

TUGAS AKHIR

**ALTERNATIF DESAIN KANTIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

***ALTERNATIVE DESIGN OF CANTEEN FACULTY OF
ENGINEERING HASANUDDIN UNIVERSITY***

**DEDE JAPARI
D011171332**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**ALTERNATIF DESAIN KANTIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Disusun dan diajukan oleh:

DEDE JAPARI

D011 17 1332

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 28 Desember 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



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



Ariningsih Suprapti, ST, MT
NIP. 197307122000032002

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tiaronge, ST, M.Eng
Nip. 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Dede Japari, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Alternatif Desain Kantin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**", 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, 22 November 2021

Yang membuat pernyataan,



DEDE JAPARI
NIM: D011171332

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Alternatif Desain Kantin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin". Dan tak lupa kami kirimkan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam sebagai idola terbaik sepanjang zaman serta para sahabat dan keluarga beliau dan orang-orang yang senantiasa istiqomah di jalan Islam ini.

Laporan tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi strata satu pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis juga tak lupa menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada berbagai pihak yang telah membantu baik secara moril maupun materil, khususnya kepada :

1. Kepada Bapak dan Ibu dan saudara-saudara saya, atas kasih sayang serta dukungan baik secara moral maupun materil selama perkuliahan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, S.T., M. Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Ibu Dr.Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing I, yang telah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan, saran dan nasihat mulai dari awal penelitian hingga penyelesaian tugas akhir ini.
5. Ibu Ariningsih Suprpti, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing II, yang telah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan, saran dan nasihat mulai dari awal penelitian hingga penyelesaian tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen, staf dan karyawan Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
7. Kepada teman-teman PLASTIS 2018

8. Teman-teman pengurus HMS FT-UH Periode 2019/2020, sebagai teman diskusi
9. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam tugas akhir ini tidak luput dari kekurangan. Oleh karena itu dengan segala keterbukaan, penulis menerima kritik dan masukan yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Penulis juga terbuka terhadap diskusi mengenai tugas akhir ini ataupun terkait ilmu desain. Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, dan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat tidak hanya bagi penulis, tapi juga bagi pembaca serta dapat menjadi referensi dalam pengerjaan tugas akhir desain ke depannya khususnya di Teknik Sipil Unhas.

Gowa, 22 November 2021

Penulis

ABSTRAK

Fakultas Teknik merupakan salah satu fakultas terbesar di Universitas Hasanuddin. Meskipun merupakan salah satu fakultas terbesar di Universitas Hasanuddin, tetapi masih ada beberapa fasilitas yang dibutuhkan bagi civitas akademika di Fakultas teknik Universitas Hasanuddin yaitu Kantin. Dalam penggunaan fasilitas tersebut pasti akan melibatkan orang dalam jumlah yang besar. Sehingga dalam pembangunan fasilitas kantin perlu perencanaan yang baik agar memenuhi syarat desain dengan kapasitas yang dibutuhkan. Perencanaan tersebut dilakukan untuk menghindari kegagalan yang akan menimbulkan berbagai kerugian baik jiwa maupun materi dikemudian hari, maka akan diperlukan perencanaan struktur yang aman dan mengacu pada aturan-aturan yang berlaku.

Tugas akhir ini bertujuan Untuk mendesain dimensi dan penulangan elemen struktur atas serta pondasi dari bangunan Kantin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sesuai dengan standar yang berlaku. Dalam perancangan elemen struktur atas difokuskan pada elemen balok, kolom dan pelat serta struktur bawah difokuskan ke pondasi.

Kantin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin merupakan bangunan yang terdiri dari 3 lantai. Lokasi kantin masuk pada kategori desain seismik B dengan analisis gempa yang digunakan adalah analisis respon spektrum berdasarkan data dari website puskim PU yang mengacu ke peta gempa 2017 (acuan SNI 1726:2019). Struktur di desain dengan material beton bertulang dan sistem struktur yang digunakan adalah sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM). Pemodelan dan analisis desain struktur dilakukan dengan bantuan *software* ETABS.

Hasil perancangan elemen struktur berupa kolom, balok, dan pelat telah aman terhadap seluruh kombinasi pembebanan yang ada. Pondasi yang digunakan adalah pondasi telapak yang telah di desain dengan aman terhadap reaksi perletakan struktur dengan menggunakan data dari hasil penyelidikan tanah dilokasi kantin.

Kata Kunci: Desain Struktur, ETABS, Kantin

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penulisan	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	5
A.3. Beban Air Hujan.....	6
A.4. Beban Gempa.....	6
B. Perancangan Struktur	7
B.1. Kategori Resiko Bangunan	7
B.2. Parameter Percepatan Spektral Desain	8
B.3. Kategori Desain Seismik	8
B.4. Sistem Struktur	9
C. Kombinasi Pembebanan	10
D. Perencanaan Elemen Struktur Atas	12
D.1. Balok.....	12
D.2. Kolom	15

D.3. Pelat	17
E. Perencanaan Pondasi.....	19
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	20
A. Gambaran Umum	20
B. Standard dan Rujukan yang Digunakan.....	21
C. Denah Bangunan	21
D. Metode Desain Struktur	25
E. Spesifikasi Material	25
F. Beban-beban yang Bekerja.....	26
F.1. Beban Mati (DL).....	26
F.2. Beban Hidup (LL).....	27
F.3. Beban Air Hujan (R).....	27
F.4. Beban Gempa (E).....	28
G. Pemodelan Struktur	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
A. Preliminary Design.....	35
A.1. Balok Induk.....	35
A.2. Balok Anak	35
A.3. Balok Kantilever.....	36
A.4. Pelat	36
A.5. Kolom	38
B. Respon Spektrum	39
C. Desain Penulangan.....	40
C.1. Kolom	41
C.2. Balok.....	43
C.3. Pelat	48
D. Desain Pondasi.....	49
D.1. Kapasitas Dukung Tanah.....	52
D.2. Kontrol Tegangan Tanah	52
D.3. Gaya Geser Pada Pondasi Tapak.....	52
D.4. Penulangan Pondasi.....	53

BAB 5. kesimpulan dan saran.....	56
B. Kesimpulan.....	56
C. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi Kantin.....	20
Gambar 2. Denah Lantai Dasar.....	21
Gambar 3. Denah Lantai 1	22
Gambar 4. Denah Lantai Atap.....	22
Gambar 5. Denah Lantai Toren.....	23
Gambar 6. Denah Atap Toren	23
Gambar 7. Tampak A Bangunan Kantin.....	24
Gambar 8. Tampak B bangunan Kantin	24
Gambar 9. Respon Spektrum Lokasi Kantin Fakultas Teknik.....	31
Gambar 10. Model 3D AutoCAD Struktur Kantin Fakultas Teknik	34
Gambar 11. Pelat Yang Ditinjau	37
Gambar 12. Kombinasi Pembebanan Pada ETABS.....	40
Gambar 13. Model 3D Struktur Kantin Siap Dilakukan <i>Running</i>	40
Gambar 14. Seluruh Elemen <i>Frame</i> Melewati Proses Desain.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tinggi Minimum Balok Nonprategang	12
Tabel 2. Nilai β_1 Untuk Distribusi Tegangan Beton Persegi Ekvivalen	13
Tabel 3. Beban Dinding	27
Tabel 4. Kategori Resiko	28
Tabel 5. Faktor Keutamaan Gempa	29
Tabel 6. Data Uji Tanah.....	30
Tabel 7. Parameter Desain Spektra	31
Tabel 8. Kategori Desain Seismik berdasarkan S_{DS}	32
Tabel 9. Kategori Desain Seismik berdasarkan S_{D1}	32
Tabel 10. Faktor R, C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik.....	33
Tabel 11. Dimensi Balok Induk Yang Digunakan.....	35
Tabel 12. Dimensi Balok Anak Yang Digunakan	36
Tabel 13. Dimensi Balok Kantilever Yang Digunakan.....	36
Tabel 14. Perhitungan Nilai α_1	37
Tabel 15. Perhitungan Nilai α_2	38
Tabel 16. Perhitungan Tebal Pelat	38
Tabel 17. Hasil Perhitungan Beban Kolom Tiap Lantai.....	38
Tabel 18. Rekap Dimensi Kolom Rencana	39
Tabel 19. Kontrol Dimensi Kolom Rencana	39
Tabel 20. Rekapitulasi Hasil Analisa Etabs.....	41
Tabel 21. Tulangan Longitudinal Kolom	42
Tabel 22. Kontrol Luas Tulangan Minimum Balok	43
Tabel 23. Rekapitulasi Luas Tulangan Longitudinal Balok.....	44
Tabel 24. Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok Kantilever.....	44
Tabel 25. Gaya Geser Pada Balok	46
Tabel 26. Luas Tulangan Geser Perlu (A_v)	46
Tabel 27. Tulangan Geser Terpasang	47
Tabel 28. Tulangan Torsi Pada Balok.....	47
Tabel 29. Rekapitulasi Dari Tulangan Balok.....	48

Tabel 30. Nilai Momen Maksimum Pelat Hasil Analisis ETABS	49
Tabel 31. Rekapitulasi Penulangan Pelat	49
Tabel 32. Reaksi Perletakan Maksimal Tiap Joint	50
Tabel 33. Perhitungan Nilai Kohesi	51
Tabel 34. Tabel Perbandingan Desain Awal Dengan Alternatif Desain....	55

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Fakultas Teknik merupakan salah satu fakultas terbesar di Universitas Hasanuddin dan memiliki lokasi tersendiri yang berada di Kabupaten Gowa. Meskipun merupakan salah satu fakultas terbesar di Universitas Hasanuddin tetapi masih ada beberapa fasilitas yang belum tersedia di fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Salah satu fasilitas yang dibutuhkan bagi civitas akademika di Fakultas teknik Universitas Hasanuddin yaitu Kantin.

Dengan adanya kantin di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin diharapkan akan memudahkan bagi civitas akademika untuk mencari tempat makan tanpa perlu keluar dari kampus dan juga sebagai tempat untuk istirahat. Dalam penggunaan fasilitas tersebut pasti akan melibatkan orang dalam jumlah yang besar. Pembangunan fasilitas kantin perlu perencanaan yang baik agar memenuhi syarat desain dengan kapasitas yang dibutuhkan. Perencanaan tersebut dilakukan untuk menghindari kegagalan yang akan menimbulkan berbagai kerugian baik jiwa maupun materi dikemudian hari, maka akan diperlukan perencanaan struktur yang aman dan mengacu pada aturan-aturan yang berlaku.

Aturan yang dimaksud yaitu aturan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang terbaru. SNI yaitu aturan standar yang berlaku di Indonesia dalam merencanakan sebuah bangunan struktur.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis berencana untuk membuat suatu perencanaan. yang kemudian disusun dalam tugas akhir yang berjudul "Alternatif Desain Kantin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin".

B. Rumusan Masalah

Bagaimana mendesain elemen struktur atas dan pondasi dari bangunan Kantin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sesuai dengan standar yang berlaku.

C. Tujuan Penulisan

Untuk mendesain dimensi dan penulangan elemen struktur atas serta pondasi dari bangunan Kantin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sesuai dengan standar yang berlaku.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini yaitu

1. Perencanaan struktur atas dan bawah dari bangunan kantin yang terdiri dari perhitungan dimensi kolom, balok, pelat, dan pondasi beserta masing-masing penulangan.
2. Mutu beton yang digunakan yaitu K300 atau f'_c 25 MPa.
3. Mutu baja tulangan yaitu BjTS 420B ($f_y = 420$ MPa, $f_u = 525$ MPa) dan BjTP 280 ($f_y = 280$ MPa, $f_u = 350$ Mpa).

4. Beban yang bekerja yaitu beban Mati (DL), Beban Hidup (LL), Beban Air Hujan (R), dan Beban Gempa (E).

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 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 peraturan pembebanan 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 struktur pada tugas akhir ini secara umum terdiri dari beban mati, beban hidup, beban air hujan, dan beban gempa.

A.1. Beban Mati

Beban mati menurut SNI 1727:2020 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.

A.2. Beban Hidup

Menurut Wolfgang Schueller, beban hidup merupakan beban yang sifatnya berubah-ubah dan sulit diperkirakan, perubahan beban hidup terjadi tidak hanya sepanjang waktu tetapi juga sebagai fungsi tempat. Perubahan ini bisa berjangka panjang ataupun berjangka pendek sehingga menjadi hamper mustahil untuk memperkirakan beban-beban hidup secara statis.

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 direncanakan mengacu pada peraturan SNI 1726:2020 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. Perancangan Struktur

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.

B.1. Kategori Resiko Bangunan

Bangunan tahan gempa terbagi menjadi empat kategori risiko bangunan berdasarkan jenis pemanfaatan atau fungsi dari bangunan tersebut. Singkatnya, semakin penting kegunaan dari bangunan tersebut maka bangunan tersebut akan masuk ke dalam kategori risiko yang lebih tinggi. Hal tersebut dimaksudkan agar beban gempa yang diperhitungkan menjadi

lebih besar dan risiko kerusakan dari bangunan dengan fungsi penting menjadi lebih rendah. Pembagian kategori risiko bangunan terdapat pada Tabel 3 SNI 1726:2019. Dari kategori risiko yang didapatkan, dapat ditentukan faktor keutamaan gempa, I_e , sebagai salah satu parameter seismik struktur yang merupakan faktor amplifikasi beban gempa. Penentuan faktor keutamaan gempa diambil berdasarkan SNI 1726:2019 Tabel 4.

B.2. Parameter Percepatan Spektral Desain

Terdapat dua parameter percepatan spektral desain yang diperlukan dalam perencanaan struktur tahan gempa, yaitu untuk perioda 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 pada perioda 1 detik (S_1) 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 Tabel 5 SNI 1726:2019 tentang klasifikasi situs. Dari kelas situs tersebut, dapat ditentukan koefisien situs (F_a dan F_v) berdasarkan Tabel 6 dan Tabel 7 SNI 1726:2019.

B.3. Kategori Desain Seismik

Setelah mendapatkan kategori risiko dan nilai parameter percepatan spektral desain dari bangunan yang direncanakan, bangunan tersebut

diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori desain seismik. Menurut Tabel 8 dan Tabel 9 SNI 1726:2019, Kategori Desain Seismik ditentukan berdasarkan S_{DS} , S_{D1} , dan kategori risiko bangunan.

B.4. Sistem Struktur

Berdasarkan Tabel 12 SNI 1726:2019, sistem struktur pemikul gaya seismik terbagi ke dalam banyak jenis. Akan tetapi pada tugas akhir ini digunakan sistem struktur rangka beton pemikul momen, sehingga hanya terdapat tiga pilihan sistem struktur yang dapat digunakan, yaitu:

- Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Biasa
- Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Menengah
- Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Khusus

Ketiga sistem struktur pemikul momen tersebut memiliki kesamaan, yaitu energi gempa yang dipikul oleh struktur bangunan tidak sepenuhnya dilawan oleh kekuatan dari struktur, tetapi juga akan diakomodasi oleh deformasi pada struktur. Agar struktur-struktur bangunan dapat berdeformasi maksimum, maka perlu perancangan sendi-sendi plastis yang akan terjadi pada daerah-daerah yang dapat menunjang tujuan desain bangunan tahan gempa. Dalam perancangannya, sendi sendi plastis terjadi pada kedua ujung balok-balok dan kaki kolom lantai dasar. Konsep struktur yang memiliki karakteristik seperti ini adalah konsep kolom kuatbalok lemah atau yang sering disebut sebagai “ strong column weak beam ”. Melalui konsep struktur ini, maka pada saat mekanisme keruntuhan, sendi plastis

akan terjadi pada balok terlebih dahulu baru pada tahap-tahap akhir plastis terjadi pada ujung-ujung bawah kolom. Hal ini dilakukan agar sejumlah besar sendi plastis terbentuk pada struktur secara daktail yang dapat memencarkan 7 energy melalui proses pelelehan struktur dan diharapkan dapat menyerap beban gempa.

C. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726:2019, struktur dan komponen-elemen struktur serta elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi 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. $1,2D + 1,0E + 1,0L$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

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

Pembebanan yang diterapkan pada struktur bangunan yang didesain untuk kategori desain seismik C minimal harus sesuai dengan persyaratan dalam 0 untuk kategori desain seismik B dan persyaratan pasal ini. Struktur yang mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 5 dalam Tabel 13 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.

D. Perencanaan Elemen Struktur Atas

D.1. Balok

Perencanaan Balok Terhadap Lentur

Untuk 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 pada Tabel 1.

Tabel 1. Tinggi Minimum Balok Nonprategang

Kondisi perlekatan	Minimum $h^{[1]}$
Perlekatan sederhana	$\ell/16$
Menerus satu sisi	$\ell/18,5$
Menerus dua sisi	$\ell/21$
Kantilever	$\ell/8$

Batasan dalam Tabel 1 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.

1. Regangan maksimum untuk serat tekan terjauh pada beton diasumsikan sama dengan 0,003.
2. Kekuatan tarik beton diabaikan dalam perhitungan kekuatan lentur dan kuat aksial.
3. Hubungan antara tegangan dan regangan tekan beton dinyatakan dengan bentuk persegi, trapesium, parabolik atau bentuk lain yang memprediksikan kekuatan yang sesuai dengan hasil tes.
 - a. Tegangan beton $0,85f_c'$ diasumsikan terdistribusi rata terhadap zona tekan ekuivalen yang dibatasi ujung penampang dan garis yang paralel terhadap sumbu netral, yang terletak pada jarak a dari serat tekan terjauh, seperti persamaan berikut:

$$a = \beta_1 c$$

- b. Jarak dari serat tekan terjauh sampai ke sumbu netral c , diukur secara tegak lurus dari sumbu netral.
- c. Nilai β_1 dinyatakan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai β_1 Untuk Distribusi Tegangan Beton Persegi Ekuivalen

f_c', MPa	β_1	
$17 \leq f_c' \leq 28$	0,85	a)
$28 < f_c' < 55$	$0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$	b)
$f_c' \geq 55$	0,65	c)

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 yaitu.

Menghitung

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

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

Kemudian hasilnya jika $V_n > V_c$, maka tulangan yang digunakan adalah tulangan geser structural. 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 rantai, 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 table 21.2.1 untuk tulangan torsi sebesar 0,75. Adapun

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*) rantai 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.

Adapun prosedur untuk desain kolom tidak langsing (kolom pendek) apabila perilaku kolom tersebut ditentukan oleh kegagalan material.

1. Hitunglah beban aksial luar rencana P_u dan momen rencana M_u .
Hitunglah eksentrisitas $e = M_u/P_u$.
2. Asumsikan ukuran penampang kolom dan jenis tulangan lateral yang akan digunakan. Dimensi kolom yang berupa pecahan (bukan bilangan bulat) sebaiknya dihindari.
3. Asumsikan angka penulangan ρ antara 1% dan 4%, dan peroleh luas tulangannya.
4. Hitunglah $P_n b$ untuk penampang yang diasumsikan ini, dan tentukan jenis keruntuhannya, apakah diawali dengan lelehnya tulangan tarik ataukah dengan hancurnya beton tertekan.

Cek apakah penampang tersebut sudah memenuhi. Apabila penampang tersebut tidak dapat memikul beban rencana atau terlalu besar, ubah ukuran kolomnya dan/atau tulangannya, kemudian ulangi langkah 4 dan 5.

5. Desain penulangan lateralnya

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

1. Pelat satu arah adalah pelat yang panjangnya dua kali atau lebih besar dari pada 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 jenis pelat lantai 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. Permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda.

Adapun urutan perhitungan tebal pelat yaitu sebagai berikut:

1. Menghitung nilai α_1 dan α_2 sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 8.10.2.7 sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{Ecb Ib}{Ecs Is}$$

2. Menghitung nilai α_{fm} (rata-rata α_1 dan α_2)
3. Menghitung tebal pelat dengan persamaan berikut jika $\alpha_{fm} > 2$ (SNI 2847:2019 Tabel 8.3.1.2).

$$h = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

4. Menentukan momen statis total rencana pada kedua arah yang saling tegak lurus dan lakukan pemeriksaan sekali lagi dengan memasukkan nilai ke dalam persamaan tebal minimum pelat.
5. Mendistribusikan momen desain total rencana untuk mendesain penampang terhadap momen negatif dan positif.
6. Mendistribusikan momen desain negatif dan positif ke jalur kolom, jalur tengah, dan balok (apabila ada). Jalur kolom mempunyai lebar 25% dari lebar portal ekuivalen pada masing-masing sisi pusat dari kolom, sedangkan jalur tengah adalah sisanya.
7. Merencanakan ukuran dan distribusi penulangan kedua arah yang saling tegak lurus tersebut.

E. Perencanaan Pondasi

Suatu elemen pondasi harus mampu mendistribusikan dan mentransmisikan beban-beban mati maupun beban-beban dinamik dari struktur atas ke lapisan tanah berupa beban aksial momen dan beban lateral, sehingga tidak terjadi penurunan yang besar. Pemilihan jenis pondasi pada dasarnya bergantung pada letak kedalaman tanah keras. Pada umumnya jenis pondasi dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu pondasi dangkal (yang memiliki dasar pondasi pada kedalaman maksimal 3 meter dari muka tanah asli) serta pondasi dalam (yang memiliki dasar pondasi pada kedalaman tanah keras lebih dari 3 meter) (Agus Setiawan, 2016)

Pada tugas akhir jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi dalam jenis pondasi *footplat*. Dikarenakan tanah keras yang berada pada kedalaman 3 meter.). Data tanah dapat dilihat pada bab 3.