

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RSUD TENRIAWARU
KABUPATEN BONE**

***STRUCTURAL DESIGN OF TENRIAWARU HOSPITAL
BUILDING IN BONE REGENCY***

**UMMI SAKINAH
D011 18 1025**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RSUD TENRIAWARU KABUPATEN
BONE**

Disusun dan diajukan oleh:

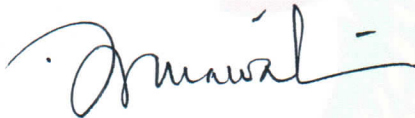
UMMI SAKINAH

D011 18 1025

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 12 Oktober 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,



Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT
NIP: 197206192000122001

Pembimbing II,



Ariningsih Suprapti, ST, MT
NIP: 197307122000032002

Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Ummi Sakinah, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Perencanaan Struktur Gedung RSUD Tenriawaru Kabupaten Bone**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan 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.

Gowa, Oktober 2022

Yang membuat pernyataan,



Ummi Sakinah

NIM: D011 18 1025

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala karena atas limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Perencanaan Struktur Gedung RSUD Tenriawaru Kabupaten Bone". Dan tak lupa pula mengirimkan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad Shallahu Alaihi Wasallam sebagai idola terbaik sepanjang zaman serta para sahabat dan keluarga beliau dan orang-orang yang senantiasa istiqomah di jalan islam ini.

Tentunya tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat. Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yang sekaligus menutup perjalanan penulis dalam menempuh pendidikan strata satu pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. **Bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. **Ibu Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.**, selaku dosen pembimbing I, **Ibu Ariningsih Suprapti, S.T., M.T.**, selaku dosen pembimbing II, dan **Bapak Dr. Eng. Fakhruddin, S.T., M.Eng.**, selaku dosen Laboratorium Riset Rekayasa dan Perkuatan Struktur yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan serta kesabarannya dalam menghadapi kualitas ilmu penulis dari awal hingga selesainya tugas akhir ini.

4. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teistimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda **Achmad** dan ibunda **Hijrah**, atas doa, kasih sayang, dan segala dukungan baik secara moril maupun materil.
2. Kakak **Nurafni Annisa Achmad** dan adik **Muhammad Fahrizal**, sebagai saudara dan teman seumur hidup penulis. Terima kasih atas doa, semangat dan segala dukungan yang diberikan.
3. **Hira dan Ismi**, yang selalu menjadi penyemangat dan sahabat nomor satu penulis.
4. **Ebuq, Fiqri, Inna, Izza, Mila, dan Nabila**, sebagai teman pertama penulis di dunia perkuliahan. Terima kasih telah berbagi suka duka dan semua pengalaman baru yang sangat menyenangkan.
5. **Nur Alif Indranto**, selaku partner dalam berbagi pengalaman suka dan duka, mulai dari partner pengurus, kerja praktek, KKN, dan banyak hal lain. Terima kasih telah menemani dan banyak memberikan bantuan.
6. **Nirwana**, selaku teman seperjuangan dan teman berdiskusi dalam tugas akhir perencanaan. Terima kasih atas segala bantuan dan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan di **Laboratorium Riset Rekayasa dan Perkuatan Struktur**, terkhusus **Inna, Wana, Yuyun, Fitri, dan Fikri**. Terima kasih karena telah menjadi teman berdiskusi yang baik dan telah menghidupkan suasana mukim perkuatan serta membuat proses penyelesaian tugas akhir ini menjadi sangat menyenangkan.
8. Saudara-saudari **TRANSISI 2019** yang senantiasa bersama-sama berproses dalam dinamika kehidupan kampus, memberikan begitu banyak warna dan pengalaman yang sangat berharga.

9. Teman-teman pengurus **HMS FT-UH Periode 2020/2021** yang begitu banyak memberikan pengalaman dan pembelajaran berharga dalam proses pengembangan diri.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan.

Akhirnya semoga Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan kebaikan dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Teknik Sipil dan bagi kita semua.

Gowa, Juli 2022

Penulis

ABSTRAK

Rumah sakit merupakan salah satu fasilitas umum yang memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat. RSUD Tenriawaru Bone merupakan rumah sakit milik pemerintah Kabupaten Bone yang terletak di Jalan Dr. Wahidin Sudirohusodo Watampone, Kelurahan Macanang, Kecamatan Tanete Riatang Barat, Kabupaten Bone. Sebagai fasilitas yang menunjang peningkatan derajat kesehatan masyarakat, maka diperlukan pembangunan struktur gedung RSUD Tenriawaru yang aman dan sesuai dengan kaidah-kaidah perencanaan yang berlaku.

Pada tugas akhir ini dilakukan desain atau perencanaan dimensi dan penulangan elemen struktur RSUD Tenriawaru yang aman terhadap beban gravitasi dan beban gempa sesuai dengan standar yang berlaku. Perencanaan elemen struktur difokuskan pada elemen kolom, balok, dan pelat.

Gedung RSUD Tenriawaru Bone terdiri dari 5 lantai utama. Lokasi RSUD Tenriawaru masuk pada kategori desain seismik D. Struktur desain dengan material beton bertulang dan sistem struktur yang digunakan adalah sistem rangka pemikul momen khusus. Analisa gempa yang digunakan adalah analisis respon spektrum. Analisis dan desain struktur dilakukan dengan bantuan *software* ETABS V19.

Hasil desain elemen struktur berupa balok, kolom, dan pelat dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil desain elemen struktur telah aman terhadap beban yang bekerja sesuai dengan standard dan ketentuan yang berlaku.

Kata Kunci: ETABS, RSUD, Elemen Struktur

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Batasan Masalah.....	2
E. Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Pembebanan Struktur.....	5
A.1 Beban Mati	5
A.2 Beban Hidup.....	8
A.3 Beban Air Hujan	14
A.4 Beban Gempa	15
B. Perencanaan Struktur Tahan Gempa.....	15
B.1 Kategori Risiko Bangunan	16
B.2 Parameter Percepatan Spektral Desain	19
B.3 Kategori Desain Seismik	20
B.4 Sistem Struktur	21
C. Kombinasi Pembebanan	22
D. Perencanaan Elemen Struktur	24
D.1 Balok	24
D.2 Kolom.....	27
D.3 Pelat.....	27

BAB 3. METODE PENELITIAN.....	29
A. Gambaran Umum.....	29
B. Standard dan Rujukan yang Digunakan.....	29
C. Bagan Alir.....	31
D. Spesifikasi Material.....	31
E. Beban-beban yang Bekerja.....	33
E.1 Beban Mati (DL).....	33
E.2 Beban Hidup (LL).....	34
E.3 Beban Air Hujan (R).....	34
E.4 Beban Gempa (E).....	34
F. Pemodelan Struktur.....	41
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
A. Preliminary Design.....	47
A. 1 Balok.....	47
A. 2 Pelat.....	48
A. 3 Kolom.....	49
B. Running Analysis pada Program ETABS.....	55
C. Kontrol Penulangan.....	56
C. 1 Kolom.....	56
C. 2 Balok.....	62
C. 3 Kontrol <i>Strong Column Weak Beam</i>	62
C. 4 Pelat.....	82
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
A. Kesimpulan.....	91
B. Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi Penelitian	29
Gambar 2. Bagan Alir Desain Struktur	31
Gambar 3. Respon Spektrum Lokasi RSUD Tenriawaru Bone	37
Gambar 4. Input Data Jumlah Lantai dan Ketinggian Lantai	41
Gambar 5. Input Data Jarak Grid Bangunan	41
Gambar 6. Input Data Properti Material.....	42
Gambar 7. Pendefinisian Tumpuan sebagai Jepit.....	43
Gambar 8. Input Data Penampang.....	43
Gambar 9. Beban yang Bekerja pada Struktur Gedung	44
Gambar 10. Tampak Depan RSUD Tenriawaru	45
Gambar 11. Tampak Samping RSUD Tenriawaru	45
Gambar 12. Tampak Perspektif RSUD Tenriawaru.....	46
Gambar 13. Pendefinisian Frame Hasil Preliminary Design.....	51
Gambar 14. Pendefinisian Pelat Hasil Preliminary Design	51
Gambar 15. Hasil <i>Assign</i> Dimensi Kolom Preliminary Design Pada Salah Satu Potongan	52
Gambar 16. Hasil <i>Assign</i> Preliminary Design pada Lantai Ground	52
Gambar 17. Hasil <i>Assign</i> Preliminary Design pada Lantai 1	53
Gambar 18. Hasil <i>Assign</i> Preliminary Design pada Lantai 2	53
Gambar 19. Hasil <i>Assign</i> Preliminary Design pada Lantai 3	54
Gambar 20. Hasil <i>Assign</i> Preliminary Design pada Lantai 4	54
Gambar 21. Hasil <i>Assign</i> Preliminary Design pada Lantai Roof Deck	55
Gambar 22. Pengecekan Struktur Bangunan.....	55
Gambar 23. Verifikasi Struktur Bangunan	56
Gambar 24. Konsep <i>Strong Column Weak Beam</i>	77
Gambar 25. Diagram Alir Pengecekan <i>Strong Column Weak Beam</i>	78
Gambar 26. Pengecekan <i>Strong Column Weak Beam</i> pada Join Balok-Kolom.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Beban Mati Tambahan	5
Tabel 2. Beban Hidup	9
Tabel 3. Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Nongedung Untuk Beban Gempa	17
Tabel 4. Klasifikasi Situs.....	19
Tabel 5. Koefisien Situs F_a	20
Tabel 6. Koefisien Situs F_v	20
Tabel 7. Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{DS}	21
Tabel 8. Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}	21
Tabel 9. Tabel Minimum Balok	24
Tabel 10. Beban Dinding	33
Tabel 11. Beban Hidup.....	34
Tabel 12. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk....	35
Tabel 13. Faktor Keutamaan Gempa	36
Tabel 14. Parameter Desain Spektra	37
Tabel 15. Koefisien Situs F_a	38
Tabel 16. Koefisien Situs F_v	38
Tabel 17. Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{DS}	39
Tabel 18. Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}	39
Tabel 19. Faktor R , Ω_0 , C_d untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	40
Tabel 20. Dimensi Balok Induk Yang Digunakan.....	47
Tabel 21. Dimensi Balok Anak Yang Digunakan	48
Tabel 22. Rekap Dimensi Kolom Rencana	49
Tabel 23. Kontrol Dimensi Kolom Rencana	50
Tabel 24. Kontrol Dimensi Kolom Rencana	50
Tabel 25. Rekapitulasi Hasil Analisa ETABS.....	57
Tabel 26. Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Kolom.....	59
Tabel 27. Rekapitulasi Tulangan Kolom	61
Tabel 28. Rekapitulasi Hasil Analisa ETABS di Tumpuan	62

Tabel 29. Rekapitulasi Hasil Analisa ETABS di Lapangan	62
Tabel 30. Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok	72
Tabel 31. Rekapitulasi Tulangan Geser Terpasang	75
Tabel 32. Rekapitulasi Tulangan Torsi pada Balok	76
Tabel 33. Rekapitulasi Tulangan Balok	77
Tabel 34. Rekapitulasi Momen Nominal Balok	80
Tabel 35. Rekapitulasi Analisis Penampanag Kolom	81
Tabel 36. Rekapitulasi Pengecekan Strong Column Weak Beam	82
Tabel 37. Nilai Momen Maksimum Pelat Hasil Analisis ETABS	82
Tabel 38. Rekapitulasi Tulangan Pelat	90

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Rumah sakit merupakan salah satu fasilitas umum yang memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat. RSUD Tenriawaru Bone merupakan rumah sakit milik pemerintah Kabupaten Bone yang terletak di Jalan Dr. Wahidin Sudirohusodo Watampone, Kelurahan Macanang, Kecamatan Tanete Riatang Barat.

Sebagai Rumah Sakit yang jangkauan pelayanannya tidak hanya meliputi wilayah Kabupaten Bone, RSUD Tenriawaru perlu melakukan perencanaan pembangunan gedung perawatan baru untuk meningkatkan pelayanan dalam mempercepat peningkatan derajat kesehatan masyarakat.

Pembangunan Gedung Perawatan Baru RSUD Tenriawaru Bone perlu direncanakan dengan baik agar memenuhi syarat desain dengan kapasitas yang dibutuhkan. Perencanaan dilakukan untuk menghindari terjadinya kegagalan struktur yang dapat menimbulkan korban jiwa maupun materi dikemudian hari. Sehingga diperlukan perencanaan struktur yang aman dan mengacu pada aturan-aturan yang berlaku.

Berdasarkan hal-hal tersebut, maka penulis berencana untuk membuat suatu perencanaan yang disusun dalam bentuk tugas akhir yang berjudul : **“Perencanaan Struktur Gedung RSUD Tenriawaru Kabupaten Bone”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang ada, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah bagaimana mendesain elemen struktur pada gedung Rumah Sakit Umum Daerah Tenriawaru Kabupaten Bone.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah untuk mendesain dimensi dan penulangan elemen struktur pada gedung Rumah Sakit Umum Daerah Tenriawaru Kabupaten Bone dengan mengacu pada standar-standar perencanaan yang berlaku di Indonesia.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan struktur bangunan yang berfokus pada perhitungan dimensi kolom, balok, dan pelat beserta masing-masing penulangan.
2. Tidak dilakukan analisa struktur rangka atap dan struktur bawah
3. Beban yang ditinjau adalah beban mati (DL), beban hidup (LL) dan beban gempa (E) dengan menggunakan metode respon spektrum.
4. Material yang digunakan adalah beton dengan mutu (f'_c) 25 MPa, tulangan dengan kelas baja yaitu BjTS 280, BjTS 420A dan BjTP 280
5. Permodelan dan analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program aplikasi CSi ETABS V19.

E. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar pembahasan lebih terarah dan tetap menjurus pada pokok permasalahan dan kerangka isi. Dalam tugas akhir ini sistematika penulisan disusun dalam lima bab yang secara berurutan menerangkan hal-hal sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, Batasan masalah, serta sistematika penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang teori-teori dan tinjauan umum yang digunakan untuk membahas dan menganalisis tentang permasalahan dari penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahap demi tahap prosedur pelaksanaan penelitian serta cara pengolahan data hasil penelitian, termasuk juga kerangka alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menerangkan tentang kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembebanan Struktur

Menurut SNI 1727:2020, bangunan dan struktur lain dan semua bagiannya, harus dirancang dan dibangun dengan kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk memberikan stabilitas struktural, melindungi komponen nonstruktural dan sistem. Pembebanan yang bekerja pada struktur bangunan terdiri dari beban mati (berat sendiri *space trusses* dan beban mati tambahan), beban hidup (mahluk hidup), beban angin dan beban gempa. Pembebanan struktur pada tugas akhir ini secara umum terdiri dari beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

A.1 Beban Mati

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 (SNI 1727:2020).

Tabel 1. Beban Mati Tambahan

Komponen	Beban (kN/m ²)
CEILINGS	
Acoustical fiberboard	0,05
Gypsum board (per mm thickness)	0,008
Mechanical duct allowance	0,19
Plaster on tile or concrete	0,24
Plaster on wood lath	0,38
Suspended steel channel system	0,10
Suspended metal lath and cement plaster	0,72
Suspended metal lath and gypsum plaster	0,48

Komponen	Beban (kN/m ²)
Wood furring suspension system	0,12
COVERINGS, ROOF, AND WALL	
Asbestos-cement shingles	0,19
Asphalt shingles	0,10
Cement tile	0,77
Clay tile (for mortar add 0.48 kN/m ²)	
Book tile, 51 mm	0,57
Book tile, 76 mm	0,96
Ludowici	0,48
Roman	0,57
Spanish	0,91
Composition:	
Three-ply ready roofing	0,05
Four-ply felt and gravel	0,26
Five-ply felt and gravel	0,29
Copper or tin	0,05
Corrugated asbestos-cement roofing	0,19
Deck, metal, 20 gauge	0,12
Deck, metal, 18 gauge	0,14
Decking, 51-mm wood (Douglas fir)	0,24
Decking, 76-mm wood (Douglas fir)	0,38
Fiberboard, 13 mm	0,04
Gypsum sheathing, 13 mm	0,10
Insulation, roof boards (per mm thickness)	
Cellular glass	0,0013
Fibrous glass	0,0021
Fiberboard	0,0028
Perlite	0,0015
Polystyrene foam	0,0004
Urethane foam with skin	0,0009
Plywood (per mm thickness)	0,006
Rigid insulation, 13 mm	0,04
Skylight, metal frame, 10-mm wire glass	0,38
Slate, 5 mm	0,34
Slate, 6 mm	0,48
Waterproofing membranes:	
Bituminous, gravel-covered	0,26
Bituminous, smooth surface	0,07
Liquid applied	0,05
Single-ply, sheet	0,03
Wood sheathing (per mm thickness)	
Plywood	0,0057
Oriented strand board	0,0062
Wood shingles	0,14
FLOOR FILL	
Cinder concrete, per mm	0,017
Lightweight concrete, per mm	0,015
Sand, per mm	0,015
Stone concrete, per mm	0,023

Komponen	Beban (kN/m ²)			
FLOORS AND FLOOR FINISHES				
Asphalt block (51 mm), 13-mm mortar	1,44			
Cement finish (25 mm) on stone–concrete fill	1,53			
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 13-mm mortar bed	0,77			
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 25-mm mortar bed	1,10			
Concrete fill finish (per mm thickness) 0.023	0,023			
Hardwood flooring, 22 mm 0.19	0,19			
Linoleum or asphalt tile, 6 mm 0.05	0,05			
Marble and mortar on stone–concrete fill 1.58	1,58			
Slate (per mm thickness) 0.028	0,028			
Solid flat tile on 25-mm mortar base 1.10	1,10			
Subflooring, 19 mm 0.14	0,14			
Terrazzo (38 mm) directly on slab 0.91	0,91			
Terrazzo (25 mm) on stone–concrete fill 1.53	1,53			
Terrazzo (25 mm), 51-mm stone concrete 1.53	1,53			
Wood block (76 mm) on mastic, no fill 0.48	0,48			
Wood block (76 mm) on 13-mm mortar base 0.77	0,77			
FLOORS, WOOD-JOIST (NO PLASTER)				
DOUBLE WOOD FLOOR				
Joint sizes (mm):				
305-mm spacing (kN/m ²)	406-mm spacing (kN/m ²)			
610-mm spacing (kN/m ²)				
51 × 152	0.29	0.24	0.24	
51 × 203	0.29	0.29	0.24	
51 × 254	0.34	0.29	0.29	
51 × 305	0.38	0.34	0.29	
FRAME PARTITIONS				
Movable steel partitions	0,19			
Wood or steel studs, 13-mm gypsum board each side	0,38			
Wood studs, 51 × 102, unplastered	0,19			
Wood studs, 51 × 102, plastered one side	0,57			
Wood studs, 51 × 102, plastered two sides	0,96			
FRAME WALLS				
Exterior stud walls:				
51 mm × 102 mm@406 mm, 16-mm gypsum, insulated, 10-mm siding	0,53			
51 mm × 152 mm@406 mm, 16-mm gypsum, insulated, 10-mm siding	0,57			
Exterior stud walls with brick veneer	2,30			
Windows, glass, frame, and sash	0,38			
Clay brick wythes:				
102 mm	1,87			
203 mm	3,78			
305 mm	5,51			
406 mm	7,42			
Hollow concrete masonry unit wythes:				
Wythe thickness (in mm)	102	152	203	305
254				

Komponen					Beban (kN/m ²)
Density of unit (16.49 kN/m ³) with grout spacing as follows:					
No grout	1.05	1.29	1.68	2.01	2.35
1,219 mm		1.48	1.92	2.35	2.78
1,016 mm		1.58	2.06	2.54	3,02
813 mm		1.63	2.15	2.68	3,16
610 mm		1.77	2.35	2.92	3,45
406 mm		2.01	2.68	3.35	4,02
Full grout		2.73	3.69	4.69	5,70
Density of unit (19.64 kN/m ³) with grout spacing as follows:					
No grout	1.25	1.34	1.72	2.11	2,39
1,219 mm		1.58	2.11	2.59	2,97
1,016 mm		1.63	2.15	2.68	3,11
813 mm		1.72	2.25	2.78	3,26
610 mm		1.87	2.44	3.02	3,59
406 mm		2.11	2.78	3.50	4,17
Full grout		2.82	3.88	4.88	5,89
Density of unit (21.21 kN/m ³) with grout spacing as follows:					
No grout	1.39	1.68	2.15	2.59	3,02
1,219 mm		1.70	2.39	2.92	3,45
1,016 mm		1.72	2.54	3.11	3,69
813 mm		1.82	2.63	3.26	3,83
610 mm		1.96	2.82	3.50	4,12
406 mm		2.25	3.16	3.93	4,69
Full grout		3.06	4.17	5.27	6,37
Solid concrete masonry unit					
Wythe thickness (in mm)	102	152	203	254	305
Density of unit (16,49 kN/m ³)	1,53	1,70	3,21	4,02	4,88
Density of unit (16,49 kN/m ³)	1,82	2,82	3,78	4,79	5,79
Density of unit (16,49 kN/m ³)	1,96	3,02	4,12	5,17	6,27

A.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang di akibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, beban gempa, beban banjir atau beban mati. Beban hidup atap adalah beban pada atap yang diakibatkan oleh (1) Pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan dan material dan (2) Selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak,

seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghuni (SNI 1727:2020).

Tabel 2. Beban Hidup

Hunian atau penggunaan	Merata, L_e psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Apartemen (lihat rumah tinggal)					
Sistem lantai akses					
Ruang kantor	50 (2,4)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
Ruang computer	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang pertemuan					
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lobi	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Panggung pertemuan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Lantai podium	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Tribun penonton	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	
Koridor					
Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian				

Hunian atau penggunaan	Merata, Le psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
	kecuali disebutkan lain				
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)	300 (1,33)	
Hunian (lihat rumah tinggal)					
Dudukan mesin elevator (pada area 2 in.x 2 in. [50 mm x 50 mm])		-	-	300 (1,33)	
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		-	-		
Jalur penyelamatan saat kebakaran	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Tangga permanen		-	-	Lihat Pasal 4.5.4	
Garasi/Parkir (Lihat Pasal 4.10)					
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Tidak (4.7.4)	Ya (4.7.4)	Lihat Pasal 4.10.1	
Truk dan bus	Lihat Pasal 4.10.2	-	-	Lihat Pasal 4.10.2	
Pegangan tangga dan pagar pengaman	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat 4.5.1	
Batang pegangan				Lihat 4.5.2	
Helipad (Lihat Pasal 4.11)					
Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang	40 (1,92)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
Helikopter dengan berat lepas landas Lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
Rumah sakit					
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ruang pasien	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor diatas lantai	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	

Hunian atau penggunaan	Merata, L_e psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
pertama					
Hotel (lihat rumah tinggal)					
Perpustakaan					
Ruang baca	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	4.13
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Pabrik					
Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	2.000 (8,90)	
Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	3.000 (13,35)	
Gedung perkantoran					
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian					
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Kantor	50 (2,40)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Lembaga hukum					
Blok sel	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Koridor	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Tempat rekreasi					
Tempat bowling, billiard, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang dansa dan ballroom	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Gimnasium	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Rumah tinggal					
Hunian satu dan dua keluarga					
Loteng yang tidak dapat dihun tanpa gudang	10 (0,48)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.1
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan Gudang	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.2

Hunian atau penggunaan	Merata, Le psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua ruang kecuali tangga	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua hunian rumah tinggal lainnya					
Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang publik	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Koridor ruang publik	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Atap					
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	Ya (4.8.3)	-		
Atap vegetatif dan atap lansekap					
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
Awning dan kanopi					
Atap konstruksi fabric yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	Tidak (4.8.2)	-		
Rangka penumpu layar penutup	5 (0,24) berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	Tidak (4.8.2)	-	2000 (8,90)	
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	Ya (4.8.2)			4.8.1
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung					

Hunian atau penggunaan	Merata, L_e psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
dengan pekerjaan lantai tempat bekerja					
Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur utama pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjaanya, dan garasi bengkel		-	-	200 (0,89)	
Semua komponen struktur atap utamainnya		-	-	300 (1,33)	
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan				300 (1,33)	
Sekolah					
Ruang kelas	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses				200 (0,89)	
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3)	8.000 (35,60)	4.15
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika					

Hunian atau penggunaan	Merata, L_e psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
diperlukan) Ringan Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	Tidak (4.7.3) Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3) Tidak (4.7.3)		
Toko Eceran Lantai pertama Lantai di atasnya Grosir, di semua lantai	100 (4,79) 75 (3,59) 125 (6,00)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Tidak (4.7.3)		1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 1.000 (4,45)	
Penghalang kendaraan				Lihat Pasal 4.5.3	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	Ya (4.7.2)			
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)			

A.3 Beban Air Hujan

Setiap bagian dari atap harus dirancang untuk mampu menahan beban dari air hujan yang terakumulasi apabila sistem drainase primer pada bagian tersebut terhambat ditambah beban merata akibat kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran desainnya. Apabila sistem drainase sekunder terdiri dari beberapa saluran, saluran-saluran tersebut dan titik pembuangannya harus dipisahkan dari saluran primer. Beban air hujan harus didasarkan pada tinggi total (yakni, tinggi statis [ds] ditambah kepala hidraulik [dh]) yang terkait dengan laju aliran desain untuk sistem drainase dan saluran sekunder yang ditetapkan.

Tinggi total yang sesuai dengan laju aliran desain untuk saluran yang ditetapkan harus berdasarkan pada data uji hidraulik.

A.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah fenomena yang diakibatkan oleh benturan atau gesekan lempeng tektonik (*plate tectonic*) bumi yang terjadi di daerah patahan (*fault zone*). Pada saat terjadi benturan antara lempeng-lempeng aktif tektonik bumi, akan terjadi pelepasan energi gempa yang berupa gelombang energi yang merambat ke dalam atau di permukaan bumi (Himawan Indarto, 2009). Besarnya beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan tergantung dari beberapa faktor, yaitu: massa dan kekakuan struktur, waktu getar alami dan pengaruh redaman dari struktur, kondisi tanah dan wilayah kegempaan dimana struktur itu didirikan.

Beban gempa direncanakan mengacu pada peraturan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Pembebanan akibat dari pengaruh gerakan tanah dapat dimodelkan dengan beban statik ataupun beban dinamik. Analisis gempa dinamik yang biasa digunakan adalah analisis respon spektrum atau analisis riwayat waktu (*time history*). Pada tugas akhir ini analisis yang digunakan adalah analisis respon spektrum.

B. Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Perancangan bangunan akibat beban gempa berbeda dengan konsep perancangan akibat beban statis, sehingga beban gempa menjadi

perhatian khusus dalam perencanaan struktur bangunan. Besarnya tingkat pembebanan gempa berbeda-beda dari satu wilayah dengan wilayah yang lain, yang tergantung pada keadaan seismotektonik, geografi, dan geologi setempat. Analisa gempa pada bangunan tinggi perlu dilakukan karena pertimbangan keamanan struktur dan kenyamanan penghuni bangunan. Konsep dasar bangunan tahan gempa menurut Moestopo (2012) secara umum adalah sebagai berikut:

1. Bangunan tidak boleh rusak komponen struktural maupun nonstruktural ketika mengalami gempa kecil yang sering terjadi.
2. Bangunan tidak boleh rusak komponen strukturalnya ketika mengalami gempa sedang yang hanya terjadi sesekali.
3. Bangunan tidak boleh runtuh ketika mengalami gempa besar yang sangat jarang terjadi.

Perencanaan bangunan tahan gempa diatur di SNI 1726:2019 dan tergantung pada kategori risiko, parameter percepatan spektral desain, kategori desain seismik, dan sistem struktur yang digunakan.

B.1 Kategori Risiko Bangunan

Berdasarkan jenis pemanfaatan atau fungsinya, bangunan tahan gempa terbagi menjadi empat kategori risiko bangunan. Semakin penting kegunaan suatu bangunan maka beban gempa yang diperhitungkan menjadi lebih besar dan risiko kerusakan dari bangunan menjadi lebih rendah. Pembagian kategori risiko bangunan terdapat pada SNI 1726:2019

seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Dari kategori risiko yang didapatkan, dapat diketahui faktor keutamaan gempa (I_e) berdasarkan SNI 1726:2019 sebagai salah satu parameter seismik struktur yang merupakan faktor amplifikasi beban gempa.

Tabel 3. Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Nongedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non Gedung 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 - Gedung 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 toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
Gedung dan non Gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada 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 Gedung dan non Gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau	III

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non Gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non Gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas Kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedag 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 energo 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 untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. 	IV

B.2 Parameter Percepatan Spektral Desain

Pada perencanaan struktur tahan gempa, terdapat dua parameter percepatan spectral desain yang diperlukan yaitu peroda pendek (S_{DS}) dan untuk perioda 1 detik (S_{D1}). Kedua parameter tersebut ditentukan oleh lokasi dan kelas situs tanah dari bangunan yang direncanakan.

1. Percepatan gempa di batuan dasar pada perioda pendek (S_S) dan perioda 1 detik (S_1) diperoleh dari peta Gambar 15 dan Gambar 16 pada SNI 1726:2019 atau dari situs <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>
2. Kelas situs ditentukan berdasarkan kondisi tanah tempat bangunan akan didirikan dan telah diatur pada SNI 1726:2019 tentang klasifikasi situs sesuai dengan Tabel 4 dibawah ini. Dari kelas situs tersebut dapat ditentukan koefisien situs (F_a dan F_v) berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6 SNI 1726:2019.

Tabel 4. 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 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser nilair $\bar{s}_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki		

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:		
	- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah		
	- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Tabel 5. Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respon spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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					

Tabel 6. Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respon spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
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					

B.3 Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik adalah kategori yang menentukan jenis sistem rangka yang akan digunakan pada perencanaan sesuai dengan

nilai S_{DS} , S_{D1} dan kategori resiko gedungnya. Setelah mendapat kategori risiko dan nilai percepatan spectral desain dari bangunan yang direncanakan, bangunan tersebut diklasifikasin dalam kategori desain seismic. Kategori desain seismic ditentukan berdasarkan nilai S_{DS} , S_{D1} , dan kategori risiko bangunan yang dapat ditentukan dengan melihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 yang diambil dari SNI 1726:2019.

Tabel 7.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

Tabel 8.Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}

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

B.4 Sistem Struktur

Sistem struktur pemikul gaya seismik terbagi dalam beberapa jenis berdasarkan Tabel 12 SNI 1726:2019. Pada tugas akhir ini digunakan sistem struktur rangka beton pemikul momen, sehingga terdapat tiga pilihan sistem struktur yang dapat digunakan, yaitu:

- Sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus
- Sistem rangka beton bertulang pemikul momen menengah
- Sistem rangka beton bertulang pemikul momen biasa

Setelah mengetahui sistem struktur yang digunakan, dapat diketahui parameter-parameter seismik bangunan yang terdiri atas koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem (Ω), dan faktor pembesaran defleksi (C_d), serta dapat diketahui pula batasan tinggi struktur untuk tiap-tiap kategori desain seismik. Nilai-nilai tersebut telah ditentukan pada Tabel 12 SNI 1726:2019.

C. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726:2019, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi berikut.

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

Untuk desain bangunan dengan kategori desain seismik B, gaya seismik desain diizinkan untuk diterapkan secara terpisah dalam masing-masing arah dari dua arah orthogonal dan pengaruh interaksi orthogonal diizinkan untuk diabaikan.

Pembebanan yang diterapkan pada struktur bangunan yang didesain untuk kategori dalam untuk kategori desain seismik B dan persyaratan pasal ini. Struktur yang tidak mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal tipe 5 harus menggunakan salah satu dari prosedur berikut:

- a. Prosedur kombinasi ortogonal. Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur analisis gaya lateral ekuivalen dalam 0, prosedur analisis ragam respons spektral dalam 0, atau prosedur riwayat respons waktu linier dalam 0, seperti diizinkan dalam 0, dengan pembebanan yang diterapkan secara terpisah dalam sebarang dua arah ortogonal. Pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan gaya seismik pada struktur dianggap terpenuhi jika elemen struktur dan fondasinya didesain untuk memikul kombinasi beban-beban yang ditetapkan berikut: 100 % gaya untuk satu arah ditambah 30 % gaya untuk arah tegak lurus. Kombinasi yang mensyaratkan kekuatan komponen maksimum harus digunakan.
- b. Penerapan serentak gerak tanah ortogonal. Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur riwayat respons waktu linier dalam 0 atau prosedur riwayat respons waktu nonlinier dalam 0, seperti diizinkan dalam 0, dengan pasangan ortogonal riwayat percepatan gerak tanah yang diterapkan secara bersamaan.

Untuk desain bangunan dengan kategori desain seismik D, E, atau F minimal harus sesuai dengan persyaratan 0. Sebagai tambahan, setiap

kolom atau dinding yang membentuk bagian dari dua atau lebih sistem pemikul gaya seismik yang berpotongan dan dikenai beban aksial, akibat gaya seismik yang bekerja sepanjang sumbu denah utama, yang sama dengan atau lebih dari 20% kuat desain aksial kolom atau dinding harus didesain untuk pengaruh beban paling kritis akibat penerapan gaya seismik dalam semua arah. Baik prosedur 0a atau 0b, diizinkan untuk digunakan untuk memenuhi persyaratan ini. Kecuali seperti disyaratkan dalam 0, analisis 2 dimensi diizinkan untuk struktur dengan diafragma fleksibel.

D. Perencanaan Elemen Struktur

D.1 Balok

Perencanaan Balok terhadap Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2019, balok nonprategang yang tidak bertumpu atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar, ketebalan keseluruhan pelat h tidak boleh kurang dari batas minimum yang telah dipersyaratkan pada Tabel 9 seperti dibawah ini.

Tabel 9. Tabel Minimum Balok

Kondisi Perlekatan	Minimum h
Perletakan Sederhana	$\ell/16$
Menerus Satu Sisi	$\ell/18,5$
Menerus Dua Sisi	$\ell/21$
Kantilever	$\ell/8$

Batasan dalam Tabel 9 berlaku untuk keseluruhan tinggi balok komposit nonprategang ditopang perancah selama konstruksi sehingga, setelah dukungan sementara dihilangkan, beban mati ditahan oleh penampang komposit penuh. Pada konstruksi yang tidak ditopang perancah, tinggi balok tersebut bergantung pada lendutan yang terjadi sebelum atau sesudah aksi komposit yang efektif tercapai. Lendutan tambahan akibat rangkai dan susut berlebih disebabkan oleh pembebanan awal harus dipertimbangkan. Ini sangat penting pada usia dini ketika kadar air tinggi dan kekuatannya rendah. Transfer dari geser horizontal oleh lekatan langsung adalah penting jika lendutan berlebihan dari slip harus dicegah. Kunci geser (*shear key*) menyediakan sarana untuk mentransfer geser namun tidak akan berperan hingga terjadi slip.

Perencanaan Balok Terhadap Geser

Menurut Edward G. Nawy (2010), kekuatan tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya maka desain balok terhadap geser merupakan hal yang sangat penting dalam struktur beton. Perilaku beton bertulang pada keadaan runtuh karena geser sangat berbeda dengan keruntuhan karena lentur. Balok tersebut langsung hancur tanpa adanya peringatan terlebih dahulu. Juga retak diagonalnya jauh lebih lebar dibandingkan dengan retak lentur.

Perencanaan terhadap tulangan geser balok harus didasarkan pada

$$Vn = \frac{Vu}{\phi}$$

Dengan V_u adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan V_n adalah kuat geser nominal yang dihitung dari

$$V_n = V_c + V_s$$

Kekuatan geser nominal yang disediakan beton V_c dapat dihitung dengan persamaan

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d$$

Kemudian hasilnya jika $V_n > V_c$, maka tulangan yang digunakan adalah tulangan geser struktural. Atau $V_n \leq V_c$ tetapi $\geq 0,5.V_c$, maka tulangan yang digunakan adalah tulangan geser minimum.

Perencanaan Balok terhadap Torsi

Menurut Edward G. Nawy (2010), torsi terjadi pada konstruksi beton monolit, terutama apabila beban bekerja pada jarak yang tidak nol dari sumbu memanjang batang struktural. Balok ujung dari panel lantai, balok tepi (*spandrel beam*) yang menerima beban dari satu sisi, atap kanopi dari halte bus yang ditumpu oleh sistem balok di atas kolom, balok keliling pada lubang lantai, dan juga tangga melingkar, semuanya merupakan contoh elemen struktural yang mengalami momen puntir. Momen puntir ini sering menyebabkan tegangan geser yang cukup besar. Sebagai akibatnya, terdapat retak-retak yang dapat menjalar sampai melebihi limit serviceability yang diizinkan.

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 22.7 tulangan torsi harus diterapkan pada komponen struktur jika $T_u \geq \phi T_{th}$ dimana ϕ pada Tabel 21.2.1 untuk tulangan torsi sebesar 0,75.

D.2 Kolom

Menurut Edward G. Nawy (2010), kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih di bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan, dan juga runtuh batas total (*ultimate total collapse*) seluruh strukturnya. Seperti halnya balok, kekuatan kolom di evaluasi berdasarkan prinsip-prinsip dasar sebagai berikut:

1. Distribusi regangannya linier diseluruh tebal kolom.
2. Tidak ada gelincir antara beton dengan tulangan baja.
3. Regangan beton maksimum yang diizinkan pada keadaan gagal adalah 0,003.
4. Kekuatan tarik beton diabaikan dan tidak digunakan dalam perhitungan.

D.3 Pelat

Menurut Ali Asroni (2010), yang dimaksud pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang

arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

Sistem perencanaan tulangan pelat dibagi menjadi 2 macam, yaitu sistem perencanaan pelat tulangan pokok satu arah (*one way slab*) dan perencanaan pelat dua arah (*two way slab*).

1. Pelat satu arah adalah pelat yang panjangnya dua kali atau lebih besar daripada lebarnya. Pelat dengan tulangan pokok satu arah akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja.
2. Persyaratan pelat dua arah jika perbandingan dari bentang Panjang terhadap bentang pendek kurang dari dua. Beban pelat lantai pada jenis ini disalurkan ke empat sisi pelat atau ke empat balok pendukung, akibatnya tulangan utama pelat diperlukan pada kedua arah sisi pelat.