

SKRIPSI

**EVALUASI STRUKTUR ATAS TERHADAP PENAMBAHAN
LANTAI GEDUNG SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Disusun dan diajukan oleh:

**RAIZA HASINA PUTRI
D011 20 1072**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

EVALUASI STRUKTUR ATAS TERHADAP PENAMBAHAN LANTAI GEDUNG SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

Disusun dan diajukan oleh

Raiza Hasina Putri
D011201072

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 11 September 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP 196805292002121002

Menyetujui,
Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Fakhruddin, ST, M.Eng
NIP 198702282019031005

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Raiza Hasina Putri
NIM : D011201072
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Evaluasi Struktur Atas Terhadap Penambahan Lantai Gedung Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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, 20 September 2024

Yang Menyatakan



Raiza Hasina Putri

ABSTRAK

RAIZA HASINA PUTRI. *Evaluasi Struktur Atas Terhadap Penambahan Lantai Gedung Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin* (dibimbing oleh Fakhruddin)

Sejak didirikan tahun 2009, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin mengalami penambahan jumlah jurusan. Pada awal didirikan, terdapat enam jurusan di Fakultas Teknik yang terdiri dari Jurusan Teknik Arsitektur, Teknik Sipil, Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Kelautan dan Teknik Geologi. Hingga saat ini sudah terdapat 13 Jurusan di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penambahan jurusan ini tidak menutup kemungkinan masih akan terus dilakukan mengingat Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin merupakan salah satu pusat pendidikan di Indonesia Timur. Gedung Sipil yang pada awalnya hanya digunakan untuk Jurusan Teknik Sipil, kini juga digunakan untuk Jurusan Teknik Lingkungan. Adanya penambahan jurusan baru ini kemungkinan akan turut mendorong peningkatan kebutuhan akan luas area gedung. Salah satu caranya adalah dengan penambahan lantai pada Gedung Sipil. Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap penambahan jumlah lantai Gedung Sipil sejumlah satu lantai untuk mengetahui kemampuan struktur eksisting dalam menerima beban tambahan berupa satu lantai. Berdasarkan hasil analisis ETABS didapatkan nilai *displacement* terbesar yaitu 11,86 mm. Hasil perhitungan simpangan antar tingkat menunjukkan simpangan terbesar adalah 8,44 mm dimana nilai ini masih berada di bawah batas simpangan yang diizinkan yaitu sebesar 33 mm dengan drift ratio sebesar 0,26%. Perhitungan pengaruh P-Delta juga menunjukkan nilai koefisien stabilitas tertinggi adalah sebesar 0,013 dimana angka ini masih berada di bawah batas pengaruh P-Delta yaitu sebesar 0,091 yang berarti bahwa struktur Gedung Sipil masih berada dalam kondisi stabil setelah menerima beban tambahan satu lantai.

Kata Kunci: Analisis Struktur, Penambahan Lantai, Stabilitas

ABSTRACT

RAIZA HASINA PUTRI. *Evaluation of the Superstructure for the Addition of a floor to the Civil Engineering Building at the Faculty of Engineering Hasanuddin University* (supervised by Fakhruddin)

Since its establishment in 2009, the Faculty of Engineering at Hasanuddin University has experienced an increase in the number of departments. Initially, there were six departments in the Faculty of Engineering, including the Departments of Architecture, Civil Engineering, Mechanical Engineering, Electrical Engineering, Marine Engineering, and Geological Engineering. Currently, there are 13 departments within the Faculty of Engineering at Hasanuddin University. The addition of new departments is expected to continue, considering that the Faculty of Engineering at Hasanuddin University is one of the educational centers in Eastern Indonesia. The Civil Engineering Building, which was originally used solely by the Civil Engineering Department, is now also used by the Environmental Engineering Department. The addition of new departments is likely to increase the demand for building space. One way to accommodate this demand is by adding additional floors to the Civil Engineering Building. This study analyzes the addition of one floor to the Civil Engineering Building to determine the existing structure's ability to bear the additional load. Based on the results of the ETABS analysis, the maximum displacement value obtained is 11.86 mm. The story drift calculation shows that the maximum drift is 8.44 mm, which is still below the allowable drift limit of 33 mm with a drift ratio of 0.26%. The P-Delta effect calculation also shows that the highest stability coefficient is 0.013, which is below the P-Delta effect limit of 0.091. This indicates that the structure of the Civil Engineering Building remains stable after the addition of one floor.

Keywords: Structural Analysis, Floor Addition, Stability

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
KATA PENGANTAR.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Perancangan	2
1.4 Manfaat Perancangan	3
1.5 Asumsi Perancangan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pembebanan Struktur	4
2.1.1 Beban Mati	4
2.1.2 Beban Hidup.....	4
2.1.3 Beban Air Hujan	4
2.1.4 Beban Gempa.....	4
2.2 Perencanaan Struktur Tahan gempa	5
2.2.1 Kategori Risiko Bangunan.....	6
2.2.2 Parameter Percepatan Spektral Desain.....	8
2.2.3 Kategori Desain Seismik	10
2.2.4 Sistem Struktur.....	11
2.2.5 Periode Fundamental.....	13
2.2.6 Gaya Geser Dasar Seismik	14
2.2.7 Distribusi Gaya Seismik	15
2.2.8 Simpangan Antar Lantai	15
2.2.9 Pengaruh P-delta.....	16
2.3 Kombinasi Pembebanan.....	17
2.4 Kekuatan Lentur Kolom.....	17
2.5 Dinding Geser (<i>Shear wall</i>)	18
BAB 3 METODE PERANCANGAN	20
3.1 Gambaran Umum.....	20
3.2 Gambar Struktur Gedung.....	20
3.3 Standar dan Rujukan yang Digunakan.....	22
3.4 Metode Desain Struktur	23
3.5 Spesifikasi Material	24
3.6 Beban-Beban yang Bekerja.....	24
3.6.1 Beban Mati	24
3.6.2 Beban Hidup.....	28
3.6.3 Beban Air Hujan	30

3.6.4 Beban Atap.....	30
3.6.5 Beban Gempa.....	33
3.7 Pendefinisian Penampang Retak Beton	41
3.8 Pemodelan Struktur.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Hasil Analisis Awal Struktur Eksisting	49
4.1.1 Analisis Mode Ragam.....	49
4.1 Analisis Respon Spektrum Struktur Eksisting.....	52
4.2.1 Penentuan Periode Fundamental.....	52
4.2.2 Gaya Geser Dasar Seismik	53
4.2.3 Kontrol Skala Desain	53
4.2.4 Distribusi Gaya Seismik	54
4.2.5 Kontrol Batas Simpangan antar Lantai	56
4.2.6 Kontrol Kestabilan Bangunan/Efek P-Delta.....	59
4.2.7 Running Analysis dan Pengecekan Keamanan Struktur	60
4.3 Hasil Analisis Penambahan Struktur Lantai	61
4.3.1 Hasil evaluasi Penambahan Struktur Lantai	62
4.3.2 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai Struktur Rencana.....	62
4.3.3 Kontrol Kestabilan Bangunan Baru/Efek P-Delta	65
4.3.4 Kontrol Kuat Lentur Kolom	65
4.3.5 Perbandingan Struktur Eksisting dengan Struktur Rencana	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Konsep strong column weak beam.....	18
Gambar 2 Lokasi penelitian	20
Gambar 3 Denah struktur lantai GF	20
Gambar 4 Denah struktur lantai 1	21
Gambar 5 Denah struktur lantai 2	21
Gambar 6 Denah struktur lantai 3	21
Gambar 7 Denah struktur atap	22
Gambar 8 Diagram alir.....	23
Gambar 9 Input beban mati pada lantai GF	25
Gambar 10 Input beban mati pada lantai 1	25
Gambar 11 Input beban mati pada lantai 2	25
Gambar 12 Input beban mati pada lantai 3	26
Gambar 13 Input beban mati pada lantai atap.....	26
Gambar 14 Input beban dinding lantai GF.....	27
Gambar 15 Input beban dinding lantai 1.....	27
Gambar 16 Input beban dinding lantai 2.....	28
Gambar 17 Input beban dinding lantai 3.....	28
Gambar 18 Input beban hidup pada lantai GF	29
Gambar 19 Input beban hidup pada lantai 1	29
Gambar 20 Input beban hidup pada lantai 2	30
Gambar 21 Input beban hidup pada lantai 3	30
Gambar 22 Pemodelan atap dengan ETABS.....	31
Gambar 23 Hasil analisis atap.....	32
Gambar 24 Beban maksimum atap	32
Gambar 25 Input beban atap	32
Gambar 26 Spektrum respon desain	35
Gambar 27 Parameter desain spektra	36
Gambar 28 Property modifier kolom	42
Gambar 29 Property modifier balok	42
Gambar 30 Property modifier pelat.....	43
Gambar 31 Input data jumlah dan ketinggian lantai	44
Gambar 32 Input data grid bangunan.....	44
Gambar 33 Input data properti material	45
Gambar 34 Pendefinisian tumpuan sebagai jepit.....	46
Gambar 35 Pendefinisian penampang.....	46
Gambar 36 Pendefinisian beban.....	47
Gambar 37 Tampak depan.....	47
Gambar 38 Tampak samping.....	47
Gambar 39 Tampak perspektif	48
Gambar 40 Periode sumbu X mode pertama	51
Gambar 41 Periode sumbu Y mode kedua	51
Gambar 42 Periode sumbu Z mode ketiga	51
Gambar 43 Displacement terhadap respon spektrum arah X.....	56
Gambar 44 Displacement terhadap respon spektrum arah Y	57
Gambar 45 Beban kumulatif gravity.....	59
Gambar 46 Verifikasi struktur bangunan	60

Gambar 47 Tampak depan setelah penambahan lantai	61
Gambar 48 Tampak samping setelah penambahan lantai	61
Gambar 49 Hasil Analisis Struktur Rencana pada ETABS.....	62
Gambar 50 Displacement terhadap respon spektrum arah X.....	62
Gambar 51 Displacement terhadap respon spektrum arah Y.....	63
Gambar 52 Diagram interaksi kolom tinjauan arah X	67
Gambar 53 Diagram interaksi kolom tinjauan arah Y	69
Gambar 54 Grafik perbandingan simpangan antar Tingkat.....	69
Gambar 55 Grafik perbandingan drift ratio	70
Gambar 56 Grafik perbandingan displacement.....	70
Gambar 57 Grafik perbandingan P-Delta	71

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kategori risiko bangunan gedung dan non-gedung untuk beban gempa ...	7
Tabel 2 Klasifikasi situs	9
Tabel 3 Koefisien situs F_a	10
Tabel 4 Koefisien situs F_v	10
Tabel 5 Kategori desain seismik berdasarkan SDS.....	11
Tabel 6 Kategori desain seismik berdasarkan SD1.....	11
Tabel 7 Sistem struktur penahan gaya seismik	12
Tabel 8 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	13
Tabel 9 koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	14
Tabel 10 Simpangan antar tingkat izin, Δ_a	16
Tabel 11 Beban dinding.....	27
Tabel 12 Beban hidup.....	28
Tabel 13 Kategori risiko bangunan gedung dan non-gedung untuk beban gempa	33
Tabel 14 Faktor keutamaan gempa	34
Tabel 15 Klasifikasi Situs.....	34
Tabel 16 Koefisien situs F_a	36
Tabel 17 Koefisien situs F_v	37
Tabel 18 Kategori desain seismik berdasarkan SDS.....	37
Tabel 19 Kategori desain seismik berdasarkan SD1	38
Tabel 20 Sistem struktur penahan gaya seismik	38
Tabel 21 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	39
Tabel 22 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	40
Tabel 23 Simpangan antar tingkat izin, Δ_a	41
Tabel 24 Momen inersia dan luas penampang yang diizinkan	41
Tabel 25 Modal direction factors	49
Tabel 26 Modal load participation ratios	50
Tabel 27 Hasil periode getar	52
Tabel 28 Gaya geser dasar seismik	53
Tabel 29 Kontrol skala desain awal	54
Tabel 30 Kontrol skala desain baru.....	54
Tabel 31 Nilai eksponen terkait dengan periode struktur.....	55
Tabel 32 Distribusi arah X	55
Tabel 33 Distribusi arah Y.....	56
Tabel 34 Nilai displacement struktur eksisting	57
Tabel 35 Simpangan antar tingkat.....	58
Tabel 36 Drift ratio struktur eksisting	58
Tabel 37 Cek stabilitas akibat gempa.....	60
Tabel 38 Displacement struktur rencana	63
Tabel 39 Simpangan antar tingkat struktur rencana.....	64
Tabel 40 Drift ratio struktur rencana	64
Tabel 41 Pengaruh P-Delta pada struktur rencana	65
Tabel 42 Output SPColumn pada struktur rencana arah X	66
Tabel 43 Output SPColumn pada struktur rencana arah Y	68
Tabel 44 Perbedaan gaya-gaya struktur eksisting dan struktur rencana.....	71

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
A_g	Luas bruto penampang
A_s	Luas tulangan Tarik longitudinal
b	Lebar komponen struktur
C_d	Faktor pembesaran simpangan lateral
C_s	Koefisien respons seismik
C_u	Koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung
C_{vx}	Faktor distribusi vertikal
f'_c	Kekuatan tekan beton
f_y	Kekuatan leleh tulangan
F_a	Koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0,2 detik
F_v	Koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
F_x	Gaya seismik lateral di level-x
g	Percepatan gravitasi
h	Tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur
h_n	Batasan tinggi struktur
h_{sx}	Tinggi Tingkat di bawah level-x
I_e	Faktor keutamaan gempa
M_n	Kekuatan lentur nominal pada penampang

M_{nb}	Kekuatan lentur nominal balok
M_{nc}	Kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam join
M_u	Momen terfaktor pada penampang
P_u	Gaya aksial terfaktor
R	Koefisien modifikasi respons
S_{Ds}	Parameter percepatan respons spectral pada periode pendek
S_{D1}	Parameter percepatan respons spectral pada periode 1 detik
S_s	Parameter percepatan respons spectral MCE dari peta gempa pada periode pendek
S_1	Parameter percepatan respons spectral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik
T	Periode
T_a	Periode fundamental pendekatan
V	Geser desain total di dasar struktur
V_x	Geser seismik desain di Tingkat-x
W	Berat bangunan
β_1	Faktor bentuk distribusi tegangan beton
Δ	Simpangan antar tingkat desain
Δ_a	Simpangan antar tingkat yang diizinkan
δ_x	Defleksi pusat massa di tingkat-x
λ	Faktor modifikasi yang merefleksikann property mekanis tereduksi dari beton ringan

θ	Koefisienn stabilitas untuk pengaruh P-Delta
ρ	Faktor redundansi struktur
ρ	Rasio tulangan
ϕ	Faktor reduksi kekuatan
Ω_0	Faktor kuat lebih

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Diagram Momen Frame.....	74
Lampiran 2 Gambar Momen pada Pelat	76
Lampiran 3 Gambar Diagram Interaksi Kolom	77
Lampiran 4 Perhitungan Data Tanah.....	82
Lampiran 5 Kriteria Analisis Statik Ekvivalen	84

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT karena atas Rahmat dan Hiidayah-Nya yang telah dilimpahkan maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda Hamzah, dan ibunda Anggari Martyanti, beserta seluruh keluarga, atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spiritual maupun moril
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli ST., MT., IPM, ASEAN Eng. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Bapak Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri, ST., MT., selaku Sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
5. Bapak Dr. Eng. Ir. Fakhrudin, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah mendedikasikan waktunya untuk memberi bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penyusunan tugas akhir ini
6. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
7. Rekan-rekan seperjuangan di Laboratorium Riset Rekayasa dan Perkuatan Struktur yang menjadi partner bertukar pikiran sekaligus memberikan dukungan moril selama proses penyusunan tugas akhir ini
8. Saudara dan saudari ENTITAS 2021 yang memberikan bergitu banyak semangat dan keceriaan selama masa perkuliahan
9. Teman-teman yang selama empat tahun perkuliahan banyak memberikan pelajaran untuk saya terkhusus kepada Danti, Amaliah, Ica, Nadia, dan Nurul, Yasmin, Nahdah

10. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu persatu dengan semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan hingga selesainya penyusunan tugas akhir ini

Akhir kata, penulis menyadari setiap karya manusia tidak ada yang sempurna. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun diharapkan penulis untuk pengembangan penelitian di masa mendatang. Semoga karya ini dapat membawa manfaat yang baik bagi orang-orang sekitar.

Gowa, 20 September 2024

Penulis

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan Indonesia Timur hingga saat ini secara aktif terus mendorong pembangunan, baik infrastruktur, industri, kelistrikan hingga pertambangan dan kelautan. Untuk mendukung pembangunan ini, maka diperlukan juga tenaga yang terampil dan professional melalui program pendidikan tinggi.

Salah satu prasarana pendidikan yang ada di Indonesia Timur adalah Kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Kampus ini terletak di Kelurahan Borong Loe dan Kelurahan Romang Lompoa, Kecamatan Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Kampus ini didirikan di lahan seluas 297.094 m² yang merupakan lahan bekas Pabrik Kertas Gowa. Proyek pembangunan kampus ini merupakan kerja sama bilateral antara Pemerintah Indonesia (Departemen Pendidikan Nasional, Direktorat Pendidikan Tinggi) dengan Pemerintah Jepang melalui *Japan International Cooperation Agency* (JICA) yang kemudian tertuang dalam *Special Assistance for Project Formation* oleh *Japan Bank for International Cooperation* (JBIC-Loan IP-541) pada tahun 2006.

Pembangunan Kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dimulai sejak tahun 2009 yang dibagi menjadi empat tahap Pembangunan. Paket 1 mencakup Pembangunan ruang perkuliahan dan laboratorium untuk Jurusan Teknik Arsitektur, Teknik Sipil, Kantor Dekan dan Perpustakaan. Paket 2 dilaksanakan pada tahun 2010 mencakup pembangunan Jurusan Teknik Mesin dan Teknik Elektro. Selanjutnya paket 3 mencakup pembangunan Jurusan Teknik Kelautan dan Teknik Geologi. Serta paket 4 yang mencakup pembangunan sarana dan prasarana pendukung, seperti pemasangan instalasi air bersih, sistem drainase, instalasi listrik, telepon, bengkel dan lampu jala.

Dalam perencanaannya, kampus ini diperkirakan mampu menampung hingga 6.464 orang yang terdiri dari 5.824 mahasiswa, 456 dosen dan 184 pegawai administratif. Diperkirakan 10 tahun sejak masa operasional dimulai, kampus ini dapat menampung hingga 10.126 orang yang terdiri dari 9.221 mahasiswa, 725 dosen dan 270 pegawai administratif.

Gedung Jurusan Teknik Sipil dibangun pada lahan seluas 2.678 m². Gedung ini terdiri atas tiga lantai dengan struktur beton bertulang. Pada awal beroperasi, gedung ini hanya digunakan untuk Jurusan Teknik Sipil namun seiring berjalannya waktu terdapat penambahan jumlah jurusan sehingga gedung ini digunakan untuk Jurusan Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan. Hal ini tentu memengaruhi utilitas gedung, termasuk jumlah mahasiswa, tenaga pengajar, hingga jumlah area.

Penambahan jumlah jurusan ini kemungkinan masih akan terus dilakukan. Adanya penambahan area atau penambahan jumlah lantai juga akan menyebabkan penambahan beban pada Gedung Teknik Sipil. Sehingga, sebelum dilakukan penambahan jumlah lantai, perlu dilakukan analisis struktur terkait kemampuan struktur eksisting dalam menerima besar beban yang baru.

Oleh karena itu, penulis mengangkat Tugas Akhir dengan judul **“Evaluasi Penambahan Lantai Gedung Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin”** yang mengacu pada SNI 2847:2019 terkait perencanaan beton struktural dan SNI 1726:2019 terkait perencanaan ketahanan gempa untuk mengetahui keamanan dari struktur eksisting saat diberi beban tambahan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah bagaimana hasil evaluasi Gedung Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada struktur eksisting dan pada saat menerima beban tambahan sebanyak satu lantai sesuai dengan standar yang berlaku yakni SNI 2847:2019 tentang Tata Cara Perancangan Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung dan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung.

1.3 Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan ini adalah mendapatkan hasil analisis komponen struktur Gedung Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada struktur eksisting dan struktur baru yang berjumlah empat lantai sesuai dengan SNI 2847:2019 tentang Tata Cara Perancangan Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung dan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung.

1.4 Manfaat Perancangan

Perancangan ini diharapkan mampu menambah wawasan bagi pembaca dalam hal merancang dan menganalisis bangunan gedung dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.

1.5 Asumsi Perancangan

Adapun asumsi perancangan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Perancangan Gedung Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin hanya memperhitungkan segi struktural tanpa memperhitungkan segi arsitektural.
2. Perancangan dilakukan hanya pada komponen beton bertulang pelat, balok dan kolom.
3. Standar yang digunakan dalam perancangan yaitu :
 - a. Persyaratan beton struktural untuk gedung (SNI 2847:2019)
 - b. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung (SNI 1726:2019)
 - c. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2020)
4. Perancangan hanya terfokus pada struktur atas dan tidak melakukan perancangan pada struktur bawah.
5. Pemodelan dan analisis struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak CSI ETABS v21.0.0 dan SPColumn v10.10.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembebanan Struktur

Dalam perancangan, sebuah bangunan harus dapat dipastikan mampu menahan beban yang mungkin bekerja sesuai dengan fungsi bangunan tersebut. Dalam SNI 1727:2020 telah diatur jenis-jenis beban yang mungkin bekerja pada suatu bangunan yang meliputi beban mati, beban hidup serta beban yang dipengaruhi oleh faktor alam, seperti beban gempa, beban angin, beban air hujan dan beban salju.

2.1.1 Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2020, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material.

2.1.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2020, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

2.1.3 Beban Air Hujan

Beban air hujan adalah beban akibat akumulasi air hujan yang terdapat pada atap datar apabila drainase primer pada bagian tersebut terhambat ditambah dengan kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran desainnya. Genangan yang terjadi pada atap datar dapat menjadi beban struktural sehingga perlu diperhitungkan dalam proses perancangan.

2.1.4 Beban Gempa

Menurut Pawirodikromo (2012), gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Energi tersebut terakumulasi dan terperangkap dalam

waktu yang lama kemudian terlepas dan merambat ke segala arah sampai ke permukaan tanah. Hal tersebut membuat permukaan tanah bergelombang yang mengakibatkan bangunan di atasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan.

Acuan yang digunakan dalam merencanakan beban gempa pada bangunan adalah SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non-gedung.

2.2 Perencanaan Struktur Tahan gempa

Secara geografis, Indonesia terletak di antara tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, Pasifik dan Eurasia yang rentan menimbulkan gempa tektonik. Selain itu Indonesia juga berada pada jalur Cincin Api Pasifik yang dikenal sebagai kawasan dengan aktivitas vulkanik dan seismik yang tinggi sehingga rentan menyebabkan terjadinya gempa vulkanik.

Menurut Pawirodikromo (2012), filosofi bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut.

1. Pada gempa kecil (*minor earthquake*) yang sering terjadi, maka struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan dan dapat berfungsi dengan baik. Adapun kerusakan yang dapat ditoleransi adalah kerusakan pada elemen non-struktural.
2. Pada gempa menengah (*moderate earthquake*) yang relative jarang terjadi, maka struktur utama bangunan boleh mengalami kerusakan ringan yang masih dapat diperbaiki.
3. Pada gempa kuat (*strong earthquake*) dan gempa besar (*great earthquake*), bangunan boleh mengalami kerusakan tetapi tidak boleh terjadi keruntuhan total (*totally collapse*). Hal ini bertujuan melindungi penghuni bangunan secara maksimum.

Beberapa metode analisis yang digunakan dalam perencanaan bangunan tahan gempa yaitu metode *static equivalent* (ST), metode respon spectrum (RSA) dan metode *time history analysis* (THA) dengan tingkat akurasi yang bervariasi. Standar yang digunakan dalam perancangan bangunan tahan gempa adalah SNI 1726:2019 dengan mempertimbangkan beberapa faktor yaitu geografis wilayah, kategori

risiko, parameter percepatan spektral desain, kategori desain seismik dan sistem struktur yang digunakan.

Untuk mengetahui metode analisis beban gempa yang digunakan pada suatu gedung, terlebih dahulu dilakukan pengecekan kriteria keberaturan gedung. Apabila kriteria ini terpenuhi, maka analisis gempa dilakukan dengan metode analisis gempa statik ekuivalen. Namun, apabila kriteria tidak terpenuhi atau dalam artian gedung memiliki struktur yang lebih kompleks maka dibutuhkan analisis beban gempa dinamis yang dapat berupa metode analisis respon spektrum atau analisis riwayat waktu. Adapun kriteria yang dimaksud berdasarkan standar yang berlaku adalah sebagai berikut :

1. Tinggi maksimum 40 m atau kurang lebih 10-12 tingkat
2. Denah gedung persegi panjang, tidak ada tonjolan dan jika ada harus seluas $\leq 25\%$ dari ukuran denah struktur gedung
3. Denah struktur tidak memiliki coakan (*offset*), namun jika ada maka harus $\leq 15\%$
4. Dalam arah vertikal tidak ada loncatan bidang muka sehingga luas menjuang $< 75\%$ luas bagian bawahnya
5. Sistem struktur, tanpa adanya tingkat lunak yaitu tingkat dengan kekakuan lateral $< 75\%$ tingkat di atasnya
6. Berat tiap lantai hampir sama, tidak ada berat yang $> 150\%$ berat rata-rata
7. Sistem struktur melalui sumbu-sumbu yang sejajar dan orthogonal
8. Lubang pada lantai tingkat tidak melebihi 50% luas lantai

2.2.1 Kategori Risiko Bangunan

Kategori resiko bangunan merupakan pengelompokan bangunan atau struktur lainnya berdasarkan risiko kerugian yang diperoleh baik kerugian materi maupun jiwa saat terjadi gempa. Berdasarkan fungsinya, kategori risiko bangunan terbagi menjadi empat yang diatur dalam SNI 1726:2019 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kategori risiko bangunan gedung dan non-gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain :	
<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, Perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :	
<ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah ruko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :	
<ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas Kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 	III
Gedung dan nongedung yang tidak termasuk ke dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar bila terjadi kegagalan, termasuk, tidak dibatasi untuk :	
<ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air 	

-
- Fasilitas penanganan limbah
 - Pusat telekomunikasi

Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi Masyarakat jika terjadi kebocoran.

Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :

- Bangunan-bangunan monumental
- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan
- Rumah ibadah
- Rumah sakit dan fasilitas Kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat
- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat
- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya
- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat
- Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat
- Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, Menara pendingin, struktur stasiun Listrik, tangka air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan beroperasi pada saat keadaan darurat.

IV

Sumber : SNI 1726:2019

2.2.2 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain adalah parameter yang digunakan dalam penentuan koefisien respons seismik dan kategori desain seismik. Parameter percepatan spektral desain terbagi menjadi dua yaitu parameter percepatan spektral

desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik (S_{D1}). Kedua nilai tersebut ditentukan berdasarkan lokasi dan kelas situs tanah dari bangunan yang direncanakan yang selanjutnya akan digunakan untuk menentukan koefisien situs (F_a dan F_v). Adapun penentuan kelas situs tanah ditentukan berdasarkan kondisi tanah sebagaimana telah diatur dalam SNI 1726:2019 seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 - 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 - 750	>50	100
SD (tanah sedang)	175 - 350	15 - 50	50 - 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah sedang dengan karakteristik sebagai berikut :			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w > 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25 \text{ kPa}$ 			
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifiksitus yang mengikuti Pasal yang ditentukan)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempeng 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/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35 \text{ m}$ dengan $\bar{S}_u < 50 \text{ kPa}$ 		

Tabel 3 Koefisien situs F_a

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

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 4 Koefisien situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCEs) terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS					

Sumber : SNI 1726:2019

Nilai parameter percepatan gempa di batuan dasar pada periode pendek (S_s) dan pada periode 1 detik (S_1) dapat diperoleh dari peta Gambar 15 dan Gambar 16 dalam SNI 1726:2019 atau dari situs <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>.

2.2.3 Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik sebuah struktur terbagi menjadi enam kategori yang diurut berdasarkan tingkat risiko seismik mulai dari risiko seismik terendah hingga tertinggi yakni kategori A, B, C, D, E dan F. Kategori desain seismik ditentukan

berdasarkan nilai S_{DS} dan S_{D1} dan telah diatur dalam SNI 1726:2019 seperti terlihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut.

Tabel 5 Kategori desain seismik berdasarkan S_{DS}

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

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 6 Kategori desains seismik berdasarkan S_{D1}

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

Sumber : SNI 1726:2019

2.2.4 Sistem Struktur

Kemampuan sistem struktur dalam menahan gaya gempa baik horizontal maupun vertikal ditentukan berdasarkan nilai kategori desain seismik dan tinggi struktur. Dalam penentuan sistem struktur akan didapatkan parameter-parameter seismik bangunan yang terdiri atas koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem (Ω_0), dan faktor pembesaran defleksi (Cd) serta dapat diketahui juga batasan tinggi struktur untuk setiap kategori desain seismik. Berdasarkan SNI 1726:2019 terdapat beberapa sistem struktur yaitu sistem dinding penumpu, sistem rangka bangunan, sistem rangka pemikul momen dan sistem ganda dengan nilai setiap parameter terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Sistem struktur penahan gaya seismik

Sistem Pemikul Gaya Seismik	R	Ω_0	Cd	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur, h(m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan								
Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	8	2.5	4	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2.5	5.5	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding geser beton bertulang khusus	7	2,5	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding geser beton bertulang biasa	6	2.5	5	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2.5	4	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2.5	5	TB	TB	TB	TB	TB

Sumber : SNI 1726:2019

Keterangan :

TB : Tidak dibatasi

TI : Tidak diizinkan

2.2.5 Periode Fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2019, periode fundamental (T), dalam arah yang ditinjau diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang teruji. Periode fundamental pendekatan (T_a) ditentukan dengan persamaan berikut.

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (1)$$

Keterangan :

T_a = Periode fundamental pendekatan (s)

h_n = Ketinggian struktur di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur (m)

Adapun nilai koefisien C_t dan x ditentukan berdasarkan Tabel 8.

Tabel 8 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

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

Sumber : SNI 1726:2019

Periode fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan (T_a). Nilai koefisien batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respon 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 1726:2019

2.2.6 Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik adalah total seluruh gaya lateral akibat gempa yang diterima oleh suatu struktur dan merupakan total gaya lateral gempa yang diterima setiap lantai gedung. Besarnya gaya geser dasar ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$V = C_s \times W \quad (2)$$

Besaran koefisien respons seismik (C_s) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3)$$

Nilai C_s yang digunakan tidak boleh melebihi dari :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (4)$$

Namun tidak boleh kurang dari :

$$C_s = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01 \quad (5)$$

Keterangan :

V = Gaya geser dasar seismik (kN)

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat gravitasi total struktur gedung efektif (kN)

S_{DS} = Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek

R = Koefisien modifikasi respons

I_e = Faktor keutamaan gempa

T = Periode (s)

2.2.7 Distribusi Gaya Seismik

Distribusi vertikal gaya seismik diatur dalam SNI 17726:2019 Pasal 7.8.3 gaya geser dasar gempa yang sudah dihitung selanjutnya didistribusikan pada semua tingkatan menjadi gaya gempa lateral (F_x) yang besarnya ditentukan melalui persamaan berikut.

$$F_x = C_{VX} \times V \quad (6)$$

Keterangan :

C_{VX} = Faktor distribusi vertikal

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

Adapun distribusi horizontal gaya seismik diatur dalam SNI 1726:2019 Pasal 7.8.4 distribusi gaya geser di semua tingkat (V_x) ditentukan melalui persamaan berikut.

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (7)$$

dimana,

F_i = bagian dari geser dasar gaya gempa (V) pada tingkat ke- i (kN)

2.2.8 Simpangan Antar Lantai

Dalam SNI 1726:2019, penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Defleksi pada tingkat x (δ_x) didapatkan dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_x}{I_e} \quad (8)$$

Keterangan :

C_d = Faktor pembesaran defleksi

δ_x = Defleksi pada posisi dimana lantai yang ditinjau diakibatkan oleh gaya gempa lateral (mm)

I_e = Faktor keutamaan struktur

Simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) untuk semua Tingkat seperti terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Simpangan antar tingkat izin, Δ_a

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,125h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Sumber : SNI 1726:2019

2.2.9 Pengaruh P-delta

Berdasarkan SNI 1726:2019. Pengaruh P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan apabila koefisien stabilitas (θ) bernilai sama dengan atau kurang dari 0,10. Koefisien stabilitas (θ) ditentukan melalui persamaan berikut.

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (9)$$

Keterangan :

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

Δ = Simpangan antar tingkat desain, terjadi secara serentak dengan V_x (mm)

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 (θ) harus tidak melebihi $\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta \times C_d} \leq 0,25$ dimana β adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat

X dan X-1. Rasio ini diizinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0. SNI 1726:2019 juga mensyaratkan bahwa untuk sistem pemikul gaya seismik yang terdiri dari hanya rangka momen pada struktur yang didesain untuk kategori desain seismik D, E atau F, simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi $\frac{\Delta_a}{\rho}$ untuk semua tingkat.

2.3 Kombinasi Pembebanan

Dalam Pasal 4.2.2.1 SNI 1726:2019, struktur, komponen, dan fondasi harus didesain sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek beban-beban terfaktor dalam kombinasi berikut.

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

Untuk kombinasi 6 dan 7 dengan beban gempa diatur dalam Pasal 4.2.2.3 SNI 1726:2020, Faktor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal dan beban gempa nominal adalah sebagai berikut.

1. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 1,0L \pm 0,3 \rho EX \pm 1,0 \rho EY$
2. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 1,0L \pm 1,0 \rho EX \pm 0,3 \rho EY$
3. $(0,9 + 0,2S_{DS})D \pm 0,3 \rho EX \pm 1,0 \rho EY$
4. $(0,9 + 0,2S_{DS})D \pm 1,0 \rho EX \pm 0,3 \rho EY$

2.4 Kekuatan Lentur Kolom

Kekuatan lentur kolom atau yang biasa dikenal dengan konsep *strong column weak beam* adalah prinsip desain struktur yang digunakan dalam perancangan bangunan tahan gempa. Prinsip ini bertujuan agar kolom lebih kuat daripada balok saat terjadi deformasi atau beban berlebih, terutama selama gempa.

Dalam sistem ini, diharapkan bahwa kegagalan atau deformasi plastis terjadi pada balok terlebih dahulu, bukan pada kolom. Jika balok yang mengalami deformasi, struktur bangunan masih dapat menahan beban dengan baik tanpa

runtuh. Sebaliknya, jika kolom yang lemah dan mengalami kerusakan, kemungkinan besar struktur bangunan akan runtuh secara total.

Dengan memastikan bahwa kolom memiliki kapasitas lentur yang lebih besar dari balok, energi gempa dapat didistribusikan dan diserap dengan lebih baik oleh balok, sehingga memberikan lebih banyak kesempatan untuk memperbaiki kerusakan pada balok tanpa mengorbankan stabilitas struktur secara keseluruhan.

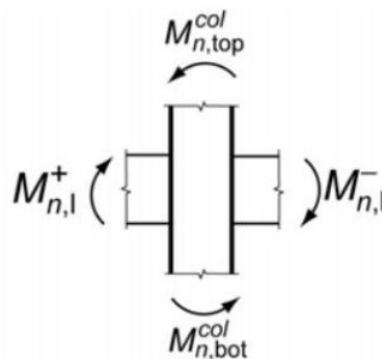
Ketentuan terkait kekuatan lentur kolom diatur dalam Pasal 18.7.3.2 SNI 2847:2019 di mana kekuatan lentur kolom harus memenuhi perhitungan berikut.

$$\Sigma M_c \geq 1,2 \Sigma M_g \quad (10)$$

Dimana

ΣM_c = jumlah M_n dua kolom yang bertemu di join

ΣM_g = jumlah M_n dua balok yang bertemu di join



Gambar 1 Konsep strong column weak beam

2.5 Dinding Geser (*Shear wall*)

Dinding geser (*shear wall*) adalah elemen struktural vertikal yang dirancang untuk menahan gaya lateral, seperti beban angin atau gempa, yang bekerja pada bangunan. Dinding ini membantu menstabilkan struktur dengan mentransfer gaya lateral ke pondasi, mencegah bangunan dari deformasi atau keruntuhan.

Dengan adanya dinding geser, bangunan menjadi lebih kaku dan stabil, serta mampu menahan deformasi yang mungkin terjadi akibat beban lateral, sehingga penting dalam perancangan bangunan tinggi atau bangunan di wilayah rawan gempa. Dinding geser biasanya terbuat dari beton bertulang atau baja dan ditempatkan di bagian-bagian bangunan yang strategis pada gedung.

Letak strategis untuk dinding geser dapat berbeda-beda pada setiap gedung. Pada gedung dengan struktur simetris terdapat beberapa variasi lokasi yang optimal untuk penempatan *shear wall*. Sebuah *shear wall* yang diletakkan pada inti gedung (*core of building*) memiliki respon seismik yang lebih baik daripada konfigurasi lainnya yang diletakkan pada dinding interior, pada perimeter bangunan struktur atau pada sudut struktur. (Tajzadah, Desai, & Agrawal, 2019)

Shear wall yang diletakkan pada setiap sudut bangunan memiliki nilai perpindahan (*displacement*) paling kecil dibandingkan dengan konfigurasi *shear wall* lainnya. (Kumar, 2018)

Pada gedung dengan struktur asimetris, Parbat dkk. (2021) mengatakan pada gedung dengan struktur berbentuk L, didapatkan bahwa *shear wall* bekerja optimum jika diletakkan pada setiap sudut gedung. Sedangkan Chittiprolu & Kumar (2014) menjelaskan bahwa gaya lateral pada sebuah bangunan dapat direduksi jika *shear wall* diletakkan pada lokasi yang tepat yang dapat menghasilkan gaya lateral paling minimum.

Dikarenakan penentuan letak dinding geser yang berbeda-beda pada setiap gedung sehingga tidak terdapat ketentuan pasti terkait letak dinding geser agar bekerja optimal pada sebuah gedung. Penentuan letak dinding geser yang tepat pada sebuah gedung diperoleh pada proses perencanaan struktur dengan memperhatikan distribusi gaya lateral, letak pusat massa dan pusat kekakuan pada gedung, kesimetrisan gedung, elevasi gedung, serta fungsi dan tata ruang pada gedung.