

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR PUSAT PT BANK NTB
SYARIAH DENGAN MENGGUNAKAN BALOK GRID DIAGONAL**

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram**



Disusun Oleh :

SYARIFA FIBRIANI

2019D1B167

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2023

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR / SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KANTOR PUSAT PT BANK NISYARIAH DENGAN MENGGUNAKAN BALOK GRID DIAGONAL

Disusun Oleh:

SYARIFA FIBRIANI

2019D1B167

Mataram, Juni 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng)

NIDN. 0027107301

Pembimbing II

Nurul Hidayati, ST., M. Eng

NIDN. 0815049401

Mengetahui.

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan

Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc

NIDN. 0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR PUSAT PT BANK NTB
SYARIAH DENGAN MENGGUNAKAN BALOK GRID DIAGONAL

Disusun Oleh:

SYARIFA FIBRIANI

2019DIB167

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada, Kamis, 06 Juli 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Eng. Haryadi, ST., M.Sc.(M.Eng)
2. Penguji II : Nurul Hidayati, ST., M.Eng
3. Penguji III : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT



Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

Dekan,



Dr. H. Aji Svallendra Ubaidillah, ST., M.Sc

NIDN. 0806027101

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS ILMIAH

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul “ Studi Perancangan Struktur Gedung Kantor Pusat PT Bank NTB Syariah Dengan Menggunakan Balok Grid Diagonal” adalah benar merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata cara ilmiah yang berlaku dalam masyarakat atau disebut *plagiatisme*
2. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis dalam sumbernya secara jelas dan disebut dalam daftar pustaka.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidak benaran, saya bersedia menanggung akibat dan saksi yang diberikan kepada saya, dan saya sanggup dituntut sesuai hokum yang berlaku.

Mataram, Juli 2023

Pembuat Pernyataan



SYARIFA FIBRIANI

NIM: 2019D1B167



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syarifa Fibriani
 NIM : 2019018167
 Tempat/Tgl Lahir : Gurungsari / 05 - Februari - 2000
 Program Studi : Teknik Sipil
 Fakultas : Teknik
 No. Hp : 087722 314 769
 Email : @ fibriani55@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

Studi Perencanaan Gedung Kantor Pusat PT Bank NTB Syariah
Menggunakan Balok Grid Diagonal

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 482

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milih orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya **bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikain surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 18 Juli 2023

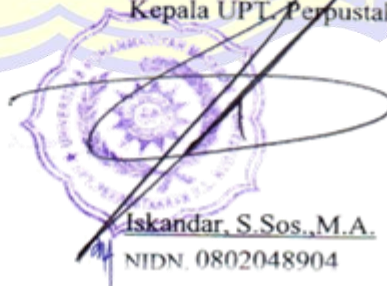
Penulis

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



SYARIFA FIBRIANI
NIM. 2019018167



Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syarifah Fibriani
 NIM : 2019018167
 Tempat/Tgl Lahir : Gunung Sari / 05 - Februari - 2000
 Program Studi : Teknik Sipil
 Fakultas : Teknik
 No. Hp/Email : 087722 319 769 / fibrifah88@gmail.com
 Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

Studi Perencanaan Gedung Kantor Pusat PT Bank NTB Syariah
 Mengembangkan Balok Bred Diagonal

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.
 Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 18 Juli 2023
 Penulis

Mengetahui,
 Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



SYARIFAH FIBRIANI
 NIM. 2019018167

Iskandar, S.Sos., M.A.
 NIDN. 0802048904

MOTTO HIDUP

“Allah memiliki milyaran pintu rezeki, milyaran jalan keluar, milyaran kemudahan, hingga tak terhingga.

Kita hanya perlu untuk tidak putus asa dari rahmat-Nya”

“Di saat kita putus asa dengan diri sendiri.

Ingatlah, kita memiliki Dia Yang Maha Kuasa”



PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orangtua ku tercinta yang selalu mendukung dan mendoakan dengan kondisi apapun, keluarga tersayang, persepupuan Abdurrauf.
2. TGH. Muhammad Jammiluddin Syahid Al-Yazidi., QH., S.Pd.i yang secara tidak langsung membantu dan selalu mendoakan kami.
3. Terimakasih kepada teman-teman ku tersayang yang Amalia Febriana, Ranni Sahlinda ST, Yayi Anggraini S ST, Nadharatunnur ST, Yeyen Mega D ST, cees ku Zulva Abdullah ST, Tandur Bintang ST, Utuh Putra Jati ST, Beserta bestie geng yang selalu membantu dalam hal membantu dan persiapan segala kegiatan kampus. Moh Syafril Imam ST dan Suhaili ST selaku kakak tingkat sipil yang telah membantu dalam mengerjakan skripsi secara langsung maupun tidak langsung.
4. Terimakasih kepada Bapak Dr. Eng. Haryadi, ST., M.Eng., dan Ibun Nurul Hidayati, ST., M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi kepada penulis.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul “ Studi Perencanaan Gedung Kantor Pusat PT Bank NTB Syariah menggunakan balok grid diagonal“. Laporan proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan skripsi pada program Strata-1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Drs. Abdul Wahab, MA., selaku Rektorat Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
3. Adryan Fitrayudha, ST., MT, selaku Ketua prodi Teknik Sipil Fakultas Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Eng. Haryadi, ST., M.Eng., selaku dosen pembimbing I
5. Nurul Hidayati, ST., M.Eng., selaku dosen pembimbing II
6. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran.
7. Semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena keterbatasan pengetahuan dan referensi yang ada, maka kritik, saran maupun masukan yang sifatnya membangun demi penyempurnaan isi dari skripsi ini sangat diharapkan. Demikian skripsi ini, semoga bermanfaat bagi seluruh Civitas Akademik Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.

Mataram, Juli 2023

Penulis

ABSTRAK

Pembangunan gedung bertingkat merupakan salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan akan sarana dan prasarana yang semakin hari terus meningkat, selain itu sempitnya lahan pada pembangunan gedung membuat kebanyakan gedung menggunakan konsep bentang tinggi untuk memaksimalkan pemanfaatan lahan tak terkecuali pada pembangunan gedung kantor. Pada gedung kantor pusat PT Bank NTB Syariah terdiri dari 6 lantai dan 1 semi basement dengan tinggi 26,85 m yang berlokasi di Jalan Udayana Kecamatan Selaparang kota Mataram. Gedung menggunakan struktur grid diagonal yang mampu mendistribusikan beban dan momen secara merata pada kedua arah bentang.

Balok grid diagonal ini juga dapat menambah kesan arsitektural dimana balok membentang diagonal dan saling bersilangan sehingga plafond tidak dibutuhkan. Untuk memudahkan perancangan digunakan *software* SAP 2000 V.16 dalam membantu pemodelan struktur, pembebanan struktur, dan menganalisa gaya dalam struktur yang dijadikan data perancangan beban yang bekerja pada gedung terdiri dari beban statis yaitu beban hidup dan beban mati serta beban dinamis yaitu beban gempa.

Berdasarkan hasil desain sistem balok grid diagonal ini diperoleh pelat dengan ketebalan 70 mm dengan tulangan yang digunakan $\varnothing 10$ mm. Untuk balok grid diagonal memiliki lebar 200 x 400 mm dengan tulangan pokok D16 dan diameter sengkang yang digunakan $\varnothing 8$ mm. Balok induk dan Kolom menggunakan tulangan utama yang sama yaitu D16 dengan sengkang $\varnothing 10$ mm untuk balok dan D12 mm untuk kolom. Untuk pondasi nya didesain menggunakan *pilecap* berdimensi 4 x 4 m dengan *borepile* berdiameter 0,5 m berjumlah 16 tiang di setiap kolom, dan kedalaman tanah keras maksimum 20,6 m. Untuk hasil analisa menunjukkan bahwa komponen struktur gedung dengan dimensi yang direncanakan aman terhadap beban gempa.

Kata Kunci : Balok Grid Diagonal, Pelat, Struktur Beton, Bank NTB Syariah

ABSTRACT

One strategy to fulfill the rising need for amenities and infrastructure is to create multi-story structures. Additionally, due to the lack of available space for building construction, high-rise ideas, particularly office buildings, are frequently used to maximize land usage. The main office of PT Bank NTB Syariah is housed in a structure with 6 floors and 1 semi-basement, standing at a height of 26.85 meters on Udayana Street in the Selaparang neighborhood of Mataram City. The framework of the building is a diagonal grid, allowing loads and moments to be distributed equally in both directions of the span.

The implementation of this diagonal grid beam not only serves a structural function but also enhances the architectural impression, as the beams traverse diagonally and intersect with each other, eliminating the need for a ceiling. To facilitate the design process, SAP 2000 V.16 software was employed for structural modeling, load analysis, and determination of internal forces. The design loads acting on the building include static loads such as live loads and dead loads, as well as dynamic loads such as seismic loads.

Based on the design results of the diagonal grid beam system, a 70 mm thick floor slab was obtained, reinforced with $\varnothing 10$ mm bars. The diagonal grid beams have a dimension of 200 x 400 mm and are reinforced with D16 main bars and $\varnothing 8$ mm stirrups. Both the main beams and columns employ the same main reinforcement, D16 bars with $\varnothing 10$ mm stirrups for beams and D12 mm for columns. The foundation design utilizes pile caps measuring 4 x 4 meters, supported by 16 bore piles with a diameter of 0.5 m per column, considering a maximum depth of 20.6 meters for hard soil conditions. The analysis results indicate that the structural components of the building, designed with the specified dimensions, are safe against seismic loads.

Keywords: Diagonal Grid Beams, Slab, Concrete Structure, Bank NTB Syariah.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM

KEPALA
UPT P3B

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM



Hurhaila, M.Pd
NIDN. 0803048601

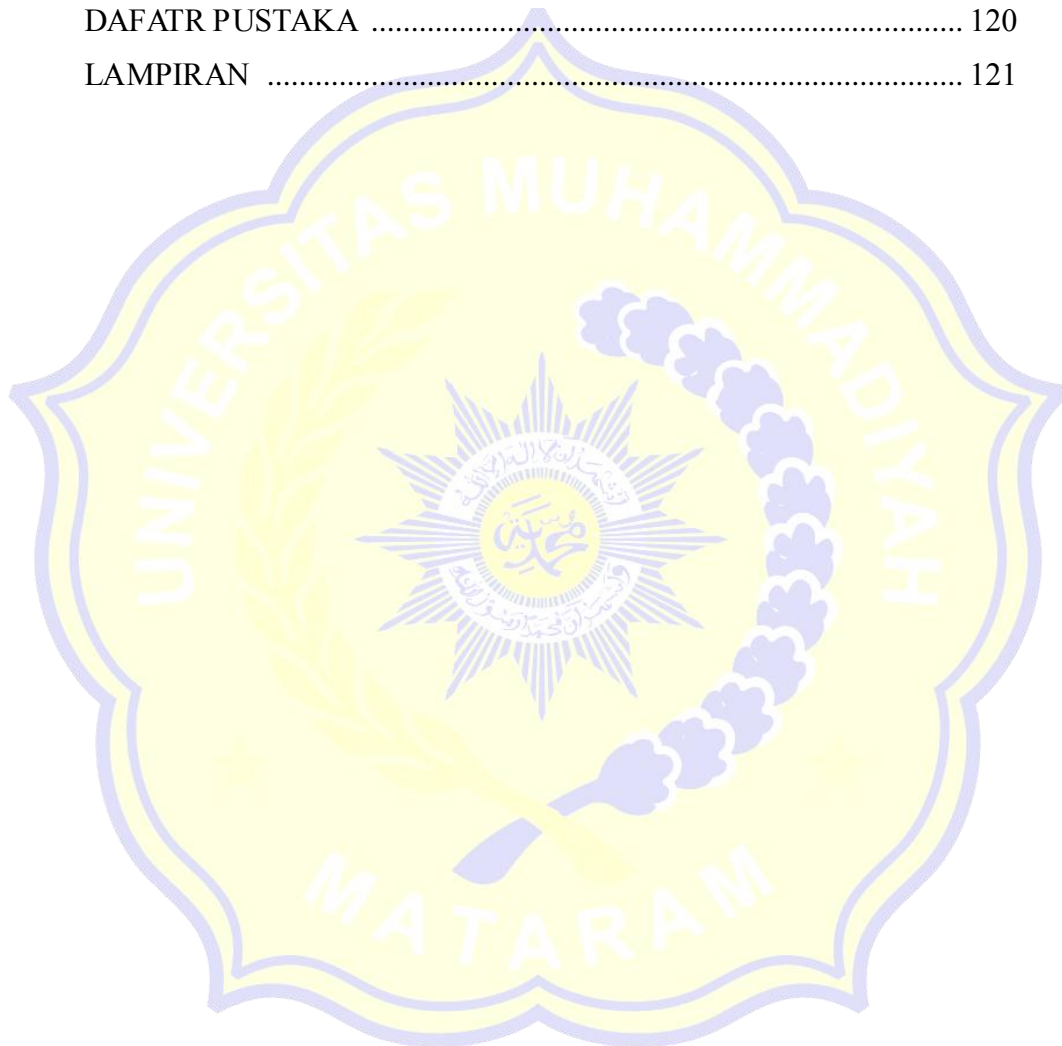
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
MOTTO HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR NOTASI	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Masalah	3
1.4 Batasan Perencanaan	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	6
2.3 Sistem Balok Grid Diagonal	8
2.4 Plat Lantai	10
2.4.1 Persyaratan Struktural Plat Lantai	12
2.4.2 Koefisien Momen.....	17
2.5 Balok	18

2.5.1 Rasio Tulangan	18
2.5.2 Distribusi tegangan dan tegangan balok	19
2.5.3 Penulangan geser dan torsi balok	20
2.6 Kolom.....	21
2.6.1 Integritas komponen struktural	22
2.6.2 Perencanaan kolom	22
2.7 Pembebanan	27
2.7.1 beban mati	27
2.7.2 Beban hidup	28
2.7.3 Kombinasi beban terfaktor.....	31
2.7.4 Beban gempa.....	32
2.7.5 Simpangan antar lantai ijin	42
2.7.6 Faktor reduksi kekuatan.....	43
2.7.7 Dasar-dasar Perencanaan balok bertulang	44
2.8 Pondasi	45
2.8.1 Kapasitas geser.....	46
BAB III METODE PERENCANAAN	48
3.1 Peta Lokasi.....	48
3.2 Deskripsi Model Struktur	49
3.3 Pengumpulan Data	51
3.3.1 Data Umum Bangunan	51
3.3.2 Data bahan	51
3.3.3 Data tanah	51
3.4 Analisis Struktur Menggunakan SAP 2000 V24	52
3.4.1 Proses Input Data	52
3.4.2 Proses output data	52
3.5 Pembebanan.....	52
3.6 Perencanaan Struktur	53
3.6.1 Perencanaan plat	53
3.6.2 perencanaan balok grid diagonal	53

3.6.3 Perencanaan kolom	53
3.6.4 Perencanaan Pondasi	55
3.7 Bagan Alir penelitian	54
BAB IV HASIL ANALISIS DAN PERANCANGAN	56
4.1 Umum	56
4.2 Desain Ekisting	56
4.3 Data Masukan	57
4.3.1 Model struktur	57
4.3.1.1 Bentang struktur	57
4.3.1.2 Lebar bentang struktur.....	58
4.3.1.3 Tinggi struktur	58
4.3.2 Material struktur	58
4.3.2.1 Beton	58
4.3.2.2 Baja tulangan	59
4.3.3 Dimensi komponen struktur	59
4.3.3.1 Dimensi balok.....	59
4.3.3.2 Dimensi kolom	61
4.3.3.3 Pondasi	63
4.3.4 Pembebanan struktur	63
4.3.4.1 Kombinasi pembebanan	63
4.4 Perancangan Struktur	64
4.4.1 Pelat lantai	64
4.4.1.1 pembebanan pelat lantai	64
4.4.1.2 Penulangan pelat lantai.....	64
4.4.2 Balok grid	67
4.4.2.1 pembebanan balok grid	67
4.4.2.2 Distribusi beban pelat lantai pada balok.....	68
4.4.2.3 Penulangan balok grid diagonal	70
4.4.3 Portal struktur	77
4.4.3.1 Pembebanan portal	77

4.4.3.2 Penulangan balok.....	85
4.4.3.3 Penulangan kolom	93
4.4.4 Pondasi	103
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	118
5.1 Kesimpulan	118
5.2 Saran	119
DAFTAR PUSTAKA	120
LAMPIRAN	121



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketebalan minimum plat solid satu arah non prategang	13
Tabel 2.2 Batasan lendutan plat.....	13
Tabel 2.3 Luas tulangan minimum plat satu arah.....	14
Tabel 2.4 Tabel minimum plat minimum tanpa balok dalam.....	15
Tabel 2.5 Persyaratan minimum untuk integritas struktural	22
Tabel 2.6 Berat sendiri bahan bangunan komponen gedung.....	28
Tabel 2.7 Beban hidup terdistribusi merata minimum ,L0 dan beban hidup terpusat minimum	31
Tabel 2.8 Kategori risiko bangunan Gedung.....	33
Tabel 2.9 Faktor keutamaan gempa.....	34
Tabel 2.10 Klasifikasi situs	35
Tabel 2.11 Koefisien situs Fa	36
Tabel 2.12 Koefisien situs Fv.....	37
Tabel 2.13 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	39
Tabel 2.14 Kategore desain seismik percepatan periode pendek	39
Tabel 2.15 Kategori desain seismik percepatan periode 1 detik	40
Tabel 2.16 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	41
Tabel 2.17 Nilai parameter periode pendekatan CT dan X	41
Tabel 2.18 Faktor reduksi kekuatan	43
Tabel 2.19 Batasan tebal selimut.....	44
Tabel 4.1 Distribusi beban pelat lantai pada balok grid diagonal	69
Tabel 4.2 Distribusi beban pelat atap pada balok grid	78
Tabel 4.3 Beban terpusat akibat balok grid pelat lantai	79
Tabel 4.4 Beban momen akibat balok grid pelat lantai	80
Tabel 4.5 Beban terpusat akibat balok grid pelat atap.....	80
Tabel 4.6 Beban momen akibat balok grid pelat atap	81
Tabel 4.7 Gaya lateral tiap lantai.....	84
Tabel 4.8 Gaya lateral gempa statik ekuivalen (Fi) untuk setiap arah	85
Tabel 4.9 Perhitungan sudut gesek φ'	104

Tabel 4.10 Perhitungan Kd.Tg δ tiap lapisan	105
Tabel 4.11 Perhitungan tahanan gesek tiang Qs	105
Tabel 4.12 Susunan tiang pancang	107



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur rangka ruang, plat dan grid.....	7
Gambar 2.2 Struktur grid sederhana	7
Gambar 2.3 Prilaku struktur grid kompleks	8
Gambar 2.4 Sistem grid persegi.....	9
Gambar 2.5 sistem grid diagonal.....	9
Gambar 2.6 Sistem grid majemuk.....	10
Gambar 2.7 Distribusi regangan dan tegangan pada balok bertulang rangkap	19
Gambar 2.8 Diagram tegangan dan regangan kolom.....	21
Gambar 2.9 Spektrum respon design	38
Gambar 2.10 Geser dua arah pada pondasi	47
Gambar 3.1 Peta lokasi gedung Bank NTB Syariah Mataram.....	48
Gambar 3.2 Site plan gedung Bank NTB Syariah Mataram.....	49
Gambar 3.3 Denah lantai 1 pembangunan gedung kantor pusat PT. Bank NTB Syariah Mataram	49
Gambar 3.4 Denah lantai 2 pembangunan gedung kantor pusat PT. Bank NTB Syariah Mataram	50
Gambar 3.5 Denah lantai 3 pembangunan gedung kantor pusat PT. Bank NTB Syariah Mataram	50
Gambar 3.7 Diagram alir perencanaan.....	55
Gambar 4.1 Denah Ekisting	56
Gambar 4.2 Denah Desain	57
Gambar 4.3 Denah balok grid pelat lantai type A	58
Gambar 4.4 Dimensi balok induk	60
Gambar 4.5 Dimensi balok grid	60
Gambar 4.6 Dimensi kolom type a)KA-1(900x900) b)KA-2(800x800)	61
Gambar 4.7 Segment dari pelat tipe C dengan balok grid	62
Gambar 4.8 Penempatan tulangan pelat lantai.....	65
Gambar 4.9 Penulangan pelat lantai.....	67

Gambar 4.10 Distribusi beban amplop pelat pada balok grid	68
Gambar 4.11 Dimensi penulangan balok grid	77
Gambar 4.12 Portal yang ditinjau	78
Gambar 4.13 Letak beban portal	79
Gambar 4.14 Grafik spektrum respon desain	83
Gambar 4.15 Dimensi penulangan kolom	102
Gambar 4.16 Jumlah tiang pancang yang digunakan	107
Gambar 4.17 Tinjauan geser arah y	110
Gambar 4.18 Daerah geser pons	111



DAFTAR NOTASI



Ab	: Luas penampang ujung bawah, (mm^2)
A_{cp}	: Luas penampang keseluruhan, (mm^2)
Ag	: Luas bruto penampang, (mm^2)
AL	: Luas tulangan torsi memanjang, (mm^2)
As	: Luas tulangan tarik, (mm^2)
As'	: Luas tulangan tekan, (mm^2)
A	: Luas kelompok tiang pancang, (cm^2)
a	: Tinggi blok tegangan tekan ekivalen, (mm)
b	: lebar kelompok tiang pancang, (cm)
bf	: Lebar efektif flens balok T, (mm)
bw	: Lebar penampang komponen struktur, (mm)
Cc	: Gaya tekan beton, (kN)
Ct	: Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser
c	: Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, (mm)
cb	: Kohesi tanah di sekitar ujung tiang, (kN/m^3)
D	: Beban mati, (kN/m^2)
d	: Tinggi efektif penampang, (mm)
d	: Diameter tiang pancang, (mm)
db	: Diameter batang tulangan, (mm)
ds'	: Jarak antara titik berat tulangan tekan dan tepi serat beton tekan, (mm)
E	: Beban gempa, (kN/m^2)
e	: Eksentrisitas pada kolom, (mm)
$f'c$: Kuat tekan beton, (MPa)
fs'	: Tegangan tekan baja tulangan, (MPa)
fy	: Kuat leleh baja, (Mpa)
h	: Tinggi penampang komponen struktur, (mm)
klu	: Faktor panjang efektif kolom
L	: Beban hidup, (kN/m^2)

- L_r : Beban hidup yang telah direduksi, (kN/m^2)
 l : Panjang tiang yang berada dalam tanah, (cm)
 l_n : Bentang bersih yang diukur dari muka tumpuan ke tumpuan, (mm)
 M_c : Momen akibat kuat tekan flens beton, (kN.m)
 M_n : Momen nominal penampang, (kN.m)
 M_{nc} : Momen nominal penampang dengan kondisi tekan, (kN.m)
 M_{ns} : Momen nominal penampang dengan kondisi tarik, (kN.m)
 M_r : Momen nominal penampang tereduksi, (kN.m)
 N_c : Faktor daya dukung dari grafik Skempton
 n : Jumlah tiang pancang
 P_b : Tekanan overburden ujung tiang, (kN/m^2)
 P_n : Kuat aksial nominal penampang, (kN)
 p : Nilai konus dari hasil sondir, (kg/cm^2)
 T_c : Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton, (kN)
 T_s : Gaya beton tarik, (kN)
 T_u : Momen torsi terfaktor pada penampang, (kN.m)
 V_c : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton, (kN)
 y : Lebar kelompok tiang pancang, (cm)
 α_f : Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebarpelat
 α_{fm} : Nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel
 β : Rasio dimensi panjang terhadap pendek dari dua sisi pelat
 β_l : Faktor yang dipengaruhi kuat tekan beton
 ρ : Rasio tulangan aktual
 ρ_b : Rasio tulangan penampang kondisi balance
 ρ_{max} : Rasio tulangan maksimum yang diijinkan
 ρ_{min} : Rasio tulangan minimum yang diijinkan
 λ : faktor modifikasi
 Δ : defleksi, (mm)
 ϕ : Faktor reduksi kekuatan

BAB I

PENDAHULU

1.1 Latar Belakang

Gedung bertingkat merupakan salah satu bangunan untuk memenuhi kebutuhan sarana dan prasarana yang terus meningkat, kurangnya lahan untuk pembangunan gedung dapat mempengaruhi gedung bentang tinggi. Dalam perencanaan gedung bertingkat bahan yang sering digunakan adalah susunan lantai dengan beton bertulang. Salah satunya pembangunan gedung kantor pusat PT Bank NTB Syariah di Daerah Nusa Tenggara Barat (NTB) yang merupakan bank milik pemerintah provinsi NTB.

Bangunan gedung terdiri dari beberapa elemen pendukung struktur pendukung, yaitu kolom, balok, dan pelat lantai. Kolom adalah batang tekan vertical dari suatu struktur yang dapat memikul beban dari balok, hal ini kolom memiliki peranan yang sangat penting yaitu sebagai suatu elemen struktur tekan dari suatu konstruksi. Sedangkan balok yaitu batang horizontal yang dapat memikul beban dari pelat yang berada di atasnya dan sebagai media pembagi beban pada kolom. Adapun pelat lantai yang tidak terletak di atas tanah, merupakan lantai yang menjadi pembatas antara tingkat satu dengan tingkat yang lainnya. Pelat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan.

Dalam perkembangannya, pelat lantai bangunan dibuat dalam bentuk bidang datar yang tipis dan terdapat perpaduan besi dan beton sebagai material penyusunannya. Jika luas pelat dalam suatu ruang lebih besar, maka akan mengakibatkan lendutan yang cukup besar. Untuk beban yang dipikul pelat, yaitu berupa beban statis dan beban dinamis, besaran kedua beban tersebut dapat berubah.

Dalam praktik keteknikan, pelat yang memiliki defleksi tinggi harus dihindari. Ada beberapa cara teknologi untuk membuat pelat lantai lebih kaku dan kuat. Salah satunya adalah dengan menggunakan balok silang berupa balok utama

dan balok pembantu untuk mempersempit bentang pelat. Karena praktis dalam analisis dan penerapannya, oleh karena itu pendekatan ini banyak digunakan.

Alternatif lainnya yaitu berupa struktur grid yang dimana struktur ini digunakan pada bentangan yang lebih besar, yang memiliki sifat pendistribusian beban pada dua arah yang seimbang, dilihat dari bentuknya yang beraturan dan seragam membuat kesan arsitektur semakin menarik dengan tidak dipasangkan plafond untuk langit-langit ruangan dibawahnya. Struktur grid ini terdiri dari tiga macam metode, untuk itu yang digunakan dalam peninjauan perancangan kerja struktur ini salah satunya adalah struktur balok grid diagonal. Sistem kerja dari struktur grid mampu mendistribusi beban dan momen secara merata pada kedua arah bentang.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan “Studi Perancangan Struktur Gedung Kantor Pusat PT Bank NTB Syariah Dengan Balok Grid Diagonal” sebagai penyangga yang mendistribusikan beban pada dua arah yang seimbang.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam perancangan struktur gedung kantor pusat PT Bank NTB Syariah menggunakan metode balok grid yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan struktur gedung kantor dengan bentang lebar menggunakan balok grid diagonal?
2. Apakah perencanaan gedung kantor Bank NTB Syariah dengan menggunakan balok grid diagonal aman?
3. Bagaimanakah pemodelan dan analisa struktur gedung kantor Bank NTB Syariah dengan menggunakan metode numeris?

1.3 Tujuan Masalah

Adapun tujuan masalah dalam perancangan struktur gedung kantor pusat PT Bank NTB Syariah menggunakan metode balok grid yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui perbandingan jika ditinjau dari bentang plat dan volume gedung, mana yang lebih efektif antara desain eksisting dengan redesain menggunakan balok grid diagonal.
2. Mengetahui hasil analisa struktur aman atau tidak dengan menggunakan balok grid diagonal
3. Dapat merencanakan pemodelan dan analisis struktur dan mengaplikasikan hasil perencanaan dan perhitungan menggunakan metode numeris.

1.4 Batasan Perencanaan

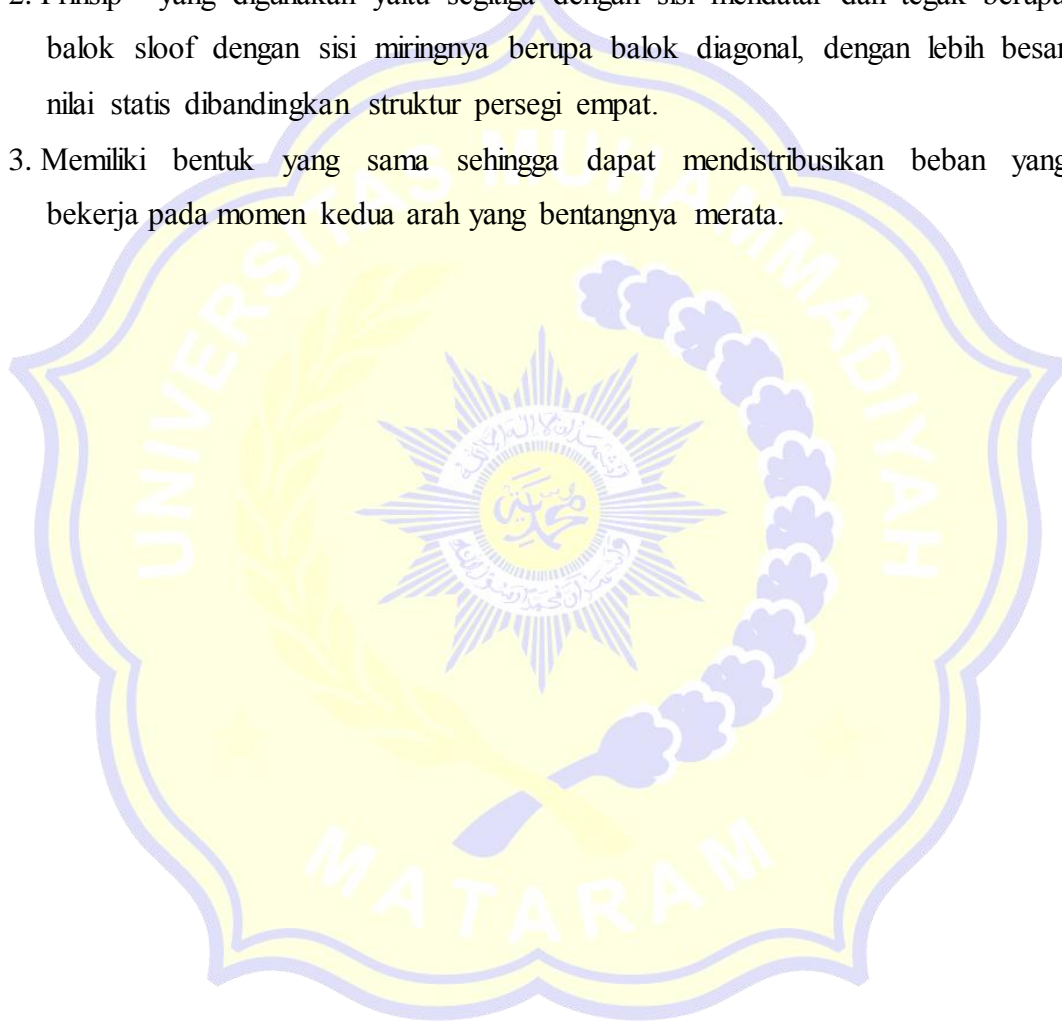
Adapun batasan perencanaan dalam perancangan struktur gedung kantor pusat PT Bank NTB Syariah menggunakan metode balok grid diagonal, yaitu sebagai berikut :

1. Pembebanan minimum untuk perancangan gedung dihitung berdasarkan SNI-1727-2020 dan untuk persyaratan beton struktur untuk bangunan gedung berdasarkan SNI-2847-2019.
2. Tidak melakukan perencanaan instalasi mekanikal elektrikal dan plumbing.
3. Tidak meninjau analisa biaya, arsitektural, metode pelaksanaan, dan manajemen konstruksi.
4. *Software* pemodelan struktur menggunakan program SAP2000 V.16 sedangkan menggambar hasil desain dengan program AutoCAD

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam perancangan struktur gedung kantor pusat PT Bank NTB Syariah menggunakan metode balok grid diagonal, yaitu sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan balok grid diagonal, setiap elemen struktur yang bekerja dapat menjadi satu kesatuan sebagai struktur bangunan yang bekerja, kokoh dan mampu untuk menahan gaya gempa.
2. Prinsip yang digunakan yaitu segitiga dengan sisi mendatar dan tegak berupa balok sloof dengan sisi miringnya berupa balok diagonal, dengan lebih besar nilai statis dibandingkan struktur persegi empat.
3. Memiliki bentuk yang sama sehingga dapat mendistribusikan beban yang bekerja pada momen kedua arah yang bentangnya merata.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang berfungsi untuk mendapatkan perbandingan atau acuan dan menemukan inspirasi baru untuk penelitian. Penelitian terdahulu ini bisa dijadikan sebagai dasar atau pijakan penelitian karena dengan adanya penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, maka landasan teorinya semakin jelas, valid, dan juga memiliki hipotesis penelitian yang membuat sebuah riset di dalam penelitian menjadi penting untuk dilakukan. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang masih berkaitan dengan tema yang penulis kaji.

Yasar (2020) dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Perancangan Struktur Gedung Hotel Golden Tulip Mataram dengan Menggunakan Pelat Lantai Sistem Balok Grid Diagonal” perencanaan menggunakan sistem balok grid diagonal yang ditempatkan pada pelat lantai, dimensi balok grid diagonal yang digunakan memiliki lebar 200 mm dan untuk tingginya sendiri adalah 400 mm, untuk tulangan pada balok digunakan tulangan D16 untuk tulangan pokok dan Ø8 mm untuk sengkang dengan hasil analisa menggunakan program SAP2000 V.14 menunjukkan bahwa komponen struktur gedung dimensi yang direncanakan aman terhadap gempa yang ada.

Hamzah (2022) dalam penelitiannya berjudul “Perencanaan Ulang pada Hotel Amarsvati dengan menggunakan Pelat Sistem Balok Grid” analisa yang dilakukan menggunakan program ETABS V.9.6.0, komponen dimensi pelat lantai dan pelat atap dengan ketebalan 70 mm dengan tulangan D10, dan dimensi grid berbentuk trapesium dengan lebar 150 mm untuk sisi bawah, 350 mm untuk sisi atas dan 300 mm untuk tinggi balok grid dengan tulangan utama D16 dan sengkang D10, sistem balok grid yang ditempatkan pada pelat lantai ini efektif untuk struktur gedung yang memiliki bentang yang panjang dan ruangan yang luas tanpa adanya

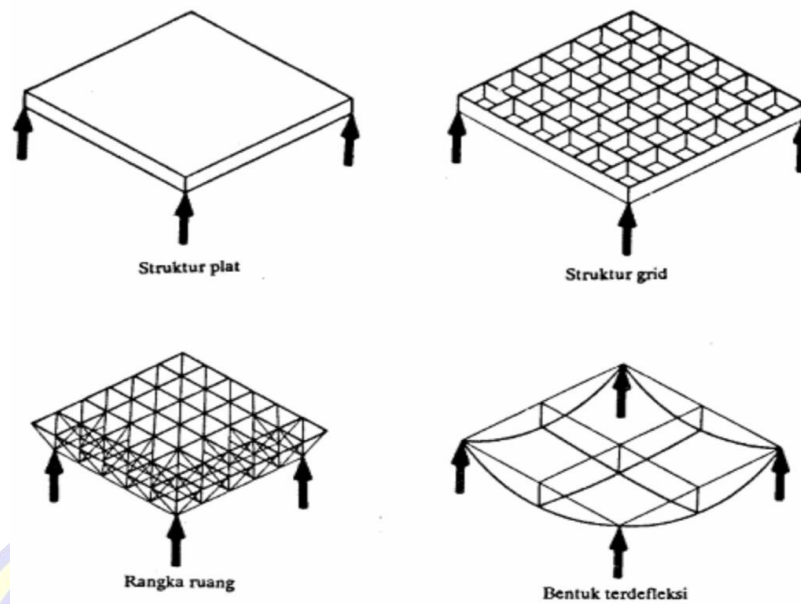
pendukung yang menopang pada bagian tengah gedung dan aman terhadap beban gempa.

2.2 Landasan Teori

Struktur balok grid merupakan struktur yang terdiri dari balok-balok silang yang berpotongan saling tegak lurus atau potongan yang saling diagonal. Balok yang berukuran sangat pendek memiliki kekuatan dan sifat kekakuan yang kurang bagus. Sehingga mengakibatkan lendutan atau *defleksi* dari balok menjadi besar. Lendutan atau *defleksi* yang besar ini harus dicegah agar balok masih dapat berfungsi dan memberikan kenyamanan untuk berpijak bagi penghuninya. Struktur grid dapat dipakai pada bentang yang cukup lebar, karena bentuknya dapat dibuat sesuai keinginan. Struktur grid mempunyai sifat utama mampu mendistribusikan beban pada kedua arah secara seimbang. System struktur terdiri dari elemen-elemen struktur dimana satu dengan yang lainnya saling terjadi ketertarikan, untuk membentuk satu kesatuan struktur dan saling memberikan perkuatan (Priyanto,2015).

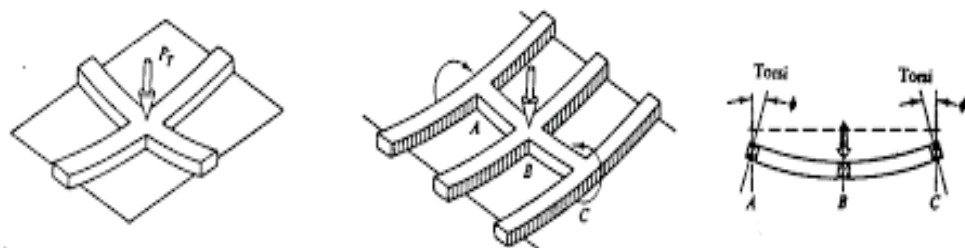
Pelat adalah struktur planar kaku yang secara khas terbuat dari material monolit yang tingginya kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya. Beban yang umum bekerja pada plat mempunyai sifat banyak arah dan tersebar. Sejak digunakannya beton bertulang modern untuk plat, hampir semua gedung menggunakan material ini sebagai elemen plat.

Secara umum dapat dikatakan bahwa suatu pelat yang terbuat dari bahan yang homogen mempunyai sifat yang sama pada keseluruhan permukaannya. Ada jenis elemen lain dengan kemiripan struktural dengan yang ditampilkan oleh pelat pada Gambar 2 yang memiliki perilaku. Satu ruangan yang terdiri dari elemen pendek kaku berpola segitiga dalam tiga dimensi dan yang membengkokkan tepi bidang besar dengan struktur relatif tipis adalah sebuah ruangan.



Gambar 2.1 struktur rangka ruang, plat, dan grid
 (Sumber: Priyanto, 2015)

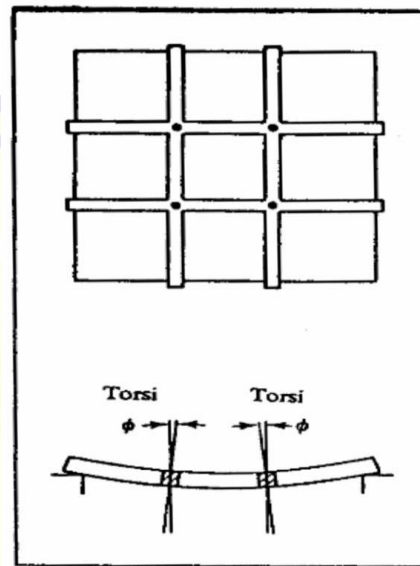
Secara umum momen eksternal dan kelengkungan timbul berdasarkan pada struktur rangka ruang, plat, dan grid namun sama, dimensi umumnya sama. Pada umumnya, grid berbutir kasar lebih baik dalam memikul sederetan beban terpusat, sedangkan plat dan rangka ruang (dengan banyak elemen struktur kecil) cenderung lebih cocok untuk memikul beban terdistribusi mearata (Priyanto,2015).



Gambar. 2.2 Struktur grid sederhana
 (Sumber: Priyanto,2015)

Dalam grid yang lebih kompleks, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, aksi dua arah dan perputaran dapat terjadi. Dengan memberikan kombinasi kekuatan lentur dan torsi, semua elemen digabungkan untuk membentuk beban.

Jika balok-balok yang dimaksud lemah dan tidak terhubung dengan elemen struktur lainnya dengan cara yang kaku, rotasi lentur pada elemen pertama tidak akan dapat menyebabkan torsi pada elemen struktur lainnya. Alhasil, tidak ada penambahan kekakuan yang bisa diberikan dengan aksi torsi. Oleh karena itu, dibandingkan dengan struktur grid yang terhubung secara aman, defleksi yang terjadi akan lebih ringan.



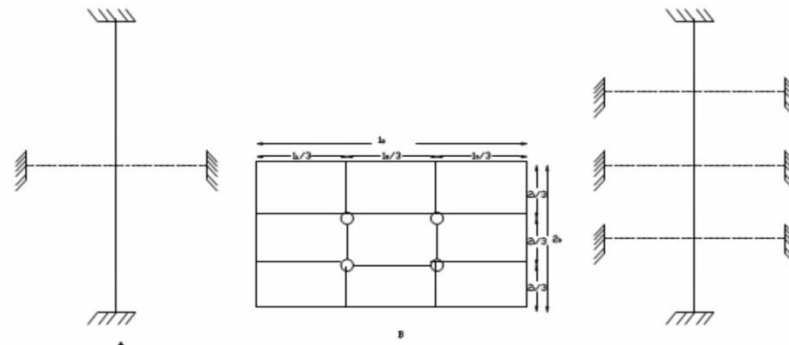
Gambar 2.3 Perilaku struktur grid kompleks
(Sumber: Priyanto, 2015)

2.3 Sistem Balok Grid Diagonal

Karena bentuk dan sistem balok silang yang membengkokkan ruas-ruas wafel, pelat berbasis grid memiliki tingkat ketidakstabilan yang lebih tinggi daripada pelat datar biasa. Dilihat dari bentuk dan letak balok silang, struktur grid dibedakan menjadi tiga, yaitu:

a) Sistem grid persegi

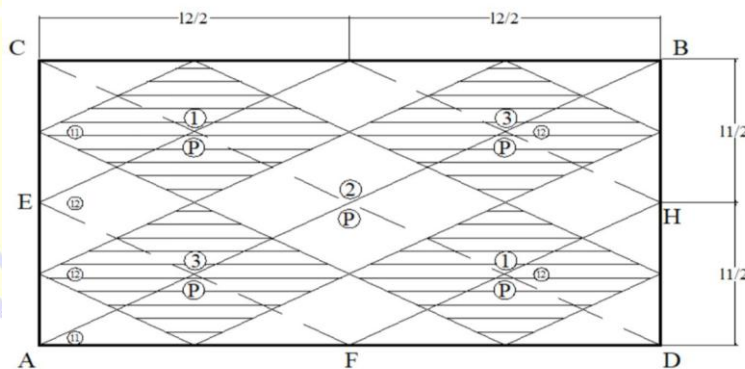
Dua buah balok yang berdiri diam dan melihat hal yang sama seperti yang lainnya membengkokkan sistem grid persegi. Ini mungkin terdiri dari hanya satu balok atau beberapa balok dengan fungsi utama mendistribusikan beban dalam dua arah atau lebih.



Gambar 2.4 Sistem grid persegi
(Sumber: Priyanto, 2015)

b) Sistem grid miring/diagonal

Sistem ini adalah sistem tertentu dengan busur balok yang tidak selalu lurus tetapi melengkung untuk mengakomodasi diagonal miring yang menonjol. Meskipun memiliki panjang yang berbeda ($l_1 \neq l_2$), balok diagonal dalam hal ini selalu memiliki bentuk panjang yang berbeda. Terlihat pada gambar 2.2 bahwa EG/AB berbeda dengan EF/CD.

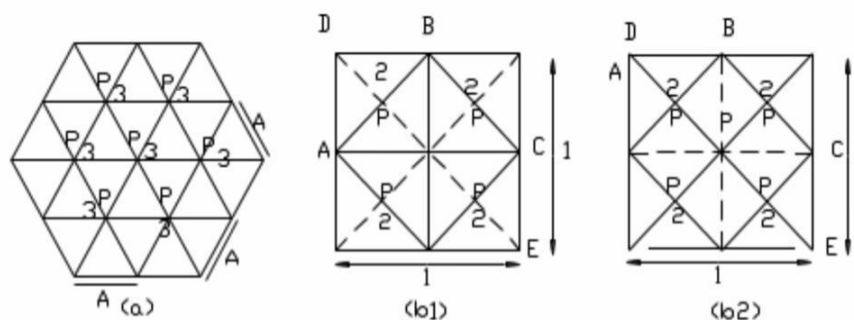


Gambar 2.5 Sistem grid diagonal
(Sumber: Priyanto, 2015)

Diperkirakan bahwa balok dengan jarak bentang yang lebih pendek dan kekakuan yang lebih baik akan menopang balok dengan jarak bentang yang lebih panjang. Gaya dipandang beroperasi sebagai beban titik di persimpangan setiap balok diagonal.

c) Sistem grid majemuk

Satu titik simpul dalam sistem grid majemuk, seperti terlihat pada gambar di bawah ini, dapat dilalui oleh banyak balok tinggi atau balok bawah. Mengingat fakta bahwa n adalah jumlah balok yang lebih tinggi yang telah melewati simpul, dapat dilihat bahwa beban terpusat dapat bekerja pada titik simpul akan menjadi P/n untuk setiap balok.



Gambar. 2.6 Sistem grid majemuk
(Sumber: Priyanto, 2015)

Struktur grid merupakan model struktur yang ideal, karena system kerjanya yang mendekati kenyataan praktker lapangan. Berdasarkan Priyanto (2015) beberapa keuntungan yang dimiliki struktur grid adalah:

- 1) Mempunyai kekuatan dan kekuatannya besar, terutama pada bentangnya lebar pada arah horizontal pada portal bangunannya.
- 2) Mampu mendistribusikan beban dan momen secara merata pada kedua arah bentangan
- 3) Pada struktur grid jumlah kolom dapat dikurangi, sehingga dapat memberikan ruang yang lebih luas.

2.4 Pelat Lantai

Baik itu lantai bangunan, bagian atas jembatan, atau jenis konstruksi lainnya, pelat beton adalah permukaan yang rata secara horizontal. Pelat beton tersebut ditopang oleh balok, kolom, dinding, atau bahkan dapat diletakkan di atas tanah

(*onground slab*). Biasanya, balok dan pelat di cor bersama untuk membuat satu unit struktural monolitik dalam konstruksi balok-pelat. Pelat dalam suatu struktur seringkali dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu sebagai berikut :

1) Pelat satu arah

Agar pelat melentur atau menekuk ke arah tegak lurus ke sisi penyangga, pelat hanya harus ditopang di kedua sisi. Pelat jenis ini mendistribusikan beban ke arah itu, yaitu arah tumpuan.

2) Pelat rusuk

Pelat rusuk adalah pelat beton dengan ketebalan berkisar antara 50 hingga 100 mm dan didukung oleh kekerasan yang berjarak sama. Lebar minimum rusuk adalah 100 mm, sedangkan tinggi maksimum lebih besar dari 3,5 kali lebar minimum. Balok utama yang langsung menopang kolom juga menopang tulang rusuk. Sistem pembengkokan pelat sesuai untuk konstruksi pelat dengan bentang 6–9 m.

3) Pelat dua arah

Pelat dua arah adalah pelat dengan rasio bentang panjang dan pendek kurang dari dua dan didukung pada keempat sisinya. Ada beberapa jenis sistem pelat dua arah, antara lain :

a) Sistem balok-pelat dua arah

Pada sistem pelat ini beton ditumpu oleh balok di keempat sisinya. Beban dari pelat ditransfer ke keempat penumpu balok dan selanjutnya ditransfer ke kolom. Balok akan meningkatkan kekakuan pelat, sehingga lendutan yang terjadi akan relatif kecil.

b) Sistem slab datar (*flat slab*)

Slab datar merupakan sistem struktur pelat beton dua arah yang tidak mempunyai balok untuk bisa menimbulkan kegagalan geser pada pelat. Beberapa kegagalan dapat dicegah antara lainnya :

- Memberikan ketebelan setempat pada pelat (*drop panel*) serta menyediakan kepala kolom (*column capital*)

- Walaupun tanpa kepala kolom tetapi penebalan panel dapat disediakan, panel disekitar kolom harus cukup tebal untuk memikul terjadinya tegangan tarik diagonal yang muncul akibat geser pons.
- Kepala kolom digunakan tanpa adanya penebalan pada panel, namun jarang digunakan sistem slab datar untuk bentang 6-9 m, dengan beban hidup 4-7 kN/m²

c) Sistem pelat datar (*flat plate*)

Sistem pelat yang ada saat ini adalah pelat yang dipasang secara permanen pada langit-langit tanpa menggunakan panel atau kepala kolom. Akibat dari geser pons, yang akan menghasilkan tegangan tarik diagonal, potensi ketidakstabilan struktural akan muncul. Akibat tidak adanya panel dan kepala, maka diperlukan panel yang lebih besar atau menambah lebih banyak penulang di sekitar kepala.

d) Pelat dua arah berusuk

Pelat dua arah berusuk adalah pelat dua arah yang didukung oleh tulang rusuk di kedua arah dan dengan ketebalan berkisar dari 50 hingga 100 mm. Tepi pelat ditopang oleh balok, namun pelat berpotensi menopang kolom secara langsung dengan penebalan di sekelilingnya.

2.4.1 Persyaratan struktural pelat lantai

Ada standar yang menjadi panduan persyaratan untuk membangun struktur, dalam contoh ini SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung. Selain mengatur kriteria konstruksi beton bertulang, standar ini berisi aturan yang memberikan rekomendasi untuk studi dan desain pelat lantai yang terlepas dari teknologi yang digunakan.

1. Tebal minimum pelat

a. Pelat satu arah

Peraturan SNI 2847:2019 memberikan beberapa batasan dalam desain pelat satu arah

- Desain dilakukan dengan menggunakan asumsi lebar 1 meter.

- Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan $f_y = 400$ MPa sesuai dengan SNI 2847:2019 harus ditentukan sebagaimana terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ketebalan minimum pelat solid satu arah non prategang

Kondisi tumpuan	$h^{[1]}$ Minimum
Tumpuan sederhana	$l/20$
Satu ujung menerus	$l/24$
Kedua ujung menerus	$l/28$
Kantilever	$l/10$

(Sumber : SNI 2847:2019)

Angka ini berlaku untuk untuk beton normal

Untuk $f_y > 420$ MPa, Persamaan 2.1 pada Tabel 2.1 harus dikalikan dengan

$$(0,4 + f_y/700) \dots \dots \dots (2.1)$$

- Lendutan yang terjadi dapat diperkirakan ketika pelat yang memikul konstruksi mengalami kerusakan akibat lendutan yang sangat besar. Batas lendutan pelat ditentukan dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Batasan Lendutan Pelat

Jenis komponen struktur	Kondisi		Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar	Tidak memikul atau tidak disatukan dengan elemen-elemen nonstructural yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar		Lendutan seketika akibat L , dan R maksimum	$l/180^{[1]}$
Lantai	Mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar		Lendutan seketika akibat L	$l/360$
Atap atau lantai	Memikul atau disatukan dengan elemen-elemen nonstructural	Tidak akan rusak akibat lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstructural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup ^[2])	$l/480^{[3]}$
		Mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar		$l/240^{[4]}$

(Sumber : SNI 2847:2019)

Nilai lendutan yang terjadi sebelum pemasangan bagian nonstruktural dapat dikurangkan dari perhitungan lendutan jangka panjang yang dibuat sesuai dengan SNI 2847:2019. Menghitung ukuran nilai lendutan ini memerlukan penggunaan informasi teknis yang valid tentang sifat hubungan waktu-lendutan dari komponen struktur yang sebanding dengan bagian yang dievaluasi.

Batasan untuk $l/480$ boleh dilewati apabila langkah untuk mencegah kerusakan terhadap komponen yang ditumpu atau disatukan telah dilakukan.

Batasan untuk $l/240$ tidak boleh melebihi batasan penerimaan yang telah disediakan untuk elemen nonstruktural.

Untuk perencanaan pelat satu arah, yaitu:

- Struktur pelat satu arah memerlukan tulangan susut dan temperatur dengan arah tegak lurus terhadap tulangan lentur, dan penutup beton untuk struktur pelat tidak boleh >20 mm untuk pelat yang tidak bersentuhan langsung dengan cuaca dan tanah.
- SNI 2847:2019 berisi aturan yang mengatur tentang persyaratan ini. Rasio tulangan susut dan suhu terhadap luas penampang beton bruto harus sekurang-kurangnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3, tetapi tidak kurang dari 0,0014.

Tabel 2.3 Luas tulangan minimum pelat satu arah

Tipe tulangan	f_y Mpa	$A_{s,min}$	
Batang ulir	<420	$0,0020A_g$	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari:	$0,0018 \times \frac{420}{f_y}$
			0,0014

(Sumber : SNI 2847:2019)

- Spasi maksimum s untuk tulangan ulir harus kurang dari $3h$ dan 450 mm. Spasi tulangan yang disyaratkan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari $5h$ dan 450 mm.

b) Pelat dua arah

Karena rumitnya menghitung lendutan pelat dua arah, SNI 2847:2019 menetapkan tebal minimum pelat dua arah. Untuk menghindari lendutan yang besar, ketebalan pelat dapat ditentukan dengan menggunakan rumus empiris pada Persamaan 2.2 dan 2.3 berikut ini :

- Untuk $0,2 < a_{fm} < 2,0$

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5 \beta (a_{fm} - 0,2)} \dots \dots \dots (2.2)$$

namun tidak boleh kurang dari 125 mm.

- Untuk $a_{fm} > 2.0$

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \dots \dots \dots (2.3)$$

namun tidak boleh kurang dari 90 mm

- Untuk $a_{fm} < 0,2$

h = ketebalan minimum pelat untuk balok (Lihat Tabel 2.3).

Dengan :

h = ketebalan pelat

l_n = bentang bersih pelat diukur dari pusat ke pusat

f_y = mutu baja tulangan

β = rasio dimensi panjang terhadap pendek dari dua sisi slab

a_{fm} = nilai rata-rata untuk semua balok pada tepi-tepi panel

Tabel 2.4 Tebal minimum pelat tanpa balok dalam

f_y (MPa)	Tanpadrop panel			Dengandroppanel		
	Paneleksterior		Paneli nterior	Paneleksterior		Paneli nterior
	Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi ^[4]		Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(Sumber : SNI 2847:2019)

Jarak bersih (l_n), diukur dalam milimeter dari muka tumpuan ke mukanya, dalam arah membujur. Ketebalan minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier untuk f_y dengan nilai di antara yang tercantum dalam tabel. Pelat dengan balok samping di antara kolom membentuk panel eksternal, yang memiliki tepi luar.

Untuk pelat tanpa drop panel, ketebalan minimum yang ditunjukkan pada Tabel 2.4 tidak boleh kurang dari 120 mm, dan untuk pelat dengan drop panel, tidak boleh kurang dari 100 mm. SNI 2847:2019 mengamanatkan balok tepi untuk panel dengan tepi tidak menerus memiliki rasio kekakuan minimal 0,8.

2. Tulangan pelat

a) Tulangan geser

- Spasi untuk tulangan geser dibuat tegak lurus terhadap titik komponen struktur, dalam hal ini spasi antar tulangan tidak boleh melebihi 600 mm maupun $d/2$. Dengan d merupakan jarak dari serat tekan yang jauh ke pusat tulangan tarik longitudinal.
- Luas minimum Luas minimum untuk tulangan geser mengacu pada SNI-2847-2019 terdapat dalam Persamaan 2.4.

$$\text{Luas minimum} = 0,0062\sqrt{f'c} \frac{b_w s}{f_y t} \dots \dots \dots (2.4)$$

- Kuat geser

Jika sumbu komponen tidak lurus maka kuat geser nominal yang dapat diberi oleh tulangan dapat digunakan tulangan geser terdapat pada persamaan 2.5

$$V_s = \frac{A_v f_y t^d}{S} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan:

V_s = Kuat Geser Nominal Tulangan

$A_v f$ = Luas Tulangan Total, yang tegak lurus dengan sumbu batang

S = Jarak Tulangan Sengkang

d = Diameter Tulangan

A_v = tulangan geser

Nominal Kuat geser beton Untuk komponen struktur yang terkena gaya geser dan lentur maka nilai kuat geser nominal yang dapat diberi oleh beton seperti terdapat pada Persamaan 2.5.

$$V_c = 0,17 \delta \sqrt{f'_c} b_w \cdot d \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan:

V_c = Kuat Geser Beton

F'_c = Mutu Beton

b_w = Lebar Efektif Penampang

d = Diameter Tulangan

Dengan nilai δ adalah 1,0 untuk beton berat normal dan 0,75 untuk beton berat ringan.

b) Tulangan utama

Rasio tulangan utama yang digunakan harus kurang dari rasio minimum yang ditetapkan. Perhitungan rasio yang digunakan adalah sebagai berikut seperti terdapat pada Persamaan 2.6 sampai dengan Persamaan 2.8.

$$\rho_b = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = 0,0025 \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan :

P_b = Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang

F'_c = Mutu Beton

F_y = Mutu Baja

2.4.2 Koefisien momen

Dua dari berbagai teknik yang digunakan untuk menganalisis pelat lantai adalah pendekatan desain langsung dan koefisien momen. Untuk menghitung besarnya momen yang terjadi baik pada daerah medan maupun daerah tumpuan, teknik koefisien momen menggunakan nilai tertentu sebagai koefisien. Karena

nilai koefisien momen telah disediakan, pendekatan ini relatif mudah digunakan dan praktis, tetapi kehilangan keefektifannya bila digunakan pada pelat dengan sebaran besar. Persamaan 2.9 menunjukkan persamaan yang diterapkan pada perhitungan momen.

$$M = 0,001 \cdot qu \cdot lx^2 \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan:

qu = beban total pada pelat

lx = sebagai jarak pada bentang terpendek.

2.5 Balok

Balok adalah satu-satunya komponen terpenting dari struktur portal dengan bentang yang kokoh mendatar. Akibatnya, dibutuhkan baja tulangan untuk menjangkau beban-beban dimaksud. Beban ini bisa lentur, torsi, atau, lebih umum, punter. Jenis tulangan yang digunakan adalah tulangan longitudinal untuk beban lentur, dan tulangan geser atau begel untuk geser dan torsi. Dalam praktiknya, ada balok dengan tulangan tunggal dan rangkap yang terus dibersihkan. Balok beton dengan rangkap tulangan adalah balok yang diberi tulangan oleh penampang beton pada daerah tarik dan tekan. Tulangan pada daerah tarik dan tekan bertujuan untuk mengambil kembali beban yang terjadi sebagai momen lentikular. Keadaan ini disebabkan oleh kekuatan beton pada daerah tarikan yang diabaikan, sehingga semua beban tarikan ditahan oleh tulangan tarikan longitudinal untuk balok yang menahan momen lentur besar tulangan tarikan dipasang lebih banyak dari pada tulangan.

2.5.1 Rasio Tulangan

Rasio tulangan pada balok lentur tergantung dari jenis semen ($f'c$) dan baja tulangan (fy) yang digunakan, namun tidak dipengaruhi oleh ukuran struktur (besar-kecil). Nilai rasio tulangan juga ada kaitannya dengan ketiga jenis kerusakan yang terjadi pada balok lentur yaitu tekan, seimbang, dan keruntuhan tarik.

- Keruntuhan tekan

Dalam skenario ini, beton akan meleleh terlebih dahulu dan dihancurkan sebelum baja tulangan, menghasilkan defleksi balok yang cukup konsisten. Namun, keruntuhan tiba-tiba akan terjadi jika balok mengalami beban yang sangat besar. Karena balok yang gagal dengan cara ini memiliki rasio tulangan yang tinggi, balok tidak dapat mencapai rasio tulangan maksimum yang ditentukan oleh Persamaan 2.10.

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot p = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{(600 + f_y) \cdot f_y} \dots \dots \dots (2.10)$$

- Keruntuhan seimbang

Dalam skenario ini, beton dan baja tulangan akan meleleh dan hancur pada saat bersamaan, sehingga memaksimalkan kekuatan kedua material tersebut. Strategi yang ideal, tetapi yang sangat menantang untuk dilakukan, adalah desain balok dengan kegagalan. Dengan persamaan 2.11 dapat digunakan untuk menghitung rasio tulangan seimbang untuk balok yang gagal.

$$\rho_b = \frac{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \dots \dots \dots (2.11)$$

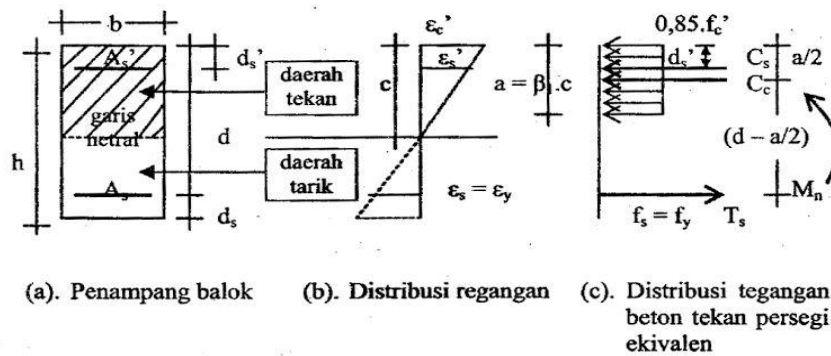
- Keruntuhan tarik

Dalam hal ini baja tulangan sudah mencair sebelum beton mengalami kerusakan, sehingga beton masih mampu menahan beban. Lendutan terjadi akibat peleburan baja tulangan dan pembubutan plastik. Defleksi ini dianggap aman dan diizinkan dalam perencanaan karena dapat berfungsi sebagai peringatan sebelum terjadi kegagalan. Persamaan 2.12 dapat digunakan untuk menghitung risiko tulangan untuk balok yang gagal dengan cara ini, yang kecil tetapi tidak lebih rendah dari rasio tulangan minimal.

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots \dots \dots (2.12)$$

2.5.2 Distribusi regangan dan tegangan balok

Regangan dan tegangan yang terjadi pada balok dengan penampang beton bertulang rangkap seperti yang terlihat pada Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Distribusi regangan dan tegangan pada balok bertulang rangkap

(Sumber: Asroni, 2010)

Berdasarkan gambar 2.7 momen nominal diperoleh dengan menggunakan rumus Persamaan 2.13 dan Persamaan 2.14 berikut:

$$M_n = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) \text{ atau} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$M_n = T_s \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots \dots \dots (2.14)$$

Dengan:

- M_n = momen nominal actual, kNm
- C_c = gaya tekan beton, kN
- T_s = gaya tarik baja tulangan, kN

2.5.3 Penulangan geser dan torsi balok

Untuk menahan tegangan geser atau transversal yang bekerja pada ujung balok yang dapat mengakibatkan retak miring pada balok, diperlukan tulangan geser. Beban eksentrik yang terjadi pada balok dapat menyebabkan momen bekerja pada sumbu longitudinal balok atau bagian struktural lainnya yang dikenal sebagai torsi atau momen puntir. Menurut SNI 2847:2019, jika momen torsi terfaktor T_u memenuhi syarat pada Persamaan 2.15, maka pengaruh torsi atau puntir dapat diabaikan.

$$T_u \leq \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\sum x^2 y \right); \text{ dengan } \phi = 0,75 \dots \dots \dots (2.15)$$

Dengan :

$\sum x^2 y = x_1^2 + 2x_2^2(3x_2)$ untuk balok berpenampang persegi.

Kuat momen torsi yang diberikan balok beton, dapat dihitung dengan Persamaan 2.16.

$$T_c = \frac{\sqrt{\frac{f'_c}{15}} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left[\frac{0,4 V_u}{C_t T_u} \right]^2}} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dengan:

T_c = Momen torsi

F'_c = Kuat tekan beton yang diisyaratkan

V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

T_u = Momen punter terfaktor

C_t = Grafik respon gempa

Kemampuan maksimum menahan geser pada balok beton dihitung dengan Persamaan 2.17.

$$V_c = \frac{\sqrt{\frac{f'_c}{6}} bw . d}{\sqrt{1 + \left[2,5 . C_t \frac{T_u}{V_u} \right]^2}} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dengan :

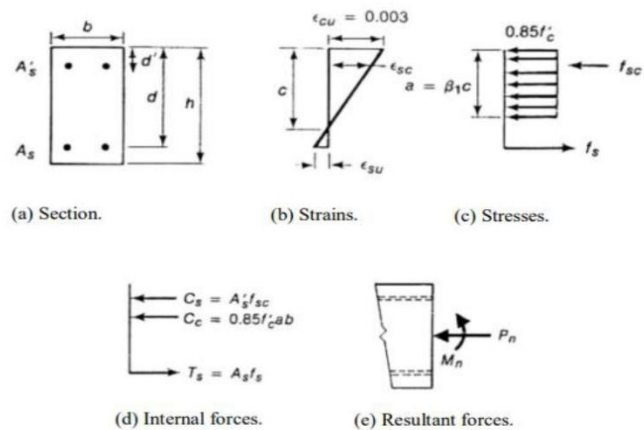
V_c = Tegangan geser beton

bw = Lebar badan balok

d = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangan tarik

2.6 Kolom

Ide dasar di balik mendesain kolom sangat mirip dengan mendesain balok, dengan pengecualian beban aksial tambahan. Diagram tegangan dan regangan pada Gambar 2.8 mengilustrasikan keadaan penampang kolom di bawah beban tekan dan lentur.



Gambar 2.8 Diagram tegangan dan renggangan kolom
(Sumber:Asroni,2010)

Kolom merupakan elemen tekan vertikal rangka struktur yang memikul beban dari balok. Sampai melewati pondasi dan menyentuh tanah, kolom mentransfer beban dari elevasi atas ke ketinggian yang lebih rendah. Kolom direncanakan dengan hati-hati, agar kekuatan cadangan yang masuk lebih banyak, daripada yang dilakukan untuk balok dan elemen struktur horizontal lainnya.

2.6.1 Integritas komponen struktural

Persyaratan integritas struktural bertujuan untuk meningkatkan relevansi dan penopang utama akan meminta beban melebihi kondisi normal, kerusakan yang terjadi bisa dialokasi pada struktur yang mempunyai kemampuan mempertahankan stabilitas secara keseluruhan yang lebih baik.

Persyaratan integritas untuk tipe-tipe komponen struktur tertentu tercantum dalam pasal komponen struktur terkait. Komponen struktural dan sambungannya harus memnuhi persyaratan integritas struktur pada tabel 2.5 persyaratan minimum untuk integritas struktural.

Tabel. 2.5 Persyaratan minimum untuk integritas struktural

Tipe Komponen
Pelat dua arah nonprategang
Pelat dua arah prategang

Pelat berusuk dua arah nonprategang
Balok cor di tempat
Pelat berusuk satu arah nonprategang
Joint dan sambungan (<i>connections</i>) pracetak

(sumber: SNI 2847:2019)

Adapun sambungan dari Komponen struktur yang menjadi acuan pada tabel 2.5 yaitu tipe komponen yang mempunyai syarat khusus untuk integritas struktural. namun, syarat pendetailan untuk tipe komponen lain, sudah mengandung persyaratan integritas structural secara tidak langsung (SNI 2847:2019).

2.6.2 Perencanaan kolom

Dalam perencanaan kolom yang dibebani beban aksial dan lentur atau kombinasi dari beban lentur dan aksial harus memenuhi peraturan pada SNI 2847:2019, yaitu sebagai berikut :

- Kompatibilitas regangan dan tegangan harus digunakan dalam desain penampang yang rentan terhadap beban lentur dan aksial, atau kombinasi beban lentur dan aksial, berdasarkan asumsi dalam SNI 2847:2019.
- Ketika tulangan tarik mencapai regangan sama dengan tegangan leleh f_y dan bagian beton yang ditegang mencapai regangan pembatas 0,003, ini dikenal sebagai keadaan regangan seimbang.
- Penampang tersebut adalah tekan terkontrol jika, ketika beton tekan mencapai batas regangan yang diasumsikan sebesar 0,003, regangan risiko bersih pada baja tarik terjauh, ϵ_t sama dengan atau kurang dari batas regangan terkontrol tarik. Regangan tarik bersih pada tulangan di bawah kondisi regangan seimbang adalah batas regangan terkontrol tekan. Dapat diterima untuk menetapkan batas tekan yang dikontrol regangan sebesar 0,002 untuk tulangan kelas 420 MPa dan semua tulangan prategang.
- Ketika beton tekan mendekati batas regangan yang diasumsikan sebesar 0,003, penampang dikontrol tarik jika tegangan tarik netto pada baja tarik terjauh ϵ_t sama dengan atau lebih besar dari 0,005. Daerah transisi antara bagian yang

dikontrol kompresi dan bagian yang dikontrol tarik dibentuk oleh bagian dengan ϵ_t antara batas regangan yang dikontrol tekan dan 0,005.

- Tidak boleh kurang dari 0,004 untuk komponen struktur lentur non prategang dan komponen struktur non prategang dengan beban aksial terhitung kurang dari $0,10f'c \cdot A_g \cdot \epsilon_t$ pada kekuatan nominal. Untuk meningkatkan kekuatan bagian lentur, tulangan tekan dapat digunakan selain tulangan tarik tambahan.
- Desain beban aksial ϕP_n dari komponen struktur tekan tidak boleh lebih besar dari $\phi P_n(max)$ yang dihitung dengan Persamaan 2.18 dan Persamaan 2.19.

Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan spiral yang memenuhi SNI 2847:2019 atau komponen struktur komposit yang memenuhi SNI 2847:2019 yang dihitung dengan Persamaan 2.18

$$\phi \rho_{nmax} = 0,85 \cdot \phi \left(0,85 \cdot f'c (A_g - A_{sy}) \right) f_y A_{st} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dengan :

$F'c$ = Kuat tekan beton yang diisyaratkan

A_g = Luas penampang kolom

A_{st} = Luas tulangan total

F_y = Kuat tekan baja yang diisyaratkan

Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan pengikat yang memenuhi SNI 2847:2019 yang dihitung dengan Persamaan 2.19

$$\phi \rho_{nmax} = 0,85 \cdot \phi \left(0,85 \cdot f'c (A_g - A_{sy}) \right) f_y A_{st} \dots \dots \dots (2.19)$$

Untuk struktur komponen prategang, kekuatan desain aksial tidak boleh lebih dari 0,85 (untuk struktur komponen spiral) atau 0,80 (untuk struktur komponen pengikat) dengan kekuatan desain aksial pada eksentrisitas nol $\phi \rho_0$.

Komponen struktur assial-tekan harus dipertimbangkan dalam kaitannya dengan jumlah maksimum kondisi penyebab pembunuhan potensial. Beban aksial terfaktor PU dengan tingkat eksentrisitas saat ini tidak mampu memenuhi standar yang ditetapkan dalam SNI 2847:2019. Untuk menerapkan sepenuhnya persyaratan SNI 2847:2019 untuk pengaruh kelangsingan, μ harus memiliki fokus yang kuat pada faktor primer.

1. Kekuatan tarik menentukan

Awal pertama dalam situasi yang sangat emosional dapat terjadi dengan bantuan baja tulangan yang ditunggu-tunggu. Jika $e > e_b$ atau $P_n > P_{nb}$, keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik yang disebabkan oleh adanya tulangan tarik beban aksial nominal pada kondisi tarik dapat dilihat persamaan 2.20

$$P_n = 0,85f'_c \cdot b \left[\left(\frac{h - 2e}{2d} \sqrt{\left(\frac{h - 2e}{2d} \right)^2 + 2mp \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right) \right] \dots \dots \dots (2.20)$$

Dengan :

P_n = Gaya nominal kolom

F'_c = Kuat tekan beton

b = Lebar penampang kolom

h = Tinggi kolom tegangan persegi

d = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangan tarik

d' = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangan atas

- Kondisi keruntuhan *balanced*

Kondisi keruntuhan *balanced* dicapai apabila tulangan tarik terjadi regangan leleh dan beton mengalami regangan batasnya. Persamaan 2.21 tinggi balok tekan pada kondisi seimbang :

$$a_b = \beta_1 \cdot e_b = \beta_1 \frac{600d}{600 + f_y} \dots \dots \dots (2.21)$$

Besarnya gaya aksial dan momen yang mampu ditahan kolom pada kondisi *balanced* dapat dihitung dengan Persamaan 2.22 dan Persamaan 2.23 berikut :

$$P_{nb} = 0,85f'_c \cdot b \cdot a_b + A'_s \cdot f'_s - A_s + f_y \dots \dots \dots (2.22)$$

$$M_{nb} = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a_b \left(\frac{h}{2} - \frac{a_b}{2} \right) + A'_s f'_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) - A_s f_y \left(d - \frac{h}{2} \right) \dots \dots \dots (2.23)$$

Dengan:

P_{nb} = Gaya nominal kolom pada kondisi seimbang

F'_c = Kuat tekan beton

b = Lebar penampang kolom

h = Tinggi kolom tegangan persegi

- a = Tinggi kolom tegangan persegi
- A = Luas tulangan tarik
- A' = Luas tulangan tekan
- F_y = Kuat tekan baja
- F_s = Tegangan pada tulangan tarik
- F'_s = Tegangan pada tulangan tekan
- d = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangan tarik
- d' = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangan atas

- Kondisi tekan menentukan

Terjadinya keuntungan tekan diawali dengan hancurnya beton. Eksentrisitas yang terjadi lebih daripada eksentrisitas balanced dan beban tekan melampaui kekuatan berimbang. Besar beban aksial nominal dapat dihitung dengan Persamaan 2.24 :

$$pn = \frac{As \cdot fy}{\frac{e}{d} - d' + 0,5} + b \cdot h \cdot \frac{f'c}{\frac{3h \cdot e}{d^2} + 1,18} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dengan :

- P_n = Gaya nominal kolom
- F_y = Kuat tekan baja
- F'_c = Kuat tekan beton
- d = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangan tarik
- d' = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangan atas

2. Penulangan geser kolom

Tulangan geser untuk kolom mirip dengan tulangan geser untuk balok. Area di ujung kolom adalah satu-satunya tempat di mana perhatian ekstra harus diberikan untuk menyediakan konstruksi bangunan bertulang tahan gempa. Menurut SNI-2847-2019, Persamaan 2.25 dan 2.26 menggambarkan kontribusi kemampuan geser beton untuk komponen struktur yang dibebani dengan tekanan aksial dan untuk komponen struktur yang mengalami tekanan tarik aksial yang signifikan :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \left(\frac{\sqrt{f'c}}{6}\right) b_w d \dots \dots \dots (2.25)$$

Dengan :

V_c = Kuat geser yang disumbangkan oleh beton

N_u = Beban aksial terfaktor

A_g = Luas penampang kolom

d = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangantarik

b_w = Lebar badan

F'_c = Kuat tekan beton

Besaran N_u/A_g harus dinyatakan dalam MPa.

Untuk komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial yang besar.

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right) b_w d \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan :

V_c = Kuat geser yang disumbangkan oleh beton

N_u = Beban aksial terfaktor

A_g = Luas penampang kolom

d = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangantarik

b_w = Lebar badan penampang

F'_c = Kuat tekan beton

Tapi tidak kurang daripada nol, dengan N_u adalah negatif untuk tarik.

Besaran N_u/A_g harus dinyatakan dalam MPa. Untuk tulangan geser minimum dihitung menggunakan Persamaan 2.27.

$$S = \frac{3Avfy}{b_w} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dengan :

S = Jarak tulangan geser

Av = Luas tulangan dalam daerah 'S'

b_w = Lebar badan penampang

F_y = Kuat tekan baja

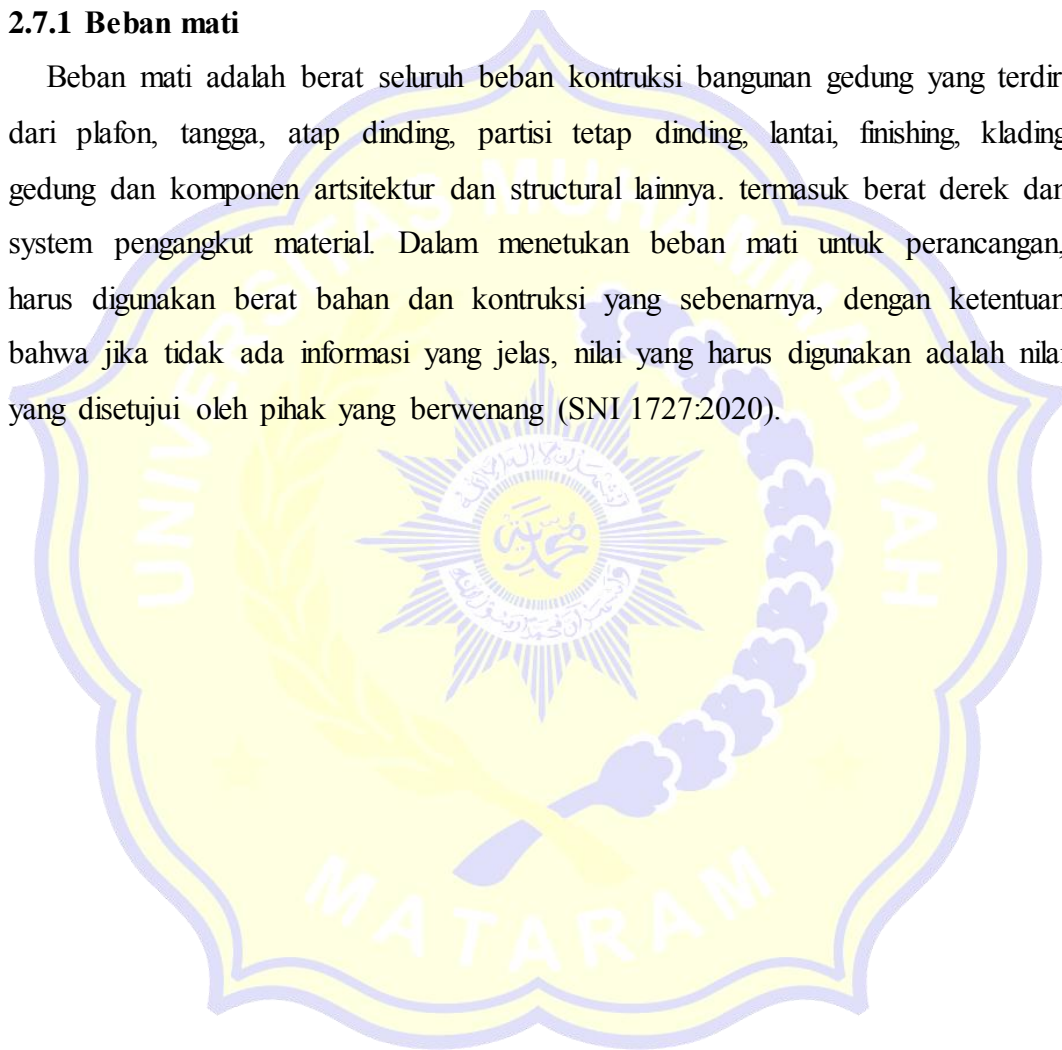
Menurut SNI 2847:2019 jarak ikat sengkang tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan pokok, 48 kali diameter tulangan pokok, dan lebar kolom.

2.7 Pembebanan

Pada perencanaan struktur bangunan gedung, beban yang bekerja pada struktur tersebut harus diperhatikan sesuai dengan standar yang berlaku. Kekuatan pada struktur gedung harus direncanakan direncanakan agar lebih mudah menentukan kombinasi beban-beban yang digunakan.

2.7.1 Beban mati

Beban mati adalah berat seluruh beban konstruksi bangunan gedung yang terdiri dari plafon, tangga, atap dinding, partisi tetap dinding, lantai, finishing, klading gedung dan komponen arsitektur dan structural lainnya. termasuk berat derek dan system pengangkut material. Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang (SNI 1727:2020).



2.7.2 Beban hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup yang digunakan yaitu beban maksimum, tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam Tabel 2.7

Tabel 2.6 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_0 dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata, L_0 <i>psf</i> (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan ?	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan ?	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)				
System lantai akses				
Ruang kantor	50 (2,4)	Ya	Ya	2.000(8,9)
Ruang computer	100(4,79)	Ya	Ya	2.000(8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	Tidak	Tidak	
Ruang pertemuan				
Kursi tetap (terkait di lantai)	60 (2,87)	Tidak	Tidak	
Lobi	100 (4,79)	Tidak	Tidak	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak	Tidak	
Panggung pertemuan	100 (4,79)	Tidak	Tidak	
Lantai podium	150 (7,18)	Tidak	Tidak	
Tribun penonton stadion dan arena dengan kursi tetap (terkait di lantai)	100 (4,79)	Tidak	Tidak	
Ruang pertemuan lainnya	60 (2,87)	Tidak	Tidak	
Balkon dan dek	100 (4,79)	Tidak	Tidak	
	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 <i>psf</i>	Ya	Ya	

Hunian atau penggunaan	Merata, L_0 <i>psf (kN/m²)</i>	Reduksi beban hidup diizinkan ?	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan ?	Terpusat lb (kN)
	(4,79 <i>kN/m²</i>)			
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	Ya	Ya	300 (1,33)
Karidor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali sebutkan lain	Ya	Ya	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	Tidak	Tidak	
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 Ya	Ya Ya	
Tangga permanen				Pasal 4.5.4
Garasi/Parkir (lihat Pasal 4.10) Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) Lihat Pasal 4.10.2	Tidak (4.7.4) -	Ya (4.7.4)	Lihat Pasal 4.10.4 Lihat Pasal 4.10.2
Pegangan tangga dan pagar pengaman Batang pegangan	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat 4.5.1 Lihat 4.5.2
Helipad (lihat Pasal 4.11) Helicopter dengan berat lepas landas sebesar 3000 lb (13,35 kN) atau kurang	40 (1,92)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2

Hunian atau penggunaan	Merata, L_0 <i>psf</i> (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan ?	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan ?	Terpusat lb (kN)
Helicopter dengan berat lepas landas lebih dari 3000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2
Gedung perkantoran Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada parkir hunian				
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)
Lembaga hukum				
Blok sel	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	
Koridor	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	
Tempat rekreasi				
Tempat bowling, billiard, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	Tidak	Tidak	
Ruang dansa dan ballroom	100 (4,79)	Tidak	Tidak	
Gimnasium	100 (4,79)	Tidak	Tidak	

(Sumber: SNI 1727: 2020)

- Reduksi beban hidup merata

Kecuali untuk beban hidup merata pada atap, semua beban hidup terdistribusi merata minimum lainnya, L_0 dalam Tabel 2.1, dapat dikurangi sesuai dengan ketentuan. Komponen struktur yang memiliki nilai faktor elemen (K_{LLA_T}) adalah 400 ft^2 ($37,16 \text{ m}^2$) atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sesuai dengan Persamaan 2.28 dan Persamaan 2.29 berikut:

$$L = L_0 \left(0,25 + \frac{15}{\sqrt{K_{LLA_T}}} \right) \dots \dots \dots (2.28)$$

Dalam SI:

$$L = L_0 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LLA_T}}} \right) \dots \dots \dots (2.29)$$

Dengan :

L = beban hidup desain tereduksi per $\text{ft}^2(\text{m}^2)$

L_o = beban hidup desain tanpa reduksi per $\text{ft}^2(\text{m}^2)$ (Lihat Tabel 2.1)

K_{LL} = faktor elemen beban hidup (lihat Tabel 2.2)

A_T = luas tributari dalam $\text{ft}^2(\text{m}^2)$

Tabel 2.7 Faktor elemen beban hidup, K_{LL}

Elemen	K_{LL}^a
Kolom interior	4
Kolom eksterior tanpa pelat kantilever	4
Kolom sudut tepi dengan pelat kantilever	3
Kolom sudut dengan pelat kantilever	2
Balok tepi tanpa pelat-pelat kantilever	2
Balok interior	2
Semua komponen struktur yang tidak disebut diatas : Balok tepi dengan pelat-pelat kantilever Balok kantilever Pelat satu arah Pelat dua arah Komponen struktur tanpa ketentuan-ketentuan untuk penyaluran geser menerus tegak lurus terhadap bentangnya.	1

(Sumber: SNI 1727:2020)

- Reduksi pada beban hidup atap

Beban hidup atap minimum yang didistribusikan secara merata, L_0 , pada Tabel 2.7 diizinkan untuk direduksi sesuai dengan SNI 1727:2020. Bila beban hidup merata atap direduksi sampai kurang dari $20 \text{ lb/ft}^2 (0,96 \text{ kN/m}^2)$ sesuai dengan SNI 1727:2020 dan diterapkan pada desain komponen struktur yang diatur sedemikian rupa hingga terjadi kontinuitas, beban hidup atap tereduksi harus diterapkan pada bentang bersebelahan atau pada bentang berseling, pilih yang menghasilkan efek beban paling merugikan.

2.7.3 Kombinasi beban terfaktor

Komponen struktur dan elemen pondasi harus dibangun sesuai dengan kombinasi pembebanan SNI 1726:2019 sedemikian rupa sehingga kekuatan

desainnya setara atau lebih besar dari dampak beban terfaktor dengan kombinasi berikut pada Persamaan 2.30 hingga 2.35:

$$1,4 D \dots\dots\dots(2.30)$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)\dots\dots\dots(2.31)$$

$$1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)\dots\dots\dots(2.32)$$

$$1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)\dots\dots\dots(2.33)$$

$$1,2 D + 1,0 E + L \dots\dots\dots(2.34)$$

$$0,9 D + 1,0 W \dots\dots\dots(2.35)$$

$$0,9 D + 1,0 E \dots\dots\dots(2.36)$$

2.7.4 Beban Gempa

Gempa bumi merupakan proses pelepasan energi gelombang seismik yang terjadi secara tiba-tiba. Pelepasan ini diakibatkan karena adanya deformasi lempeng tektonik yang terjadi pada kerak bumi.

a) Gempa Rencana

prosedur untuk menghitung gempa rencana yang perlu dipertimbangkan saat merancang dan menilai baik bangunan yang terpasang maupun yang tidak terpasang, serta berbagai bagian mesin dan peralatan secara umum. Yang dimaksud dengan gempa rencana adalah gempa bumi dengan peluang terjadi 2% selama umur struktur bangunan 50 tahun dan melebihi magnitudonya.

b) Kategori Resiko Bencana

Dampak gempa yang diproyeksikan pada kategori risiko yang berbeda untuk bangunan dan struktur bukan bangunan harus sesuai dengan faktor prioritas, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.3. Yaitu, sesuai dengan tabel 2.7, khususnya untuk tabel kategori *IV*, bangunan gedung yang berdekatan harus dikembangkan sesuai dengan risiko kategori *IV* jika diharuskan berdekatan satu sama lain. Tabel 2.8 mencantumkan kategori risiko untuk bangunan.

Tabel 2.8 Kategori risiko bangunan gedung

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan • Fasilitas sementara • Gudang penyimpanan • Rumah gadang struktur lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perumahan • Rumah toko dan rumah kantor • Pasar • Gedung perkantoran • Gedung apartemen/rumah susun • Pusat perbelanjaan/mall • Bangunan industri • Fasilitas manufaktur • Pabrik 	II
<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 para jompo 	III
<p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk ke dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bilaterjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pusat pembangkit listrik biasa • Fasilitas penanganan air • Fasilitas penanganan limbah 	III

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<ul style="list-style-type: none"> Pusattelekomunikasi 	IV
Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahayanya melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :	
<ul style="list-style-type: none"> Bangunan-bangunan monumental 	
<ul style="list-style-type: none"> Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan 	
<ul style="list-style-type: none"> Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat 	
<ul style="list-style-type: none"> Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat 	
<ul style="list-style-type: none"> Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya 	
<ul style="list-style-type: none"> Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat 	
<ul style="list-style-type: none"> Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat 	

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 2.9 Faktor keutamaan gempa

Kategori Risiko	Faktor Kekuatan gempa I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726:2019)

c) Analisa respon situs

Tipe kelas situs ditetapkan dengan definisi dari klasifikasi situs Tabel 2.10

Tabel 2.10 Klasifikasi Situs

Kelas situs	V_s (m/detik)	V atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuankeras)	>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
	Setiap tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> • Indeks plastisitas $PI > 10$ • Kadar air $w \geq 40\%$ • Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respon spesifik-situs yang mengikuti).	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 gempa beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah • Lempung sangat organik dan atau gambut (ketebalan $H > 3$m) • Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) • Lapisan lempung lunak / setengah teguh • Dengan ketebalan $H > 35$m dengan $S_u < 50$ kPa 		

(Sumber : SNI 1726:2019)

d) Parameter percepatan perpepetakan

Parameter SS dan S1 percepatan dalam periode 1 detik, yang dinyatakan sebagai desimal dari percepatan gravitasi, harus ditentukan dari respons spektral 0,2 detik dan 1 detik akselerasi, masing-masing, dalam peta gerakan tanah seismik di bab 14. Parameter ini memiliki kemungkinan terlampaui sebesar 2% dalam 250 tahun (MCER, 2% dalam 50 tahun). Struktur bangunan dapat masuk dalam kategori desain seismik A jika S1 0,04g dan SS 0,15g. Anda dapat melihat nilai S1 dan Ss di lampiran.

e) Menentukan koefisien situs dan parameter percepatan respon spektral percepatan gempa.

Faktor respons seismik tunggal antara periode 0,2 dan 1 detik diperlukan untuk sepenuhnya memahami spektrum respons MCER di permukaan tanah. Faktor yang diperkuat meliputi getaran yang berhubungan dengan getaran sepanjang era pendek (F_a) dan faktor Parameter percepatan spektrum respon percepatan selama periode pendek (S_{MS}) dan S_{M1} yang sesuai dengan persyaratan klasifikasi situs harus diperhitungkan dengan persamaan 2.37 dan 2.38.

$$S_{MS} = F_a X S_S \dots \dots \dots (2.36)$$

$$S_{M1} = F_v X S_1 \dots \dots \dots (2.37)$$

Sedangkan koefisien F_a dan F_v mengikuti koefisien situs F_a Tabel 2.12 dan koefisien situs F_v Tabel 2.13.

f) Menentukan parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik S_{D1} , harus ditentukan melalui Persamaan 2.38 dan Persamaan 2.39.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} X S_{MS} \dots \dots \dots (2.38)$$

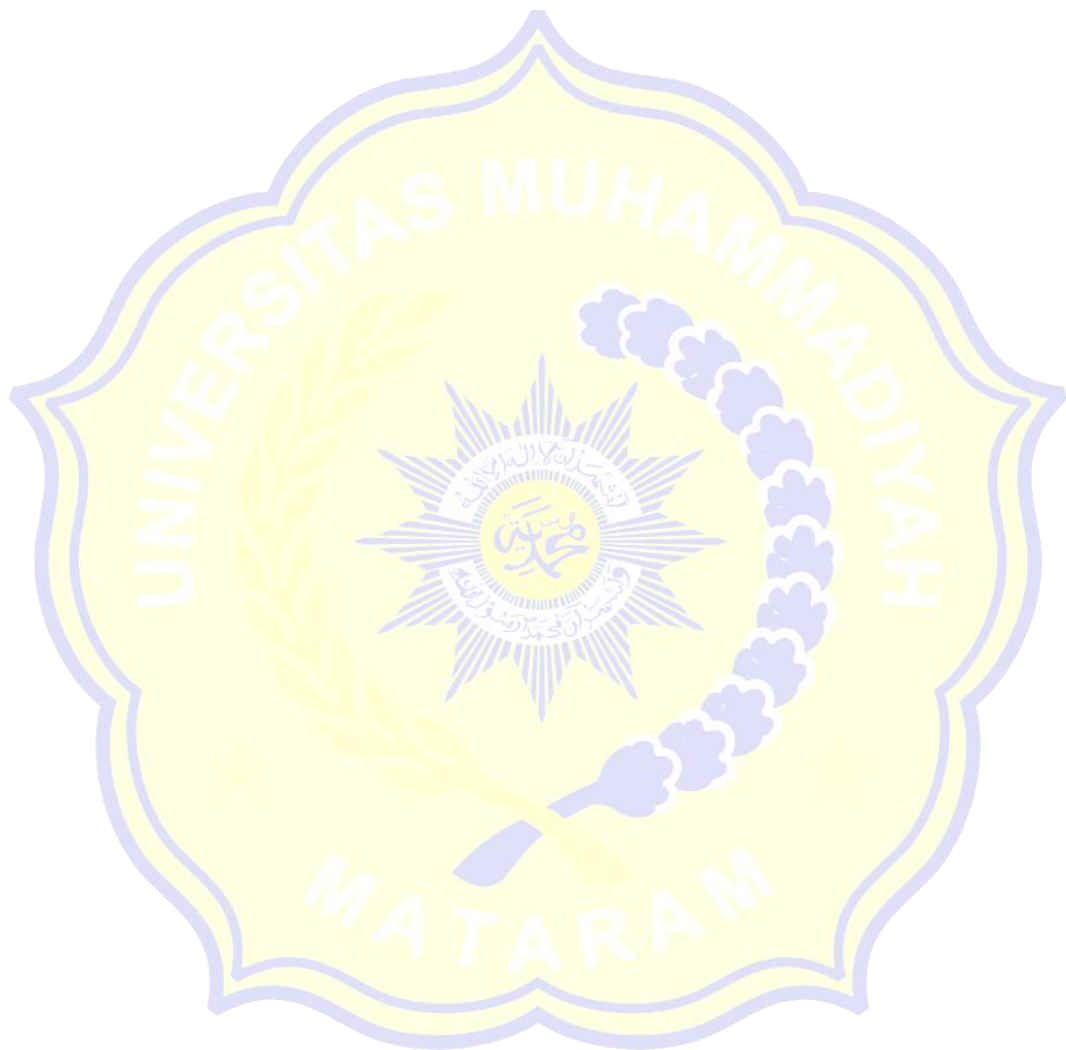
$$S_{D1} = \frac{2}{3} X S_{M1} \dots \dots \dots (2.39)$$

Tabel 2.11 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang Dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_S					
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S \geq 1,25$	$S_S \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,8	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 ^(a)					

(Sumber : SNI 1726:2019)

CATATAN : SS (a) = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs-spesifik.



Tabel 2.12 Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_I					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
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	$SS^{(a)}$					

(Sumber : SNI 1726:2019)

CATATAN :SS (a) = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs-spesifik.

g) Menentukan spectrum respons desain

Jika spektrum respon desain diperlukan dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respon desain yang dikembangkan mengacu pada Gambar 2.4 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 spektrum respon percepatan desain, S_a harus diambil dari Persamaan 2.40

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots \dots \dots (2.40)$$

Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_S , spektrum respon percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} . Untuk periode lebih besar dari T_S spektrum respon percepatan desain S_a diambil berdasarkan Persamaan 2.41.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots \dots \dots (2.41)$$

Untuk periode T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan Persamaan 2.42.

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \dots \dots \dots (2.42)$$

Dengan :

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek ;

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

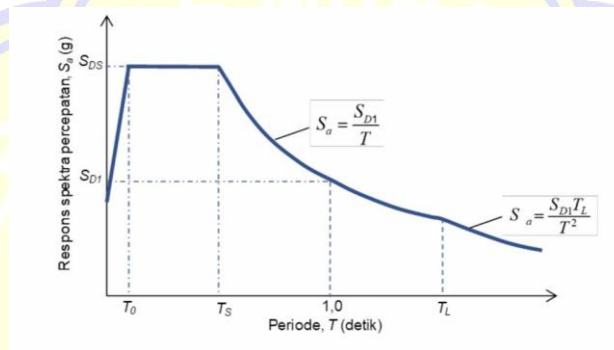
T = periode getar fundamental struktur

Untuk parameter periode respons ditentukan melalui Persamaan 2.43 dan Persamaan 2.44.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots \dots \dots (2.43)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots \dots \dots (2.44)$$

Kurva spectrum respons desain yang dikembangkan pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Spektrum respons desain
(Sumber: SNI 1726:2019)

h) Menentukan kategori desain seismik (A-D)

Struktur dengan kategori resiko *I*, *II* atau *III* yang berlokasi dimana parameter respon spektral percepatan terletak pada periode 1 detik, S_I , lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang kategori resiko *IV* yang dimana parameter respon spektral percepatan terletak pada periode 1 detik, $S_I < 0,75$, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F, berupa S_{DS} dan S_{D1} dengan mengacu pada Tabel 2.14 atau Tabel 2.15, dimana berlaku ketentuan berikut :

- (a) setiap masing-masing dua arah *orthogonal*, diperkirangan periode fundamental struktur, T_a adalah kurang dari $0,8T_S$.
- (b) simpangan antar lantai kurang dari T_S . Dengan periode fundamental dihitung pada setiap dua arah longitudinal nya
- (c) masing-masing dua arah *orthogonal*, periode fundamental struktur yang

- (d) Persamaan 2.10 digunakan untuk menentukan koefisien respons seismic, CS dan jarak antara elemen-elemen vertical penahan gaya gempa tidak melebihi 12m.
- (e) Pemilihan system struktur dan parameter system (R, Cd, Ω_0)
- Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang terdapat dalam Tabel 2.14. Koefisien modifikasi respon yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi, Cd , dalam hal ini dapat diplotkan pada Tabel 2.15 dan periode T detik pada Tabel 2.13 berikut :

Tabel 2.13 Faktor R , Cd , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan gaya seismic	Koefisien modifikasi respon, R	Faktor kuat lebih System Ω_0	Faktor pembesaran defleksi Cd	Batasan system dan ketinggian struktur $h_n(m)^e$				
				Kategori Desain				
	R	Ω_0	Cd	B	C	D ^d	E ^d	F ^e
Sistem Rangka Pemikul Momen								
SRPMK	8	3	5/2	TB	TB	TB	TB	TB
SRPMM	5	3	4/2	TB	TB	TI	TI	TI
SRPMBB	3	3	2/2	TB	TI	TI	TI	TI

(Sumber :SNI 1726:2019)

Catatan: TB= Tidak dibatasi dan TI= Tidak diijinkan

Tabel 2.14 Kategori desain seismic percepatan periode pendek

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

(Sumber :SNI 1726:2019)

Tabel 2.15 Kategori desain seismik percepatan periode 1 detik

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

(Sumber : SNI 1726:2019)

i) Gaya geser dasar seismik

Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Persamaan 2.45

$$V = C_s X w \dots \dots \dots (2.45)$$

Dengan :

- V = Gaya geser dasar seismic
- C_s = Koefisien respon gempa
- W = Berat seismic efektif

Untuk perhitungan koefisien respon seismic C_s , harus ditentukan sesuai dengan Persamaan 2.46

$$C_s = \frac{S_{DS} I_e}{R} \dots \dots \dots (2.46)$$

Dengan :

- C_s = Koefisien respon gempa;
- S_{DS} = parameter percepatan spectrum respons desain dalam rentang periode pendek ;
- I_e = Faktor keutamaan gempa;
- R = Faktor modifikasi respon.

j) Menentukan periode fundamental

Periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dengan Persamaan 2.47.

$$T_a = C_t X h_n^x \dots \dots \dots (2.47)$$

Dengan :

T_a = Periode getar struktur

C_t = Koefisien numerik

h_n^x = Tinggi struktur (m)

h_n adalah ketinggian struktur, dalam (m), diatas dasar sampai tingkat struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 2.16

Tabel 2.16 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, D1S	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber :SNI 1726:2019)

Nilai parameter periode pendekatan C_t dan X dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan X

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

(Sumber :SNI 1726:2019)

k) Distribusi vertical gaya gempa

Gaya gempa lateral F_x (kN) yang timbul pada semua tingkat harus ditentukan dari Persamaan 2.48 dan Persamaan 2.49.

$$F_x = C_{VX} X V \dots \dots \dots (2.48)$$

$$C_{vx} = \frac{W_i X h_i^k}{\sum W_i h_i^k} \dots \dots \dots (2.49)$$

Dengan :

F_x = Beban gempa

V = Gaya lateral desain total atau geser (kN)

C_{vx} = Faktor distribusi vertical

w_i dan w_x = bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenal pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x , dinyatakan dalam meter (m)

1) Distribusi horizontal gaya gempa

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x), harus ditentukan dengan Persamaan 2.50.

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \dots \dots \dots (2.50)$$

Dengan :

F_i = Bagian dari geser dasar seismic (V) yang timbul ditingkat i (kN)

2.7.5 Simpangan antar lantai ijin (Δ)

Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan Persamaan 2.51 :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots \dots \dots (2.51)$$

Dengan :

C_d = faktor amplifikasi defleksi

δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang ditentukan dengan analisis elastic

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan.

Perbedaan antara pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau harus digunakan untuk menentukan simpangan tingkat rencana (Δ). Perpindahan

di bagian bawah tingkat dapat diterima berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa cerita di atas jika pusat massa tidak sejajar dalam arah vertikal. harus dihitung dengan menggunakan gaya seismik desain yang ditetapkan pada 0 tanpa reduksi untuk tegangan izin desain jika tegangan izin desain digunakan.

2.7.6 Faktor reduksi kekuatan

Kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ) sesuai dalam Tabel 2.18

Tabel 2.18 Faktor reduksi kekuatan (ϕ)

Komponen struktur	Faktor reduksi kekuatan (ϕ)
Penampang terkendali tarik	0,90
Penampang terkendali tekan:	
(a) Komponen struktur dengan tulangan spiral	0,75
(b) Komponen struktur bertulang lainnya	0,65
Geser dan torsi	0,75
Tumpuan pada beton (kecuali untuk daerah angkur pasca tarik dan model strat dan pengikat)	0,65
Daerah angkur pasca tarik	0,85
Modal strat dan pengikat, dan strat, pengikat, daerah pertemuan (nodal), dan daerah tumpuan dalam model	0,75
Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman strand kurang dari panjang penyaluran (a) dan (b)	
(a) Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer	0,75
(b) Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran	0,75 sampai 0,9
(ϕ) boleh ditingkatkan secara linear	

(Sumber : SNI 2847:2019)

Apabila digunakan beton lentur dan tekan dengan tulang dan prategang r dimana $f_y > 420$ MPa, dengan harus tulangan simetris, dan dimana $(d-d')/h$ tidak lebih dari 0,70, dimana titik nilai tersebut dapat dinaikkan secara linear menjadi 0,90 sedangkan nilai P_n diturunkan dari $0,10 f_c A_g$ menjadi nol. Untuk komponen struktural tambahan, nilai dapat dinaikkan secara linear menjadi 0,90 dengan dibatasi oleh nilai P_n antara $0,10 f_c A_g$ dan atau $0,10 P_b$ ke nol.

2.7.7 Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulangan

Perancangan struktur beton bertulangan berdasarkan SNI 2847:2019, untuk melindungi tulangan terhadap bahaya korosi maka di sebelah tulangan luar harus diberi selimut beton. Untuk beton bertulangan, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan pada Tabel 2.19 batasan tebal selimut beton, sebagai berikut :

Tabel 2.19 Batasan tebal selimut

Kondisi Struktur	Selimut Beton (mm)
Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-19 hingga D-57 Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	50 40
Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah: <u>Slab, dinding, balok usuk;</u> Batang tulangan D-44 dan D-57 Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil <u>Balok, kolom;</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral <u>Komponen struktur cangkang, pelat liat;</u> Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar Batang tulangan D-16, dan kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	40 20 40 20 13

(sumber: SNI 2847:2019)

2.8 Pondasi

Pondasi yang merupakan komponen struktur paling bawah berfungsi untuk memikul beban dari bangunan di atasnya. Secara umum ada dua jenis pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dalam, yang seringkali dibangun pada kedalaman lebih dari 3 meter di bawah permukaan tanah, adalah pondasi yang didirikan di atas permukaan tanah dengan kedalaman tertentu, yang daya dukung dasarnya dipengaruhi oleh beban struktur dan kondisi permukaan tanah.

Pondasi tiang sering merupakan jenis pondasi yang digunakan untuk bangunan bertingkat tinggi. Ketika lapisan kuat diposisikan sangat dalam, pondasi tiang pancang digunakan untuk menopang struktur atau bangunan. Kemampuan tiang untuk menopang atau membawa beban dikenal sebagai daya dukungnya. Istilah "kapasitas tumpukan" dan "daya dukung tumpukan" kadang-kadang digunakan dalam literatur.

Daya dukung tiang terdiri dari daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok.

1. Daya dukung Tiang Tunggal

Perhitungan kapasitas dukung aksial dan lateral tiang tunggal dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

- a) Kapasitas dukung aksial berdasarkan uji SPT
- b) Kapasitas dukung aksial berdasarkan kekuatan bahan
- c) Kapasitas dukung aksial berdasarkan uji sondir (*Bagemenn*)
- d) Kapasitas dukung aksial berdasarkan metode brose

2. Daya dukung tiang kelompok

Kapasitas kumpulan tiang belum tentu sama dengan kapasitas total tiang individualnya. Ini terjadi ketika lapisan lunak berada di bawah tiang pancang yang didorong di lapisan pendukung yang tidak dapat dimampatkan atau tiang yang digerakkan di dalam lapisan tanah yang tidak dapat dimampatkan. Dalam keadaan ini, stabilitas kelompok tiang tergantung pada dua faktor :

- 1) Kapasitas dukung tanah yang ada disekitar kelompok tiang dalam mendukung beban total struktur.

2) Tanah yang mengalami penurunan sangat berpengaruh terhadap letak di bawah kelompok tiang.

Tegangan tanah yang terjadi pada dasar pondasi pada Persamaan 2.28 dan Persamaan 2.29:

$$\sigma_{maks} = \frac{P}{BL} \left(1 + \frac{6e}{L} \right) \dots \dots \dots (2.28)$$

$$\sigma_{min} = \frac{P}{BL} \left(1 - \frac{6e}{L} \right) \dots \dots \dots (2.29)$$

Dengan :

- P = Beban aksial
- B = Lebar pondasi arah x
- L = Lebar pondasi arah y
- F_y = Kuat tekan baja

2.8.1 Kapasitas Geser

Kekuatan geser slab dan pondasi di sekitar kaki kolom, ditentukan oleh kondisi yang paling berbahaya di antara kedua kondisi di bawah ini :

1. Aksi satu arah

Apabila hanya geser dan lentur yang bekerja, kekuatan geser nominal pada Persamaan 2.30 :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2.30)$$

Dengan :

- V_c = harus selalu lebih besar dari gaya geser nominal
- b = lebar pondasi
- V_n = V_u / ϕ

2. Aksi dua arah

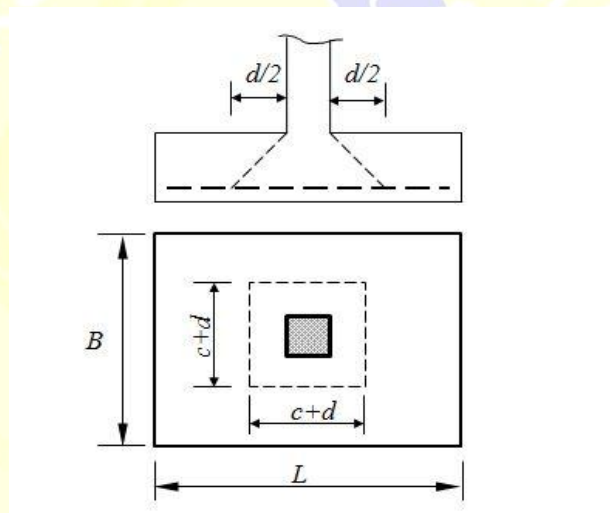
Bidang penampang kritis yang tegak lurus dengan slab dianggap terletak pada lokasi sedemikian rupa sehingga mempunyai keliling minimum b_0 . Kekuatan geser penampang pada Persamaan 2.31 :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b \cdot d$$
$$\leq \frac{\sqrt{f'_c}}{3} b_0 \cdot d \cdot \beta_c \dots \dots \dots (2.31)$$

Dengan :

b_0 = keliling kritis, yaitu panjang bidang kritis idealisasi

V_c = Kekuatan Geser pondasi

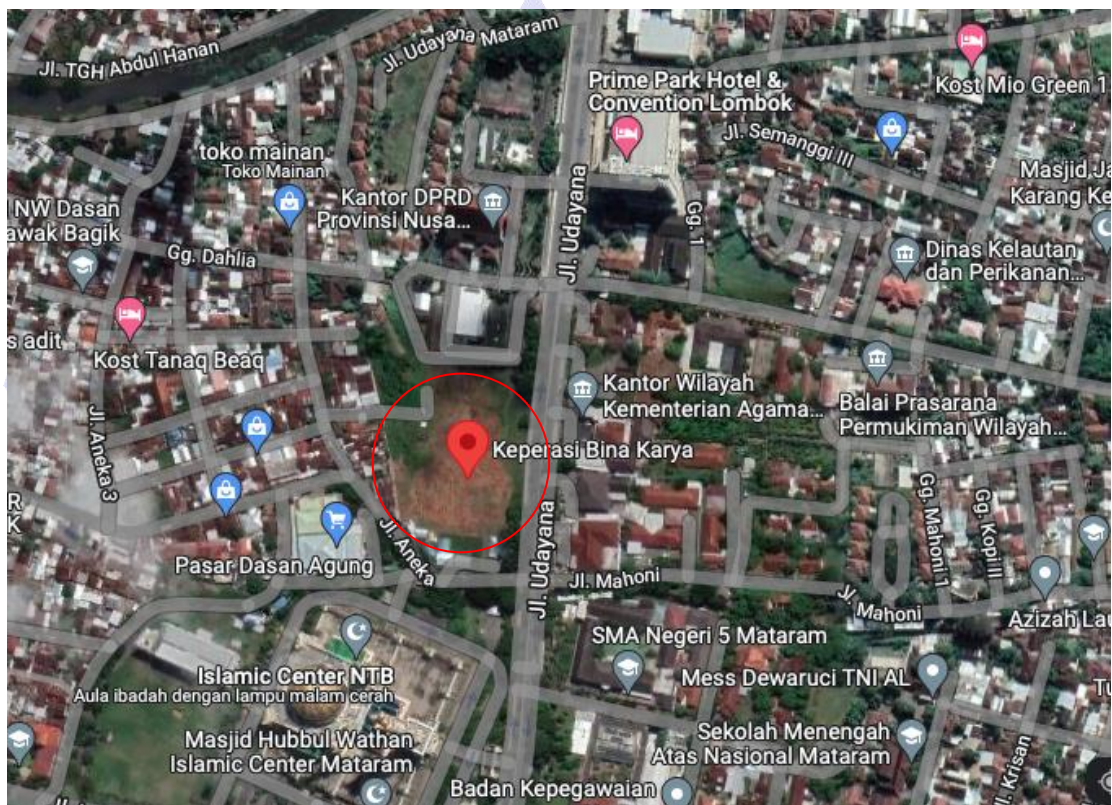


Gambar 2.10 geser dua arah pada pondasi
(sumber: Kusdiman, 2016)

BAB III METODE PERENCANAAN

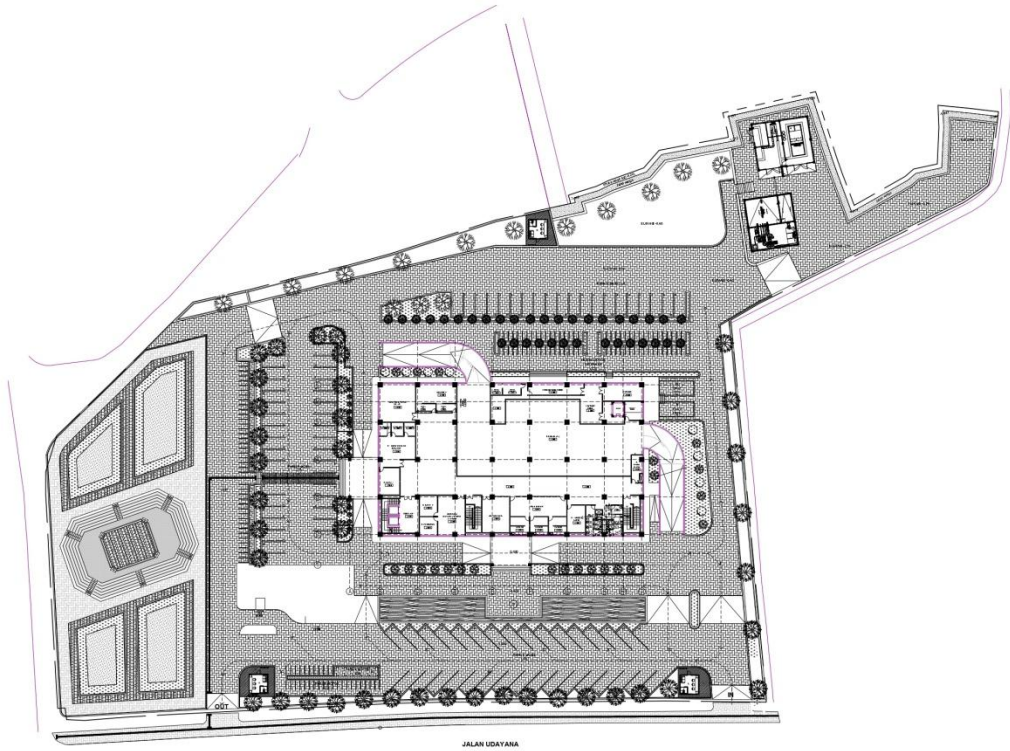
3.1 Peta Lokasi

Bank NTB Syariah Mataram akan dibangun sebagai kantor pusat yang berlokasi di jalan Udayana, menjadi Gedung bertingkat berlantai 6 dan 1 semi basemant, struktur bangunan terbuat dari beton. Lokasi kantor pusat dapat dilihat sebagai berikut:



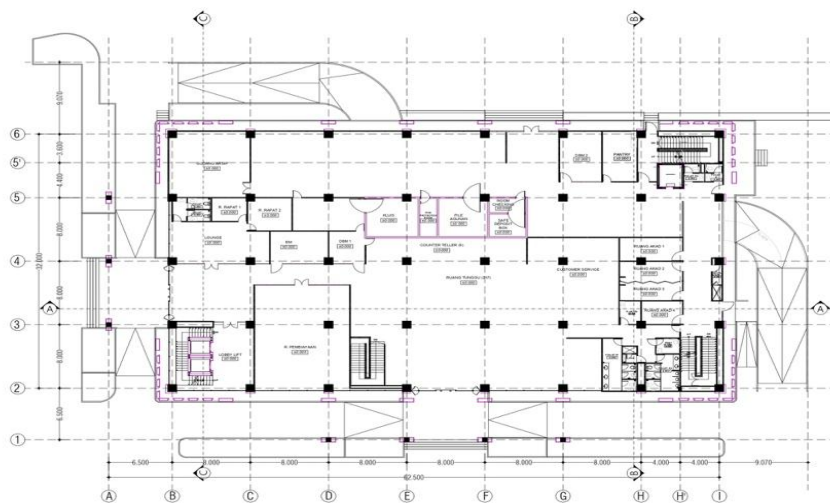
Gambar 3.1 Peta Lokasi Gedung Bank NTB Syariah Mataram

(sumber:google earth,2023)



Gambar 3.2 Site Plan Gedung Bank NTB Syariah
(Sumber: Ali A, 2022)

3.2 Deskripsi Model Struktur



Gambar 3.3. Denah Lt.1 Pembangunan gedung kantor pusat PT Bank NTB Syariah
(Sumber: Ali A, 2022)

3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Data Umum Bangunan

- a) Nama Bangunan : Gedung Kantor Pusat Bank NTB Syariah
- b) Fungsi : kantor
- c) Lokasi Gedung : Jalan Udayana, Kec.Selaparang, Kota Mataram
- d) Bahan konstruksi : Beton Bertulang
- e) Jumlah Lantai : 6 lantai dan 1 semi basement
- f) Tinggi lantai : Lantai dasar : 3,5 m
Lantai 1 : 4 m
Lantai 2-6 : 3,5 m

3.3.2 Data Bahan

- a) Mutu Beton

Spesifikasi mutu beton yang digunakan untuk kolom, balok, pelat lantai penahan beban dan struktur beton bertulang lainnya yaitu menggunakan beton dengan kuat tekan ($F'c$) = 25 MPa

- b) Mutu Baja Tulangan

Spesifikasi tulangan yang digunakan dalam pembangunan Gedung kantor Bank NTB Syariah Mataram adalah tulangan ulir (f_y) = 420 MPa (BjTS 420) sedangkan untuk baja tulangan polos (f_y) = 280 MPa (BjTP 280).

- c) Gambar Kerja dan Desain Bangunan

Ada pun gambar kerja terlampir yaitu :

- Denah kolom
- Denah Balok
- Denah atap dan denah balok atap

3.3.3 Data Tanah

Data tanah yang diperoleh dari lokasi tanah gedung kantor pusat Bank NTB Syariah Mataram, Data Sondir menunjukkan jenis tanah: SE (Tanah Lunak) diperoleh dari data SPT Booring gedung kantor Bank NTB Syariah Mataram, dapat dilihat pada lampiran.

3.4 Analisa struktur dengan menggunakan SAP2000V.23

3.4.1 Proses input data

Dengan menggunakan program SAP2000 V.23, proses input data untuk perencanaan struktur memerlukan beberapa langkah, antara lain pemodelan struktur, pembuatan garis grid (struktur geometri), penentuan bahan struktur, perencanaan dimensi elemen struktur, pembebanan struktur, dan struktur analisis.

3.4.2 Proses output data

Proses pembuatan data memerlukan tabulasi temuan analisis struktur yang dilakukan pada struktur bangunan. Berdasarkan temuan studi struktural, *Waffle Slabs* akan dirancang pada lantai bangunan yang aman sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Temuan analisis struktur yang akan ditabulasikan harus dipenuhi sebelum merancang komponen struktur. Ini akan menjalani analisis ulang jika persyaratan yang digariskan dalam SNI terkait tidak terpenuhi.

3.5 Pembebanan

Berdasarkan SNI-1727-2020 beban minimum untuk merancang bangunan dan struktur lainnya, gedung kantor pusat PT Bank NTB Syariah dirancang. tata cara perencanaan ketahanan gempa baik bangunan gedung maupun non bangunan SNI-1726-2019. Selain itu, aturan pembebanan bangunan Indonesia (PPIUG, 1983). Beban-beban berikut mempengaruhi struktur bangunan:

a) Beban mati

Menurut SNI-1727-2019, yang dimaksud dengan beban mati adalah berat gabungan dari seluruh bahan bangunan yang terpasang, seperti dinding, lantai, atap, langit-langit, tangga, dinding partisi tetap, finishing, kelongsong bangunan, dan arsitektural lainnya. elemen struktural, serta peralatan layanan terpasang lainnya, seperti pemberat derek.

b) Beban hidup lantai dan atap

Menurut SNI1727-2019, beban hidup adalah beban yang dapat mempengaruhi struktur bangunan hotel. Beban ini disebabkan oleh pengguna dan penghuni bangunan atau struktur lain dan tidak termasuk beban konstruksi atau beban lingkungan seperti angin, hujan, gempa bumi, banjir, atau beban mati.

c) **Beban Gempa**

Pelepasan tiba-tiba energi gelombang seismik dikenal sebagai beban gempa. Deformasi lempeng tektonik di dalam kerak bumi inilah yang menyebabkan pelepasan ini. Perencanaan beban gempa gedung perkantoran NTB Syariah didasarkan pada pendekatan spektrum respons dinamis SNI-1726-2019. Beban gempa disiapkan sesuai dengan pengaruh gempa yang diantisipasi dan arah beban.

3.6 Perencanaan Struktur

3.6.1 Perencanaan Pelat

Langkah-langkah perencanaan pelat sebagai berikut :

- a) Menentukan tebal pelat,
- b) Menentukan dimensi pelat,
- c) Menghitung pembebanan pada pelat,
- d) Menghitung penulangan pada pelat,

3.6.2 Perencanaan balok grid diagonal

Langkah-langkah perencanaan balok grid sebagai berikut :

- a) Menentukan dimensi balok,
- b) Menghitung pembebanan pada balok,
- c) Menghitung statika balok dengan menggunakan software SAP2000
- d) Menghitung penulangan balok

3.6.3 Perencanaan kolom

Langkah-langkah perencanaan kolom sebagai berikut :

- a) Menghitung dimensi kolom,
- b) Menghitung pembebanan kolom,
- c) Menghitung statika dengan software SAP2000
- d) Menghitung tulangan kolom.

3.6.4 Perencanaan pondasi

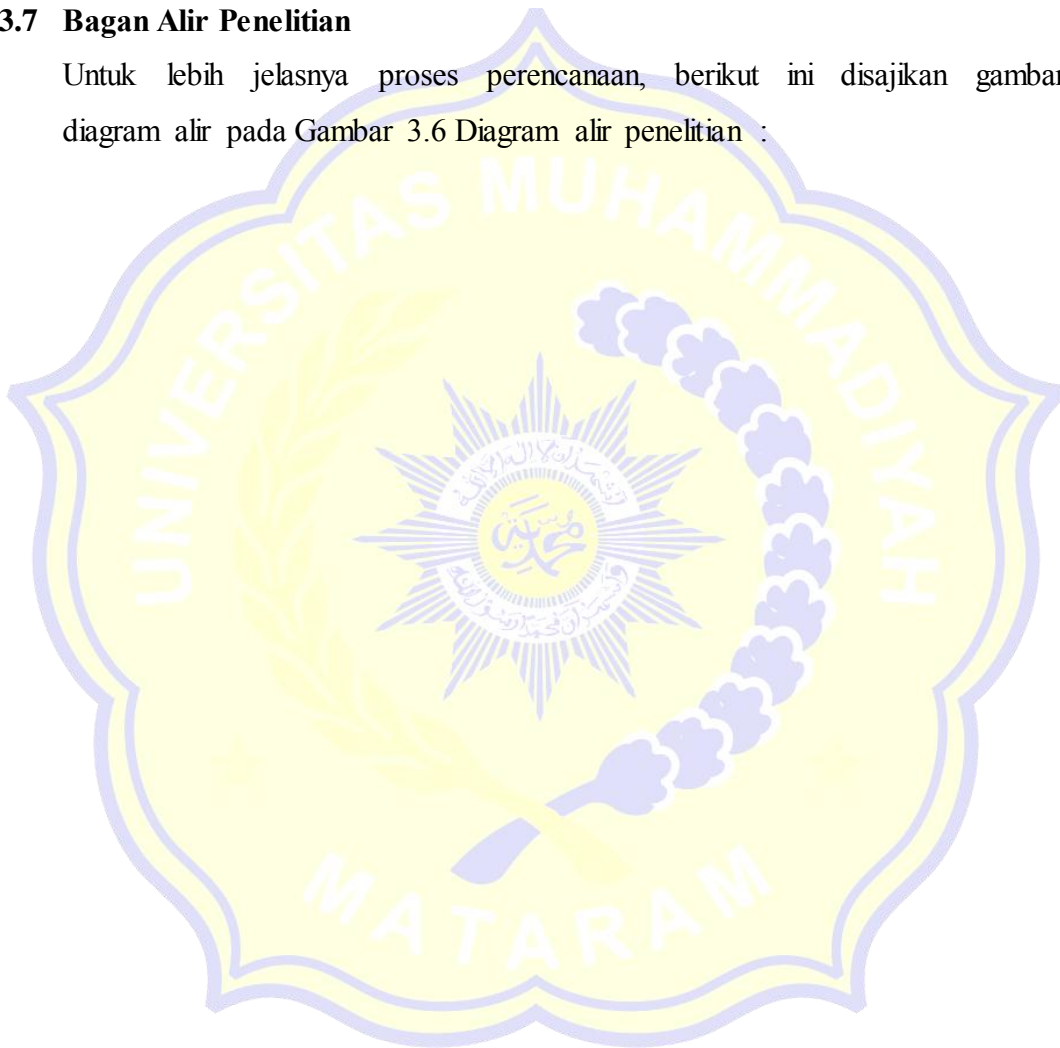
Langkah-langkah perencanaan pondasi yang direncanakan menggunakan bore pile adalah sebagai berikut :

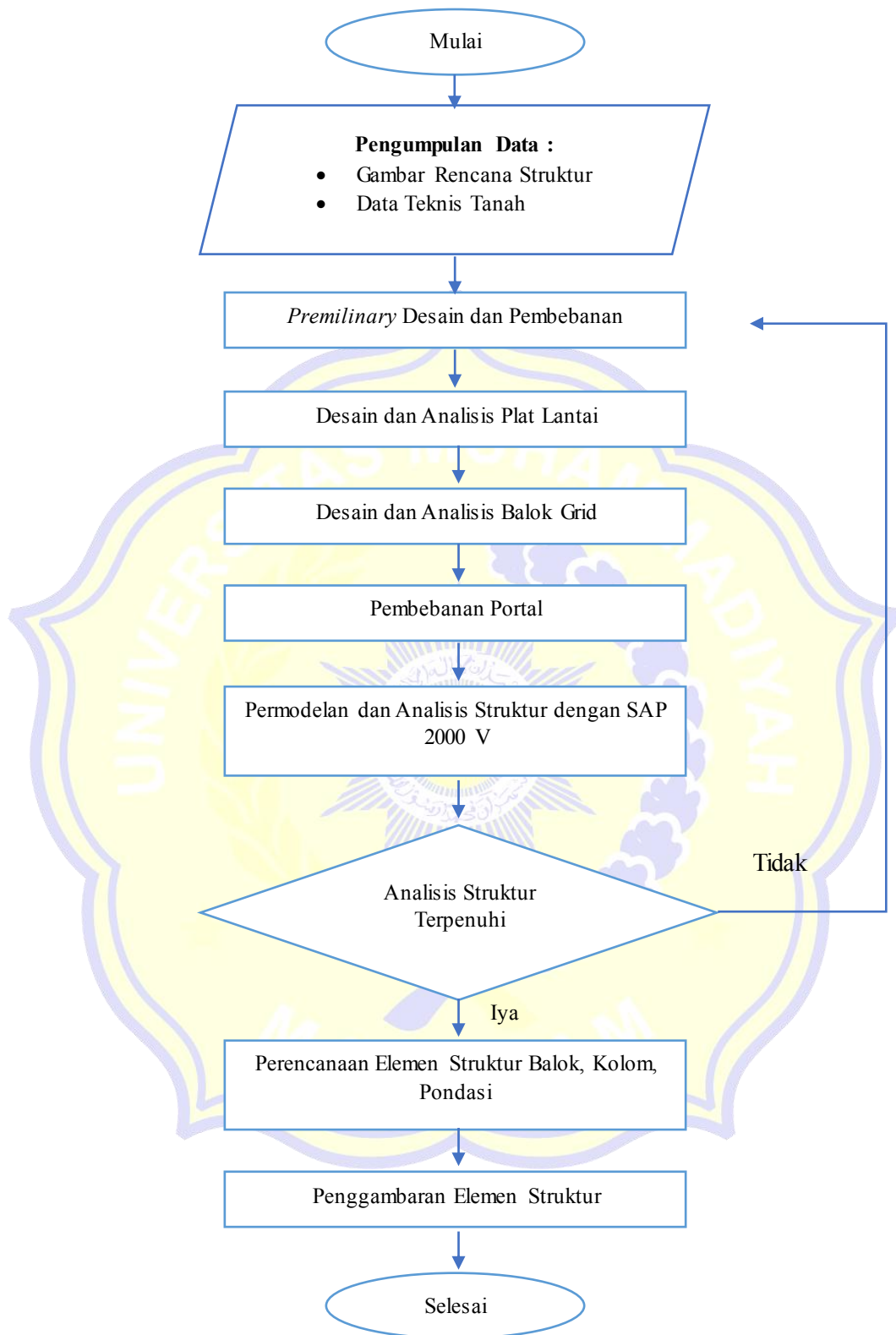
- a) Menganalisa karakter tanah,
- b) Menghitung pembebanan untuk menentukan daya dukung tanah,

- c) Menghitung jenis dan dimensi tiang bore,
- d) Menghitung daya dukung individual tiang bore,
- e) Menentukan jarak antar tiang dan jumlah tiang bore,
- f) Menghitung daya dukung kelompok tiang bore,
- g) Merencanakan tulangan kepala tiang pilecap.

3.7 Bagan Alir Penelitian

Untuk lebih jelasnya proses perencanaan, berikut ini disajikan gambar diagram alir pada Gambar 3.6 Diagram alir penelitian :





3.7 Gambar diagram alir penelitian