

SKRIPSI

**PERBANDINGAN NILAI *DISPLACEMENT* BAJA ASTM A992 DENGAN ASTM
A36 PADA SISTEM STRUKTUR BANGUNAN BERBENTUK SILINDER
MENGUNAKAN ETABS**

Disusun dan diajukan oleh:

**NANDHIGA MAULANA
D051171528**



**DEPARTEMEN ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

“Perbandingan Nilai Displacement Baja Astm A992 Dengan Astm A36 pada Sistem Struktur Bangunan Berbentuk Silinder Menggunakan Etabs”

Disusun dan diajukan oleh

Nandhiga Maulana
D051171528

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 02 Agustus 2024

UNIVERSITAS HASANUDDIN
Menyetujui

Pembimbing I



Dr. Eng. Ir. Nasruddin, ST. MT.
NIP. 19710316 199702 1 001

Pembimbing II



Pratiwi Mushar, ST.,MT
NIP. 19860119 201404 2 001

Mengetahui



Dr. Ir. H. Edward Syarif, ST.,MT.
NIP. 19690612 199802 1 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini ;

Nama : Nandhiga Maulana

NIM : D051171528

Program Studi : Arsitektur

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

(Perbandingan Nilai *Displacement* Baja Astm A992 Dengan
Astm A36 Pada Sistem Struktur Bangunan Berbentuk Silinder
Menggunakan Etabs)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 06 Agustus 2024

Yang Menyatakan


Nandhiga Maulana



ABSTRAK

NANDHIGA MAULANA. *Perbandingan Nilai Displacement Baja Astm A992 Dengan Astm A36 Pada Sistem Struktur Bangunan Berbentuk Silinder Menggunakan Etabs* (dibimbing oleh Nasruddin dan Pratiwi Mushar)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan nilai displacement pada bangunan berbentuk silinder yang menggunakan baja ASTM A992 dan ASTM A36 sebagai material struktural. Studi ini menggunakan perangkat lunak ETABS (Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems) untuk melakukan simulasi dan analisis struktur. Dalam analisis ini, model bangunan silinder disusun dengan parameter geometri dan beban yang sama, namun dengan variasi material baja ASTM A992 dan ASTM A36. Hasil simulasi menunjukkan bahwa baja ASTM A992 memiliki nilai displacement yang lebih kecil dibandingkan dengan baja ASTM A36, meskipun perbedaannya sangat kecil. Selisih nilai displacement antara kedua jenis baja ini adalah sebesar 0,0001 mm terhadap arah-X dan 0,0001 mm terhadap arah-Y. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa meskipun baja ASTM A992 memiliki keunggulan dalam hal kekuatan tarik, dampaknya terhadap displacement pada struktur bangunan berbentuk silinder tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan baja ASTM A36. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemahaman karakteristik mekanis dari baja ASTM A992 dan ASTM A36 serta implikasinya dalam perancangan struktur bangunan berbentuk silinder. Hasil analisis ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi insinyur dan perancang dalam memilih material yang optimal untuk mencapai performa struktur yang diinginkan.

Kata kunci: *Displacement*, Baja ASTM A992, Baja ASTM A36, Bangunan Silinder, ETABS, Analisis Struktur.



ABSTRACT

NANDHIGA MAULANA. *Comparison Of Displacement Values Of Astm A992 Steel With Astm A36 Steel In The Structural System Of Cylindrical Buildings Using Etabs* (supervised by Nasruddin dan Pratiwi Mushar)

This research aims to analyze and compare the displacement values in cylindrical buildings using ASTM A992 and ASTM A36 steel as structural materials. The study employs ETABS (Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems) software for simulation and structural analysis. In this analysis, the cylindrical building models are designed with identical geometric and loading parameters, but with variations in the ASTM A992 and ASTM A36 steel materials. The simulation results indicate that ASTM A992 steel exhibits a smaller displacement value compared to ASTM A36 steel, although the difference is very minimal. The difference in displacement values between the two types of steel is 0.0001 mm in the X-direction and 0.0001 mm in the Y-direction. This suggests that while ASTM A992 steel has an advantage in terms of tensile strength, its impact on the displacement of cylindrical building structures is not significantly greater compared to ASTM A36 steel. This research contributes to the understanding of the mechanical characteristics of ASTM A992 and ASTM A36 steel and their implications for the design of cylindrical building structures. The analysis results are expected to serve as a reference for engineers and designers in selecting the optimal material to achieve the desired structural performance.

Keywords: Displacement, ASTM A992 Steel, ASTM A36 Steel, Cylindrical Buildings, ETABS, Structural Analysis.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL	iii
KATA PENGANTAR.....	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Baja	5
2.2. Sistem Rangka Baja	9
2.3. Karakteristik Baja ASTM A992 dan ASTM A36.....	9
2.4. <i>Displacement</i> pada Struktur Bangunan Bertingkat.....	10
2.5. Pembebanan	11
2.6. <i>ETABS</i>	37
2.7. Penelitian Terdahulu	39
2.8. Alur Perencanaan Penelitian	40
2.9. Kerangka Usulan Penelitian (Alur Pikir).....	41
BAB III METODE PENELITIAN	42
3.1. Jenis dan Metode Penelitian.....	42
3.2. Objek Penelitian.....	42
3.3. Variabel Penelitian.....	49
3.4. Metode Pengujian Penelitian Dasar	50
3.5. Metode Pengujian Bangunan Inti.....	51



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN69

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN144

 5.1 Kesimpulan.....144

 5.2 Saran144

DAFTAR PUSTAKA.....146



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Berbagai Bentuk Profil Dasar Baja Struktur	6
Gambar 2 Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Besar Dasar Dengan Perioda Ulang 500 Tahun	21
Gambar 3 Nilai Spektral Percepatan pada 0.2 Detik (S _s)	25
Gambar 4 Nilai Spektral Percepatan pada 1 Detik (D1)	25
Gambar 5 Spektrum Respons Desain	35
Gambar 6 3D model dan denah pada aplikasi ETABS	43
Gambar 7 Denah tipikal lantai 1-4	44
Gambar 8 Denah tipikal lantai 5-8	45
Gambar 9 Denah tipikal lantai 9	46
Gambar 10 Denah tipikal lantai 10-16	47
Gambar 11 Denah tipikal lantai 17-23	48
Gambar 12 Denah tipikal lantai 24-25	49
Gambar 13 Spesifikasi material baja	52
Gambar 14 Penginputan spesifikasi profil baja	53
Gambar 15 Penginputan material balok dan kolom	54
Gambar 16 Nilai spektral percepatan 0.2 detik	63
Gambar 17 Nilai spektral percepatan 1 detik	63
Gambar 18 Grafik <i>Displacement</i> Beban Mati	91
Gambar 19 Grafik Beban Mati Tambahan <i>Displacement</i>	94
Gambar 20 Grafik Beban Hidup <i>Displacement</i>	96
Gambar 21 Gambar Beban Gempa <i>Displacement</i>	99
Gambar 22 Beban angin <i>Displacement</i>	101
Gambar 23 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 1	103
Gambar 24 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 2a	105
Gambar 25 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 3A	107
Gambar 26 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 3EX	109
Gambar 27 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 3 Ey	111
Gambar 28 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 4 Ax	113
Gambar 29 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 4 Ay	115
Gambar 30 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Xa	117
Gambar 31 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Xb	119
Gambar 32 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Xc	121
Gambar 33 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Xd	123
Gambar 34 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Y a	125
Gambar 35 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Y b	127
Gambar 36 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Y c	129
Gambar 37 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Y d	131
Gambar 38 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 6x	133
Gambar 39 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 6y	135
Gambar 40 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 7 X a	137
Gambar 41 Grafik nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 7 X b	139



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Mutu Baja	8
Tabel 2 Beban Mati Gedung	11
Tabel 3 Beban Hidup pada Lantai Gedung	14
Tabel 4 Kecepatan Angin di Kota Makassar Tahun 2019	15
Tabel 5 Faktor Arah Angin	16
Tabel 6 Koefisien Tekanan Internal (GCpi)	18
Tabel 7 Koefisien Tekanan Dinding (Cp)	19
Tabel 8 Konstanta Eksposur Daratan	19
Tabel 9 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas	20
Tabel 10 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa	22
Tabel 11 Faktor Keutamaan Gempa.....	24
Tabel 12 Kelas Situs	25
Tabel 13 Koefisien Situs, Fa	27
Tabel 14 Koefisien Situs, FV	27
Tabel 15 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek	28
Tabel 16 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik	29
Tabel 17 Faktor R, Cd, dan Ω untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	29
Tabel 18 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung	32
Tabel 19 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x	32
Tabel 20 Spesifikasi Balok dan Kolom	50
Tabel 21 Nilai Beban Hidup untuk Bangunan Uji Lantai 1 - 8	56
Tabel 22 Nilai Beban Hidup untuk Bangunan Uji Lantai 9.....	56
Tabel 23 Nilai Beban Hidup untuk Bangunan Uji Lantai 10 - 23.....	56
Tabel 24 Nilai Beban Hidup untuk Bangunan Uji Lantai 24 - 25.....	57
Tabel 25 Koefisien Eksposur untuk Bangunan Uji	59
Tabel 26 Tekanan Velositas Tiap Lantai Bangunan Uji.....	60
Tabel 27 Beban Angin Pada Tiap Lantai Bangunan Uji.....	61
Tabel 28 Kombinasi Pembebanan	66
Tabel 29 Nilai Selisih <i>Modal Participation Mass Ratio (MPMR)</i> pada baja ASTM A992 dan A36.....	70
Tabel 30 Massa Per-Lantai.....	71
Tabel 31 Gaya Geser Dasar Statik Ekuivalen (V)	74
Tabel 32 Gaya Geser Beban Gempa Spektrum (Vi).....	74
Tabel 33 Simpangan Arah-X pada Baja ASTM A992 dan ASTM A36	76
Tabel 34 Simpangan Arah-Y pada Baja ASTM A992 dan ASTM A36	79
Tabel 35 Pengaruh P-Delta Arah-X	82
Tabel 36 Pengaruh P-Delta Arah-Y	84
Tabel 37 Beban Mati <i>Displacement</i>	88
Tabel 38 <i>Beban Tambahan (dinding) Displacement</i>	92
Tabel 39 Beban hidup <i>Displacement</i>	95
Tabel 40 Beban gempa <i>Displacement</i>	97
Tabel 41 Beban angin <i>displacement</i>	100
Tabel 42 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 1	101
Tabel 43 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 2a	103
Tabel 44 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 3 A	106
Tabel 45 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 3 Ex.....	107
Tabel 46 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 3 Ey.....	109
Tabel 47 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 4 Ax	111
Tabel 48 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 4 Ay	113



Tabel 49 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 X a	116
Tabel 50 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 X b	118
Tabel 51 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 X c	120
Tabel 52 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 X d	122
Tabel 53 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Y a	124
Tabel 54 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Y b	126
Tabel 55 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Y c	128
Tabel 56 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 5 Y d	130
Tabel 57 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 6 X	132
Tabel 58 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 6 X	133
Tabel 59 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 7 X a	135
Tabel 60 Nilai <i>displacement</i> pada kombinasi 7 X b	138
Tabel 61 Nilai Rata-rata Kombinasi Pembebanan	140
Tabel 62 Tabel nilai rata-rata <i>displacement</i> beban statis	142
Tabel 63 Tabel nilai rata-rata <i>displacement</i> beban dinamis	142
Tabel 64 Tabel nilai rata-rata <i>displacement</i>	143



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas karunia-Nya sehingga penulis telah menyelesaikan skripsi dengan judul “**Perbandingan Nilai *Displacement* Baja Astm A992 Dengan Astm A36 Pada Sistem Struktur Bangunan Berbentuk Silinder Menggunakan Etabs**”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) program studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan dan pengarahan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, **Abdul Halim Amran** dan **Norita** yang telah memberikan dukungan materil dan spiritual yang tak henti-hentinya sehingga menjadi motivasi bagi penulis.
2. Ketiga Saudara, **Nila Alfani**, **Nabila Prameswari**, dan **Nanda Muhammad Raihan** yang telah memberikan dukungan berupa tenaga dan motivasi kepada penulis.
3. Bapak **Dr. Eng. Ir. Nasruddin, ST., MT** dan Ibu **Pratiwi Mushar, ST., MT** selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberi saran kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak **Dr. Ir. Hartawan, MT** dan Ibu **Dr. Imriyanti, ST., MT** selaku dosen penguji yang selain menjadi penguji juga senantiasa memberikan masukan serta kritik yang membangun bagi perkembangan penulisan skripsi ini dan untuk pribadi penulis.
5. Bapak **Dr. Ir. H. Edward Syarif, ST., MT** selaku ketua Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh **Dosen, Staf dan Karyawan Departemen Arsitektur** Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bantuan dan arahan yang penulis terima selama pengurusan berkas skripsi ini, serta ilmu yang diberikan kepada penulis selama perkuliahan.
7. **Ainun Puspitasari, Siti Sarah, Bayu Nugraha, Tri Haryadi, Nodjeng** selaku sahabat yang sangat membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini serta seluruh teman-teman angkatan **Arsitektur 2017** yang turut membantu dan menemani selama masa perkuliahan.
8. Channel youtube **8 Minutes Learn** yang telah sangat berjasa dengan konten yang sangat



at bagi penulis.

enyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih belum sempurna dan masih kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dari penulis. Oleh karena itu saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata semoga atas kesediaan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini, selalu mendapatkan rahmat dan karunia dari Allah SWT. Penulis berharap agar hasil dari tulisan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam era konstruksi modern, kebutuhan akan gedung bertingkat tinggi dan struktur arsitektural yang inovatif semakin meningkat. Salah satu aspek kritis dalam perancangan dan konstruksi bangunan adalah pemilihan material yang tepat. Baja adalah material utama yang sering digunakan dalam konstruksi struktural karena kekuatan dan fleksibilitasnya. Dua spesifikasi baja yang banyak digunakan adalah ASTM A992 dan ASTM A36, masing-masing dengan karakteristik dan keunggulannya sendiri.

ASTM A992 merupakan baja struktural yang dirancang dengan kekuatan tarik yang tinggi dan ketahanan terhadap korosi, menjadikannya pilihan ideal untuk konstruksi yang menghadapi beban dinamis serta kondisi lingkungan yang keras. Sebaliknya, ASTM A36 dikenal dengan kekuatan tariknya yang sangat tinggi dan ketahanan terhadap deformasi, sehingga sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan daya tahan dan stabilitas yang tinggi. Pemilihan antara kedua jenis baja ini dapat mempengaruhi performa struktural secara signifikan, terutama dalam konteks desain bangunan yang kompleks.

Bangunan berbentuk silinder, meskipun memberikan keuntungan estetis dan fungsional seperti distribusi beban yang merata dan pencahayaan alami yang lebih baik, juga menghadapi tantangan struktural yang unik. Bentuk silinder dapat mempengaruhi distribusi beban dan stabilitas struktur, yang memerlukan analisis mendetail untuk memastikan desain yang aman dan efektif. Salah satu parameter penting dalam analisis struktural adalah *displacement* atau perpindahan, yang menunjukkan sejauh mana struktur mengalami deformasi di bawah beban tertentu. *Displacement* yang berlebihan dapat menandakan masalah desain atau potensi risiko, seperti keruntuhan atau penurunan kenyamanan bagi pengguna.

Dengan membandingkan performa baja ASTM A992 dan ASTM A36 pada bangunan berbentuk silinder, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi kelebihan dan kekurangan masing-masing material dalam konteks desain spesifik. Penelitian ini akan menawarkan karakteristik yang berbeda dalam hal kekuatan tarik, ketahanan terhadap deformasi, dan performa di bawah beban dinamis. Hasil



perbandingan ini akan memberikan wawasan yang berguna untuk pemilihan material yang lebih tepat dan optimal, yang pada gilirannya akan meningkatkan keamanan dan efisiensi desain struktural.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang maka rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana perbandingan nilai *displacement* antara baja ASTM A992 dengan ASTM A36 pada sistem struktur bangunan berbentuk silinder di bawah beban statis?
2. Bagaimana perbandingan nilai *displacement* antara baja ASTM A992 dengan ASTM A36 pada sistem struktur bangunan silinder di bawah beban dinamis (seismik)?
3. Material mana yang lebih efektif dalam mengurangi *displacement* pada bangunan silinder bertingkat tinggi?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis nilai *displacement* antara baja ASTM A992 dengan ASTM A36 pada sistem struktur bangunan silinder di bawah beban statis menggunakan ETABS.
2. Menganalisis nilai *displacement* antara baja ASTM A992 dengan ASTM A36 pada sistem struktur bangunan silinder di bawah beban dinamis menggunakan ETABS.
3. Membandingkan efektivitas kedua jenis material tersebut dalam mengurangi *displacement* pada bangunan silinder bertingkat tinggi.

1.4. Manfaat Penelitian



memberikan informasi yang lebih mendalam mengenai perbandingan forma struktur bangunan silinder dengan menggunakan material baja TM A992 dengan ASTM A36.

nyediakan referensi bagi insinyur sipil dan arsitek dalam memilih material

yang tepat untuk bangunan bertingkat tinggi berbentuk silinder.

3. Membantu dalam pengembangan desain bangunan yang lebih aman dan efisien terutama di wilayah yang rawan gempa.

1.5. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pembebanan pada model struktur penelitian dasar berupa beban tekan 100 kN.
2. Struktur yang dianalisis yaitu terhadap dua material baja berbeda yang ditinjau berdasarkan *displacementnya*.
3. Bangunan memiliki bentuk yang sama yaitu silinder.
4. Objek analisis struktur meliputi kolom, balok, plat dan shearwall.
5. Bangunan diasumsikan untuk bangunan dengan fungsi kantor sewa.
6. Analisis struktur menggunakan bantuan aplikasi ETABS.
7. Tidak menghitung struktur bawah (sub struktur).

1.6. Sistematika Penulisan

Susunan laporan penelitian ini akan diuraikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I ini akan dibahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan literatur yang menjelaskan mengenai teori-teori dasar yang berhubungan dengan penelitian terdahulu, pengertian, jurnal serta penelitian yang berhubungan untuk menjadi acuan dalam melaksanakan penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini akan menguraikan pelaksanaan yang dilakukan di tahap awal ini meliputi variabel penelitian, analisis data dan pengumpulan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

ini berisi tentang pengolahan data dan pembahasan berupa hasil pengujian dan hasil pengujian tujuan II.

PENUTUP



Dalam bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Baja

Baja merupakan salah satu material struktur yang paling umum digunakan saat ini. Adapun unsur, jenis-jenis material, profil, dan mutu baja adalah sebagai berikut:

1. Unsur Baja

Baja merupakan logam paduan, di mana logam besi merupakan unsur dasar dan beberapa elemen logam lainnya sebagai unsur tambahan. Unsur logam yang ada pada material baja terdiri dari:

- a. Besi (Fe) \pm 98 %
- b. Karbon (C) maksimal 1,7 %
- c. Manganese (Mn) maksimal 1,65 %
- d. Silikon (Si) maksimal 0,6 %
- e. Tembaga (Cu) maksimal 0,6 %
- f. Fosfor (P) dan belerang (S)

2. Jenis-Jenis Material Baja

Baja yang digunakan untuk keperluan struktur dikelompokkan menjadi 4 yaitu (ASTM):

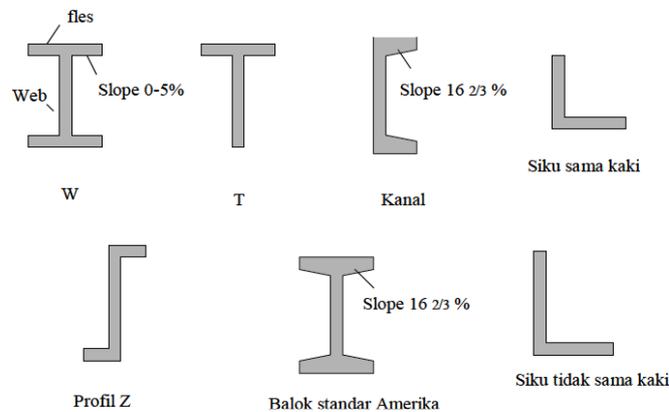
- a. Baja Karbon (*Carbon steel*). Umumnya mempunyai tegangan leleh f_y berkisar antara 210 – 280 Mpa.
- b. Baja paduan rendah mutu tinggi (*High strength low alloy steel/HSLA*). Mempunyai tegangan leleh f_y berkisar antara 280 – 490 Mpa.
- c. Baja paduan rendah dengan perlakuan panas karbon (*Heat treated carbon and high-strength low alloy steels*). Mempunyai tegangan leleh 322 – 700 Mpa.
- d. Baja struktural paduan rendah dengan perlakuan panas (*Heat-treated constructional alloy steels*). Mempunyai tegangan leleh 630 – 700 Mpa.

3. Profil Baja



Untuk profil yang pertama kali dibuat di Amerika Serikat adalah profil siku pada tahun 1819. Baja profil I pertama kali juga dibuat di AS pada tahun 1844 dan dikenal dengan istilah balok S. Pada tahun 1896, *Association of*

American Steel Manufacturers (sekarang *American Iron and Steel Institute*, *AISI*) membuat bentuk standar profil berikut katalognya yang memuat dimensi, berat dan properti penampang lainnya. Sekarang profil struktur baja telah distandarisasi, meskipun dimensi eksaknya agak berbeda sedikit tergantung produsennya. Baja stuktur dapat dibuat menjadi berbagai bentuk profil dan ukuran tanpa banyak merubah sifat fisiknya. Pada umumnya yang diinginkan dari suatu bentuk profil adalah nilai momen inersia yang besar selain luasnya. Profil baja struktur biasanya dinamai berdasarkan bentuk penampangnya, misalnya siku (L), I, C, T, Z, dan pelat. Dari tahun ke tahun terjadi perubahan dalam bentuk profil baja struktur. Hal ini disebabkan karena ditemukannya bentuk profil yang lebih efisien.



Gambar 1 Berbagai Bentuk Profil Dasar Baja Struktur

Sumber : AISI, 1896

Gambar 1 menampilkan berbagai bentuk profil dasar baja yang sering digunakan dalam konstruksi struktur bangunan. Setiap profil memiliki bentuk, dimensi, dan fungsi spesifik yang dirancang untuk mendukung beban struktural serta memberikan stabilitas pada berbagai jenis bangunan.

- a. Profil W - Juga dikenal sebagai *Wide Flange Beam*, profil ini memiliki flensa yang lebar dan sering digunakan dalam balok dan kolom karena kekuatannya yang sangat tinggi, ideal untuk menahan beban berat baik secara horizontal maupun vertikal.
- ' Profil T - Berbentuk seperti huruf T, profil ini sering digunakan dalam aplikasi di mana diperlukan kekuatan tarik tambahan atau sebagai elemen penyambung antara dua struktur.
- Profil Kanal - Profil ini berbentuk seperti huruf C dan biasanya



digunakan dalam struktur yang membutuhkan kekuatan tarik dan lentur, seperti rangka atap atau penopang horizontal.

- d. Profil Siku Sama Kaki - Profil ini berbentuk seperti huruf L dengan kedua sisinya memiliki panjang yang sama. Sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kekuatan tambahan di sudut-sudut struktur, seperti rangka baja.
- e. Profil Z - Profil ini sering digunakan dalam konstruksi atap atau dinding, terutama karena kemampuannya menahan tekanan dari berbagai arah, seperti angin atau beban eksternal lainnya.
- f. Balok Standar Amerika - Dikenal juga sebagai *American Standard Beam* atau S-Beam, profil ini memiliki flensa yang lebih tipis dibandingkan dengan profil W dan biasanya digunakan dalam balok lintang karena kekuatan lenturnya.
- g. Profil Siku Tidak Sama Kaki - Profil ini juga berbentuk huruf L, tetapi dengan kedua sisi yang memiliki panjang berbeda. Profil ini biasanya digunakan di tempat-tempat di mana beban distribusi tidak merata atau diperlukan penyesuaian dengan elemen lain dalam struktur.

Secara umum profil baja standar dikenal dalam empat golongan yaitu:

- a. Profil baja produk Eropa–Barat: Belgia, Luksemburg, Jerman, Perancis, dan Nederland
- b. Profil baja produk Eropa–Tengah: Austria, Hongaria, dan Ceko-Slowakia
- c. Profil baja produk Inggris.
- d. Profil baja produk Amerika: Amerika Serikat dan Kanada

Jenis profil baja yang biasa dipakai di Indonesia sesuai kebutuhan konstruksi adalah sebagai berikut:

- a. *Wide Flange* (WF)

WF digunakan untuk: balok, kolom, tiang pancang, *top & bottom chord* member pada truss, composite beam atau column, kantilever kanopi, dll.

Istilah lain: IWF, WF, H-Beam, UB, UC, balok H, balok I, balok W.

UNP

Penggunaan UNP hampir sama dengan WF, kecuali untuk kolom jarang



digunakan karena relatif lebih mudah mengalami tekuk. Istilah lain: Kanal U, U-channel, Profil U

c. *Equal Angle (Hot Rolled)*

Biasa digunakan untuk: member pada *truss*, *bracing*, balok, dan struktur ringanya. Istilah lain: profil siku, profil L, L - shape.

d. *Unequal Angle (Hot Rolled)*

Penggunaan dan istilah lain hampir sama dengan Equal Angle.

e. *Lipped Channel*

Biasa digunakan untuk: purlin (balok dudukan penutup atap), girts (elemen yang memegang penutup dinding misalnya metal sheet, dll), member pada truss, rangka komponen arsitektural. Istilah lain: balok purlin, kanal C, C-channel, profil C.

f. *Equal Angle (Cold Formed)*

Biasa digunakan untuk: bresing struktur ringan (kecil), rangka komponen arsitektural, support komponen-komponen ME. Istilah lain: hampir sama dengan *Equal Angle hot rolled*.

4. Mutu Baja

Berdasarkan *American Institute of Steel Construction (2005)* mutu dari baja terdapat pada Tabel 1 di bawah:

Tabel 1 Mutu Baja

Jenis Baja	Tegangan putus Tarik F_u (MPa)	Tegangan leleh Tarik F_y (MPa)
BJ 34	340	210
BJ 37	370	240
BJ 41	410	250
BJ 50	500	290
BJ 52	520	360
BJ 55	550	410

Sumber: AISC, 2005



untuk menentukan nilai F_u dan F_y , berdasarkan FEMA 356, nilai F_u dan dikalikan dengan faktor pengali 1.1. Adapun Material Properti dari terial baja adalah sebagai berikut:

- a. Modulus Elastisitas (E) = 200.000 MPa
- b. Rasio Poisson (μ) = 0,3
- c. Modulus Geser (G) = 77.200 Mpa

2.2. Sistem Rangka Baja

Sistem rangka baja menggunakan baja struktural sebagai elemen utama dalam konstruksi bangunan. Baja dikenal dengan kekuatan tarik yang tinggi dan kemampuannya untuk menahan deformasi tanpa mengalami keretakan. Sistem rangka baja memiliki keuntungan dalam hal kecepatan konstruksi dan fleksibilitas desain. Studi oleh Prasetyo dan Setiawan (2020) menunjukkan bahwa sistem rangka baja lebih efisien dalam mengurangi beban gempa karena berat struktur yang lebih ringan dan kemampuan baja untuk menyerap energi seismik dengan baik.

Komponen utama dalam sistem rangka baja adalah balok dan kolom baja, dengan modulus elastisitas baja yang dihitung sebagai berikut:

$$E_s = 200,000 \text{ Mpa}$$

Baja memiliki berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan beton, yang dapat mengurangi beban mati pada struktur.

2.3. Karakteristik Baja ASTM A992 dan ASTM A36

1. ASTM A992

Biasanya digunakan dalam bentuk W-shapes (wide flange), memiliki komposisi kimia yang dirancang untuk meningkatkan ketangguhan dan kemampuan las. Baja ini memiliki kekuatan leleh minimum 50 ksi dan ketahanan terhadap deformasi yang baik. Baja ASTM A992 memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Tegangan Leleh Minimum (Yield Strength): 50 ksi (345 MPa)
- b. Tegangan Tarik Minimum (Tensile Strength): 65 ksi (450 MPa)
- c. **Perpanjangan (Elongation)**: Minimum 18% pada 8 inch dan 21% pada 2 inch
- d. Komposisi Kimia:
 - 1) Karbon (C): Maksimal 0.23%
 - 2) Mangan (Mn): 0.50 - 1.50%
 - 3) Fosfor (P): Maksimal 0.035%
 - 4) Sulfur (S): Maksimal 0.045%



5) Vanadium (V): 0.02 - 0.15%

e. Penggunaan Umum: Baja ASTM A992 banyak digunakan dalam struktur bangunan tinggi dan jembatan karena memiliki kekuatan tinggi dan ketangguhan yang baik, serta kestabilan dimensi yang lebih baik selama pengelasan.

2. ASTM A36

Baja ASTM A36 adalah salah satu jenis baja struktural yang paling umum digunakan, terkenal karena kekuatannya yang cukup baik, keuletan yang tinggi, dan kemampuan mesin yang baik. Baja ini digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi dan industri. Baja ASTM A36 memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Tegangan Leleh Minimum (Yield Strength): 36 ksi (250 MPa)
- b. Tegangan Tarik Minimum (Tensile Strength): 58-80 ksi (400-550 MPa)
- c. Perpanjangan (Elongation): Minimum 20% pada 8 inch dan 23% pada 2 inch
- d. Komposisi Kimia:
 - 1) **Karbon (C)**: Maksimal 0.26%
 - 2) **Mangan (Mn)**: 0.60 – 0.90%
 - 3) **Fosfor (P)**: Maksimal 0.040%
 - 4) **Sulfur (S)**: Maksimal 0.050%
 - 5) **Silikon (Si)**: 0.15 - 0.40%
- e. Penggunaan Umum: Baja ASTM A36 digunakan dalam berbagai aplikasi struktural seperti pembuatan jembatan, bangunan, rangka baja, dan berbagai struktur lainnya. Juga digunakan dalam pembuatan kapal, peralatan konstruksi, dan berbagai aplikasi industri lainnya. Kelebihan dari baja ini adalah harga yang lebih terjangkau dan kemampuan untuk dibentuk dan dilas dengan baik.

2.4. *Displacement* pada Struktur Bangunan Bertingkat



placement adalah perpindahan suatu titik pada struktur akibat beban yang *Displacement* pada bangunan bertingkat harus dianalisis secara cermat mastikan keselamatan struktur.

Menurut SNI 1726:2019, *displacement* pada bangunan bertingkat harus dikendalikan untuk menghindari kerusakan struktural. Rumus dasar untuk *displacement* adalah:

$$\Delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

di mana Δ adalah *displacement*, P adalah beban, L adalah panjang elemen, E adalah modulus elastisitas, dan I adalah momen inersia.

2.5. Pembebanan

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan harus memenuhi peraturan-peraturan yang berlaku untuk mendapatkan suatu struktur bangunan yang aman secara konstruksi. Struktur bangunan yang direncanakan harus mampu menahan beban mati, beban hidup dan beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Perencanaan pembebanan ini digunakan beberapa acuan standar sebagai berikut :

1. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983;
2. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726-2012);
3. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013).

Berdasarkan peraturan-peraturan diatas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap bebab-beban berikut:

1. Beban Mati

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (1983) Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari gedung itu.

Tabel 2 Beban Mati Gedung

No.	Material	Berat
1	Baja	7850 kg/m ³



Tabel 2 Beban Mati Gedung

No.	Material	Berat
2	Batu alam	2600 kg/m ³
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500 kg/m ³
4	Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
5	Batu pecah	1450 kg/m ³
6	Besi tuang	7250 kg/m ³
7	Beton (¹)	2200 kg/m ³
8	Beton bertulang (²)	2400 kg/m ³
9	Kayu (Kelas I)	1000 kg/m ³
10	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m ³
11	Pasangan bata merah	1700 kg/m ³
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m ³
13	Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³
14	Pasangan batu karang	1450 kg/m ³
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m ³
16	Pasir (jenuh air)	1800 kg/m ³
17	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850 kg/m ³
18	Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700 kg/m ³
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	1200 kg/m ³
20	Timah hitam (timbel)	11400 kg/m ³
KOMPONEN GEDUNG		BERAT
1	Adukan, per cm tebal: - Dari semen - Dari kapur, semen merah atau tras	21 kg/m ² 17 kg/m ²



Tabel 2 Beban Mati Gedung

No.	Material	Berat
2	Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m ²
3	Dinding pasangan bata merah: - Satu bata - Setengah bata	450 kg/m ² 250 kg/m ²
4	Dinding pasangan batako: Berlubang tebal dinding 20 cm Berlubang tebal dinding 10 cm Tanpa lubang 20 cm Tanpa lubang 10 cm	200 kg/m ² 120 kg/m ² 300 kg/m ² 200 kg/m ²
5	Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari: - Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm - Kaca, dengan tebal 3 - 4 mm	11 kg/m ² 10 kg/m ²
6	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
7	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	7 kg/m ²
8	Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
9	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	40 kg/m ²
10	Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/m ²
	Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton,	24 kg/m ²



Tabel 2 Beban Mati Gedung

No.	Material	Berat
11	tanpa adukan, per cm tebal	
12	Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

Sumber: Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban-beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih bisa dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur. Berikut merupakan tabel beban hidup yang terdapat pada lantai gedung menurut PPIUG 1983.

Tabel 3 Beban Hidup pada Lantai Gedung

No	Penggunaan	Berat (kg/m ²)
1	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali (no.2)	200
2	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125
3	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, took, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250
4	Lantai ruang olah raga	400
5	Lantai ruang danda	500
6	Lantai balkon dalam dari ruang pertemuan	400
7	Panggung penonton	500
8	Tangga, bordes tangga dan gang (no.3)	300
9	Tangga, bordes tangga dan gang (no.4,5,6,7)	500
10	Ruang pelengkap (no.3,4,5,6,7)	250



No	Penggunaan	Berat (kg/m ²)
11	Pabrik, bengkel, Gudang Perpustakaan, ruang arsip, took buku Ruang alat dan mesin	400
12	Gedung parker bertingkat: Lantai bawah Lantai tingkat lainnya	800 400
13	Balkon menjorok bebas keluar	300

Sumber: Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983

3. Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727-2013 mengenai Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan dan Struktur Lain, untuk mengukur beban angin pada suatu bangunan gedung, maka perlu untuk menentukan kecepatan angin dasar, faktor arah angin, kategori eksposur, faktor topografi, faktor efek tiupan angin, koefisien tekanan internal, koefisien tekanan eksternal, dan koefisien eksposur.

a. Kecepatan Angin Dasar (V_w)

Berdasarkan pasal 26.5.1 pada SNI 1727-2013 mengenai kecepatan angin dasar, kecepatan angin dasar adalah kecepatan tiupan angin dalam tiga detik pada ketinggian 33 ft(10m) di atas tanah. Kecepatan angin dasar yang digunakan dalam menentukan beban angin desain di bangunan gedung dan struktur lain harus ditentukan dari instansi yang berwenang, sesuai dengan kategori risiko bangunan gedung dan struktur. Data Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan (2014) mengenai rata-rata tekanan udara, kecepatan angin, dan penyinaran matahari di Kota Makassar adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Kecepatan Angin di Kota Makassar Tahun 2019

Bulan	Kecepat Angin
Januari	2.55



Tabel 4 Kecepatan Angin di Kota Makassar Tahun 2019

Bulan	Kecepatan Angin
Februari	2.04
Maret	1.97
April	1.50
Mei	1.84
Juni	1.73
Juli	1.87
Agustus	2.00
September	2.00
Oktober	2.06
November	2.03
Desember	1.94

Sumber: https://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim

b. Faktor Arah Angin (Kd)

Berdasarkan pasal 26.6 pada SNI 1727-2013 mengenai arah angin, faktor arah angin ditentukan berdasarkan Tabel 5. berikut:

Tabel 5 Faktor Arah Angin

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin (Kd)
Bangunan Gedung	
- Sistem Penahan Beban Angin Utama	0.85
-Komponen dan KLading Bangunan Gedung	0.85
Atap Lengkung	0.85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
- Segiempat	0.90
- Segienam	0.95
- Bundar	0.95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0.85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0.85
Rangka batang Menara	
- Segitiga, segiempat, persegi Panjang	0.85
- Penampang lainnya	0.95

c. Kategori eksposur

Berdasarkan SNI 1727-2013, eksposur untuk angin dapat dikategorikan sebagai berikut.

1) Eksposur B



Untuk bangunan gedung dengan tinggi atap rata-rata kurang dari atau sama dengan 30 ft (9.1 m), Eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh kekasaran permukaan B, berlaku di arah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1500 ft (457 m). Untuk bangunan dengan tinggi rata-rata lebih besar dari 30 ft (9.1 m), Eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan B berada dalam arah lawan angin untuk jarak lebih besar dari 2600 ft (792 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar.

2) Eksposur C

Berlaku untuk semua kasus dimana Eksposur B atau D tidak berlaku.

3) Eksposur D

Berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh kekasaran permukaan D, berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5000 ft (1524 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar.

Eksposur D juga berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah segera lawan angin dari Situs B atau C, dan juga situs yang berbeda dalam jarak 600 ft (183 m) atau 20 kali tinggi bangunan, mana yang terbesar, dari kondisi Eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya.

d. Efek topografi

Efek peningkatan kecepatan pada bukit, bukit memanjang, dan tebing curam yang terisolasi akan menimbulkan perlu bahan mendadak dalam topografi umum, terletak dalam setiap kategori eksposur, harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin bila kondisi bangunan gedung dan kondisi lokasi dan lokasi struktur memenuhi kondisi berikut:

- 1) Bukit, bukit memanjang, atau tebing curam yang terisolasi dan tidak terhalang angin arah vertikal ke atas oleh pengaruh topografi serupa dari ketinggian yang setara untuk 100 kali tinggi fitur topografi ($100 H$) atau 2 mil (3.22 km), dipilih yang terkecil. Jarak ini harus diukur horizontal dari titik dimana tinggi H pada bukit,



punggung bukit, atau tebing yang ditentukan.

- 2) Bukit, bukit memanjang, atau tebing curam yang menonjol diatas ketinggian fitur dataran arah vertikal ke atas antara radius 2-mil (3,22 km) untuk setiap kuadran faktor dua atau lebih.

Jika kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan seperti telah disebutkan diatas, maka $K_{zt} = 1.0$

- e. Faktor efek-tiupan angin

Faktor efek-tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0.85.

- f. Koefisien tekanan internal (C_{pi})

Koefisien tekanan internal (GC_{pi}), ditentukan dari tabel berdasarkan pada klasifikasi ketertutupan bangunan gedung.

Tabel 6 Koefisien Tekanan Internal (GC_{pi})

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0.00
Bangunan gedung tertutupan sebagian	+ 0.55 - 0.55
Bangunan gedung tertutup	+ 0.18 - 0.18

Sumber: SNI 1727-2013

Catatan:

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



g. Koefisien tekanan eksternal (C_{pe})

Koefisien tekanan internal (C_{pi}), ditentukan dari tabel berikut.

Tabel 7 Koefisien Tekanan Dinding (C_p)

Permukaan	L/B	C_p
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0.8
Dinding di sisi angin pergi	0-1	-0.5
	2	-0.3
	≥ 4	-0.2
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0.7

Sumber: SNI 1727-2013

Catatan:

- 1) Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi permukaan
- 2) Diperkenankan interpolasi linier untuk nilai L/B. Interpolasi hanya boleh dilakukan di antara nilai-nilai dengan tanda yang sama. Apabila nilai tidak memiliki tanda yang sama, asumsikan 0.0 untuk interpolasi.
- 3) Notasi:
 - B : dimensi horizontal bangunan gedung, dalam *feet* (meter), diukur tegak lurus terhadap arah angin.
 - L : dimensi horizontal bangunan gedung, dalam *feet* (meter), diukur sejajar terhadap arah angin.

h. Koefisien Eksposur (K_z)

Berdasarkan pasal 26.9.4 SNI 1727-2013, untuk struktur lainnya konstanta eksposur daratan yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8 Konstanta Eksposur Daratan

Eksposur	α	Z_g (m)
B	7.0	365.76
C	9.5	274.32
D	11.5	213.36

Sumber: SNI 1727-2013

Berdasarkan pasal 27.3.1, koefisien eksposur tekanan velositas K_z atau K_h sebagaimana yang berlaku, harus ditentukan dari tabel dibawah.



Tabel 9 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
ft	(m)	B	C	D
0-15	(0-4.6)	0.57	0.85	1.03
20	(6.1)	0.62	0.90	1.08
25	(7.6)	0.66	0.94	1.12
30	(9.1)	0.70	0.98	1.16
40	(12.2)	0.76	1.04	1.22
50	(15.2)	0.81	1.09	1.27
60	(18)	0.85	1.13	1.31
70	(21.3)	0.89	1.17	1.34
80	(24.4)	0.93	1.21	1.38
90	(27.4)	0.96	1.24	1.40
100	(30.5)	0.99	1.26	1.43
120	(36.6)	1.04	1.31	1.48
140	(42.7)	1.09	1.36	1.52
160	(48.8)	1.13	1.39	1.55
180	(54.9)	1.17	1.43	1.58
200	(61.0)	1.20	1.46	1.61
250	(76.2)	1.28	1.53	1.68
300	(91.4)	1.35	1.59	1.73
350	(106.7)	1.41	1.64	1.78
400	(121.9)	1.47	1.69	1.82
450	(137.2)	1.52	1.73	1.86
500	(152.4)	1.56	1.77	1.89

Keterangan :

α = eksponen pangkat untuk kecepatan-tiupan angin 3 detik

Z_g = tinggi nominal lapisan batas atmosfer yang digunakan dalam SNI 1727-2013

dan Gempa

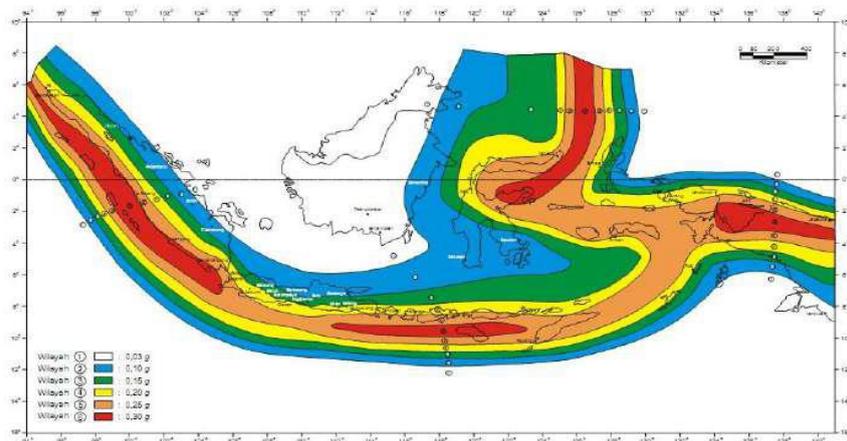
berdasarkan Pasal 1.0 PPIUG 1983, beban gempa ialah semua beban statik



ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamis, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

a. Wilayah Gempa Indonesia

Sesuai dengan SNI 1726, Indonesia terbagi dalam 6 wilayah gempa. Wilayah gempa 1 dan 2 adalah termasuk wilayah dengan tingkat kegempaan yang rendah, wilayah gempa 3 dan 4 adalah wilayah dengan tingkat kegempaan menengah dan wilayah gempa 5 dan 6 dengan tingkat kegempaan tinggi. Bangunan yang ditinjau termasuk dalam wilayah gempa 3 dengan tingkat kegempaan menengah dan direncanakan dengan daktilitas penuh. Seperti terlihat pada **gambar 2** di bawah ini.



Gambar 2 Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Besar Dasar Dengan Periode Ulang 500 Tahun

b. Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Struktur Bangunan

Berdasarkan SNI 1726-2012, faktor keutamaan dan kategori resiko pada struktur bangunan gedung dan non-gedung dapat dilihat pada tabel berikut.



Tabel 10 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa

JENIS PEMANFAATAN	KATEGORI RISIKO
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan termasuk, tapi tidak dibatasi untuk antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan peprikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, II, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen /rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <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"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah 	



Tabel 10 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa

JENIS PEMANFAATAN	KATEGORI RISIKO
<p>– Pusat telekomunikasi</p> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam 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 dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	<p>III</p>



Tabel 10 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa

JENIS PEMANFAATAN	KATEGORI RISIKO
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemaadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangka air pemadam kebakaran, atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber: SNI 1726-2012

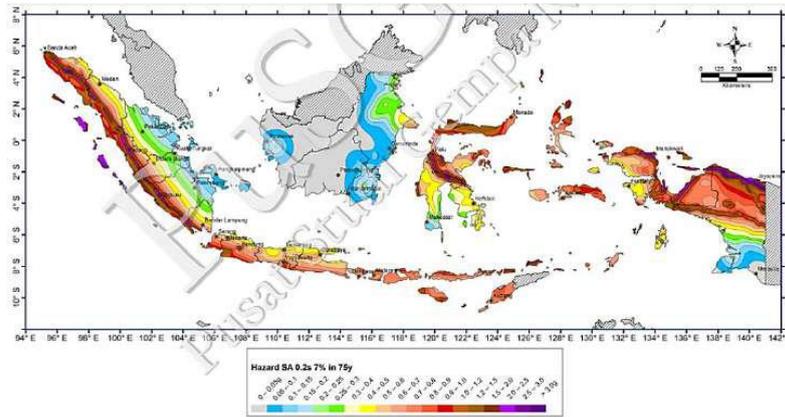
Tabel 11 Faktor Keutamaan Gempa

KATEGORI RISIKO	FAKTOR KEUTAMAAN GEMPA, I_e
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50

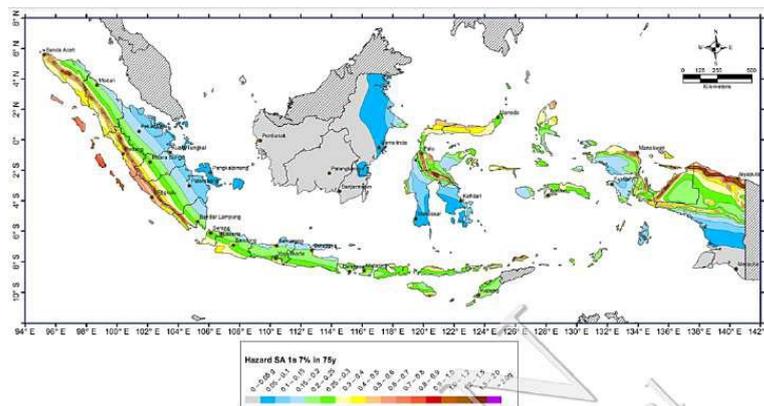


c. Nilai Spektral Percepatan

Nilai spektral percepatan pada 0.2 detik (S_s) dan nilai spektral percepatan pada 1 detik (S_1) di Indonesia dapat dilihat pada **gambar 3 dan 4** di bawah:



Gambar 3 Nilai Spektral Percepatan pada 0.2 Detik (S_s)
 Sumber : Pusat Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017



Gambar 4 Nilai Spektral Percepatan pada 1 Detik (D_1)
 Sumber : Pusat Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017

d. Kelas Situs

Berikut merupakan tipe kelas situs berdasarkan SNI 1726-2012.

Tabel 12 Kelas Situs

Kelas Situs	v_s (m/detik)	N atau N_{ch}	s_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A



Tabel 12 Kelas Situs

Kelas Situs	v_s (m/detik)	N atau N_{ch}	s_u (kPa)
<i>SB</i> (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
<i>SC</i> (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
<i>SD</i> (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
<i>SE</i> (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $s_u < 25$ kPa		
<i>SF</i> (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik- situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salahsatu atau lebih dari karakteristik berikut. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanahtersementasi lemah Lempung sangat organic dan/atau gambut(ketebalan $H > 3$ m) Lempung berplastisitas sangat tinggi(ketebalan $H > 7,5$ m dengan IndeksPlastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa		

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

e. Koefisien Situs

Dalam penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (SMS) dan perioda 1 detik ($SM1$) yang disesuaikan



dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{M1} = f_v \times S_1$$

Keterangan:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek;

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik;

F_a = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek;

F_v = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda 1 detik, dan koefisien situs F_a dan F_v pada Tabel 13 dan Tabel 14

Tabel 13 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS ^b				

Sumber: SNI 1726-2012

Catatan:

Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

SS= Situs yang memerlukan investigas geoteknik spesifik dan analisis respons situs

Tabel 14 Koefisien Situs, F_v



Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_1				
	$S_s \leq 0.1$	$S_s = 0.2$	$S_s = 0.3$	$S_s = 0.4$	$S_s \geq 0.5$

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik, S1				
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	SSb				

Sumber: SNI 1726-2012

Catatan:

Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

SS= Situs yang memerlukan investigas geoteknik spesifik dan analisis respons situs

f. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS}$$

$$= 2/3 F_a \times S_s$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1}$$

$$= 2/3 F_v \times S_1$$

g. Kategori Desain Seismik

Dalam SNI 1726-2012 dinyatakan bahwa struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik. Kategori desain seismik dikategorikan dari parameter respons percepatan pada perioda pendek dan perioda 1 detik.

Tabel 15 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



Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2012

Tabel 16 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik

Nilai S_{DI}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0.067$	A	A
$0.167 \leq S_{DI} < 0.133$	B	C
$0.133 \leq S_{DI} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{DI}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2012

h. Kombinasi Sistem Perangkai dalam Arah yang Berbeda

Dalam pasal 7.2.2. SNI 1726-2012 dinyatakan bahwa sistem penahan-gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah kedua sumbu orthogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d , Ω_0 , harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam tabel berikut.

Tabel 17 Faktor R , C_d , dan Ω untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, R	Faktor Kuat lebih Sistem, Ω	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d
Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan			
Rangka baja dengan pusat geser yang eksentris	8	$2 \frac{1}{2}$	4



Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, R	Faktor Kuat lebih Sistem, Ω	Faktor Pembesaran Defleksi, Cd
Rangka baja dengan bresing kosentris khusus	7	2 ½	5 ½
Dinding geser beton bertulang khusus	7	2 ½	5 ½
Dinding geser beton bertulang biasa	6	2 ½	5
Rangka baja dan beton komposit dengan bresing kosentris	8	2 ½	4
Rangka baja dan beton komposit dengan bresing kosentris khusus	6	2 ½	5
Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7 ½	2 ½	6
Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2 ½	6
Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2 ½	5
Dinding geser batu bata bertulang khusus	5 ½	3	5
Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3 ½
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2 ½	5
Dinding geser pelat baja khusus	8	2 ½	6 ½

Faktor Modifikasi Respons (R) atau faktor reduksi beban gempa adalah suatu nilai yang mereduksi jumlah beban gempa berdasarkan tipe struktur yang direncanakan serta komponen struktur pendukung lainnya. Faktor kuat lebih (Ω_0) diberikan pada elemen struktur tertentu agar setidaknya elemen tersebut mengalami kerusakan yang lebih kecil dibandingkan



elemen yang lain. faktor kuat lebih (Ω_0) ditentukan bukan agar elemen tersebut masih dalam kondisi elastik, hal ini dikarenakan berbagai kemungkinan yang tidak dipertimbangkan ketika analisa struktur dilakukan (misal fenomena redistribusi gaya) membuat asumsi member masih elastik hanya karena didesain dengan gaya yang lebih tinggi adalah asumsi yang kurang bisa dipegang secara ilmiah.

5. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726-2012, struktur, komponen, dan pondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut :

- a. $1,4D$
- b. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- c. $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- e. $1,2D + 1,0E + L$
- f. $0,9D + 1,0W$
- g. $0,9D + 1,0E$

Keterangan :

D = beban mati (*Dead Load*)

L = beban hidup (*Live Load*)

L_r = beban atap (*live roof*)

R = beban hujan (*rain load*)

W = beban angin (*wind load*)

E = beban gempa (*earthquake load*)

6. Analisis Linear Gempa

Analisis linear gempa dibagi menjadi dua bagian yaitu analisis statik dan analisis dinamik. Analisis statik biasa disebut dengan Analisis Statik Ekuivalen. Adapun Analisis dinamik terbagi menjadi dua macam analisis yaitu Analisis Respon Spektrum dan Analisis Time Linear History.

Analisis Statik Ekuivalen

Berdasarkan SNI 1726-2012, analisis statik ekuivalen dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan berikut:



1) Periode fundamental (T)

Berdasarkan pasal 7.8.2.1 SNI 1726-2012, perioda fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h^x$$

Keterangan:

h_n adalah ketinggian struktur, dalam meter, di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 18.

Tabel 18 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Sumber : SNI 1726-2012

Tabel 19 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempayang disyaratkan dan tidak dilingkupiatau dihubungkan dengan komponenyang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gayagempa:		
Rangka baja pemikul momen	0.0724 ^a	0.8
Rangka beton pemikul momen	0.0466 ^a	0.9



Tipe Struktur	C_t	α
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

Sumber :SNI 1726-2012

2) Modal Participation Mass Ratio (MPMR)

Modal Participation Mass Ratio (MPMR) ditentukan untuk mengetahui apakah mode massa yang secara built-in terdapat 12 mode telah memenuhi persyaratan yaitu $> 90\%$. Sehingga apabila dari ke-12 mode tersebut masih belum $> 90\%$, maka perlu untuk menambahkan jumlah moda melalui tahapan '*Define – Modal Cases – Modify/Show Case – Other Parameters – Maximum Number of Modes*'.

3) Geser dasar seismic (V)

Berdasarkan pasal 7.8.1 SNI 1726-2012, gaya geser dasar seismik (V) dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$V = C_s \times W$$

Keterangan:

V = beban geser dasar statis ekuivalen akibat gempa (kN)

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif (kN)

4) Koefisien respons seismik

Berdasarkan pasal 7.8.1.1 SNI 1726-2012, koefisien respon seismik dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C_s = S_{DS} \times I_e / R$$

$$C_s < (S_{D1} \times I_e) / (T \times R)$$

$$C_s = 0.444 \times S_{DS} \times I_e > 0.01$$

Keterangan:



C_s = koefisien respons seismik

S_{DS} = parameter respons percepatan pada periode pendek

I_e = faktor keutamaan bangunan gedung dan non gedung

R = koefisien modifikasi respons

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

T = periode fundamental Struktur (s)

5) Faktor skala

Dalam pasal 7.9.4.1 SNI 1726-2012 dinyatakan bahwa bila periode fundamental yang dihitung melebihi $C_u T_a$, maka $C_u T_a$ harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geserdasar ragam (V_t) lebih kecil 85% dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0.85 \frac{V}{V_t}$

Keterangan:

V = geser dasar prosedur gaya lateral ekuivalen (kN)

V_t = geser dasar dari kombinasi ragam (kN)

Faktor skala dapat ditentukan dengan persamaan berikut

$$S_F = \frac{g \times I_e}{R}$$

Keterangan:

S_F = Skala Gaya (m/s^2)

G = Percepatan Gravitasi ($9.8 m/s^2$)

I_e = Faktor Keutamaan (m/s^2)

R = Faktor Modifikasi Respon

b. Analisis Dinamis Respon Spektrum

Analisis dinamik adalah analisis struktur dimana pembagian gaya geser gempa diseluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

- 1) Analisis *Respon Spektrum* dimana total respon didapat melalui super posisi dari respon masing-masing ragam getar.
- 2) Analisis *Time Linear History* adalah analisis dinamis dimana pada



model struktur diberikan suatu catatan rekaman gempa dan respon struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu. Berdasarkan pasal 6.4 pada SNI-1726-2012 mengenai spektrum respon desain, bila spektrum respon desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengikuti ketentuan dibawah ini:

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} (0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0})$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} .
3. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

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

Keterangan:

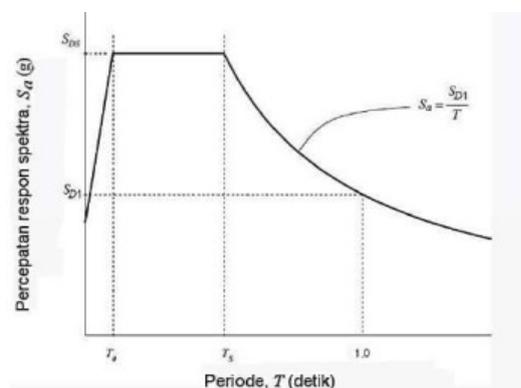
S_{DS} = Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

S_{D1} = Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 detik

T = Periode Fundamental Struktur (s)

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

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



Gambar 5 Spektrum Respons Desain

Sumber : SNI-1726-2012



Dari hasil respons spektrum pada **gambar 5** kemudian diinput ke dalam ETABS. Sesuai dengan pasal 7.9.2 SNI 1726-2012 respons spektrum desain harus direduksi dengan mengalikan $\frac{g \cdot I_e}{R}$ pada scale factor yang telah disediakan pada ETABS. Untuk nilai g adalah percepatan gravitasi dengan nilai $9,81 \text{ m/s}^2$, I_e adalah kategori risiko II dengan nilai sebesar 1 dan untuk R adalah koefisien modifikasi respons akan dibahas pada point selanjutnya.

1) Simpangan Antar Lantai

Nilai perpindahan elastis antar lantai diperoleh dari hasil selisih nilai δ_{ex} lantai tingkat atas dikurangi δ_{ex} lantai tingkat bawah. BSN (2012) dalam SNI 1726-2012 menjelaskan bahwa nilai perpindahan elastis antar lantai (*story drift*) harus dihitung dengan faktor perbesaran atau amplifikasi defleksi dan faktor keutamaan. Nilai perpindahan atau simpangan antar lantai tingkat (*story drift*) yang diperbesar, ditentukan melalui persamaan berikut.

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{ex}}{I_e}$$

dimana:

C_d = faktor pembesaran

δ_{ex} = defleksi yang ditentukan oleh analisis elastis

I_e = faktor keutamaan

2) Pengaruh P-Delta

Berdasarkan SNI 1726-2012, ditentukan oleh persamaan berikut.

$$\Theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d}$$

$$\Theta_{\max} = \frac{0,5}{\beta C_d}$$

P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas x (kN)

Δ = simpangan antar lantai tingkat desain, serentak dengan V_x (mm)

I_e = faktor keutamaan gempa

V_x = gaya dasar seismik (kN)

H_{sx} = tinggi tingkat dibawah tingkat x (mm)

C_d = faktor pembesaran defleksi

β = rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser yang ditinjau



3) Program ETABS (Extended Three Dimension Analysis of Building Systems)

ETABS (Extended Three Dimension Analysis of Building Systems) adalah salah satu program komputer yang digunakan khusus untuk perencanaan gedung dengan konstruksi beton, baja, dan komposit. Program tersebut mempunyai tampilan yang hampir sama dengan SAP karena dikembangkan oleh perusahaan yang sama (*Computers and Structures Inc, CSI*) yaitu salah satu perusahaan pembuat piranti lunak (program) untuk perencanaan- perencanaan struktur. Program-program dari CSI tersebut sudah digunakan di lebih dari 160 negara.

Program *ETABS* akan sangat membantu dalam melakukan analisis dan desain struktur bangunan, yang sebelumnya secara manual dalam waktu yang relatif lama dan keakuratannya tidak terjamin. *ETABS* sangat relevan untuk desain struktur bangunan gedung bertingkat/*high rise building* dengan memperhitungkan beban berat sendiri struktur, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Beberapa keunggulan dari program *ETABS* adalah sebagai berikut:

- (a) Fitur/ fasilitas yang lebih lengkap (untuk kasus perencanaan struktur gedung),
- (b) Lebih ringan dan cepat saat diinstal di Computer daripada SAP 2000,
- (c) Lebih cepat dalam melakukan running analysis daripada SAP 2000,
- (d) Lebih cepat saat melakukan pemodelan struktur,
- (e) Tampilan 2D dan 3D yang bisa mencakup seluruh elemen.

2.6. ETABS



ETABS adalah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk analisis dan perancangan bangunan bertingkat. ETABS memiliki kemampuan untuk melakukan analisis statis dan dinamis, serta menyediakan berbagai fitur untuk memodelkan

perilaku struktur dengan detail yang tinggi. Menurut Suryadi et al. (2021), ETABS memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis modal dan respons spektrum, yang sangat penting dalam memprediksi respon bangunan terhadap beban gempa.

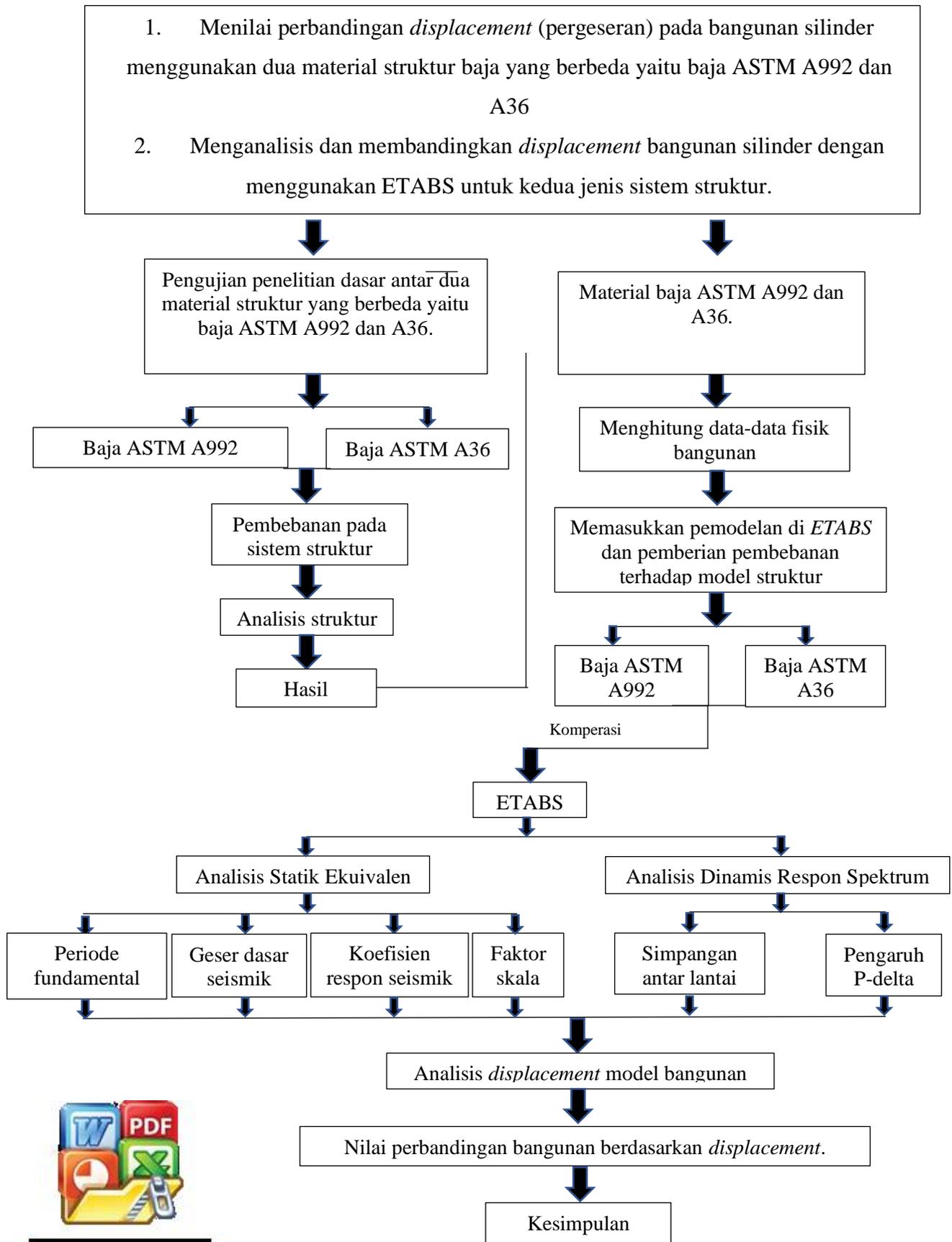


2.7. Penelitian Terdahulu

No	Nama Penelitian	Judul	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Ir. Bambang Wiranto (2019)	Pengaruh Jenis Baja Terhadap Stabilitas Struktur Bangunan Tinggi Menggunakan ETABS	Baja ASTM A992 memiliki ketangguhan dan kekuatan leleh yang lebih baik, mengurangi <i>displacement</i> struktur.	Menggunakan ETABS untuk analisis struktur	Fokus pada bangunan tinggi, bukan bangunan berbentuk silinder
2.	Dr. Sarah Hidayati (2021)	Evaluasi <i>Displacement</i> dan Drift pada Struktur Baja Menggunakan ASTM A992 dan A36	<i>Displacement</i> dan drift pada struktur baja ASTM A992 lebih rendah dibandingkan dengan ASTM A36.	Evaluasi <i>displacement</i> pada struktur baja	Fokus pada drift struktur dan tidak khusus pada bangunan berbentuk silinder
3.	Prof. Agus Santoso (2022)	Studi Perbandingan <i>Displacement</i> Struktur Baja pada Bangunan Modular Menggunakan ETABS	Baja ASTM A992 menunjukkan <i>displacement</i> yang lebih kecil dalam bangunan modular dibandingkan ASTM A36.	Membandingkan <i>displacement</i> pada dua jenis baja menggunakan ETABS	Fokus pada bangunan modular, bukan bangunan berbentuk silinder
4.	Ir. Rina Kartika (2018)	Analisis Kinerja Seismik Struktur Baja ASTM A992 dan ASTM A36 pada Gedung Bertingkat	Baja ASTM A992 menunjukkan performa seismik yang lebih baik dengan <i>displacement</i> yang lebih rendah	Menggunakan ETABS untuk analisis struktur seismik	Fokus pada kinerja seismik



2.8. Alur Perencanaan Penelitian



2.9. Kerangka Usulan Penelitian (Alur Pikir)

