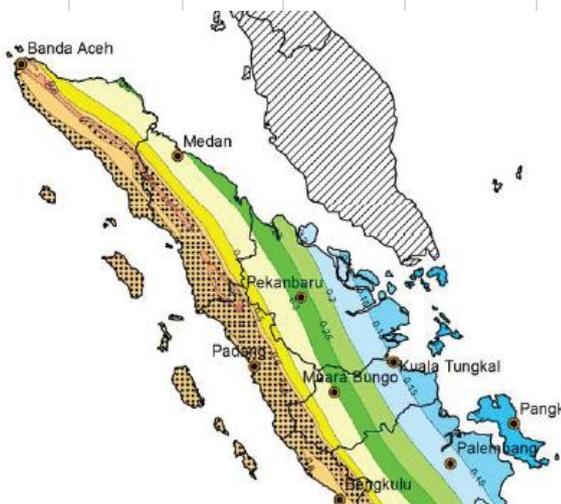
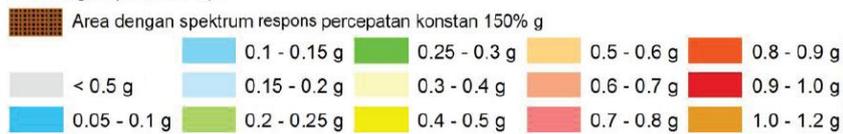
#### 4 Nilai Faktor respon Gempa, C

Wilayah : Medan  
 Tanah : Sedang (kategori SD)

1. Respon spektral periode pendek  $S_s = 0.6$  (Peta)  
 2. Respon spektral periode 1 detik  $S_1 = 0.4$



Keterangan ( $S_s$ ,  $MCE_R$ ) :



Keterangan ( $S_1$ ,  $MCE_R$ ) :



3. Menghitung nilai faktor  $F_a$   $F_a = 1.32$

Tabel 4. Koefisien situs,  $F_a$

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

interpolasi

0.6	1.32
	89
x	y
0.5	1.4
0.75	1.2

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier

4. Menghitung nilai faktor Fv  $F_v = 1.6$

Tabel 5. Koefisien situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>r</sub> ) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, $S_v$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	3,0	2,7	2,4
SF	SS	SS	SS	SS	SS

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linear  
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat pasal 6.10.1.

interpolasi

0	#DIV/0!
x	y
0	1.4
0	1.2

5. parameter respon pendek, SMS  $SMS = F_a \times SS = 0.792$

6. parameter respon 1 detik, SM1  $SM1 = F_v \times S1 = 0.64$

7. parameter respon desain pendek, SDS  $SDS = 2/3 SMS = 0.528$

8. parameter respon desain 1 detik, SD1  $SD1 = 2/3 SM1 = 0.42667$

9. menentukan kategori Desain

**Berdasarkan SDS, Kategori bangunan D**  
**Berdasarkan SD1, Kategori bangunan D**

Tabel 6. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.

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

Tabel 7. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

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

10 Menghitung Periode Bangunan

a) Periode awal  $T_a = C_t \cdot h_n^x$

Nilai  $C_t = 0.0724$  (tabel 15)  
 $x = 0.8$  (tabel 15)  
 Tinggi bangunan (hn) = 7 m  
 Maka  $T_a = 0.343$  sekon

Tabel 15. Nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan x

Tipe struktur	$C_t$	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan 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

b) Periode maksimum

$$T_{max} = C_u * T_a \quad (\text{SNI}) = 0.481 \text{ sekon}$$

$$C_u = 1.4$$

**Tabel 14.** Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0.4$	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
$\leq 0.1$	1.7

c) Periode alternatif

$$N \text{ jumlah tingkat} = 1$$

$$T_a = 0,1 N \text{ (SNI...)} = 0.1 \text{ detik}$$

d) Periode SAP 2000 (SAP 2000)

$$T_{sap 2000} = 2.97 \text{ detik}$$

11. menghitung gaya geser dasar V

$$V = C_s * wt = 775.220 \text{ Kg}$$

$$C_s = SDS / (R/le) = 0.117 \text{ g}$$

**12. Menghitung beban geser tingkat**

eksponen k (tergantung periode), ada penjelasan di SNI 2012

	T	k
Gaya gempa lateral ( $F_x$ )	0.5	1
$F_x = C_{vx} V$	2.5	2
Dan	2.97	2.24

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

lantai ke	hi (m)	hi^k	Wi (kg)	wi * hi^k	Cvx	Fi x dan y
1	7	77.409	6606.992	511443.78	1	775.22
			$\Sigma w_i * h_i^k$	511443.78		

Hitungan Desain Beban Angin						
Kategori bangunan	=	I				(Tabel 1.5-1)
Kecepatan angin dasar, V	=	100	km/jam		62.14	mph
	=	27.8	m/s			
Ketinggian SPBAU dinding, z	=	8.00	m		26.24	ft
Ketinggian SPBAU atap rata-rata, h	=	5.40	m		17.712	ft
Sudut kemiringan atap, $\alpha$	=	15.00	°			
Panjang bangunan, B	=	30.00	m		98.4	ft
Lebar bangunan, L	=	30.00	m		98.4	ft
Koefisien denah bangunan, L/B	=	1.00				
Koefisien banggigi bangunan, h/L	=	0.18				
Parameter beban angin:						
- Faktor arah angin, K <sub>d</sub>	=	0.8				(Tabel 26.6-1)
- Kategori exposure	=	C				(Gedung diatas 9,0 m)
- Faktor topografi, K <sub>zt</sub>	$K_{zt} = (1 + K_1 * K_2 * K_3)^2$	=	1			(Tabel 26.8-1)
	K <sub>1</sub> =	0				
	K <sub>2</sub> =	1				
	K <sub>3</sub> =	1				
- Klasifikasi ketertutupan,	=	Bangunan tertutup				
- Koefisien tekanan internal, G <sub>C<sub>pi</sub></sub>	=	0.55				(Tabel 26.11-1)
Koefisien eksposur tekanan velositas pd z, k <sub>z</sub>	=	0.94				(Tabel 27.3-1)
Koefisien eksposur tekanan velositas pd h, k <sub>h</sub>	=	0.85				(Tabel 27.3-1)
Tekanan velositas, q <sub>z</sub>	$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2$	=	356.26069	N/m <sup>2</sup>		
		=	36.32	kg/m <sup>2</sup>		
Tekanan velositas, q <sub>z</sub>	$q_h = 0,613 K_h K_{zt} K_d V^2$	=	322.15063	N/m <sup>2</sup>		
		=	32.84	kg/m <sup>2</sup>		
<b>a. Tekanan Pada dinding</b>						
- Faktor efek tiupan angin, G	=	0.85				(Struktur kaku)
- Koefisien tekanan dinding, C <sub>p</sub>	=	0.80				(seluruh nilai)
Maka:						
Tekanan angin desain $p = q * G * C_p - q_i (G_{cpi})$	=	24.69	kg/m <sup>2</sup>			(q <sub>i</sub> jika tertutup sebagian 0
<b>b. Tekanan Pada atap</b>						
- Faktor efek tiupan angin, G	=	0.85				(Struktur kaku)
- Koefisien tekanan atap, C <sub>p</sub>	=	-0.50				(h/L= 0.18
Maka:						
Tekanan angin desain $p = q * G * C_p - q_i (G_{cpi})$	=	-13.96	kg/m <sup>2</sup>			(q <sub>i</sub> jika tertutup sebagian 0

Table 27.6-1  
MWFRS – Part 2: Wind Loads – Walls  
Exposure C

V (mph)	110			115			120			130			140			160			180			200		
h(ft), L/B	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2
160	49.2	48.7	43.7	54.5	53.8	48.3	60.0	59.3	53.3	72.2	71.1	64.1	85.8	84.3	76.1	117.4	115.0	103.9	155.4	151.8	137.2	200.2	195.0	176.2
150	48.0	47.5	42.6	53.0	52.4	47.1	58.4	57.7	51.9	70.1	69.2	62.3	83.3	82.0	74.0	113.8	111.7	101.0	150.6	147.3	133.3	193.8	189.0	171.0
140	35.5	35.2	29.6	39.3	38.8	32.7	43.3	42.8	36.1	52.0	51.3	43.3	61.7	60.7	51.4	84.3	82.8	70.2	111.5	109.1	92.7	143.5	140.0	118.9
130	46.6	46.2	41.4	51.5	51.0	45.8	56.7	56.1	50.4	68.1	67.2	60.6	80.7	79.6	71.8	110.2	108.3	98.0	145.6	142.6	129.2	187.2	182.9	165.7
120	34.9	34.6	29.1	38.6	38.2	32.2	42.4	42.0	35.5	50.9	50.3	42.6	60.4	59.5	50.6	82.4	81.0	68.9	108.9	106.7	90.9	140.0	136.8	116.6
110	45.3	45.0	40.2	50.0	49.6	44.5	55.0	54.5	48.9	65.9	65.2	58.7	78.1	77.1	69.6	106.4	104.7	94.8	140.4	137.7	124.9	180.4	176.5	160.1
100	34.3	34.0	28.7	37.8	37.5	31.7	41.6	41.2	34.9	49.9	49.3	41.9	59.1	58.3	49.6	80.5	79.2	67.6	106.2	104.1	89.1	136.4	133.4	114.2
90	43.9	43.6	39.0	48.5	48.1	43.1	53.3	52.8	47.4	63.8	63.1	56.8	75.4	74.6	67.3	102.8	101.1	91.5	135.1	132.7	120.5	173.3	169.8	154.3
80	33.6	33.4	28.2	37.1	36.8	31.1	40.7	40.4	34.3	48.8	48.3	41.1	57.7	57.1	48.7	78.5	77.3	66.2	103.3	101.5	87.1	132.6	129.9	111.6
70	42.5	42.3	37.7	46.9	46.6	41.6	51.5	51.1	45.8	61.5	61.0	54.8	72.7	72.0	64.8	98.6	97.3	88.1	129.6	127.6	115.8	166.0	163.0	148.2
60	32.9	32.8	27.7	36.3	36.1	30.6	39.9	39.6	33.6	47.7	47.3	40.3	56.3	55.8	47.6	76.4	75.4	64.7	100.4	98.8	85.1	128.6	126.3	108.9
50	41.1	40.9	36.4	45.2	45.0	40.1	49.6	49.3	44.1	59.2	58.8	52.7	69.8	69.3	62.3	94.5	93.5	84.5	123.9	122.2	111.0	158.5	155.9	141.9
40	32.3	32.1	27.2	35.5	35.4	30.0	39.0	38.8	33.0	46.5	46.2	39.4	54.9	54.4	46.6	74.2	73.4	63.2	97.4	96.0	82.9	124.5	122.5	106.1
30	39.6	39.4	35.0	43.5	43.3	38.5	47.7	47.5	42.3	56.8	56.5	50.6	66.9	66.5	59.7	90.3	89.4	80.8	118.1	116.7	105.9	150.6	148.5	135.2
20	31.6	31.5	26.6	34.7	34.6	29.4	38.1	37.9	32.3	45.4	45.1	38.5	53.4	53.1	45.5	72.1	71.4	61.6	94.2	93.2	80.7	120.3	118.6	103.0
15	38.0	37.9	33.5	41.8	41.6	36.9	45.8	45.6	40.5	54.4	54.2	48.3	63.9	63.6	56.9	85.9	85.3	78.8	112.0	111.0	100.5	142.6	140.9	128.1
10	30.9	30.8	26.1	33.9	33.8	28.7	37.2	37.1	31.5	44.2	44.0	37.6	52.0	51.7	44.3	69.8	69.3	59.8	91.0	90.2	78.3	115.8	114.5	99.8
5	36.4	36.3	32.0	39.9	39.9	35.2	43.7	43.6	38.6	51.9	51.7	45.9	60.8	60.6	54.0	81.4	81.0	72.7	105.8	105.0	94.9	134.2	133.0	120.7
0	30.2	30.1	25.5	33.1	33.1	28.1	36.3	36.2	30.8	43.0	42.9	36.6	50.5	50.3	43.1	67.5	67.2	58.0	87.8	87.1	75.7	111.3	110.3	96.3
0	34.6	34.6	30.3	38.0	38.0	33.3	41.6	41.5	36.5	49.2	49.1	43.4	57.6	57.4	50.9	78.8	78.5	68.3	99.4	98.8	88.9	125.6	124.7	112.8
0	29.4	29.4	24.9	32.3	32.2	27.4	35.3	35.2	30.0	41.8	41.7	35.6	48.9	48.8	41.9	65.2	65.0	56.1	84.4	83.9	73.0	106.7	105.9	92.7
0	32.8	32.8	28.6	36.0	35.9	31.4	39.3	39.2	34.3	46.4	46.3	40.7	54.2	54.1	47.7	72.0	71.8	63.7	92.7	92.4	82.5	116.7	116.1	104.4
0	28.7	28.6	24.3	31.4	31.4	26.7	34.3	34.3	29.2	40.5	40.5	34.6	47.4	47.3	40.5	62.9	62.7	54.2	81.0	80.7	70.2	101.9	101.4	88.8
0	30.8	30.8	26.7	33.7	33.7	29.3	36.8	36.8	32.0	43.4	43.4	37.8	50.6	50.5	44.2	68.9	68.8	58.8	85.8	85.6	75.8	107.4	107.1	95.5
0	27.8	27.8	23.6	30.5	30.5	25.9	33.3	33.2	28.3	39.2	39.2	33.5	45.7	45.7	39.2	60.4	60.3	52.1	77.5	77.3	67.2	97.1	96.8	84.6
0	28.5	28.5	24.6	31.2	31.2	27.0	34.1	34.1	29.5	40.1	40.1	34.8	46.7	46.6	40.5	61.4	61.4	53.6	78.4	78.3	68.8	97.8	97.6	86.1
0	26.9	26.9	22.9	29.4	29.4	25.1	32.1	32.1	27.4	37.8	37.8	32.4	44.0	43.9	37.7	57.8	57.8	49.9	73.9	73.8	64.0	92.1	91.9	80.2
0	26.2	26.2	22.6	28.6	28.6	24.7	31.2	31.2	26.9	36.7	36.7	31.7	42.6	42.6	36.9	55.9	55.9	48.5	71.1	71.1	61.9	88.2	88.2	77.0
0	25.8	25.8	22.2	28.3	28.3	24.3	30.8	30.8	26.5	36.2	36.2	31.2	42.1	42.1	36.3	55.2	55.1	47.7	70.1	70.1	60.9	87.1	87.0	75.8
0	25.2	25.2	21.8	27.6	27.6	23.8	30.0	30.0	26.0	35.3	35.3	30.6	41.0	41.0	35.5	53.7	53.7	46.6	68.1	68.1	59.3	84.4	84.4	73.6
0	25.2	25.2	21.8	27.6	27.6	23.8	30.0	30.0	26.0	35.3	35.3	30.6	41.0	41.0	35.5	53.7	53.7	46.6	68.1	68.1	59.3	84.4	84.4	73.6

Dari Tabel 27.61 diperoleh

Data 1

Kecepatan angin dasar, V = 110 mph

Ketinggian SPBAU atap rata-rata, h = 30 ft

Koefisien denah bangunan, L/B = 1

Maka:

Tekanan angin puncak,  $p_h$  = 28.5 psf 139.14 kg/m<sup>2</sup>

Tekanan angin awal,  $p_o$  = 26.9 psf 131.33 kg/m<sup>2</sup>

Untuk menghitung tekanan angin, diperoleh dengan interpolasi:

No	Subjek	V	h	L/B	$p_h$		$p_o$	
		(mph)	(ft)		(psf)	kg/m <sup>2</sup>	(psf)	kg/m <sup>2</sup>
1	Data 1	110	30	1	28.5	139.14	26.9	131.33
2	Data2	115	30	1	31.2	152.32	29.4	143.53
3	Hit data	62.14	17.712	1.00	2.6556	12.96	2.97	14.50

**Tabel 27.6-2**  
**SPBAU – Bagian 2: Beban Angin – Atap**  
**Eksposur C**

SPBAU – Atap  
 V = 110-120 mph  
 h = 15-40 ft.

h (ft)	V (MPH)		110					115					120				
	Roof Slope	Load Case	Zone					Zone					Zone				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
40	Flat < 2:12 (9.46 deg)	1	NA	NA	-29.1	-28.0	-21.3	NA	NA	-31.8	-28.4	-23.3	NA	NA	-34.7	-30.9	-25.3
		2	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0
	3:12 (14.0 deg)	1	-28.6	-19.4	-29.1	-28.0	-21.3	-31.2	-22.5	-31.8	-28.4	-23.3	-34.0	-23.1	-34.7	-30.9	-25.3
		2	4.1	-5.8	0.0	0.0	0.0	4.5	-8.3	0.0	0.0	0.0	4.9	-6.9	0.0	0.0	0.0
	4:12 (18.4 deg)	1	-23.5	-19.0	-29.1	-28.0	-21.3	-25.7	-20.7	-31.8	-28.4	-23.3	-28.0	-22.6	-34.7	-30.9	-25.3
		2	8.1	-8.3	0.0	0.0	0.0	8.9	-9.1	0.0	0.0	0.0	9.7	-9.9	0.0	0.0	0.0
	5:12 (22.6 deg)	1	-16.8	-19.0	-29.1	-28.0	-21.3	-20.6	-20.7	-31.8	-28.4	-23.3	-22.4	-22.6	-34.7	-30.9	-25.3
		2	10.8	-9.1	0.0	0.0	0.0	11.8	-9.9	0.0	0.0	0.0	12.9	-10.8	0.0	0.0	0.0
	6:12 (26.6 deg)	1	-15.1	-19.0	-29.1	-28.0	-21.3	-16.5	-20.7	-31.8	-28.4	-23.3	-16.0	-22.6	-34.7	-30.9	-25.3
		2	12.0	-9.1	0.0	0.0	0.0	13.1	-8.9	0.0	0.0	0.0	14.2	-10.8	0.0	0.0	0.0
	9:12 (36.9 deg)	1	-8.6	-19.0	-29.1	-28.0	-21.3	-9.8	-20.7	-31.8	-28.4	-23.3	-10.4	-22.6	-34.7	-30.9	-25.3
		2	14.3	-9.1	0.0	0.0	0.0	15.6	-9.9	0.0	0.0	0.0	17.0	-10.8	0.0	0.0	0.0
	12:12 (45.0 deg)	1	-4.9	-19.0	-29.1	-28.0	-21.3	-5.4	-20.7	-31.8	-28.4	-23.3	-5.9	-22.6	-34.7	-30.9	-25.3
		2	14.3	-9.1	0.0	0.0	0.0	15.6	-9.9	0.0	0.0	0.0	17.0	-10.8	0.0	0.0	0.0
30	Flat < 2:12 (9.46 deg)	1	NA	NA	-27.4	-24.4	-20.0	NA	NA	-30.0	-28.7	-21.9	NA	NA	-32.6	-29.1	-23.9
		2	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0
	3:12 (14.0 deg)	1	-28.9	-16.3	-27.4	-24.4	-20.0	-29.4	-21.2	-30.0	-28.7	-21.9	-32.0	-21.8	-32.6	-29.1	-23.9
		2	3.9	-5.5	0.0	0.0	0.0	4.2	-6.0	0.0	0.0	0.0	4.6	-6.5	0.0	0.0	0.0
	4:12 (18.4 deg)	1	-22.1	-17.8	-27.4	-24.4	-20.0	-24.2	-19.5	-30.0	-28.7	-21.9	-26.3	-21.2	-32.6	-29.1	-23.9
		2	7.7	-7.8	0.0	0.0	0.0	8.4	-8.6	0.0	0.0	0.0	9.1	-9.3	0.0	0.0	0.0
	5:12 (22.6 deg)	1	-17.7	-17.8	-27.4	-24.4	-20.0	-19.4	-19.5	-30.0	-28.7	-21.9	-21.1	-21.2	-32.6	-29.1	-23.9
		2	10.2	-8.5	0.0	0.0	0.0	11.1	-9.3	0.0	0.0	0.0	12.1	-10.2	0.0	0.0	0.0
	6:12 (26.6 deg)	1	-14.3	-17.8	-27.4	-24.4	-20.0	-15.6	-19.5	-30.0	-28.7	-21.9	-17.0	-21.2	-32.6	-29.1	-23.9
		2	11.3	-8.5	0.0	0.0	0.0	12.3	-9.3	0.0	0.0	0.0	13.4	-10.2	0.0	0.0	0.0
	9:12 (36.9 deg)	1	-8.3	-17.8	-27.4	-24.4	-20.0	-9.0	-19.5	-30.0	-28.7	-21.9	-9.8	-21.2	-32.6	-29.1	-23.9
		2	13.4	-8.5	0.0	0.0	0.0	14.7	-9.3	0.0	0.0	0.0	16.0	-10.2	0.0	0.0	0.0
	12:12 (45.0 deg)	1	-4.7	-17.8	-27.4	-24.4	-20.0	-5.1	-19.5	-30.0	-28.7	-21.9	-5.5	-21.2	-32.6	-29.1	-23.9
		2	13.4	-8.5	0.0	0.0	0.0	14.7	-9.3	0.0	0.0	0.0	16.0	-10.2	0.0	0.0	0.0
20	Flat < 2:12 (9.46 deg)	1	NA	NA	-25.2	-22.4	-18.4	NA	NA	-27.5	-24.5	-20.1	NA	NA	-30.0	-26.7	-21.9
		2	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0
	3:12 (14.0 deg)	1	-24.7	-16.8	-25.2	-22.4	-18.4	-27.0	-19.4	-27.5	-24.5	-20.1	-29.4	-20.0	-30.0	-26.7	-21.9
		2	3.8	-5.0	0.0	0.0	0.0	3.9	-5.5	0.0	0.0	0.0	4.2	-6.0	0.0	0.0	0.0
	4:12 (18.4 deg)	1	-20.3	-16.4	-25.2	-22.4	-18.4	-22.2	-17.9	-27.5	-24.5	-20.1	-24.2	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9
		2	7.0	-7.2	0.0	0.0	0.0	7.7	-7.9	0.0	0.0	0.0	8.4	-8.6	0.0	0.0	0.0
	5:12 (22.6 deg)	1	-16.3	-16.4	-25.2	-22.4	-18.4	-17.8	-17.9	-27.5	-24.5	-20.1	-19.4	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9
		2	9.4	-7.8	0.0	0.0	0.0	10.2	-8.6	0.0	0.0	0.0	11.1	-9.3	0.0	0.0	0.0
	6:12 (26.6 deg)	1	-13.1	-16.4	-25.2	-22.4	-18.4	-14.3	-17.9	-27.5	-24.5	-20.1	-15.6	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9
		2	10.3	-7.8	0.0	0.0	0.0	11.3	-8.6	0.0	0.0	0.0	12.3	-9.3	0.0	0.0	0.0
	9:12 (36.9 deg)	1	-7.6	-16.4	-25.2	-22.4	-18.4	-8.3	-17.9	-27.5	-24.5	-20.1	-9.0	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9
		2	12.3	-7.8	0.0	0.0	0.0	13.5	-8.6	0.0	0.0	0.0	14.7	-9.3	0.0	0.0	0.0
	12:12 (45.0 deg)	1	-4.3	-16.4	-25.2	-22.4	-18.4	-4.7	-17.9	-27.5	-24.5	-20.1	-5.1	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9
		2	12.3	-7.8	0.0	0.0	0.0	13.5	-8.6	0.0	0.0	0.0	14.7	-9.3	0.0	0.0	0.0
15	Flat < 2:12 (9.46 deg)	1	NA	NA	-23.7	-21.1	-17.3	NA	NA	-25.9	-23.1	-18.9	NA	NA	-26.2	-25.1	-20.8
		2	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0
	3:12 (14.0 deg)	1	-23.2	-15.8	-23.7	-21.1	-17.3	-25.4	-18.3	-25.9	-23.1	-18.9	-27.7	-16.8	-26.2	-25.1	-20.8
		2	3.4	-4.7	0.0	0.0	0.0	3.7	-5.2	0.0	0.0	0.0	4.0	-5.8	0.0	0.0	0.0
	4:12 (18.4 deg)	1	-19.1	-15.4	-23.7	-21.1	-17.3	-20.9	-16.9	-25.9	-23.1	-18.9	-22.7	-18.4	-26.2	-25.1	-20.8
		2	6.6	-6.8	0.0	0.0	0.0	7.2	-7.4	0.0	0.0	0.0	7.9	-8.1	0.0	0.0	0.0
	5:12 (22.6 deg)	1	-15.3	-15.4	-23.7	-21.1	-17.3	-16.8	-16.9	-25.9	-23.1	-18.9	-18.2	-16.4	-26.2	-25.1	-20.8
		2	8.8	-7.4	0.0	0.0	0.0	9.8	-8.1	0.0	0.0	0.0	10.5	-8.8	0.0	0.0	0.0
	6:12 (26.6 deg)	1	-12.3	-15.4	-23.7	-21.1	-17.3	-13.5	-16.9	-25.9	-23.1	-18.9	-14.7	-16.4	-26.2	-25.1	-20.8
		2	9.7	-7.4	0.0	0.0	0.0	10.6	-8.1	0.0	0.0	0.0	11.6	-8.8	0.0	0.0	0.0
	9:12 (36.9 deg)	1	-7.1	-15.4	-23.7	-21.1	-17.3	-7.8	-16.9	-25.9	-23.1	-18.9	-8.5	-16.4	-26.2	-25.1	-20.8
		2	11.6	-7.4	0.0	0.0	0.0	12.7	-8.1	0.0	0.0	0.0	13.8	-8.8	0.0	0.0	0.0
	12:12 (45.0 deg)	1	-4.0	-15.4	-23.7	-21.1	-17.3	-4.4	-16.9	-25.9	-23.1	-18.9	-4.8	-16.4	-26.2	-25.1	-20.8
		2	11.6	-7.4	0.0	0.0	0.0	12.7	-8.1	0.0	0.0	0.0	13.8	-8.8	0.0	0.0	0.0

<u>Dari Tabel 27.62 diperoleh</u>								
Kecepatan angin dasar, V					=	110 mph		
Ketinggian SPBAU atap rata-rata, h					=	30 ft		
Zona wilayah angin					=	3		
Sudut atap					=	14		
Maka:								
					Angin tekan, $p_t$	=	0 psf	0.00 kg/m <sup>2</sup>
					Angin hisap, $p_h$	=	-24.4 psf	-119.12 kg/m <sup>2</sup>
Untuk menghitung tekanan angin, diperoleh dengan interpolasi:								
No	Subjek	V	h	sudut	$p_t$		$p_h$	
		(mph)	(ft)	(o)	(psf)	kg/m <sup>2</sup>	(psf)	kg/m <sup>2</sup>
1	Data 1	110	30	14	2	9.76	-27.4	-133.77
2	Data2	115	30	14	2	9.76	-30	-146.46
3	Hit data	62.14	17.712	14.00	2	9.76	-2.5128	-12.27
<b>Input beban SAP 2000</b>								
1. tekanan angin pada dinding,					=	14.50 kg/m <sup>2</sup>		
		Lebar segmen, L			=	6 m		
		Beban dinding SAP 2000			=	86.997 kg/m'		
2. Tekanan angin tekan pada atap:								
		Tekan, $P_t$			=	9.76 kg/m <sup>2</sup>		
		Lebar segmen, L			=	6 m		
		Beban angin tekan SAP 2000			=	58.584 kg/m'		(Input SAP)
3. Tekanan hisap tekan pada atap:								
		Hisap, $P_h$			=	-12.27 kg/m <sup>2</sup>		
		Lebar segmen, L			=	6 m		
		Beban angin hisap SAP 2000			=	-73.605 kg		

## BEBAN NOTIONAL

<u>Besarnya beban Notional adalah;</u>	
$N_i = 0,002 * \alpha * Y_i$	
$N_i$ =	beban notional
$\alpha$ =	Faktor penyesuaian level gaya DFBK/DKI (DFBK=
$Y_i$ =	Berat tingkat struktur
Data yang diperoleh:	
$Y_i$ =	5976.99 kg
$\alpha$ =	1
$N_i$ =	11.954



Perhitungan Pembebanan								
1) BEBAN MATI ATAP								
1 Beban Berat sendiri struktur								
<u>Doble CNP 150x50x20x4,5</u>								
- Berat sendiri		w =	32.2 kg/m'					
- Panjang total		L =	31.88 m'					
- Jumlah Profil		n =	2 segmen					
- Berat total		Wt =	2053.072 Kg					
<u>Besi Baja Dia. 13 mm</u>								
- Berat sendiri		w =	1.12 kg/m'					
- Panjang total		L =	23.22 m'					
- Jumlah Profil		n =	2 segmen					
- Berat total		Wt =	52.0128 Kg					
2 Beban Tambahan								
<u>Gording CNP 125.50.20.2,3</u>								
- Berat sendiri		w =	4.867 kg/m'					
- Panjang total		L =	6 m'					
- Jumlah Profil		n =	20 batang					
- Berat total		Wt =	584.04 Kg					
<u>Atap seng Spandek (asumsi t = 3mm)</u>								
- Berat sendiri		w =	6.3 kg/m <sup>2</sup>					
- Panjang atap		L =	31.88 m'					
- Lebar atap		n =	6 m'					
- Berat total		Wt =	1205.064 Kg					
<b>TOTAL BERAT SENDIRI ATAP</b>		Watap =	3894.189 Kg					
<u>Distribusi beban mati di titik Joint</u>								
Jumlah titik Join		n =	42 titik					
Berat Sendiri (SAP 2000)		D =	92.719 Kg/titik			(input SAP 2000)		

Mekanikal & Elektrikal								
- Berat sendiri			w =	10 kg/m <sup>2</sup>				
- Panjang atap			L =	31.88 m'				
- Lebar atap			n =	6 m'				
- Berat total			Wt =	1912.8 Kg				
TOTAL BERAT TAMBAHAN (SDL) ATAP			W <sub>SDL</sub> =	1912.8 Kg				
<u>Distribusi beban mati tambahan di titik Joint</u>								
Jumlah titik Join			n =	21 titik				
Berat beban tambahan (SDL)			D =	91.08571 Kg/titik				
Berat tambahan (SAP 2000)			SDL =	4.337415 Kg/titik	(input SAP 2000)			
2) BEBAN HIDUP ATAP								
Beban hidup atap			P =	100 kg				
<u>Jumlah titik beban</u>			n =	21				
TOTAL BEBAN HIDUP ATAP			W <sub>LL</sub> =	2100 Kg				

1	Data output berat tingkat (SAP 2000)				
1	TOTAL BERAT SENDIRI ATAP	=	3894.189	Kg	
2	TOTAL BERAT TAMBAHAN (SDL) ATAP	=	1912.8	Kg	
3	BEBAN KOLOM				
	WF 350.175.7.11 =		49.56	Kg/m'	
	Panjang =		7	m	
	Berat total	=	693.84	Kg	
	TOTAL BERAT BEBAN MATI BANGUNAN	=	6500.829	Kg	
4	TOTAL BEBAN HIDUP ATAP	=	2100	Kg	
	Berat bangunan diambil 100% Dead + 30% Live:	=	7130.829	Kg	
2	Faktor keutamaan, $I_e$	=	1		

Tabel 2. Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ )

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

3 Daktalitas Struktur/Faktor reduksi, R = 4.5

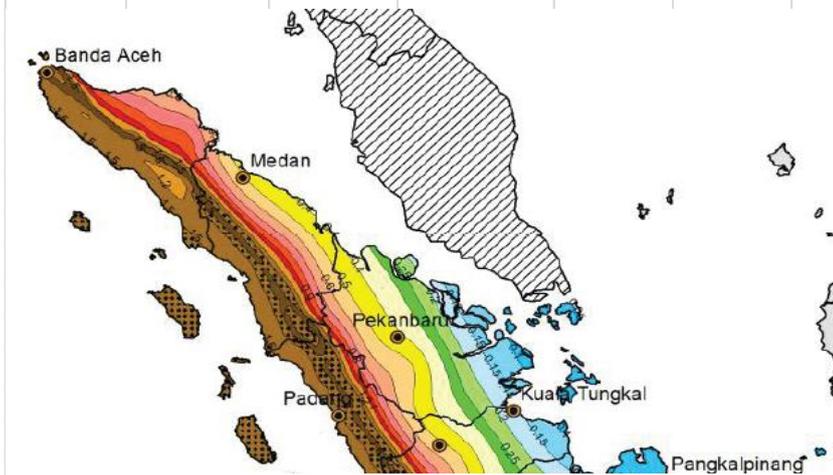
Tabel 9-Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
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
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
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 <sup>h/j</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI

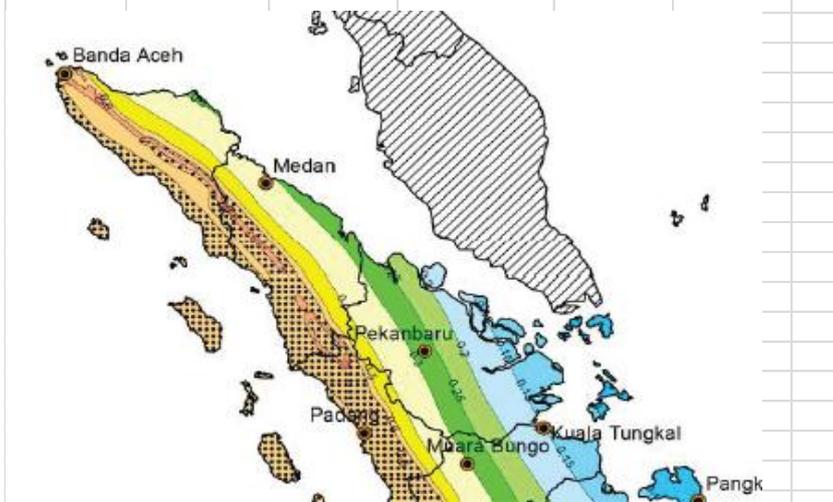
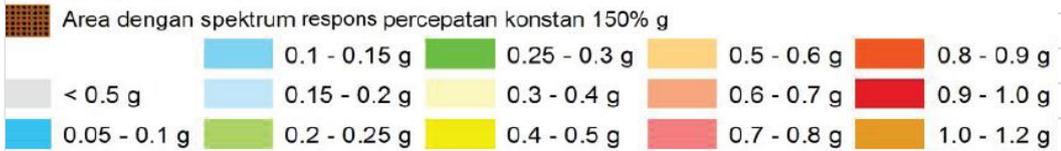
**Nilai Faktor respon Gempa, C**

Wilayah : Medan  
 Tanah : Sedang (kategori SD)

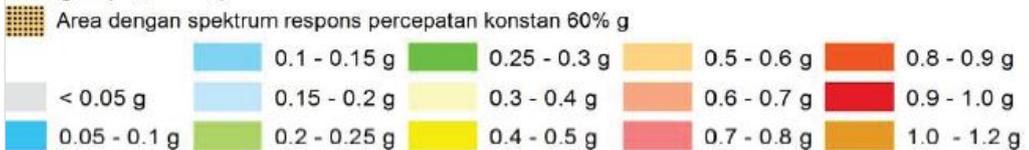
1. Respon spektral periode pendek  $S_s = 0.6$  (Peta)  
 2. Respon spektral periode 1 detik  $S_1 = 0.4$



terangan ( $S_s, MCE_R$ ) :



terangan ( $S_1, MCE_R$ ) :



3. Menghitung nilai faktor  $F_a$   $F_a = 1.32$

**Tabel 4.** Koefisien situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, $S_g$				
	$S_g \leq 0,25$	$S_g = 0,5$	$S_g = 0,75$	$S_g = 1,0$	$S_g \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_g$  dapat dilakukan interpolasi linier

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

4. Menghitung nilai faktor  $F_v$   $F_v = 1.6$

**Tabel 5.** Koefisien situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

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

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

5. parameter respon pendek, SMS  $SMS = F_a \times SS = 0.792$

6. parameter respon 1 detik, SM1  $SM1 = F_v \times S1 = 0.64$

7. parameter respon desain pendek, SDS  $SDS = 2/3 SMS = 0.528$

8. parameter respon desain 1 detik, SD1  $SD1 = 2/3 SM1 = 0.4266667$

9. menentukan kategori Desain

**Berdasarkan SDS, Kategori bangunan D**

**Berdasarkan SD1, Kategori bangunan D**

**Tabel 6.** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.

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

**Tabel 7.** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

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

a) Periode awal

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai $C_t$	=	0.0724	tabel 15
x	=	0.8	tabel 15
Tinggi bangunan (hn)		7 m	
Maka $T_a$	=	0.343	sekon

**Tabel 15.** Nilai parameter perioda pendekatan  $C_t$  dan x

Tipe struktur	$C_t$	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan 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

b) Periode maksimum

$$T_{max} = C_u \cdot T_a \quad (\text{SNI}) = 0.481 \text{ sekon}$$

$$C_u = 1.4$$

**Tabel 14.** Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7



## Hitungan Desain Beban Angin

Kategori bangunan	=	I	(Tabel 1.5-1)
Kecepatan angin dasar, V	=	100 km/jam	62.14 mph
	=	27.8 m/s	
Ketinggian SPBAU dinding, z	=	8.00 m	26.24 ft
Ketinggian SPBAU atap rata-rata, h	=	5.40 m	17.712 ft
Sudut kemiringan atap, $\alpha$	=	15.00 °	
Panjang bangunan, B	=	30.00 m	98.4 ft
Lebar bangunan, L	=	30.00 m	98.4 ft
Koefisien denah bangunan, L/B	=	1.00	
Koefisien banggung bangunan, h/L	=	0.18	
Parameter beban angin:			
- Faktor arah angin, $K_d$	=	0.8	(Tabel 26.6-1)
- Kategori exposure	=	C	(Gedung diatas 9,0 m)
- Faktor topografi, $K_{zt} = (1 + K_1 * K_2 * K_3)^2$	=	1	(Tabel 26.8-1)
		$K_1 = 0$	
		$K_2 = 1$	
		$K_3 = 1$	
- Klasifikasi ketertutupan,	=	Bangunan tertutup	
- Koefisien tekanan internal, $G C_{pi}$	=	0.55	(Tabel 26.11-1)
Koefisien eksposur tekanan velositas pd z, $k_z$	=	0.94	(Tabel 27.3-1)
Koefisien eksposur tekanan velositas pd h, $k_h$	=	0.85	(Tabel 27.3-1)
Tekanan velositas, $q_z q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2$	=	356.260692 N/m <sup>2</sup>	
	=	36.32 kg/m <sup>2</sup>	
Tekanan velositas, $q_z q_h = 0,613 K_h K_{zt} K_d V^2$	=	322.150626 N/m <sup>2</sup>	
	=	32.84 kg/m <sup>2</sup>	
<b>a. Tekanan Pada dinding</b>			
- Faktor efek tiupan angin, G	=	0.85	(Struktur kaku)
- Koefisien tekanan dinding, Cp	=	0.80	(seluruh nilai)
Maka:			
Tekanan angin desain $q * G * C_p - q_i (G c_{pi})$	=	24.69 kg/m <sup>2</sup>	( $q_i$ jika tertutup sebagian 0)
<b>b. Tekanan Pada atap</b>			
- Faktor efek tiupan angin, G	=	0.85	(Struktur kaku)
- Koefisien tekanan atap, Cp	=	-0.50	(h/L= 0.18)
Maka:			
Tekanan angin desain $q * G * C_p - q_i (G c_{pi})$	=	-13.96 kg/m <sup>2</sup>	( $q_i$ jika tertutup sebagian 0)

Table 276-1  
 MWFRS – Part 2: Wind Loads – Walls  
 Exposure C

V(mph)	110			115			120			130			140			160			180			200					
	h(ft), L/B	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2		
160	49.2	48.7	43.7	54.5	53.8	48.3	60.0	59.3	53.3	72.2	71.1	64.1	85.8	84.3	76.1	117.4	115.0	103.9	155.4	151.8	137.2	200.2	195.0	176.2			
	36.1	35.7	30.0	40.0	39.5	33.2	44.1	43.5	36.6	53.0	52.2	44.0	62.9	61.9	52.3	86.2	84.4	71.5	114.1	111.4	94.3	146.9	143.1	121.1			
150	48.0	47.5	42.6	53.0	52.4	47.1	58.4	57.7	51.9	70.1	69.2	62.3	83.3	82.0	74.0	113.8	111.7	101.0	150.6	147.3	133.3	193.8	189.0	171.0			
	35.5	35.2	29.6	39.3	38.8	32.7	43.3	42.8	36.1	52.0	51.3	43.3	61.7	60.7	51.4	84.3	82.8	70.2	111.5	109.1	92.7	143.5	140.0	118.9			
140	46.6	46.2	41.4	51.5	51.0	45.8	56.7	56.1	50.4	68.1	67.2	60.6	80.7	79.6	71.8	110.2	108.3	98.0	145.6	142.6	129.2	187.2	182.9	165.7			
	34.9	34.6	29.1	38.6	38.2	32.2	42.4	42.0	35.5	50.9	50.3	42.6	60.4	59.5	50.6	82.4	81.0	68.9	108.9	106.7	90.9	140.0	136.8	116.6			
130	45.3	45.0	40.2	50.0	49.6	44.5	55.0	54.5	48.9	65.9	65.2	58.7	78.1	77.1	69.6	106.4	104.7	94.8	140.4	137.7	124.9	180.4	176.5	160.1			
	34.3	34.0	28.7	37.8	37.5	31.7	41.6	41.2	34.9	49.9	49.3	41.9	59.1	58.3	49.6	80.5	79.2	67.6	106.2	104.1	89.1	136.4	133.4	114.2			
120	43.9	43.6	39.0	48.5	48.1	43.1	53.3	52.8	47.4	63.8	63.1	56.8	75.4	74.6	67.3	102.8	101.1	91.5	135.1	132.7	120.5	173.3	169.8	154.3			
	33.6	33.4	28.2	37.1	36.8	31.1	40.7	40.4	34.3	48.8	48.3	41.1	57.7	57.1	48.7	78.5	77.3	66.2	103.3	101.5	87.1	132.6	129.9	111.6			
110	42.5	42.3	37.7	46.9	46.6	41.6	51.5	51.1	45.8	61.5	61.0	54.8	72.7	72.0	64.8	98.6	97.3	88.1	129.6	127.6	115.8	166.0	163.0	148.2			
	32.9	32.8	27.7	36.3	36.1	30.6	39.9	39.6	33.6	47.7	47.3	40.3	56.3	55.8	47.6	76.4	75.4	64.7	100.4	98.8	85.1	128.6	126.3	108.9			
100	41.1	40.9	36.4	45.2	45.0	40.1	49.6	49.3	44.1	59.2	58.8	52.7	69.8	69.3	62.3	94.5	93.5	84.5	123.9	122.2	111.0	158.5	155.9	141.9			
	32.3	32.1	27.2	35.5	35.4	30.0	39.0	38.8	33.0	46.5	46.2	39.4	54.9	54.4	46.6	74.2	73.4	63.2	97.4	96.0	82.9	124.5	122.5	106.1			
90	39.6	39.4	35.0	43.5	43.3	38.5	47.7	47.5	42.3	56.8	56.5	50.6	66.9	66.5	59.7	90.3	89.4	80.8	118.1	116.7	105.9	150.6	148.5	135.2			
	31.6	31.5	26.6	34.7	34.6	29.4	38.1	37.9	32.3	45.4	45.1	38.5	53.4	53.1	45.5	72.1	71.4	61.6	94.2	93.2	80.7	120.3	118.6	103.0			
80	38.0	37.9	33.5	41.8	41.6	36.9	45.8	45.6	40.5	54.4	54.2	48.3	63.9	63.6	56.9	85.9	85.3	76.8	112.0	111.0	100.5	142.6	140.9	128.1			
	30.9	30.8	26.1	33.9	33.8	28.7	37.2	37.1	31.5	44.2	44.0	37.6	52.0	51.7	44.3	69.8	69.3	59.8	91.0	90.2	78.3	115.8	114.5	99.8			
70	36.4	36.3	32.0	39.9	39.9	35.2	43.7	43.6	38.6	51.9	51.7	45.9	60.8	60.6	54.0	81.4	81.0	72.7	105.8	105.0	94.9	134.2	133.0	120.7			
	30.2	30.1	25.5	33.1	33.1	28.1	36.3	36.2	30.8	43.0	42.9	36.6	50.5	50.3	43.1	67.5	67.2	58.0	87.8	87.1	75.7	111.3	110.3	96.3			
60	34.6	34.6	30.3	38.0	38.0	33.3	41.6	41.5	36.5	49.2	49.1	43.4	57.6	57.4	50.9	76.8	76.5	68.3	99.4	98.8	88.9	125.6	124.7	112.8			
	29.4	29.4	24.9	32.3	32.2	27.4	35.3	35.2	30.0	41.8	41.7	35.6	48.9	48.8	41.9	65.2	65.0	56.1	84.4	83.9	73.0	106.7	105.9	92.7			
50	32.8	32.8	28.6	36.0	35.9	31.4	39.3	39.2	34.3	46.4	46.3	40.7	54.2	54.1	47.7	72.0	71.8	63.7	92.7	92.4	82.5	116.7	116.1	104.4			
	28.7	28.6	24.3	31.4	31.4	26.7	34.3	34.3	29.2	40.5	40.5	34.6	47.4	47.3	40.5	62.9	62.7	54.2	81.0	80.7	70.2	101.9	101.4	88.8			
40	30.8	30.8	26.7	33.7	33.7	29.3	36.8	36.8	32.0	43.4	43.4	37.8	50.6	50.5	44.2	66.9	66.8	58.8	85.8	85.6	75.8	107.4	107.1	95.5			
	27.8	27.8	23.6	30.5	30.5	25.9	33.3	33.2	28.3	39.2	39.2	33.5	45.7	45.7	39.2	60.4	60.3	52.1	77.5	77.3	67.2	97.1	96.8	84.6			
30	28.5	28.5	24.6	31.2	31.2	27.0	34.1	34.1	29.5	40.1	40.1	34.8	46.7	46.6	40.5	61.4	61.4	53.6	78.4	78.3	68.8	97.8	97.6	86.1			
	26.9	26.9	22.9	29.4	29.4	25.1	32.1	32.1	27.4	37.8	37.8	32.4	44.0	43.9	37.7	57.9	57.8	49.9	73.9	73.8	64.0	92.1	91.9	80.2			
20	26.2	26.2	22.6	28.6	28.6	24.7	31.2	31.2	26.9	36.7	36.7	31.7	42.6	42.6	36.9	55.9	55.9	48.5	71.1	71.1	61.9	88.2	88.2	77.0			
	25.8	25.8	22.2	28.3	28.3	24.3	30.8	30.8	26.5	36.2	36.2	31.2	42.1	42.1	36.3	55.2	55.1	47.7	70.1	70.1	60.9	87.1	87.0	75.8			
15	25.2	25.2	21.8	27.6	27.6	23.8	30.0	30.0	26.0	35.3	35.3	30.6	41.0	41.0	35.5	53.7	53.7	46.6	68.1	68.1	59.3	84.4	84.4	73.6			
	25.2	25.2	21.8	27.6	27.6	23.8	30.0	30.0	26.0	35.3	35.3	30.6	41.0	41.0	35.5	53.7	53.7	46.6	68.1	68.1	59.3	84.4	84.4	73.6			

Dari Tabel 27.61 diperoleh								
Data 1								
Kecepatan angin dasar, $V$		=	110 mph					
Ketinggian SPBAU atap rata-rata, $h$		=	30 ft					
Koefisien denah bangunan, $L/B$		=	1					
Maka:								
		Tekanan $a$	=	28.5 psf	139.137	kg/m <sup>2</sup>		
		Tekanan angin awal, $p_o$	=	26.9 psf	131.33	kg/m <sup>2</sup>		
Untuk menghitung tekanan angin, diperoleh dengan interpolasi:								
No	Subjek	$V$	$h$	$L/B$	$p_h$	$p_o$		
		(mph)	(ft)			(psf)		
		110	30	1	28.5	139.137	26.9	131.326
2	Data2	115	30	1	31.2	152.32	29.4	143.53
3	Hit data	62.14	17.712	1	2.6556	12.96	2.97	14.50

2. Tekanan Angin Pada Atap (Berdasarkan Tabel)

Tabel 27.6-2  
SPBAU – Bagian 2: Beban Angin – Atap  
Eksposur C

SPBAU – Atap  
V = 110-120 mph  
h = 15-40 ft.

h (ft)	Roof Slope	V (MPH)	Load Case	110					115					120				
				Zone					Zone					Zone				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
40	Flat < 2:12 (9.46 deg)	1	NA	NA	-29.1	-28.0	-21.3	NA	NA	-31.8	-28.4	-23.3	NA	NA	-34.7	-30.9	-25.3	
			2	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0
	3:12 (14.0 deg)	1	-28.6	-19.4	-29.1	-28.0	-21.3	-31.2	-22.5	-31.8	-28.4	-23.3	-34.0	-23.1	-34.7	-30.9	-25.3	
			2	4.1	-5.6	0.0	0.0	0.0	4.5	-6.3	0.0	0.0	0.0	4.9	-6.9	0.0	0.0	0.0
	4:12 (18.4 deg)	1	-23.5	-19.0	-29.1	-28.0	-21.3	-25.7	-20.7	-31.8	-28.4	-23.3	-28.0	-22.6	-34.7	-30.9	-25.3	
			2	8.1	-6.3	0.0	0.0	0.0	8.9	-9.1	0.0	0.0	0.0	9.7	-9.9	0.0	0.0	0.0
	5:12 (22.6 deg)	1	-16.8	-19.0	-29.1	-28.0	-21.3	-20.8	-20.7	-31.8	-28.4	-23.3	-22.4	-22.6	-34.7	-30.9	-25.3	
			2	10.8	-9.1	0.0	0.0	0.0	11.8	-9.9	0.0	0.0	0.0	12.9	-10.8	0.0	0.0	0.0
	6:12 (26.6 deg)	1	-15.1	-19.0	-29.1	-28.0	-21.3	-16.5	-20.7	-31.8	-28.4	-23.3	-18.0	-22.6	-34.7	-30.9	-25.3	
			2	12.0	-9.1	0.0	0.0	0.0	13.1	-9.9	0.0	0.0	0.0	14.2	-10.8	0.0	0.0	0.0
	9:12 (36.9 deg)	1	-8.6	-19.0	-29.1	-28.0	-21.3	-9.6	-20.7	-31.8	-28.4	-23.3	-10.4	-22.6	-34.7	-30.9	-25.3	
			2	14.3	-9.1	0.0	0.0	0.0	15.6	-9.9	0.0	0.0	0.0	17.0	-10.8	0.0	0.0	0.0
12:12 (45.0 deg)	1	-4.9	-19.0	-29.1	-28.0	-21.3	-5.4	-20.7	-31.8	-28.4	-23.3	-5.9	-22.6	-34.7	-30.9	-25.3		
		2	14.3	-9.1	0.0	0.0	0.0	15.6	-9.9	0.0	0.0	0.0	17.0	-10.8	0.0	0.0	0.0	
30	Flat < 2:12 (9.46 deg)	1	NA	NA	-27.4	-24.4	-20.0	NA	NA	-30.0	-26.7	-21.9	NA	NA	-32.8	-29.1	-23.9	
			2	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0
	3:12 (14.0 deg)	1	-28.9	-18.3	-27.4	-24.4	-20.0	-29.4	-21.2	-30.0	-26.7	-21.9	-32.0	-21.8	-32.8	-29.1	-23.9	
			2	3.9	-5.5	0.0	0.0	0.0	4.2	-6.0	0.0	0.0	0.0	4.6	-6.5	0.0	0.0	0.0
	4:12 (18.4 deg)	1	-22.1	-17.6	-27.4	-24.4	-20.0	-24.2	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9	-26.3	-21.2	-32.8	-29.1	-23.9	
			2	7.7	-7.8	0.0	0.0	0.0	8.4	-8.6	0.0	0.0	0.0	9.1	-9.3	0.0	0.0	0.0
	5:12 (22.6 deg)	1	-17.7	-17.6	-27.4	-24.4	-20.0	-19.4	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9	-21.1	-21.2	-32.8	-29.1	-23.9	
			2	10.2	-8.5	0.0	0.0	0.0	11.1	-9.3	0.0	0.0	0.0	12.1	-10.2	0.0	0.0	0.0
	6:12 (26.6 deg)	1	-14.3	-17.6	-27.4	-24.4	-20.0	-16.8	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9	-17.0	-21.2	-32.8	-29.1	-23.9	
			2	11.3	-8.5	0.0	0.0	0.0	12.3	-9.3	0.0	0.0	0.0	13.4	-10.2	0.0	0.0	0.0
	9:12 (36.9 deg)	1	-8.3	-17.6	-27.4	-24.4	-20.0	-9.0	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9	-9.8	-21.2	-32.8	-29.1	-23.9	
			2	13.4	-8.5	0.0	0.0	0.0	14.7	-9.3	0.0	0.0	0.0	16.0	-10.2	0.0	0.0	0.0
12:12 (45.0 deg)	1	-4.7	-17.6	-27.4	-24.4	-20.0	-5.1	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9	-5.5	-21.2	-32.8	-29.1	-23.9		
		2	13.4	-8.5	0.0	0.0	0.0	14.7	-9.3	0.0	0.0	0.0	16.0	-10.2	0.0	0.0	0.0	
20	Flat < 2:12 (9.46 deg)	1	NA	NA	-25.2	-22.4	-18.4	NA	NA	-27.5	-24.5	-20.1	NA	NA	-30.0	-26.7	-21.9	
			2	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0
	3:12 (14.0 deg)	1	-24.7	-16.6	-25.2	-22.4	-18.4	-27.0	-19.4	-27.5	-24.5	-20.1	-29.4	-20.0	-30.0	-26.7	-21.9	
			2	3.6	-5.0	0.0	0.0	0.0	3.9	-5.5	0.0	0.0	0.0	4.2	-6.0	0.0	0.0	0.0
	4:12 (18.4 deg)	1	-20.3	-16.4	-25.2	-22.4	-18.4	-22.2	-17.9	-27.5	-24.5	-20.1	-24.2	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9	
			2	7.0	-7.2	0.0	0.0	0.0	7.7	-7.9	0.0	0.0	0.0	8.4	-8.6	0.0	0.0	0.0
	5:12 (22.6 deg)	1	-16.3	-16.4	-25.2	-22.4	-18.4	-17.8	-17.9	-27.5	-24.5	-20.1	-19.4	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9	
			2	9.4	-7.6	0.0	0.0	0.0	10.2	-8.6	0.0	0.0	0.0	11.1	-9.3	0.0	0.0	0.0
	6:12 (26.6 deg)	1	-13.1	-16.4	-25.2	-22.4	-18.4	-14.3	-17.9	-27.5	-24.5	-20.1	-15.6	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9	
			2	10.3	-7.6	0.0	0.0	0.0	11.3	-8.6	0.0	0.0	0.0	12.3	-9.3	0.0	0.0	0.0
	9:12 (36.9 deg)	1	-7.6	-16.4	-25.2	-22.4	-18.4	-8.3	-17.9	-27.5	-24.5	-20.1	-9.0	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9	
			2	12.3	-7.6	0.0	0.0	0.0	13.5	-8.6	0.0	0.0	0.0	14.7	-9.3	0.0	0.0	0.0
12:12 (45.0 deg)	1	-4.3	-16.4	-25.2	-22.4	-18.4	-4.7	-17.9	-27.5	-24.5	-20.1	-5.1	-19.5	-30.0	-26.7	-21.9		
		2	12.3	-7.6	0.0	0.0	0.0	13.5	-8.6	0.0	0.0	0.0	14.7	-9.3	0.0	0.0	0.0	
15	Flat < 2:12 (9.46 deg)	1	NA	NA	-23.7	-21.1	-17.3	NA	NA	-25.9	-23.1	-18.9	NA	NA	-28.2	-25.1	-20.8	
			2	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0	NA	NA	0.0	0.0	0.0
	3:12 (14.0 deg)	1	-23.2	-15.6	-23.7	-21.1	-17.3	-25.4	-18.3	-25.9	-23.1	-18.9	-27.7	-18.8	-28.2	-25.1	-20.8	
			2	3.4	-4.7	0.0	0.0	0.0	3.7	-5.2	0.0	0.0	0.0	4.0	-5.8	0.0	0.0	0.0
	4:12 (18.4 deg)	1	-19.1	-15.4	-23.7	-21.1	-17.3	-20.9	-16.9	-25.9	-23.1	-18.9	-22.7	-18.4	-28.2	-25.1	-20.8	
			2	6.8	-6.8	0.0	0.0	0.0	7.2	-7.4	0.0	0.0	0.0	7.9	-8.1	0.0	0.0	0.0
	5:12 (22.6 deg)	1	-15.3	-15.4	-23.7	-21.1	-17.3	-16.8	-16.9	-25.9	-23.1	-18.9	-18.2	-18.4	-28.2	-25.1	-20.8	
			2	8.8	-7.4	0.0	0.0	0.0	9.6	-8.1	0.0	0.0	0.0	10.5	-8.8	0.0	0.0	0.0
	6:12 (26.6 deg)	1	-12.3	-15.4	-23.7	-21.1	-17.3	-13.5	-16.9	-25.9	-23.1	-18.9	-14.7	-16.4	-28.2	-25.1	-20.8	
			2	9.7	-7.4	0.0	0.0	0.0	10.6	-8.1	0.0	0.0	0.0	11.6	-8.8	0.0	0.0	0.0
	9:12 (36.9 deg)	1	-7.1	-15.4	-23.7	-21.1	-17.3	-7.8	-16.9	-25.9	-23.1	-18.9	-6.5	-16.4	-28.2	-25.1	-20.8	
			2	11.8	-7.4	0.0	0.0	0.0	12.7	-8.1	0.0	0.0	0.0	13.8	-8.8	0.0	0.0	0.0
12:12 (45.0 deg)	1	-4.0	-15.4	-23.7	-21.1	-17.3	-4.4	-16.9	-25.9	-23.1	-18.9	-4.8	-16.4	-28.2	-25.1	-20.8		
		2	11.8	-7.4	0.0	0.0	0.0	12.7	-8.1	0.0	0.0	0.0	13.8	-8.8	0.0	0.0	0.0	

<u>Dari Tabel 27.62 diperoleh</u>								
Kecepatan angin dasar, $V$		=	110 mph					
Ketinggian SPBAU atap rata-rata, $h$		=	30 ft					
Zona wilayah angin		=	3					
Sudut atap		=	14					
Maka:								
Angin tekan, $p_t$		=	0 psf		0.00 kg/m <sup>2</sup>			
Angin hisap, $p_h$		=	-24.4 psf		-119.12 kg/m <sup>2</sup>			
Untuk menghitung tekanan angin, diperoleh dengan interpolasi:								
No	Subjek	$V$	$h$	sudut	$p_t$		$p_h$	
		(mph)	(ft)	( $^\circ$ )	(psf)	kg/m <sup>2</sup>	(psf)	kg/m <sup>2</sup>
1	Data 1	110	30	14	2	9.76	-27.4	-133.77
2	Data2	115	30	14	2	9.76	-30	-146.46
3	Hit data	62.14	17.712	14.00	2	<b>9.76</b>	-2.5128	<b>-12.27</b>
<b>Input beban SAP 2000</b>								
1. tekanan angin pada dinding,		=	14.50 kg/m <sup>2</sup>					
Lebar segmen, $L$		=	6 m					
Beban dinding SAP 2000		=	<b>86.997</b> kg/m'					
2. Tekanan angin tekan pada atap:								
Tekan, $P_t$		=	9.76 kg/m <sup>2</sup>					
Jumlah titik beban		=	11 titik					
Lebar segmen, $L$		=	6 m					
Beban angin tekan SAP 2000		=	<b>5.326</b> kg					
Konversi $x = P \cos \alpha$		=	5.2		(input SAP)			
Konversi $x = P \sin \alpha$		=	1.3		(input SAP)			
3. Tekanan hisap tekan pada atap:								
Hisap, $P_h$		=	-12.27 kg/m <sup>2</sup>					
Jumlah titik beban		=	11 titik					
Lebar segmen, $L$		=	6 m					
Beban angin hisap SAP 2000		=	<b>-6.691</b> kg					
Konversi $x = P \cos \alpha$		=	-6.5		(input SAP)			
Konversi $x = P \sin \alpha$		=	-1.6		(input SAP)			

<b>Perhitungan beban Notional ;</b>						
Besarnya beban Notional adalah;						
$N_i = 0,002 * \alpha * Y_i$						
$N_i =$	beban notional					
$\alpha =$	Faktor penyesuaian level gaya DFBK/DKI (DFBK=1)					
$Y_i =$	Berat tingkat struktur					
Data yang diperoleh:						
$Y_i =$	6500.83	kg				
$\alpha =$	1					
$N_i =$	13.00	Kg	(Input SAP 2000)			

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA DIRI

Nama : roby suganda  
TempatTanggalLahir : Medan, 11 februari 1996  
Agama : Islam  
Alamat : jernal xv no4  
No HP : 081269975405

### RIWAYAT PENDIDIKAN

NomorPokokMahasiswa : 1307210299-p  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
PerguruanTinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

<b>N O</b>	<b>TINGKAT PENDIDIKAN</b>	<b>LOKASI</b>	<b>TAHUN KELULUSAN</b>
1	SD muhammadiyah 17	medan	(2001-2007)
2	SMP Negeri 6	medan	(2007-2010)
3	SMA al-ulum	medan	(2010-2013)
4	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Medan	(2013-Sekarang)

