

**SKRIPSI**

**KINERJA STRUKTUR DENGAN PENERAPAN STRUKTUR  
GANTUNG DAN STRUKTUR SOKONG BANGUNAN  
3CSS120°VR**

**Disusun dan diajukan oleh**

**NURUL ANNISA**

**D51116005**



**DEPARTEMEN ARSITEKTUR  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2021**

**HALAMAN JUDUL**

**SKRIPSI**

**KINERJA STRUKTUR DENGAN PENERAPAN STRUKTUR  
GANTUNG DAN STRUKTUR SOKONG BANGUNAN  
3CSS120° VR**

**Disusun dan diajukan oleh**

**NURUL ANNISA**

**D51116005**



**DEPARTEMEN ARSITEKTUR**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**KINERJA STRUKTUR DENGAN PENERAPAN STRUKTUR GANTUNG DAN STRUKTUR SOKONG BANGUNAN 3CSS120'VR**

Disusun dan diajukan oleh

**Nurul Annisa  
D511 16 005**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 16 Februari 2021

Menyetujui

Pembimbing I



**Dr. Ir. Hartawan, MT**  
NIP. 19641231 199103 1 034

Pembimbing II



**Dr. Imriyanti, ST., MT**  
NIP. 19730208 200604 2 001

Mengetahui



Ketua Program Studi Arsitektur

**Dr. I. H. Edward Syarif, MT.**  
NIP. 19690612 199802 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : NURUL ANNISA  
NIM : D511 16 005  
Program Studi : Teknik Arsitektur  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

KINERJA STRUKTUR DENGAN PENERAPAN STRUKTUR GANTUNG  
DAN STRUKTUR SOKONG BANGUNAN 3CSS120°VR

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

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

Makassar, 16 Februari 2021

Yang menyatakan,



Nurul Annisa

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir Skripsi Penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam tercurahkan kepada Rasulullah SAW, keluarga dan sahabat-NYA.

Penulis sangat bersyukur karena dapat menyelesaikan Skripsi yang menjadi persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana (S1) pada program studi Arsitektur Universitas Hasanuddin. Disamping itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, Ayahanda Abd Muis dan Ibunda Sunarsi yang selama ini selalu memberikan dukungan, semangat dan doa tiada henti
2. Bapak Dr. H. Edward Syarif, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Ir. Hartawan, M.T, selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia membimbing, meluangkan waktu dan mengarahkan penulis selama menyusun skripsi penelitian ini serta memberikan banyak ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis dan memberikan solusi di setiap permasalahan dalam penyusunan skripsi penelitian ini.
4. Ibu Dr. Imriyanti, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia membimbing, meluangkan waktu dan mengarahkan penulis selama menyusun skripsi penelitian ini serta memberikan banyak ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis dan memberikan solusi di setiap permasalahan dalam penyusunan skripsi penelitian ini.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Ramli Rahim, M. Eng, selaku Dosen Penasehat Akademik yang sudah bersedia mengarahkan dan membimbing penulis selama masa perkuliahan.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan
7. Sahabat dan partner lab seperjuangan LBE Struktur, Material dan Konstruksi Bangunan, Nurul Faidah Takdir, Andi Ayu Ningsi, Nadya

Salsabila, Muhammad Nur, Aprianto Yunus Seru, Nur A. Rahayu agich, Maulana Nur Iksan, kak lili, kak firda terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya selama ini

8. Sahabat-sahabat saya Wahyudi Budiman, Rona Aprilia Balleo, dan teman-teman dekat saya Andi ratu Walang, Angelie Paskalia, andi rijal, Arisandi, St. Faradiba terima kasih atas bantuan dan dukungannya selama masa perkuliahan
9. Senior LBE kak Giovanni Claresta, kak mul, kak irsyad, kak dinul, kak mude, kak ami, kak inna terima kasih atas saran dan sharing-sharingnya selama di Labo Struktur, Material dan Konstruksi Bangunan
10. Teman-teman angkatan Arsitektur 2016 terima kasih atas kebersamaannya selama masa perkuliahan
11. Segenap staf dan karyawan Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang berkenan memberikan bantuan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya dalam bidang struktur dan konstruksi bangunan.

Makassar, 16 Februari 2021

Nurul Annisa  
D511 16 005

## ABSTRACT

NURUL ANNISA, *Structural Performance with the Application of Hanging Structures and Supporting Structures in 3CSS120°VR Buildings*. (supervised by Hartawan and Imriyanti)

This study aims to reveal the performance of the basic console model structure and the comparison between a tall rotational console using a hanging structure with supports. The main building is steel with 32 floors. This type of research is classified as quantitative research. The research method used is the Modeling and Simulation method, by modeling the building structure and then given a loading simulation which is analyzed using equivalent static analysis and dynamic response spectrum referring to SNI 03-1726-2012. The analysis was carried out on the 3CSS120°VR building 3-dimensional test model by reviewing the structural performance. The analysis was carried out using ETABS (Extended Three Dimension Analysis of Building Systems) software. This research shows that the performance level of the structure is included in the Immediate Occupancy, that is, when an earthquake hits the building structure is safe, because it does not exceed the maximum drift  $E_x$  and  $E_y < IO = 0.01$  and the maximum In-elastic Drift  $E_x$  and  $E_y < 0.005$ . In building displacement analysis, the average displacement value for 3CSS120°VR buildings using hanging structures is 6.86 mm, for 3CSS120°VR buildings using support structures is 6.75 mm, and for 3CSS120°VR buildings using structures hanging and support is 6.90 mm. So that the average difference between the 3 test models is 0.1 mm.

**Keywords** : *Structural Performance, Hanging Structures, Supporting Structures, Etabs.*

## ABSTRAK

NURUL ANNISA, *Kinerja Struktur dengan Penerapan Struktur Gantung dan Struktur Sokong pada Bangunan 3CSS120°VR*. (dibimbing oleh Hartawan dan Imriyanti)

Penelitian ini bertujuan mengungkapkan kinerja struktur model dasar konsol dan perbandingan antara bangunan jangkung berkonsol rotasi yang menggunakan struktur gantung dan struktur sokong. Bangunan bermaterial utama baja 32 lantai. Jenis penelitian ini tergolong penelitian kuantitatif. Metode penelitian menggunakan metode *Modelling and Simulation*, dengan cara pemodelan struktur gedung kemudian diberikan simulasi pembebanan yang dianalisa menggunakan analisa statik ekuivalen dan dinamik respon spektrum mengacu pada SNI 03-1726-2012. Analisa dilakukan pada model uji 3 dimensi bangunan 3CSS120°VR dengan meninjau kinerja struktur. Analisa dilakukan menggunakan software *ETABS (Extended Three Dimension Analysis of Building Systems)*. Penelitian ini mendapatkan hasil level kinerja struktur termasuk dalam *Immediate Occupancy* yaitu apabila terkena gempa struktur bangunan aman, karena tidak melebihi batas maksimal drift  $E_x$  dan  $E_y < IO=0,01$  dan maksimal In-elastic Drift  $E_x$  dan  $E_y < 0,005$ . Pada analisis *displacement* bangunan, didapatkan nilai rata-rata *displacement* pada bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan struktur gantung adalah 6,86 mm, untuk bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan struktur sokong adalah 6,75 mm, dan untuk bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan struktur gantung dan sokong adalah 6,90 mm. Sehingga nilai selisih rata-rata dari 3 model uji adalah 0,1 mm.

**Kata kunci** : Kinerja Struktur, Struktur Gantung, Struktur Sokong, Etabs.



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRACT.....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR ISTILAH .....	xxiii
DAFTAR SIMBOL.....	xxv
DAFTAR SINGKATAN .....	xxviii
<b>BAB I     PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan .....	6
1.4. Lingkup Pembahasan.....	6
1.5. Batasan Masalah .....	7
1.6. Sistematika Penulisan .....	8
1.7. Keaslian Penelitian.....	9
<b>BAB II     KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1. Kajian Umum Bangunan Tinggi.....	12

2.1.1.	Pengertian Bangunan Tinggi.....	12
2.1.2.	Perkembangan Bangunan Tinggi .....	12
2.1.3.	Karakteristik Bangunan Tinggi .....	14
2.2.	Kajian Umum Hotel.....	16
2.2.1.	Pengertian Hotel.....	16
2.2.2.	Klasifikasi atau Penggolongan Hotel .....	18
2.2.3.	Pelaku Kegiatan dan Organisasi Pengelola Hotel .....	22
2.3.	Kinerja.....	24
2.4.	Tinjauan Umum Struktur .....	25
2.5.	Struktur Kantilever.....	26
2.6.	Struktur Gantung.....	26
2.7.	Struktur Sokong .....	29
2.8.	Elemen Struktur .....	30
2.8.1.	Kolom.....	30
2.8.2.	Balok .....	31
2.8.3.	Plat Lantai .....	32
2.9.	Baja .....	32
2.10.	Beton.....	37
2.11.	Pembebanan pada Bangunan .....	38
2.11.1.	Beban Mati .....	38
2.11.2.	Beban Hidup.....	41
2.11.3.	Beban Angin.....	42
2.11.4.	Beban Gempa .....	49
2.11.5.	Kombinasi Pembebanan.....	59

2.11.6. Analisis Linear Gempa.....	60
2.12. Kinerja Struktur .....	66
2.12.1. Kinerja Batas Layan .....	66
2.12.2. Kinerja Batas Ultimit .....	66
2.13. Etabs.....	67
2.14. Penelitian Terdahulu .....	69
2.15. Kerangka Pikir .....	71
2.16. Alur Pikir .....	72
 <b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Jenis dan Metode Penelitian.....	73
3.1.1. Jenis Penelitian.....	73
3.1.2. Metode Penelitian.....	73
3.2 Objek dan Unit Penelitian.....	78
3.2.1. Objek Penelitian .....	78
3.2.2. Unit Penelitian.....	79
3.3 Variabel Penelitian.....	79
3.4 Metode Pengujian Tujuan I.....	80
3.4.1. Model Uji 3 Dimensi Bangunan dengan Model Dasar Konsol.....	80
3.4.2. Cara Pengujian Tujuan I.....	81
3.4.2.1. Perhitungan kuat tarik yang diterima Struktur Gantung pada Bangunan (SNI 1729 :2015).....	82
3.4.2.2. Perhitungan Kuat Tekan yang diterima Struktur Sokong pada Bangunan (SNI 1729 :2015).....	83

3.4.2.3.	Analisis .....	84
3.4.2.4.	Hipotesis .....	84
3.5	Metode Pengujian Tujuan II .....	85
3.5.1.	Model Uji 3 Dimensi Bangunan 3CSS120°VR.....	85
3.5.1.1.	Reduksi Momen Inersia Baja .....	88
3.5.1.2.	Penentuan Jenis Sambungan.....	89
3.5.1.3.	Perletakkan Kolom, dan Balok.....	89
3.5.2.	Cara Pengujian Tujuan II .....	90
3.5.2.1.	Perhitungan Pembebanan pada Bangunan.....	91
3.5.2.2.	Kombinasi Pembebanan .....	102
3.5.2.3.	Analisis Struktur .....	104
3.5.2.4.	Analisis Kinerja Struktur .....	104
3.5.2.5.	Analisis Displacement Bangunan.....	105
3.5.2.6.	Hipotesis .....	105
3.6	Alur Penelitian .....	106

#### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Konfigurasi Bangunan .....	107
4.2.	Spesifikasi Material .....	107
4.3.	Modifikasi Model Struktur Gantung dan Struktur Sokong.....	110
4.4.	Taraf Penjepitan Lateral.....	113
4.5.	Pembebanan terhadap Model Struktur.....	113
4.6.	Beban Gempa pada Analisis Dinamik Respon Spektrum.....	118
4.7.	Diafragma .....	120
4.8.	Hasil Analisis .....	122

4.8.1.	Hasil Pengujian Tujuan I.....	122
4.8.1.1.	Perhitungan Kuat Tarik yang diterima Struktur Gantung pada Bangunan (SNI 1729 :2015).....	124
4.8.1.2.	Perhitungan Kuat Tekan yang diterima Struktur Sokong pada Bangunan (SNI 1729 :2015).....	126
4.8.1.3.	Kinerja Struktur Berdasarkan Simpangan Antar Lantai.....	127
4.8.1.4.	Hasil Analisis Displacement.....	135
4.8.2.	Hasil Pengujian Tujuan II .....	143
4.8.2.1.	Hasil Analisis Struktur .....	144
4.8.2.1.1.	Hasil Analisis Struktur Model 1 : Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Gantung .....	144
4.8.2.1.2.	Hasil analisis Struktur Model 2 : Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Sokong.....	148
4.8.2.1.3.	Hasil Analisis Struktur Model 3 : Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Gantung dan Struktur Sokong.....	153
4.8.2.2.	Hasil Analisis Kinerja struktur bangunan.....	158
4.8.2.2.1.	Evaluasi beban gempa .....	158
4.8.2.2.2.	Kinerja Struktur Batas Layan .....	165
4.8.2.2.3.	Kinerja Struktur Batas Ultimit.....	171
4.8.2.3.	Hasil Analisis Displacement.....	180
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1.	Kesimpulan .....	191
5.2.	Saran .....	192
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>193</b>

LAMPIRAN .....	196
LAMPIRAN I.....	197
LAMPIRAN II .....	199
LAMPIRAN III.....	201
LAMPIRAN IV.....	203
LAMPIRAN V .....	203
LAMPIRAN VI.....	206

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2. 1. Sifat Mekanis Baja .....	36
Tabel 2. 2. Mutu Beton .....	38
Tabel 2. 3. Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung .....	38
Tabel 2. 4. Beban Mati Menurut Jenis Struktur Bangunan .....	40
Tabel 2. 5. Perkiraan Volume Tulangan Baja dan Beton .....	41
Tabel 2. 6. Beban Hidup pada Lantai Gedung .....	41
Tabel 2. 7. Rata-Rata Kecepatan Angin di Kota Makassar pada Tahun 2013 (BPSS, 2014) .....	43
Tabel 2. 8. Faktor Arah Angin .....	43
Tabel 2. 9. Koefisien Tekanan Internal .....	46
Tabel 2. 10. Koefisien Tekanan Dinding, C <sub>pf</sub> .....	46
Tabel 2. 11. Koefisien Eksposur .....	48
Tabel 2. 12. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa .....	51
Tabel 2. 13. Kategori Faktor Keutamaan Gedung .....	52
Tabel 2. 14. Klasifikasi Situs .....	54
Tabel 2. 15. Koefisien Situs (F <sub>a</sub> ) .....	55
Tabel 2. 16. Koefisien Situs (F <sub>v</sub> ) .....	56
Tabel 2. 17. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek .....	56
Tabel 2. 18. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik .....	57
Tabel 2. 19. Koefisien Batas Atas Periode (C <sub>u</sub> ) .....	58
Tabel 2. 20. Nilai Parameter Periode Pendekatan C <sub>t</sub> dan x .....	58

Tabel 3. 1. Kelangsingan transisi untuk tekuk elastis dan tekuk inelastis .....	84
Tabel 3. 2. Model Matematika Titik G, H, I, J, K, dan L.....	88
Tabel 3. 3. Faktor Reduksi Inersia Baja.....	88
Tabel 3. 4. Konstanta Eksposur.....	95
Tabel 3. 5. Nilai Eksposur Berdasarkan Ketinggian Bangunan yang akan di Uji	96
Tabel 3. 6. Beban Angin Perlantai .....	97
Tabel 3. 7. Proyeksi Beban Angin pada Bangunan.....	98
Tabel 3. 8. Faktor Keutamaan Gempa .....	100
Tabel 3. 9. Kombinasi Pembebanan.....	103
Tabel 4. 1. Konfigurasi Bangunan .....	107
Tabel 4. 2. Karakteristik Kolom dan Balok .....	108
Tabel 4. 3. Material Properties Pelat Lantai.....	109
Tabel 4. 4. Spesifikasi Model Struktur Plane Frame .....	111
Tabel 4. 5. Berat Struktur Model Dasar Konsol Tanpa Pengaku.....	123
Tabel 4. 6. Berat Struktur Model Dasar Konsol dengan Penerapan Struktur Gantung .....	123
Tabel 4. 7. Berat Struktur Model Dasar Konsol dengan Penerapan Struktur Sokong.....	124
Tabel 4. 8. Material Properties Balok Gantung.....	124
Tabel 4. 9. Material Properties Balok Sokong .....	126
Tabel 4. 10. Simpangan Antar Lantai Model Dasar Konsol Tanpa Pengaku .....	127
Tabel 4. 11. Simpangan Antar Lantai Model Dasar Konsol dengan Penerapan Struktur Gantung.....	129
Tabel 4. 12. Simpangan Antar Lantai Model Dasar Konsol dengan Penerapan Struktur Sokong .....	130



Tabel 4. 13. Perbandingan Simpangan Antar Lantai Model Dasar Konsol Tanpa Pengaku, Model Dasar Konsol dengan Penerapan Struktur Gantung, Model Dasar Konsol dengan Penerapan Struktur Sokong Arah x dan y .....	132
Tabel 4. 14. Hasil Analisis Nilai Displacement pada Arah x dan y pada Tiga Model Dasar Konsol .....	136
Tabel 4. 15. Batasan Rasio Drift Atap menurut ATC-40.....	139
Tabel 4. 16. Modal Participation Mass Ratio (MPMR) .....	144
Tabel 4. 17. Simpangan Antar Lantai .....	145
Tabel 4. 18. Pengaruh P-Delta Arah x .....	146
Tabel 4. 19. Pengaruh P-Delta Arah y .....	147
Tabel 4. 20. Modal Participation Mass Ratio (MPMR) .....	149
Tabel 4. 21. Simpangan Antar Lantai .....	149
Tabel 4. 25. Pengaruh P-Delta arah x .....	151
Tabel 4. 23. Pengaruh P-Delta arah y .....	152
Tabel 4. 24. Modal Participation Mass Ratio (MPMR) .....	153
Tabel 4. 25. Simpangan Antar Lantai .....	154
Tabel 4. 26. Pengaruh P-Delta arah x .....	155
Tabel 4. 27. Pengaruh P-Delta arah y .....	156
Tabel 4. 28. Faktor Skala Awal Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Gantung.....	159
Tabel 4. 29. Faktor Skala Baru Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Gantung.....	160
Tabel 4. 30. Faktor Skala Awal Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Sokong .....	162
Tabel 4. 31. Faktor Skala Baru Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Sokong .....	163

Tabel 4. 32. Kinerja Batas Layan pada bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Gantung .....	165
Tabel 4. 33. Kinerja Batas Layan pada Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Sokong.....	167
Tabel 4. 34. Kinerja Batas Ultimit pada Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Gantung .....	172
Tabel 4. 35. Kinerja Batas Ultimit pada bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Sokong.....	174
Tabel 4. 36. Perbandingan Nilai Displacement.....	180
Tabel 4. 37. Batasan Rasio Drift Atap menurut ATC-40.....	187

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. 1. The Nexus Tower, China .....	2
Gambar 1. 2. Cyilinder Homes, Frances .....	3
Gambar 1. 3. Dynamic Tower, Dubai .....	3
Gambar 2. 1. Balok Kantilever .....	26
Gambar 2. 2. Fungsi Struktur Gantung .....	27
Gambar 2. 3. Baja pada Struktur Gantung .....	27
Gambar 2. 4. Kabel Baja pada Struktur Gantung.....	28
Gambar 2. 5. Beban Tarik pada Struktur Gantung.....	28
Gambar 2. 6. (a).WF (b).I (c).H .....	34
Gambar 2. 7. (a).Profil Siku (b).Profil L.....	34
Gambar 2. 8. (a). Profil C (b). Kanal C.....	35
Gambar 2. 9. (a). Besi Hollow .....	35
Gambar 2. 10. (a). Pipa Steel .....	35
Gambar 2. 11. (a). Profil T.....	36
Gambar 2. 12. Koefisien Cpf dengan Rasio L/B .....	47
Gambar 2. 13. Koefisien Cpf dengan Rasio L/B .....	47
Gambar 2. 14. Diagram Spektrum Respon Gempa Rencana .....	53
Gambar 2. 15. Peta zona gempa Indonesia .....	54
Gambar 2. 16. Spektrum Respons Desain.....	63
Gambar 2. 17. Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	64
Gambar 2. 18. ETABS .....	67
Gambar 2. 19. Kerangka Pikir.....	71

Gambar 2. 20. Alur Pikir.....	72
Gambar 3. 1. Rancangan Gubahan Bentuk .....	74
Gambar 3. 2. Modifikasi Rancangan Gubahan Bentuk.....	75
Gambar 3. 3. Rancangan Layout Bangunan Persegmen .....	76
Gambar 3. 4. Gabungan Layout Persegmen menjadi Satu Bangunan .....	76
Gambar 3. 5. Bangunan 3CSS120°VR.....	77
Gambar 3. 6. Objek Penelitian Model Dasar Konsol dengan Penerapan Struktur Gantung dan Struktur Sokong dalam Bangunan Jangkung Berkonsol Rotasi .....	78
Gambar 3. 7. Objek Penelitian yang menggunakan Struktur Gantung dengan Struktur Sokong pada Bangunan 3CSS120°VR.....	78
Gambar 3. 8. Bangunan 3CSS120°VR (3 Cantilever Structure Stacked 120° Vertically Rotated) .....	80
Gambar 3. 9. Model Dasar Konsol Tanpa Pengaku dan Model Dasar Konsol dengan Penerapan Struktur Gantung dan Struktur Sokong pada Bangunan Jangkung Berkonsol Rotasi.....	81
Gambar 3. 10. Model Struktur Model Dasar Konsol Struktur Tanpa Pengaku dengan Penerapan Struktur Gantung dan Struktur Sokong pada Bangunan Jangkung Berkonsol Rotasi.....	82
Gambar 3. 11. Penerapan Struktur Gantung dan Struktur Sokong pada Bangunan 3CSS120°VR.....	86
Gambar 3. 12. Model Matematika Bangunan .....	86
Gambar 3. 13. Model Matematika Denah Podium .....	87
Gambar 3. 14. Model Matematika Denah Typikal .....	87
Gambar 3. 15. Sambungan Brace Sokong Sudut Bawah.....	89
Gambar 3. 16. Sambungan Balok Gantung Sudut Atas .....	89
Gambar 3. 17. Perletakkan Rangka Kolom dan Balok pada Lantai Podium .....	89
Gambar 3. 18. Struktur Gantung dan Struktur Sokong pada Bangunan 3CSS120°VR.....	90

Gambar 3. 19. Model Struktur yang menggunakan Struktur Gantung dan Struktur Sokong pada Bangunan 3CSS120°VR.....	91
Gambar 3. 20. Distribusi Beban Mati .....	93
Gambar 3. 21. Distribusi Beban Hidup.....	93
Gambar 3. 22. Distribusi Beban Hidup Atap .....	94
Gambar 3. 23. Distribusi Beban Angin pada Sisi Luar Lantai Typikal .....	99
Gambar 3. 24. Nilai Spectral Percepatan Pada 0,2 Detik ( $S_s$ ) (PuSGeN, 2017)..	100
Gambar 3. 25. Nilai Spectral Percepatan Pada 1 Detik ( $S_1$ ) (PuSGeN, 2017)....	100
Gambar 4. 1. Bentuk Penampang Kolom dan Baja (Baja WF) .....	107
Gambar 4. 2. Model Struktur Plane Frame pada Struktur Gantung.....	110
Gambar 4. 3. Model Struktur Plane Frame pada Struktur Sokong .....	111
Gambar 4. 4. Model Hubungan Struktur Gantung dan Balok Konsol .....	112
Gambar 4. 5. Model Hubungan Struktur Sokong dan Balok Konsol.....	112
Gambar 4. 6. Joint Assigment- Restaints pada ETABS.....	113
Gambar 4. 7. Dead Load Assigment pada ETABS .....	114
Gambar 4. 8. Distribusi Beban Lantai ke Balok Struktur .....	115
Gambar 4. 9. Distribusi Beban Mati terhadap Elemen Struktur .....	115
Gambar 4. 10. Live Load Assigment pada ETABS .....	116
Gambar 4. 11. Distribusi Beban Hidup terhadap Elemen Struktur.....	116
Gambar 4. 12. Wind Load Assigment Sisi Terluar Lantai 21 Segmen 3 pada ETABS .....	118
Gambar 4. 13. Distribusi Beban Angin pada Elemen Struktur .....	118
Gambar 4. 14. Grafik Respon Spektrum Tanah di Kota Makassar.....	119
Gambar 4. 15. Define diaphragma pada ETABS.....	121
Gambar 4. 16. Diafragma masing-masing lantai pada ETABS .....	121

Gambar 4. 17. Model Uji Tujuan I.....	122
Gambar 4. 18. Perbandingan Nilai Simpangan Antar Lantai Arah x pada Tiga Model Dasar Konsol.....	134
Gambar 4. 19. Perbandingan Nilai Simpangan Antar Lantai Arah y pada Tiga Model Dasar Konsol.....	134
Gambar 4. 20. Perbandingan Nilai Displacement Arah x pada Tiga Model Dasar Konsol.....	137
Gambar 4. 21. Perbandingan Nilai Displacement Arah y pada Tiga Model Dasar Konsol.....	138
Gambar 4. 22. Model Uji Tujuan II .....	143
Gambar 4. 23. Kinerja Struktur Batas Layan Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Gantung.....	166
Gambar 4. 24. Kinerja Struktur Batas Layan Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Sokong .....	169
Gambar 4. 25. Kinerja Struktur Batas Ultimit Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Gantung.....	173
Gambar 4. 26. Kinerja Struktur Batas Ultimit Bangunan 3CSS120°VR yang menggunakan Struktur Sokong .....	175
Gambar 4. 27. Perilaku Struktur berdasarkan Beban Sendiri. ....	177
Gambar 4. 28. Perilaku Struktur berdasarkan Beban Angin.....	178
Gambar 4. 29. Perilaku Struktur berdasarkan Beban Kombinasi. ....	179
Gambar 4. 30. Perbandingan Nilai Displacement Arah x pada Tiga Model Bangunan 3CSS120°VR.....	181
Gambar 4. 31. Perbandingan Nilai Displacement Arah y pada Tiga Model Bangunan 3CSS120°VR.....	182
Gambar 4. 32. Perbandingan Nilai <i>Displacement</i> berdasarkan Jenis Pembebanan arah x. ....	184
Gambar 4. 33. Perbandingan Nilai <i>Displacement</i> berdasarkan Jenis Pembebanan arah y. ....	186

## DAFTAR ISTILAH

Istilah	Arti
3CSS120°VR	(3 <i>Cantilever Structure Stacked 120° Vertically Rotated</i> ) atau 3 segmen struktur kantilever yang di susun berotasi 120° secara vertikal adalah suatu bangunan tinggi dengan 3 segmen elemen struktur yang berupa balok atau plat yang dimana masing-masing segmen tersusun dari delapan lantai balok kantilever dengan orientasi berbeda yang salah satu ujungnya ditancapkan dan berputar 120° di sumbu garis (penyangga) tegak lurus dari permukaan bumi.
Bangunan Tinggi	Istilah untuk menyebut suatu bangunan yang memiliki struktur tinggi
Beban	Gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi
Balok kantilever	Balok yang salah satu ujungnya terdapat tumpuan jepit dan ujung lain menggantung (bebas).
Bruto	Berat Kotor, yaitu berat suatu benda yang dihitung beserta kemasan (tempatny).
Displacement	Simpangan suatu lantai di ukur dari dasar lantai
Diafragma	Atap, lantai, membran atau sistem bresing yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya lateral ke elemen penahan vertikal
Ekspresif	Pengungkapan dalam bentuk gambaran, maksud, gagasan dan pikiran
Faktor keutamaan	Faktor yang menyumbangkan tingkat risiko bagi kehidupan manusia, kesehatan, dan kesejahteraan yang terkait dengan kerusakan properti atau kehilangan kegunaan atau fungsi.
Girt	Elemen yang memegang penutup dinding
Gaya Geser Dasar	Gaya geser atau lateral total yang terjadi pada tingkat dasar

Joint	Sambungan
Kinerja	Suatu evaluasi penilaian terhadap suatu struktur bangunan dimana setelah gempa terjadi struktur dapat langsung digunakan kembali
Konsol	Sebuah struktur yang terbuat dari batu, beton, kayu, baja, yang tampak menonjol dari dinding dan digunakan untuk menopang struktur di atasnya
Kelas Situs	Klasifikasi situs yang dilakukan berdasarkan kondisi tanah di lapangan
Neto	berat bersih yaitu berat suatu benda setelah dikurangi dengan kemasan (tempatnya)
Purlin	Balok dudukan penutup atap
Rotasi	Perputaran benda pada suatu sumbu yang tetap
Struktur	Sejumlah atau beberapa komponen yang membentuk suatu bangunan
Steel Brace frame	Struktur rangka baja yang mendukung bangunan utama
Shear wall	Dinding beton bertulang atau pelat baja yang dipasang vertikal pada posisi gedung tertentu untuk meningkatkan kinerja struktural pada bangunan tinggi
Struktur gantung	Suatu struktur yang berfungsi sebagai penggantung (menahan gaya tarik) dalam suatu konstruksi.
Struktur Sokong	suatu elemen struktur yang berfungsi sebagai penunjang (penyangga atau penopang) pada suatu balok kantilever agar tidak roboh
Segmen	Suatu satu rangkaian yang pada dasarnya mempunyai struktur yang sama
Simpangan Antar Lantai	Perpindahan horisontal di bagian atas tingkat relatif terhadap bawahnya
Story stiffnes	Kekakuan Lantai
Shear	Gaya Geser



## DAFTAR SIMBOL

---

<b>Simbol</b>	<b>Arti dan Keterangan</b>
$A_a$	= Luas Neto Efektif
$A_g$	= Luas Bruto dari Elemen Struktur
$C_d$	= Faktor Amplifikasi Defleksi
$C_{pi}$	= Koefisien Tekanan Internal
$C_{pf}$	= Koefisien Tekanan Eksternal
$C_s$	= Koefisien Respon Seismik
$C_{s_{min}}$	= Koefisien Respon Gempa Minimum
$C_{s_{max}}$	= Koefisien Respon Gempa Maximum
$C_t$	= Nilai Parameter Periode Pendekatan
$C_u$	= Koefisien Batas Atas Periode
DFBK	= Desain Faktor Beban dan Ketahanan
$D_t$	= Displacement Atap
$D_1$	= Displacement Lantai 1
$E$	= Modulus Elastis
$E_x$	= Beban Gempa Arah x (Earthquake Load in x direction)
$E_y$	= Beban Gempa Arah y (Earthquake Load in y direction)
$F_a$	= Nilai Koefisien Situs
$F_u$	= Minimum Tensile Strength
$F_v$	= Koefisien Situs
$F_y$	= Minimum Yield Stress
$F_1$	= Gaya Gempa Desain Tingkat Kekuatan

G	=	Modulus geser
g	=	Percepatan gravitasi bumi (9,8 m/s <sup>2</sup> )
H	=	Elevasi lantai
h	=	Tinggi antar lantai
h <sub>sx</sub>	=	Tinggi Tingkat di bawah Tingkat x (mm)
I	=	Faktor Keutamaan Struktur
I	=	Momen inersia massa
Kd	=	Faktor Arah Angin
Kz	=	Koefisien Eksposur
P <sub>n</sub>	=	Kekuatan tekan nominal/Kekuatan tarik nominal
P <sub>x</sub>	=	Beban Desain Vertikal Total pada dan di atas Tingkat x
R	=	Koefisien Modifikasi Respons
SF	=	Skala faktor
S <sub>DS</sub>	=	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek
S <sub>D1</sub>	=	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik
S <sub>MS</sub>	=	Parameter percepatan respon spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S <sub>M1</sub>	=	Parameter percepatan respon spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S <sub>s</sub>	=	Parameter percepatan respon spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek
S <sub>1</sub>	=	Parameter percepatan respon spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik
T	=	Perioda Fundamental
TE	=	Waktu Getar Empiris Struktur

$V$	=	Geser dasar
$V_i$	=	Faktor skala awal
$V_t$	=	Geser dasar gempa
$V_x$	=	Gaya Geser Seismik yang Bekerja antara Tingkat x
$V_y$	=	Gaya Geser Seismik yang Bekerja antara Tingkat y
$v$	=	Kecepatan angin dalam m/det
$W$	=	Berat Seismik Efektif
$WT$	=	Berat Bangunan
$\mu$	=	Nisabah poisson
$\alpha$	=	Koefisien pemuaian
$\delta_{xe}$	=	Defleksi Pada Lokasi Yang Disyaratkan
$\delta_{e1}$	=	Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya $F_1$
$\Delta$	=	Simpangan Antar Lantai Tingkat Desain
$\Delta_{Total}$	=	Simpangan lantai total
$\Delta_x$	=	Simpangan antar lantai arah x
$\Delta_y$	=	Simpangan antar lantai arah y
$\Delta_a$	=	Simpangan antar lantai yang diijinkan
$\Delta_s$	=	Kinerja struktur batas layan
$\Delta_m$	=	Kinerja struktur batas ultimit
$\theta_{max}$	=	Koefisien stabilitas untuk pengaruh P- $\Delta$ Maksimum
$\theta$	=	Pengaruh P-Delta
$\xi$	=	Faktor pengali Kinerja Batas Ultimit
$\Phi$	=	Faktor ketahanan
$\rho$	=	Massa Jenis

## DAFTAR SINGKATAN

3CSS120°VR	3 Cantilever Structure Stacked 120° Vertically Rotated
ACI	American Concrete Institute
ATC	Applied Technology Council
CSI	Computers and Structures, Incorporated
DC	Damage Control
ETABS	Extended Three Dimension Analysis of Building System
IO	Immediate Occupancy
Kzt	Faktor Topografi
Lr	Live roof
LS	Life Safety
MPMR	Modal Participation Mass Ratio
MLPR	Modal Load Participation Ratio
MMI	Mass Moment of Inertia
RHS	rectangular hollow section
RCC	Roller Compacted Concrete
SIDL	Super dead load
WF	Wide flange
WL	Wind load

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Inovasi perencanaan struktur terus menerus dikembangkan dalam mendesain bangunan jangkung. Bangunan jangkung sangat rentan terhadap bahaya lateral seperti angin dan gempa bumi. Sehingga semakin tinggi bangunan maka semakin rawan bangunan tersebut dalam menahan gaya lateral, terutama gaya gempa. Perkembangan teknologi perencanaan bangunan jangkung tahan gempa terus mengalami perubahan. Perubahan-perubahan itu akan mempunyai efek yang signifikan pada desain dan pendetailan komponen-komponen struktur terutama bangunan yang menyesuaikan bentuk dengan keadaan lingkungan.

Di lingkungan kota yang semakin dewasa, serta arus informasi yang mampu mengalir cepat dan luas, bangunan jangkung berusaha menampilkan dirinya sesuai dengan citra komunitas yang menggunakannya. Citra bangunan menjadi penting, karena banyak cara yang dapat digunakan oleh para arsitek masa kini, juga dengan memaksimalkan penggunaan teknologi untuk membuat bangunannya memiliki nilai estetis yang tinggi, memiliki sentuhan khas arsiteknya, serta mengubah lingkungan sesuai dengan konsep yang diinginkannya.

Salah satu komponen bangunan jangkung yang harus diberi perhatian juga adalah struktur dan konstruksi bangunan. Struktur bangunan jangkung tidak mesti kaku, melainkan dapat memiliki nilai estetika jika diolah dengan baik. Struktur dapat menjadi ornamen atau dekorasi utama pada bangunan untuk mencapai citra bangunan. Perencanaan struktur suatu bangunan jangkung secara rinci membutuhkan suatu rangkaian proses analisis dan perhitungan yang panjang serta rumit, yang didasarkan pada asumsi dan pertimbangan teknis tertentu. Dengan kecanggihan teknologi yang ada pada saat ini memungkinkan para perencana untuk merencanakan segala sesuatunya dari berbagai sudut pandang dengan sangat rinci dengan tingkat ketelitian yang tinggi (Schueller, 2001).

Fazlur Khan (1981) mengemukakan bahwa dengan begitu banyaknya metode struktur yang dapat digunakan, sangat sulit untuk menemukan suatu sistem struktur yang tepat untuk bangunan tertentu. Ketika bentuk menjadi semakin ekspresif dan berani, maka sebagai seorang arsitek, sudah tentu harus dapat menemukan konsep struktur yang tepat, efisien, dan mampu mengakomodasi bentuk tersebut sehingga bentuk tersebut dapat direalisasikan dalam kehidupan nyata.

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dalam perencanaan bangunan jangkung tahan gempa para arsitek-arsitek dunia mulai mengembangkan bentuk bangunan jangkung salah satunya, desain dengan bentuk konsol. Contoh perkembangan teknologi perencanaan bangunan jangkung tahan gempa dengan bentuk konsol yaitu pada bangunan *The Nexus Tower* China, *Cylinder homes* Prancis dan *Dynamic Tower*, Dubai.



Gambar 1. 1. *The Nexus Tower, China*  
Sumber : *Skyscrapercenter.com*

Bangunan *The Nexus Tower* merupakan suatu bangunan tinggi dengan desain arsitektur tiga segmen bujursangkar dengan ketinggian, orientasi dan fungsi yang berbeda. Titik awal pada bangunan ini adalah mencari alternatif tipologi bangunan bertingkat tinggi dengan membentuk konfigurasi baling-baling, dimana bangunan ini memiliki tiga segmen menara terpisah yang dihubungkan oleh satu struktur inti, seperti baling-baling. Segmen bawah berfungsi sebagai hotel dengan jumlah 44 lantai, segmen tengah berfungsi sebagai kompleks pertunjukan seni dengan jumlah 83 lantai, dan segmen atas berfungsi sebagai kantor dengan jumlah 124 lantai.



Gambar 1. 2. *Cylinder Homes, Frances*  
Sumber : *Skyscrapercenter.com*

Bangunan *Cylinder Homes* merupakan bangunan dengan desain perumahan pracetak yang di desain oleh Guy Dessauges yang terinspirasi dari bentuk brankas gua kuno dan seni Romawi. Guy Dessauges mencoba membuat desain bangunan dengan bentuk *cylinder* dengan konsep penopang inti. Bangunan ini memiliki diameter 6 hingga 8 meter dengan bentang 10 meter berjumlah 2 lantai yang diyakini cukup ditinggali manusia 180 cm. Setiap satu bentuk bangunan diputar kearah utara dan selatan untuk memberikan cahaya yang optimal.



Gambar 1. 3. *Dynamic Tower, Dubai*  
Sumber : *Skyscrapercenter.com*

*Dynamic tower* merupakan salah satu menara dengan arsitektur yang sangat inovatif. *Dynamic tower* merupakan bangunan tinggi kantilever dengan konsol bentang pendek. Bangunan ini memiliki keunikan setiap tingkat mampu berputar secara bebas. Setiap tingkat akan berputar 6 km (20 kaki) per menit atau satu putaran penuh dalam 90 menit.

Desain bangunan jangkung dengan bentuk konsol merujuk pada bentuk fisik struktur yang dibuat menonjol dan keluar dari bangunan utama serta dibangun dengan dukungan penyangga pada satu sisi saja. Memiliki tampilan yang sangat unik, desain struktur ini sangatlah populer karena dianggap mewakili perkembangan arsitektur modern. Selain memiliki ciri unik, penuh estetika dan dapat menyuguhkan pemandangan menjadi lebih luas, penerapan desain konsol pada bangunan jangkung juga dapat mendatangkan banyak kelebihan. Utamanya, desain ini memungkinkan suatu bangunan memiliki *space* tambahan. Salah satu sistem struktur yang cukup familiar dalam konsep bangunan bentuk konsol pada bangunan jangkung adalah sistem kantilever.

Bentuk bangunan konsol berkembang dari yang awalnya hanya mampu membuat kantilever dengan bentang pendek, namun sekarang dapat membuat kantilever dengan bentang panjang. Semakin panjang suatu balok kantilever, maka perlu perencanaan yang matang pula. Balok kantilever bentang panjang pada bangunan jangkung memerlukan pengaku yang kuat agar dapat berdiri kokoh. Kekuatan suatu pengaku dipengaruhi kualitas bahan yang mengakibatkan pengaku dapat bertahan lama. Pada saat balok kantilever diberi suatu beban maka bagian atas balok mengalami tegangan tarik yang mengakibatkan ujung yang menggantung melengkung ke bawah. Sedangkan bagian bawah balok mengalami tegangan tekan yang menyebabkan bagian bawah konsol tertekan. Balok kantilever yang tidak dapat menahan beban mengakibatkan balok tersebut akan melengkung ke bawah sehingga permukaan balok mengalami keretakan. Keretakan pada balok kantilever yang tidak dapat menahan beban menyebabkan terjadinya perambatan retak pada bagian balok terkantilever. Keretakan yang terjadi pada balok dapat mengurangi kekuatan balok untuk menahan suatu beban. Balok kantilever yang tidak mampu menerima beban maka balok kantilever dapat hancur.

Hal tersebut menjadi acuan untuk melakukan penelitian tentang penggunaan sistem pengaku pada bangunan dengan bentuk konsol pada bangunan jangkung. Elemen pengaku untuk bangunan dengan bentuk konsol yang biasa digunakan adalah penambahan elemen struktur gantung berupa baja atau kabel baja dan struktur sokong.



Elemen struktur gantung dan struktur sokong merupakan elemen struktur yang paling umum digunakan untuk menahan gaya-gaya aksial (beban tarik dan tekan) dan gaya-gaya lainnya pada bangunan dengan bentuk konsol pada bangunan jangkung. Konstruksi Struktur ini memiliki kekakuan aksial yang sangat tinggi dalam menahan beban konsol pada bangunan.

Oleh karena itu, Penelitian ini akan dilakukan suatu pengembangan analisis dengan mengambil suatu bentuk bangunan konsol pada bangunan jangkung. Analisis yang dilakukan dikembangkan dengan menganalisis kinerja struktur dengan membandingkan dua penerapan pengaku yang biasa digunakan pada bangunan jangkung yaitu pengaku dengan struktur gantung (menahan gaya tarik) dan struktur sokong (menahan gaya tekan). Kemudian bangunan tersebut akan diberi beban berupa beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan analisis linear menggunakan software ETABS (*Extended Three dimension Analysis of Building Systems*).

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kinerja struktur model dasar konsol dengan penerapan struktur gantung dan struktur sokong dalam bangunan jangkung berkonsol rotasi, menggunakan software ETABS (*Extended Three Dimension Analysis of Building System*)
2. Bagaimana kinerja struktur antara bangunan jangkung berkonsol rotasi yang menggunakan struktur gantung dengan bangunan jangkung berkonsol rotasi yang menggunakan struktur sokong, menggunakan software ETABS (*Extended Three Dimension Analysis of Building System*)

## 1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengungkapkan kinerja struktur model dasar konsol dengan penerapan struktur gantung dan struktur sokong dalam bangunan jangkung berkonsol rotasi, menggunakan software ETABS (*Extended Three Dimension Analysis of Building System*)
2. Membandingkan kinerja struktur bangunan jangkung berkonsol rotasi yang menggunakan struktur gantung dengan struktur sokong, menggunakan software ETABS (*Extended Three Dimension Analysis of Building System*)

## 1.4. Lingkup Pembahasan

Lingkup pembahasan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Model bangunan jangkung berkonsol rotasi merupakan bangunan hotel 32 lantai dengan material utama baja.
2. Kinerja struktur yang akan ditinjau dalam analisis adalah analisis struktur dan *displacement* pada bangunan jangkung berkonsol rotasi dengan model dasar konsol yang menerapkan struktur gantung dan struktur sokong dan

perbandingan nilai kuat tarik dan tekan serta nilai *displacement* yang diperoleh dari analisa kinerja struktur berupa kinerja batas ultimit dan batas layan.

3. Analisis yang akan dilakukan adalah analisis linear dinamik respon spektrum
4. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan bantuan software ETABS (*Extended Three Dimension Analysis of Building System*).

### **1.5. Batasan Masalah**

Masalah yang diteliti pada penelitian kali ini dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Bangunan yang akan diteliti adalah bangunan jangkung berkonsol rotasi dengan fungsi bangunan hotel dengan jumlah 32 lantai, luas lantai podium  $886 \text{ m}^2$  dan luas lantai typical  $98 \text{ m}^2$
2. Perencanaan pada bangunan ini, meliputi : penggunaan bahan baja di setiap sistem struktur dan konstruksinya
3. Konfigurasi struktur gantung dan struktur sokong berupa baja, juga tidak terlalu mendetail dalam perencanaan sambungan
4. Tidak memasukkan perhitungan struktur bawah (pondasi) dan detail-detail hubungan kolom dan balok
5. Beban tekan dan tarik pada batang gantung dan sokong mengacu pada SNI 1729:2015
6. Analisis beban angin mengacu pada SNI 1727-2013 dan beban gempa mengacu pada SNI 1726-2012 yang dilakukan pada struktur menggunakan analisis respon spektrum, dengan kriteria ketahanan bangunan terdiri dari perioda fundamental, *modal participation mass ratio*, simpangan antar lantai, dan pengaruh p-delta.
7. Analisis struktur dilakukan menggunakan software ETABS (*Extended Three Dimension Analysis of Building System*)

## 1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini disusun dalam lima bab yang secara garis besar mencakup hal-hal sebagai berikut :

<b>BAB I</b>	Pada bab ini berisi tentang latar
<b>PENDAHULUAN</b>	belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, lingkup pembahasan, Batasan masalah, sistematika penulisan, keaslian penelitian
<b>BAB II</b>	Pada bab ini berisi teori-teori yang
<b>KAJIAN PUSTAKA</b>	berhubungan dengan tinjauan umum bangunan tinggi, tinjauan umum hotel, kinerja, tinjauan umum struktur, struktur gantung, struktur sokong, elemen struktur, baja, beton, pembebanan pada bangunan, software ETABS, penelitian terdahulu, kerangka pikir, dan alur pikir
<b>BAB III</b>	Pada bab ini berisi jenis dan metode
<b>METODOLOGI</b>	penelitian, objek dan unit penelitian, variabel penelitian, metode pengujian tujuan I, metode pengujian tujuan II, dan alur penelitian
<b>BAB IV</b>	Pada bab ini berisi hasil pengujian
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	tujuan I dan hasil pengujian tujuan II
<b>BAB V</b>	Pada bab ini berisi kesimpulan dari
<b>KESIMPULAN</b>	tujuan I dan tujuan II, serta saran untuk penelitian selanjutnya

### 1.7. Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian diperlukan sebagai bukti agar tidak adanya plagiarisme antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan. Sepengetahuan dan hasil penelusuran peneliti, penelitian dengan judul Kinerja Struktur dengan Penerapan Struktur Gantung dan Struktur Sokong Bangunan 3CSS120°VR belum pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu :

No.	Judul	Identifikasi	Keaslian
1.	<i>Development of the Core-Suspended Isolation System</i>	Tujuan penelitian ini untuk mengembangkan sistem <i>core-suspended isolation</i> (CSI) baru, yang terdiri dari lapisan ganda bantalan karet miring	Objek dalam penelitian ini yaitu bangunan 4 lantai Lokasi penelitian di Tokyo, Jepang Fokus penelitian yaitu penerapan sistem <i>core suspended isolation</i> (CSI) pada bangunan untuk meredama getaran seismik
2.	<i>Structural System with Suspended and Self Centered Floor Slabs for Earthquake Resistance</i>	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem struktur baru untuk mengurangi dampak gempa bumi terhadap bangunan akibat gempa bumi pada bangunan. menanggukkan pelat lantai beton, yang bertindak sebagai <i>Tune Mass Dampers</i> . (TMDs) untuk mengurangi respons sistem struktural. Setiap slab ditanggukkan menggunakan batang gantungan	Lokasi penelitian di Los Angeles, California Fokus penelitian ini yaitu penggunaan konstruksi gantung berupa kabel dan sambungan baja pada bangunan untuk mengurangi getaran seismik Mengembangkan sistem struktural baru berupa sistem <i>Suspended Slab</i> (SS) untuk mengurangi efek gempa bumi
3.	Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum menggunakan Software ETABS	Tujuan Penelitian ini yaitu untuk mengetahui keamanan gedung ditinjau dari <i>displacement</i> , <i>drift</i> dan <i>base shear</i> . Hasil dari penelitian ini dianalisis dengan	Objek dalam penelitian ini yaitu bangunan 12 lantai Lokasi penelitian di Semarang dan fungsi bangunan sebagai Hotel Fokus penelitian yaitu mengidentifikasi kinerja struktur yang bekerja pada bangunan dan dianalisis

No.	Judul	Identifikasi	Keaslian
		kinerja struktur batas ultimit dan kinerja struktur batas layan.	menggunakan statik ekivalen dan respon spektrum
4.	<i>Innovative High Efficient Construction Technologies in Super High Rise Steel Structure Buildings</i>	Tujuan penelitian ini menerapkan Konstruksi Efisien Tinggi yang Inovatif Teknologi dalam Bangunan Baja Bertingkat Super Tinggi	Objek dalam penelitian ini adalah bangunan berlantai banyak Lokasi penelitian di China Fokus penelitian ini yaitu penggunaan struktur baja pada bangunan dan di dukung oleh <i>tower crane</i> sebagai konstruksi gantung
5.	<i>Cantilever Structure in Modern Construction</i>	Tujuan penelitian ini menjelaskan prospek untuk memperkenalkan elemen kantilever dalam konstruksi modern dan penggunaan fungsionalnya.	Objek dalam penelitian ini adalah bangunan kantilever modern dengan penekanan pada atap Lokasi penelitian di Busan, dan fungsi bangunan sebagai Bioskop Fokus penelitian ini yaitu terletak pada atap berkantilever pada bangunan tersebut sepanjang 21 m dan hanya ditopang oleh satu kolom kerucut saja
6.	<i>Improving the Design of the Earthquake Proof Suspension Building</i>	Tujuan penelitian ini adalah untuk memperbaiki struktur kerangka pendukung dari bangunan gantung	Objek dalam penelitian ini adalah skema bangunan gantung dengan rangka piramid dan persegi Bahan konstruksi gantung menggunakan kabel baja Fokus penelitian ini adalah struktur gantung pada bangunan dengan rangka bantalan untuk mengurangi gaya dinamis yang bekerja pada struktur
7.	<i>Reinforced Concrete Corbels Behavior using Strut and Tie Model</i>	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan dan membandingkan perilaku corbels secara eksperimental yang dirancang dengan kedua metode. Pengujian dilakukan pada dua sesi spesimen. Sesi 1 dirancang menggunakan metode konvensional	Objek penelitian ini adalah konsol pendek dengan bahan beton bertulang yang diaplikasikan pada bangunan Fokus penelitian ini yaitu membandingkan perilaku konsol pendek antara bangunan konvensional dengan bangunan yang dirancang menggunakan <i>strut and tie model</i>

No.	Judul	Identifikasi	Keaslian
		sedangkan sesi 2 dirancang menggunakan Strut and Tie Model	
8.	<i>Earthquake Resistance of Buildings with Suspended Structures</i>	Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan ketahanan terhadap gempa untuk bangunan gantung. Penelitian membandingkan antara bangunan dengan bergantung ini dengan bangunan yang ditanggguhkan melalui beberapa inti	Objek dalam penelitian ini adalah bangunan dengan sistem core dan gantung Bangunan dengan penerapan 3 segmen konstruksi gantung dalam 1 bangunan. Dalam 1 segmen dapat menggantung 10 lantai Konstruksi gantung terbuat dari bahan beton yang terhubung dengan core bangunan
9.	Kinerja Struktur dengan Penerapan Struktur Gantung dan Struktur Sokong Bangunan 3CSS120°VR	Tujuan penelitian ini untuk mengungkapkan kinerja struktur bangunan kantilever dengan penerapan struktur gantung dan struktur sokong pada bangunan	Objek penelitian yaitu suatu bangunan tinggi 32 lantai dengan 3 segmen struktur kantilever yang di susun berotasi 120° secara vertikal Lokasi penelitian di Makassar, dan fungsi bangunan sebagai Hotel 32 lantai Fokus penelitian yaitu penerapan struktur gantung dan struktur sokong dalam satu objek bangunan Membandingkan dua struktur pengaku yang diterapkan pada model bangunan

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1. Kajian Umum Bangunan Jangkung

##### 2.1.1. Pengertian Bangunan Jangkung

Bangunan Jangkung adalah istilah untuk menyebut suatu bangunan yang memiliki struktur tinggi dan langsing (pipih). Suatu bangunan biasa disebut sebagai bangunan jangkung jika memiliki ketinggian antara 75 kaki sampai 491 kaki (23 m hingga 150 m). Jika lebih dari 150 meter maka dapat disebut gedung pencakar langit atau *Skyscraper* (Bungale S. Taranath, 1988).

Beberapa definisi mengenai bangunan jangkung adalah sebagai berikut:

- (1). *International Conference on Fire Safety in High Rise Building* mengartikan bangunan tinggi sebagai “struktur apapun dimana tinggi dapat memiliki dampak besar terhadap evakuasi”
- (2). *New Shorter Oxford English Dictionary* mengartikan bangunan tinggi sebagai “bangunan yang memiliki banyak tingkat”
- (3). *Massachusetts General Laws* mengartikan bangunan tinggi lebih tinggi dari 70 kaki (21 m)
- (4). Banyak insinyur, inspektur, arsitek bangunan dan profesi sejenisnya mengartikan bangunan tinggi sebagai bangunan yang memiliki tinggi setidaknya 75 kaki (23 m)

##### 2.1.2. Perkembangan Bangunan Jangkung

Bangunan jangkung umumnya dianggap sebagai produk dari dunia internasional ataupun negara industri yang maju dan modern, ternyata keinginan manusia untuk membangun jalan menuju ke langit hampir seusia dengan peradaban manusia. Piramid kuno di Mesir, kuil Mayan di Tikal, Guatemala dan Kutab Minar di India adalah beberapa contoh yang nyata dan menjadi saksi dari keinginan tersebut. Gedung pencakar langit dalam pemikiran modern mulai bermunculan sekitar



satu abad yang lalu. Itupun setelah berakhirnya Perang Dunia II yang menyebabkan arus urbanisasi yang deras serta perkembangan populasi yang mendesak kebutuhan akan pembangunan gedung jangkung.

Perkembangan dari bangunan jangkung mengikuti alur dari kemajuan dan perkembangan kota. Urbanisasi yang dimulai seiring dengan gencarnya industrialisasi, masih terus berjalan di berbagai tempat di dunia hingga saat ini. Di Amerika Serikat, proses ini bermula dari abad ke – 19. Masyarakat mulai berpindah dari jalur rural (desa) menuju urban (kota) yang memicu dan memaksa kota untuk meningkatkan daya tampungnya. Teknologi pembangunan menanggapi hal ini dengan serius sehingga pada masa ini baja ringan, eskalator dan *lift* serta suplai energi listrik juga mulai dikenal dengan dimulainya daya tampung kota secara vertikal.

Dampak dominan dari bangunan tingkat tinggi terhadap tata kota telah mengundang banyak kontroversi antara gedung kota dengan bangunan kuno yang bersejarah. Bentuk-bentuk dari bangunan jangkung telah mengubah dan membentuk garis-garis langit pada banyak kota di berbagai negara. Namun demikian, semuanya dibangun dan diciptakan dengan tujuan menyerukan karakteristik dan pernyataan simbol dari kemakmuran dan kemajuan suatu negara serta perwakilan dari ambisi perekonomian masyarakatnya.

Sistem struktural untuk bangunan jangkung telah mengalami evolusi yang dramatis dari beberapa dekade yang lalu hingga pada tahun 1990-an. Perkembangan dan kemajuan dalam bentuk sistem struktural ini telah menjadi sebuah respon pergerakan menuju trend arsitektural yang terus berkembang dalam perencanaan gedung tingkat tinggi. Pada tahun 1980-an, mulai dikenal bangunan tingkat tinggi dengan gaya internasional dan design-design modern. Gedung-gedung tinggi berbentuk prisma, bergeometri vertikal dan gedung tinggi beratap rata mulai bermunculan dan menjamur di kota-kota besar serta menjadi umum dan dikenal masyarakat.

Zaman dan teknologi dunia pembangunan terus berkembang sehingga mengakibatkan gedung-gedung tinggi nan jangkung semakin beragam bentuknya dengan tampilan dan design yang semakin luar biasa pula. Hal ini mendongkrak kemajuan dari perkembangan bangunan jangkung yang telah menjadi kebutuhan masyarakat sehari-hari (sebagai apartemen, hotel, perkantoran, sekolah, rumah sakit, gedung serba guna maupun pusat perbelanjaan); serta meningkatkan perkembangan estetika dunia arsitektural yang berpengaruh pada tata kota. Sistem struktural yang inovatif seperti *megaframe*, *interior super diagonal braced frame*, *hybrid steel*, *core* dan sistem *outrigger* telah menjadi perwakilan dari sebuah perkembangan sistem struktural pada bangunan jangkung.

#### 2.1.3. Karakteristik Bangunan jangkung

Bangunan jangkung tentunya memiliki karakter yang berbeda dengan bangunan yang lebih rendah. Adapun karakteristik dari bangunan jangkung ini adalah sebagai berikut :

(1). Tinggi Bangunan

Bangunan tinggi atau high rise building memiliki ketinggian setidaknya 23 meter atau 6 lantai. Bangunan semacam ini sudah banyak ditemukan di kota-kota besar di Indonesia.

(2). Luas Per Lantai

Bangunan jangkung merupakan bangunan yang hemat lantai dan biasanya memiliki luas tapak yang kecil dan umumnya luas lantai lantai berkisar antara 750 m<sup>2</sup> hingga 1000 m<sup>2</sup>

(3). Tipe Struktur

Bangunan jangkung harus didukung dengan struktur yang kuat menahan beban bangunan maupun momen dari ketinggiannya. Ada tiga macam struktur yaitu *open frame*, *flat slab*, dan *bearing wall system*. Dari ketiga type ini tipe yang paling banyak digunakan adalah *open frame* karena lebih efisien dalam penggunaan material

(4). Tipikal

Denah lantai bangunan tinggi jangkung memiliki bentuk yang tipikal lurus keatas. Dengan membuat lantai yang tipikal ke atas, maka akan memudahkan dalam perencanaan dan pelaksanaannya terutama dari segi struktur. Biasanya ukuran lantai akan mengecil keatas untuk menekan moment akibat ketinggian bangunan.

(5). Keterbatasan lahan.

Bangunan tinggi jangkung merupakan salah satu solusi menghadapi masalah keterbatasan lahan. Namun dengan keterbatasan lahan ini biasanya bangunan tinggi akan menggunakan area parkir bertingkat.

(6). Resiko Angin dan Gempa

Bangunan tinggi jangkung memiliki bentuk yang langsing dan tinggi. Secara fisika maka bangunan ini akan sangat dipengaruhi oleh adanya gempa maupun tekanan angin dari sekeliling bangunan. Untuk itu biasanya bangunan tinggi jangkung memiliki sistem aerodinamika yang baik serta struktur yang dapat bertahan dalam goncangan.

(7). Resiko Roboh

Semakin tinggi sebuah bangunan maka semakin besar pula risikonya untuk roboh. Berdasarkan hal ini maka pembangunan *sebuah high rise building* memerlukan perencanaan yang matang dan antisipasi berbagai kemungkinan yang dapat terjadi saat pelaksanaan

(8). Volume Pekerjaan yang Besar

Bangunan tinggi jangkung dibuat dengan cara menumpuk berbagai material hingga menjelang tinggi ke atas. Dengan jumlah lantai yang banyak maka kebutuhan akan material tentunya sangat banyak sehingga pekerjaan bangunan tinggi memerlukan pekerjaan yang besar.

(9). Kebutuhan Energi

Bangunan tinggi jangkung memiliki jumlah lantai yang banyak otomatis jumlah penghuninya juga banyak, hal ini menimbulkan

kebutuhan akan energi yang sangat besar. Selain energi listrik, juga energi dari bahan makanan bagi para penghuni bangunan. Sehingga tak jarang banyak tempat makan yang banyak berdiri untuk meladeni penghuni bangunan tinggi

(10). Nilai Arsitektural

Bangunan tinggi jangkung merupakan benda besar yang berdiri diantara jutaan pasang mata di sekitarnya. Sehingga seringkali bangunan tinggi jangkung memiliki nilai *iconic* dari sebuah Kawasan. Untuk itu diperlukan desain arsitektural yang baik sehingga bangunan terlihat menawan dari segi estetika.

## 2.2. Kajian Umum Hotel

### 2.2.1. Pengertian Hotel

Pengertian Hotel menurut (Sulastiyono, 2011:5) adalah suatu perusahaan yang dikelola oleh pemiliknya dengan menyediakan makanan, minuman, dan fasilitas kamar untuk tidur kepada orang-orang yang sedang melakukan perjalanan dan mampu membayar dengan jumlah wajar sesuai dengan pelayanan yang diterima tanpa adanya perjanjian khusus.

*Columbia Encyclopedia* menjelaskan bahwa yang dimaksud hotel itu adalah *House of Public Entertainment*, dan dapat disimpulkan dalam istilah menjamu, dengan memberikan kesenangan atau kepuasan berupa akomodasi, makanan, minuman dan lain-lainnya. Kepuasan para tamu tergantung dari pada usaha yang baik dari pihak yang menjamu atau tuan rumah. Dengan demikian dapat ditetapkan bahwa ciri-ciri dari perhotelan itu adalah tersedianya :

- (1). Kamar tidur
- (2). Disajikannya makanan dan minuman
- (3). Diberikannya pelayanan (service)

Beberapa definisi mengenai Hotel adalah sebagai berikut :

1. Pengertian Hotel menurut Fred R. Lawson, 1988 :

*“Hotel as a commercial establishment providing lodging and usually meals and other services for the public, especially for travels”*. Yang artinya Hotel adalah suatu bangunan yang menyediakan jasa penginapan, makanan, minuman, serta pelayanan lainnya untuk umum yang dikelola secara komersial terutama untuk para wisatawan.

2. Menurut Prof. K. Krapf :

“Hotel adalah sebuah Gedung atau bangunan untuk menyediakan penginapan, makanan dan pelayanan yang bersangkutan dengan menginap serta makan bagi mereka yang mengadakan perjalanan”

3. Menurut Surat Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. SK.241/G/70 Tahun 1970 :

“Hotel adalah perusahaan yang menyediakan jasa dalam bentuk penginapan (akomodasi) serta menyajikan hidangan serta fasilitas lainnya dalam hotel untuk umum, yang memenuhi syarat-syarat *comfort* dan bertujuan komersial. Bentuk, susunan, tata ruang, dekorasi, peralatan, perlengkapan, sanitasi, hygiene, estetika, keamanan, dan ketentraman, secara umum dapat memberikan sasaran nyaman, *comfort* dan khusus untuk kamar-kamar tamu dapat menjamin adanya ketenangan pribadi untuk para tamu hotel”

4. Menurut Surat Keputusan Menteri Pariwisata, Pos dan Telekomunikasi, No: KM.94/HK.103/MPTT-87 tentang Ketentuan Usaha dan Penggolongan Hotel :

“Hotel adalah salah satu jenis akomodasi yang mempergunakan sebagian atau seluruh bangunan untuk menyediakan jasa pelayanan penginapan, makan dan minum, serta jasa lainnya bagi umum, yang dikelola secara komersial”

### 2.2.2. Klasifikasi atau Penggolongan Hotel

Klasifikasi atau penggolongan hotel ialah suatu sistem pengelompokkan hotel-hotel kedalam berbagai kelas atau tingkatan, berdasarkan ukuran penilaian tertentu. Penentuan jenis hotel berdasarkan letak, fungsi, susunan organisasinya dan aktifitas penghuni hotel sesuai dengan SK Menteri Perhubungan RI No. 241/4/70 tanggal 15 Agustus 1970. Hotel di golongan atas :

#### a. Penggolongan Hotel Berdasarkan Lokasi

##### 1) Hotel Kota

Hotel yang terletak dipusat kota yang mendukung pengunjung yang mempunyai tujuan utama untuk urusan bisnis dan kegiatan yang lainnya yang berlokasi di kota

##### 2) Hotel Pegunungan

Hotel yang diperuntukkan bagi pengunjung yang ingin menikmati keindahan alam pegunungan serta budaya masyarakat setempat atau mempunyai kegiatan lain disekitar pegunungan

##### 3) Hotel Pantai

Hotel yang diperuntukkan bagi pengunjung yang ingin menikmati atau mempunyai kegiatan lain disekitar pantai.

##### 4) Hotel Pedalaman

Hotel yang terletak disuatu daerah yang sebagian alamnya masih asli seperti hutan tropis, cagar alam khusus diperuntukkan bagi wisatawan yang ingin menikmati keindahan flora dan fauna alam, serta adat istiadat suatu penduduk asli pedalaman

#### b. Penggolongan Hotel Berdasarkan Peruntukkan Hotel

Penentuan jenis hotel yang didasarkan atas tuntutan tamu sesuai dengan keputusan Menteri Perhubungan RI No. PM10/PW.301/phb-77, yang dibedakan atas :

1) *Business Hotel*

Untuk tamu yang bertujuan bisnis/kegiatan lain yang berhubungan dengan profesi misalkan olahragawan, peserta seminar, dsb

2) *Resort Hotel*

Salah satu bentuk akomodasi bagi wisatawan yang berlibur

3) *Pleasure Hotel*

Pengunjung hotel pada umumnya menginap dengan tujuan untuk bersenang-senang dan menikmati suasana serta fasilitas hiburan dari pihak hotel

4) *Country Hotel*

Hotel bagi tamu antar negara

5) *Research Hotel*

Hotel yang menyediakan akomodasi bagi tamu yang menginap dengan tujuan mengadakan penelitian/riset

6) *Sport Hotel*

Hotel dimana pengunjung pada umumnya adalah olahragawan

c. Penggolongan Hotel Berdasarkan Lamanya Menginap

1) *Seasonal Hotel*

Hotel yang diperuntukkan bagi tamu yang menginap dalam jangka waktu tertentu

2) *Transit Hotel*

Hotel yang diperuntukkan bagi pengunjung dimana hotel tersebut dekat dengan jalur lalu lintas dan dipergunakan sebagai transit karena dekat dengan fasilitas umum. Biasanya merupakan tempat singgah atau istirahat sebelum melanjutkan tujuan

3) *Residential Hotel*

Hotel diperuntukkan bagi tamu yang tinggal dalam jangka waktu lama dengan profesi tidak menetap

d. Penggolongan Hotel Berdasarkan Jumlah Kamar yang Tersedia

- 1) Hotel Kecil : jumlah kamar antara 10-49 kamar
- 2) Hotel Menengah : jumlah kamar antara 50-100 kamar
- 3) Hotel Besar : jumlah kamar lebih dari 100 kamar

Berdasarkan Surat Keputusan Dirjen Pariwisata, No. 14/U/II/1988, tentang usaha dan pengelolaan hotel menjelaskan bahwa klasifikasi hotel menggunakan sistem Bintang. klasifikasi Hotel Berbintang yaitu :

a. Hotel Berbintang Satu

- (1). Jumlah kamar standar minimal 15 kamar dan semua kamar dilengkapi kamar mandi di dalam
- (2). Ukuran kamar minimum termasuk kamar mandi 20 m<sup>2</sup> untuk kamar *double* dan 18 m<sup>2</sup> untuk kamar *single*
- (3). Ruang *public* luas 3 m<sup>2</sup> x jumlah kamar tidur, minimal terdiri dari *lobby*, ruang makan dan bar
- (4). Pelayanan akomodasi yaitu berupa penitipan barang berharga

b. Hotel Berbintang Dua

- (1). Jumlah kamar standar minimal 20 kamar (termasuk minimal 1 *suite room*, 44 m<sup>2</sup>)
- (2). Ukuran kamar minimum termasuk kamar mandi 20 m<sup>2</sup> untuk kamar *double* dan 18 m<sup>2</sup> untuk kamar *single*
- (3). Ruang *public* luas 3 m<sup>2</sup> x jumlah kamar tidur, minimal terdiri dari *lobby*, ruang makan (>75 m<sup>2</sup>) dan bar
- (4). Pelayanan akomodasi yaitu berupa penitipan barang berharga, penukaran uang asing, *portal service*, dan antar jemput

c. Hotel Berbintang Tiga

- (1). Jumlah kamar minimal 30 kamar (termasuk minimal 2 *suite room*, 48 m<sup>2</sup>)
- (2). Ukuran kamar minimum termasuk kamar mandi 22 m<sup>2</sup> untuk kamar *single* dan 26 m<sup>2</sup> untuk kamar *double*



- (3). Ruang *public* luas 3 m<sup>2</sup> x jumlah kamar tidur, minimal terdiri dari *lobby*, ruang makan (>75 m<sup>2</sup>) dan bar.
- (4). Pelayanan akomodasi yaitu berupa penitipan barang berharga, penukaran uang asing, *postal service* dan antar jemput

d. Hotel Berbintang Empat

- (1). Jumlah kamar minimal 50 kamar (termasuk minimal 3 *suite room*, 48 m<sup>2</sup>)
- (2). Ukuran kamar minimum termasuk kamar mandi 24 m<sup>2</sup> untuk kamar *single* dan 28 m<sup>2</sup> untuk kamar *double*
- (3). Ruang *public* luas 3 m<sup>2</sup> x jumlah kamar tidur, minimal terdiri dari kamar mandi, ruang makan (>100 m<sup>2</sup>) dan bar (>45 m<sup>2</sup>)
- (4). Pelayanan akomodasi yaitu, berupa penitipan barang berharga, penukaran uang asing, *postal service*, dan antar jemput
- (5). Fasilitas penunjang berupa ruang linen (>0,5 m<sup>2</sup> x jumlah kamar), ruang *laundry* (>40 m<sup>2</sup>), *dry cleaning* (>20 m<sup>2</sup>), dapur (>60% dari seluruh luas lantai ruang makan)
- (6). Fasilitas tambahan : pertokoan, kantor biro perjalanan, maskapai perjalanan, *drugstore*, salon, *function room*, *banquet hall*, serta fasilitas olahraga dan sauna

e. Hotel Berbintang Lima

- (1). Jumlah kamar minimal 100 kamar (termasuk minimal 4 *suite room*, 58 m<sup>2</sup>)
- (2). Ukuran kamar minimum termasuk kamar mandi 26 m<sup>2</sup> untuk kamar *single* dan 52 m<sup>2</sup> untuk kamar *double*
- (3). Ruang *public* luas 3 m<sup>2</sup> x jumlah kamar tidur, minimal terdiri dari kamar mandi, ruang makan (>135 m<sup>2</sup>) dan bar (>75 m<sup>2</sup>)

- (4). Pelayanan akomodasi yaitu, berupa penitipan barang berharga, penukaran uang asing, postal service, dan antar jemput
- (5). Fasilitas penunjang berupa ruang linen ( $>0,5 \text{ m}^2$  x jumlah kamar), ruang laundry ( $>40 \text{ m}^2$ ), *dry cleaning* ( $>30 \text{ m}^2$ ), dapur ( $>60\%$  dari seluruh luas lantai ruang makan)
- (6). Fasilitas tambahan : pertokoan, kantor biro perjalanan, maskapai perjalanan, *drugstore*, salon, *function room*, *banquet hall*, serta fasilitas olahraga dan sauna

### 2.2.3. Pelaku Kegiatan dan Organisasi Pengelola Hotel

#### a. Pelaku Kegiatan Hotel

##### 1) Tamu Hotel

Tamu hotel terdiri dari wisatawan yang bertujuan melakukan kegiatan wisata atau kegiatan bisnis di kota Surakarta, dengan kegiatan utamanya antara lain istirahat, makan, minum, rekreasi

##### 2) Pengelola

Pengelola adalah orang yang mengelola fasilitas hotel sehingga dapat berlangsung baik, seperti :

- Melakukan kegiatan administrasi hotel
- Memberikan pelayanan bagi para tamu hotel
- Melakukan perawatan unit kamar

#### b. Organisasi Pengelolaan Hotel

Susunan organisasi pengelolaan hotel mempunyai persamaan karena setiap hotel mempunyai pelayanan pokok yang sama yaitu pelayanan penginapan, makanan, dan minuman. Secara umum pembagian organisasi ruang hotel dapat dibedakan menurut fungsi, sifat maupun standar internasional. Menurut Walter Rutes and Richard Penner dalam buku *Hotel Planning and Design*,

1985, hal 257, membedakan organisasi pengelolaan hotel menurut fungsinya, terdiri dari :

1) Pembagian Organisasi Ruang menurut Fungsi

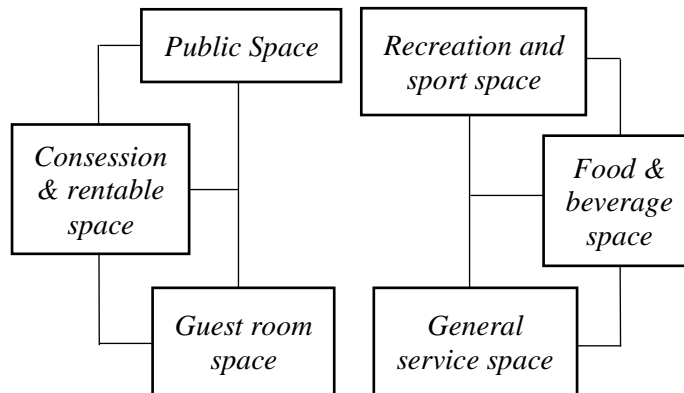


Diagram 2. 1. Organisasi Ruang Hotel menurut Fungsinya  
Sumber : Hotel Planning and Design, Walter A. Rutes and Richard Penner, 1985

- a) *Public Space*, kelompok ruang untuk umum termasuk lobby utama dan *front office* serta function room
- b) *Consession and Rentable Space*, kelompok ruang yang disewakan untuk melayani keperluan tamu hotel dan juga usaha bisnis lainnya yang terpisah dari kegiatan hotel
- c) *Food and Beverage Space*, kelompok ruang yang melayani bagian makan dan minum bagi tamu yang menginap maupun tidak menginap, disamping juga melayani bagi keperluan function room dan termasuk kelompok ini adalah *restaurant, coffe shop, bar, kitchen, dan Gudang*
- d) *General Service Space*, kelompok ruang pelayanan meliputi bagian penerimaan, *storage employee's room, employee dining room, laundry, linen room, house keeping, maintenance, dll*
- e) *Guest Room Space*, kelompok yang terdiri dari ruang tidur bagi tamu yang menginap yang dilengkapi fasilitas untuk ruang tidur, toilet, koridor, lift, dan perlengkapan lainnya.

- f) *Recreation and Sport Space*, kelompok fasilitas rekreasi dan olahraga yang biasanya diprioritaskan untuk tamu hotel yang memerlukan selain itu terbuka bagi masyarakat luar
- 2) Pembagian Organisasi Ruang menurut Sifatnya
- a. *Public Room*, kelompok ruang yang dipakai untuk keperluan umum seperti lobby utama, *front office*, *restaurant*, *recreation*, *and sport centre*, *function room*, dan *rentable room*
  - b. *Bed Room*, kelompok ruang tidur para tamu dengan fasilitas dan perlengkapannya
  - c. *Service Room*, kelompok ruang yang sifatnya melakukan pelayanan, yaitu : *kitchen*, *laundry*, *linen*, *general store*, *house keeping* dan *maintenance*

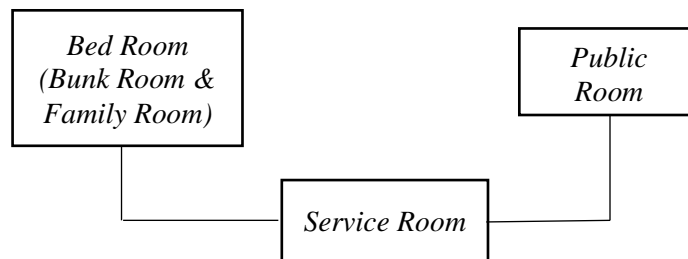


Diagram 2. 2. Organisasi Ruang Hotel menurut Sifatnya  
 Sumber : *Hotel Planning and Design*, Walter A. Rutes and Richard Penner, 1985

### 2.3. Kinerja

#### Pengertian Kinerja

Kinerja adalah hasil dari suatu proses yang mengacu dan diukur selama periode waktu tertentu berdasarkan ketentuan atau kesepakatan yang telah ditetapkan sebelumnya (Edison, 2016).

Mangkunegara (2009) dalam jurnal Setyowati dan Haryani (2016), mengemukakan bahwa istilah kinerja dari kata *job performance* atau *actual performance* (prestasi kerja atau prestasi sesungguhnya) yaitu hasil kerja secara kualitas dan kuantitas yang dicapai. Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja adalah efektivitas dan efisiensi.

## Pengertian Kinerja Bangunan

Menurut *Building services research and information Association* (BSRIA), Kinerja bangunan merupakan sebuah metode untuk meningkatkan kinerja suatu bangunan mulai dari tahap awal penggunaan dengan melakukan evaluasi terhadap kinerja bangunan. Evaluasi kinerja tersebut dapat menangani permasalahan yang terjadi pada bangunan seperti penggunaan energi, keamanan dan kenyamanan pengguna bangunan.

Evaluasi kinerja bangunan dapat didefinisikan sebagai sebuah proses dalam memperoleh pengetahuan tentang kinerja bangunan dan menggunakan umpan balik secara teknis untuk meningkatkan bangunan baru dalam perencanaan pada proyek-proyek bangunan dimasa yang akan datang.

## 2.4. Tinjauan Umum Struktur

Struktur bangunan bertingkat tinggi memiliki tantangan tersendiri dalam desain untuk pembangunan strukturalnya, terutama bila terletak di wilayah yang memiliki faktor resiko yang cukup besar terhadap pengaruh gempa. Untuk itu dalam perancangan suatu struktur bangunan bertingkat tinggi haruslah memperhatikan unsur-unsur dasar bangunan (Schueller, 2001). Unsur-unsur tersebut adalah :

- (1). Unsur linear yang berupa kolom dan balok yang mampu menahan beban aksial dan momen.
- (2). Unsur permukaan yang terdiri dari dinding dan pelat.

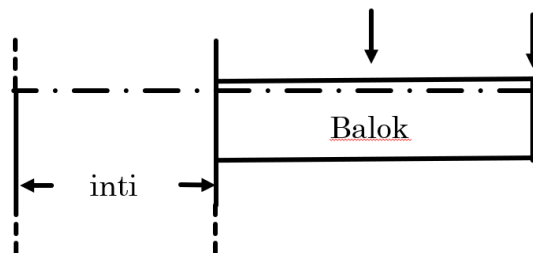
Selain dari pada unsur-unsur dasar bangunan, terdapat beberapa prinsip perencanaan bangunan tahan gempa yang harus diperhatikan (Imran, 2014):

- (1). Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan tingkat kerawanan (resiko gempa) dimana bangunan tersebut didirikan.
- (2). Pendetailan penulangan, sambungan-sambungan, unsur-unsur bangunan harus terikat secara efektif menjadi satu kesatuan.
- (3). Material beton dan baja harus memenuhi syarat bangunan tahan gempa.

- (4). Unsur-unsur arsitektural yang memiliki massa yang besar harus terikat dengan kuat pada sistem portal utama.
- (5). Karakteristik bangunan sangat berpengaruh terhadap gaya gempa yang akan diterima bangunan. Bentuk denah bangunan yang simetris dan tidak terlalu panjang dapat mengurangi beban gempa yang diterima bangunan, selain itu massa bangunan sebisa mungkin dibuat seringan mungkin.

## 2.5. Struktur Kantilever

Balok kantilever adalah balok yang salah satu ujungnya terdapat tumpuan jepit dan ujung lain menggantung (bebas). Balok kantilever yang menahan beban gravitasi menerima momen negatif pada keseluruhan panjang balok tersebut. Reaksi dinding penyangga pada ujung kiri balok terdiri atas gaya vertikal sebesar gaya dan pasangan gaya-gaya yang bekerja pada bidang balok.



Gambar 2. 1. Balok Kantilever

## 2.6. Struktur Gantung

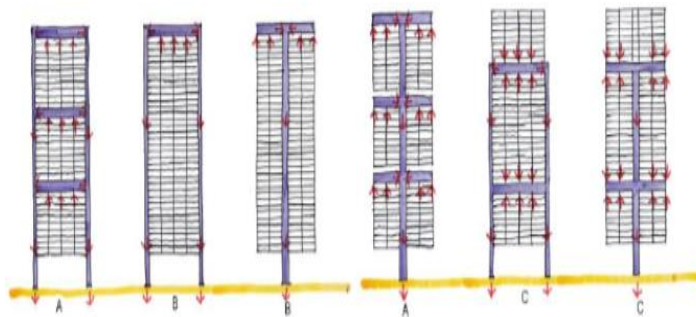
Struktur gantung menggunakan baja atau kabel baja sebagai penggantung (menahan gaya tarik) dalam suatu konstruksi.

Sistem ini dapat memungkinkan penggunaan bahan secara efisien dengan menggunakan penggantungan sebagai pengganti kolom untuk memikul beban lantai. Beban gravitasi didukung oleh kabel-kabel atau baja untuk membentuk rangka konsol pada core pusat.

Pada dasarnya struktur gantung ini meniru konstruksi jembatan gantung pada umumnya (Schueller 1977 : 51).

Fungsi Struktur Gantung :

- (1). Digunakan untuk konstruksi jembatan, atap, penggantung untuk lantai bangunan tinggi
- (2). Sistem dengan pembebanan vertikal tidak langsung sistem gantung
- (3). Sistem dengan beberapa lantai gantung pada balok di tengah
- (4). Sistem dengan gantung menerus
- (5). Sistem dengan kombinasi penggantung dan pendukung pada beberapa lantai



Gambar 2. 2. Fungsi Struktur Gantung  
Sumber : Schueller, (1977)

Bahan yang digunakan Struktur Gantung :

1. Baja



Gambar 2. 3. Baja pada Struktur Gantung  
Sumber : id.scribd.com

Bahan baja digunakan untuk bangunan karena baja dianggap paling tepat untuk struktur gantung pada bangunan. Dikarenakan baja mempunyai daya tarik kuat dan sifat baja yang liat atau tidak kaku dapat menyesuaikan terhadap kondisi bangunan saat menerima beban luar

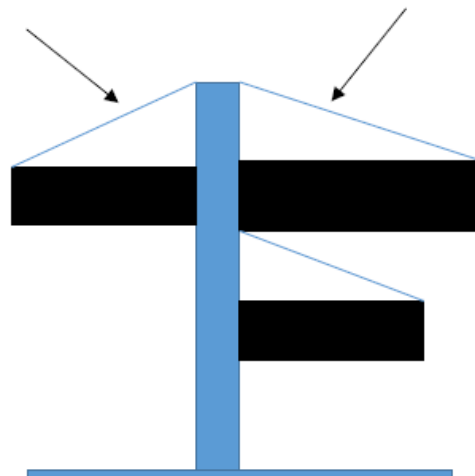
## 2. Kabel Baja



Gambar 2. 4. Kabel Baja pada Struktur Gantung  
Sumber : id.scribd.com

Jika kabel baja biasanya untuk jembatan, namun tak menutup kemungkinan kabel baja dapat digunakan dibangunan gedung.

Kelemahan Struktur Gantung :



Gambar 2. 5. Beban Tarik pada Struktur Gantung  
Sumber : id.scribd.com



Pembebanan yang berbahaya untuk struktur gantung adalah getaran. Struktur ini dapat bertahan dengan sempurna terhadap gaya tarik dan tidak mempunyai kemantapan yang disebabkan oleh pembengkokan, tetapi struktur dapat bergetar dan dapat mengakibatkan roboh bangunan.

Kelebihan Struktur Gantung :

- (1). Elemen gantung merupakan elemen konstruksi paling ekonomis untuk menutup permukaan yang luas
- (2). Ringan, meminimalisir beban sendiri sebuah konstruksi
- (3). Memiliki daya tahan yang besar terhadap gaya tarik, untuk bentangan mengungguli semua sistem lain
- (4). Memberikan efisiensi ruang lebih besar
- (5). Pada saat terjadi penurunan penopang, kabel atau baja segera menyesuaikan diri pada kondisi keseimbangan yang baru, tanpa adanya perubahan yang berarti dari tegangan

## **2.7. Struktur Sokong**

Sokong adalah suatu elemen struktur yang berfungsi sebagai penunjang (penyangga atau penopang) pada suatu balok kantilever agar tidak roboh. sokong biasanya berupa balok baja yang berupa tiang yang dipasang miring dan disusun membentuk segitiga atau di istilahkan sebagai kuda-kuda. Penopang yang berbentuk kuda-kuda ini terletak dibagian bawah suatu elemen konstruksi. Bentuk kuda-kuda dari struktur sokong ada yang berupa rangka batang (*truss*) maupun berupa portal (*frame*). Pada material kayu dan baja umumnya kuda-kuda berupa rangka batang yaitu terdiri dari banyak batang yang saling terhubung satu sama lainnya. Keseluruhan rangka batang pada dasarnya adalah struktur 3 dimensi.

Menurut Nur dan Utiarahman (2012) untuk rangka batang, penyusunnya berdasarkan pada anggapan-anggapan :

- (1). Semua gaya-gaya eksternal hanya bekerja terpusat di titik-titik buhul
- (2). Sambungan antar ujung batang dihubungkan konsentris melalui sendi-sendi tanpa terjadi perlawanan terhadap geser
- (3). Masing-masing batang hanya menopang aksi tegangan-tegangan aksial yang nilainya dianggap konstan sepanjang batang.

Rangka batang merupakan perpaduan saling mendukung dari beberapa batang, yang dihubungkan oleh sendi di setiap ujungnya sehingga membentuk kesatuan struktural. Sebagai pengaku, bagian atas kuda-kuda disangkut pada balok utama sementara bagian lainnya dihubungkan dengan kolom struktur untuk mengalirkan beban ke tanah. Pemberian balok sokong meniadakan lendutan yang terjadi pada balok kantilever sehingga menjadi lebih stabil. Sokong juga berfungsi sebagai penghantar tekanan dari beban bangunan ke pondasi. Dari pondasi, tekanan tersebut diteruskan ke tanah.

## **2.8. Elemen Struktur**

Elemen Struktur adalah bagian dari sebuah sistem bangunan yang bekerja untuk menyalurkan beban yang diakibatkan oleh adanya bangunan di atas tanah. Fungsi struktur dapat disimpulkan untuk memberi kekuatan dan kekakuan yang diperlukan untuk mencegah sebuah bangunan mengalami keruntuhan. Struktur merupakan bagian bangunan yang menyalurkan beban-beban.

Beban-beban tersebut menumpu pada elemen-elemen untuk selanjutnya disalurkan ke bagian bawah tanah bangunan, sehingga beban-beban tersebut akhirnya dapat ditahan. (Ariestadi, 2008)

### **2.8.1. Kolom**

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang fungsi utamanya untuk mendukung beban aksial desak yang lebih besar atau sama

dengan  $0,1.A_g \cdot f_c'$  dan momen yang terjadi. Jika terjadi kerusakan / kegagalan pada kolom, maka dapat berakibat keruntuhan komponen struktur yang berhubungan dengannya atau bahkan terjadi keruntuhan total pada struktur bangunan (SNI 2847 Pasal 12.3). Kolom dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, posisi beban pada penampangnya, dan panjang kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateralnya. Bentuk dan susunan tulang pada kolom dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: (Nawy, 2003)

- (1). Kolom segiempat atau bujursangkar dengan tulang memanjang dan sengkang.
- (2). Kolom bundar dengan tulang memanjang dan tulang lateral berupa sengkang atau spiral.
- (3). Kolom komposit yang terdiri atas beton dan profil baja structural didalamnya.

#### 2.8.2. Balok

Balok adalah bagian dari struktur yang berfungsi untuk menopang lantai di atasnya serta sebagai penyalur momen ke kolom – kolom yang menopangnya. Balok yang bertumpu langsung pada kolom disebut dengan balok induk, sedangkan yang bertumpu pada balok induk disebut balok anak. Tulangan rangkap pada perancangan balok pada umumnya ditujukan untuk meningkatkan daktilitas tampang, pengendalian defleksi jangka panjang akibat adanya rangkap dan susut. (MacGregor, 2005).

- (1). Penampang Seimbang (*balance*)

Tulangan tarik beton mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batas dan akan hancur karena tekan. Pada saat awal terjadinya keruntuhan, regangan tekan yang diijinkan pada serat tepi yang tertekan adalah 0,003 sedangkan regangan baja sama dengan regangan lelehnya yaitu  $\epsilon_y = f_y/E_c$ .

- (2). Penampang *Over Reinforced*

Pada Pada keadaan ini keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada awal keruntuhan, regangan baja  $\epsilon_s$

yang terjadi masih lebih kecil dari regangan lelehnya  $\epsilon_y$ . Dengan demikian tegangan baja  $f_s$  juga lebih kecil dari tegangan lelehnya  $f_y$ . Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak dari yang diperlukan dalam keadaan balance.

(3). Penampang *Under Reinforced*

Keruntuhan terjadi ditandai dengan lelehnya tulangan baja. Kondisi penampang yang demikian dapat terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi seimbang

### 2.8.3. Plat Lantai

Pelat adalah elemen struktur yang fungsinya menyalurkan beban kepada elemen pendukung seperti balok dan kolom. Pelat yang difungsikan sebagai pelat lantai dan atap tidak terlalu berbeda, hanya pelat atap langsung terpengaruh cuaca. Elemen – elemen pelat tersebut dapat dirancang sebagai pelat satu arah atau pelat dua arah. Menurut Gideon Kusuma (2003), yang perlu dipertimbangkan pada perencanaan pelat beton bertulang tidak hanya pembebanan tetapi juga ukuran dan syarat-syarat tumpuan pada tepi.

## 2.9. Baja

### 1. Struktur Baja menurut SNI 03 – 1729 - 2015

Baja adalah seluruh macam besi yang dengan tidak dikerjakan terlebih dahulu lagi, sudah dapat di tempa. Baja adalah bahan yang serba kesamaannya (homogenitasnya) tinggi, terdiri terutama dari Fe dalam bentuk kristal dan C.

Pembuatannya di lakukan sebagai pembersihan dalam temperature yang tinggi dari besi mentah yang di dapat dari proses dapur tinggi.

Sifat-sifat utama baja :

- (1). Keteguhan (*solidity*) artinya mempunyai ketahanan terhadap tarikan,tekanan atau lentur

- (2). Elastisitas (*elasticity*) artinya kemampuan atau kesanggupan untuk dalam batas-batas pembebanan tertentu, sesudahnya pembebanan diiadakan kembali kepada bentuk semula.
- (3). Kekenyalan/ keliatan (*tenacity*) artinya kemampuan atau kesanggupan untuk dapat menerima perubahan bentuk yang besar tanpa menderita kerugian-kerugian berupa cacat atau kerusakan yang terlihat dari luarnya dalam untuk jangka waktu pendek.
- (4). Kemungkinan ditempa (*malleability*) sifat dalam keadaan merah pijar menjadi lembek dan plastis sehingga dapat di rubah bentuknya.
- (5). Kemungkinan di las (*weaklability*) artinya sifat dalam keadaan panas dapat digabungkan satu sama lain dengan memakai atau tidak memakai bahan tambahan, tanpa merugikan sifat-sifat keteguhannya

## 2. Klasifikasi Baja menurut SNI 03 – 1729 - 2015

- a. Menurut kekuatannya terdapat beberapa jenis baja, diantaranya: ST 37, ST 42, ST 50, dst. Standart DIN (Jerman) ST X X kekuatan dalam kg/mm<sup>2</sup> *steel* (baja). Baja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja ST 42: baja dengan kekuatan 41 – 49 kg/mm<sup>2</sup>.

### b. Menurut komposisinya:

- (1). Baja karbon rendah (*low carbon steel*):  $C \leq 0,25 \%$
- (2). Baja karbon menengah (*medium carbon steel*):  $C = 0,25\% - 0,55\%$
- (3). Baja karbon tinggi (*high carbon steel*):  $C > 0,55\%$
- (4). Baja paduan rendah (*low alloysteell*): unsur paduan  $< 10 \%$
- (5). Baja paduan tinggi (*high alloy steel*): unsure paduan  $> 10\%$

Yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah (*low carbon steel*) :  $C \leq 0,25\%$ .

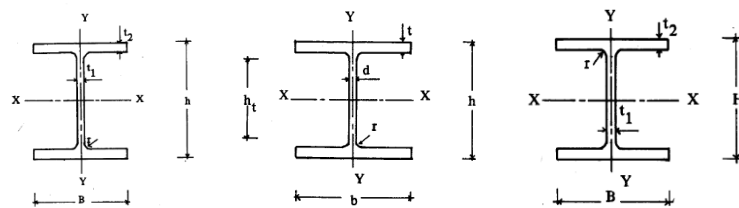
### c. Menurut bentuknya:

- (1). Baja pelat
- (2). Baja strip
- (3). Baja sheet
- (4). Baja pipa
- (5). Baja batang fropil

Menurut bentuknya, baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja Pelat. Agar lebih mudah mengetahui tingkat karat pada permukaannya.

3. Spesifikasi Baja Struktur dan Macam-Macam Bentuk Profil Baja SNI 03 – 1729 - 2015

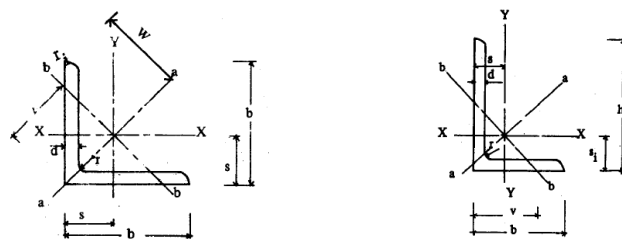
- a. *Wide flange* : biasa digunakan untuk : balok, kolom, tiang pancang, *top* dan *bottom chord* member pada *truss*, *composite beam* atau *coloumn*, kantilever kanopi, dll. Istilah lain : IWF, WF, H-Beam, UB, UC, balok H, balok I, balok W



Gambar 2. 6. (a).WF (b).I (c).H

Sumber : SNI 03-1729-2015

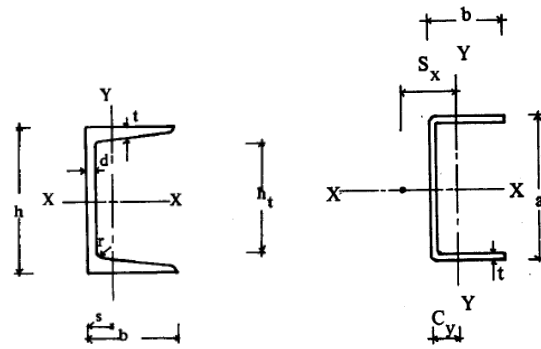
- b. UNP : penggunaannya hampir sama dengan WF, kecuali untuk kolom jarang digunakan karena *relative* lebih mudah mengalami tekuk  
Istilah lain : kanal U, U-channel, profil U
- c. *Equal Angle (hot rolled)* : biasa digunakan untuk : member pada truss, bracing, balok, dan struktur ringan lainnya. Istilah lain : profil siku, profil L, *L-shape*



Gambar 2. 7. (a).Profil Siku (b).Profil L

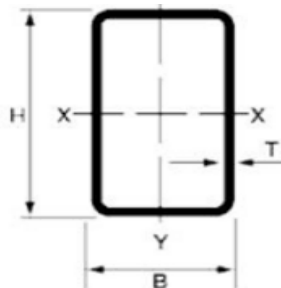
Sumber : SNI 03-1729-2015

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



Gambar 2. 8. (a). Profil C (b). Kanal C  
Sumber : SNI 03-1729-2015

- e. RHS (*rectangular hollow section*)-*cold formed* digunakan sebagai komponen rangka arsitektural (ceiling, partisi gypsum, dll) rangka dan support ornament-ornamen non structural. Istilah lain : besi *hollow*, profil persegi, profil



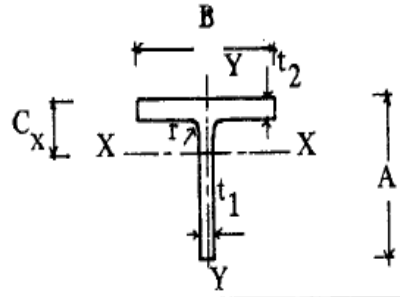
Gambar 2. 9. (a). Besi Hollow  
Sumber : SNI 03-1729-2015

- f. *Steel pipe* : penggunaan : *bracing (horizontal dan vertikal)*, secondary beam (biasanya pada rangka atap), kolom arsitektural, support komponen arsitektural (biasanya eksposed karena bentuknya yang silinder mempunyai nilai artistik). Istilah lain : *steel tube*, pipa



Gambar 2. 10. (a). Pipa Steel  
Sumber : SNI 03-1729-2015

- g. *T-beam* : penggunaan : balok lantai, balok kantilever (kanopi)  
 Istilah lain : profil CT



Gambar 2. 11. (a). Profil T  
 Sumber : SNI 03-1729-2015

#### 4. Sifat Mekanis Baja SNI 03 – 1729 – 2015

Tabel 2. 1.Sifat Mekanis Baja

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

Sifat mekanis lain :

Modulus elastis :  $E = 200000 \text{ MPa}$

Modulus geser :  $G = 80000 \text{ MPa}$

Nisabah poisson :  $\mu = 0,3$

Koefisien pemuaian :  $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$



## 2.10. Beton

Beton merupakan suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar, agregat halus, dengan atau tanpa bahan tambahan. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang sering digunakan di bidang Teknik Sipil seperti pada bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Secara umum, pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat. Hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (*concrete*), yang pada umumnya dipadukan dengan baja (*composite*) atau jenis lainnya. Pada konstruksi jalan raya khususnya untuk perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) telah banyak aplikasi beton yang digunakan orang, yang saat ini di kenal dengan nama beton RCC (*Roller Compacted Concrete*). Beton RCC ini memiliki kekentalan yang cukup untuk dihamparkan menggunakan alat penghampar aspal (*asphalt finisher*) dan dipadatkan dengan roller.

Mutu beton sangat penting dalam sebuah proyek konstruksi. Selain sebagai parameter untuk mengontrol mutu dalam mencapai kualitas beton yang diinginkan, mutu beton juga memiliki peran penting dalam analisis perencanaan sebuah konstruksi. (Hadi, 2017).

Konsep mutu beton di Indonesia pada umumnya sudah mengikuti standard SNI yaitu  $F'c$  dengan satuan MPA. Namun disisi lain masih banyak juga yang menggunakan mutu beton K, yaitu parameter mutu beton yang didasarkan pada PBI 71.

Beton dengan mutu K-250 menyatakan kekuatan tekan karakteristik minimum adalah  $250 \text{ kg/cm}^2$  pada umur beton tersebut 28 hari, dengan menggunakan kubus beton ukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ . mengacu pada PBI 71 yang merujuk pada standart eropa lama.

Beton dengan mutu  $f'c' 25$  menyatakan kekuatan tekan minimum adalah 25 Mpa pada umur beton 28 hari. Dengan menggunakan silinder beton diameter 15 cm, tinggi 30 cm. mengacu pada standart SNI 03-2847-2002 yang merujuk pada *ACI (American Concrete Institute)*

Tabel 2. 2. Mutu Beton

Jenis Beton	Kuat Tekan	
	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa
K-225	225	18
K250	250	20
K-275	275	22
K-300	300	24
K-350	350	28
K-400	400	32
K-450	450	36
K-500	500	40

Sumber : (SNI 03-2847-2002)

## 2.11. Pembebanan pada Bangunan

### 2.11.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap (*fixed equipment*) yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan itu

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, berat sendiri bahan bangunan dan komponen Gedung dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. 3. Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

BAHAN BANGUNAN	BEBAN MATI (KG/M <sup>3</sup> )
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah/bulat/gunung	1500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah (split)	1450 kg/m <sup>3</sup>
Besi tuang	7250 kg/m <sup>3</sup>
Beton (untuk struktur)	2200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>

<b>BAHAN BANGUNAN</b>	<b>BEBAN MATI (KG/M<sup>3</sup>)</b>
Kayu (kelas I)	1000 kg/m <sup>3</sup>
Kerikil, koran (kering udara sampai lembab)	1650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu merah	1750 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah/bulat/gunung	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral (kering udara - lembab)	1850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung & lanau (kering - lembab)	1700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah lempung & lanau (basah)	2000 kg/m <sup>3</sup>
Tanah hitam (timbel)	11400 kg/m <sup>3</sup>
<b>KOMPONEN GEDUNG</b>	
Adukan, per cm tebal :	
- Dari semen	21 kg/m <sup>2</sup>
- Dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m <sup>2</sup>
Aspal, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batu merah :	
- Satu batu	450 kg/m <sup>2</sup>
- Setengah batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Dinding batako berlubang :	
- Tebal dinding 20 cm	200 kg/m <sup>2</sup>
- Tebal dinding 10 cm	120 kg/m <sup>2</sup>
Dinding batako tanpa lubang :	
- Tebal dinding 15 cm	300 kg/m <sup>2</sup>
- Tebal dinding 10 cm	200 kg/m <sup>2</sup>
Langit – langit :	
- Serat semen, tebal maksimum 4 mm	11 kg/m <sup>2</sup>
- Kaca, dengan tebal 3-4 mm	10 kg/m <sup>2</sup>
Lantai kayu dengan balok (rumah tinggal)	40 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung plafon (bentang maks 5 m)	7 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap :	
- Genteng/kaso/reng per m <sup>2</sup> luas atap	50 kg/m <sup>2</sup>

<b>BAHAN BANGUNAN</b>	<b>BEBAN MATI (KG/M<sup>3</sup>)</b>
- Sirap/kaso/reng per m <sup>2</sup> luas atap	24 kg/m <sup>2</sup>
- Serat semen gelombang (tebal maks 5 mm)	11 kg/m <sup>2</sup>
- Aluminium gelombang	5 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai (terasso, keramik, dan beton)	24 kg/m <sup>2</sup>

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983

Pendekatan lain dalam menghitung beban mati dapat dilakukan dengan memperhatikan struktur bangunan yang digunakan, sebagaimana tertera dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2. 4. Beban Mati Menurut Jenis Struktur Bangunan

<b>Jenis Struktur</b>	<b>Beban Mati (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Beton bertulang :	
- Portal	0,30 x 2400 = 720
- Portal & inti/ dinding geser	0,35 x 2400 = 840
- Tabung dalam tabung	0,40 x 2400 = 960
- Kotak/panil	0,20 x 2400 = 480
Baja :	
- Ketinggian < 30 lantai	100
- Ketinggian ≤ 30 lantai	150
- Balok anak	20
- Balok induk	35
- Deck plate	15
- kolom	30
Komposit :	
- ketinggian < 30 lantai	100 + 480 = 580
- ketinggian ≤ 30 lantai	150 + 480 = 630
Partisi	100
Elemen Arsitektural	100

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983

Selanjutnya perkiraan berat tulangan baja pada konstruksi struktur bangunan pada tabel berikut ini :

Tabel 2. 5. Perkiraan Volume Tulangan Baja dan Beton

<b>Uraian</b>	<b>Perkiraan volume</b>
Pelat lantai	1% luas penampang beton = 200 kg/m <sup>3</sup> beton
balok	3% luas penampang beton = 300 kg/m <sup>3</sup> beton
Kolom	4% luas penampang beton = 400 kg/m <sup>3</sup> beton
Pondasi :	
- basement	0,5 m <sup>3</sup> beton per m <sup>2</sup> lantai basement
- rakit	1,2 m <sup>3</sup> beton per m <sup>2</sup> lantai pondasi

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983

### 2.11.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu bangunan, dan di dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan dan dapat diganti selama masa hidup dari bangunan itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap bangunan tersebut. Khusus untuk atap yang dianggap beban hidup termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genanga maupun akibat tekanan jauh (energi kinetik) butiran air. Beban hidup tidak termasuk beban angin dan beban gempa.

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, beban hidup pada lantai bangunan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 6. Beban Hidup pada Lantai Gedung

<b>JENIS LANTAI</b>	<b>BEBAN HIDUP (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Lantai & tangga rumah tinggal	200 kg/m <sup>2</sup>
Lantai & rumah tinggal sederhana	125 kg/m <sup>2</sup>
Lantai sekolah, kantor, toko, restoran, hotel asrama & rumah sakit	250 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ruang olahraga	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ruang dansa	500 kg/m <sup>2</sup>
Lantai & balkon ruang pertemuan, bioskop, ibadah	400 kg/m <sup>2</sup>
Panggung penonton dengan penonton berdiri	500 kg/m <sup>2</sup>

JENIS LANTAI	BEBAN HIDUP (kg/m <sup>2</sup> )
Tangga, bordes tangga, & gang bangunan umum	300 kg/m <sup>2</sup>
Tangga, bordes tangga, & gang Gedung pertemuan	500 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ruang perlengkapan Gedung pertemuan	250 kg/m <sup>2</sup>
Lantai pabrik, bengkel, Gedung, perpustakaan, ruang mesin	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai Gedung parkir bertingkat :	
- Untuk lantai bawah	800 kg/m <sup>2</sup>
- Untuk lantai tingkat lainnya	400 kg/m <sup>2</sup>
Balkon yang menjorok bebas ke luar	300 kg/m <sup>2</sup>

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983

### 2.11.3. Beban Angin

Menurut SNI 1727-2013 tentang Beban minimum untuk perancangan bangunan Gedung dan struktur , Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada bangunan, atau bagian bangunan yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m<sup>2</sup>, dan tepi laut sampai sejauh km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m<sup>2</sup>.

Jika ada kemungkinan kecepatan angin mengakibatkan tekanan tiup yang lebih besar, maka tekanan tiup harus dihitung menurut rumus :

$$P = \left[ \frac{v^2}{16} (kg/m^2) \right] \quad (1)$$

Sumber : SNI 1727 - 3023

Dimana : v adalah kecepatan angin dalam m/det.

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.

#### 1. Kecepatan Angin Dasar (V)

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 2. 7. Rata-Rata Kecepatan Angin di Kota Makassar pada Tahun 2013 (BPSS, 2014)

No	Bulan	Kecepatan Angin Rata-Rata (m/s)
1	Januari	3.60
2	Februari	2.57
3	Maret	2.57
4	April	2.05
5	Mei	2.05
6	Juni	2.05
7	Juli	2.05
8	Agustus	2.05
9	September	2.57
10	Oktober	2.57
11	Nopember	2.57
12	Desember	2.57

Sumber : (BPSS, 2014)

## 2. Faktor Arah Angin (Kd)

Berdasarkan SNI 1727-2013 mengenai Arah Angin, faktor arah angin ditentukan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 2. 8. Faktor Arah Angin

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin (Kd)
Bangunan Gedung Sistem Penahan Beban Angin Utama	0.85 0.85

<b>Tipe Struktur</b>	<b>Faktor Arah Angin (Kd)</b>
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	
Atap Lengkung	0.85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	0.90
Segiempat	0.95
Segienam	0.95
Bundar	
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

Sumber : SNI 1727-2013

### 3. Kategori Eksposur

Berdasarkan pasal 26.7 pada SNI 1727-2013 mengenai Eksposur, kategori eksposur dibagi menjadi 3 kategori yaitu kategori B, C dan D.

#### a. Kategori B

Daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan, atau daerah lain dengan penghalang berjarak dekat yang banyak memiliki ukuran dari tempat tinggal keluarga-tunggal atau lebih besar.

#### b. Kategori C

Dataran terbuka dengan penghalang tersebar yang memiliki tinggi umumnya kurang dari 30 ft (9,1m). Kategori ini mencakup daerah terbuka datar dan padang rumput.

#### c. Kategori D

Area datar, area tidak terhalang dan permukaan air. Kategori ini berisi lumpur halus, padang garam, dan es tak terputus.



4. Faktor Topografi (Kzt)

Berdasarkan pasal 26.8 pada SNI 1727-2013 mengenai Efek Topografi, efek peningkatan kecepatan angin pada bukit, bukit memanjang, dan tebing curam yang terisolasi akan menimbulkan perubahan 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:

- a. 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 (100H) atau 2 mil (3,22 km), dipilih yang terkecil. Jarak ini harus diukur horizontal dari titik di mana tinggi H pada bukit, punggung bukit, atau tebing yang ditentukan.
- b. Bukit, bukit memanjang, atau tebing curam yang menonjol di atas ketinggian fitur dataran arah vertikal ke atas antara radius 2-mil (3,22 km) untuk setiap kuadran dengan faktor dua atau lebih. Jika kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan diatas maka nilai  $Kzt = 1.0$ .

5. Faktor Efek Tiupan Angin (G)

Berdasarkan pasal 26.9 pada SNI 1727-2013 mengenai Efek Tiupan Angin, faktor efek-tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0.85.

6. Koefisien Tekanan Internal (Cpi)

Berdasarkan pasal 26.11 pada SNI 1727-2013 mengenai Koefisien Tekanan Internal, koefisien tekanan internal ditentukan berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 2. 9. Koefisien Tekanan Internal

<b>Klasifikasi Ketertutupan</b>	<b>Cpi</b>
Bangunan gedung terbuka	0.00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0.55 - 0.55
Bangunan gedung tertutup	+ 0.18 - 0.18

Sumber : SNI 1727-2013

Catatan : Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi permukaan.

7. Koefisien Tekanan eksternal (Cpf)

Berdasarkan pasal 27.4.1 pada SNI 1727-2013 mengenai bangunan gedung kaku tertutup dan tertutup sebagian, koefisien tekanan eskternal ditentukan berdasarkan table berikut ini :

Tabel 2. 10. Koefisien Tekanan Dinding, Cpf

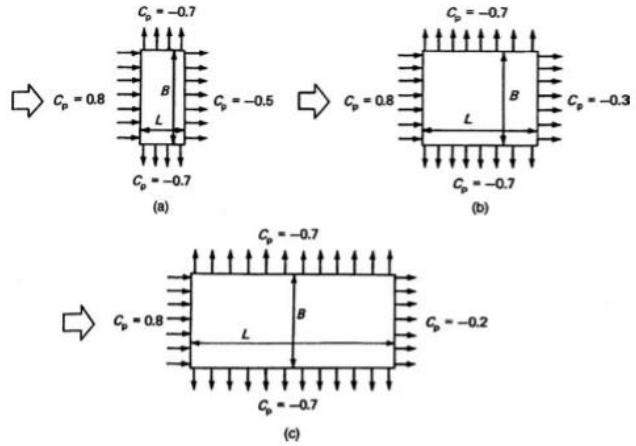
<b>Permukaan</b>	<b>L/B</b>	<b>Cpf</b>
Dinding di sisi angin datang	Seluruh Nilai	0.8
Dinding di sisi angin pergi	0-1	- 0.5
	2	- 0.3
	$\geq 4$	- 0.2
Dinding Tepi	Seluruh Nilai	- 0.7

Sumber : SNI 1727-2013

Catatan :

- a. Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi permukaan.
- b. 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.
- c. Notasi:
  - B: Dimensi horizontal bangunan gedung, dalam feet (meter), diukur tegak lurus terhadap arah angin.

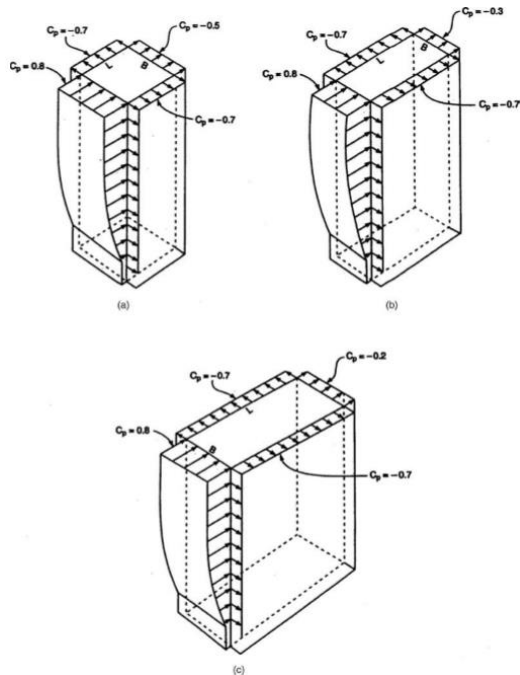
L: Dimensi horizontal bangunan gedung, dalam feet (meter), diukur sejajar terhadap arah angin.



Gambar 2. 12. Koefisien  $C_p$  dengan Rasio  $L/B$

(a)  $0 < L/B < 1$  (b)  $L/B = 2$  (c)  $L/B > 4$

Sumber : Taranath, 2004, *Wind and Earthquake Resistant Buildings*, California



Gambar 2. 13. Koefisien  $C_p$  dengan Rasio  $L/B$

(a)  $0 < L/B < 1$  (b)  $L/B = 2$  (c)  $L/B > 4$

Sumber : Taranath, 2004, *Wind and Earthquake Resistant Buildings*, California

8. Koefisien Eksposur (Kz)

Berdasarkan pasal 27.3 pada SNI 1727-2013 mengenai Tekanan Velositas, koefisien eksposur harus ditentukan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 2. 11. Koefisien Eksposur

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
ft	(m)	B	C	D
15	0.46	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	0.7	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	1.2	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

Sumber : SNI 1727-2013

Catatan : Interpolasi linear untuk nilai menengah tinggi z yang sesuai

#### 2.11.4. Beban Gempa

Beban Gempa adalah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut (PPPURG, 1987). Beban gempa dapat dihitung dengan metode static (*Statik Ekuivalen* dan *Autoload*) dan metode dinamis (*Respon Spectrum and Time History*). Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.4.1, kombinasi respon untuk geser dasar gempa ( $V_t$ ) lebih kecil 85% dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85 \frac{v}{v}$ . Berdasarkan ketentuan tersebut maka perhitungan gaya gempa dengan menggunakan metode dinamis bisa digunakan jika gaya geser dasar dengan metode dinamis kurang dari 85% gaya geser dasar dengan metode static.

#### **Perhitungan Beban Gempa pada Bangunan Gedung.**

Perhitungan beban gempa pada bangunan gedung mengacu pada SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung :

##### (1). Perhitungan Berat Bangunan (WT)

Karena besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka perlu dihitung berat dari masing-masing lantai bangunan. Berat dari bangunan dapat berupa beban mati akibat berat sendiri struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan. Karena kemungkinan terjadinya gempa bersamaan dengan beban hidup yang bekerja penuh pada bangunan adalah kecil, maka beban hidup yang bekerja dapat direduksi besarnya. Berdasarkan standar pembebanan yang berlaku di Indonesia, untuk memperhitungkan pengaruh beban gempa pada struktur bangunan gedung, beban hidup yang bekerja dapat dikalikan dengan faktor reduksi sebesar 0,3. Dari perhitungan didapatkan berat lantai 1 sampai dengan

lantai 4 adalah 272,22 ton, berat lantai 5 (atap) adalah 196,224 ton, dan berat total dari bangunan adalah  $W_t = 1285,104$  ton.

(2). Waktu Getar Empiris Struktur (TE)

Karena besarnya beban gempa belum diketahui, maka waktu getar dari struktur belum dapat ditentukan secara pasti. Untuk perencanaan awal, waktu getar dari bangunan gedung pada arah X (TE<sub>x</sub>) dan arah Y (TE<sub>y</sub>) dapat ditentukan dengan rumus empiris :

$$T_{Ex} = T_{Ey} = 0,06.H^{0,75} \text{ (dalam detik)} \quad (2)$$

Pada rumus di atas, H adalah tinggi bangunan (dalam meter).

Untuk  $H = 5.3,6 = 18\text{m}$ ,

periode getar dari bangunan adalah

$$T_{Ex} = T_{Ey} = 0,06.(18)^{0,75} = 0,524 \text{ detik.} \quad (3)$$

Waktu getar struktur yang didapat dari rumus rumus empiris ini perlu diperiksa terhadap waktu getar sebenarnya dari struktur yang dihitung dengan rumus *rayleigh*

3. Faktor Keutamaan Struktur (I)

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan, untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didisain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 2. 12. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan dan perikanan</li> <li>2. Fasilitas sementara</li> <li>3. Gedung penyimpanan</li> <li>4. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ol>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam katerogi risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perumahan</li> <li>2. Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>3. Pasar</li> <li>4. Gedung perkantoran</li> <li>5. Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>6. Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>7. Bangunan industry</li> <li>8. Fasilitas manufaktur</li> <li>9. Pabrik</li> </ol>	II
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bioskop</li> <li>2. Gedung pertemuan</li> <li>3. Stadion</li> <li>4. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>5. Fasilitas penitipan anak</li> <li>6. Penjara</li> <li>7. Bangunan untuk orang jompo</li> </ol> <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> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>2. Fasilitas penanganan air</li> <li>3. Fasilitas penanganan limbah</li> <li>4. Pusat telekomunikasi</li> </ol> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan,</p>	III

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
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>Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan-bangunan monumental</li> <li>2. Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>3. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>4. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi serta garasi kendaraan darurat</li> <li>5. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>6. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>7. Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>8. Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, manara pendingin, struktur stasiun listrik, tangka 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> </ol> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV</p>	IV

Tabel 2. 13. Kategori Faktor Keutamaan Gedung

Kategori Gedung	Faktor keutamaan		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I
Gedung umum seperti untuk perumahan, peniagaan, dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monument dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6

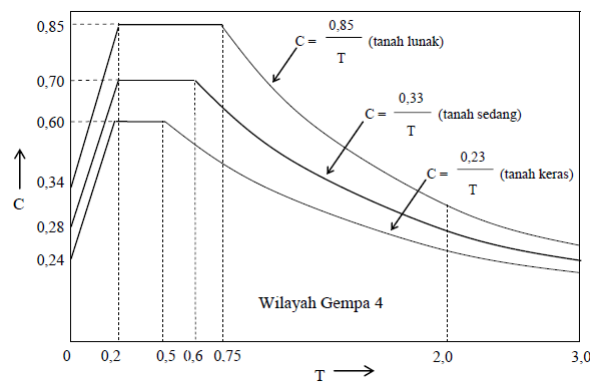


Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio, dan televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerebong tangga di atas menara	1,5	1,0	1,5

Sumber : SNI Gempa 1726-2012

#### 4. Faktor Reduksi Gempa (C)

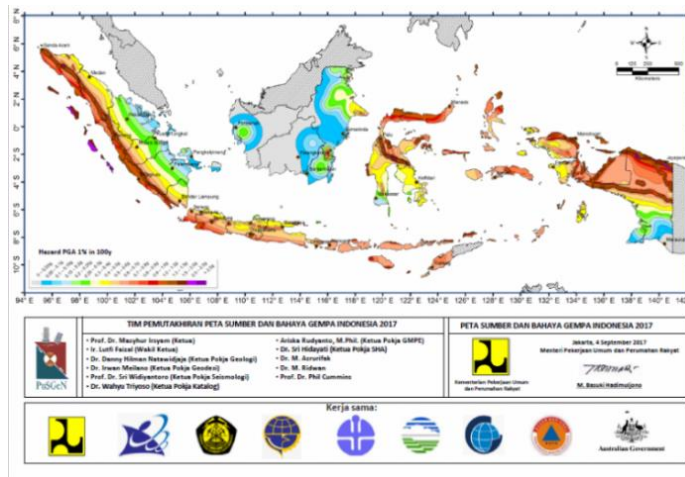
Setelah dihitung waktu getar dan struktur bangunan pada arah -X (Tx) dan arah -Y (Ty), maka harga dari faktor respon gempa C dapat ditentukan dari diagram spektrum respon gempa rencana.



Gambar 2. 14. Diagram Spektrum Respon Gempa Rencana  
Sumber : SNI Gempa 1726-2012

Berdasarkan Pedoman Tahan Gempa menggunakan Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa “Peta Hazard Gempa Indonesia 2017” yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum.

Dalam pedoman ini zona gempa Indonesia terbagi menjadi 10. Kota Makassar berada pada zona – 4



Gambar 2. 15. Peta zona gempa Indonesia  
 Sumber : “Peta Hazard Gempa Indonesia 2017” dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum.

### 5. Klasifikasi Situs

Berdasarkan pasal pada SNI-1726-2012 mengenai Prosedur Klasifikasi Situs untuk Desan Seismik, klasifikasi suatu situs dibagi menjadi 6 kelas situs seperti tabel dibawah ini

Tabel 2. 14. Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$v$	$N$	$s$
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 – 1500	N/A	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 – 750	$\geq 50$	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 – 350	15-50	50-100
SE (Tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m 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> dan</li> <li>3. Kuat geser niralir <math>s_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>		

<p>SF (Tanah keras yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs yang mengikuti pasal 6.9.1)</p>	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah</li> <li>2. Lempung sangat organic dan atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3m</math>)</li> <li>3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5 m</math>) dengan indeks plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>4. Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan <math>H &gt; 35 m</math> dengan <math>s_u &lt; 50 kPa</math></li> </ol>
--	---

Sumber : SNI-1726-2012

#### 6. Koefisien Situs

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai Koefisien-Koefisien dan Parameter-Parameter Respons Spectral Percepatan Gempa Maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ), nilai koefisien situs ( $F_a$ ) dan koefisien situs ( $F_v$ ) dapat dilihat berdasarkan tabel dibawah ini.:

Tabel 2. 15. Koefisien Situs ( $F_a$ )

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ terpetakan pada Periode Pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$			
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.2	1.2	1.1	1.0
SD	1.6	1.4	1.2	1.1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9

Sumber : SNI-1726-2012

Keterangan : Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dilakukan interpolasi linier

Tabel 2. 16. Koefisien Situs (Fv)

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ terpetakan pada Periode 1 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	8.0
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

Sumber : SNI-1726-2012

Keterangan : Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dilakukan interpolasi linier

#### 7. Parameter Percepatan Spektral Desain

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai Parameter Percepatan Spectral Desain, nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  ditentukan berdasarkan rumus berikut ini :

$$S_{MS} = S_s \times F_a \quad (4)$$

$$S_{M1} = S_1 \times F_v \quad (5)$$

$$S_{DS} = 2/3 \times S_{MS} \quad (6)$$

$$S_{D1} = 2/3 \times S_{M1} \quad (7)$$

#### 8. Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai Kategori Desain Seismik, struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori seismik yang mengikuti tabel berikut ini :

Tabel 2. 17. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai $S_{Ds}$	Kategori Risiko	
	I II III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI-1726-2012

Tabel 2. 18. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori Risiko	
	I II III	IV
$S_{D1} < 0.067$	A	A
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	B	C
$1.33 \leq S_{D1} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI-1726-2012

9. Kombinasi Sistem Perangkai dalam Arah yang Berbeda.

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai kombinasi sistem perangkai dalam arah yang berbeda, system penahan-gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah kedua sumbu ortogoonal struktur. Bila system yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R,  $C_d$ , dan  $\Omega_o$  harus dikenakan pada setiap system, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam lampiran.

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 ( $\Omega_o$ ) diberikan pada elemen struktur tertentu agar setidaknya elemen tersebut mengalami kerusakan yang lebih kecil dibandingkan elemen yang lain. faktor kuat lebih ( $\Omega_o$ ) 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.

10. Koefisien Batas Atas Periode ( $C_u$ )

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai Periode Fundamental Pendekatan, koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung ditentukan berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 2. 19. Koefisien Batas Atas Periode ( $C_u$ )

Parameter respon percepatan spektral desain pada 1 detik, $S_{DI}$	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

Sumber : SNI-1726-2012

11. Nilai Parameter Periode Pendekatan

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai Periode Fundamental Pendekatan, nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$  ditentukan berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 2. 20. 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 terjadi 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 system struktur lainnya	0.0488	0.75

Sumber : SNI-1726-2012

#### 2.11.5. Kombinasi Pembebanan

Struktur bangunan gedung dan struktur lainnya harus dirancang menggunakan kombinasi pembebanan berdasarkan kombinasi beban untuk metoda ultimit atau kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin.

##### 1. Kombinasi Beban untuk Metoda Ultimit

Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai 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.  $0,9D + 1,0E$

##### 2. Kombinasi Beban untuk Metoda Tegangan Ijin

Beban-beban di bawah ini harus ditinjau dengan kombinasi-kombinasi berikut untuk perencanaan struktur, komponen- elemen struktur dan elemen-elemen fondasi berdasarkan metoda tegangan ijin:

- a.  $D$
- b.  $D+L$
- c.  $D+(L_r \text{ atau } R)$
- d.  $D + 0,75L + 0,75(L_r \text{ atau } R)$
- e.  $D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$
- f.  $D + 0,75 (0,6W \text{ atau } 0,7E) + 0,75L + 0,75 (L_r \text{ atau } R) 0,6D + 0,6W$
- g.  $0,6D + 0,7E$

#### 2.11.6. 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.

##### 1. Analisis Statik

Suatu cara analisis statik 3 dimensi linier dengan meninjau beban-beban gempa statik ekuivalen yang telah dijabarkan dari pembagian gaya geser tingkat maksimum dinamik sepanjang tinggi struktur gedung yang telah diperoleh dari hasil analisis respons dinamik elastik linier 3 dimensi. Beban gempa nominal yang bekerja pada struktur gedung dihitung berdasarkan analisis beban gempa statis ekuivalen. Berikut ini dijelaskan beberapa rumus untuk analisis beban gempa statis ekuivalen.

##### a. Periode Fundamental

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai 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,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur,  $T$ , diijinkan langsung menggunakan periode bangunan pendekatan yang dihitung dengan persamaan berikut :

$$T_a = C_t \times h^x \quad (8)$$

##### b. Koefisien Respon Seismik

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai perhitungan koefisien respons seismik, nilai  $C_s$  harus ditentukan berdasarkan persamaan 9, 10, dan 11.



$$C_s = S_{DS} \times I_e / R \quad (9)$$

$$C_s \leq (S_{D1} \times I_e) / (T \times R) \quad (10)$$

$$C_s = 0.444 \times S_{DS} \times I_e \geq 0.01 \quad (11)$$

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)

c. Beban Geser Dasar Seismik ( $V$ )

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai geser dasar seismik, geser dasar seismik ( $V$ ) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W \quad (12)$$

Dengan:

$V$  = Beban (gaya) geser dasar statis ekuivalen akibat gempa (kN)

$C_s$  = Koefisien respons seismik

$W$  = Berat seismik efektif (kN)

d. Skala Gaya

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai skala gaya, bila periode fundamental yang dihitung melebihi  $C_t T_a$ , maka  $C_t T_a$  harus digunakan sebagai pengganti dari  $T$  dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen 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

$V_t$  = Geser Dasar dari Kombinasi Ragam

## 2. Analisis Dinamik

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 :

- a. Analisis Respon Spektrum dimana total respon didapat melalui superposisi dari respon masing-masing ragam getar.
- b. 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.

### 1) Spektrum Respon Desain

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai spektrum respon desain, bila spektrum respon desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak danah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengikuti ketentuan dibawah ini :

- a) Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$  spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (13)$$

- b) 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  $S_{DS}$ .

- c) Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (14)$$

Keterangan :

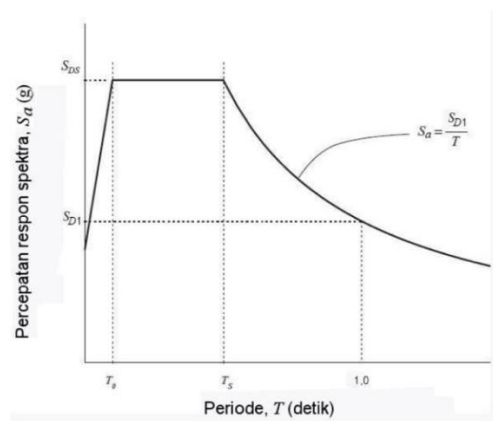
$S_{DS}$  = Parameter respons percepatan pada periode pendek

$S_{D1}$  = Parameter respons percepatan pada periode 1 detik

$T$  = Periode fundamental struktur (s)

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (15)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (16)$$



Gambar 2. 16. Spektrum Respons Desain  
Sumber : SNI-1726-2012

## 2) Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai penentuan simpangan antar lantai, simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dan pusat massa di tingkat atasnya.

Bagi struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C, D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horisontal Tipe 1a atau 1b pada tabel, 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 ( $\delta_x$ ) (mm) harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

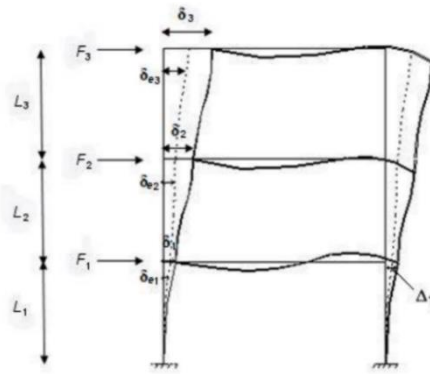
$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (17)$$

Keterangan :

$C_d$  = Faktor amplifikasi defleksi

$\delta_{xe}$  = Defleksi pada lokasi yang disyaratkan

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa



Gambar 2. 17. Penentuan Simpangan Antar Lantai  
Sumber : SNI-1726-2012

Tingkat 1

$F_1$  = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_{e1}$  = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya  $F_1$

$\delta_1$  =  $C_d \delta_{xe} / I_e$  = Perpindahan yang diperbesar

$\Delta_1$  =  $\delta_{e1} \leq \Delta_a$

$\delta_3$  = Perpindahan total

Tingkat 2

$F_2$  = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_{e2}$  = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya  $F_2$

$\delta_2$  =  $C_d \delta_{e2} / I_e$  = Perpindahan yang diperbesar

$\Delta_2$  =  $(\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I_e \leq \Delta_a$

Tingkat 3

$F_3$  = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

$$\begin{aligned}\delta_{e3} &= \text{Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya } F_3 \\ \delta_3 &= C_d \delta_{e3} / I_e = \text{Perpindahan yang diperbesar} \\ \Delta_3 &= (\delta_{e3} - \delta_{e2}) C_d / I_e \leq \Delta_a\end{aligned}$$

### 3) Pengaruh P-Delta

Berdasarkan SNI-1726-2012 mengenai pengatuh P-delta, pengaruh P-delta pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul oleh pengaruh ini tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas ( $\theta$ ) seperti ditentukan persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0.10:

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (18)$$

Keterangan:

$P_x$  = Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat  $x$  (kN)

$\Delta$  = Simpangan antar lantai tingkat desain

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa

$V_x$  = Gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat  $x$  dan  $x - 1$  (kN)

$h_{sx}$  = Tinggi tingkat di bawah tingkat  $x$  (mm)

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

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

$$\theta_{max} = \frac{0.5}{\beta C_d} \leq 0.25 \quad (19)$$

dimana  $\beta$  adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat  $x$  dan  $x - 1$ . Rasio ini diijinkan secara konservatif diambil sebesar 1.0.

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

## 2.12. Kinerja Struktur

### 2.12.1. Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelepasan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan nonstruktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut akibat pengaruh gempa nominal yang telah dibagi faktor skala

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui  $\frac{0,03}{R}$  kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang mana nilai terkecilnya (Hariyanto, 2011).

### 2.12.2. Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung diambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela dilatasi).

Simpangan dan simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali  $\xi$

a. Untuk struktur gedung beraturan :

$$\xi = 0,7 R$$

b. Untuk struktur gedung tidak beraturan :

$$\xi = \frac{0,7 R}{\text{Faktor Skala}} \quad (20)$$

### 2.13. Etabs



Gambar 2. 18. ETABS

ETABS adalah program komputer yang digunakan khusus untuk analisis dan desain bangunan gedung.

Dengan menggunakan program *ETABS*, pembuatan atau perubahan model, melakukan analisis, merancang atau mendesain dan mengoptimalkan desain, semuanya langsung dapat dikerjakan melalui *single interface* yang terintegrasi dengan *Microsoft windows*. Hasil keluaran berupa tampilan grafis yang meliputi hasil analisis gaya-gaya elemen atau tegangan, dengan struktur baja atau beton, *displacement* langsung dapat diketahui. Hasil analisis dan desain dapat dipilih untuk sebagian atau keseluruhan elemen.

Program *ETABS* menyediakan empat fasilitas untuk analisis dan desain struktur, ialah membuat model, memodifikasi, menganalisis, dan mendesain struktur. Kemampuan analisis *ETABS* sangat kuat dan mengacu pada penelitian analisis numerik dan algoritma terbaru.

Komputer untuk bidang rekayasa adalah alat bantu yang sangat berguna, bagi pengguna kompeten, maka dapat dihasilkan pemahaman yang lebih dalam tentang permasalahan bidang rekayasa yang mana teknik-teknik tradisional sebelumnya tidak mampu atau kesulitan mendapatkannya.

Pemodelan struktur adalah pembuatan data numerik (matematis) mewakili struktur *real* yang digunakan sebagai input data komputer. Macleod (1990) mengusulkan sebaiknya dalam pembuatan model struktur adalah :

- (1). Jangan terlalu rumit dari yang diperlukan. Jika dapat dibuat model yang simpel tetapi representatif, maka itu umumnya yang berguna.
- (2). Berkaitan hal di atas, dalam pemodelan kadang-kadang perlu beberapa tahapan model. Ada yang secara keseluruhan (makro model) dan lainnya pada bagian-bagian tertentu saja tetapi lebih detail (mikro model). Jangan berkeinginan membuat model secara keseluruhan dengan ketelitian yang sama untuk setiap detail.
- (3). Apakah modelnya simpel tapi masih *representatif*, maka perlu mengetahui perilaku struktur real. Faktor-faktor apa yang utama, atau sekunder yang dapat diabaikan. Tak ada jaminan bahwa banyak faktor maka hasilnya semakin baik (*lower bound theorem*).
- (4). Jangan langsung percaya pada hasil keluaran komputer, kecuali telah dilakukan validasi-validasi yang teliti dan ketat.
- (5). Meskipun sudah ada validasi-validasi yang ketat, jangan terlalu percaya dulu. Lihat asumsi-asumsi yang dipakai dalam pembuatan model analisis, apakah sudah logis dan mewakili kondisi struktur yang *real*.

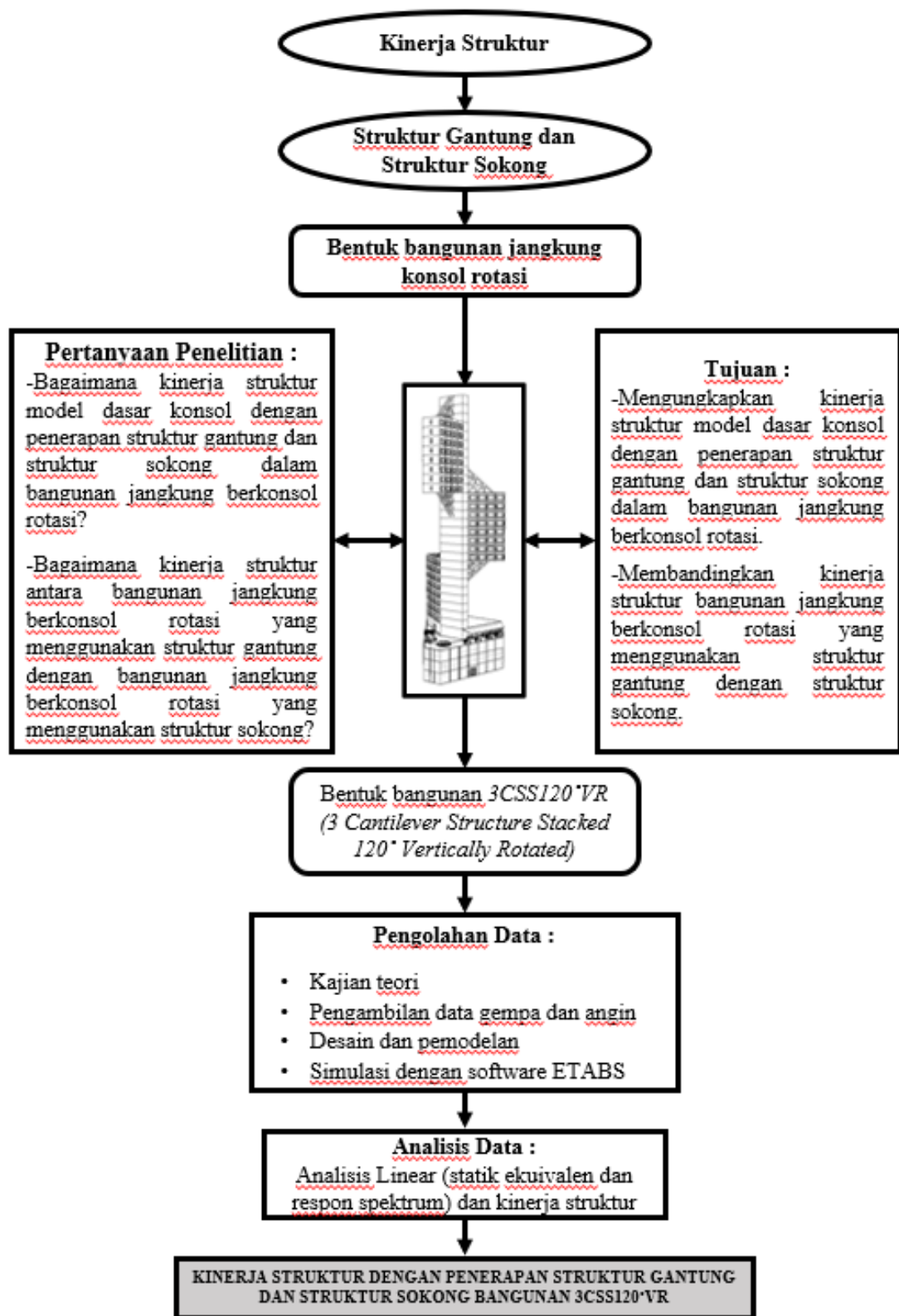


## 2.14. Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Tahun	Hasil
1.	<i>Yutaka Nakamura, Akira Wada, Masaaki Saruta, Shigeru Hikone, Teiichi Takahashi, and Toru Takeuchi,</i>	<i>Development of the Core-Suspended Isolation System</i>	2011	Bangunan tinggi berkantilever dengan penerapan konstruksi gantung pada ujung core bangunan. Konstruksi tersebut dipasang mengikuti letak kolom eksterior pada bangunan. Bangunan tidak menggunakan sistem penyokong
2.	<i>Akshat Chulahwat</i>	<i>Structural System with Suspended and Self Centered Floor Slabs for Earthquake Resistance</i>	2013	Objek penelitian menggunakan bangunan konvensional dengan bentuk simetris, pada konstruksi gantung menggunakan bahan kabel yang dilengkapi isolator tali kawat.
3.	Edy Purnomo, Edy Purwanto, Agus Supriyadi	Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum menggunakan Software ETABS	2014	Bangunan yang menjadi objek penelitian tidak menggunakan sistem pengaku dan analisis dilakukan pada bangunan hotel di Semarang
5.	<i>Elena Generalova, viktor Generalov, and Anna Kuznetsova</i>	<i>Cantilever Structure in Modern Construction</i>	2017	Studi ini mengambil salah satu bangunan kantilever di busan dengan penekanan pada atap. Bentang atap melayang sepanjang 21 meter dengan kolom tunggal berbentuk kerucut

6.	Taliat Azizov and Nadzieja Jurkowska	<i>Improving the Design of the Earthquake Proof Suspension Building</i>	2018	Studi ini meneliti mengenai bangunan 4 lantai dengan penerapan struktur gantung berbahan kabel baja dan membandingkan efektivitas penggunaan struktur di satu titik dengan 2 titik penempatan
7.	Mutmainnah Rahman Putri	<i>Reinforced Concrete Corbels Behavior using Strut and Tie Model</i>	2018	Bangunan yang diteliti merupakan bangunan konvensional dengan bahan utama yaitu beton bertulang. Penyokong yang diaplikasikan pada bangunan terbuat dari bahan beton dengan jarak bentang pendek
8.	T A Belash	<i>Earthquake Resistance of Buildings with Suspended Structures</i>	2019	Penggunaan dan penambahan komponen penekan osilasi tambahan atau damper kedalam struktur bangunan. Dalam studi tersebut konstruksi gantung dihubungkan dengan kolom-kolom eksterior bangunan
9.	Nurul Annisa	Kinerja Struktur dengan Penerapan Struktur Gantung dan Struktur Sokong pada Bangunan 3CSS120°VR	2021	Semakin tinggi tempat penyaluran beban berupa struktur gantung maka semakin besar <i>displacement</i> yang terjadi, sebaliknya semakin rendah tempat penyaluran beban berupa struktur sokong maka semakin kecil <i>displacement</i> yang terjadi pada bangunan

## 2.15. Kerangka Pikir



Gambar 2. 19. Kerangka Pikir

## 2.16. Alur Pikir

NO	LATAR BELAKANG	RUMUSAN MASALAH	TUJUAN	METODE	VARIABEL	HASIL SEMENTARA
1.	Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dalam perencanaan bangunan jangkung tahan gempa para arsitek-arsitek dunia mulai mengembangkan bentuk bangunan tinggi salah satunya, desain dengan bentuk layang atau konsol. Desain dengan bentuk layang atau konsol merujuk pada bentuk fisik struktur yang dibuat menonjol dan keluar dari bangunan utama serta dibangun dengan dukungan penyangga pada satu sisi saja.	Bagaimana kinerja struktur model dasar konsol dengan penerapan struktur gantung dan struktur sokong dalam bangunan jangkung berkonsol rotasi, menggunakan software ETABS ( <i>Extended Three Dimension Analysis of Building System</i> )	Mengungkapkan kinerja struktur model dasar konsol dengan penerapan struktur gantung dan struktur sokong dalam bangunan jangkung berkonsol rotasi, menggunakan software ETABS ( <i>Extended Three Dimension Analysis of Building System</i> )	<ol style="list-style-type: none"> <li>Model uji 3 dimensi bangunan dengan model dasar konsol</li> <li>Cara pengujian tujuan I <ul style="list-style-type: none"> <li>Perhitungan kuat tarik pada struktur gantung</li> <li>Perhitungan kuat tekan pada struktur sokong</li> <li>Analisis struktur</li> <li>Hasil analisis</li> </ul> </li> </ol>	Variabel Terikat dalam penelitian ini adalah model dasar konsol dan bentuk bangunan, bentuk struktur gantung dan struktur sokong, kinerja struktur model dasar konsol, dan kinerja struktur bangunan 3CSS120°VR	Hipotesis pada pengujian ini berupa perbandingan nilai rata-rata simpangan antar lantai dan <i>displacement</i> yang terjadi pada tiga model struktur yaitu model dasar konsol tanpa pengaku, model dasar konsol dengan penerapan struktur gantung dan model dasar konsol dengan penerapan struktur sokong pada bangunan jangkung berkonsol rotasi.
2.	Elemen struktur gantung dan sokong merupakan elemen konstruksi yang paling umum digunakan untuk menahan gaya-gaya aksial (beban tarik dan tekan) dan gaya-gaya lainnya. Konstruksi Struktur ini memiliki kekakuan aksial yang sangat tinggi dalam menahan beban balok kantilever pada bangunan	Bagaimana kinerja struktur antara bangunan jangkung berkonsol rotasi yang menggunakan struktur gantung dengan bangunan jangkung berkonsol rotasi yang menggunakan struktur sokong, menggunakan software ETABS ( <i>Extended Three Dimension Analysis of Building System</i> )	Membandingkan kinerja struktur bangunan jangkung berkonsol rotasi yang menggunakan struktur gantung dengan struktur sokong, menggunakan software ETABS ( <i>Extended Three Dimension Analysis of Building System</i> )	<ol style="list-style-type: none"> <li>Model uji 3 dimensi struktur gantung dan sokong</li> <li>Cara pengujian tujuan II <ul style="list-style-type: none"> <li>Perhitungan pembebanan</li> <li>Kombinasi pembebanan</li> <li>Analisis struktur</li> <li>Analisis kinerja struktur</li> <li>Analisis displacement</li> <li>Hasil analisis</li> </ul> </li> </ol>	Variabel Bebas dalam penelitian ini adalah spesifikasi material bangunan 3CSS120°VR, bentuk penampang dari struktur gantung dan struktur sokong, dan dimensi <i>core</i>	Hipotesis pada pengujian ini berupa nilai analisis struktur yaitu Periode Fundamental, <i>Modal Participation Mass Ratio (MPMR)</i> , simpangan antar lantai dan pengaruh P-Delta, nilai efektivitas kinerja struktur batas layan dan kinerja struktur batas ultimit, perbandingan nilai rata-rata <i>displacement</i> dari 3 kali pengujian yaitu Pengujian pertama pada bangunan yang menggunakan struktur gantung, pengujian kedua pada bangunan yang menggunakan struktur sokong, dan pengujian ketiga pada bangunan yang menggunakan struktur gantung dan struktur sokong.