SKRIPSI

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL GOLDEN TULIP DENGAN MENGGUNAKAN *WAFFLE SLAB*

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi

Pada program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram

DISUSUN OLEH :

ERZA CANDRA SARI

416110002

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2020

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL GOLDEN TULIP DENGAN MENGGUNAKAN *WAFFLE SLAB*

Disusun Oleh:

ERZA CANDRA SARI
416110002

Mataram, 2 Agustus 2020

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng)	**Titik Wahyuningsih, ST., MT**
NIDN. 0027107301	**NIDN. 0819097401**

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT
NIDN. 0824017501

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL GOLDEN TULIP DENGAN MENGGUNAKAN *WAFFLE SLAB*

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : ERZA CANDRA SARI
NIM : 416110002

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji

Pada hari : Kamis, 13 Agustus 2020

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng) _____
2. Penguji II : Titik Wahyuningsih, ST., MT _____
3. Penguji III : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT _____

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT
NIDN. 0824017501

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarya bahwa :

1. Skripsi dengan judul "*Studi Perancangan Struktur Gedung Hotel Golden Tulip dengan menggunakan Waffle Slab*" adalah benar merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika 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 sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Mataram,09 Agustus 2020

Pembuat pernyataan,

ERZA CANDRA SARI

NIM : 41611 0002

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN
Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat
Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906
Website : http://www.lib.ummat.ac.id E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : ERZA CANDRA SARI
NIM : 416110002
Tempat/Tgl Lahir : JOMPONG, 09 JUNI 1998
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 085 238708 405
Jenis Penelitian : ☑Skripsi ☐KTI ☐.....

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 PERANCANGAN STRUKTUR GROUND HOTEL BOLOEN TULIS DENGAN MENGGUNAKAN WAFFLE SLAB

Segala tuntutan hukum yang timbul atas 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.

Dibuat di : Mataram
Pada tanggal : 21 AGUSTUS 2020

Penulis

METERAI TEMPEL DF7FFAHF594579547 6000 ENAM RIBU RUPIAH

ERZA CANDRA SARI
NIM. 416110002

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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

MOTTO

“ Hanya ada dua pilihan untuk memenangkan kehidupan : keberanian atau keikhlasan. Jika tidak berani, ikhlaslah menerimanya. Jika tidak ikhlas, beranilah mengubahnya.“

~ Unknown ~

“ Menyia-nyiakan waktu lebih buruk dari kematian. Karena kematian memisahkanmu dari dunia, sementara menyi-nyiakan waktu memisahkanmu dari Allah.“

~ Imam Bin Al Qayim ~

PRAKATA

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat, bimbingan dan karunia-Nya, sehingga penyusun Tugas Akhir dengan judul " Studi Perancangan Struktur Gedung Hotel Golden Tulip dengan menggunakan *Waffle Slab* " dapat terselesaikan. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademis yang wajib dibuat untuk menyelesaikan program S-1 pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan dan dorongan baik moril maupun materil dari berbagai pihak. oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Dr. H. Arsyad Abd Gani, M.Pd selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Titik Wahyuningsih, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng), selaku Dosen Pembimbing Utama.
5. Titik Wahyuningsih, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT, selaku Dosen Penguji.
7. Seluruh staf dan pegawai sekertariat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
8. Kedua Orang Tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta do'a restunya.
9. Sahabat dan rekan-rekan Mahasiswa Teknik atas motivasi dan dukungannya, serta semua pihak yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya dan masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu pendapat dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan untuk kelancaran penelitian dan penyempurnaan penulisan selanjutnya. Ucapan terima kasih yang

tak terhingga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan penulisan Tugas akhir ini. Akhir kata semoga karya ini bisa bermanfaat bagi pembacanya.

Mataram, 09 Agustus 2020

Penulis,

ERZA CANDRA SARI
NIM : 416110002

DAFTAR ISI

Hal

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PERNYATAAN ii

LEMBAR PENGESAHAN iii

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iv

SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH v

MOTTO vi

PRAKATA vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR GAMBAR.....xiv

DAFTAR NOTASI.....xv

ABSTRAK.....xviii

BAB I PENDAHULUAN.....1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Perencanaan 2

1.4 Batasan Perencanaan.....2

1.5 Manfaat Perencanaan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....4

2.1 Tinjauan Umum 4

2.2 Sistem *Waffle Slab* 5

2.2.1 Pengertian *Waffle Slab*.....5

2.2.2 Kelebihan Dari *Waffle Slab* 6
2.3 Pembebanan 7
2.3.1 Ketentuan Perencanaan Pembebanan.....7
2.3.2 Kriteria Pembebanan.....7
2.3.3 Arah Beban Gempa.....24
2.3.4 Kombinasi Beban Terfaktor.....25
2.4 Simpangan Antar Lantai Tingkat Ijin 25
2.5 Faktor Reduksi Kekuatan.....26
2.6 Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang 27
2.6.1 Asumsi Perencanaan 27
2.7 Plat Lantai 28
2.7.1 Persyaratan Structural Plat Lantai.....31
2.8 Balok.....35
2.8.1 Ditribusi Regangan Dan Tegangan Balok 35
2.8.2 Momen Nominal Dan Rencana Balok 36
2.8.3 Konstruksi Balok T 36
2.8.4 Penulangan Geser Dan Torsi Balok.....38
2.9 Kolom 39
2.9.1 Batas Tulangan Komponen Struktural.....40
2.9.2 Kolom Pendek Dan Kolom Panjang.....40
2.9.3 Perencanaan Kolom 41
2.9.4 Kekuatan Kolom Pendek Dengan Beban Sentris.....42
2.9.5 Kondisi Tarik Menentukan 43
2.9.6 Kondisi Keruntuhan Balanced 43
2.9.7 Kondisi Tekan Menentukan.....44
2.9.8 Penulangan Geser Kolom 44
2.10 Pondasi.....45
2.10.1 Kapasitas Geser.....46

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN 48

3.1 Deskripsi Model Struktur.....48

3.2 Pengumpulan Data 49
3.2.1 Data Umum Bangunan 49
3.2.2 Data Perancangan 50
3.2.3 Permodelan Struktur 50
3.2.4 Data Bahan 50
3.2.5 Data Tanah 51
3.2.6 Pembebanan 51
3.2.7 Analisa Struktur Dengan Menggunakan SAP2000 V.14 52
3.3 Perencanaan Struktur 52
3.3.1 Perencanaan Plat *Waffle* 52
3.3.2 Perencanaan Balok *Waffle* 52
3.3.3 Perhitungan Statika 53
3.3.4 Perencanaan Balok 53
3.3.5 Perencanaan Kolom 53
3.3.6 Perhitungan Joint Balok-Kolom 53
3.3.7 Perencanaan Pondasi 53

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN 55
4.1 Umum 55
4.2 Data Masukan 55
4.2.1 Model Struktur 55
4.2.2 Material Struktur 56
4.2.2.1 Beton 56
4.2.2.2 Baja Tulangan 57
4.2.3 Peraturan Perancangan 57
4.2.4 Proses Perancangan 57
4.2.5 Dimensi Komponen Struktur 59
4.3 Perancangan Struktur 61
4.3.1 Pendimensian Balok, Kolom, Dan Plat Lantai 61
4.3.2 Plat Lantai 63
4.3.2.1 Pembebanan 63

4.3.2.2 Penulangan 65
4.3.3 Balok *Waffle* 71
4.3.3.1 Pembebanan Balok *Waffle* 71
4.3.3.2 Distribusi Beban Plat Lantai Balok *Waffle* 71
4.3.3.3 Penulangan Balok *Waffle* 73
4.3.3.4 Pembebanan Balok *Waffle* 71
4.3.4 Portal Struktur 87
4.3.4.1 Pembebanan Portal 87
4.3.4.2 Beban Gempa Pada Portal 102
4.3.5 Penulangan Balok 112
4.3.5.1 Penulangan Akibat Momen Lentur 112
4.3.6 Penulangan Kolom 120
4.3.7 Sambungan Balok Kolom 133
4.3.8 Pondasi 138
4.3.8.1 Data Tanah 138
4.3.8.2 Daya Dukung Pondasi Tiang Bor 139

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 157
5.1 Kesimpulan 157
5.2 Saran 158
DAFTAR PUSTAKA 159

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan 7
Tabel 2.2 Beban Hidup Komponen Gedung 9
Tabel 2.3 Beban Hidup Pada Lantai Gedung 11
Tabel 2.4 Kategori Resiko 14
Tabel 2.5 Faktor Keutamaan Gempa (*Ie*) 17
Tabel 2.6 Klasifikasi Situs 17
Tabel 2.7 Koefisien Situs Fa 20
Tabel 2.8 Koefisien Situs Fv 20
Tabel 2.9 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x 23
Tabel 2.10 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung 24
Tabel 2.11 Simpangan Antar Lantai Ijin Δa 27
Tabel 2.12 Tebal Minimum Plat Tanpa Balok Dalam 32
Tabel 4.1 Tipe Plat 73
Tabel 4.2 Distribusi Beban Plat pada Balok *Waffle* 86
Tabel 4.3 Beban terpusat akibat balok *Waffle* (Plat atap)/Kn 88
Tabel 4.4 Beban momen akibat balok *Waffle* (Plat atap)/Knm 89
Tabel 4.5 Beban terpusat akibat balok *Waffle* (Plat lantai)/Kn 90
Tabel 4.6 Beban momen akibat balok *Waffle* (Plat lantai)/Kn 92
Tabel 4.7 nilai parameter perioda pendekatan Ct dan x 103
Tabel 4.8 gaya lateral tiap lantai 105
Tabel 4.9 gaya lateral gempa static ekuivalen (Fi) untuk setiap arah 106
Tabel 4.10 perhitungan selisih periode (ΔT) setiap mode 109
Tabel 4.11 jumlah partisipasi massa pada mode 12 (lebih dari 90%) 110
Tabel 4.12 Perhitungan φ’ 140
Tabel 4.13 perhitungan Kd.Tg δ tiap lapisan 140
Tabel 4.14 perhitungan tahanan gesek tiang Qs 141
Tabel 4.15 susunan tiang pancang 143

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Waffle Slab 5
Gambar 2.2 *Spectrum respon* desain 22
Gambar 2.3 Kombinasi arah pembebanan 25
Gambar 2.4 Jenis-jenis plat 30
Gambar 2.5 Distribusi regangan dan tegangan pada balok bertulangan rangkap 36
Gambar 2.6 Bagian tekan pada balok T 37
Gambar 2.7 Diagram tegangan dan regangan kolom 40
Gambar 2.8 Geser dua arah pada pondasi 47
Gambar 3.1 Lokasi Pembangunan Hotel Golden Tulip 48
Gambar 3.2 3D hotel golden tulip 49
Gambar 3.3 Gambar bagan alir struktur 54
Gambar 4.1 Penulangan plat lantai 70
Gambar 4.2 Distribusi beban amplop plat pada balok *Waffle* 71
Gambar 4.3 Penulangan balok *Waffle* 85
Gambar 4.4 Portal yang ditinjau 87
Gambar 4.5 Letak beban terpusat dan momen pada portal arah Y 87
Gambar 4.6 Beban pada portal 93
Gambar 4.7 Input otomatis kurva *respon spectrum* dengan *spectrum from file* 108
Gambar 4.8 Hasil uji sondir pada 6 titik 137
Gambar 4.9 Hasil uji Nspt sampai kedalaman 21 m 138
Gambar 4.10 Jumlah tiang pancang yang digunakan 143
Gambar 4.11 Tinjauan geser arah X 145
Gambar 4.12 Tinjauan geser arah Y 147
Gambar 4.13 Daerah Geser Pons 149

DAFTAR NOTASI

A_b : Luas penampang ujung bawah, mm^2

A_{cp} : Luas penampang keseluruhan, mm^2

A_g : Luas bruto penampang, mm^2

A_L : Luas tulangan torsi memanjang, mm^2

A_s : Luas tulangan tarik, mm^2

A'_s : 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

b_f : Lebar efektif flens balok T, mm

b_w : Lebar penampang komponen struktur, mm

C_c : Gaya tekan beton, kN

C_t : Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

c : Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, mm

c_b : 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

d_b : Diameter batang tulangan, mm

d_s' : 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

f_s' : Tegangan tekan baja tulangan, MPa

f_y : Kuat leleh baja, Mpa

h : Tinggi penampang komponen struktur, mm

k_{lu} : Faktor panjang efektif kolom

L : Beban hidup, kN/m^2

L_r : Beban hidup yang telah di reduksi, kN/m^2

l : Panjang tiang yang berada dalam tanah, cm

l_n : Bentang bersih yang diukur dari muka tumpuan ke tumpuan, mm

M_{Cc} : 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

p_{cp} : Keliling penampang keseluruhan, mm

Q_{pg} : Daya dukung kelompok tiang, kg

Q_s : Daya dukung tiang pancang tunggal, kg

Q_t : Daya dukung keseimbangan pada kelompok tiang, kg

Q_{tiang} : Daya dukung kesetimbangan tiang, kg

R : Beban hujan, kN/m^2

r : Radius girasi

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 balom terhadap kekakuan lentur lebar pelat

α_{fm} : Nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel

β : Rasio dimensi panjang terhadap pendek dari dua sisi pelat

β_1 : 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

Ψ : Faktor kekangan ujung

ABSTRAK

Salah satu perkembangan dalam sistem konstruksi adalah *waffle slab* yaitu pelat beton bertulang yang tidak memiliki balok. Umumnya keseluruhan beban pada pelat disalurkan oleh sistem lantai pada arah melintang dan membujur menuju ke kolom sehingga dapat menyebabkan suatu keadaan dimana kolom akan menembus pelat. Di antara berbagai sistem pelat, sistem *waffle slab* masih jarang sekali digunakan. *Waffle slab* biasanya digunakan pada proyek-proyek khusus yang membutuhkan ruangan yang luas dengan jumlah kolom yang sedikit dan ruangan dengan pelat lantai yang memiliki lendutan yang kecil dan frekuensi getaran yang kecil.

Dalam perancangan ini dilakukan Perancangan pada gedung Hotel Golden Tulip Mataram guna mendapatkan ruangan yang lebih luas tanpa mengubah desain awal secara signifikan, dengan menggunakan sistem *waffle slab*. Maka bentangan pelat didesain lebih luas dan jumlah kolom dikurangi. Dengan demikian gedung ini dapat berfungsi dengan lebih baik sebagai gedung hotel yang membutuhkan ruangan yang luas. Selain itu, dengan adanya balok *waffle* maka penggunaan plafond tidak dibutuhkan. Untuk memudahkan perancangan, digunakan *software* SAP2000 V.14 dalam membantu pemodelan struktur, pembebanan struktur, dan menganalisa gaya dalam struktur yang dijadikan data dalam perancangan. Beban yang bekerja pada gedung antara lain beban hidup,beban mati dan beban gempa.

Berdasarkan hasil perancangan yang didapatkan dengan sistem *waffle slab* ini, diperoleh pelat dengan bentang yang luas dan kekakuan yang lebih besar karena balok *waffle* dapat berperan sebagai jaringan balok anakan. Tebal plat dapat dikurangi dari 120 mm menjadi 60 mm dengan tulangan D10. Balok grid yang digunakan berbentuk persegi dengan tulangan utama D16 dan tulangan sengkang P8. Balok utama dan kolom menggunakan tulangan utama D29 dengan tulangan sengkang P10 untuk balok utama, dan D12 untuk kolom. Kemudian pondasi didesain menggunakan *pile cap* berdimensi 5,5×5,5×1,2 m dengan *bore pile* berdiameter 0,5 m berjumlah maksimum 16 tiang di setiap kolom, dan dibor sampai kedalaman 20,6 m.

Kata kunci : Balok *waffle*, *waffle slab*, Struktur Beton, Hotel Golden Tulip

ABSTRACT

One of the innovations in the construction system is the waffle slab, which is a reinforced concrete plate that does not have a beam. Generally, the overall load on the slab is transferred by the floor system in the transverse and longitudinal direction to the column. It can cause the column to penetrate the plate. Among the various plate systems, the waffle slab system is rarely used. Waffle slabs are usually used in special projects that require a large space with a small number of columns and a room with floor plates that have a slight deflection and a small vibration frequency. Designing was carried out at the Golden Tulip Mataram Hotel building to get a more extensive space without changing the initial design significantly, using a waffle slab system. Therefore, the span of the plates was designed more comprehensive and the number of columns is reduced. Thus, this building can function better as a hotel building that requires a large space. Besides, with the waffle beam, the use of the ceiling is not needed. To facilitate the design, SAP2000 V.14 software was used to assist the structural modeling, structural loading, and analyzing the forces in the structure, which were used as data in the design. The loads that work on the building include live loads, dead loads, and earthquake loads. Based on the results of the design obtained with this waffle slab system, a plate with a broader span and higher stiffness is achieved because the waffle beam can act as a network of tiller beams. Plate thickness can be reduced from 120 mm to 60 mm with D10 reinforcement. The grid beam used is square with the main reinforcement D16 and stirrup reinforcement P8. The main shaft and column use the main reinforcement D29 with stirrup reinforcement P10 for the main beam, and D12 for the column. Then the foundation was designed utilizing a pile cap with 5.5 × 5.5 × 1.2 m dimensions with a bore pile of 0.5 m diameter totaling a maximum of 16 piles in each column and drilled to 20.6 depth.

Keywords: Waffle beam, waffle slab, Concrete Structure, Golden Tulip Hotel

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM
An KEPALA
LABORATORIUM BAHASA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
Moh Fauzi Bafadl, M.Pd

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Pembangunan gedung-gedung seperti hotel yang berada di daerah Nusa Tenggara Barat semakin lama semakin meningkat karena dipicu oleh perkembangan objek pariwisata. Adanya perkembangan tingkat pariwisata ini maka kebutuhan akan pembangunan semakin lama semakin meningkat hingga menimbulkan semakin mahal dan terbatasnya lahan pada pembangunan, maka mendorong para perencana untuk merancang pembangunan arah vertical ke bawah (*basement*) maupun ke atas bertingkat.

Salah satu perkembangan dalam sistem konstruksi adalah *waffle slab* yaitu pelat beton bertulang yang tidak memiliki balok. Umumnya keseluruhan beban pada pelat di salurkan oleh sistem lantai pada arah melintang dan membujur menuju ke kolom sehingga dapat menyebabkan suatu keadaan dimana kolom akan menembus pelat.

Di antara berbagai sistem pelat, sistem *waffle slab* masih jarang sekali digunakan. *Waffle slab* biasanya digunakan pada proyek-proyek khusus yang membutuhkan ruangan yang luas dengan jumlah kolom yang sedikit dan ruangan dengan pelat lantai yang memiliki lendutan yang kecil dan frekuensi getaran yang kecil. Biasanya digunakan dalam pembangunan bandara, jembatan, gedung parkir, serta bangunan komersil dan industri, perpustakaan atau *gallery art* yang mengutamakan nilai estetika pada plafond bangunan.

Waffle slab dapat divisualisasikan sebagai kumpulan dari balok T yang saling menyilang dan saling berhubungan pada bidang horizontal yang membentuk ruang-ruang kecil dimana balok silang tersebut menumpu pelat tipis di atasnya. (Paula & Leo, 2019)

Sistem struktur adalah penggabungan berbagai elemen struktur secara tiga dimensi yang cukup rumit. Fungsi utama dari sistem struktur adalah untuk memikul secara aman dan efektif beban yang bekerja pada bangunan, baik itu beban vertikal ataupun beban horisontal. Untuk mengurangi lendutan vertikal akibat beban vertikal pada struktur gedung bentang lebar digunakanlah sistem struktur lantai dengan balok grid yang disebut juga dengan struktur lantai pelat berusuk (*waffle slab*), dan untuk mengurangi lendutan horizontal.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Apakah lebih efektif antara desain eksisting dengan redesain menggunakan *waffle slab* jika ditinjau dari bentang pelat dan volume gedung.
2. Apakah struktur aman dengan menggunakan *waffle slab*.
3. Berapa dimensi yang digunakan pada gedung setelah menggunakan system *Waffle Slab.*

1.3. TUJUAN PERENCANAAN

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah :

1. Dapat membandingkan jika ditinjau dari bentangan pelat dan volume gedung, mana yang lebih efektif antara desain eksisting dengan redesain menggunakan sistem balok *Waffle.*
2. Dapat menganalisis apakah struktur aman dengan menggunakan *Waffle Slab.*
3. Dapat menghitung dimensi dan penulangan setiap komponen struktur dengan menggunakan *Waffle Slab.*

1.4. BATAS PERENCANAAN

Adapun batasan perencaan dalam studi kasus ini adalah :

1. Perencanaan Struktur Hotel Golden Tulip meliputi pondasi,pelat,balok dan kolom.
2. Perancangan pelat dengan menggunakan *Waffle Slab*.
3. Pembebanan di hitung berdasarkan SNI 1727-2013, untuk perencanaan struktur beton berdasarkan SNI 2847-2013, dan analisa pengaruh gempa berdasarkan SNI 1726-2012.
4. Perencanaan tidak meliputi instalasi mekanikal elektrikal dan plumbing (MEP).
5. Tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektural, dan manajemen kosntruksi; dan
6. *Software* permodelan menggunakan aplikasi SAP2000 V.14

1.5. MANFAAT PERENCANAAN

Manfaat yang bisa didapatkan dari perencanaan ini adalah :

1. Dapat merencanakan struktur gedung Hotel Golden Tulip dengan menggunakan *Waffle Slab.*
2. Dari hasil perencanaan dapat dijadikan acuan dasar dalam perencanaan.
3. Dapat dijadikan solusi dalam mengurangi jumlah kolom sehingga dapat memberi ruang yang cukup luas, dan ;
4. Mempunyai kekuatan yang besar sehingga dapat memberikan kekauan arah horizontal yang lebih besar pada portal bangunan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. TINJAUAN UMUM

Pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari struktur beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban bekerja tegak lurus terhadap bidang tersebut. Pelat beton bertulang sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bagunan gedung pelat ini berfungsi sebagai diafragma atau unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal. (Asroni, 2010)

Pelat lantai umumnya mempunyai ketebalan yang ukuran relative sangat kecil bila dibandingkan dengan panjang bentangnya sehingga sifat kaku dari pelat sangat kurang. Kekakuan yang kurang ini akan mengakibatkan defleksi atau lendutan dari pelat menjadi besar. Lendutan yang besar ini dapat dicegah dengan berbagai alternatif teknis untuk memberikan kekakuan dan menambah kekuatan pada pelat lantai, salah satunya dengan memanfaatkan bentuk atau sistem kisi - kisi (*waffle*, *grid structure*) yang secara umum dikenal dengan istilah struktur *grid/Waffle*. (Puspantoro, 1993)

Pada umumnya sistem *waffle slab* ini menggunakan bahan dari konstruksi beton bertulang dengan ketebalan pelat yang sangat tipis dan pemakaian besi tulangan yang cukup hemat pada pelatnya dikarenakan pelat waffle slab memiliki kekakuan yang besar pada pelat sehingga lendutan pada pelat relatif kecil. (Susanti, Youlanda, & Winaya, 2016)

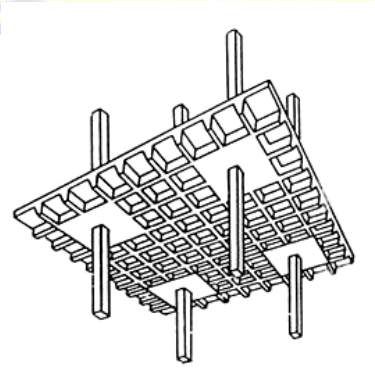
Selain itu, penggunaan sistem *waffle slab* juga dapat mempengaruhi tata letak kolom. Semakin kecilnya lendutan pada balok maka jarak antar kolom pada portal bisa lebih jauh dari struktur yang biasa, umumnya panjang bentang bisa mencapai sekitar 10 m. (Negara, 2017)

Pada struktur pelat semakin besar bentang maka akan semakin besar momen yang ditimbulkan, yang artinya semakin tebal pelat tersebut. Akibat penggunaan tebal pelat, berat sendiri struktur akan sangat bertambah. Karena itu pelat sering dilubangi agar mengurangi berat sendirinya tanpa mengurangi tinggi struktural secara berarti, sistem demikian yang disebut *Waffle Slab*. (Negara, 2017)

2.2. SISTEM *WAFFLE SLAB*

2.2.1. Pengetian *Waffle Slab*

Pelat berusuk dua arah (*waffle slab*) yaitu kumpulan balok T yang saling menyilang dan menyatu pada bidang horizontal dimana gaya-gaya dominan yang bekerja adalah tegak lurus terhadap bidang tersebut dan titik hubung balok T ini bersifat kaku. Pada umumnya pelat berusuk dua arah (*waffle slab*) ini menggunakan bahan dari konstruksi beton bertulang dengan ketebalan pelat yang tipis dan pemakainan besi tulangan yang cukup hemat pada pelatnya dikarenakan pelat berusuk dua arah (*waffle slab*) ini memiliki kekakuan yang besar pada pelat sehingga lendutan pada pelat relatif kecil. Di sisi lain pelat berusuk dua arah (*waffle slab*) juga berpengaruh pada tata letak kolom. Semakin kecilnya lendutan pada balok maka jarak antar kolom pada portal bisa lebih jauh dari struktur yang biasa dan pada umumnya bisa mencapai bentang 7,5 – 12,5 meter. (Susanti, Youlanda, & Winaya, 2016)



Gambar 2. 1. Waffle Slab

Ketentuan dalam menentukan jarak antar rusuk dan dimensi rusuk adalah sebagai berikut :

a. Lebar rusuk tidak boleh kurang dari 100 m,
b. Tinggi rusuk tidak lebih dari 3½ kali lebar minimum badannya,
c. Spasi antar rusuk tidak boleh melebihi 750 mm.

2.2.2. Kelebihan dari *Waffle Slab*

Beberapa kelebihan system struktur *waffle slab* antara lain :

a) Tebal Pelat *Waffle Slab* memiliki tebal pelat lebih tipis 40% dari sistem pelat konvensional. (Negara, 2017)
b) Penggunaan *waffle slab* dapat menghemat penggunaan kolom sebesar 55,57% dibanding dengan sistem pelat konvensional. (Negara, 2017)
c) Penggunaan *waffle slab* dapat berdampak terhadap pemakain besi tulangan yang cukup hemat pada pelatnya. (Negara, 2017)
d) Dengan metode perencanaan langsung didapatkan balok pada *Waffle Slab* menahan 20% dari momen yang dipikul oleh kolom. (Negara, 2017)
e) Sangat cocok digunakan untuk struktur dengan bentang 7-16 m, untuk bentang yang sangat panjang sehingga dibutuhkan *posttensioning*.
f) Penggunaan *Waffle Slab* terbilang ekonomis dari segi bahan berupa beton dan baja jika dibandingkan dengan *flat Slab*. (Negara, 2017)
g) System *Waffle Slab* terbilang sistem struktur yang ringan. Hal ini disebabkan karena *Waffle Slab* dapat mereduksi besarnya rangka.
h) Dapat mendistribusikan beban dan momen pada kedua arah bentangnya secara merata.

2.3. PEMBEBANAN

2.3.1. Ketentuan perencanaan pembebanan

Dalam perencanaan hotel Golden Tulip ini, digunakan beberapa acuan standar pembebanan sebagai berikut :

a) Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI-1727-2013.
b) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI-1726-2012.

2.3.2. Kriteria pembebanan

Dalam perencanaan suatu struktur gedung, harus diperhitungkan beban-beban yang bekerja di atasnya. Berdasarkan SNI-1727-2013 dan SNI-1726-2012, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap kombinasi dari beban-beban yang terdapat dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1. Berat Sendiri Bahan Bangunan

No.	Bahan Bangunan	Beban	Satuan
1.	Baja	7850	Kg/m^3
2..	Batu Alam	2600	Kg/m^3
3.	Batu belah,batu bulat,batu gunung (berat tumpuk)	1500	Kg/m^3
4.	Batu Karang (berat tumpuk)	700	Kg/m^3
5.	Batu Pecah	1450	Kg/m^3
6.	Besi Tuang	7250	Kg/m^3
7.	Beton (1)	2200	Kg/m^3
8.	Beton bertulang (2)	2400	Kg/m^3

(*Lanjutan*) *Tabel 2. 1. Berat Sendiri Bahan Bangunan*

9.	Kayu (kelas 1)(3)	1000	Kg/m^3
10.	Kerikil,koral (kering udara-lembab,tanpa ayak)	1650	Kg/m^3
11.	Pasangan bata merah	1700	Kg/m^3
12.	Pasangan batu belah,batu bulat,batu gunung	2200	Kg/m^3
13.	Pasangan batu cetak	2200	Kg/m^3
14.	Pasangan batu karang	1450	Kg/m^3
15.	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600	Kg/m^3
16.	Pasir (jenuh air)	1800	Kg/m^3
17.	Pasir kerikil,koral (kering udara sampai lembab)	1850	Kg/m^3
18.	Tanah lempung,lanau (kering udara-lembab)	1700	Kg/m^3
19.	Tanah lempung dan lanau (basah)	2000	Kg/m^3
20.	Tanah hitam (timbel)	11400	Kg/m^3

(Sumber:SNI-1727-1989, Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung)

Tabel 2. 2. Berat Sendiri Komponen Gedung

No.	Komponen Gedung	Beban	Satuan
1.	Adukan per cm tebal : • Dari semen • Dari kapur,semen merah atau tras	 21 17	Kg/m^2
2.	Aspal,termasuk bahan-bahan mineral penambah per cm tebal	14	Kg/m^2
3.	Dinding pasangan bata merah : • Satu batu • Setengah batu	 450 250	Kg/m^2
4.	Dinding pasangan batako : • Berlubang Tebal dinding 20 cm (HB 20) Tebal dindign 10 cm (HB 10) • Tanpa lubang Tebal dindign 15 cm Tebal dinding 10 cm	 200 120 200 300	Kg/m^2
5.	Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknhya,tanpa penggantung langit-langit atau pengaku),terdiri dari : • Semen asbes (eternity dan bahan sejenis),dengan tebal maksimum 4 mm	 11	Kg/m^2

	• Kaca dengan tebal 3-4 mm	10	
6.	Penggantung langit-langit (dari kayu) dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	40	Kg/m^2
7.	Penutup atap dengan reng dan usuk atau kaso per m^2 bidang atap	50	Kg/m^2
8.	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk atau kaso per m^2 bidang atap	40	Kg/m^2
9.	Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gording	10	Kg/m^2
10.	Penutup lantai dari ubin semen Portland,teraso dan beton tanpa aduan per cm tebal	24	Kg/m^2
11.	Semen asbes gelombang (tebal 5 cm)	11	Kg/m^2

(*Sumber: SNI-1727-1989, Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung)*

2.3.2.1. Beban Mati (DL)

Beban mati adalah berat sendiri dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesain-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan-peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut.

a) Beban mati akibat berat sendiri bangunan

Berat sendiri bahan bangunan adalah berat dasar masing-masing komponen yang digunakan dalam pengerjaan suatu struktur.

b) Beban mati akibat berat sendiri komponen gedung

Berat sendiri komponen gedung adalah berat dasar masing-masing komponen yang digunakan dalam pengerjaan suatu struktur.

2.3.2.2. Beban Hidup (LL)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, sehingga dapat mengakibatkan perubahan dalam pembebanan pelat lantai atau atap.

2.3.2.3. Beban Gempa (E)

Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi yang mempengaruhi struktur tersebut. Adapun beberapa metode analisis pengaruh gaya gempa yang umumnya digunakan terhadap suatu struktur antara lain metode statik ekuivalen, *response spectrum* dan *time history*.

Tabel 2. 3. Beban Hidup pada Lantai Gedung

No.	Lantai Gedung	Beban	Satuan
1.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam no.2	200	Kg/m^2
2.	Lantai tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk took, pabrik atau bengkel	125	Kg/m^2

(*Lanjutan*) *Tabel 2. 3. Beban Hidup pada Lantai Gedung*

3.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, took, toserba, restauran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250	Kg/m^2
4.	Lantai ruang olahraga	400	Kg/m^2
5.	Lantai dansa	500	Kg/m^2
6.	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari yang disebut dalam no 1 s/d 5, seperti masjid, gereja, ruang pergelaran, ruang rapat, bioskop, dan panggung dengan tempat duduk tetap	400	Kg/m^2
7.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri	500	Kg/m^2
8.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam no.3	300	Kg/m^2
9.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam nomor 4,5,6 dan 7	500	Kg/m^2
10.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam no 3,4,5,6 dan 7	250	Kg/m^2
11.	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, took buku, took besi, rumah alat-alat dan ruang mesin harus direncanakan terhadap	400	Kg/m^2

	beban hidup yang ditentukan tersendiri dengan minimum		
12.	Lantai gudang parkir bertingkat : • Untuk lantai bawah • Untuk lantai tingkat lainnya	800 400	Kg/m^2
13.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai yang berbatasan dengan minimum	300	Kg/m^2

(*Sumber : Peraturan pembebanan Indonesia untuk bangunan gedung*)

a) Kategori resiko

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 2.4 pangaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaa *Ie* menurut Tabel 2.5. Khusus untuk bangunan struktur dengan kategori resiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengaan kategori resiko IV.

Tabel 2. 4.Kategori resiko

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain : - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,II,III dan IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Perumahan : rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen atau rumah susun - Pusat perbelanjaan - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur pabrik	II

(Lanjutan) ***Tabel 2. 4. Kategori resiko***

Gedung dan non gedung yang memeiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk dalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses pananganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengadung :	III

- Bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang - Dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran	
Gedung dan non gedung yang ditujukkan sebagai fasilitas yang penting termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk : - Bahan bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau mineral atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang	IV

masuk ke dalam kategori resiko IV	

(*Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*)

Tabel 2. 5.Faktor keutamaan gempa (I_e)

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa (Ie)
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

(*Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*)

Tabel 2. 6. Klasifikasi Situs

Kelas Situs	*Vs* (m/dt)	N atau Nch	Su (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 s/d 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 s/d 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang	175 s/d 350	15 s/d 50	50 s/d 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karaketeristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, PI > 20		

	2. Kadar air, w ≥ 40 % 3. Kuat geser niralir Su << 25 kPa
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respons spesifik situs	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh 2. Lempung sangat organik dan atau gambut (H > 3m) 3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (PI > 75) 4. Lapisan lempung lunak (Su < 50 kPa)

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

(*Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*)

b) Parameter percepatan perpetakan

Parameter S_s(percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1(percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 250 tahun (MCE_R, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 < 0{,}04g$ dan $S_s < 0{,}15g$, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A.

c) Klasifikasi situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SD, SE dan SF. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situsnya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang

berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF. Profil tanah di situs harus di klasifikasikan sesuai dengan Tabel 2.7 berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas.

d) Menentukan koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter percepatan respon spektral percepatan gempa

Untuk menentukan respon spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplikasi meliputi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v Parameter percepatan spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode pendek (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan dengan Persamaan (2-1) dan Persamaan (2-2).

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (2\text{-}1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (2\text{-}2)$$

Sedangkan koefisien $F_a$dan F_v mengikuti Tabel 2.8 dan 2.9

e) 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 (2-3) dan Persamaan (2-4).

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (2\text{-}3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (2\text{-}4)$$

Tabel 2. 7. Koefisien Situs Fa

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, S_s				
	Ss ≤ 0,25	Ss = 0,5	Ss = 0,75	Ss = 1,0	Ss ≥ 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	Ss^b				

Untuk nilai antara *Ss* dapat dilakukan intepolasi linier

SS^b= situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik.

(*Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*)

Tabel 2. 8. Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	Ss ≤ 0,1	S_1 = 0,2	S_1 = 0,3	S_1 = 0,4	S_1≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

(lanjutan) ***Tabel 2. 8. Koefisien Situs Fv***

SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	Ss^b				

Untuk nilai antara S_1 dapat dilakukan intepolasi linier

SS^b = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik.

(*Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*)

f) Menentukan spektrum respons desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 2.5 dan mengikuti ketentuan dibawah ini :

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0spektrum respons percepatan desain, Sa harus diambil dari Persamaan (2-5).

$$S_a = \left(0{,}4 + 0{,}6\frac{T}{T_0}\right) \qquad (2\text{-}5)$$

dengan :

Sa = Percepatan maksimum

T = Periode waktu getar

T_a = Periode fundamental pendekatan

Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s, spektrum respons percepatan desain $S_a$sama

dengan S_{DS}Untuk periode lebih besar dari T_s spektrum respons percepatan desain $S_a$diambil berdasarkan Persamaan (2-6).

$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$ (2-6)

dengan :

Sa = Percepatan maksimum

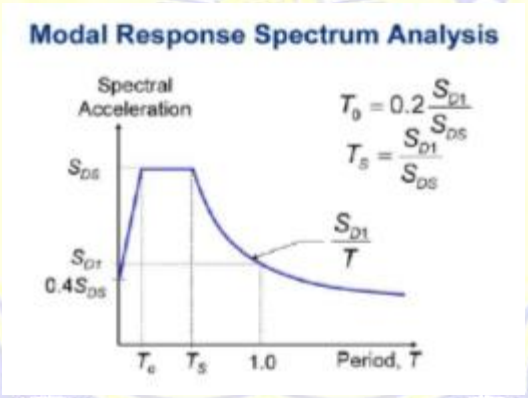
T = Periode waktu getar

S_D = Simpang maksimum

Untuk parameter periode respons ditentukan melalui Persamaan (2-7) dan Persamaan (2-8).

$T_0 = 0{,}2\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$ (2-7)

$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$ (2-8)



Gambar 2. 2.Spektrum Respons Desain

(Sumber : Indiarto, 2013)

g) Gaya geser dasar seismik

Geser dasar seismik, *V*, dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Persamaan (2-9).

$V = C_s \times w$ (2-9)

dengan :

V = Geser dasar *seismic*

C_s = Koefisien respon *seismic*

w = Berat struktur

Untuk perhitungan koefisien respons seismik $C_s$harus di tentukan sesuai dengan Persamaan (2-10).

$$C_s = \frac{S_{DS} \times I_e}{R} \quad (2\text{-}10)$$

dengan :

C_s = Koefisien respon *seismic*

S_{DS} = Periode pendek

R = Beban hujan

h) Penentuan periode fundamental

Periode fundamental struktur T, dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan T_a yang ditentukan sesuai dengan persamaan (2-11) sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur T diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan T_a.

Penentuan periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dengan Persamaan (2-11).

$$T_a = C_t \times h_n^{\,x} \quad (2\text{-}11)$$

dengan :

T_a = Periode fundamental pendekatan

C_t = Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

h_n^x = Ketinggian gedung

Tabel 2. 9.Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x

TIPE STRUKTUR	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen		
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 bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(*Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*)

Tabel 2. 10.Koefisien untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respon spektral desain pada 1 detik , D1 S	Koefisien Cu
≥ 0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
≤ 0,1	1,7

(*Sumber : SNI-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*)

i) Ditribusi vertikal gaya gempa

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul dimana semua tingkat harus ditentukan dari Persamaan (2-12) dan Persamaan (2-13).

$F_x = C_{VX} \times V$ (2-12)

$C_{vx} = \frac{W_I \times h_I^k}{\Sigma W_i \times h_i^k}$ (2-13)

dengan :

F_x = Gaya gempa lateral

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya geser

W_i = Berat gedung

H_1 = Ketinggian gedung

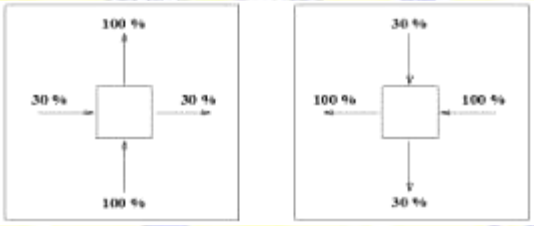
Penentuan nilai K ini berdasarkan pada periode (T) dari sistem struktur tersebut. Untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 0,5 detik atau kurang, K = 1. Sedangkan untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 2,5 detik atau lebih, K = 2, dan untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5 dan 2,5 detik, K harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x), harus di tentukan dengan Persamaan (2-14).

$$V_x = \Sigma_x^n -_1 Fi \quad (2\text{-}14)$$

2.3.3. Arah beban gempa

Dalam perencanaan struktur gedung, arah utama pengaruh gempa rencana harus ditentukan sedemikian rupa, sehingga memberi pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan sistem struktur secara keseluruhan. Gambar 2.9 menunjukkan arah pembebanan gempa menurut SNI-1726-2012.



Gambar 2. 3 Kombinasi Arah Pembebanan

Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa alam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitasnya hanya 30%.

2.3.4. Kombinasi beban terfaktor

Dengan mengacu pada kombinasi pembebanan SNI-1726-2012 komponen elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

a) 1,4 D
b) 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
c) 1,2 D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5 W)
d) 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau R)
e) 1,2 D + 1,0 E + L
f) 0,9 D + 1,0 W
g) 0,9 D + 1,0 E

2.4. SIMPANGAN ANTAR LANTAI TINGKAT IJIN

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin (Δa) seperti yang terdapat pada tabel 2.2 untuk semua tingkat.

2.5. FAKTOR REDUKSI KEKUATAN

Konsep keamanan lapis kedua adalah reduksi kapasitas teoritik komponen struktur dengan menggunakan faktor reduksi kekuatan dalam menentukan kekuatan desain. Pemakaian faktor reduksi dimaksudkan untuk memperhitungkan kemungkinan penyimpangan terhadap kekuatan bahan, pengerjaan, ketidaktepatan ukuran, pengadukan dan pengawasan pelaksanaan. SNI-2847-2013 pasal 9.3.2 memberikan faktor reduksi kekuatan untuk berbagai mekanisme, beberapa diantaranya adalah sebagai berikut :

a)	Penampang terkendali tarik		ϕ = 0,90
b)	Penampang terkendali tekan :	Bertulang spiral	ϕ = 0,75
		Bertulang lainnya	ϕ = 0,65
c)	Geser dan torsi		ϕ = 0,75
d)	Tumpuan dan beton		ϕ= 0,65
e)	Daerah angkur pasca tarik		ϕ = 0,85

Alternatifnya adalah bila ketentuan alternatif untuk komponen struktur lentur dan tekan beton bertulang dan prategang digunakan, untuk komponen struktur dimana f_y tidak melampaui 420 MPa, dengan tulangan simetris, dan dengan (*d-d')/h* tidak kurang dari 0,70, maka nilai ϕ boleh ditingkatkan secara linier menjadi 0,90 seiring dengan berkurangnya nilai ϕP_n dari $0{,}10 f_c' A_g$ ke nol. Untuk komponen struktur bertulang lainnya, nilai ϕ boleh ditingkatkan secara linier menjadi 0,90 seiring dengan berkurangnya nilai ϕP_n dari nilai terkecil antara $0{,}10 f_c' A_g$ atau ϕP_b ke nol.

Tabel 2. 2. Simpangan Antar Lantai IjinΔa

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

Catatan : h_{sx}adalah tingkat dibawah tingkat x

(*Sumber : SNI-1727-2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan*)

2.6. DASAR-DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG

2.6.1. Asumsi perencanaan

Dalam menghitung beban terhadap beban lentur atau aksial atau kombinasi dari beban lentur dan aksial, menurut (Sudarmoko : 1994), asumsi yang diperlukan dalam perencanaan :

1) Regangan dalam tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding langsung dengan jarak sumbu netral.
2) Regangan maksimum yang dapat digunakan pada serat beton terluar harus diasumsikan sama dengan 0,003.
3) Tegangan dalam tulangan dibawah kuat leleh yang ditentukan $f_y$untuk mutu tulangan yang digunakan harus diambil sebesar $E_s$dikalikan regangan baja. Untuk tegangan yang lebih besar dari

regangan yang memberikan $f_y$tegangan pada tulangan harus dianggap tidak tergantung pada regangan dan sama dengan f_y.

4) Kekuatan tarik beton diabaikan dan tidak digunakan dalam hitungan.
5) Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton dianggap bentuk persegi.
6) Distribusi tegangan beton persegi ekuivalen didefinisikan sebagai berikut :
   a) Tegangan beton sebesar $0{,}85f_c'$ harus diasumsikan terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar dengan sumbu netral sejarak $a = \beta_1 c$ dari serat dengan regangan tekan maksimum.
   b) Jarak c dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus terhadap sumbu tersebut.
   c) Faktor β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan beton f_c'antara 17 MPa sampai dengan 28 MPa. Untuk kekuatan diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan kekuatan 7 MPa diatas 28 MPa, tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,65 MPa. Ketentuan ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

      Jika $17\ MPa \leq f_c' \leq 28\ MPa : \beta_1 = 0{,}85$

      Jika $f_c' > 28\ MPa : \beta_1 = 0{,}85 - 0{,}05\ (f'_c) - 28)/7$ tidak boleh kurang dari *0, 65.*

2.7. PELAT LANTAI

Pelat beton merupakan suatu permukaan horizontal yang rata pada lantai bangunan, atap, jembatan atau jenis struktur lainnya. Pelat beton di tumpu oleh dinding, balok, kolom, atau dapat juga terletak langsung di atas tanah (*slab onground*). Pada struktur balok-pelat, umumnya balok dan pelat di cor secara bersama-sama sehingga menghasilkan satu kesatuan struktur yang monolit. Pada umumnya pelat dalam suatu gedung dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu sebagai berikut :

a) Pelat satu arah

Pelat satu arah merupakan pelat yang hanya di tumpu di kedua sisi sehingga pelat akan melentur atau mengalami lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan, beban yang didistribusikan oleh pelat dalam satu arah yaitu arah tumpuan. Lihat pada Gambar 2.7(a).

b) Pelat rusuk (*Jois Construction*)

Pelat rusuk merupakan pelat beton dengan ketebalan 50 hingga 100 mm, yang ditopang dengan sejumlah rusuk dengan jarak beraturan. Rusuk mempunyai lebar minimum 100 mm dan mempunyai tinggi lebih dari 3,5 kali lebar minimumnya. Rusuk ditopang oleh balok induk utama yang langsung menumpu pada kolom. Sistem pelat rusuk cocok digunakan untuk struktur pelat dengan bentang 6-9 m.

c) Pelat dua arah

Pelat dua arah merupakan pelat yang ditopang di keempat sisi, dengan rasio bentang panjang terhadap bentang pendeknya kurang dari dua. Sistem pelat dua arah dibedakan menjadi beberapa jenis diantaranya yaitu :

(a) Sistem balok-pelat dua arah

Pada sistem pelat ini beton di tumpu oleh balok di keempat sisinya. Beban dari pelat di transfer ke keempat penumpu balok dan selanjutnya beban di transfer ke kolom. Balok akan meningkatkan kekakuan pelat, sehingga lendutan yang terjadi akan relatif kecil. Lihat pada Gambar 2.7(b)

(b) Sistem slab datar (*flat slab*)

Slab datar merupakan sistem struktur pelat beton dua arah yang tidak memiliki balok penumpu di masing-masing sisinya. Beban pelat ditransfer langsung ke kolom. kolom cenderung akan menimbulkan kegagalan geser pons pada pelat lihat pada Gambar 2.7(c), yang dapat dicegah dengan beberapa alternatif diantaranya :

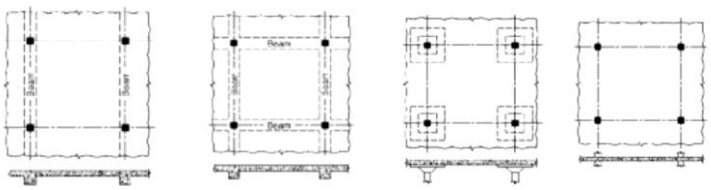
- Memberikan penebalan setempat pada pelat (*drop panel*) serta menyediakan kepala kolom (*column capital*)
- Menyediakan penebalan panel namun tanpa kepala kolom, panel disekitar kolom harus cukup tebal untuk memikul terjadinya tegangan tarik diagonal yang muncul akibat geser pons.
- Menggunakan kepala kolom tanpa adanya penebalan panel, namun hal ini jaran diaplikasikan sistem slab datar digunakan untuk bentang 6-9 m, dengan beban hidup 4-7 kN/m^2.

(c) Sistem pelat datar (*flat plate*)

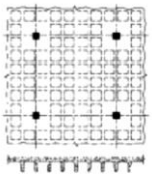
Sistem pelat ini merupakan pelat yang tertumpu langsung ke kolom tanpa adanya penebalan panel dan kepala kolom. Potensi kegagalan struktur terbesar akan timbul akibat geser pons, yang akan menghasilkan tegangan tarik diagonal. Sebagai akibat tidak adanya penebalan panel dan kepala kolom, maka dibutuhkan ketebalan panel yang lebih besar atau dengan memberikan penulangan ekstra diarea sekitar kolom. Lihat pada Gambar 2.7(d)

(d) Pelat dua arah berusuk dan pelat *waffle*

Pelat dua arah berusuk dan pelat *waffle* merupakan pelat dua arah dengan ketebalan antara 50 hingga 100 mm dan ditumpu oleh rusuk-rusuk dalam dua arah. Tepi-tepi pelat ditopang oleh balok atau dapat juga pelat langsung menumpu pada kolom dengan memberikan penebalan pada pelat disekita kolom. Sistem pelat ini saring disebut dengan pelat *waffle*. Lihat pada Gambar 2.7(e).



a. Slab satu arah *b. Slab dua arah* *c. Flat Slab* *d. Flat Plate*



e. Wafel Slab

Gambar 2. 4. Jenis-Jenis Pelat

(*Sumber : Agus Setiawan, 2016 hal : 253*)

2.7.1. Persyaratan struktural pelat lantai

Dalam proses pembangunan suatu gedung terdapat standar yang menjadi acuan persyaratan, dalam hal ini adalah SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung. Standar ini juga mengatur mengenai syarat konstruksi beton bertulang, didalamnya terdapat beberapa ketentuan yang menjadi pedoman dalam proses analisis dan desain pelat lantai terlepas dari metode apa yang digunakan dalam analisis pelat lantai.

2.7.1.1.Tebal minimum pelat

1) Pelat dua arah

Dalam SNI-2847-2013 Pasal 9.5.3 menentukan ketebalan minimum pelat dua arah untuk mencegah terjadinya lendutan berlebih, karena perhitungan lendutan dari pelat dua arah akan cukup rumit, dan untuk mencegah lendutan yang besar, maka ketebalan pelat dapat ditentukan menggunakan rumus empiris sebagai berikut :

a) Untuk 0,2 <a_{fm}< 2,0, h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ell_n\left(0{,}8+\frac{f_y}{1400}\right)}{36+5\beta(a_{fm}-0{,}2)} \qquad (2\text{-}15)$$

namun tidak kurang dari 125 mm.

b) Untuk a_{fm}> 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ell_n\left(0{,}8+\frac{f_y}{1400}\right)}{36+9\beta} \qquad (2\text{-}16)$$

namun tidak kurang dari 90 mm.

dan tidak boleh melebihi :

c) Untuk a_{fm}< 0,2

$$h = \frac{\ell_n\left(0{,}8+\frac{f_y}{1400}\right)}{36} \qquad (2\text{-}17)$$

h= ketebalan minimum pelat untuk balok (Lihat Tabel 2.23)

Tabel 2. 12.Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Dalam

f_y (MPa)	Tanpa Penebalan Panel			Dengan Penebalan Panel		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi		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-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*)

Tebal minimum pelat tanpa balok dalam seperti ditentukan dalam Tabel 2.12 tidak boleh kurang dari 120 mm (untuk pelat tanpa penebalan panel), atau tidak kurang dari 100 mm (untuk pelat dengan penebelan panel). Dalam SNI-2847-2013 Pasal 9.5.3.3(d) diisyaratkan untuk panel dengan tepi yang tidak menerus, maka balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α yang tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan maksimum yang dihitung dari Persamaan (2-15) dan Persamaan (2-16) harus dinaikkan minimal 10 %.

2.7.1.2.Tulangan pelat

1) Tulangan geser

a) Spasi tulangan geser

Untuk tulangan geser dipasang tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur, jarak atau spasi antar tulangannya tidak boleh melebihi 600 mm maupun $d/2$. Dengan d adalah jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal.

b) Luas minimum

Luas minimum untuk tulangan geser mengacu pada SNI-2847-2013 terdapat dalam Persamaan (2-18).

Luas minimum = $0{,}0062\sqrt{f'c}\,\frac{b_w s}{f_y t}$ (2-18)

Namun demikian tidak boleh kurang dari $(0{,}35 b_w s)/f_y t$

c) Kuat geser

- Kuat geser nominal tulangan

  Apabila digunakan tulangan geser tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur maka kuat geser nominal yang dapat disediakan oleh tulangan seperti terdapat pada persamaan (2-19).

  $$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (2\text{-}19)$$

  Dengan $A_v$adalah tulangan geser.

- Kuat geser nominal beton

  Untuk komponen struktur yang dikenai gaya geser dan lentur saja maka nilai kuat geser nominal yang dapat disediakan oleh beton seperti terdapat pada persamaan (2-20).

  $$V_c = 0{,}17\,\partial\sqrt{f_c'}\; b_w.d \quad (2\text{-}20)$$

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

2) Tulangan utama (lapangan maupun tumpuan)

Rasio tulangan utama yang digunakan tidak boleh melebihi rasio maksimum ataupun kurang dari rasio minimum yang telah ditetapkan. Perhitungan rasio yang digunakan adalah sebagai berikut seperti terdapat pada persamaan (2-22) sampai dengan (2-23).

$$\rho b = 0{,}85.\frac{f_c'}{f_y}\beta\frac{600}{600+f_y} \quad (2\text{-}21)$$

$$\rho_{max} = 0{,}75.\ \rho b \quad (2\text{-}22)$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy} \text{ atau } \rho_{min} = 0{,}0025 \quad (2\text{-}23)$$

2.7.1.3.Metode koefisien momen

Terdapat banyak metode untuk melakukan analisa pada pelat lantai, dua diantaranya adalah metode koefisien momen dan metode perencanaan langsung. Metode koefisien momen menggunakan nilai-nilai tertentu sebagai koefisien dalam menentukan besarnya momen yang terjadi baik didaerah lapangan maupun didaerah tumpuan. Metode ini cukup mudah dan praktis diterapkan karena nilai-nilai koefisien momen tersebut sudah disediakan namun metode ini menjadi kurang efektif untuk digunakan pada pelat dengan bentangan yang cukup panjang. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan momen adalah :

$$M = 0{,}001.\ qu.\ lx^2 \quad (2\text{-}24)$$

Dengan qu sebagai beban total pada pelat dan $l_x$sebagai jarak pada bentang terpendek. Untuk nilai *x* yang merupakan koefisien momen dapat diperoleh pada tabel koefisien momen yang terdapat dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia Tahun 1971.

*2.7.1.4.*Persamaan perhitungan ketebalan *waffle slab*

Pelat lantai dengan system *Waffle Slab* terdiri dari pelat dan balok rusuk. Perhitungan ketebalan pelat lantai untuk mengendalikan lendutan yang mungkin terjadi mengacu untuk struktur *Waffle Slab*

pada SNI-2847-2013,sesuai dengan pasal 8.13.61. tebal slab dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{S-br}{12} \leq t \geq 50 \text{ mm} \qquad (2\text{-}25)$$

Dimana :

S : Jarak bersih antar rusuk balok *Waffle Slab* dimana harus lebih kecil dari 750 mm.(SNI-2847-2013)

t : Tebal pelat

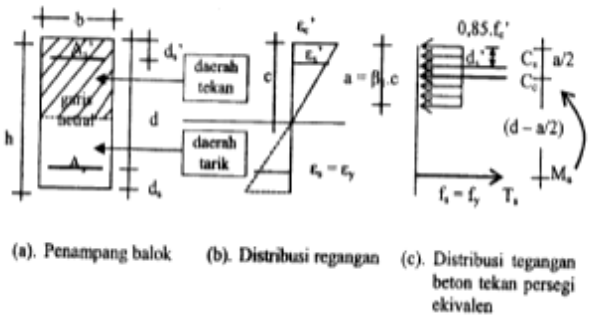
2.8. BALOK

Balok merupakan salah satu elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal, beban yang bekerja pada balok berupa beban lentur, beban geser maupun torsi atau biasa disebut dengan momen puntir, sehingga diperlukan baja tulangan untuk menahan beban beban tersebut. Tulangan yang digunakan berupa tulangan longitudinal untuk menahan beban lentur, dan tulangan geser atau begel untuk menahan geser dan torsi.

Pada praktik dilapangan jarang sekali ditemukan balok dengan tulangan tunggal melainkan selalu dipasang tulangan rangkap. Balok beton dengan tulangan rangkap ialah balok yang diberi tulangan pada penampang beton di daerah tarik dan tekan. Dipasangnya tulangan didaerah tarik dan tekan bertujuan untuk menerima beban yang terjadi berupa momen lentur. Untuk balok yang menahan momen lentur besar tulangan tarik dipasang lebih banyak daripada tulangan tekan, keadaan ini disebabkan oleh kekuatan beton pada daerah tarik yang diabaikan, sehingga semua beban tarik ditahan oleh tulangan longitudinal tarik.

2.8.1. Distribusi regangan dan tegangan balok

Regangan dan tegangan yang terjadi pada balok dengan penampang beton bertulang rangkap seperti yang terlihat pada Gambar 2.8 berikut.



Gambar 2. 5. Distribusi Regangan dan Tegangan Pada Balok Bertulangan Rangkap

(*Sumber : Ali Asroni , 2010*)

Pada perencanaan beton bertulang regangan tulangan tarik selalu diperhitungkan setelah leleh. Sedangkan untuk tulangan tekan (ε_s') regangan tulangan tekan sebelum leleh. Nilai regangan tulangan tekan dapat dihitung dengan Persamaan (2-26).

$$\varepsilon_s' = \frac{a-\beta 1.d_s'}{a} \; x \; 0{,}003 \qquad (2\text{-}26)$$

Tegangan tekan baja tulangan f_s'dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-27).

$$f_s' = \frac{a-\beta 1.d_s'}{a} \; x \; 600 \qquad (2\text{-}27)$$

2.8.2. Momen Nominal dan Rencana Balok

Pada balok bertulangan rangkap bagian atas bekerja 2 buah gaya tekan ke kiri, sedangkan penampang balok bagian bawah bekerja 1 buah gaya tarik ke kanan. Gaya tekan dan gaya tarik tersebut sama besar dan bekerja berlawanan arah, sehingga menimbulkan momen yang disebut momen nominal aktual (M_n) yang terdapat pada Persamaan (2-28) sampai dengan Persamaan (2-31).

$$M_n = M_{nc} + M_{ns} \qquad (2\text{-}28)$$

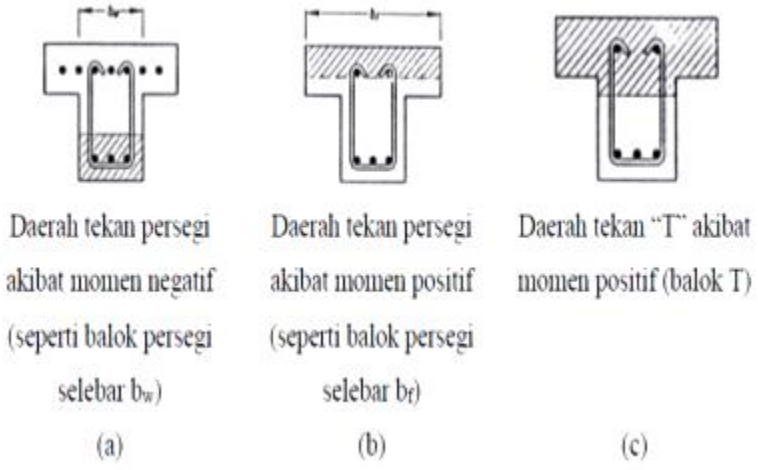
M_{nc}= C_c. $(d - \frac{a}{2})$ dengan C_c = 0,85. f_c'. a. b (2-29)

M_{ns}= T_s. $(d - d')$ dengan $T_s = A_s f_s'$ (2-30)

M_r=ϕ. M_n, denganϕ = *0,9* (2-31)

2.8.3. Konstruksi Balok T

Jika momen yang bekerja pada penampang adalah momen negatif, maka balok T akan berperilaku sebagai balok persegi biasa (bagian yang diarsir pada gambar a), dimana bagian beton yang tertekan, berbentuk empat persegi dengan lebar yang tertekan sebesar b_w, sehingga analisis dan desainnya sama seperti balok persegi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.11 berikut.



Gambar 2. 6.Bagian Tekan Pada Balok T

Jika momen yang bekerja pada penampang adalah momen positif, maka ada dua kemungkinan yang terjadi yaitu :

1) Balok akan berperilaku sebagai balok persegi jika bagian yang tertekan hanya pada bagian sayap saja seperti yang terlihat pada gambar (b), dengan lebar bagian tekan b_f.
2) Balok akan berperilaku sebagai balok T murni jika bagian yang tertekan meliputi sayap dan badan balok T.

Berikut adalah ketentuan balok T untuk lebar efektif pelat (b_f) berdasarkan SNI-2847-2013 :

a) Untuk balok interior berbentuk T ketentuannya adalah :
   - $b_f \leq {}^1/_4$ bentang balok, dan
   - lebar pelat efektif sayap yang menggantung pada masing-masing sisi badan tidak boleh melebihi :
     - Delapan kali tebal pelat dan,
     - Setengah jarak bersih ke badan disebelahnya.

b) Untuk balok eksterior berbentuk L ketentuannya adalah :
   - $b_f \leq {}^1/_{12}$ bentang balok.
   - Enam kali tebal pelat dan,
   - Setengah jarak bersih ke badan disebelahnya.

Penulangan lentur pada balok T dapat dihitung seperti penulangan lentur pada balok persegi biasa apabila kemampuan menahan momen akibat beton tekan *flens* lebih besar daripada momen nominal yang mampu ditahan balok ($Mc_c \geq M_n$). Kuat tekan beton sisi tekan setebal *flens*dihitung dengan Persamaan (2-32).

$$C_c = 0{,}85.\, f_c'.\, b.\, a \qquad (2\text{-}32)$$

Maka kemampuan menahan momen akibat beton tekan *flens*dapat dihitung dengan Persamaan (2-33).

$$M_{c_c} = C_c.\left(d - \frac{a}{2}\right) \qquad (2\text{-}33)$$

2.8.4.Penulangan geser dan torsi balok

Tulangan geser dibutuhkan untuk menahan gaya geser atau gaya lintang yang bekerja pada bagian ujung balok sehingga dapat menimbulkan retak miring pada balok. Torsi atau momen puntir adalah momen yang bekerja terhadap sumbu longitudinal balok atau elemen struktur yang dapat terjadi karena adanya beban eksentrik yang bekerja

pada balok tersebut. Berdasarkan SNI-2847-2013 pengaruh torsi atau puntir dapat diabaikan jika momen puntir terfaktor T_u memenuhi syarat pada Persamaan (2-34).

$$T_u \leq \phi 0{,}083\lambda\sqrt{f_c'}\ (\Sigma x^2 y)\ ; \text{dengan } \phi = 0{,}75 \qquad (2\text{-}34)$$

Dengan :

$\Sigma x^2 y = x_1^2 y_1 + 2x_2^2\ (3x_2)$ untuk balok berpenampang persegi.

Kuat momen torsi yang diberikan balok beton, dapat dihitung dengan Persamaan (2-35).

$$T_c = \frac{\frac{\sqrt{f_c'}}{15}\Sigma x^2 y}{\sqrt{1+\left[\frac{0{,}4V_u}{C_t.T_u}\right]^2}} \qquad (2\text{-}35)$$

Kemampuan maksimum menahan geser pada balok beton dihitung dengan Persmaan (2-36).

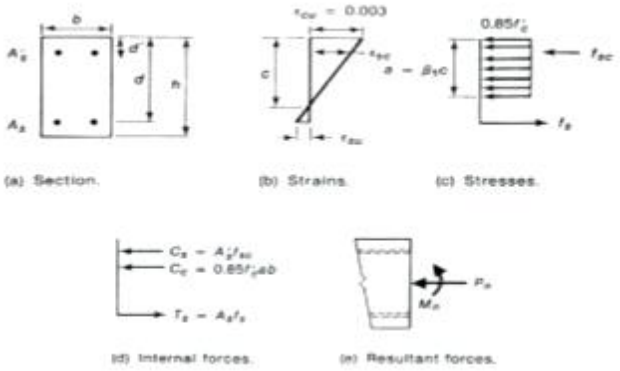
$$Vc = \frac{\frac{\sqrt{f'c}}{6}bw.d}{\sqrt{1+\left[2{,}5.Ct\frac{Tu}{Vu}\right]2}} \qquad (2\text{-}36)$$

Luas tulangan torsi memanjang yang diperlukan dihitung dengan Persamaan 2.37.

$$A_L = \left[\frac{2{,}8.h.S}{f_y}\left[\frac{T_u}{T_u+\frac{V_u}{3C_t}}\right] - 2A_t\right]\frac{x_1+y_1}{S} \qquad (2\text{-}37)$$

2.9. KOLOM

Pada dasarnya konsep perencanaan kolom hampir sama dengan perencanaan balok, hanya saja ada penambahan beban aksial, kondisi penampang kolom bila dibebani tekan dan lentur maka kondisi dari tegangan dan regangan pada kolom digambarkan oleh diagram tegangan dan regangan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 7.Diagram Tegangan dan Regangan Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok (jika ada). Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fondasi. Dalam merencanakan kolom perlu diwaspadai, yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi daripada yang dilakukan pada balok dan elemen struktural horizontal lainnya,terlebih lagi karena keruntuhan tekan tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas. (Nawy, 1998)

2.9.1.Batas Tulangan komponen struktural

Menurut Sudarmoko (1994) luas tulangan komponen structur tekan dibatasi oleh kekuatan berikut :

1) Luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non komposit tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas pada bruto penampang A_g.
2) Jumlah minumun batang tulangan longitudinal komponen struktur tekan adalah 4 untuk batang tulangan di dalam sengkang ikat segi empat dan lingkaran, 3 untuk batang tulangan di dalam sengkang ikat segitiga, dan 6 untuk batang tulangan yang dikelilingi oleh spiral.

2.9.2. Kolom Pendek dan Kolom Panjang

Suatu komponen struktur tekan pada portal bergoyang, dikatakan pendek atau panjang apabila perbandingan kelangsingannya memenuhi

syarat perbandingan panjang tekuk kolom (kl_u) terhadap radius girasi (r) seperti yang terdapat dalam Persamaan 2-38 dan Persamaan 2-39.

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22 \text{ , untuk kolom pendek} \quad (2\text{-}38)$$

$$100 \geq \frac{kl_u}{r} \geq 22 \text{ , untuk kolom panjang} \quad (2\text{-}39)$$

Nilai r boleh diambil 0,3h untuk kolom persegi.

Apabila nilai perbandingan kelangsingan untuk kolom pendek tidak terpenuhi, maka komponen struktur tekan dikatakan kolom panjang. Sehingga diperlukan suatu faktor pembesaran momen agar dapat menambah kekuatan nominal dari kolom panjang tersebut.

2.9.3.Perencanaan kolom

Dalam perencanaan kolom yang dibebani beban aksial dan lentur atau kombinasi dari beban lentur dan aksial harus memenuhi peraturan pada SNI-2847-2013, hal 74-75 yaitu sebagai berikut :

1) Perencanaan penampang yang dibebani lentur dan aksial atau kombinasi beban lentur dan aksial harus didasarkan atas kompitibilitas regangan dan tegangan dengan menggunakan asumsi dalam pasal 10.2 SNI-2847-2013.
2) Kondisi regangan seimbang terjadi pada penampang ketika tulangan tarik tepat mencapai regangan yang berhubungan dengan tegangan leleh f_y pada saat yang bersamaan dengan tercapainya regangan batas 0,003 pada bagian beton yang tertekan.
3) Penampang adalah terkendali tekan jika regangan resiko neto dalam baja tarik terjauh, ε_t sama dengan atau kurang batas regangan terkontrol tarik bila beton tekan mencapai batas regangan asumsi sebesar 0,003. Batas regangan terkendali tekan adalah regangan tarik neto dalam tulangan pada kondisi ragangan seimbang. Untuk tulangan Mutu 420 MPa, dan untuk semua tulangan prategang, diizinkan untuk menetapkan batas regangan, terkendali tekan sama dengan 0,002.

4) Panampang adalah terkendali tarik jika tegangan tarik neto dalam baja tarik terjauh, ε_t sama dengan atau lebih besar dari 0,005 bila beton tekan mencapai batas regangan asumsi sebesar 0,003. Penampang dengan ε_t antara batas regangan terkendali tekan dan 0,005 membentuk daerah transisi antara penampang terkendali tekan dan terkendali tarik.
5) Untuk komponen struktur lentur non-prategang dan komponen struktur non-prategang dengan beban tekan aksial terfaktor kurang dari $0{,}10.f_c'A_g\varepsilon_t$ pada kekuatan nominal tidak boleh kurang dari 0,004. Pemakaian tulangan tekan diizinkan terkait dengan tulangan tarik tambahan untuk meningkatkan kekuatan komponen struktur lentur.
6) Desain beban aksial $\emptyset P_n$ dari komponen struktur tekan tidak boleh lebih besar dari $\emptyset P_{n(max)}$ yang dihitung dengan persamaan (2-40) dan persamaan (2-41)
   - Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan spiral yang memenuhi pasal 7.10.4 atau komponen struktur komposit yang memenuhi pasal 10.13

     $$\emptyset P_{n(max)} = 0{,}85.\phi(0{,}85.f_c'\left(A_g - A_{st}\right)f_y A_{st} \qquad (2\text{-}40)$$

   - Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan pengikat yang memenuhi pasal 7.10.5.

     $$\emptyset P_{n(max)} = 0{,}80.\phi(0{,}85.f_c'\left(A_g - A_{st}\right)f_y A_{st} \qquad (2\text{-}41)$$

   - Untuk komponen struktur prategang, kekuatan aksial desain, $\emptyset P_n$ tidak boleh diambil lebih besar dari 0,85 (untuk komponen struktur dengan tulangan spiral) atau 0,80 (untuk komponen struktur dengan tulangan pengikat) dengan kekauatan aksial desain pada eksentrisitas nol $\emptyset P_0$.
   - Komponen struktur yang dibebani aksial tekan harus didesain terhadap momen meksimum yang mungkin menyertai beban aksial. Beban aksial terfaktor P_u dengan eksentrisitas yang ada

tidak boleh melampaui nilai yang diberikan dalam pasal 10.3.6. Momen terfaktor maksimum M_u harus diperbesar untuk memperhitungkan pengaruh kelangsingan sesuai dengan pasal 10.10.

2.9.4.Kekuatan Kolom Pendek dengan Beban Sentris

Beban sentris menyebabkan tegangan tekan yang merata di seluruh bagian penampang. SNI-2847-2013 memberikan persyaratan bahwa kuat tekan nominal dari struktur tekan tidak boleh diambil lebih besar dari ketentuan berikut, sesuai dengan Persamaan 2.42.

$$\phi P_{n(max)} = 0{,}80\phi\left[0{,}85f_c'\left(A_g - A_{st}\right) + f_y A_{st}\right],$$

(untuk kolom bersengkang) (2-42)

Jika P_n adalah beban aksial dan P_{nb} adalah beban aksial dalam kondisi *balanced*, maka ada tiga kemungkinan jenis keruntuhan, yaitu :

$P_n < P_{nb}$ terjadi keruntuhan tarik,

$P_n = P_{nb}$ terjadi keruntuhan *balanced*,

$P_n > P_{nb}$ terjadi keruntuhan tekan.

2.9.5.Kondisi Tarik Menentukan

Awal keadaan runtuh dalam hal eksentrisitas yang besar dapat terjadi dengan lelehnya tulangan baja yang tertarik. Peralihan dari keruntuhan tekan ke keruntuhan tarik terjadi pada eksentrisitas sama dengan e_b. Jika e lebih besar daripada e_b atau $P_n < P_{nb}$, maka keruntuhan yanga terjadi adalah keruntuhan tarik yang diawali dengan lelehnya tulangan tarik. Beban aksial nominal pada kondisi ini dapat dihitung sesuai dengan Persamaan 2.43.

$$P_n = 0{,}85f_c'b\left[\left(\frac{h-2e}{2d}\right) + \sqrt{\left(\frac{h-2e}{2d}\right)^2 + 2m\rho\left(1 - \frac{d'}{d}\right)}\right] \quad (2\text{-}43)$$

2.9.6.Kondisi Keruntuhan Balanced

Jika eksentrisitas makin mecil maka ada suatu transisi dari keruntuhan tarik ke keruntuhan tekan. Keruntuhan *balanced* terjadi apabila tulangan tarik mengalami regangan leleh dan saat itu pula beton mengalami regangan batasnya. Beban aksial nominalnya dapat dihitung dengan Persamaan 2.44.

$$P_n = 0{,}85f_c{}'ba_b + A_s'f'_s - A_sf_y \quad (2\text{-}44)$$

2.9.7.Kondisi Tekan Menentukan

Keruntuhan tekan diawali dengan hancurnya beton. Eksentrisitas gaya normal yang terjadi lebih kecil daripada e_b dan beban tekan P_n melampaui kekuatan berimbang P_{nb}. Beban aksial nominal pada kondisi ini dapat dihitung dengan Persamaan 2.45.

$$P_n = \frac{A_s{}'f_y}{\frac{e}{d-d'}+0{,}5} + \frac{bhf_c{}'}{\frac{3he}{d^2}+1{,}18} \quad (2\text{-}45)$$

2.9.8.Penulangan geser kolom

Penulangan geser kolom pada dasarnya adalah sama dengan penulangan geser pada balok. Hanya pada kolom daerah ujung-ujung kolom harus mendapat perhatian khusus sebagai syarat bagi suatu struktur bangunan bertulang yang tahan gempa.

Menurut SNI-2847-2002 pasal 13.3.1.2 dan 13.3.2.3 mengenai kemampuan geser yang disumbangkan oleh beton untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial dan untuk komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial yang besar yaitu dengan persamaan 2-46 dan 2-47 :

$$V_C = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\left(\frac{\sqrt{f'c}}{6}\right)b_w d \quad (2\text{-}46)$$

Besaran N_u /A_g harus dinyatakan dalam MPa

Untuk komponen struktur yang mnegalami gaya tarik aksial yang besar

$$V_C = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\frac{\sqrt{f'c}}{6} b_w d \qquad (2\text{-}47)$$

Tapi tidak kurang dari daripada nol,dengan N_u adalah negative untuk tarik. Besaran N_u / A_g harus dinyatakan dalam MPa.

Apabila geser yang bekerja lebih besar dari kemampuan beton menahan geser,maka kelebihan gya geser dilimpahkan pada tulangan baja geser sesuai peritungan seperti halnya balok. Sebaliknya apabila gaya geser yang terjadi kurang dari kemampuan beton,maka dipasang tulangan geser minimum dengan jarak sebagai berikut :

$$S = \frac{3A_v f_y}{b_w} \qquad (2\text{-}48)$$

Menurut SNI-2847-2002 jarak ikat sengkang tidak boleh melebihi :

1) 16 kali diameter tulangan pokok
2) 48 kali diameter tulangan sengkang
3) Lebar kolom

2.10. PONDASI

Pondasi merupakan elemen struktur paling bawah dan berfungsi meneruskan beban yang diterima dari bangunan yang ada di atasnya. Secara umum pondasi dibagi menjadi dua yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation)* dan pondasi dalam (*deep foundation*).

Secara umum pondasi yang umumnya digunakan untuk bangunan gedung tinggi adalah pondasi tiang pancang. Pondasi tiang digunakan untuk mendukung struktur/bangunan bila lapisan kuat terletak sangat dalam. Daya dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung/memikul beban. Dalam beberapa literatur digunakan istilah *pile*

capacity atau *pile carrying capacity*. Daya dukung tiang terdiri dari daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok.

a) Daya dukung *Borepile*

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

1) Kapasitas dukung aksial berdasarkan uji SPT
2) Kapastas dukung aksial berdasarkan kekuatan bahan
3) Kapasitas dukung aksial berdasarkan uji sondir (Bagemenn)
4) Kapasitas dukung aksial berdasarkan metode bros

b) Kapasitas pendukung tiang kelompok

Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Hal ini terjadi jika tiang dipancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat atau dipancang pada lapisan tanah yang tidak mudah mampat, namun di bawahnya terdapat lapisan lunak. Dalam kondisi tersebut, stabilitas kelompok tiang tergantung dari dua hal, yaitu :

1) Kapasitas dukung tanah di sekitar dan di bawah kelompok tiang dalam mendukung beban total struktur.
2) Pengaruh penurunan konsolidasi tanah yang terletak di bawah kelompok tiang.

Pondasi harus dirancang untuk mampu menahan semua beban rencana dan reaksi-reaksi yang dapat terdiri dari gaya aksial, geser dengan momen yang harus ditahan oleh dasar pondasi. Nawy (1990)

Dalam hal beban eksentris atau momen yang disebabkan kombinasi pembebanan, tekanan tanah yang diakibatkan oleh kombinasi pembebanan tidak boleh melebihi harga yang diizinkan. Tegangan tanah yang terjadi pada dasar pondasi :

$$\sigma_{maks} = \frac{P}{BL}\left(1 + \frac{6e}{L}\right) + q \qquad (2\text{-}78)$$

$$\sigma_{maks} = \frac{P}{BL}\left(1 + \frac{6e}{L}\right) + q \qquad (2\text{-}79)$$

2.10.1. 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 lentru yang bekerja,kekuatan geser nominal ada :

$$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'c.b.d} \qquad (2\text{-}80)$$

Dengan :

V_c = harus selalu lebih besar dari gaya geser nominal

b = lebar pondasi

V_n = V_u / ϕ

2) Aksi dua arah

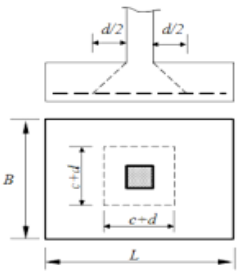
Bidang penampang kritis yang tegak lurus dengan slab dianggap terletak pada lokasi sedemikian rupa sehingga mempunyai keliling minimum b_0.

Menurut SNI 2847 2002 Pasal 13.1 kekuatan geser penampang adalah :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right)\frac{\sqrt{f'c}}{6} b.d \le \frac{\sqrt{f'c}}{3} b_0.d.\beta_c \qquad (2\text{-}81)$$

Dengan :

b_0 = keliling kritis,yaitu panjang bidang kritis idealisasi



Gambar 2. 8. Geser dua arah pada pondasi

BAB III

METODE PERENCANAAN

3.1. DESKRIPSI MODEL STRUKTUR

Hotel Golden Tulip (sekarang menjadi Hotel Lombok Astoria) merupakan struktur gedung yang difungsikan sebagai penginapan dengan bentuk struktur beraturan. Yang terdiri dari 1 tower. Bangunan tower hotel ini terdiri dari 11 lantai + 1 lantai dak atap. Struktur bangunan ini dirancang dengan menggunakan konstruksi beton. Bangunan Hotel Golden Tulip ini berada di daerah Rembiga-Kota Mataram yang berdiri pada lokasi tanah lunak (SE) dan sistem pelat lantai yang digunakan adalah sistem pelat lantai dua arah serta menggunakan struktur beton konvensional.

(Sumber : Google Earth)

Gambar 3. 1.Lokasi pembangunan Hotel Golden Tulip

Gambar 3. 2.3D Hotel Golden Tulip

3.2. PENGUMPULAN DATA

3.2.1.Data Umum Bangunan

a) Nama Bangunan : Hotel Golden Tulip
b) Fungsi : Penginapan dan Pertemuan
c) Zona Gempa : 5
d) Jumlah Lantai : 11 Lantai
e) Tinggi gedung : 43,6 m
f) Struktur Utama : Struktur Beton Bertulang

3.2.2.Data Perancangan

a) Nama Gedung : Hotel Golden Tulip
b) Fungsi : Penginapan dan Pertemuan
c) Zona Gempa : 5
d) Jumlah Lantai : 11
e) Tinggi Gedung : 43,6 m
f) Struktur Utama : Struktur Beton Bertulang dengan menggunakan *Waffle Slab*

3.2.3.Permodelan Struktur

Struktur bangunan utama untuk Hotel Golden Tulip ini direncanakan dengan sistem portal ruang atau portal terbuka dan kolom terjepit kaku pada pondasi. Struktur gedung dimodelkan dan dianalisis dengan semua elemen menggunakan program SAP2000 V.14

Elemen Struktur tersebut antara lain :

a) Penggambaran Pelat lantai (*waffle slab*)
b) Penggambaran Balok
c) Penggambaran Kolom
d) Pemodelan Pondasi

3.2.4.Data Bahan

a) Material

Material yang digunakan dalam merencanakan ulang struktur bangunan ini sama saja dengan material sebelumnya,yaitu material beton bertulang yang mempunyai mutu beton (*f'c* = 30 MPa),mutu beton untuk borepile (*f'c* = 20 MPa). Untuk mutu baja tulangan polos (*fy* = 240 MPa) dan mutu baja tulangan deform (*fy* = 400 MPa).

b) Gambar kerja dan desain gedung

Adapun gambar kerja yang terlampir yaitu :

1) Denah balok dan kolom Hotel Golden Tulip
2) Potongan gedung Hotel Golden Tulip
3) Data penampang elemen gedung Hotel Golden Tulip

3.2.5.Data Tanah

Data tanah yang digunakan berasal dari tanah tempat akan dibangunnya Hotel Golden Tulip berupa data boring.

3.2.6.Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur gedung Hotel Golden Tulip ini berdasarkan SNI-1727-2013 dan SNI-1726-2012. Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan antara lain :

a) Beban mati

Beban mati adalah seluruh bagian dari komponen struktur bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan tersebut selama masa layannya, termasuk berat sendiri struktur. Beban mati yang diperhitungkan untuk struktur bangunan ini yaitu berdasarkan SNI-1727-2013 pasal 3.1.

b) Beban hidup lantai dan atap

Beban hidup merupakan beban yang juga mempengaruhi pembebanan struktur gedung hotel. Yang termasuk beban hidup adalah beban berat manusia dan perabotnya atau beban menurut fungsinya. Beban hidup struktur gedung direncanakan pada pelat lantai, balok dan kolom berdasarkan SNI-1727-2013 tabel 4-1.

c) Beban gempa

Beban gempa adalah beban yang dipengaruhi oleh gempa bumi. Untuk perencanaan beban gempa Hotel Golden Tulip ini, direncanakan terhadap pembebanan gempa akibat pengaruh gempa rencana dalam arah pembebanan sesuai SNI-1726-2012 dengan metode dinamik Respon Spektrum.

3.2.7.Analisa Struktur dengan menggunakan SAP2000 V.14

3.2.7.1.Proses *input* data

Proses input data untuk perencanaan struktur dengan pengoperasian program SAP2000 V.14 terdiri atas beberapa tahapan diantaranya, yaitu permodelan struktur, pembuatan *Grid Lines* (Geometri struktur), pendefenisian material struktur, perencanaan dimensi elemen struktur, pembebanan struktur, dan analisis struktur.

3.2.7.2.Proses *output* data

Proses output yaitu membuat tabulasi dari hasil analisis struktur yang dilakukan pada struktur bangunan. Dari hasil analisa struktur akan digunakan dalam merencanakan analisa dalam mendesain *Waffle Slab*/Pelat wafel pada lantai bangunan yang aman sesuai dengan standar yang telah di tetapkan. Sebelum merencanakan elemen struktur, sebelumnya harus memenuhi hasil dari analisis struktur yang akan di tabulasi. Jika belum memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan dalam SNI yang berlaku, maka akan dilakukan analisis ulang.

3.3. PERENCANAAN STRUKTUR

3.3.1.Perencanaan Pelat *Waffle*

Langkah-langkah perencanaan pelat sebagai berikut :

a) Menentukan tebal pelat lantai.
b) Menentukan dimensi pelat lantai.
c) Menghitung pembebanan pada pelat lantai.
d) Menghitung penulangan pada pelat.

3.3.2. Perencanaan Balok *Waffle*

Langkah-langkah perencanaan balok *waffle* sebagai berikut :

a) Menentukan dimensi balok.
b) Menghitung pembebanan pada balok.
c) Menghitung statika balok dengan menggunakan *software* SAP2000 V.14.

d) Menghitung penulangan balok.

3.3.3.Perhitungan Statika

Perhitungan statika meluputi :

a) Beban Mati
b) Beban Hidup
c) Beban Gempa

3.3.4.Perencanaan Balok

Langkah-langkah perencanaan balok sebagai berikut :

a) Menentukan dimensi balok.
b) Menghitung pembebanan pada balok.
c) Menghitung statika balok dengan menggunakan *software* SAP2000 V.14.
d) Menghitung penulangan balok.

3.3.5.Perencanaan Kolom

Langkah-langkah perencanaan kolom sebagai berikut :

a) Menghitung dimensi kolom,
b) Menghitung pembebanan kolom,
c) Menghitung statika dengan *software* SAP2000 V.14.
d) Menghitung tulangan kolom.

3.3.6. Perhitungan Joint pada Balok-Kolom

a) Menghitug tulangan geser

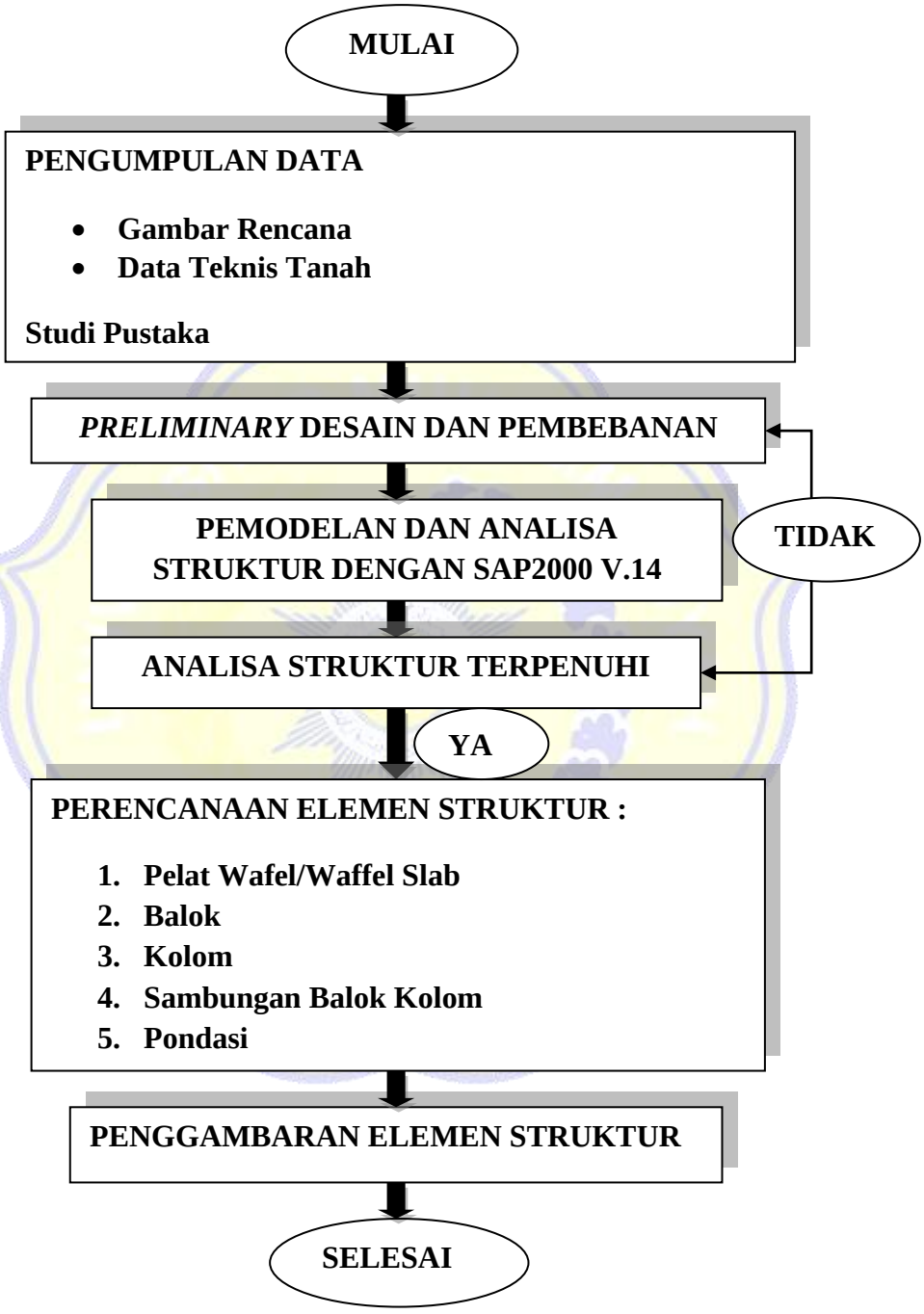
3.3.7.Perencanaan Pondasi

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

a) Menganalisa karakteristik tanah,
b) Menghitung pembebanan untuk menentukan daya dukung tanah,
c) Menentukan jenis dan dimensi tiang bore,
d) Menghitung daya dukung individual tiang bore,
e) Menetukan jarak antar tiang dan jumlah tiang bore,
f) Menghitung daya dukung kelompok tiang bore,
g) Merencanakan tulangan kepala tiang/pilecap.

3.4. BAGAN ALIR PERENCANAAN STRUKTUR

Untuk lebih jelasnya proses perencanaan, berikut ini disajikan bagan alir pada gambar 3.5.



Gambar 3. 3.Gambar Bagan Alir Struktur