

SKRIPSI

**PERENCANAAN STURUKTUR *DELFT* APARTEMENT
CITRALAND CITY LOSARI MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh:

**Nur Fahmy Asyura
D011 18 1325**



**PROGRAM STUDI SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PERENCANAAN STRUKTUR DELFT APARTMENT CITRALAND CITY LOSARI MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

NUR FAHMY ASYURA
D011 18 1325

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 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Pendamping,



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

Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;
Nama : Nur Fahmy Asyura
NIM : D011181325
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Perencanaan Struktur *Delft Apartement Citraland City* Losari Makassar}

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, Agustus 2023

ng Menyatakan

Nur Fahmy Asyura

ABSTRAK

NUR FAHMY ASYURA. Perencanaan Struktur *Delft Apartement Citraland City* Losari Makassar (dibimbing oleh Prof. Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST.,MT. dan Dr. Eng. Fakhruddin,ST.,M.Eng.)

Apartemen merupakan sebuah model tempat tinggal yang hanya mengambil sebagian kecil ruang dari suatu bangunan. Bangunan gedung apartemen memiliki puluhan bahkan ratusan unit berupa tempat tinggal yang terdiri dari kamar tidur, ruang keluarga, kamar mandi, dapur dan sebagainya. Berdasarkan pengertian ini, fungsi utama apartemen adalah sebagai pemukiman vertikal dengan kegiatan yang relatif sama dengan pemukiman pada umumnya. Tugas akhir ini bertujuan untuk mendesain dimensi penulangan elemen struktur atas dari bangunan Gedung Delft Apartement Citraland City Losari Makassar sesuai dengan Standar Nasional Indonesia. Dalam perancangan elemen struktur berfokus pada elemen balok, kolom dan pelat. Bangunan Delft Apartment ini terdiri dari 21 lantai. Pada Lantai Semi Basement digunakan sebagai tempat MEP dan parkir motor, sedangkan pada Lantai P1 – Lantai P4 digunakan sebagai tempat parkir. Lantai 2 - 6 digunakan sebagai tempat fasilitas umum dan unit Apartemen. Untuk Lantai 7 – Lantai 20 digunakan sebagai unit Apartemen. Jumlah keseluruhan unit apartemen yakni 260 unit. Lokasi Apartement masuk pada kategori desain seismik D dengan analisis gempa yang digunakan adalah analisis respon spektrum berdasarkan data dari *website* puskim PU yang mengacu pada peta gempa 2017 (SNI 1726:2019). Struktur di desain dengan material beton bertulang dan sistem struktur yang digunakan adalah sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Analisis dan desain struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ETABS. Adapun pengontrolan pada elemen struktur yaitu kolom, balok, dan pelat dilakukan secara manual dan sesuai dengan ketentuan atau persyaratan yang berlaku. Secara keseluruhan, elemen struktur aman dalam memikul beban kerja.

Kata Kunci: ETABS, Perencanaan Struktur, *Delft Apartement*

ABSTRACT

NUR FAHMY ASYURA. *Structure Design Of Delft Apartement Citraland City Losari Makassar* (mentored by Prof. Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST.,MT. and Dr. Eng. Fakhruddin,ST.,M.Eng.)

An apartment is a residential model that only takes up a small portion of the space of a building. Apartment buildings have tens or even hundreds of units in the form of residences consisting of bedrooms, living rooms, bathrooms, kitchens and so on. Based on this understanding, the main function of the apartment is as a vertical settlement with activities that are relatively the same as settlements in general. This final project aims to design the dimensions of the reinforcement of the upper structural elements of the Delft Citraland City Losari Makassar Apartment Building in accordance with the Indonesian National Standard. In designing structural elements, the focus is on beam, column and slab elements. The Delft Apartment building consists of 21 floors. On the Semi Basement Floor it is used as a place for MEP and motorbike parking, while on Floors P1 - Floor P4 it is used as a parking lot. Floors 2 - 6 are used as public facilities and apartment units. For floors 7 - 20 floors are used as apartment units. The total number of apartment units is 260 units. The location of the apartment is in the seismic design category D with the earthquake analysis used is spectrum response analysis based on data from the Puskim PU website which refers to the 2017 earthquake map (SNI 1726: 2019). The structure is designed with reinforced concrete material and the structural system used is a special moment resisting frame system (SRPMK). Structural analysis and design is carried out with the help of ETABS software. The control of structural elements, namely columns, beams and slabs is carried out manually and in accordance with applicable provisions or requirements. Overall, the structural elements are safe in carrying the work load.

Keywords: ETABS, Structural Planning, Delft Apartement

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
KATA PENGANTAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan	3
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	3
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton Bertulang	5
2.2 Pembebanan Struktur.....	6
2.2.1 Beban Mati	6
2.2.2 Beban Hidup	11
2.2.3 Beban Air Hujan	17
2.2.4 Beban Angin	18
2.2.5 Beban Gempa.....	18
2.3 Perencanaan Struktur Tahan Gempa.....	18
2.2.1 Kategori Risiko Bangunan	19
2.2.2 Parameter Percepatan Spektral Desain.....	21
2.2.3 Kategori Desain Seismik	23
2.2.4 Sistem Struktur	24

2.4 Kombinasi Pembebanan	26
2.5 Perencanaan Elemen Struktur.....	27
2.5.1 Balok	27
2.5.2 Kolom.....	32
2.5.3 Pelat.....	34
BAB 3 METODE PERANCANGAN	36
3.1 Gambaran Umum.....	36
3.2 Standar dan Rujukan Yang Digunakan	36
3.3 Bagan Alir	37
3.4 Spesifikasi Material.....	38
3.5 Beban-Beban Yang Bekerja	38
3.5.1 Beban Mati	38
3.5.2 Beban Hidup	39
3.5.3 Beban Air Hujan	39
3.5.4 Beban Angin	39
3.5.3 Beban Gempa.....	43
3.6 Pemodelan Struktur.....	51
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	57
4.1 <i>Preliminary Design</i>	57
4.1.1 Balok	57
4.1.2 Pelat.....	58
4.1.3 Kolom.....	59
4.2 Pendefinisian Pada Program ETABS.....	61
4.3 <i>Running Analysis</i> Pada Program ETABS.....	63
4.4 Kontrol Penulangan.....	64
4.4.1 Kolom.....	64
4.4.2 Balok	69
4.4.3 Pelat.....	84
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	94
5.1 Kesimpulan.....	94
5.2 Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pemodelan 3D <i>Delft Apartement Citraland City</i>	2
Gambar 2. Metode Desain Balok Tulangan Rangkap	29
Gambar 3. Metode Desain Balok T dan L	29
Gambar 4. Metode Desain Tulangan Geser Balok.....	30
Gambar 5. Metode Desain Tulangan Longitudinal Kolom	33
Gambar 6. Metode Desain Tulangan Geser Kolom	34
Gambar 7. Lokasi <i>Delft Apartment Citraland City Makassar</i>	36
Gambar 8. Bagan Alir Perencanaan Struktur.....	37
Gambar 9. Grafik Spektrum Respon Desain	44
Gambar 10. Input Data Jumlah Lantai dan Ketinggian Lantai	48
Gambar 11. Input Data Jarak Grid Bangunan.....	48
Gambar 12. Input Data Properti Material	49
Gambar 13. Pendefinisian Tumpuan sebagai Jepit	50
Gambar 14. Input Data Penampang	50
Gambar 15. Beban yang Bekerja pada Struktur Gedung.....	51
Gambar 16. Tampak Depan <i>Delf Apartment Citraland City</i>	51
Gambar 17. Tampak Samping <i>Delf Apartment Citraland City</i>	52
Gambar 18. Tampak Perspektif <i>Delf Apartment Citraland City</i>	52
Gambar 19. Pelat Yang Ditinjau	54
Gambar 20. Pendefinisian Frame Hasil Preliminary Design.....	57
Gambar 21. Pendefinisian Pelat Hasil Preliminary Design	57
Gambar 22. Hasil <i>Assign</i> Dimensi Kolom Preliminary Design Pada Salah Satu Potongan.....	58
Gambar 23. Hasil <i>Assign</i> Dimensi Kolom Preliminary Design.....	58
Gambar 24. Pengecekan Struktur Bangunan	59
Gambar 25. Hasil desain kolom di SpColumn.....	61
Gambar 26. Diagram Interaksi kolom.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Beban Mati Tambahan.....	7
Tabel 2. Beban Hidup.....	11
Tabel 3. Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Non gedung Untuk Beban Gempa	19
Tabel 4. Klasifikasi Situs.....	22
Tabel 5. Koefisien Situs, F_a	23
Tabel 6. Koefisien Situs, F_v	24
Tabel 7. Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{DS}	24
Tabel 8. Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}	24
Tabel 9. Tinggi Minimum Balok	39
Tabel 10. Beban Hidup.....	40
Tabel 11. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa Kategori Risiko II	41
Tabel 12. Faktor Keutamaan Gempa.....	41
Tabel 13. Data uji Boring Log BH-B02.....	42
Tabel 14. Data uji Boring Log BH-B01	42
Tabel 15. Data uji Boring Log BH-C01	43
Tabel 16. Data uji Boring Log BH-D02-01.....	43
Tabel 17. Data uji Boring Log BH-D02-02.....	44
Tabel 18. Parameter Desain Spektra	45
Tabel 19. Koefisien Situs F_a	45
Tabel 20. Koefisien Situs F_v	46
Tabel 21. Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{DS}	46
Tabel 22. Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}	47
Tabel 23. Faktor R , Ω_0 , dan C_d untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	53
Tabel 24. Dimensi Balok Induk.....	54
Tabel 25. Dimensi Balok Anak sebagai berikut	55
Tabel 26. Rekap dimensi kolom rencana	56
Tabel 27. Kontrol Dimensi Kolom Rencana	60
Tabel 28. Rekapitulasi Hasil Analisa ETABS	63
Tabel 29. Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Longitudinal Kolom	63
Tabel 30. Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Kolom	64
Tabel 31. Rekapitulasi Hasil Analisa ETABS di Tumpuan	65
Tabel 32. Rekapitulasi Hasil Analisa ETABS di Lapangan	74
Tabel 33. Tabel Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok	
Tabel 34. Tabel Rekapitulasi Tulangan Geser Balok.....	77
Tabel 35. Tabel Rekapitulasi Tulangan Torsi Balok	78
Tabel 36. Rekapitulasi Tulangan Balok	79
Tabel 37. Momen Terfaktor pada Pelat.....	80
Tabel 38. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pelat.....	89

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
a	Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen
a_{pr}	Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen
A_b	Luas setiap tulangan
A_{ch}	Luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal
A_{cp}	Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton
A_g	Luas bruto penampang beton
A_l	Luas tulangan longitudinal untuk menahan torsi
A_o	Luas bruto yang dilingkupi oleh lintasan alir geser
A_{oh}	Luas yang dilingkupi oleh garis pusat tulangan torsi transversal tertutup terluar
A_s	Luas tulangan tarik longitudinal
A_{sh}	Luas penampang total tulangan transversal (termasuk ikat silang)
A_t	Luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan torsi
A_v	Luas tulangan geser
b	Lebar komponen struktur
b_c	Dimensi penampang inti komponen struktur yang diukur ke tepi luar tulangan transversal pada arah sumbu lemah komponen struktur
c_1	Dimensi kolom yang diukur dalam arah bentang dimana momen ditentukan
c_2	Dimensi kolom yang diukur yang diukur dalam arah Tegak lurus terhadap c_1
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
d	Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal
D	Diameter tulangan deform/sirip
$f'c$	Kekuatan tekan beton
F_a	Koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0,2 detik
F_i	Bagian dari gaya geser dasar, V , pada tingkat- i
F_v	Koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
F_x	Gaya seismik lateral di level- x
f_y	Kekuatan leleh tulangan
f_{yt}	Kekuatan leleh tulangan torsi
f_{yv}	Kekuatan leleh tulangan transversal
g	Percepatan gravitasi
h	Tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur
h_c	Dimensi penampang inti komponen struktur yang diukur ke tepi luar tulangan transversal pada arah sumbu kuat komponen struktur
h_n	Batasan tinggi struktur
h_{sx}	Tinggi tingkat di bawah level- x
I_e	Faktor keutamaan gempa
l_0	Panjang penanaman tambahan melewati garis pusat tumpuan atau titik belok
L	Panjang komponen struktur
L_n	Bentang bersih komponen struktur
M_n	Kekuatan lentur nominal pada penampang
M_{nb}	Kekuatan lentur nominal balok termasuk pelat bilamana tertarik, yang merangka ke dalam joint

M_{nc}	Kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam join
M_u	Momen terfaktor pada penampang
M_{pr}	Kekuatan lentur mungkin komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan properti komponen struktur pada muka joint yang mengasumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit $1,25f_y$
n	Jumlah tulangan
N_u	Gaya tekan aksial terkecil
P_{cp}	Keliling luar penampang beton
P_h	Keliling garis tengah terluar sengkang tertutup
P_u	Gaya aksial terfaktor
R	Koefisien modifikasi respons
R_n	Faktor Tahanan Momen
s	Spasi tulangan transversal
sb	Selimut bersih tulangan
S	Spasi tulangan longitudinal
S_{DS}	Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek
S_{D1}	Parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik
S_S	Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek
S_I	Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik
T	Periode fundamental
T_a	Periode fundamental pendekatan
T_{th}	Ambang batas torsi
T_n	Kekuatan momen torsi nominal
T_u	Momen torsi terfaktor pada penampang

V	Geser desain total di dasar struktur
V_c	Tahanan geser beton
V_e	Gaya geser desain untuk kombinasi pembebanan termasuk pengaruh gempa
V_g	Gaya geser akibat beban gravitasi
V_s	Kekuatan geser nominal yang diberikan oleh penulangan geser
V_{sway}, V_{pr}	Gaya geser akibat goyangan struktur
V_u	Gaya geser terfaktor penampang
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 merefleksikan properti mekanis tereduksi dari beton ringan
θ	Koefisien stabilitas untuk pengaruh P-Delta
ρ	Faktor redundansi struktur
ρ	Rasio tulangan
ϕ	Faktor reduksi kekuatan
\emptyset	Diameter tulangan polos
Ω_0	Faktor kuat lebih

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Detail 96

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **”Perencanaan Struktur Delft Apartement Citraland City Losari Makassar”** yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini dan juga faktor dari pribadi penulis sendiri dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan support secara materi maupun non materi sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan waktu yang sesuai kapasitas dari Penulis sendiri. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih 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 Prof. Dr.Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.**, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal pengerjaan hingga selesainya tugas akhir ini.
4. **Bapak Dr. Eng. Fakhruddin, S.T., M.Eng.**, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya memberikan bimbingan serta pengarahan dan juga memberikan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. **Ibu Ir. Ariningsih Suprapti, S.T., M.T** selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan agar pengerjaan tugas akhir ini bisa sesuai dengan kaidah perancangan yang ada.
6. **Bapak Dr. Eng. Muhammad Akbar Caronge, S.T., M. Eng** selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak saran serta arahan agar

terselesaikannya tugas akhir ini dapat sesuai dengan tahapan perancangan yang ada.

7. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda **Agus Salen** dan ibunda **Budiaty Budiman** atas doa, kasih sayang, dan segala dukungan dan kebaikan selama ini, baik secara moral maupun material. Serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.
2. **Keluarga Besar TRANSISI 2019** selaku rumah yang telah menjadi saksi dinamika kehidupan bermahasiswa dari penulis sendiri.
3. **Keluarga Besar HMS FT-UH** sebagai wadah belajar dan berproses sebagai mahasiswa. Tekhusus periode 2020/2021 terimakasih waktu dan kesempatannya, sehat sehat terus yang sudah ada dalam satu periode.
4. Saudara-saudara seperjuangan **Laboratorium Riset Rekayasa dan Perkuatan Struktur** yang senantiasa banyak memberikan bantuan dan dukungan, serta saling mengingatkan menuju ke jalan kebaikan.
5. **Kanda Teguh, Saudara Fikri, Saudara Nirwana, Saudara Kinah, Saudara Kaleb.** Terimakasih telah senantiasa membantu penulis dan juga membimbing penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Terkhusus saudara **Imran, Riyad, Rudy, Yusran, Alif, Khaidir, dan Fiqri.** Terimakasih atas semangatnya sampai saat ini, semoga hal hal baik terus menghampiri.
7. **Punu, Terima kasih** telah membersamai sampai saat ini dan terima kasih atas support systemnya semoga dilancarkan urusannya dan tidak ada kendala proses menuju gelar barunya.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini. Karena menjadi pemantik untuk penulis juga senantiasa belajar lagi dan lagi dan mengevaluasi keseluruhan yang masih belum benar dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, Agustus 2023

Nur Fahmy Asyura

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Apartemen merupakan sebuah model tempat tinggal yang hanya mengambil sebagian kecil ruang dari suatu bangunan. Bangunan gedung apartemen memiliki puluhan bahkan ratusan unit berupa tempat tinggal yang terdiri dari kamar tidur, ruang keluarga, kamar mandi, dapur dan sebagainya. Berdasarkan pengertian ini, fungsi utama apartemen adalah sebagai pemukiman vertikal dengan kegiatan yang relatif sama dengan pemukiman pada umumnya.

Apartemen di beberapa wilayah di Indonesia dikategorikan sebagai hunian *high rise*. Hunian *high rise* adalah gedung yang memiliki struktur dengan ketinggian minimal 23 meter dan idealnya menggunakan lift untuk mencapai beberapa lantai dalam gedungnya. Dengan demikian diperlukan struktur bangunan yang kuat dan kokoh untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan mengingat juga bahwa Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki rangkaian gunung api teraktif di dunia, Selain itu wilayah Indonesia juga bertepatan dengan pertemuan tiga lempeng bumi yang menjadi faktor rawan terjadinya gempa bumi dan gunung meletus di Indonesia yang dapat mempengaruhi bangunan tinggi apabila tidak dilakukan perencanaan struktur dengan baik.

Sebagai salah satu kota yang padat penduduk, di kota Makassar telah didirikan beberapa apartemen, salah satunya di kawasan *Centre Point of Indonesia* yaitu *Delft Apartement Citraland City* Losari Makassar. Pembangunan serta pengelolaannya langsung dibawah Perusahaan property Citraland City Makassar. Konsep yang diusung adalah *Waterfront city*, selain Delft Apartemen Citraland City ada beberapa fasilitas publik nantinya berdiri di atas lahan reklamasi seluas 106,76 H. Selain sebagai hunian, juga akan menjadi pusat aktivitas dengan kapasitas besar oleh orang-orang yang bermukim di apartement, Oleh karenanya diperlukan perencanaan yang aman dan mengikuti kaidah perencanaan struktur gedung untuk menunjang berbagai kegiatan yang ada di apartement.

Perencanaan struktur harus mengikuti peraturan perencanaan yang ditetapkan oleh pemerintah berupa Standar Nasional Indonesia (SNI). Perencanaan struktur bertujuan untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti keekonomisan dan kemudahan dalam pelaksanaan. Suatu struktur disebut stabil bila struktur tersebut tidak mudah terguling, miring atau tergeser selama umur bangunan yang direncanakan.

Bangunan Delft Apartment ini terdiri dari 21 lantai. Pada Lantai Semi Basement digunakan sebagai tempat MEP dan parkir motor, sedangkan pada Lantai P1 – Lantai P4 digunakan sebagai tempat parkir. Lantai 2 - 6 digunakan sebagai tempat fasilitas umum dan unit Apartemen. Untuk Lantai 7 – Lantai 20 digunakan sebagai unit Apartemen. Lantai Atap digunakan sebagai tempat MEP dan Roof Tank. Jumlah keseluruhan unit apartemen yakni 260 unit yang terdiri dari beberapa type mulai dari yang terkecil ukuran 7 m x 3.6 m sampai yang terbesar 7 m x 11.8 m. Pemodelan 3D Apartemen dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan 3D *Delft Apartement* Citraland City Losari Makassar

Berdasarkan hal-hal tersebut, maka penulis berencana untuk membuat suatu perencanaan yang disusun dalam bentuk Tugas Akhir yang berjudul “**Perencanaan Struktur Delf Apartement Citraland City Losari Makassar**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat dibuat rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah bagaimana mendesain elemen struktur dari bangunan Gedung delf Apartement Citraland City Losari Makassar sesuai dengan standar yang berlaku.

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah untuk mendesain dimensi dan penulangan elemen struktur pada bangunan Gedung Delf Apartement Citraland City Losari Makassar sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Dari penelitian diharapkan dapat menambah wawasan penulis sendiri dan pembaca dalam mendesain dan menganalisis bangunan gedung sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI).

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur bangunan yang fokus pada perhitungan dimensi kolom, balok, pelat beserta masing-masing penulangannya.
2. Tidak dilakukan struktur bawah
3. Beban yang ditinjau adalah beban mati (DL), beban hidup (LL), beban angin, dan beban gempa (E) dengan menggunakan metode respon spektrum.

4. Material yang digunakan adalah beton dengan mutu (f_c) 35 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 V18

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Bertulang

Material beton merupakan salah satu material penting yang sering digunakan pada pembangunan infrastruktur di Indonesia. Beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additive* (Adi, 2013).

Beton bertulang merupakan kombinasi antara beton dengan baja tulangan. Beton mempunyai perilaku keruntuhan getas, yaitu keruntuhan yang terjadi secara tiba-tiba jika beban yang bekerja sudah melampaui kekuatan bahan. Sementara baja mempunyai perilaku keruntuhan daktail, yaitu adanya peristiwa kelelahan sebelum bahan runtuh akibat pembebanan yang diberikan. Beton bertulang mempunyai sifat sesuai dengan sifat bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan.

Beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh baja tulangan, sedangkan beban tekan cukup ditahan oleh beton. Sukses beton bertulang sebagai bahan konstruksi yang universal cukup mudah dipahami jika dilihat dari banyaknya kelebihan yang dimilikinya. Kelebihan tersebut antara lain (McCormac, 2004) :

1. Beton memiliki kuat tekan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan yang lain.
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air.
3. Struktur beton bertulang sangat kokoh.
4. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.
5. Dibandingkan dengan bahan lain beton memiliki usia layan yang sangat panjang. Dalam kondisi-kondisi normal, struktur beton bertulang dapat digunakan sampai kapan pun tanpa kehilangan kemampuannya untuk menahan beban.
6. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi tapak, dinding, basement, tiang tumpuan jembatan, dan bangunan-bangunan semacam itu.
7. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk sangat beragam, mulai dari pelat, balok, dan kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.

8. Di sebagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.
9. Keahlian buruh untuk membangun konstruksi beton bertulang lebih rendah bila dibandingkan dengan bahan lain seperti baja struktur.

Di samping kelebihan-kelebihan beton bertulang sebagai suatu bahan struktur, beton bertulang juga mempunyai berbagai kekurangan dan kelemahan. Kelemahan-kelemahan tersebut antara lain adalah (McCormac, 2004) :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik.
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap di tempatnya sampai beton tersebut mengeras. Selain itu, penopang atau penyangga sementara mungkin diperlukan untuk menjaga agar bekisting tetap berada pada tempatnya, misalnya pada kolom, dinding, atap, dan struktur-struktur sejenis, sampai bagian-bagian beton ini cukup kuat untuk menahan beratnya sendiri.
3. Rendahnya kekuatan per satuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat.
4. Rendahnya kekuatan persatuan volume akan mengakibatkan beton akan berukuran relatif lebih besar. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi-campuran dan pengadukannya.

2.2 Pembebanan Struktur

Menurut SNI 1727:2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain, 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 dan beban mati tambahan), beban hidup, beban angin dan beban gempa. Pembebanan struktur pada tugas akhir ini secara umum terdiri dari beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

2.2.1 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. Mengacu pada SNI 1727:2020 (Tabel C3.1-1 halaman 280-282) seperti tersaji pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Beban Mati Tambahan

Komponen	Beban (kN/m²)
CEILING	
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
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
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	406-mm spacing	610-mm spacing		
	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(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	254	305

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	
1,219 mm		1.70	2.39	2.92	3,02
1,016 mm		1.72	2.54	3.11	3,45
813 mm		1.82	2.63	3.26	3,69
610 mm		1.96	2.82	3.50	3,83
406 mm		2.25	3.16	3.93	4,12
Full grout		3.06	4.17	5.27	4,69
Solid concrete masonry unit					6,37
Wythe thickness (in mm)	102	152	203	254	
Density of unit (16,49 kN/m ³)	1,53	1,70	3,21	4,02	305
Density of unit (16,49 kN/m ³)	1,82	2,82	3,78	4,79	4,88
Density of unit (16,49 kN/m ³)	1,96	3,02	4,12	5,17	5,79
Density of unit (16,49 kN/m ³)					6,27

2.2.2 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 yang tidak senantiasa tetap dan timbul akibat bekerjanya gaya-gaya luar pada konstruksi. Contoh dari beban hidup adalah manusia, furniture, peralatan yang dapat bergerak, kendaraan dan barang-barang dalam gudang. Beban hidup dapat berbeda-beda nilainya tergantung fungsi ruangan/bangunan. Misal bangunan difungsikan sebagai hunian apartemen, ruang pertemuan, basement, restoran, dan lain-lain. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja perlahan-lahan pada struktur. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Mengacu pada SNI 1727:2020 (Tabel 4.3-1 halaman 26-29) seperti tersaji pada table 2 berikut :

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)	(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					
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)		
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)		4.14

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
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 Lantai lain	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain 100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang makan dan restoran		Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
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])		-	-	200 (0,89)	
Jalur penyelamatan saat kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Tangga permanen		Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Garasi/Parkir (Lihat Pasal 4.10)		-	-	Lihat Pasal 4.5.4	

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
Mobil penumpang saja	40 (1,92)				
Truk dan bus	Lihat Pasal 4.10.2	Tidak (4.7.4)	Ya (4.7.4)	Lihat Pasal 4.10.1	
Pegangan tangga dan pagar pengaman	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat Pasal 4.10.2	
Batang pegangan		-	-	Lihat 4.5.1	
Helipad (Lihat Pasal 4.11)					
Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang	40 (1,92)	-	-	Lihat 4.5.2	
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		Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
Ruang pasien					
Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87)	Ya (4.7.2)			
	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Hotel (lihat rumah tinggal)	80 (3,83)	Ya (4.7.2)			
Perpustakaan					
Ruang baca			Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ruang penyimpanan			Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	4.13
Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87)	Ya (4.7.2)			
	150 (7,18)	Tidak (4.7.3)			
Pabrik	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ringan			Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	
Berat			Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Gedung perkantoran	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)			
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)			
Lobi dan koridor lantai pertama			Ya (4.7.3)	2.000 (8,90)	
Kantor			Ya (4.7.3)	3.000 (13,35)	
Koridor di atas lantai					

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	100 (4,79)	Ya (4.7.2)			
Lembaga hukum	50 (2,40)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Blok sel	80 (3,83)	Ya (4.7.2)			
Koridor			Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
			Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Tempat rekreasi					
Tempat bowling, billiard, dan penggunaan sejenis	40 (1,92)	Ya (4.7.2)			
Ruang dansa dan ballroom	100 (4,79)	Ya (4.7.2)			
Gimnasium	75 (3,59)		Ya (4.7.2)		
		Tidak (4.7.5)	Ya (4.7.2)		
Rumah tinggal	100 (4,79)				
Hunian satu dan dua keluarga	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang			Tidak (4.7.5)		
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan Gudang	10 (0,48)		Tidak (4.7.5)		
Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	20 (0,96)	Ya (4.7.2)			
Semua ruang kecuali tangga		Ya (4.7.2)		Ya (4.7.2)	4.12.1
Semua hunian rumah tinggal lainnya	30 (1,44)			Ya (4.7.2)	4.12.2
Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)			
Ruang publik		Ya (4.7.2)		Ya (4.7.2)	
Koridor ruang publik				Ya (4.7.2)	
Atap	40 (1,92)				
Atap datar, berbubung, dan lengkung	100 (4,79)	Ya (4.7.2)			
Atap yang digunakan penghuni	100 (4,79)				
	20 (0,96)	Tidak (4.7.5)	Ya (4.7.2)		
		Ya (4.7.2)			
	Sama dengan	Ya (4.8.2)		Tidak (4.7.5)	
Atap untuk tempat berkumpul	penggunaan			Ya (4.7.2)	
Atap vegetatif dan atap lansekap	yang dilayani	Ya (4.8.3)			4.8.1
	100 (4,70)				
Atap bukan untuk hunian					
Atap untuk tempat	20 (0,96)				

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
berkumpul Atap untuk penggunaan lainnya	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-		
Awning dan kanopi	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.2)	-		
Atap konstruksi fabric yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan		Ya (4.8.3)	-		
Rangka penumpu layar penutup	5 (0,24)	Ya (4.8.3)	-		
	5 (0,24)	Tidak (4.8.2)	-		
	berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	Tidak (4.8.2)	-	200 (0,89)	
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja	20 (0,96)				
Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur utama pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjanya, dan garasi bengkel		Ya (4.8.2)		2000 (8,90)	4.8.1
Semua komponen struktur atap utama lainnya					

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
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		-			
Sekolah		-	-	300 (1,33)	
Ruang kelas					
Koridor di atas lantai pertama			-	300 (1,33)	
Koridor lantai pertama					
Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)				
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk- truk		Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 1.000 (4,45)	
Tangga dan jalan keluar					
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	250 (11,97)			200 (0,89)	
Gudang diatas langit-langit	100 (4,79)				
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)	40 (1,92) 20 (0,96)	Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3)		4.15
Ringan		Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	8.000 (35,60)	
Berat		Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.16
Toko					
Eceran				300 (1,33)	4.16
Lantai pertama	125 (6,00)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Lantai diatasnya	250 (11,97)				
Grosir, di semua lantai				300 (1,33)	
Penghalang kendaraan	100 (4,79)				
Susuran jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	75 (3,59) 125 (6,00)	Tidak (4.7.3) Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3) Tidak (4.7.3)		

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
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	60 (2,87)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.3)	1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 1.000 (4,45)	
	100 (4,79)	Ya (4.7.2) Tidak (4.7.5)	Ya (4.7.2) Tidak (4.7.5)	Lihat Pasal 4.5.3	

2.2.3 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.

2.2.4 Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin diturunkan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m².

2.2.5 Beban Gempa

Gempa bumi adalah fenomena getaran yang dikaitkan dengan kejutan pada kerak bumi. Kejutan yang berkaitan dengan benturan tersebut akan menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dan gerakan.

Beban gempa direncanakan mengacu pada 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.

2.3 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:

- a. Bangunan tidak boleh rusak komponen struktural maupun nonstruktural ketika mengalami gempa kecil yang sering terjadi.
- b. Bangunan tidak boleh rusak komponen strukturalnya ketika mengalami gempa sedang yang hanya terjadi sesekali.
- c. 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.

2.3.1 Kategori Risiko Bangunan

Kategori risiko bangunan gedung adalah kategori yang membedakan tiap-tiap gedung berdasarkan fungsinya dari resiko kerugian yang diterima akibat kegagalan struktur baik kerugian materi maupun kerugian jiwa serta dampaknya. 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 mengacu pada SNI 1726:2019 (Tabel 3 halaman 24-25) seperti tersaji pada table 3 berikut :

Tabel 3. Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Non gedung 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 - 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 toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun 	II

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<ul style="list-style-type: none"> - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>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.</p>	III
<p>Gedung dan nongedung 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 	IV

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
fasilitas bedah dan unit gawat darurat <ul style="list-style-type: none"> - 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 publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	

2.3.2 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain adalah parameter yang akan dimasukkan dalam perencanaan koefisien respons seismik dan kategori desain seismik. Pada perencanaan struktur tahan gempa, terdapat dua parameter percepatan spektral desain yang diperlukan yaitu periode pendek (S_{DS}) dan untuk periode 1 detik (S_{DI}). 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 pada perioda 1 detik (S_I) diperoleh dari peta Gambar 15 dan Gambar 16 SNI 1726:2019 atau dari situs <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>.
2. Kelas situs ditentukan berdasarkan kondisi tanah tempat bangunan 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 SNI 1726:2019 (Tabel 5 dan table 6 halaman 29 dan 34).

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 membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	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, 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 respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertirbangkan 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 respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_I					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
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	$SS^{(a)}$					

2.3.3 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 risiko gedungnya. Setelah mendapat kategori risiko dan nilai percepatan spectral desain dari bangunan yang direncanakan, bangunan tersebut diklasifikasikan dalam kategori desain seismic. Kategori desain seismic ditentukan berdasarkan nilai S_{DS} , S_{D1} , dan kategori risiko bangunan yang dapat ditentukan dengan mengacu pada SNI 1726:2019 (Tabel 7 dan table 8 halaman 34 dan 37) seperti tersaji pada tabel 7 dan tabel 8 berikut :

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_{DI}

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

2.3.4 Sistem Struktur

Sistem struktur rangka beton pemikul momen yang berlaku untuk kategori desain seismic sesuai dengan Tabel 12 SNI 1726:2019 halaman 49-51. 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 (SPRMK)
- Sistem rangka beton bertulang pemikul momen menengah (SPRMM)
- Sistem rangka beton bertulang pemikul momen biasa (SPRMB)

Setelah mengetahui sistem struktur yang digunakan, dapat diketahui parameter-parameter seismic 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 seismic. Nilai-nilai tersebut telah ditentukan pada Tabel 12 SNI 1726:2019.

Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Biasa

Sistem rangka beton bertulang pemikul momen biasa adalah struktur rangka beton bertulang yang hanya diperbolehkan untuk memikul desain seismic dengan kategori B. Kategori B itu sendiri adalah kategori desain seismic yang dibatasi pada parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai $0,167 < S_{Ds} < 0,33$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III.

Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Menengah

Sistem rangka beton bertulang pemikul momen menengah adalah struktur rangka beton bertulang yang hanya diperbolehkan untuk memikul desain seismik dengan kategori B dan C. Kategori C itu sendiri adalah kategori desain seismik yang dibatasi pada parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai $0,33 < S_{DS} < 0,50$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III.

Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Khusus

Sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus adalah struktur rangka beton bertulang yang hanya diperbolehkan untuk memikul desain seismik dengan kategori B, C, D, E dan F. Kategori D itu sendiri adalah kategori desain seismik yang dibatasi pada parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai $S_{DS} > 0,50$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III. Desain seismik kategori E adalah kategori dengan nilai $S_1 > 0,75$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III. Sedangkan desain seismik kategori F adalah kategori dengan nilai $S_1 > 0,75$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori IV.

2.4 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727:2020 tentang Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain, terkait kombinasi dasar struktur, komponen, dan fondasi harus didesain sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek beban-beban terfaktor dalam kombinasi yang mengacu pada SNI 1727:2020 pasal 2.3.1 halaman 13 sebagai 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. $0,9D + 1,0W$

Serta kombinasi dasar dengan efek beban seismik harus diperhitungkan sebagai tambahan pada kombinasi dasar. Dalam kombinasinya mengacu pada SNI 1727:2020 pasal 2.3.6 halaman 15 sebagai berikut :

1. $1,2D + 1,0E + 1,0L$
2. $0,9D + 1,0E$

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 desain seismik C minimal harus sesuai dengan persyaratan dalam untuk kategori desain seismic 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.

2.5 Perencanaan Elemen Struktur

2.5.1 Balok

Perencanaan Balok terhadap Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2019 tentang Persyaratan beton structural untuk bangunan gedung, 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 mengacu pada SNI 2847:2019

(Tabel 9.3.1.1 halaman 180) seperti tersaji pada Tabel 9 sebagai berikut :

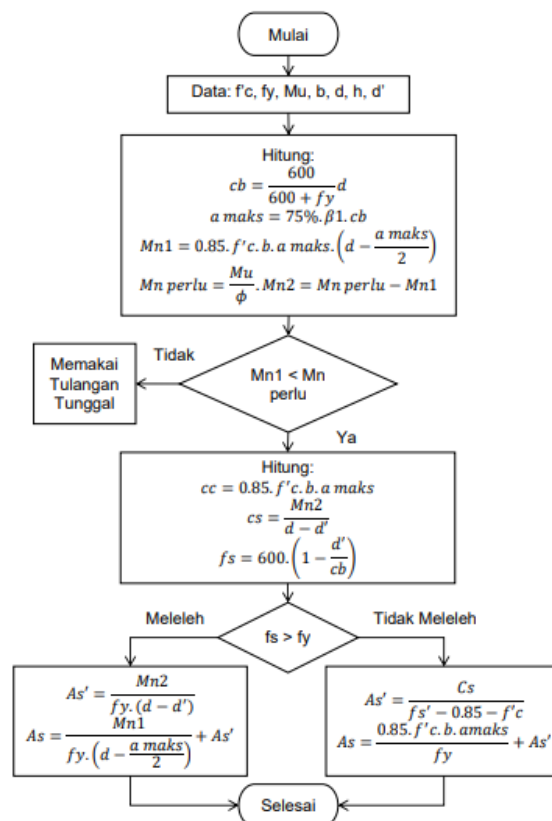
Tabel 9. Tinggi Minimum Balok

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

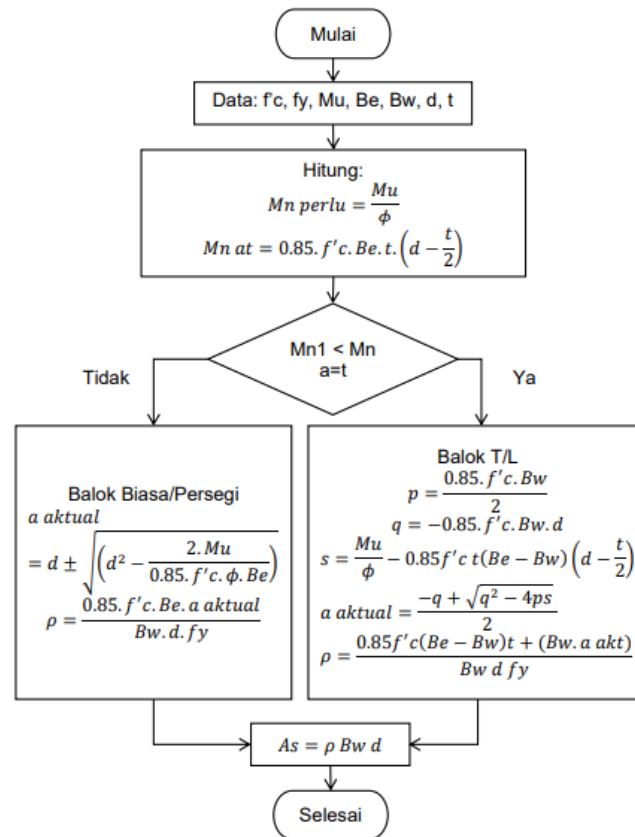
Batasan dalam Tabel 9 berlaku untuk keseluruhan tinggi balok komposit nonprategang ditopang perancah selama konstruksi sehingga, setelah dukungan sementara dihilangkan, beban mati ditahan oleh penampang komposit penuh. Pada konstruksi yang tidak ditopang perancah, tinggi balok tersebut bergantung pada 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.

Pada suatu struktur lantai beton, maka pelat dan balok pada umumnya dikonstruksikan secara monolit sehingga kesatuan pelat dan pemikulnya membentuk penampang bentuk T (balok dalam) dan L (balok pinggir). Langkah-langkah dalam mendesain balok T dan L dapat dilihat pada gambar 3, sedangkan langkah-langkah dalam mendesain balok tulangan rangkap dapat dilihat pada gambar 2.



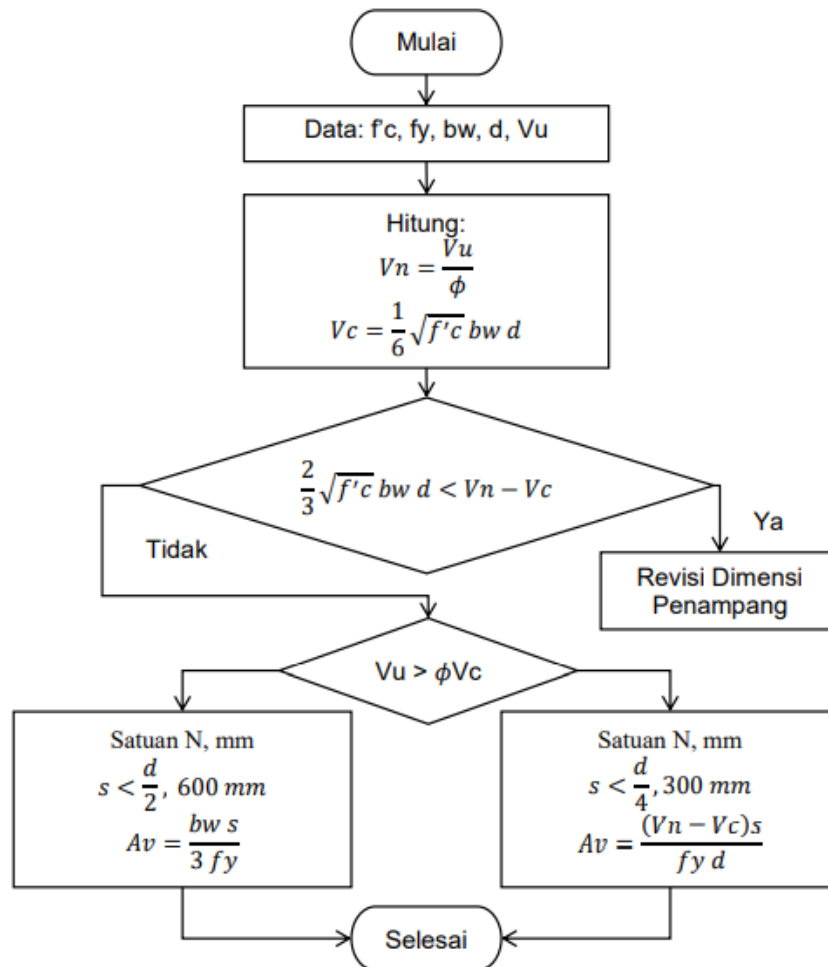
Gambar 2. Metode Desain Balok Tulangan Rangkap



Gambar 3. Metode Desain Balok T dan L

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. Langkah-langkah dalam mendesain tulangan geser balok dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Metode Desain Tulangan Geser Balok

Perencanaan terhadap tulangan geser balok harus didasarkan pada

$$V_n = V_u / \phi$$

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

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'c} b'w d$$

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

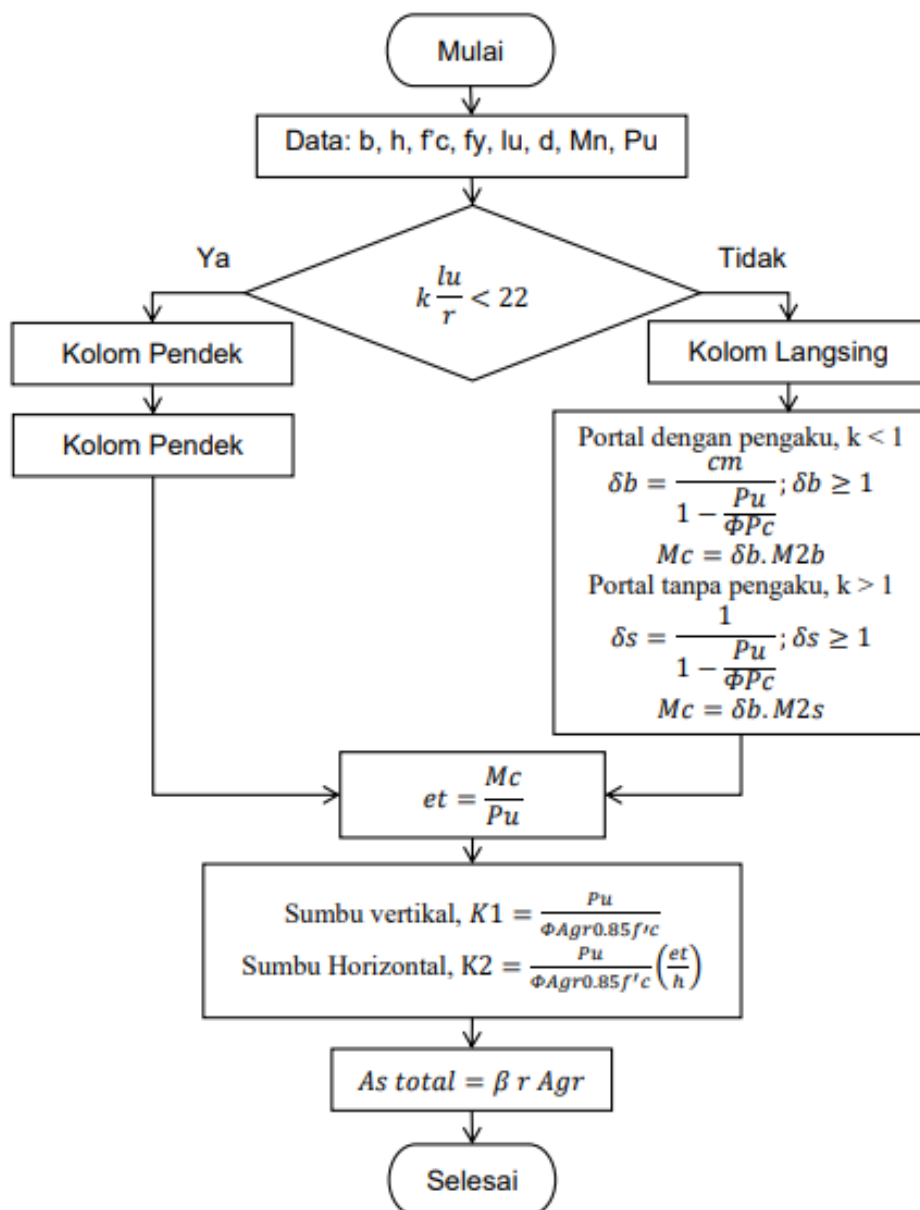
Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 22.7 tulangan torsi harus diterapkan pada komponen struktur jika $T_u \geq \phi T_{th}$ dimana ϕ pada Tabel 21.2.1 untuk tulangan torsi sebesar 0,75.

2.5.2 Kolom

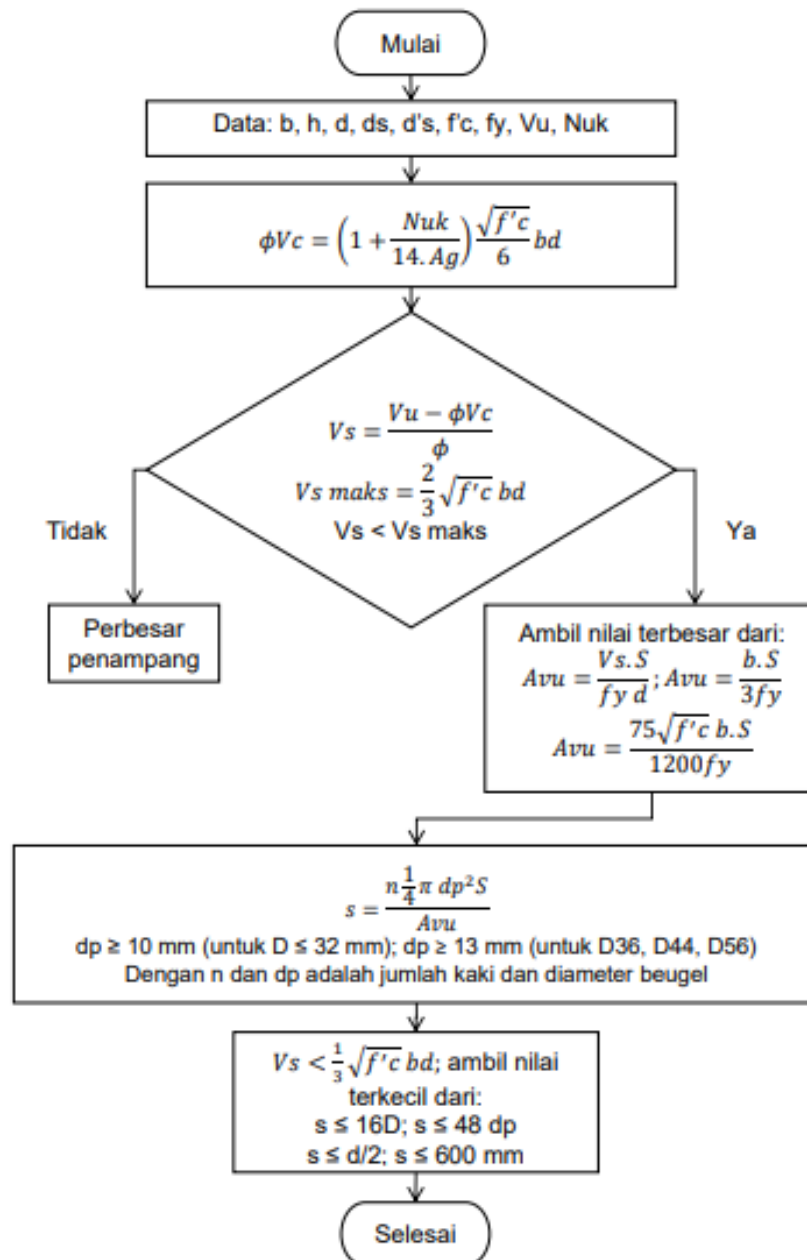
Menurut Edward G. Nawy (2010), kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih di bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan 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.

Langkah-langkah dalam mendesain tulangan longitudinal dan geser kolom dengan dapat dilihat pada gambar 5 dan 6 berikut.



Gambar 5. Metode Desain Tulangan Longitudinal Kolom



Gambar 6. Metode Desain Tulangan Geser Kolom

2.5.3 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.