

SKRIPSI

PENGARUH POSISI JEMBATAN PENGHUBUNG (SKYBRIDGE) TERHADAP NILAI *DISPLACEMENT* BANGUNAN GEDUNG

Disusun dan diajukan oleh:

M. REZKY FAHLEPY

D051191074



PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023



Optimized using
trial version
www.balesio.com

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**“Pengaruh Posisi Jembatan Penghubung (Skybridge) Terhadap Nilai Displacement Bangunan Gedung”**

Disusun dan diajukan oleh

M. Rezky Fahlepy
D051191074

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 18 Januari 2024

Menyetujui

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

Mengetahui



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



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : M. REZKY FAHLEPY

NIM : D051191074

Program Studi : Arsitektur

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{ *PENGARUH POSISI JEMBATAN PENGHUBUNG (SKYBRIDGE) TERHADAP
NILAI DISPLACEMENT BANGUNAN GEDUNG* }

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

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

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

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

Gowa, 23 Januari 2024

Yang Menyatakan,




M. REZKY FAHLEPY

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah yang senantiasa diberikan kepada kita semua. Shalawat dan salam tak lupa kita kirimkan kepada kepada Rasulullah SAW yang membawa kita menuju alam yang terang benderang.

Sebuah kebahagiaan dan kebanggaan tersendiri bagi penulis karena dapat menyelesaikan penulisan skripsi sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar sarjana (S1) pada jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Penyelesaian skripsi ini pun bukan tanpa hambatan, tetapi karena bantuan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikannya.

Dengan segala keterbatasan penulis, maka terselesaikanlah skripsi dengan judul **“PENGARUH POSISI JEMBATAN PENGHUBUNG (SKYBRIDGE) TERHADAP NILAI *DISPLACEMENT* BANGUNAN GEDUNG”**. Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung say dalam menyelesaikan skripsi ini. Oleh karenanya, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya H. Anwar dan Hj. Kustia yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik secara moral maupun material serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis.
2. Bapak Ar. Dr. Eng. Ir. Nasruddin, ST., MT., IAI. selaku pembimbing I sekaligus selaku Kepala Laboratorium Bahan, Struktur dan Konstruksi Bangunan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dan ibu Pratiwi Mushar, ST., MT. selaku pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan serta saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Ar. Dr. Ir. Hartawan, MT., IAI. dan Ibu Dr. Ir. Imriyanti, ST., MT. selaku dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini.



apak Andi Lolo Sinrang Arisaputra, ST., M.Eng., Ph. D selaku dosen Lab. ahan, Konstruksi dan Struktur Bangunan yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

5. Bapak Ar. Dr. Ir. H. Edward Syarif, ST., MT., IAI. selaku ketua departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh dosen dan pegawai Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh anggota Laboratorium Bahan, Struktur dan Konstruksi Bangunan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
8. Seluruh teman-teman DIMENSI 2019 yang telah memberikan dukungan dan motivasi semasa kuliah.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan terdapat kekurangan. Oleh karenanya, penulis memohon maaf serta mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penulis dapat menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Gowa, 22 Januari 2024

Penulis



ABSTRAK

M. REZKY FAHLEPY. *Pengaruh Posisi Jembatan Penghubung (Skybridge) Terhadap Nilai Displacement Bangunan Gedung* (dibimbing oleh Ar. Dr. Eng. Ir. Nasruddin, ST., MT., IAI. dan Pratiwi Mushar, ST., MT.)

Penggunaan jembatan penghubung (*Skybridge*) ini adalah salah satu penghubung yang bisa digunakan untuk menghubungkan dua bangunan atau lebih. Jika dilihat dari berbagai gedung tinggi yang menggunakan jembatan penghubung (*Skybridge*), penempatan atau posisi jembatan penghubung tersebut berada di posisi yang berbeda. Seperti jembatan penghubung pada Petronas Tower berada pada lantai 41 dan 42, dan pada Jumeirah Gate berada pada lantai 63 sampai 77. Penelitian ini membahas tentang pengaruh posisi jembatan penghubung terhadap nilai displacement bangunan gedung. Hasil penelitian menggunakan penelitian kuantitatif melalui metode simulasi yang dimodelkan dengan menggunakan software ETABSV20. Terdapat 3 model bangunan yang diujikan yaitu model 1 (High-High) dengan 3 variasi posisi jembatan yaitu pada lantai 28-30, 19-21, 9-11; model 2 (High-Low) dan model 3 (Low-High) dengan variasi pada lantai 13-15, 8-10, 3-5. Pada model 1, nilai rata-rata *displacement* semua beban yang terkecil yaitu HH-2 dengan selisih 0,259 mm dibandingkan HH-3, dan HH-3 lebih kecil 0,315 mm dibanding HH-1 untuk arah-X. Sedangkan pada arah-Y, nilai rata-rata displacement HH-1 lebih kecil dibandingkan dengan HH-2 dengan selisih 0,412 mm, dan HH-2 memiliki nilai rata-rata displacement lebih kecil dibandingkan dengan HH-3 dengan selisih 0,566 mm. Pada model 2, nilai rata-rata displacement semua beban yang terkecil yaitu HL-2 dengan selisih 0,27 mm dibandingkan HL-1, dan HL-1 lebih kecil 0,119 mm dibanding HL-3 untuk arah-X. Sedangkan untuk arah-Y, nilai rata-rata displacement HL-1 lebih kecil dibandingkan dengan HL-3 dengan selisih 0,154 mm, dan HL-3 memiliki nilai rata-rata displacement lebih kecil dibandingkan dengan HL-2 dengan selisih 0,07 mm. Pada model 3, nilai rata-rata displacement semua beban yang terkecil yaitu LH-1 dengan selisih 0,502 mm dibandingkan LH-3, dan LH-3 lebih kecil 0,002 mm dibanding LH-2 untuk arah-X. Sedangkan untuk arah-Y, nilai rata-rata displacement LH-1 lebih kecil dibandingkan dengan LH-3 dengan selisih 0,183 mm, dan LH-3 memiliki nilai rata-rata displacement lebih kecil dibandingkan dengan LH-2 dengan selisih 0,011 mm.

KATA KUNCI: Posisi *Skybridge*, Nilai *Displacement*, Bangunan Gedung, ETABSV20



ABSTRACT

M. REZKY FAHLEPY. *The Influence of the Position of the Connecting Bridge (Skybridge) on the Displacement Value of Buildings* (supervised by Ar. Dr. Eng. Ir. Nasruddin, ST., MT., IAI. and Pratiwi Mushar, ST., MT.)

The use of a connecting bridge (Skybridge) is a link that can be used to connect two or more buildings. As seen in various tall buildings that uses connecting bridges (skybridge), the placement or position of the connecting bridge is in a different position. For example, the connecting bridge at the Petronas Tower is on floors 41 and 42, and at Jumeirah Gate it is on floors 63 to 77. This research discusses the effect of the position of the connecting bridge on the displacement value of the building. The result of research uses quantitative simulation research which is modeled using ETABSV20 software. There were 3 building models tested, namely the model 1 (High-High) with 3 variations in bridge position, namely on floors 28-30, 19-21, 9-11; model 2 (High-Low) and model 3 (Low-High) with variations on floors 13-15, 8-10, 3-5. In the model 1, the smallest average displacement value for all loads is HH-2 with a difference of 0.259 mm compared to HH-3, and HH-3 is 0.315 mm smaller than HH-1 in the X-direction. Meanwhile, in the Y-direction, the average displacement value of HH-1 is smaller than HH-2 with a difference of 0.412 mm, and HH-2 has a smaller average displacement value compared to HH-3 with a difference of 0.566 mm. In the model 2, the smallest average displacement value for all loads is HL-2 with a difference of 0.27 mm compared to HL-1, and HL-1 is 0.119 mm smaller than HL-3 in the X-direction. Meanwhile, for the Y-direction, the average displacement value for HL-1 is smaller than HL-3 with a difference of 0.154 mm, and HL-3 has a smaller average displacement value compared to HL-2 with a difference of 0.07 mm. In the model 3, the smallest average displacement value for all loads is LH-1 with a difference of 0.502 mm compared to LH-3, and LH-3 is 0.002 mm smaller than LH-2 in the X-direction. Meanwhile, in the Y-direction, the average displacement value for LH-1 is smaller than LH-3 with a difference of 0.183 mm, and LH-3 has a smaller average displacement value compared to LH-2 with a difference of 0.011 mm.

KEYWORDS: Skybridge Position, Displacement Value, Building Structure, ETABSV20



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
1.6 Keaslian Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Bangunan Gedung.....	5
2.2 Elemen-elemen struktur utama	6
2.3 Jembatan Penghubung (<i>Skybridge</i>).....	8
2.4 Beton	15
2.5 Pembebanan Struktur	18
2.6 Analisis Dinamik Gempa	42
2.7 Simpangan Antar Lantai	45
2.8 Defleksi	46
2.9 Etabs V20.....	48
2.10 Penelitian Terkait	49
2.11 Kerangka Berpikir.....	51
METODOLOGI PENELITIAN.....	52
Jenis Penelitian.....	52
Instrumen Penelitian	52
Objek Penelitian.....	53



3.4	Variabel Penelitian.....	54
3.5	Tahap Pemodelan Struktur.....	59
3.6	Tahap Pembebanan Struktur.....	61
3.7	Tahap Analisis	70
3.8	Alur Penelitian	72
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		73
4.1	Hasil Pengujian terhadap Dua bangunan yang sama tinggi (Model 1)...	73
4.2	Hasil Pengujian terhadap Dua bangunan yang berbeda tinggi (Model 2)	128
4.3	Hasil Pengujian terhadap Dua bangunan yang berbeda tinggi (Model 3)	182
4.4	Rekapitulasi Hasil-Hasil Pengujian Terhadap Dua Bangunan yang Dihubungkan oleh Jembatan Penghubung (<i>Skybridge</i>)	236
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		245
5.1	Kesimpulan	245
5.2	Saran	246
DAFTAR PUSTAKA		xv
LAMPIRAN.....		xviii



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Keaslian Penelitian.....	4
Tabel 2 Beban hidup terdistribusi merata minimum dan beban hidup terpusat minimum	20
Tabel 3 Rata-Rata Tekanan Udara, Kecepatan Angin, Penyinaran di kota Makassar, 2013	22
Tabel 4 faktor Arah Angin Kd	23
Tabel 5 Koefisien Tekanan Internal (GCpi).....	26
Tabel 6 Koefisien Tekanan Eksternal	26
Tabel 7 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas Kh dan Kz	29
Tabel 8 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa	30
Tabel 9 Faktor Keutamaan Gempa	34
Tabel 10 Klasifikasi Situs	35
Tabel 11 Tabel koefisien Situs pada periode $T=0,2$ detik.....	37
Tabel 12 Tabel koefisien Situs pada periode $T=1$ detik.....	37
Tabel 13 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	38
Tabel 14 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	39
Tabel 15 Koefisien Batas Atas Periode.....	40
Tabel 16 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	40
Tabel 17 Variabel tetap pada model bangunan	57
Tabel 18 Variabel tetap pada <i>Skybridge</i>	58
Tabel 19 Mutu baja dan mutu beton	59
Tabel 20 Spesifikasi balok	60
Tabel 21 Spesifikasi kolom	60
Tabel 22 Spesifikasi Shearwall	61
Tabel 23 Spesifikasi plat lantai	61
Tabel 24 Koefisien Eksposur untuk Bangunan Uji.....	62
Tabel 25 Tekanan Velositas Tiap Lantai Bangunan Uji	63
Tabel 26 Beban Angin pada Tiap Lantai Bangunan Uji	65
Tabel 27 Kombinasi Beban	69
Tabel 28 Data Ground Motion	70
Tabel 29 <i>Displacement</i> Beban Mati Model 1	73
Tabel 30 <i>Displacement</i> beban hidup model 1	76
Tabel 31 <i>Displacement</i> beban angin model 1	78
Tabel 32 <i>Displacement</i> beban gempa (Chichi) model 1	80
Tabel 33 <i>Displacement</i> beban gempa (Kobe) model 1	82
Tabel 34 <i>Displacement</i> beban gempa (Tabas) model 1	84
<i>Displacement</i> kombinasi 1 model 1	86
<i>Displacement</i> kombinasi 2 model 1	88
<i>Displacement</i> kombinasi 3A model 1	90
<i>Displacement</i> kombinasi 3Bx model 1	92



Tabel 39 <i>Displacement</i> Kombinasi 3By model 1	94
Tabel 40 <i>Displacement</i> kombinasi 4x model 1	96
Tabel 41 <i>Displacement</i> kombinasi 4y model 1	98
Tabel 42 <i>Displacement</i> kombinasi 5Kx model 1	100
Tabel 43 <i>Displacement</i> kombinasi 5Ky model 1	102
Tabel 44 <i>Displacement</i> kombinasi 5Ty Model 1	104
Tabel 45 <i>Displacement</i> kombinasi 5Ty model 1	106
Tabel 46 <i>Displacement</i> kombinasi 5Cx model 1	108
Tabel 47 <i>Displacement</i> kombinasi 5Cy model 1	110
Tabel 48 <i>Displacement</i> kombinasi 6x model 1	112
Tabel 49 <i>Displacement</i> kombinasi 6y model 1	114
Tabel 50 <i>Displacement</i> kombinasi 7Kx model 1	116
Tabel 51 <i>Displacement</i> kombinasi 7Ky model 1	118
Tabel 52 <i>Displacement</i> kombinasi 7Tx model 1	120
Tabel 53 <i>Displacement</i> kombinasi 7Ty model 1	122
Tabel 54 <i>Displacement</i> kombinais 7Cx model 1	124
Tabel 55 <i>Displacement</i> kombinasi 7Cy model 1	126
Tabel 56 <i>Displacement</i> beban mati model 2	128
Tabel 57 <i>Displacement</i> beban hidup model 2	130
Tabel 58 <i>Displacement</i> beban angin model 2	132
Tabel 59 <i>Displacement</i> beban gempa (Chichi)	134
Tabel 60 <i>Displacement</i> beban gempa (Kobe) model 2	136
Tabel 61 <i>Displacement</i> beban gempa (Tabas) model 2	138
Tabel 62 <i>Displacement</i> kombinasi 1 model 2	140
Tabel 63 <i>Displacement</i> kombinasi 2 model 2	142
Tabel 64 <i>Displacement</i> kombinasi 3A model 2	144
Tabel 65 <i>Displacement</i> kombinasi 3Bx model 2	146
Tabel 66 <i>Displacement</i> kombinasi 3By model 2	148
Tabel 67 <i>Displacement</i> kombinasi 4x model 2	150
Tabel 68 <i>Displacement</i> kombinasi 4y model 2	152
Tabel 69 <i>Displacement</i> kombinasi 5Kx model 2	154
Tabel 70 <i>Displacement</i> kombinasi 5Ky model 2	156
Tabel 71 <i>Displacement</i> kombinasi 5Tx model 2	158
Tabel 72 <i>Displacement</i> kombinasi 5Ty model 2	160
Tabel 73 <i>Displacement</i> kombinasi 5Cx model 2	162
Tabel 74 <i>Displacement</i> kombinasi 5Cy model 2	164
Tabel 75 <i>Displacement</i> kombinasi 6x model 2	166
Tabel 76 <i>Displacement</i> kombinasi 6y model 2	168
Tabel 77 <i>Displacement</i> kombinasi 7Kx model 2	170
Tabel 78 <i>Displacement</i> kombinasi 7Ky model 2	172
<i>Displacement</i> kombinasi 7Tx model 2	174
<i>Displacement</i> kombinasi 7Ty model 2	176
<i>Displacement</i> kombinasi 7Cx model 2	178
<i>Displacement</i> kombinasi 7Cy model 2	180
<i>Displacement</i> beban mati model 3	182



Tabel 84 <i>Displacement</i> beban hidup model 3	184
Tabel 85 <i>Displacement</i> beban angin model 3	186
Tabel 86 <i>Displacement</i> beban gempa (Chichi) model 3	188
Tabel 87 <i>Displacement</i> beban gempa (Kobe) model 3	190
Tabel 88 <i>Displacement</i> beban gempa (Tabas) model 3	192
Tabel 89 <i>Displacement</i> kombinasi 1 model 3	194
Tabel 90 <i>Displacement</i> kombinasi 2 model 3	196
Tabel 91 <i>Displacement</i> kombinasi 3A model 3	198
Tabel 92 <i>Displacement</i> kombinasi 3Bx model 3	200
Tabel 93 <i>Displacement</i> kombinasi 3By model 3	202
Tabel 94 <i>Displacement</i> kombinasi 4x model 3	204
Tabel 95 <i>Displacement</i> kombinasi 4y model 3	206
Tabel 96 <i>Displacement</i> kombinasi 5Kx model 3	208
Tabel 97 <i>Displacement</i> kombinasi 5Ky model 3	210
Tabel 98 <i>Displacement</i> kombinasi 5Tx model 3	212
Tabel 99 <i>Displacement</i> kombinasi 5Ty model 3	214
Tabel 100 <i>Displacement</i> kombinasi 5Cx model 3	216
Tabel 101 <i>Displacement</i> kombinasi 5Cy model 3	218
Tabel 102 <i>Displacement</i> kombinasi 6x model 3	220
Tabel 103 <i>Displacement</i> kombinasi 6y model 3	222
Tabel 104 <i>Displacement</i> kombinasi 7Kx model 3	224
Tabel 105 <i>Displacement</i> kombinasi 7Ky model 3	226
Tabel 106 <i>Displacement</i> kombinasi 7Tx model 3	228
Tabel 107 <i>Displacement</i> kombinasi 7Ty model 3	230
Tabel 108 <i>Displacement</i> kombinasi 7Cx model 3	232
Tabel 109 <i>Displacement</i> kombinasi 7Cy model 3	234
Tabel 110 Rekapitulasi hasil-hasil pengujian pada model 1	236
Tabel 111 Tabel perbandingan nilai displacement model 1	237
Tabel 112 rekapitulasi hasil-hasil pengujian pada model 2	239
Tabel 113 Tabel perbandingan nilai displacement model 2	240
Tabel 114 Rekapitulasi hasil-hasil pengujian pada model 3	242
Tabel 115 Tabel perbandingan nilai displacement model 3	243



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Jenis-jenis elemen struktur	6
Gambar 2 Rute Evakuasi Bangunan tinggi	9
Gambar 3 Contoh Public Skybridge di Kota Kinabalu	10
Gambar 4 Contoh private Skybridge: (a) Skybridge Raffles City Chongqing (b) Jumeirah Gate	12
Gambar 5 Tencent Binhai mansion	13
Gambar 6 Skybridge di Stasiun Bandung	14
Gambar 7 The Moody Skybridge	15
Gambar 8 Struktur Beton Bertulang	18
Gambar 9 Garis besar proses digunakan untuk menentukan beban angin	21
Gambar 10 variasi horizontal dari Koefisien G_{Cpf} dengan rasio L/B (a) $0 < L/B < 1$; (b) $L/B = 2$; (c) $L/B > 4$	27
Gambar 11 variasi vertikal dari Koefisien G_{Cpf} dengan rasio L/B (a) $0 < L/B < 1$; (b) $L/B = 2$; (c) $L/B > 4$	28
Gambar 12 Simpangan Antar Lantai	30
Gambar 13 SS Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Risiko Tersesuaikan (MCER), parameter gerak tanah, untuk Percepatan Respons Spektral 0,2 detik, dalam g, (5% redaman kritis), Kelas Situs SB	34
Gambar 14 S1 Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Risiko Tersesuaikan (MCER), parameter gerak tanah, untuk Percepatan Respons Spektral 1 detik, dalam g, (5% redaman kritis), Kelas Situs SB	35
Gambar 15 Spektrum Respon Desain	43
Gambar 16 Penentuan Simpangan Antar Lantai	46
Gambar 17 Defleksi	46
Gambar 18 Denah Model	53
Gambar 19 Struktur Rangka Tipe Warren	54
Gambar 20 Tampak Depan Model (a) Model I, (b) Model II, (b) Model III	55
Gambar 21 Variasi Posisi Skybridge pada Model I	56
Gambar 22 Variasi Posisi Skybridge pada Model II	56
Gambar 23 Variasi Posisi Skybridge pada Model III	57
Gambar 24 Input Moment Release	59
Gambar 25 Arah Beban Angin	67
Gambar 26 Kurva Spektrum Gempa di Makassar	70
Gambar 27 Rekam Gempa Kobe (Arah-X dan Arah-Y)	71
Gambar 28 Rekam Gempa Tabas (Arah-X dan Arah-Y)	71
Gambar 29 Rekam Gempa Chi-Chi (Arah-X dan Arah-Y)	71
Gambar 30 Grafik <i>displacement</i> beban mati model 1	75
Gambar 31 Grafik <i>displacement</i> beban hidup model 1	77
32 Grafik <i>displacement</i> beban angin model 1	79
33 Grafik <i>displacement</i> beban gempa (Chichi) model 1	81
34 Grafik <i>displacement</i> beban gempa (Kobe) model 1	83
35 Grafik <i>displacement</i> beban gempa (Tabas) model 1	85



Gambar 36 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 1 model 1.....	87
Gambar 37 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 2 model 1.....	89
Gambar 38 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 3A model 1.....	91
Gambar 39 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 3Bx model 1	93
Gambar 40 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 3By model 1	95
Gambar 41 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 4x model 1.....	97
Gambar 42 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 4y model 1.....	99
Gambar 43 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Kx model 1.....	101
Gambar 44 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Ky model 1.....	103
Gambar 45 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Tx model 1	105
Gambar 46 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Ty model 1	107
Gambar 47 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Cx model 1	109
Gambar 48 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Cy model 1	111
Gambar 49 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 6x model 1.....	113
Gambar 50 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 6y model 1.....	115
Gambar 51 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Kx model 1.....	117
Gambar 52 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Ky model 1.....	119
Gambar 53 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Tx model 1	121
Gambar 54 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Ty model 1	123
Gambar 55 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Cx model 1	125
Gambar 56 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Cy model 1	127
Gambar 57 Grafik <i>displacement</i> beban mati model 2.....	129
Gambar 58 Grafik <i>displacement</i> beban hidup model 2.....	131
Gambar 59 Grafik <i>displacement</i> beban angin model 2.....	133
Gambar 60 Grafik <i>displacement</i> beban gempa (Chichi) model 2.....	135
Gambar 61 Grafik <i>displacement</i> beban gempa (Kobe) model 2.....	137
Gambar 62 Grafik <i>displacement</i> beban gempa (Tabas) model 2.....	139
Gambar 63 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 1 model 2.....	141
Gambar 64 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 2 model 2.....	143
Gambar 65 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 3A model 2.....	145
Gambar 66 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 3Bx model 2	147
Gambar 67 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 3By model 2	149
Gambar 68 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 4x model 2.....	151
Gambar 69 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 4y model 2.....	153
Gambar 70 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Kx model 2.....	155
Gambar 71 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Ky model 2.....	157
Gambar 72 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Tx model 2	159
Gambar 73 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Ty model 2	161
Gambar 74 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Cx model 2	163
Gambar 75 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Cy model 2	165
76 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 6x model 2.....	167
77 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 6y model 2.....	169
78 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Kx model 2.....	171
79 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Ky model 2.....	173
30 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Tx model 2	175



Gambar 81 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Ty model 2	177
Gambar 82 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Cx model 2	179
Gambar 83 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Cy model 2	181
Gambar 84 Grafik <i>displacement</i> beban mati model 3.....	183
Gambar 85 Grafik <i>displacement</i> beban hidup model 3.....	185
Gambar 86 Grafik <i>displacement</i> beban angin model 3.....	187
Gambar 87 Grafik <i>displacement</i> beban gempa (Chichi) model 3.....	189
Gambar 88 Grafik <i>displacement</i> beban gempa (Kobe) model 3.....	191
Gambar 89 Grafik <i>displacement</i> beban gempa (Tabas) model 3.....	193
Gambar 90 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 1 model 3.....	195
Gambar 91 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 2 model 3.....	197
Gambar 92 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 3A model 3.....	199
Gambar 93 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 3Bx model 3	201
Gambar 94 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 3By model 3	203
Gambar 95 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 4x model 3.....	205
Gambar 96 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 4y model 3.....	207
Gambar 97 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Kx model 3.....	209
Gambar 98 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Ky model 3.....	211
Gambar 99 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Tx model 3	213
Gambar 100 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Ty model 3	215
Gambar 101 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Cx model 3	217
Gambar 102 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 5Cy model 3.....	219
Gambar 103 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 6x model 3.....	221
Gambar 104 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 6y model 3.....	223
Gambar 105 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Kx model 3.....	225
Gambar 106 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Ky model 3.....	227
Gambar 107 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Tx model 3	229
Gambar 108 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Ty model 3	231
Gambar 109 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Cx model 3.....	233
Gambar 110 Grafik <i>displacement</i> kombinasi 7Cy model 3.....	235



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi membuat perkembangan Gedung bertingkat menjadi prioritas utama. Selain itu, keterbatasan lahan yang tersedia membuat bangunan Gedung bertingkat menjadi salah satu solusi pemanfaatan lahan yang maksimal. Penerapan teknologi dalam bidang konstruksi membuat para perencana struktur dituntut untuk menjadi lebih produktif, kreatif dan inovatif terutama dalam perancangan struktur.

Seiring berkembangannya zaman, gedung-gedung bertingkat sudah mulai dihubungkan antar gedung yang satu dengan yang lainnya dengan membuat penghubung-penghubung antar gedung, Penggunaan jembatan penghubung (*Skybridge*) ini adalah salah satu penghubung yang bisa digunakan untuk menghubungkan dua bangunan atau lebih. Penggunaan jembatan penghubung ini adalah untuk efektivitas waktu dan kenyamanan pejalan kaki untuk berpindah dari gedung yang satu ke gedung lainnya.

Tantangan yang dihadapi oleh konstruksi gedung bertingkat tinggi di Indonesia adalah ancaman bencana alam gempa bumi. Hal ini dikarenakan sebagian besar wilayah Indonesia dilewati oleh beberapa pertemuan lempeng tektonik dan banyaknya gunung berapi aktif yang menyebabkan sering terjadi gempa bumi.

Gempa bumi adalah getaran asli dari dalam bumi, bersumber di dalam bumi yang kemudian merambat ke permukaan bumi akibat rekahan bumi pecah dan bergeser dengan keras. Gempa bumi dapat terjadi oleh peristiwa letusan gunung api, benturan meteorit, tanah longsor, ledakan bom, dan banyak lagi penyebab lainnya; namun umumnya mereka disebabkan oleh gerakan mendadak kerak Bumi di sepanjang bidang patahan (Abott, 2004).



Karena hal tersebut, maka dalam perencanaan bangunan tinggi sangat perlu memperhatikan beban gempa apalagi lokasinya berada dalam kategori wilayah rawan gempa. Dalam perencanaan struktur *Skybridge* hal yang

harus diperhatikan adalah beban lateral yang terjadi pada dua bangunan yang dihubungkan tersebut. Penyimpangan lateral pada bangunan gedung terjadi karena adanya beban lateral oleh beban gempa atau beban angin.

Jika dilihat dari berbagai gedung tinggi yang menggunakan jembatan penghubung (*Skybridge*). Penempatan atau posisi jembatan penghubung tersebut berada di posisi yang berbeda. Seperti jembatan penghubung pada Petronas Tower berada pada lantai 41 dan 42, dan pada Jumeirah Gate berada pada lantai 63 sampai 77.

Jadi berdasarkan hal tersebut, penulis pada penelitian ini mencoba untuk mengidentifikasi posisi *Skybridge* pada bangunan gedung. Dalam hal ini, penulis akan meninjau bagaimana pengaruh posisi *Skybridge* pada bangunan gedung terhadap nilai *Displacement* bangunan gedung

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh posisi *Skybridge* secara vertikal pada dua bangunan gedung yang sama tinggi terhadap nilai *Displacement* bangunan gedung?
2. Bagaimana pengaruh posisi *Skybridge* vertikal pada dua bangunan gedung yang berbeda ketinggian terhadap nilai *Displacement* bangunan gedung?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk membandingkan pengaruh posisi *Skybridge* secara vertikal pada dua bangunan gedung yang sama tinggi terhadap nilai *Displacement* bangunan gedung.
2. Untuk membandingkan pengaruh posisi *Skybridge* secara vertikal pada dua bangunan gedung yang berbeda ketinggian terhadap nilai *Displacement* bangunan gedung.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

1. Gedung yang ditinjau adalah dua gedung dengan tinggi bangunan 30 dan 15 lantai yang dihubungkan dengan jembatan penghubung (*Skybridge*) dengan fungsi perkantoran.
2. Dalam penelitian ini, akan dibahas perbedaan Pengaruh Posisi Jembatan Penghubung (*Skybridge*) Terhadap Nilai *Displacement* Bangunan Gedung



3. Jumlah jembatan penghubung (*Skybridge*) yang menghubungkan dua gedung berjumlah satu.
4. Peraturan pembebanan yang digunakan adalah Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SKBI-1. 3.53.1987 UDC: 624.042.
5. Peraturan beton yang digunakan adalah Tata Cara Perencanaan Strukur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002.
6. Peraturan baja yang digunakan adalah Tata Cara Perencanaan Strukur Baja untuk Bangunan Gedung SNI 03 – 1729 – 2000.
7. Peraturan gempa yang digunakan adalah Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI-03-1726-2002.
8. Analisis yang digunakan adalah analisis dinamis *Time Linear History*.
9. Model bangunan yang di uji adalah bangunan 30 dan 15 lantai dengan fungsi sebagai perkantoran
10. Jenis sambungan yang digunakan adalah sambungan sendi-sendi.
11. Perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis adalah ETABS.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I : Pendahuluan, berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, sistematika penulisan dan Keaslian Penelitian

BAB II : Tinjauan Pustaka, berisi uraian mengenai bangunan gedung, elemen-elemen struktur utama, jembatan penghubung (*Skybridge*), Struktur rangka batang, beton, pembebanan struktur, analisis dinamik gempa, simpangan antar lantai, defleksi dan Penelitian Terdahulu.

BAB III : Metodologi Penelitian, berisi uraian mengenai jenis penelitian, instrumen penelitian, variabel penelitian, objek penelitian, tahapan pemodelan struktur, pembebanan struktur, tahap analisis dan alur penelitian



1.6 Keaslian Penelitian

Tabel 1 Keaslian Penelitian

Judul (Penulis)	Tahun	Identifikasi	Keaslian
Conceptual Seismic Analysis Of Two R.C. Adjacent Buildings With Different Dynamic Properties Connected Horizontally By Skybridges (Jamal Ahmad Alomari)	2021	pengaruh keberadaan satu atau lebih jembatan langit beton bertulang yang menghubungkan dua bangunan yang berdekatan yang berbeda pada respons kompleks struktur di bawah beban seismik	Peneliti menggunakan 3 variasi jumlah <i>Skybridge</i> beton bertulang pada 2 bangunan yang dimodelkan 18 lantai dan 13 lantai
Pengaruh Jenis Tumpuan Jembatan Penghubung (<i>Skybridge</i>) Terhadap Kestabilan Struktur Bangunan Berlantai Banyak (Maulana Nur Ikhsan)	2020	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tumpuan terhadap nilai <i>Displaacement</i> bangunan	Peneliti menggunakan 15 variasi jenis tumpuan pada <i>Skybridge</i> yang diletakkan pada 2 posisi yang berbeda yang dimodelkan pada bangunan 50 lantai
Pengaruh Posisi Jembatan Penghubung (<i>Skybridge</i>) Terhadap Nilai <i>Displaacement</i> an Gedung ky Fahlepy)	2024	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh posisi <i>Skybridge</i> terhadap nilai <i>Displaacement</i> bangunan	Peneliti menggunakan 3 variasi posisi <i>Skybridge</i> pada 2 bangunan yang identik dan non-identik pada bangunan 30 lantai dan 15 lantai



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bangunan Gedung

2.1.1 Definisi Bangunan Gedung

Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung, Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus. Penyelenggaraan bangunan gedung adalah kegiatan pembangunan yang meliputi proses perencanaan teknis dan pelaksanaan konstruksi, serta kegiatan pemanfaatan, pelestarian, dan pembongkaran.

Bangunan gedung umum adalah bangunan gedung yang fungsinya untuk kepentingan publik, baik berupa keagamaan, fungsi usaha, maupun fungsi sosial dan budaya. Sedangkan bangunan gedung tertentu adalah bangunan gedung yang digunakan untuk kepentingan umum dan bangunan fungsi khusus, yang dalam pembangunan dan/atau pemanfaatannya membutuhkan pengelolaan khusus dan/atau memiliki kompleksitas tertentu yang dapat menimbulkan dampak penting terhadap masyarakat dan lingkungannya.

2.1.2 Bangunan tahan gempa

Membangun bangunan yang dapat menahan beban gempa adalah tidak ekonomis. Oleh karena itu, prioritas utama dalam membangun bangunan tahan gempa adalah terciptanya suatu bangunan yang dapat mencegah terjadinya korban, serta memperkecil kerugian harta benda. Dari hal tersebut pengertian bangunan tahan gempa adalah: (teddy, 2009)

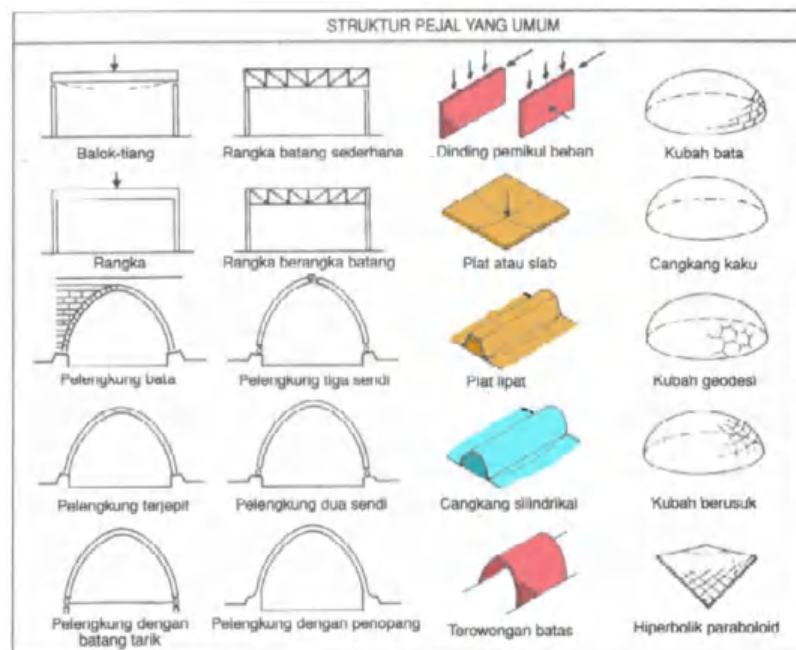
- a. Bila terjadi Gempa Ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun pada komponen strukturalnya.



- b. Bila terjadi Gempa Sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya (plafond runtuh, dinding retak) akan tetapi komponen struktural (kolom, balok, sloof) tidak boleh rusak.
- c. Bila terjadi Gempa Besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar.

2.2 Elemen-elemen struktur utama

Elemen-elemen struktur utama dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok utama yaitu elemen kaku, elemen tidak kaku atau fleksibel, dan elemen-elemen yang merupakan rangkaian. Berikut beberapa jenis elemen-elemen struktur digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1 Jenis-jenis elemen struktur
(sumber: schodek, 1999)



.2.1 Balok dan kolom

Balok dan kolom merupakan elemen kaku yang dikombinasikan dengan balok sebagai elemen kaku horizontal yang diletakkan di atas kolom sebagai

elemen kaku vertikal. Balok akan menerima beban yang bekerja di sepanjang bagian balok dan kemudian menyalurkannya ke kolom yang menumpunya. Lalu, kolom yang dibebani secara kasial oleh balok, dan akan menyalurkan beban tersebut ke tanah. Lama kelamaan balok akan melentur sebagai akibat menerima beban transversal secara menerus, sehingga balok sering disebut memikul beban secara melentur. Sedangkan kolom tidak akan melentur maupun melendut karena hanya menerima beban aksial saja dari balok.

2.2.2 Rangka

Struktur rangka secara sederhana sama dengan jenis balok-tiang (*post and beam*), tetapi dengan aksi struktural yang berbeda karena adanya titik hubung kaku antar elemen vertikal dan elemen horizontal. Kekakuan titik hubung ini memberikan kestabilan terhadap gaya lateral. Pada sistem rangka ini, balok maupun kolom akan melentur akibat adanya aksi beban pada struktur. Pada struktur rangka panjang setiap elemen terbatas, sehingga biasanya dibuat pola berulang.

2.2.3 Rangka batang

Rangka batang atau *trusses* merupakan struktur yang terdiri dari elemen linier berbentuk batang-batang yang relatif pendek dan lurus berbentuk pola segitiga. Rangka batang yang terdiri atas elemen-elemen diskrit akan melendut secara keseluruhan apabila mengalami pembebanan seperti hanya balok yang terbebani transversal. Setiap batang akan mengalami gaya tarik dan tekan tetapi tidak melentur.

2.2.4 Dinding dan plat

Plat datar dan dinding merupakan struktur kaku pembentuk permukaan. Suatu dinding pemikul beban dapat memikul beban baik beban yang bekerja dalam arah vertikal maupun beban lateral seperti beban angin dan gempa. Jika struktur dinding terbuat dari susunan material kecil seperti bata, maka kekuatan terhadap beban dalam arah tegak lurus menjadi sangat terbatas.

Struktur plat datar digunakan secara horizontal dan memikul beban sebagai lentur dan meneruskannya ketumpuan. Material dari struktur plat bisa beton bertulang maupun baja. Plat horizontal dibuat dengan pola



elemen garis yang kaku dan pendek, dan bentuk segitiga tiga dimensi digunakan untuk memperoleh kekakuan yang lebih baik. Struktur pelat dapat berupa pelat lipat (*folded plate*) yang merupakan pelat kaku, sempit, panjang, yang digabungkan di sepanjang sisi panjangnya dan digunakan dengan bentang horizontal.

2.3 Jembatan Penghubung (*Skybridge*)

Salah satu metode untuk meningkatkan keamanan dari bangunan tinggi adalah menggunakan jalur evakuasi horizontal di ketinggian tertentu dengan *Skybridge* yang menghubungkan bangunan gedung. Konsep ini harusnya menjadi jalur evakuasi alternatif selain jalur pada umumnya yaitu lewat lantai dasar. Penerapan *Skybridge* pada bangunan tinggi ini merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan keselamatan pada bangunan jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan. (Wood, 2005)

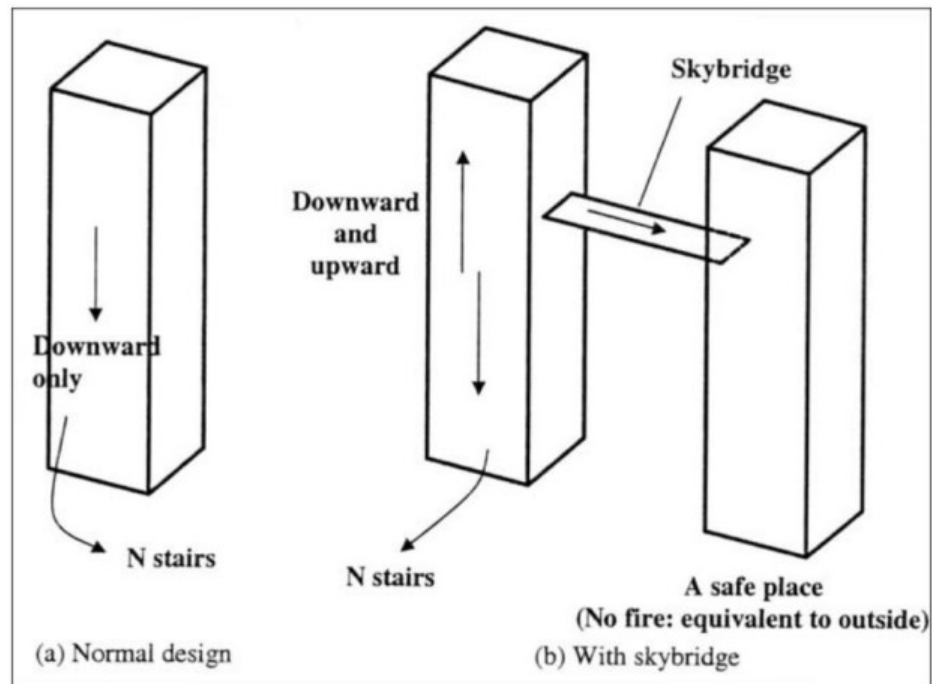
Menurut KBBI jembatan penghubung (*Skybridge*) atau jembatan layang adalah jembatan di ketinggian tertentu yang menghubungkan dua bangunan atau lebih, biasanya tertutup kaca. *Skybridge* adalah sebuah tempat pejalan kaki di suatu ketinggian yang telah dikembangkan selama berabad-abad. Saat sekarang ini, *Skybridge* tidak hanya berfungsi sebagai tempat pejalan kaki biasa, tapi sudah digunakan sebagai tempat yang menawarkan pemandangan yang indah.

2.3.1 Kelebihan dan kekurangan *Skybridge*

Pembangunan *Skybridge* memberikan kemudahan dan kenyamanan pengguna gedung. Jika dilihat dalam skala kecil, *Skybridge* memiliki tujuan untuk melindungi pejalan kaki dari lingkungan yang tidak mendukung dan memberikan waktu tempuh yang lebih efisien untuk berpindah dari gedung yang satu dengan gedung yang lainnya di ketinggian tertentu. Sedangkan jika dilihat dari skala besar, seperti di negara yang memiliki tingkat kemacetan tinggi, *Skybridge* bertujuan untuk menurunkan tingkat kemacetan, mengurangi polusi udara dan menghindarkan pejalan kaki dari tabrakan lalu lintas. Selain itu, *Skybridge* dapat digunakan sebagai jalur evakuasi ketika gedung dalam keadaan bahaya. Dimana dulunya orang-



orang hanya menggunakan tangga darurat sebagai jalur evakuasi, dengan adanya *Skybridge* maka jalur evakuasi bertambah. *Skybridge* memberikan jalur evakuasi untuk berpindah ke gedung lainnya yang lebih aman seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2 Rute Evakuasi Bangunan tinggi
(Sumber: Wood, 2005)

Sedangkan untuk kekurangannya itu lebih ke arah bisnis. Karena dengan adanya *Skybridge*, maka akan membuat harga jual lantai di bawahnya menjadi turun dari harga yang biasanya lebih mahal. Jika dilihat secara meluas, pembangunan *Skybridge* akan membuat aktivitas di dalam ruangnya menjadi lebih banyak sehingga menurunkan aktivitas di jalanan yang memberikan dampak secara tidak langsung kepada pemilik usaha kecil di pinggir jalan.

2.3.2 Jenis jenis jembatan penghubung (*Skybridge*)

Jembatan penghubung dapat dibedakan dari beberapa kategori seperti dari kepemilikannya, dari penyaluran bebannya dan dari tipe strukturnya.



- a. Jembatan penghubung (*Skybridge*) berdasarkan kepemilikannya Pihak yang membuat dan mengelola *Skybridge* merupakan hal yang ditinjau dalam kepemilikan *Skybridge*.

i. *Public Skybridge*

Seperti namanya, *public Skybridge* merupakan *Skybridge* yang dapat diakses bebas oleh banyak orang sebagai salah satu fasilitas umum dengan tujuan memberikan kemudahan bagi masyarakat untuk berpindah tempat dari bangunan yang satu ke bangunan lainnya.



Gambar 3 Contoh Public *Skybridge* di Kota Kinabalu
(sumber: Google, 2022)

Biasanya *Skybridge* jenis ini dibangun oleh pemerintah pada bangunan-bangunan yang berfungsi sebagai fasilitas umum seperti bandara, terminal, stasiun, rumah sakit dan fasilitas umum lainnya. *Skybridge* di Kinabalu merupakan salah satu contoh *Public Skybridge* seperti yang terlihat pada gambar 3.

ii. *Private Skybridge*

Skybridge jenis ini merupakan *Skybridge* yang dikelola oleh perusahaan tertentu sehingga penggunaan dan akses *Skybridge*



terbatas pada penggunaan gedung yang dihubungkan atau atas izin pengelola *Skybridge*.

Biasanya *private Skybridge* dibangun bukan hanya sebagai akses yang mempermudah pengguna untuk menyebrang dari gedung yang satu ke gedung yang lainnya, melainkan digunakan juga sebagai ikon dari bangunan atau tempat yang dapat menyajikan pemandangan yang indah. Ada banyak bangunan ternama yang membangun *Skybridge* dengan fasilitas mewah seperti cafe, kolam berenang, gym dan restoran.

Skybridge Raffles City dan *Jumaerah Gate* merupakan 2 contoh dari *Skybridge Private* seperti pada gambar 4.



(a)





(b)

Gambar 4 Contoh private *Skybridge*: (a) *Skybridge* Raffles City Chongqing (b) Jumeirah Gate
(Sumber: Skyscrapercenter, 2022)

- b. Jembatan penghubung (*Skybridge*) berdasarkan penyaluran bebannya

Sebagai sebuah struktur *Skybridge* tentunya menerima beban-beban yang akan disalurkan menuju bagian struktur lain sampai menuju pondasi. Penyaluran beban dari *Skybridge* tersebut harus didesain sesuai kebutuhan gedung yang akan dihubungkan dan kondisi di lapangan.

- i. *Attached Skybridge*

Struktur dari *attached Skybridge* terikat dengan struktur gedung yang dihubungkan. Maka beban yang dipikul oleh *Skybridge* akan sepenuhnya diteruskan ke struktur gedung yang dihubungkannya. Struktur dari gedung tersebut dapat berupa corbel, balok, kolom atau *shearwall* yang nantinya akan menyalurkan beban sampai ke pondasi gedung.



Skybridge jenis ini digunakan dalam kondisi tertentu, salah satunya yaitu *Skybridge* berada di ketinggian yang jauh dari muka tanah. Seperti *Skybridge* yang berada di tengah-tengah gedung yang berlantai banyak. Kondisi yang lain yaitu saat kondisi di bawah *Skybridge* tidak memungkinkan untuk dibuat pilar penyangga seperti *Skybridge* yang terletak diatas jalan raya. *Tencent Binhai Mansion* merupakan salah satu bangunan dengan *Skybridge* yang menggunakan penyaluran beban *Attached Skybridge* terlihat pada gambar 5.



Gambar 5 Tencent Binhai mansion
(Sumber: daylisia ,2022)

ii. *Independent Structure Skybridge*

Struktur *Skybridge* ini adalah *Skybridge* yang memiliki struktur yang tidak terikat dengan bangunan yang dihubungkannya. Sehingga, beban yang diterima akan dipikul sendiri oleh strukturnya. Ciri khas dari *Skybridge* jenis adalah terdapat tiang penyangga di bagian *Skybridge* yang bertujuan sebagai penyalur beban dari badan *Skybridge* menuju ke pondasinya.

Hal yang membuat struktur *Skybridge* ini terpisah dari gedung ada beberapa faktor diantaranya, gedung yang akan dihubungkan memiliki struktur yang tidak sanggup untuk memikul beban dari *Skybridge*. Faktor yang lain yaitu gedung yang akan dihubungkan sudah ada atau selesai dibangun. Biasanya *independent structure Skybridge* berada di ketinggian



yang tidak terlalu tinggi dari muka tanah. Gambar 6 menunjukkan salah satu *Independent Structure Skybridge* yaitu *Skybridge* yang berada di stasiun Bandung



Gambar 6 *Skybridge* di Stasiun Bandung
(sumber: liputan 6, 2020)

iii. *Semi-Independent Skybridge*

Semi-Independent Skybridge merupakan struktur *Skybridge* yang bisa dikatakan gabungan dari *attached Skybridge* dan *independent structure Skybridge*. Jadi, struktur *Skybridge* ini terikat dengan gedung di sisi lain memiliki pilar penyangga. Sehingga, penyaluran bebannya akan dikirim ke gedung yang dihubungkan dan ke pilar yang menyangganya.

Struktur *Skybridge* ini digunakan jika jarak antar gedung yang akan dihubungkan cukup jauh sehingga mengharuskan ada pilar penyangga di tengah-tengah *Skybridge* atau terdapat belokan pada *Skybridge*.

The Moody Skybridge merupakan salah satu contoh *Skybridge* dengan sistem *Semi-independent Skybridge* seperti pada gambar 7.





Gambar 7 The Moody Skybridge
(sumber: capitalpalnning, 2022)

2.4 Beton

Dalam SNI 03-2847-2002, beton dijelaskan sebagai campuran semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beberapa sifat yang dimiliki beton yang membuatnya lebih menguntungkan dibanding dengan bahan bangunan lainnya, misalnya

- Ekonomis, yaitu pertimbangan yang sangat penting meliputi material, kemudahan dalam pelaksanaan, waktu untuk konstruksi, pemeliharaan struktu, daktilitas dan sebagainya
- Harganya bisa menjadi murah jika bahan dasarnya tersedia banyak
- Beton segar dapat diangkut maupun dicetak dengan mudah. Dan cetakannya pun dapat digunakan berkali-kali sehingga dapat mengurangi pembuatan cetakan yang bisa memakan biaya
- Kaut tekannya cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (kuat tariknya tinggi) menjadikannya dapat digunakan dalam struktur berat
- Beton segar dapat dijadikan tambalan pada beton yang retak atau disemprotkan ke bagian retak beton lama
- Beton segar dapat dituang ke tempat yang sulit dijangkau dengan cara dipompa
- Beton memiliki ketahanan terhadap temperatur tinggi yang bisa saja timbul seperti kebakaran



- Rigiditas tinggi
- Biaya pemeliharaan yang rendah
- Penyediaan material yang mudah

Selain kelebihan diatas, beton pastinya memiliki kekurangan, yaitu:

- Beton mempunyai kuat tarik yang rendah sehingga dapat dengan mudah timbul retak
- Beton sulit untuk dapat kedap terhadap air secara sempurna, sehingga air dapat masuk ke dalam beton dan air dengan kandungan garam dapat merusak beton
- Beton bersifat getas sehingga harus dihitung dan ditail secara seksama setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bahan daktail, terutama pada struktur tahan gempa
- Memerlukan biaya bekisting dan perancah (untuk beton yang dicor di tempat)

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan jika ingin mendapatkan karakteristik beton yang baik yaitu dengan:

- Kuantitas beton
 - Kepadatan, yaitu ruang yang ada pada beton dibuat sepadat mungkin terisi oleh agregat dan pasta semen
 - Kekuatan, yaitu beton harus mempunyai kekuatan daya tahan internal terhadap berbagai jenis kegagalan
 - Faktor air semen harus terkontrol sehingga memenuhi persyaratan kekuatan beton
 - Tekstur permukaan beton harus mempunyai kerapatan dan kekerasan tekstur yang tahan segala cuaca
- Kualitas beton
 - Kualitas semen
 - Proporsi semen terhadap air dalam campurannya
 - Kekuatan dan kebersihan agregat
 - Adhesi atau interaksi antara pasta semen dan agregat



- Pencampuran yang cukup dari bahan pembentuk beton
- Perawatan pada temperatur yang lebih rendah dari 50°F
- Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam benton ekspos dan 1% dalam beton terlindungi

2.4.1 Sifat-sifat Beton

Sifat-sifat beton yang harus diketahui jika ingin mendapatkan mutu beton yang diinginkan agar sesuai dengan konstruksi dan umur bangunan yang bersangkutan. Pada saat masih segar atau sesaat setelah dicetak, beton memiliki sifat yang plastis dan mudah dibentuk. Sedangkan pada saat sudah keras, beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menerima beban. Adapun sifat-sifat beton segar adalah:

- a. Kemudahan pengerjaan (*workability*), sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan saat campuran diaduk, diangkat, dituang dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan pembentuk beton. *Workability* beton merupakan kemudahan pengerjaan beton segar (SNI 1972:2008).
- b. Bleeding, sifat ini merupakan peristiwa keluarnya air dalam beton segar ke permukaan akibat proses endapan bahan-bahan padat dari beton (SNI 4156:2008).
- c. Segregasi, merupakan peristiwa terpisahnya antara pasta semen dan agregat dalam satu adukan (SNI 03-3976-1995)

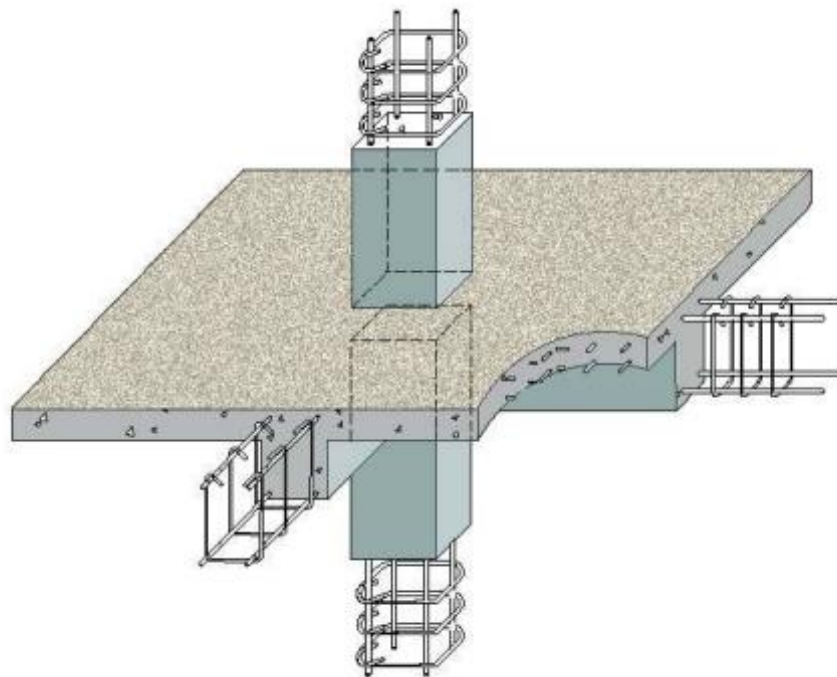
2.4.2 Beton Bertulang

Beton mempunyai keuntungan yang tidak dimiliki dengan material yang lain yaitu beton tersedia dalam bentuk cair selama proses penggunaannya dalam bangunan. Hal ini memberikan 3 dampak, yang pertama adalah dengan tersedianya bentuk cair maka memberikan kesempatan bahan-bahan lain untuk digabungkan di dalamnya untuk memberikan tambahan sifat yang dimiliki beton. Baja yang terpenting dari baja lainnya adalah baja dalam bentuk tulangan tipis yang diberikan untuk membuat beton bertulang yang memberikan kekuatan tarik dan lentur selain kekuatan tekan. Kedua, karena ada dalam bentuk cair maka beton dapat dibentuk dengan variasi bentuk yang banyak. Ketiga, proses sambungan antar elemen bisa



dikatakan efektif dan menghasilkan struktur yang menerus sehingga meningkatkan efisiensi struktur.

Beton bertulang selain memiliki kekuatan tarik juga memiliki kekuatan tekan dan oleh karena itu, beton bertulang dapat dijadikan semua jenis elemen struktur termasuk dengan elemen struktur yang menerima beban jenis lentur. Beton bertulang merupakan bahan yang kuat dengan demikian beton dapat digunakan pada berbagai bentuk struktur seperti pada rangka kerja dimana diperlukan bahan yang kuat dan elemen-elemen yang ramping. Beton bertulang juga cocok untuk digunakan sebagai struktur bentang lebar, struktur tinggi, dan struktur *high rise building*. Struktur beton bertulang dapat dilihat pada gambar 8 berikut.



Gambar 8 Struktur Beton Bertulang
(sumber: Chen & M. Lui, 2005)

2.5 Pembebanan Struktur

Beban yang diperhitungkan dan bekerja adalah beban vertikal dan beban horizontal. Dimana beban vertikal terdiri atas beban mati dan beban hidup sedangkan beban horizontal dapat berupa beban angin dan beban gempa. Namun dalam perencanaan struktur beton bertulang, beban gempa lebih



dominan dibandingkan dengan beban angin sehingga pembebanan struktur untuk beban horizontal hanya beban gempa saja. Dari analisa pembebanan ini lah yang akan direncanakan untuk dapat menahan beban, sehingga konstruksi dapat digunakan dengan aman.

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada struktur. Penentuan besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur merupakan estimasi dan penentuan distribusi beban yang bekerja memerlukan asumsi dan pendekatan. Jika seluruh beban yang bekerja pada suatu struktur telah diestimasi, maka selanjutnya yang harus dilakukan adalah menentukan kombinasi beban yang dominan bekerja pada struktur tersebut.

Dilihat dari peruntukannya *Skybridge* merupakan salah satu struktur yang berfungsi koridor gedung, maka dari itu pembebanan di gunakan pembebanan gedung. Penentuan pembebanan pada proses perencanaan disesuaikan dengan peraturan SNI 1727-2013 mengenai Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

Skybridge yang dibangun harus mampu menahan gaya-gaya beban luar yang bekerja. Pembebanan pada *Skybridge* dibagi menjadi tiga, yakni beban mati, beban hidup dan beban angin. Oleh karena itu, beban yang berlaku pada gedung yang memiliki *Skybridge* sebagai penghubungnya adalah beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.

2.5.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung itu (SNI 03-1727-1989). Karena beban mati adalah berat bangunan itu sendiri, maka perhitungannya bisa dilakukan dengan akurat berdasarkan ukuran, bentuk, dan berat jenis materialnya. Jadi, berat dinding, lantai, balok-balok, langit-langit dan sebagainya dianggap sebagai beban mati.

Dilihat dari bagian-bagiannya, *Skybridge* memiliki beban mati yang terdiri dari berat struktur rangka, berat sambungan mur-baut dan berat



sambungan plat. Beban ini berdasar kepada berat jenis bahan, yakni bahan baja dengan berat jenis 7850 kg/m³.

2.5.2 Beban Hidup

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke 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 gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

Namun karena *Skybridge* dianggap sebagai koridor dari perkantoran maka beban hidup yang berlaku adalah beban koridor perkantoran di atas lantai pertama sebesar 3,83 kN/m² atau setara dengan 400 kg/m². Untuk penentuan beban hidup minimum dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Beban hidup terdistribusi merata minimum dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata (kN/m ²)	psf	Terpusat (kN)	lb
Gedung perkantoran:				
• Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian lobi dan koridor	100 (4,79)		2000 (8,90)	
• Kantor	50 (2,40)		2000 (8,90)	
• Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)		2000 (8,90)	

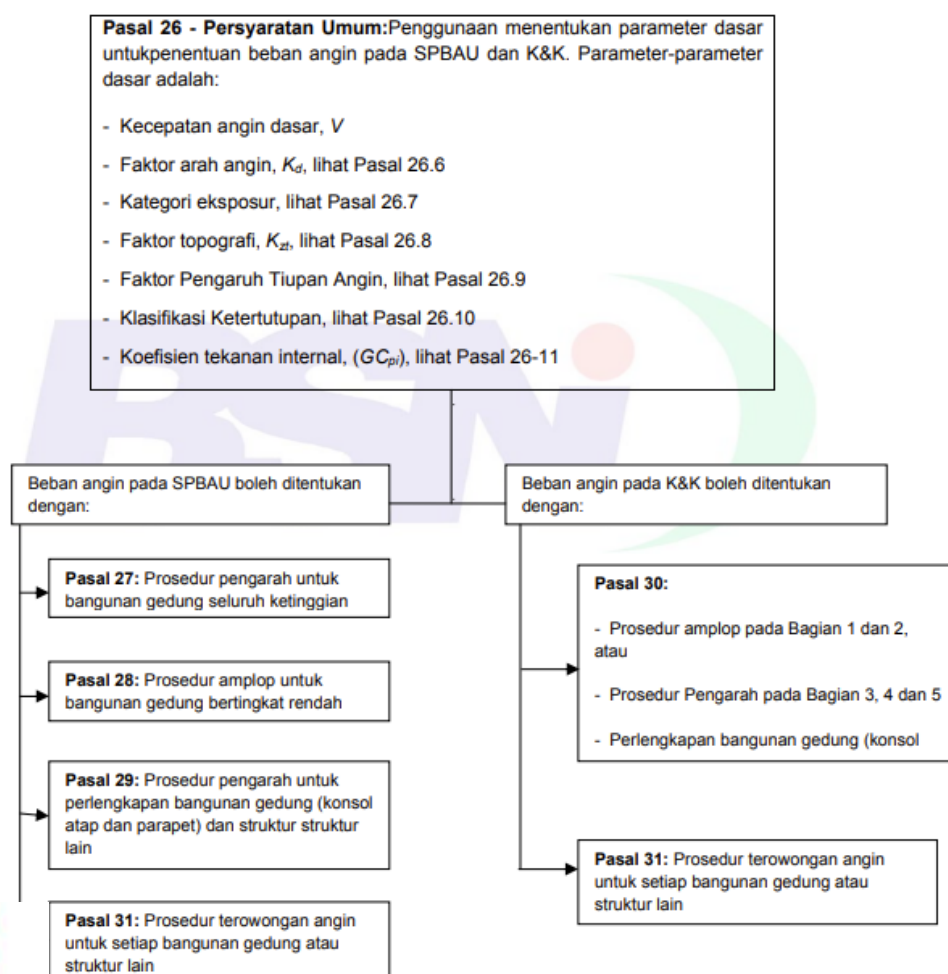
umber: SNI 1727-2013)



2.5.3 Beban angin

Berdasarkan SNI 03-1727-1989 beban angin merupakan semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

Jika melihat SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan dan Struktur Lain, untuk mengukur beban angin pada suatu bangunan gedung, maka diperlukan 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. Secara garis besar penentuan beban angin dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Garis besar proses digunakan untuk menentukan beban angin (sumber: SNI 1727:2013)



a. Kecepatan angin dasar (V)

Menurut pasal 26.5.1 pada SNI 1727-2013 Kecepatan angin dasar (V), 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 mengenai tekanan udara, kecepatan angin rata-rata dan penyinaran matahari tahun 2013 ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 3 Rata-Rata Tekanan Udara, Kecepatan Angin, Penyinaran di kota Makassar, 2013

Bulan month	Tekanan udara Atmospheric pressure (mb)	Kecepatan angin rata- rata Wind velocity (m/s)	Penyinaran matahari <i>Irradianting of sun</i> (%)
1	2	3	4
Januari	1010,5	3,60	29
Februari	1009,9	2,57	54
Maret	1011,3	2,57	65
April	1010,2	2,05	75
Mei	1010,3	2,05	64
Juni	1009,7	2,05	64
Juli	1010,5	2,05	58
Agustus	1011,7	2,05	84
September	1011,8	2,57	90
Oktober	1012,1	2,57	89
November	1010,1	2,57	63
Desember	1009,8	2,57	38

(sumber: BPSSS,2013)



b. Faktor arah angin (K_d)

Faktor arah angin (K_d) harus ditentukan dari tipe strukturnya. Faktor arah ini hanya akan dimasukkan kedalam beban angin bila kombinasi beban yang disyaratkan digunakan untuk desain. Berikut penentuan faktor arah angin sesuai dengan SNI 1727-2013.

Tabel 4 faktor Arah Angin K_d

Tipe struktur	Faktor arah angin K_d
Bangunan gedung • Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) • Komponen dan Klading Bangunan Gedung (K&K)	0,85 0,85
Atap lengkung	0,85
Cerobong asap, tangki, dan struktur yang sama • Segi empat • Segi enam • bundar	0,90 0,95 0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara • segitiga, segiempat, persegi panjang • penampang lainnya	0,85 0,95

(sumber: SNI 1727:2013)



c. Kategori Eksposur

Untuk setiap arah angin yang diperhitungkan, eksposur lawan angin didasarkan pada kekasaran permukaan tanah yang ditentukan dari topografi alam, vegetasi, dan fasilitas dibangun. Menurut SNI 1727-2013, kekasaran permukaan terbagi menjadi 3 kategori yaitu kategori B, C dan D.

- Kekasaran permukaan 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
- Kekasaran permukaan C. dataran terbuka dengan penghalang tersebar yang memiliki tinggi umumnya kurang dari 30ft (9,1 m). kategori ini mencakup daerah terbuka datar dan padang rumput.
- Kekasaran permukaan D. area datar, area tidak terhalang dan permukaan air.

Sedangkan untuk kategori eksposur juga terbagi menjadi 3 kategori yaitu B, C dan D.

- Eksposur B. untuk bangunan gedung dengan tinggi rata-rata kurang dari atau sama dengan 30ft (9,1 m), eksposur B berlaku bilamana memiliki kekasaran permukaan B, berlaku di arah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1500ft (457m). untuk bangunan dengan tinggi atap rata-rata lebih besar dari 30ft (9,1 m), eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan B berada dalam arah lawan angin untuk jarak lebih besar dari 2600ft (792 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar.
- Eksposur C. berlaku untuk semua kasus dimana eksposur B dan D tidak berlaku.
- Eksposur D. berlaku jika kekasaran permukaan tanah, sebagaimana telah ditentukan oleh kekasaran permukaan



tanah D, berlaku di arah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5000ft (1524 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar. Eksposur D juga berlaku jika kekasaran permukaan tanah lawan angin dari situs B atau C, dan situs yang berada jarak 600ft (183 m) atau 20 kali tinggi bangunan, mana yang terbesar, dari ekondisi eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya.

d. Faktor topografi (K_{Zt})

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:

- Bukit, bukit memanjang, tau tebing curam yang terisolasi dan terhalang angin arah vertikal ke atas oleh pengaruh topografi serupa dari ketinggian yang setara 100 kali tinggi fitur topografi (100H) atau 2 mil (3,22 km), dipilih yang terkecil. Jarak ini harus diukur horizontal dan titik dimana tinggi H pada bukit, punggung bukit, atau tebing yang ditentukan.
- Bukit, bukit memanjang atau tebing curama yang menonjol di atas ketinggian fitur dataran arah bertikal ke antara radius 2 mil (3,22 km) untuk setiap kuadran dengan faktor 2 atau lebih.

jika kondisi situs, lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan diatas maka nilai $K_{Zt} = 1,0$.



e. Faktor efek tiupan angin (G)

Menurut SNI 1727-2013, faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.

f. Koefisien tekanan internal (GC_{pi})

Koefisien tekanan internal (GC_{pi}), harus ditentukan dari klasifikasi ketertutupan bangunan gedung yang telah ditentukan, seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 5 Koefisien Tekanan Internal (GC_{pi})

Klasifikasi ketertutupan	GC_{pi}
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+0,55 -0,55
Bangunan gedung tertutup	+0,18 -0,18

(sumber: SNI 1727:2013)

g. Koefisien Tekanan Eksternal (GC_{pf})

Kombinasi faktor efek tiupan angin dan koefisien tekanan eksternal untuk bangunan bertingkat rendah, (GC_{pf}) tidak boleh dipisahkan.

Tabel 6 Koefisien Tekanan Eksternal

Permukaan	L/B	C_p
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8
Dinding di sisi angin pergi	0-1	-0,5
	2	-0,3
	≥ 4	-0,2
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,7

(sumber: SNI 1727:2013)

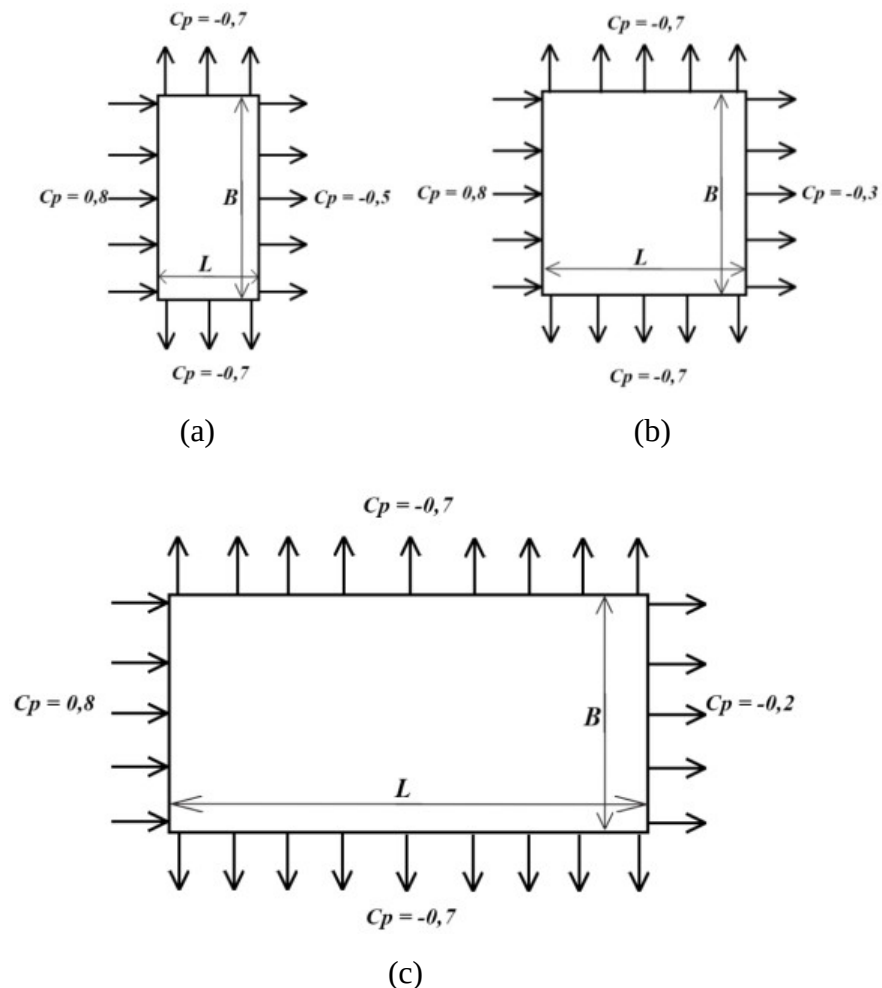
Catatan:

- Tanda positif dan negatif menandakan tekanan bekerja menuju dan mendekati permukaan



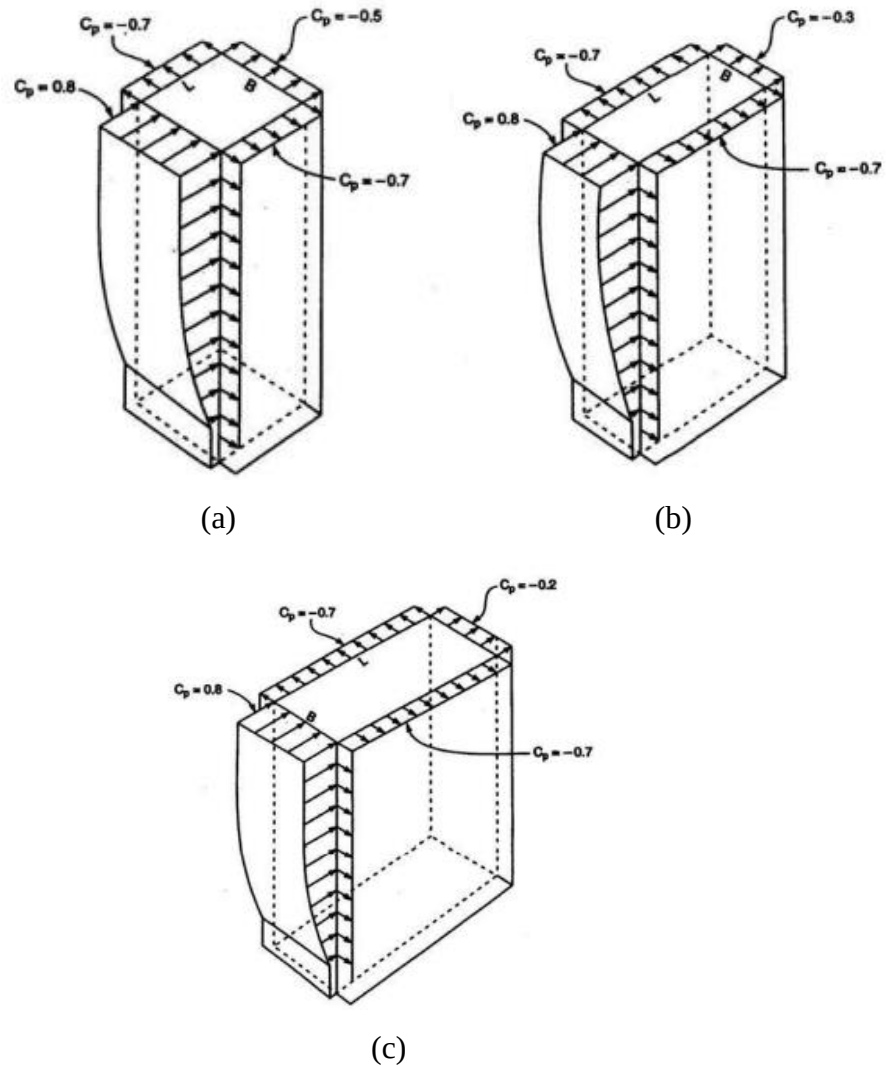
- Diperkenankan interpolasi linier untuk nilai L/B . interpolasi hanya boleh dilakukan di antara nilai-nilai dengan tanda yang sama. Apabila nilai tidak memiliki tanda yang sama, asumsikan 0,0 untuk interpolasi
- Notasi:
 - B = dimensi horizontal bangunan gedung, dalam feet (meter), diukur tegak lurus terhadap angin.
 - L = dimensi horizontal bangunan gedung, dalam feet (meter) diukur sejajar dengan arah angin.

Untuk ilustrasi beban angin bisa dilihat pada gambar 10 dan gambar 11.



Gambar 10 variasi horizontal dari Koefisien GCpf dengan rasio L/B
 (a) $0 < L/B < 1$; (b) $L/B = 2$; (c) $L/B > 4$
 (sumber: Tanarath, 2004)





Gambar 11 variasi vertikal dari Koefisien GCpf dengan rasio L/B
 (a) $0 < L/B < 1$; (b) $L/B = 2$; (c) $L/B > 4$
 (sumber: Tanarath, 2004)

h. Koefisien eksposur (K_z)

Berdasarkan kategori eksposur yang telah ditentukan sebelumnya, koefisien eksposur tekanan velositas K_z atau K_h , seperti yang berlaku, ditentukan tabel berikut.



Tabel 7 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas Kh dan Kz

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
ft	m	B	C	D
0-15	0 – 4,6	0,57	0,85	1,03
20	6,1	0,62	0,90	1,08
25	7,6	0,66	0,94	1,12
30	9,1	0,70	0,98	1,16
40	12,2	0,76	1,04	1,22
50	15,2	0,81	1,09	1,27
60	18,0	0,85	1,13	1,31
70	21,3	0,89	1,17	1,34
80	24,4	0,93	1,21	1,38
90	27,4	0,96	1,24	1,40
100	30,5	0,99	1,26	1,43
120	36,6	1,04	1,31	1,48
140	42,7	1,09	1,36	1,52
160	48,8	1,13	1,39	1,55
180	54,9	1,17	1,43	1,58
200	61,0	1,20	1,46	1,61
250	76,2	1,28	1,53	1,68
300	91,4	1,35	1,59	1,73
350	106,7	1,41	1,64	1,78
400	121,9	1,47	1,69	1,82
450	137,2	1,52	1,73	1,86
500	152,4	1,56	1,77	1,89

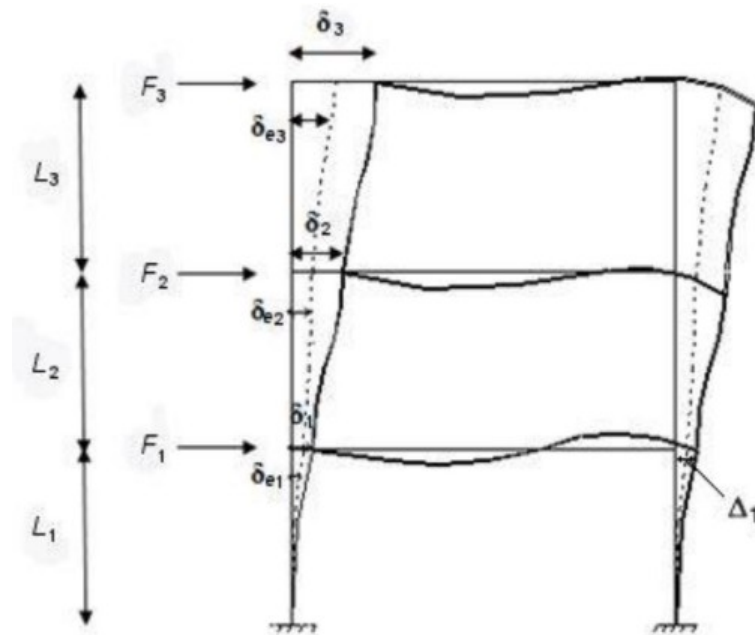
(sumber: SNI 1727:2013)

2.5.4 Beban gempa

Simpangan merupakan defleksi atau perubahan bentuk akibat gaya teral yang bekerja pada struktur. Simpangan harus dihitung sesuai dengan kekuatan gempa yang telah ditentukan SNI yang ada.



Dalam SNI 1726-2012 telah dijelaskan secara detail tahapan analisa gempa untuk bangunan gedung dan non gedung. Akhir dari tahapan ini merupakan hal yang menentukan aman atau tidak nya suatu struktur ketika menerima beban gempa yang ditinjau dari simpangan horizontal yang dihasilkan dibandingkan dengan simpangan horizontal yang diijinkan. Ilustrasi simpangan antar lantai seperti pada gambar 12.



Gambar 12 Simpangan Antar Lantai
(sumber: SNI 1726:2012)

a. Faktor keutamaan (I_e)

Menurut SNI 1726-2012, untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan faktor keutamaan gempa (I_e).

Tabel 8 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya
untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi	I



kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: • Fasilitas pertanian, perkebunan,perternakan dan perikanan • Fasilitas sementara • Gedung penyimpanan • Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam katerogi risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: • Perumahan • Rumah toko dan rumah kantor • Pasar • Gedung perkantoran • Gedung apartemen/ rumah susun • Pusat perbelanjaan/ mall • Bangunan industry • Fasilitas manufaktur • Pabrik	II
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: • Bioskop • Gedung pertemuan • Stadion • Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat	III



• Fasilitas penitipan anak • Penjara • Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: • Pusat pembangkit listrik biasa • Fasilitas penanganan air • Fasilitas penanganan limbah • Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: • Bangunan-bangunan monumental • Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan	IV



• Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat • Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi serta garasi kendaraan darurat • Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya • Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat • Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat • Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, 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. Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV	
--	--

(sumber: SNI 1726:2012)



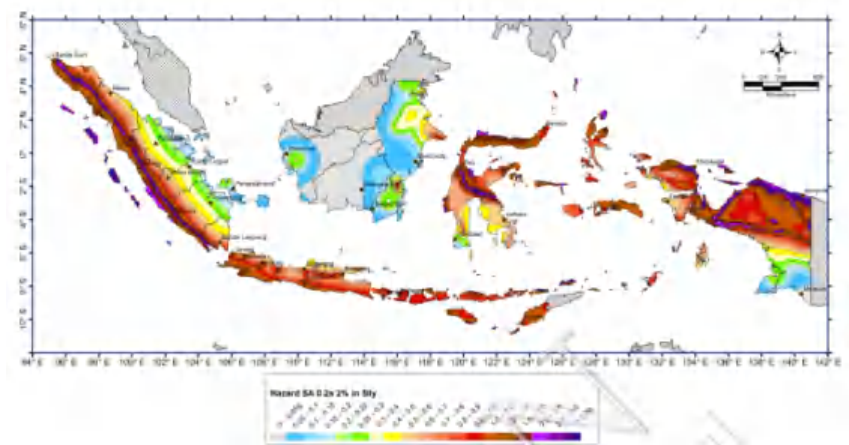
Tabel 9 Faktor Keutamaan Gempa

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

(sumber: SNI 1726:2012)

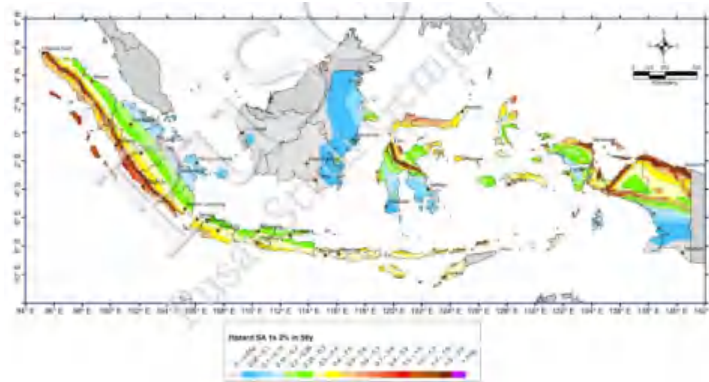
b. Nilai spektral percepatan

Jika melihat Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 yang disusun oleh Pusat Studi Gempa nasional dan Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman. Nilai spektral percepatan pada 0,2 detik (S_s) dapat ditentukan pada gambar 13 dan spektral percepatan pada 1 detik (S_1) pada gambar 14



Gambar 13 S_s Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Risiko Tersesuaikan (MCER), parameter gerak tanah, untuk Percepatan Respons Spektral 0,2 detik, dalam g, (5% redaman kritis), Kelas Situs SB





Gambar 14 S1 Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Risiko Tersesuaikan (MCER), parameter gerak tanah, untuk Percepatan Respons Spektral 1 detik, dalam g, (5% redaman kritis), Kelas Situs SB

c. Klasifikasi situs

SNI 1726-2012 memberikan penjelasan mengenai prosedur untuk klasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besarn percepatan gempa puncak dari suatu batuan dasar ke permukaan tanah suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan dulu. Tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai SNI 1726-2012 yang telah dipaparkan dalam tabel berikut.

Tabel 10 Klasifikasi Situs

Kelas situs	v (m/detik)	N	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat)	350 sampai 750	>50	≥ 100



padat dan batuan lunak)			
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 100	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: • Indeks plastisitas, $PI > 20$ • Kadar air, $w \geq 40\%$ dan • Kuat geser niralir $S_u < 25 \text{ Kpa}$		
SF (tanah keras yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut • Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah • Lempung sangat organic dan atau gambut (ketebalan $H > 3\text{m}$) • Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5 \text{ m}$) dengan indeks plastisitas $PI > 75$) • Lapisan lempung lunak/ medium kaku dengan ketebalan $H > 35 \text{ m}$ dengan $s_u < 50 \text{ kPa}$		

(sumber: SNI 1726:2012)



d. Koefisien Situs

Koefisien- koefisien dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R), nilai koefisien situs (F_a) untuk periode pendek dan koefisien situs (F_v) untuk periode 1 detik dapat dilihat berdasarkan tabel 11 dan 12.

Tabel 11 Tabel koefisien Situs pada periode $T=0,2$ detik

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 1826:2012)

Tabel 12 Tabel koefisien Situs pada periode $T=1$ detik

Kelas situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R terpetakan pada Periode Pendek, $T = 0,2$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	3,8	2,4	2,4

(sumber: SNI 1726:2012)

e. Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R

Untuk menentukan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi



seismik perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan sebagai berikut.(SNI 1726-2012)

- $S_{MS} = F_a S_s$
- $S_{M1} = F_v S_1$
- $S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$
- $S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$

f. Kategori desain seismik

Berdasarkan SNI-1726-1012 mengenai kategori desain seismik, struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori seismik yang mengikuti tabel 13 dan tabel 14.

Tabel 13 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

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

(sumber: SNI 1726:2012)



Tabel 14 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I II III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(sumber: SNI 1726:2012)

g. Kombinasi sistem perangai dalam arah yang berbeda

Sistem penahan-gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah kedua sumbu ortogoonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d , dan Ω_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 (Ω_o) diberikan pada elemen struktur tertentu agar setidaknya elemen tersebut mengalami kerusakan yang lebih kecil dibandingkan elemen yang lain. faktor kuat lebih (Ω_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.



h. Koefisien batas atas periode (C_u)

Menurut SNI-1726-2012 tentang Periode Fundamental Pendekatan, koefisien untuk batas atas pada periode yang di hitung ditentukan dalam tabel 15.

Tabel 15 Koefisien Batas Atas Periode

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

(sumber: SNI 1726:2012)

i. Nilai parameter periode pendekatan

Menurut SNI-1726-2012 tentang Periode Fundamental Pendekatan, nilai parameter periode pendekatan C_t dan x ditentukan dalam tabel 16.

Tabel 16 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 ekstentris	0.0731	0,75
• Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0.0731	0,75
• Semua sistem struktur lainnya	0.0488	0,75

(sumber; SNI 1726:2012)

j. Kombinasi beban

Menurut SNI-1726-2012, struktur bangunan gedung dan non gedung harus dirancang menggunakan kombinasi pembebanan yang dibagi menjadi 2 metode. Dua metode tersebut yaitu kombinasi beban untuk metode ultimit dan kombinasi beban untuk metode tegangan ijin.

- 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.

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



- 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:

- D
- D + L
- D + (Lr atau R)
- D + 0,75L + 0,75(Lr atau R)
- D + (0,6W atau 0,7E)
- D + 0,75 (0,6W atau 0,7E) + 0,75L + 0,75 (Lr atau R)
- 0,6D + 0,6W
- 0,6D + 0,7E

2.6 Analisis Dinamik Gempa

Analisis dinamik gempa adalah analisis struktur dimana pembagian geser gempa di seluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh gerakan dinamis tanah terhadap struktur. Analisis dinamik gempa terbagi menjadi 2 yaitu analisis ragam respon spektrum dan ragam riwayat waktu. analisis ragam respon spektrum dimana total respon didapat melalui superposisi dan respon ruang masing-masing ragam getar. Sedangkan analisis riwayat waktu adalah analisis dinamis dimana pada model struktur diberikan suatu catatan rekaman gempa dan respon struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu.

2.6.1 Analisis Ragam Spektrum Respon (Respons Spectrum Modal Analysis)

Bila spektrum respon desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain (gambar 15) harus dikembangkan dengan mengikuti ketentuan bawah ini:

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



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

- 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:

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

Keterangan:

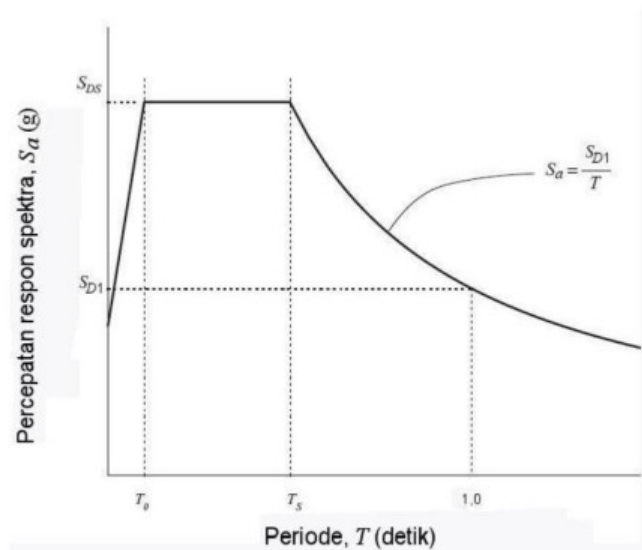
S_{DS} = Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek

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

T = Periode Fundamental Struktur (s)

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

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



Gambar 15 Spektrum Respon Desain
(sumber: SNI 1726:2012)

Menurut SNI-1726-2012, analisis spektrum respons harus dilakukan dengan menggunakan suatu nilai redaman ragam untuk ragam fundamental arah yang ditinjau tidak lebih besar dari nilai yang terkecil dari redaman efektif sistem isolasia tau 30 persen redaman kritis. Nilai redaman ragam untuk ragam-ragam yang lebih tinggi harus dipilih konsisten dengan



redaman yang sesuai untuk analisis spektrum respons struktur di atas sistem isolasi yang diasumsikan terjapir di dasarnya.

Analisis spektrum respons yang digunakan untuk menentukan perpindahan rencana total dan perpindahan maksimum total harus menyertakan model yang digetarkan bersamaan (simultan) oleh 100 persen gerak tanah di arah kritis dan 30 persen gerak tanah di arah tegak lurusnya, di arah horisontal. Perpindahan maksimum sistem isolasi harus dihitung sebagai penjumlahan vektor perpindahan ortogonal dari dua arah tersebut.

Gaya geser rencana di setiap tingkat tidak boleh kurang dari gaya geser tingkat yang dihitung dengan menggunakan suatu nilai V , yang sama dengan gaya geser dasar yang diperoleh dari analisis spektrum respons di arah yang ditinjau.

2.6.2 Analisis Ragam Riwayat Waktu (Time History Modal Analysis)

Menurut SNI-1726-2012, analisis riwayat waktu linier harus terdiri dari analisis model matematis linier suatu struktur untuk menentukan respons melalui metoda integrasi numerik terhadap kumpulan riwayat waktu percepatan gerak tanah yang kompatibel dengan spektrum respons desain untuk situs yang bersangkutan.

Menurut SNI-1726-2012 mengenai analisis tiga dimensi, apabila analisis tiga dimensi dilakukan maka gerak tanah harus terdiri dari sepasang komponen percepatan tanah horisontal yang sesuai, yang harus diseleksi dan diskalakan dari rekaman peristiwa gempa individual. Gerak tanah yang sesuai harus diseleksi dari peristiwa-peristiwa gempa yang memiliki magnitudo, jarak patahan, dan mekanisme sumber gempa yang konsisten dengan hal-hal yang mengontrol ketentuan gempa maksimum yang dipertimbangkan. Apabila jumlah pasangan rekaman gerak tanah yang disesuaikan tidak mencukupi maka harus digunakan pasangan gerak tanah iatan untuk menggenapi jumlah total yang dibutuhkan. Untuk setiap isang komponen gerak tanah horisontal, suatu spektrum SRSS harus buat dengan mengambil nilai SRSS dari spektrum respons dengan 5



persen faktor redaman untuk komponen-komponen gerak tanah yang telah diskalakan (di mana faktor skala yang sama harus digunakan untuk setiap komponen dari suatu pasangan gerak tanah). Setiap pasang gerak-gerak tanah tersebut, harus diskalakan sedemikian rupa sehingga pada rentang periode dari $0.2T$ hingga $1.5T$, nilai rata-rata spektrum SRSS dari semua pasang komponen horisontal tidak boleh kurang dari nilai ordinat terkait pada spektrum respon yang digunakan dalam desain.

2.7 Simpangan Antar Lantai

Menurut SNI-1726 tentang penentuan simpangan antar lantai mengatakan bahwa simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) 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, simpangan antar lantai desain, Δ , 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 (δ_x) (mm) harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

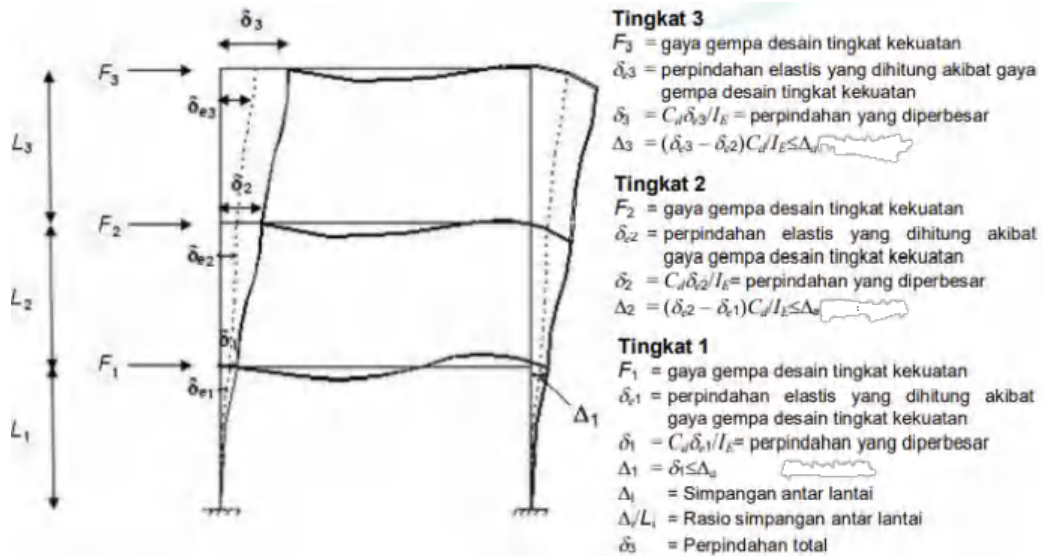
Keterangan:

δ_x = Defleksi Pada Lokasi Yang Disyaratkan

C_d = faktor Implifikasi Defleksi

I_e = Faktor Keutamaan Gempa

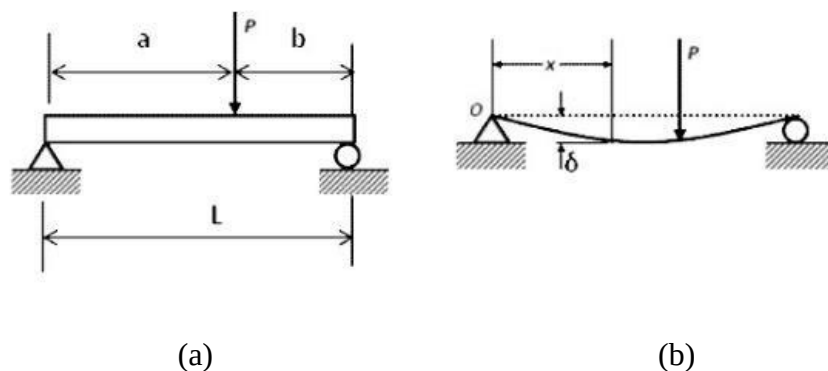




Gambar 16 Penentuan Simpangan Antar Lantai
 (sumber: SNI 1727:2012)

2.8 Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok atau batang yang ditinjau dari 1 dimensi akibat adanya pembebanan yang diberikan pada balok atau batang. Sumbu sebuah batangan terdeteksi dari kedudukannya semula bila benda dibawah pengaruh gaya terpakai. Dengan kata lain suatu batang akan mengalami pembebanan transversal baik itu beban terpusat maupun terbagi merata akan mengalami defleksi.



Gambar 17 Defleksi

(sumber: etsworld.id, 2022)



Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi

permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Gambar 17 (a) memperlihatkan balok pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan Gambar 17 (b) adalah balok dalam konfigurasi terdeformasi yang diasumsikan akibat aksi pembebanan.

Unsur-unsur dari mesin haruslah cukup tegar untuk mencegah ketidakbarisan dan mempertahankan ketelitian terhadap pengaruh beban dalam gedung-gedung, balok lantai tidak dapat melentur secara berlebihan untuk meniadakan pengaruh psikologis yang tidak diinginkan para penghuni dan untuk memperkecil atau mencegah dengan bahan-bahan jadi yang rapuh. Begitu pun kekuatan mengenai karakteristik deformasi dari bangunan struktur adalah paling penting untuk mempelajari getaran mesin seperti juga bangunan-bangunan stasioner dan penerbangan. Dalam menjalankan fungsinya, balok meneruskan pengaruh beban gravitasi keperletakan terutama dengan mengandalkan aksi lentur, yang berkaitan dengan gaya berupa momen lentur dan geser. Kalaupun timbul aksi normal, itu terutama di timbulkan oleh beban luar yang relatif kecil, misalnya akibat gaya gesek rem kendaraan pada gelagar jembatan atau misalnya akibat perletakan yang di buat miring. Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu:

- Kekakuan batang. Artinya semain kaku suatu batang maka lendutannya akan semakin kecil
- Besar kecilnya gaya yang diberikan. Artinya besar kecilnya gaya yang diberikan berbanding lurus dengan defleksi yang akan terjadi
- Jenis tumpuan yang diberikan. Reaksi adan arah tiap jenis tumpuan berbeda-beda dalam menanggapi beban sehingga besar defleksi tiap tumpuan berbeda-beda.
- Jenis beban yang terjadi pada batang. Beban terdistribusi merata dengan beban titik, keduanya memiliki kurva defleksi yang berbeda-beda. Pada beban terdistribusi merata slope yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat lebih besar dari slope titik. Ini karena



sepanjang batang mengalami beban sedangkan pada beban titik hanya terjadi pada beban titik tertentu saja (Binsar Hariandja 1996).

2.9 Etabs V20

Program ETABS (*Extended ThreeDimensional Analysis of Building Systems*) adalah program yang digunakan untuk menganalisis dan mendesain struktur bangunan dengan cepat dan tepat yang dikembangkan oleh perusahaan *Computers and Structures, Incorporated* (CSI) yang berlokasi di Berkeley, California, Amerika Serikat. Diawali dengan penelitian dan pengembangan riset oleh Dr. Edward L. Wilson pada tahun 1970 di *University of California*, Berkeley Amerika Serikat, maka dibentuklah sebuah perusahaan bernama CSI oleh Ashraf Habibullah pada tahun 1975.

Selain program ETABS ini, CSI juga mengembangkan beberapa program lainnya diantaranya program SAP dan program SAFE. Ketiga program ini sudah dipakai dan terbukti di lapangan untuk diaplikasikan pada konstruksi-konstruksi di lebih dari 100 negara di dunia.

Program Etabs diciptakan untuk digunakan secara spesifik untuk menganalisis struktur *high rise building* seperti bangunan perkantoran, apartemen dan lain sebagainya. Program SAP yang dibuat secara khusus untuk digunakan menganalisis struktur seperti jembatan, bendungan, dan lain sebagainya. Sedangkan program SAFE dikhususkan untuk digunakan menganalisis struktur lantai beton dan fondasi beton dengan efisiensi yang tepat dengan kekuatan maksimal.



2.10 Penelitian Terkait

No	Judul (Penulis)	Tujuan	Metode	Hasil
1	CONCEPTUAL SEISMIC ANALYSIS OF TWO R.C. ADJACENT BUILDINGS WITH DIFFERENT DYNAMIC PROPERTIES CONNECTED HORIZONTALLY BY SKYBRIDGES (Jamal Ahmad Alomari, 2021)	Untuk mengetahui pengaruh keberadaan satu atau lebih jembatan langit beton bertulang yang menghubungkan dua bangunan yang berdekatan yang berbeda pada respons kompleks struktur di bawah beban seismik	Model bangunan yang digunakan adalah bangunan 13 lantai dan bangunan 18 lantai yang akan dihubungkan dengan <i>Skybridge</i> pada lantai 5, 8 dan 13 secara kaku	Penambahan <i>Skybridge</i> untuk menghubungkan dua gedung dengan sambungan kaku membuat struktur baru menjadi tidak teratur dan mungkin terbukti tidak aman selama eksitasi seismik karena gaya yang lebih besar atau pembalikan gaya yang mungkin terjadi pada kolom dan balok kedua bangunan.
2	Pengaruh Jenis Tumpuan Jembatan Penghubung (<i>Skybridge</i>) Terhadap Kestabilan Struktur Bangunan Berlantai Banyak (Maulana Nur Ikhsan, 2020)	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tumpuan terhadap nilai <i>Displacement</i> bangunan	Model bangunan yang digunakan adalah model bangunan yang identik yaitu 50 lantai yang dihubungkan oleh 2 <i>Skybridge</i> di posisi yang berbeda dengan 16 jenis tumpuan pada kedua ujung jembatan	Jenis tumpuan <i>Skybridge</i> pada bangunan berlantai banyak yang dapat mengurangi <i>Displacement</i> bangunan adalah jenis tumpuan kaku-kaku dan sendi-kaku.
3	The <i>Skybridge</i> as an Evacuation Option for Tall Building in High-Rise Cities in the Far East (Anthony Wood, Wan-ki Chow, Dean Mcgrail)	Untuk mengetahui apakah jalur evakuasi tambahan pada bangunan dapat disediakan <i>Skybridge</i>	Melakukan investigasi awal dengan mensurvei bangunan di dunia yang dihubungkan dengan <i>Skybridge</i> . Survei bangunan dilakukan dengan meninjau beberapa aspek yaitu refuge floor, posisi	Konsep <i>Skybridge</i> pada bangunan sangat penting karena berdampak pada peningkatan evakuasi dan keselamatan sistem, meningkatkan pemaksimalan lantai secara horizontal pada ketinggian tertentu, dapat menjadi penghubung beberapa bangunan yang membuat efisiensi



			<i>Skybridge</i> dan pengaplikasian <i>Skybridge</i> untuk publik	waktu berpindah dari bangunan yang satu dengan bangunan lainnya.
4	Analisis Perbandingan Kinerja Jembatan Rangka Tipe Warren, Pratt dan Howe (Handayani, Musbar, Herri Mahyar)	Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja jembatan rangka baja berdasarkan nilai I <i>Demand Capacity Ratio</i> (DCR) dan nilai lendutan antara jembatan rangka baja tipe <i>Warren</i> , <i>Pratt</i> dan <i>Howe</i>	Model jembatan yang digunakan adalah jembatan rangka tipe <i>Warren</i> , <i>Pratt</i> dan <i>Howe</i> dimana pembebanan dan kombinasi beban mengacu pada SNI 1725:2016 dan SNI 2833:2016	Dari hasil analisis yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa jembatan tipe <i>Warren</i> memiliki kinerja jembatan rangka baja terbaik dibandingkan dengan jembatan tipe Pratt dan Jembatan tipe <i>Howew</i>



2.11 Kerangka Berpikir

