

SKRIPSI
STUDI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
GOLDEN TULIP DENGAN MENGGUNAKAN
PELAT LANTAI SISTEM BALOK GRID DIAGONAL



DISUSUN OLEH :

Muhammad Yasar

416110093

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
2020

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya Bahwa

1. Skripsi dengan Judul “Studi Perancangan Struktur Gedung Hotel Golden Tulip Dengan Menggunakan Pelat Lantai Sistem Balok Grid Diagonal 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 plagiat.
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 sanggup dituntut secara hukum yang berlaku.

Mataram 12 Agustus 2020

Pembuat Pernyataan



Muhammad Yasar



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.iib.ummat.ac.id> E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

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

Nama : MUHAMMAD YASAP
NIM : 416110093
Tempat/Tgl Lahir : Mataram, 12-02-1998
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 0897 750 163 019

Judul Penelitian :-

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL GOLDEEN TULIP DENGAN MENGGUNAKAN PELAT LANTAI SISTEM BALOK GRID DIKOROK

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 43%

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari karya ilmiah dari hasil penelitian tersebut terdapat indikasi plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

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

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : Rabu, 19 Agustus 2020

Penulis



NIM. 416110093

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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



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 : MUHAMMAD YUSUF
NIM : 416110093
Tempat/Tgl Lahir : Mataram, 12-02-1998
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 087750163014
Jenis Penelitian : [X] 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 PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL GODRETTULIP PERAGARA MENGGUNAKAN PELAT LANTAI SISTEM BALOK GRID DIKORIAL

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 : Rabu, 19 Agustus 2020

Penulis

METERAI TEMPEL 6000
NIM. 416110093
Muhammad Yusuf

Mengetahui, Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

Signature of Iskandar S. Sos, M.A.

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

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR
GEDUNG HOTEL GOLDEN TULIP DENGAN
MENGUNAKAN PELAT LANTAI SISTEM BALOK GRID DIAGONAL

Disusun Oleh:

MUHAMMAD YASAR

416110093

Mataram, 1 AGUSTUS 2020

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Eng. Hariyadi, ST., M. Sc. (Eng)
NIDN.0027107301


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

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,


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

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
SKRIPSI
STUDI PERANCANGAN STRUKTUR
GEDUNG HOTEL GOLDEN TULIP DENGAN
MENGGUNAKAN PELAT LANTAI SISTEM BALOK GRID DIAGONAL

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

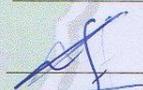
MUHAMMAD YASAR
416110093

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari, Rabu, 12 Agustus 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

- | | | |
|----------------|--|--|
| 1. Penguji I | : Dr. Eng. Hariyadi, ST., M. Sc. (Eng) | 
_____ |
| 2. Penguji II | : Dr.Eng M. Islamy Rusyda,ST.,MT | 
_____ |
| 3. Penguji III | : Titik Wahyuningsih ST.,MT | 
_____ |

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

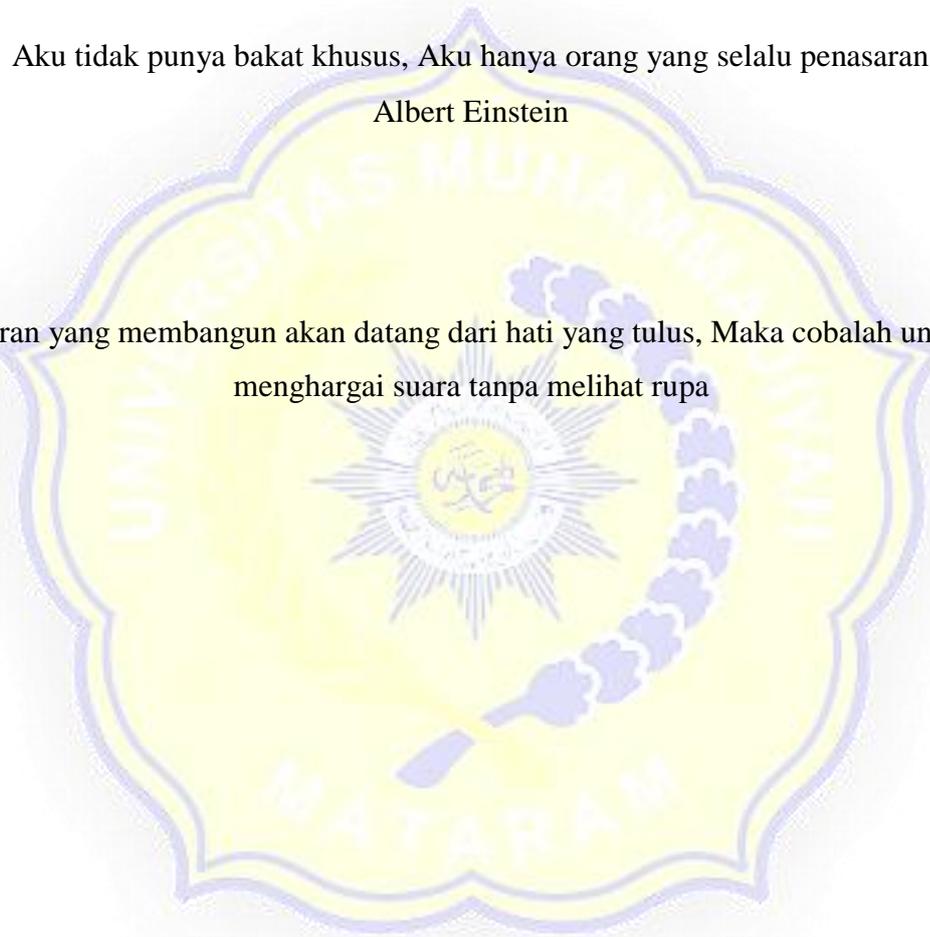

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT f
NIDN. 0824017501

MOTTO

Saat anda merasa lelah dan putus asa ingat bahwa tujuan awal anda berada disini,
untuk berdiri dan berjalan bukan untuk menangis dan pulang

Aku tidak punya bakat khusus, Aku hanya orang yang selalu penasaran
Albert Einstein

Saran yang membangun akan datang dari hati yang tulus, Maka cobalah untuk
menghargai suara tanpa melihat rupa



PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya yang tidak pernah lelah untuk mendukung dan mendo'a kan saya agar dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya dan kedua saudara saya adik dan kak saya yang selalu membantu agar dapat terselesaikan nya penyusunan tugas akhir ini.
2. Terimakasih kepada semua teman – teman yang telah berjuang bersama – sama dalam penyusunan tugas akhir ini
3. Terimakasih kepada Bapak Dr.Eng.Hariyadi.,ST.,M.Sc (Eng) dan bapak Dr.Eng.M.Islamy Rusyda,ST.,MT yang telah memberikan pengarahan dan selalu meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.



ABSTRAK

Hotel Golden Tulip Mataram terdiri dari 11 lantai dengan tinggi 42,8 m yang berlokasi di kota Mataram dengan wilayah gempa 5. Gedung menggunakan struktur beton konvensional dengan sistem portal dan rangka pemikul beban lateral. Untuk rangka struktur terdiri dari kolom, balok serta pelat yang akan menumpu semua beban penghuni di atasnya, dengan ketebalan pelat yang relatif kecil jika dibandingkan dengan luas bentangnya, sehingga kekakuan pelat berkurang. Maka dari itu dilakukan redesain dengan menggunakan struktur grid diagonal yang efektif untuk kondisi bangunan dengan bentang yang lebar, yang dapat menambah kekakuan pelat.

Bentang pelat yang didesain lebih luas dan ada beberapa kolom yang dikurangi, dengan demikian gedung hotel ini dapat berfungsi dengan lebih baik sebagai gedung hotel yang membutuhkan ruang yang luas. 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.14 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 redesain 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 pondasinya didesain menggunakan pile cap berdimensi 5,5 x 5,5 x 1 m dengan bore pile 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 yang ada.

Kata Kunci : *Balok grid diagonal, Pelat, Struktur Beton, Hotel Golden Tulip*

Name : Muhammad Yasar
Nim : 416110093
Title : **A STUDY OF GOLDEN TULIP HOTEL BUILDING STRUCTURE
USING GRID DIAGONAL BEAM SYSTEM FLOOR PLATE**

ABSTRACT

Golden Tulip Hotel Mataram consists of 11 floors with a height of 42.8 m, which is located in Mataram city with an earthquake area category 5. The building uses a conventional concrete structure with a portal system and a lateral load-bearing frame. The structural framing consists of columns, beams, and plates that will support all occupants' loads on it, with a relatively small plate thickness compared to the span area, so that plate strength is reduced. Therefore, a redesign is done using a diagonal grid structure, which is sufficient for building conditions with a wide span, which can increase the strength of the plate.

The span of the plate that is designed wider with several columns that are reduced will make the building can function better as a hotel building that requires ample space. This diagonal grid beam can also add the architectural impression in which the beams stretch diagonally and cross each other, so the ceiling is not needed. SAP 2000 V.14 software is used to facilitate the design to help structure modeling, structural loading, and analyze the forces in the structure, which are used as design data. Loads that work on the building consist of static loads, namely live loads and dead loads and dynamic loads, namely earthquake loads.

Based on the redesign of the diagonal grid beam system, a plate with a thickness of 70 mm was obtained with $\varnothing 10$ mm of bone used. The diagonal grid beams having a width of 200 x 400 mm with a principal reinforcement of D16 and a diameter of $\varnothing 8$ mm used stirrups. The main beam and column use the same main reinforcement, namely D16 with $\varnothing 10$ mm for beam and D12 mm for a column. The foundation is designed utilizing a pile cap with dimensions of 5.5 x 5.5 x 1 m with a bore pile of 0.5 m in diameter totaling 16 piles in each column, and a maximum hard soil depth of 20.6 m. The analysis results show that the structural components of buildings with planned dimensions are safe against existing earthquake loads.

Keywords: diagonal grid beam, plate, concrete structure, Golden Tulip Hotel



Moh. Fauzi Hafid M.pd

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas Rahmat dan Karunia-nya, sehingga mampu menghantarkan penulis menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini yang berjudul “Studi Perancangan Struktur Gedung Hotel Golden Tulip Dengan Menggunakan Pelat Lantai Sistem Balok Grid Diagonal” ini dapat diselesaikan

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa setiap hal yang tertuang dalam tugas akhir ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan materi, moril serta masukan dan saran dari banyak pihak. Untuk itu penyusun mengucapkan terimakasih sebesar – besarnya kepada :

1. Dr.Eng Islamy Rusyda,ST.,MT.,selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Pendamping
2. Titik Wahyuningsih., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Hariyadi, ST., MSc(Eng)., Dr.Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi kepada penyusun selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Dosen-dosen penguji Skripsi yang telah memberikan masukan-masukan yang membangun, sehingga Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih baik.

Meskipun telah menyelesaikan tugas akhir analisa perancangan sebaik mungkin, penyusun menyadari bahwa bhwa tugas akhir analisa perancangan masih memiliki banyak kekurangan.Oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Mataram, 12 Agustus 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	vi
MOTTO.....	vii
PERSEMBAHAN	viii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR NOTASI	xxi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Lingkup Pembahasan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Gedung dengan Balok Grid pada Pelat Lantai	5
2.2 Bentuk – Bentuk Balok Grid	7
a. Sistem Grid Persegi	8

b. Sistem Grid Miring / Diagonal.....	8
c. Sistem Grid Majemuk	9

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum	11
3.2 Sistem Balok Grid Diagonal	12
3.2.1 Pengertian balok grid diagonal	12
3.2.2 Kelebihan balok grid diagonal	13
3.3 Pembebanan	14
3.3.1 Ketentuan perencanaan pembebanan	14
3.3.2 Kriteria pembebanan	14
3.3.2.1 Beban mati (dead load)	16
3.3.2.2 Beban hidup (live load)	17
3.3.2.3 Beban gempa (Earthquake)	21
3.3.3 Arah beban gempa	33
3.3.4 Kombinasi beban terfaktor	34
3.4 Simpangan antar lantai tingkat ijin	34
3.5 Faktor reduksi kekuatan	34
3.6 Dasar – dasar perencanaan beton bertulang	36
3.6.1 Asumsi perencanaan	36
3.7 Pelat lantai.....	37
3.7.1 Persyaratan lentur pelat lantai	39
3.7.1.1 Tebal minimum pelat	39
3.7.1.2 Tulangan pelat	43
3.7.1.3 Metode koefisien momen	45
3.8 Balok	45
3.8.1 Rasio Tulangan	45
3.8.2 Distribusi regangan dan tegangan balok	47
3.8.3 Momen nominal dan rencana balok	48
3.8.4 Konstruksi balok T	49
3.8.5 Penulangan geser dan torsi balok	51

3.9	Kolom	52
3.9.1	Batas tulangan komponen struktural.....	53
3.9.2	Panjang tekuk kolom	53
3.9.3	Perencanaan kolom	53
3.9.4	Kolom pendek dengan beban sentris.....	56
3.9.4.1	Kekuatan kolom pendek dengan beban unaksial	56
3.9.5	Kolom tarik menentukan.....	58
3.9.6	Kondisi keruntuhan balanced.....	59
3.9.7	Kolom tekan menentukan	60
3.9.8	Kolom Panjang.....	60
3.9.8.1	Faktor pembesaran momen untuk kolom panjang	61
3.9.9	Penulangan geser.....	62
3.10	Pondasi	64
3.10.1	Kapasitas Geser	65

BAB IV METODE PERENCANAAN

4.1	Peta lokasi	67
4.2	Deskripsi model struktur	68
4.3	Pengumpulan data	72
4.3.1	Data umum bangunan	72
4.3.2	Pemodelan struktur	72
4.3.3	Data bahan	72
4.3.4	Data tanah	73
4.3.5	Pembebanan	73
4.3.6	Analisa struktur dengan menggunakan SAP 2000 V.14.....	74
4.3.6.1	Proses input data	74
4.3.6.2	Proses output data	74
4.4	Perencanaan struktur	75
4.4.1	Perencanaan pelat lantai	75
4.4.2	Perencanaan statika pembebanan.....	75
4.4.3	Perencanaan balok grid diagonal	75

4.4.4	Perencanaan balok Induk	75
4.4.5	Perencanaan kolom	76
4.4.6	Perencanaan Joint Balok - kolom.....	76
4.4.7	Perencanaan pondasi	76
4.5	Bagan alur perencanaan	77

BAB V METODE PERENCANAAN

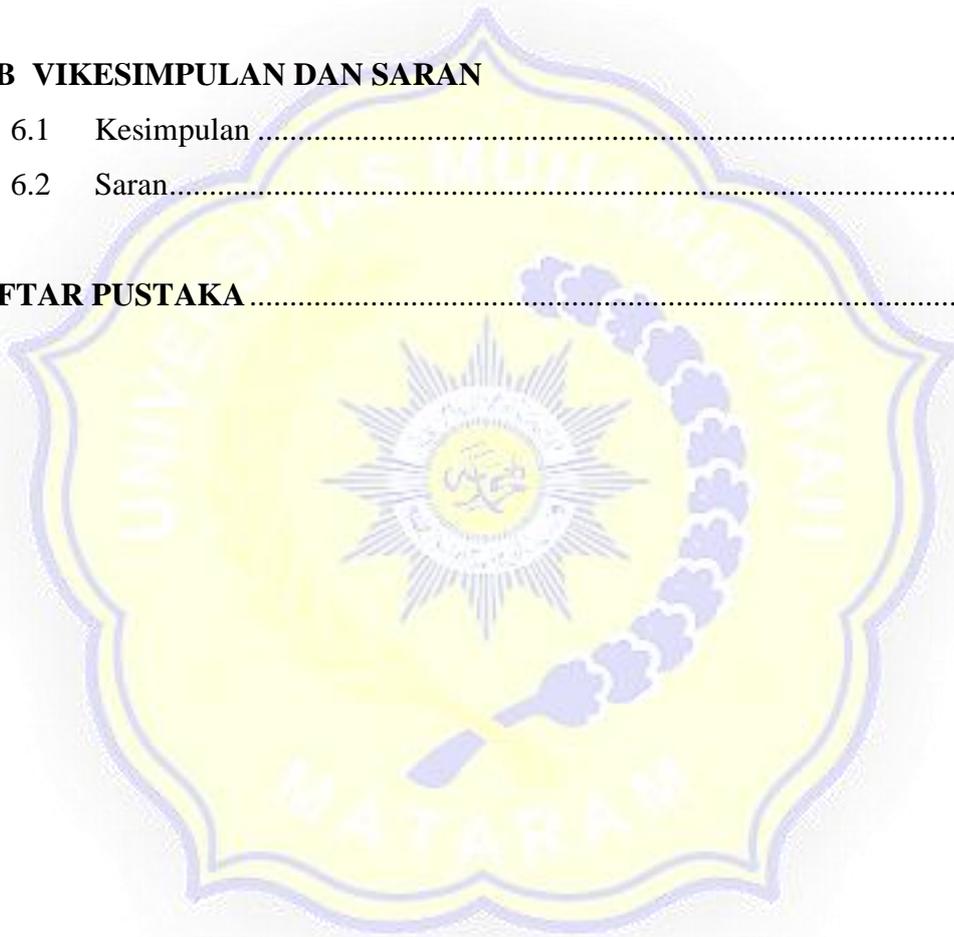
5.1	Umum	79
5.2	Desain Eksisting	79
5.3	Data Masukan.....	80
5.3.1	Model struktur	80
5.3.1.1	Bentang struktur	80
5.3.1.2	Lebar bentang struktur.....	81
5.3.1.3	Tinggi struktur	81
5.3.2	Material struktur	82
5.3.2.1	Beton.....	82
5.3.2.2	Baja tulangan	82
5.3.3	Dimensi komponen struktur.....	83
5.3.3.1	Dimensi Balok	83
5.3.3.2	Dimensi Kolom.....	84
5.3.3.3	Pondasi.....	87
5.3.3.4	Kekakuan sambungan balok - kolom	87
5.3.4	Pembebanan struktur	88
5.3.4.1	Kombinasi pembebanan	88
5.4	Perancangan struktur	88
5.4.1	Pelat lantai	88
5.4.1.1	Pembebanan pelat lantai	88
5.4.1.2	Penulangan pelat lantai.....	89
5.4.2	Balok grid	93
5.4.2.1	Pembebanan balok grid	93
5.4.2.2	Distribusi beban pelat lantai pada balok grid	93

5.4.2.3	Penulangan balok grid	95
5.4.3	Portal struktur	108
5.4.3.1	Pembebanan portal	108
5.4.3.2	Penulangan Balok	124
5.4.3.3	Penulangan Kolom	133
5.4.4	Sambungan Kolom - Balok	147
5.4.5	Pondasi.....	151

BAB VIKESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpulan	168
6.2	Saran.....	169

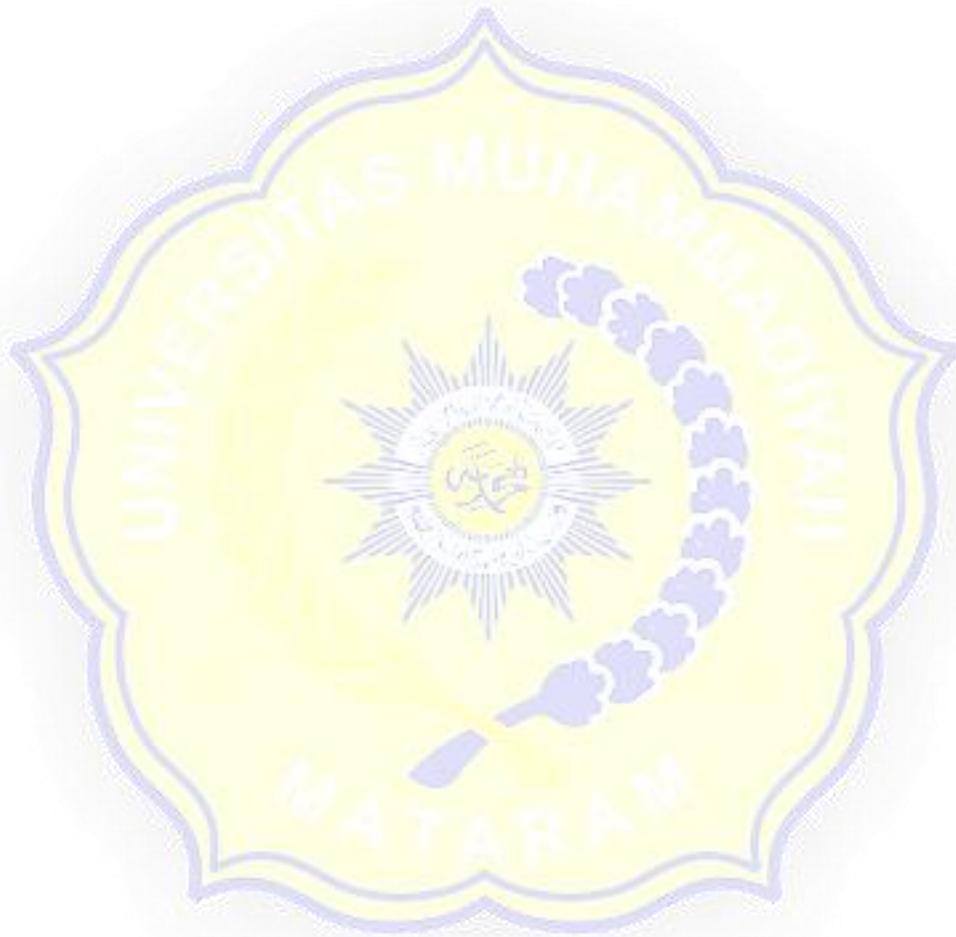
DAFTAR PUSTAKA	170
-----------------------------	------------



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Berat sendiri bahan bangunan komponen gedung	14
Tabel 3.2 Berat sendiri untuk komponen gedung.....	15
Tabel 3.3 Beban hidup pada lantai gedung	17
Tabel 3.4 Koefisien reduksi beban hidup.....	19
Tabel 3.5 Koefisien reduksi beban hidup kumulatif	20
Tabel 3.6 Kategori resiko bangunan gedung	21
Tabel 3.7 Faktor keutamaan gempa	24
Tabel 3.8 Klasifikasi situs	24
Tabel 3.9 Koefisien situs Fa	26
Tabel 3.10 Koefisien situs Fv	27
Tabel 3.11 Kategori desain seismik percepatan periode pendek	29
Tabel 3.12 Kategori desain seismik percepatan periode 1 detik	30
Tabel 3.13 Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk system gaya gempa	31
Tabel 3.14 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	32
Tabel 3.15 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	32
Tabel 3.16 Simpangan antar lantai ijin Δa	35
Tabel 3.17 Tebal minimum pelat	40
Tabel 3.18 Batas lendutan pelat	40
Tabel 3.19 Persyaratan tulangan susut dan suhu untuk pelat	41
Tabel 3.20 Tebal minimum pelat tanpabalok dalam	42
Tabel 5.1 Distribusi bebana pelat lantai pada balok grid diagonal	95
Tabel 5.2 Distribusi bebana pelat atap pada balok grid diagonal	108
Tabel 5.3 Beban terpusat akibat balok grid pelat lantai	110
Tabel 5.4 Beban momen akibat balok grid pelat lantai.....	110
Tabel 5.5 Beban terpusat akibat balok grid pelat atap	111
Tabel 5.6 Beban momen akibat balok grid pelat atap.....	111
Tabel 5.7 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	120
Tabel 5.8 Koefisien C_u yang membatasi waktu getar alami fundamental.....	121
Tabel 5.9 Gaya lateral tiap lantai	122

Tabel 5.10 Gaya lateral gempa statik ekuivale F_i untuk setiap arah 122



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur grid (Ir.Ign.Benny Puspantoro,1993)	6
Gambar 2.2 Struktur grid sederhana (Daniel L.schodek 1991)	6
Gambar 2.3 Struktur grid satu arah (Daniel L.schodek 1991)	7
Gambar 2.4 Berbagai struktur pelat lantai	8
Gambar 2.5 Sistem grid persegi(Ir.Ign.Benny Puspantoro,1993)	8
Gambar 2.6 Sistem grid miring(Ir.Ign.Benny Puspantoro,1993)	9
Gambar 2.7 Sistem grid majemuk(Ir.Ign.Benny Puspantoro,1993)	9
Gambar 3.1 Perilaku struktur grid kompleks (Daniel L.schodek 1991)	11
Gambar 3.2 Berbagai struktur pelat lantai	12
Gambar 3.3 Sistem grid diagonal	12
Gambar 3.4 Spektrum respons desain	28
Gambar 3.5 Kombinasi arah pembebanan	33
Gambar 3.6 Jenis – jenis pelat	39
Gambar 3.7 Distribusi regangan dan tegangan pada balok bertulang rangkap ...	47
Gambar 3.8 Bagian tekan pada balok T	49
Gambar 3.9 Diagram tegangan dan regangan kolom	52
Gambar 3.10 Tegangan gaya – gaya kolom	56
Gambar 3.11 Geser dua arah pada pondasi	66
Gambar 4.1 Lokasi hotel golden tulip	68
Gambar 4.2 Denah lantai dasar	69
Gambar 4.3 Denah balok lantai 5	70
Gambar 4.4 Denah kolom	71
Gambar 4.5 Bagan alir struktur	77
Gambar 5.1 Denah eksisting	79
Gambar 5.2 Denah Desain	80
Gambar 5.3 Denah Desain balok grid lantai tipe C	81
Gambar 5.4 Balok Induk Dimensi 400 x 800	83
Gambar 5.5 Balok grid dimensi 200 x 400	84
Gambar 5.6 Balok anak	84

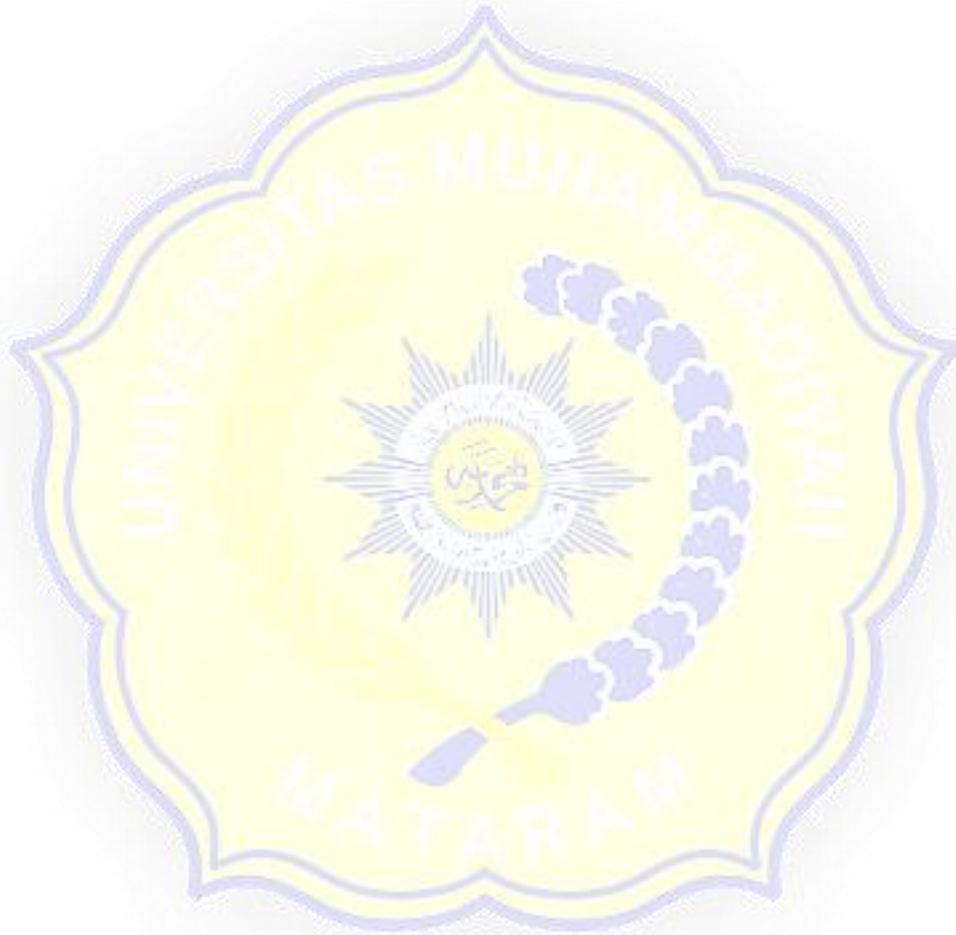
Gambar 5.7 Kolom A dimensi 550 x 1000, 500 x 900 ,450 x 800	85
Gambar 5.8 Kolom B dimensi 500 x 900, 450 x 800 ,400 x 700	85
Gambar 5.9 Kolom CL dimensi 400 x 650	86
Gambar 5.10 Segment pelat C dengan balok grid	86
Gambar 5.11 Penempatan tulangan pelat lantai	90
Gambar 5.12 Penulangan pelat lantai	92
Gambar 5.13 Distribusi beban amplop pelat pada balok grid	93
Gambar 5.14 Penulangan balok grid	107
Gambar 5.15 Portal yang ditinjau	109
Gambar 5.16 Letak beban yang terpusat dan momen pada pelat	109
Gambar 5.17 Beban pada portal	112
Gambar 5.18 Hasil uji sondir 6 titik	151
Gambar 5.19 Hasil uji N_{spt} kedalaman 21 m	152
Gambar 5.20 Jumlah tiang pancang yang digunakan.....	156
Gambar 5.21 Tinjauan geser arah X	158
Gambar 5.22 Tinjauan geser arah Y	160
Gambar 5.23 Daerah geser pons	160

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 <i>Skempton</i>
n	: Jumlah tiang pancang
P_b	: Tekanan <i>overburden</i> 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 balok 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 <i>balance</i>
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



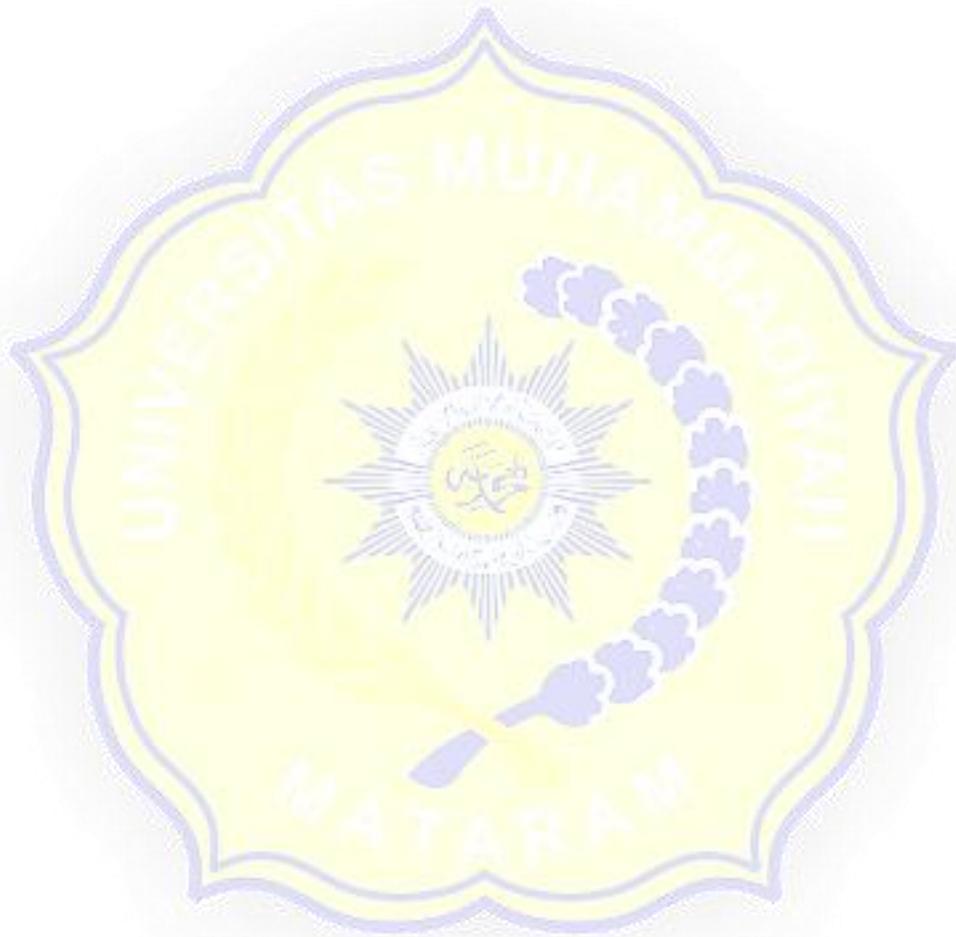
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain Eksisting Gedung Hotel Golden Tulip dan Data Perancangan

Lampiran 2 Hasil Perancangan

Lampiran 3 Data Output Program

Lampiran 4 Penyuratan



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya pariwisata suatu daerah dapat mendatangkan turis local maupun turis dari luar negeri, maka dari itu di butuhkan tempat penginapan berupa Hotel dan tempat lainnya, oleh karena itu hal ini dapat memberikan dampak positif pada bidang perancangan bangunan. Perkembangan pada bidang perancangan bangunan tersebut harus pula di imbangi dengan perkembangan di bidang teknik sipil dan perkembangan arsitektur, karena kedua bidang tersebut saling melengkapi dalam perancangan suatu bangunan.

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 hotel. Suatu gedung bertingkat dalam perencanaannya bahan yang sering digunakan atau paling dominan yaitu susunan lantai dengan beton bertulang.

Suatu kerangka dalam konstruksi bangunan terdiri dari komposisi kolom – kolom dan balok balok. Kolom merupakan batang tekan vertical dari suatu struktur yang memikul beban dari balok dalam hal ini kolom memegang peranan penting yaitu sebagai suatu elemen struktur tekan dari suatu konstruksi, sedangkan balok merupakan batang horizontal yang memikul beban dari pelat yang berada di atasnya dan sebagai media pembagi beban pada kolom.

Dalam perkembangan pembangunan era modern ini lantai bangunan dibuat dalam bentuk pelat – pelat yang merupakan salah satu bidang datar yang tipis dan untuk komposisi dalam pelat ini yaitu perpaduan besi dan beton atau yang sering disebut dengan beton bertulang. Untuk beban yang dipikul pelat ini sendiri yaitu berupa beban statis dan beban dinamis , besar kedua beban ini dapat

dipengaruhi dari besar luas bidang pelat, apabila luas bidang pelat pada suatu ruang semakin besar maka akan menimbulkan lendutan yang cukup besar.

Pelat dengan lendutan besar biasanya dihindari dalam praktek di bidang teknik, ada beberapa alternatif teknis untuk memberikan kekakuan dan menambah kekuatan pada pelat lantai, alternatif tersebut dapat dilakukan dengan mengurangi lebar bentang pelat lantai dengan menggunakan balok silang berupa balok induk dan balok anak, secara umum cara ini banyak digunakan karena kepraktisannya dalam analisis dan pelaksanaannya, selain alternatif ini adapula alternative yang lainnya yaitu dengan menggunakan struktur grid yang dimana struktur ini digunakan pada bentangan besar. struktur grid mempunyai sifat pendistribusian beban pada dua arah yang seimbang, karena bentuknya yang beraturan dan seragam. Bentuknya yang seragam membuat kesan arsitektur semakin menarik dengan tidak dipasangkannya plafond untuk langit – langit ruangan di bawahnya.

Dalam tugas akhir ini akan di analisa “ **Perancangan Struktur Gedung Hotel Golden Tulip dengan menggunakan Pelat Lantai Sistem Balok Grid Diagonal** “ sebagai penyangga yang mendistribusikan beban pada dua arah yang seimbang.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang ada dalam redesain struktur gedung Hotel Golden Tulip dengan menggunakan sistem balok grid adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana merencanakan struktur gedung hotel dengan bentang lebar menggunakan sistem balok grid diagonal.
- b. Bagaimana menerapkan peraturan perencanaan gedung sesuai dengan aturan SNI yang berlaku.
- c. Bagaimana pemodelan dan analisa struktur dengan menggunakan *software* SAP 2000 V.14
- d. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik dengan *software* AutoCAD 2007.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari redesain dalam tugas akhir ini, antara lain:

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

1.4 Manfaat

Struktur grid diagonal pada umumnya menggunakan bahan dari campuran beton dan besi atau yang sering disebut dengan beton bertulang yang dimana ketebalan pelat yang tipis dengan pemakaian tulangan yang lebih sedikit, adapun beberapa keuntungan menggunakan sistem grid diagonal

1. Dengan adanya balok diagonal, masing – masing elemen struktur (balok, pondasi, dan kolom) akan bekerja menjadi satu kesatuan sebagai struktur bangunan yang kokoh dan tidak bekerja secara terpisah untuk menahan gaya gempa. masing – masing elemen akan bergerak bersama – sama bila ada goyangan gempa.
2. Menggunakan prinsip segitiga dengan sisi mendatar dan tegak berupa balok sloof dan sisi miringnya berupa balok diagonal. dalam ilmu struktur bentuk rangka segitiga merupakan bentuk struktur yang mempunyai kekuatan statis lebih besar dibandingkan struktur persegi empat.
3. Pada struktur grid, jumlah kolom – kolomnya dapat dikurangi sehingga dapat memberikan ruang yang lebih luas tanpa adanya penghalang.
4. Mempunyai bentuk yang seragam sehingga dapat mendistribusikan beban dan momen pada kedua arah bentangnya secara merata.

1.5 Lingkup Pembahasan

Balok grid diagonal merupakan struktur bidang yang dibentuk oleh balok yang dipasang diagonal bertemu bersilangan dan dianggap merupakan batang segitiga. Pokok bahasan yang diambil adalah mengenai perancangan pelat dengan balok grid diagonal dimana pelat dan balok merupakan suatu kesatuan (*monolit*). Adapun dasar analisa yang digunakan pada perancangan pelat lantai dengan balok grid diagonal adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan meliputi seluruh komponen struktur gedung dengan penekanan pada struktur grid diagonal untuk pelat lantainya.
2. Pembebanan dihitung berdasarkan SNI-1727-2013 dan untuk perencanaan struktur beton berdasarkan SNI-2847-2013.
3. Tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektural dan manajemen konstruksi.
4. *Software* pemodelan struktur menggunakan program SAP2000 V.14 sedangkan menggambar hasil desain dengan program AutoCAD 2007.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Gedung dengan Balok Grid pada Pelat Lantai

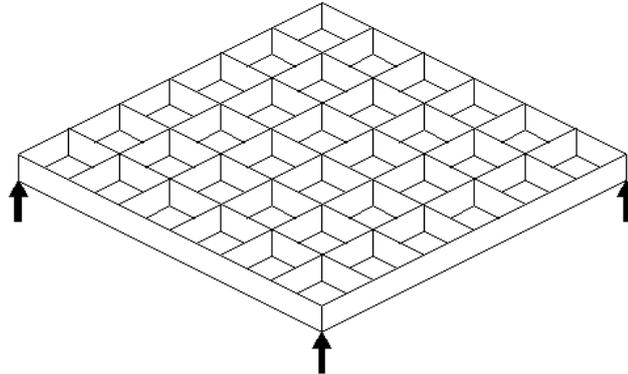
Struktur merupakan sarana untuk menyalurkan beban dan akibat pengguna atau kehadiran bangunan ke dalam tanah, studi tentang struktur tentu saja menyangkut pemahaman prinsip - prinsip dasar yang menunjukkan dan menandai perilaku objek – objek fisik yang dipengaruhi oleh gaya (Daniel L Schodek, 1991)

Struktur yang dibentuk dengan cara meletakkan elemen kaku horizontal diatas elemen kaku vertical merupakan struktur yang umum dijumpai. Elemen horizontal (balok) memikul beban yang bekerja secara transversal dari panjangnya dan mentransfer beban tersebut ke kolom vertical yang menumpunya. Kolom tersebut dibebani secara aksial oleh balok, kemudian mentransfer beban ke tanah, karena balok melentur sebagai akibat dari beban yang bekerja secara transversal tersebut, maka balok sering disebut memikul beban secara melentur. Ide mengenai lentur pada elemen structural adalah salah satu yang terpenting, kolom yang menumpu balok tidak melentur maupun melendut karena kolom pada umumnya mengalami gaya aksial tekan saja (Daniel L Schodek, 1991).

Pelat lantai pada bangunan bertingkat merupakan bagian struktur yang terpasang mendatar dan berfungsi sebagai tumpuan berpijak bagi penghuninya. Pelat lantai umumnya mempunyai ketebalan yang ukurannya relative sangat kecil dibandingkan dengan panjang bentangnya sehingga sifat kaku dari pelat sangat kurang. Kekakuan yang kurang ini akan mengakibatkan defleksi atau lendutan dari pelat menjadi besar. Untuk mengurangi defleksi ini maka diperlukan kekakuan pada pelat lantai dengan cara mengurangi lebar bentang pelat dengan memberi balok silang berupa balok induk dan balok anak. Secara umum cara ini lebih dikenal dengan istilah struktur grid (Ir. Ign. Benny Puspantoro, M.Sc. 1993).

Struktur grid merupakan elemen – elemen kaku panjang seperti balok atau rangka batang yang batang – batang tepi atas dan bawahnya sejajar (perhatikan gambar 2.1). Struktur grid berbutir kasar lebih dalam memikul sederetan beban

terpusat, sedangkan pelat (dengan banyak elemen struktur kecil) cenderung lebih cocok untuk memikul beban terdistribusi merata (Daniel L Schodek,1991).

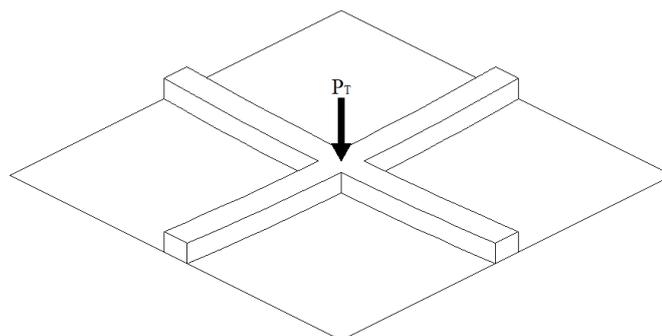


Grid structure

Gambar 2.1 Struktur Grid (Ir.Ign.Benny Puspantoro.1993)

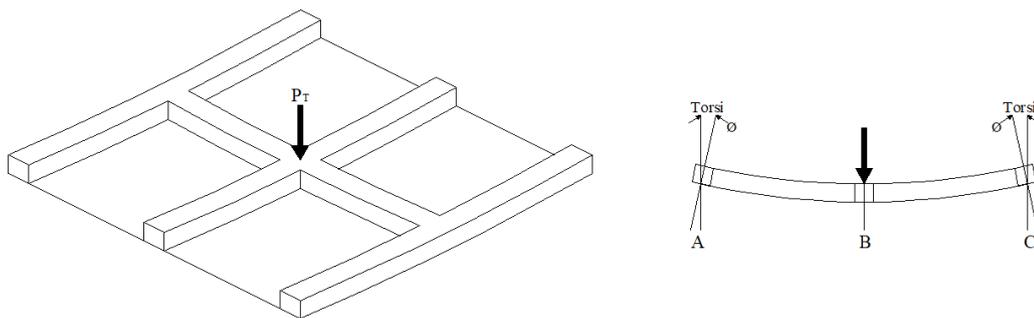
Sistem balok melintang sederhana yang ditumpu pada keempat sisinya (lihat pada gambar 2.2). Jelas bahwa selama baloknya benar – benar identic, beban akan sama sepanjang kedua balok (setiap balok akan memikul setengah dari beban total dan meneruskan ketumpuannya).Apabila balok – balok tersebut tidak identic maka bagian besar beban akan dipikul oleh balok yang lebih kaku.

Apabila balok mempunyai panjang yang tidak sama, maka balok yang pendek akan menerima bagian beban lebih besar dibandingkan dengan yang diterima oleh balok panjang karena balok lebih kaku.Kedua balok ini tentu saja akan mengalami defleksi kedua balok itu sama, maka diperlukan gaya lebih besar pada balok yang pendek.



Gambar 2.2 Struktur Grid Sederhana (Daniel L Schodek,1991).

Grid sederhana lain berupa system satu arah (lihat gambar 2.3). Pada saat tersebut mengalami defleksi akibat beban yang bekerja padanya. Balok transversai meneruskan beban tersebut ke elemen logitudianal, dengan hanya meninjau geometri bentuk balok terdefleksi, kita akan mudah melihat bahwa elemen ini memikul momen lebih besar, jadi semua elemen grid memikul beban. Pada system balok sederhana, banyak balok yang dibebani langsung saja yang memikul beban, tidak diteruskan ke balok lainnya.



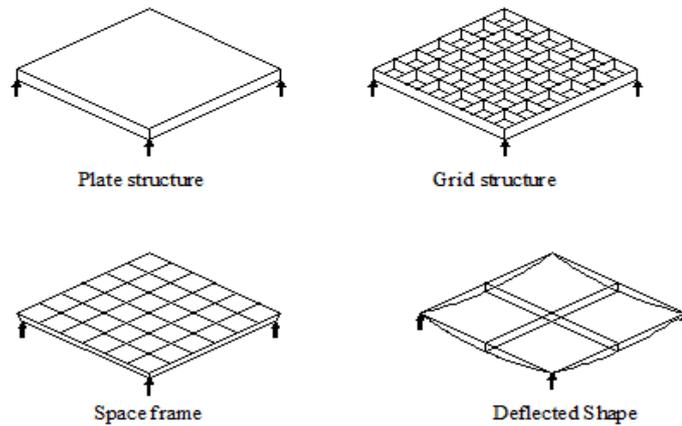
Gambar 2.3 Struktur Grid Satu Arah (Daniel L Schodek,1991).

2.2 Bentuk – Bentuk Balok Grid

Menurut Ir.Ign.Benny Puspantoro (1993), dari bentuk dan system balok silang yang membentuk segmen – segmen wafel, maka pelat dengan system grid mempunyai kekakuan jauh lebih besar dibandingkan dengan pelat datar biasa. Gambar 2.4 menunjukkan perbedaan antara system grid dengan pelat datar dan system rangka ruang.

Dari bentuk dan posisi silang baloknya, struktur grid dapat dibedakan menjadi :

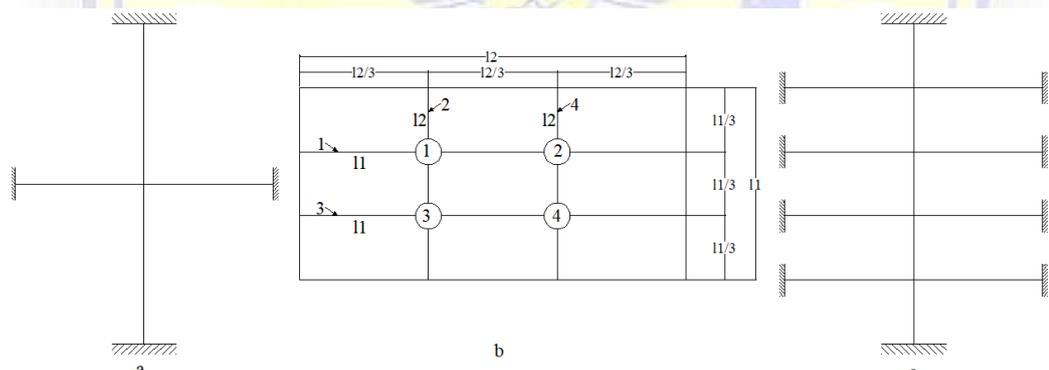
- a. Sistem Grid Persegi
- b. Sistem Grid Miring / Diagonal
- c. Sistem Grid Majemuk



Gambar 2.4 Berbagai Struktur Pelat Lantai (Ir.Ign.Benny Puspantoro,1993)

a. Sistem Grid Persegi

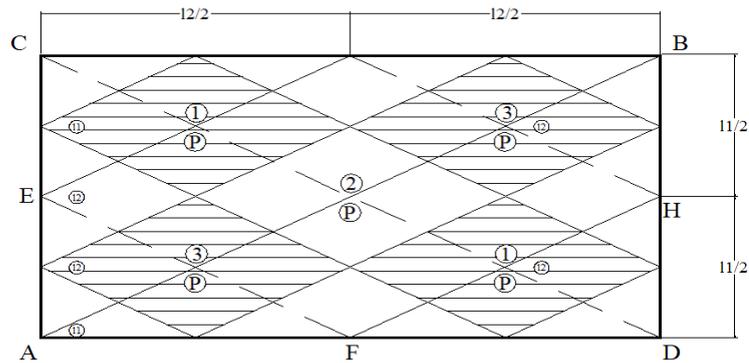
Sistem grid persegi dibentuk oleh dua balok yang saling bersilangan tegak lurus satu terhadap yang lain. Dapat terdiri dari hanya satu balok atau beberapa balok, yang mempunyai sifat utama mendistribusikan beban dalam dua arah atau lebih. Bentuknya dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut :



Gambar 2.5 Sistem Grid Persegi (Ir.Ign.Benny Puspantoro,1993)

b. Sistem Grid Miring / Diagonal

Pada system ini arah tidak saling tegak lurus, tetapi miring sehingga membentuk diagonal yang saling berpotongan. Balok – balok ini walaupun mempunyai panjang yang tidak sama, tapi selalu mempunyai panjang yang sebanding. Pada gambar 2.6 dapat dilihat bahwa sisi EG/AB sebanding dengan sisi EF/CD.

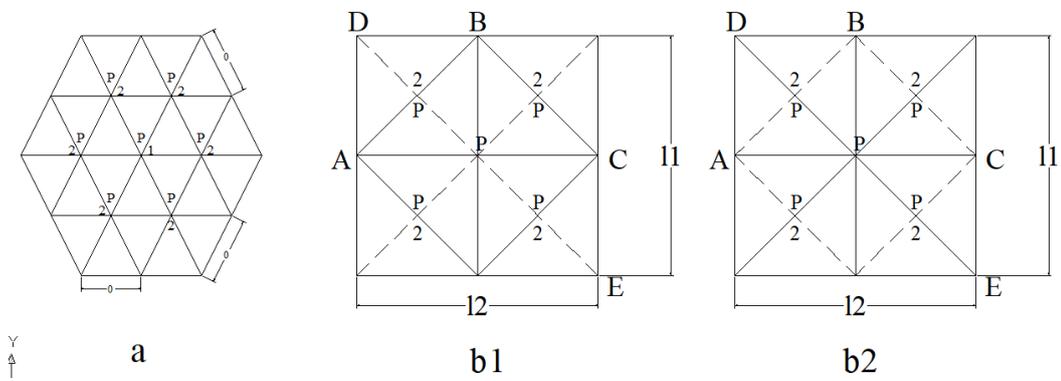


Gambar 2.6 Sistem Grid Miring (Ir.Ign.Benny Puspantoro,1993)

Balok – balok dengan bentang lebih pendek yang mempunyai kekakuan lebih besar, diasumsikan mendukung balok – balok dengan bentang yang lebih besar. Beban dianggap sebagai beban titik yang bekerja pada titik masing – masing balok diagonal.

c. Sistem Grid Majemuk

Pada sistem grid majemuk seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7 satu titik simpul dapat dilewati oleh lebih dari satu balok atas atau balok bawah, dengan demikian beban terpusat yang bekerja pada titik simpul akan menjadi P/n untuk masing – masing balok ($n =$ Jumlah balok atas yang lewat titik simpul tersebut)



Gambar 2.7 Sistem Grid Majemuk (Ir.Ign.Benny Puspantoro,1993)

Pada gambar 2.7 a dapat dilihat bahwa pada titik 1 bertemu tiga balok, jadi masing – masing balok mendukung beban terbesar $P/3$. Pada titik 2 ada dua balok dengan panjang $3a$ dan satu balok dengan panjang $4a$. untuk analisisnya balok dengan panjang $4a$ adalah balok atas, sedangkan balok dengan panjang $3a$ merupakan balok bawah.

Pada gambar 2.7 b terlihat bahwa titik dilewati oleh dua balok atas (garis penuh) dan dua balok bawah (garis putus – putus). Untuk analisisnya, balok atas dan balok bawah dapat ditukar posisinya (gambar 2.7.b1 dan 2.7.b2).



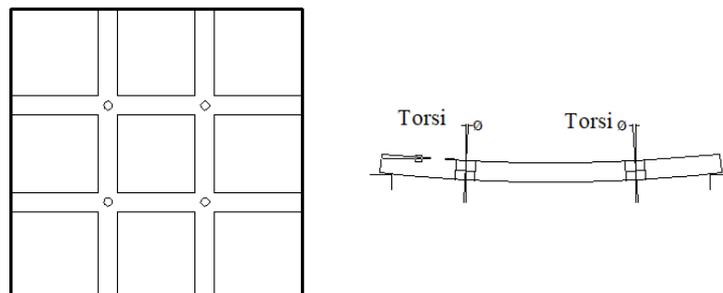
BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan umum

Pelat lantai pada bangunan bertingkat merupakan bagian struktur yang terpasang mendatar dan berfungsi sebagai tumpuan/berpijak bagi penghuni yang ada di atasnya. Pelat lantai umumnya mempunyai ketebalan yang ukurannya 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. (Ir. Ign. Benny Puspantoro, M.Sc.)

Daniel L. Schodek (1991) dalam bukunya menyatakan bahwa pada grid yang lebih kompleks, (gambar 3.1) baik aksi dua arah maupun torsi menjadi. Semua elemen berpartisipasi dalam memikul beban dengan memberikan kombinasi kekuatan lentur dan kekuatan torsi. Perhatikan bahwa apabila balok – balok tersebut terletak sederhana dan tidak saling berhubungan secara kaku, rotasi lentur satu elemen struktur tidak dapat menimbulkan torsi pada elemen struktur lainnya. Sebagai akibatnya, tidak ada penambahan kekakuan menyeluruh yang dapat diberikan dengan aksi torsi. Jadi jelaslah bahwa defleksi pada struktur grid yang terhubung secara kaku akan lebih kecil dibandingkan dengan pada struktur grid yang terhubung secara sederhana.

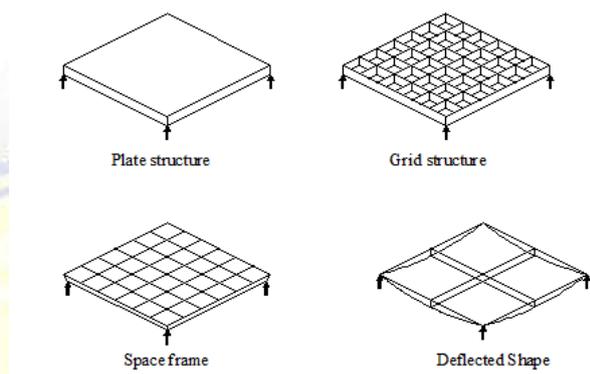


Gambar 3.1 Perilaku Struktur Grid Kompleks (Daniel L. Schodek 1991)

3.2 Sistem balok grid diagonal

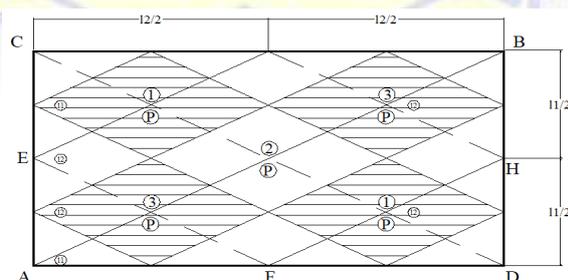
3.2.1 Pengertian balok grid diagonal

Dari bentuk dan system balok silang yang membentuk segmen – segmen wafel, maka pelat dengan system grid mempunyai kekakuan jauh lebih besar dibandingkan dengan pelat datar biasa. Gambar 3.2 menunjukkan perbedaan antara sistem grid dengan plat datar dan system rangka ruang.



Gambar 3.2 Berbagai struktur pelat lantai.

Sistem balok grid diagonal merupakan suatu system dengan arah balok yang tidak saling tegak lurus, tetapi miring sehingga membentuk diagonal yang saling berpotongan. Balok – balok diagonal ini walaupun mempunyai panjang yang tidak sama ($11 \neq 12$), tapi selalu mempunyai panjang bentang yang sebanding. Pada gambar 3.3 dapat dilihat bahwa sisi EG/AB sebanding dengan sisi EF/CD.



Gambar 3.3 Sistem grid diagonal

Balok – Balok dengan bentang lebih pendek yang mempunyai kekakuan lebih besar, diasumsikan mendukung balok – balok dengan bentang yang lebih besar, diasumsikan mendukung balok – balok dengan bentang yang lebih besar. Beban dianggap sebagai beban titik yang bekerja pada titik pertemuan masing – masing balok diagonal.

Ditinjau dari umur teori, konstruksi dan pemakaiannya sudah banyak digunakan pada gedung-gedung di Indonesia, struktur grid ini bukanlah sistem struktur yang baru, tetapi sifat kaku dan kelebihannya, struktur grid ini dapat mendukung system perancangan arsitektur yang menghendaki variasi bentuk pelat atau plafonnya. Umumnya struktur grid ini menggunakan bahan dari konstruksi beton bertulang dengan ketebalan pelat yang tipis dan pemakaian tulangan yang lebih hemat.

3.2.2 Kelebihan balok grid diagonal

Beberapa keuntungan dari sistem struktur grid adalah :

- a) Mempunyai kekakuan yang besar terutama pada bentang lebar, sehingga dapat memberikan kekakuan arah horizontal yang lebih besar pada portal bangunannya.
- b) Mempunyai bentuk yang seragam dan berbagai variasi dan cetakannya dapat digunakan berulang kali
- c) Dapat mendistribusikan beban dan momen pada kedua arah bentangnya secara merata dengan ukuran model grid yang dapat dikembangkan sebagai kelipatan dari bentang kolom – kolomnya.
- d) Mempunyai sifat fleksibel ruang yang cukup tinggi dan simple sehingga lebih luwes dalam mengikuti pembagian panel – panel eksterior maupun partisi interiornya.
- e) Pada struktur grid, jumlah kolom – kolomnya dapat dikurangi sehingga dapat memberikan ruang yang lebih luas.

Untuk menganalisa struktur grid ada dua method yaitu metode gaya dan metode kekakuan. Metode gaya dapat diselesaikan dengan bantuan table

makowsky sehingga caranya cukup sederhana, sedangkan analisa dengan metode kekakuan mempunyai langkah yang lebih panjang dan diperlukan pengetahuan aljabar linier matrix dan teori elastisitas.

3.3 Pembebanan

3.3.1 Ketentuan perencanaan pembebanan

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

- a. Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan Struktur lain SNI-1727-2013
- b. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI-1726-2012
- c. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung - 1983

3.3.2 Kriteria pembebanan

Dalam merencanakan suatu struktur gedung , maka perhitungan mengenai beban yang bekerja pada struktur tersebut perlu di perhatikan sesuai dengan peraturan atau standar yang berlaku. Berdasarkan SNI-1727-2013 dan SNI-1726-2012 , pada struktur sebuah gedung perlu direncanakan kekuatannya terhadap kombinasi dari beban – beban yang terdapat dalam tabel 3.1 berikut

Tabel 3.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Komponen Gedung

No	Bahan bangunan	Beban	Satuan
1	Baja	7.850	kg/m ³
2	Batu alam	2.600	kg/m ³
3	Batu belah, batu bulat batu gunung (berat tumpuk)	1.500	kg/m ³
4	Batu karang (berat tumpuk)	700	kg/m ³
5	Batu pecah	1.450	kg/m ³
6	Besi tuang	7.250	kg/m ³
7	Beton	2.200	kg/m ³
8	Beton bertulang	2.400	kg/m ³

9	Kayu (Kelas I)	1.000	kg/m ³
10	Kerikil koral (kering udara sampai lembap tanpa diayak)	1.650	kg/m ³
11	Pasangan bata merah	1.700	kg/m ³
12	Pasangan batu belah,batu bulat,batu gunung	2.200	kg/m ³
13	Pasangan batu cetak	2.200	kg/m ³
14	Pasangan batu karang	1.450	kg/m ³
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600	kg/m ³
16	Pasir (jenuh air)	1.800	kg/m ³
17	Pasir kerikil,koral (kering udara sampai lembap)	1.850	kg/m ³
18	Tanah,lempung dan lanau (kering udara sampai lembap)	1.700	kg/m ³
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000	kg/m ³
20	Tanah hitam	11.400	kg/m ³

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung – 1983)

Tabel 3.2 Berat Sendiri Untuk Komponen Gedung

No	Komponen gedung	Beban	Satuan
1	Adukan per cm tebal: <ul style="list-style-type: none"> • Dari semen • Dari kapur,semen merah atau tras 	21	-
		17	kg/m ²
2	Aspal, termasuk bahan – bahan mineral penambahan,per cm	14	kg/m ²
3	Dinding pasangan bata merah : <ul style="list-style-type: none"> • Satu batu • Setengah batu 	450	kg/m ²
		250	kg/m ²
4	Dinding pasangan batako Berlubang: <ul style="list-style-type: none"> • Tebal dinding 20 cm (HB 20) • Tebal dinding 10 cm (HB 10) 	200	kg/m ²
		120	kg/m ²

	Tanpa lubang		
	• Tebal dinding 15 cm	300	kg/m ²
	• Tebal dinding 10 cm	200	kg/m ²
5	Langit – langit dan dinding (termasuk rusuk – rusuknya, tanpa penggantung langit – langit atau paku terdiri dari : • Semen asbes (enterit dan bahan lain sejenis) dengan tebal maksimum 4 mm • Kaca dengan tebal 3-4 mm	11 10	kg/m ² kg/m ²
6	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit – langit dengan bentang maksimum 5m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40	kg/m ²
7	Penggantung langit – langit (dari kayu) dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7	kg/m ²
8	Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50	kg/m ²
9	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40	kg/m ²
10	Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10	kg/m ²
11	Penutup lantai dari ubin semen Portland,terasodan beton, tanpa adukan , per cm tebal	24	kg/m ²
12	Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11	kg/m ²

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung – 1983)

3.3.2.1 Beban mati (Dead Load)

Beban mati merupakan berat dari seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, didinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektur dan structural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

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.

3.3.2.2 Beban hidup (Live Load)

Beban yang di akibatkan 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.

a. Beban hidup pada lantai gedung

Beban hidup pada lantai gedung sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan dan juga dinding pemisah ringan ($q \leq 100 \text{ kg/m}$). Beban berat dari lemari arsip, alat dan mesin harus ditentukan tersendiri .

Tabel 3.3 Beban hidup pada lantai gedung

No	Kompenen Lantai	Beban	Satuan
1	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam 2	200	kg/m ²
2	Lantai dan tangga rumah sedrhana dan gedung – gedung tidak penting yang bukan untuk took,pabrik atau bengkel.	125	kg/m ²
3	Lantai sekolah,ruang kulaih, kantor, took, toserba, restoran, hotel, asram dan rumah sakit	250	kg/m ²
4	Lantai ruang olah raga	400	kg/m ²
5	Lantai ruang dansa	500	kg/m ²

6	Lantai dan balkon dalam dari ruang – ruang untuk pertemuan yang lain pada yang disebut dalam 1 – 5 seperti masjid, gereja, ruang pegelaran, ruang rapat, bioskop, dan panggung penonton.	400	kg/m ²
7	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500	kg/m ²
8	Tangga, bordes tangga, dan gang dari yang disebut dalam 3	300	kg/m ²
9	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam 4,5,6 dan 7.	500	kg/m ²
10	Lantai ruang perlengkapan dari yang disebut dalam 3,4,5,6 dan 7.	250	kg/m ²
11	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, took buku, took besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri,dengan minimum	400	kg/m ²
12	Lantai gedung parker bertingkat : <ul style="list-style-type: none"> • Untuk lantai bawah • Untuk lantai tingkat lainnya. 	800 400	kg/m ² kg/m ²
13	Balkon – balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300	kg/m ²

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung – 1983)

b. Beban hidup pada atap gedung

Beban hidup pada atap gedung yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang , harus diambil minimum sebesar 100 kg/m² bidang datar. bagian atap yang tidak dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil yang menentukan terbesar dari :

- Beban terbagi rata air hujan

$$W_{ah} = 40 - 0,8 \alpha$$

dengan,

α = sudut kemiringan atap, derajat jika $\alpha > 50$ dapat diabaikan

Wah = Beban air hujan kg/m^2 (min. Wah atau 20 kg/m^2)

- Beban terpusat bersal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg.

c. Beban hidup horizontal

Beban hidup horizontal perlu ditinjau akibat gaya desak orang yang nilainya berkisar 5% - 10% dari beban hidup vertical (gravitasi).

d. Reduksi Beban hidup

Pada perancangan balok induk dan portal (beban vertical/gravitasi) Untuk memperhitungkan peluang terjadinya nilai beban hidup yang berubah – ubah, beban hidup merata tersebut dapat dikalikan dengan koefisien reduksi.

Tabel 3.4 Koefisien reduksi beban hidup

Pengguna gedung	Koefisien reduksi beban hidup	
	Peninjauan beban gravitasi	Peninjauan beban gempa
Perumahan/Hunian : Rumah tinggal, asrama, hotel, rumah sakit	0,75	0,30
Pendidikan : Sekolah, ruang kuliah	0,90	0,50
Pertemuan umum : Masjid, gereja, biskop, restoran, ruang dansa, ruang pagelaran	0,60	0,30
Perkantoran : Kantor, bank	0,60	0,30

Perdagangan :		
Took, toserba, pasar	0,80	0,80
Penyimpanan :		
Gudang, perpustakaan, ruang arsip,	0,80	0,80
Industri :		
Pabrik, bengkel	1,0	0,90
Tempat kendaraan :		
Garasi, gedung parker	0,90	0,50
Gang dan tangga :		
• Perumahan/ hunian	0,75	0,30
• Pendidikan, kantor	0,75	0,50
• Pertemuan umum, perdagangan, penyimpanan, industri, tempat kendaraan	0,90	0,50

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung – 1983)

Tabel 3.5 Koefisien reduksi beban hidup kumulatif

Jumlah lantai yang dipikul (n)	Koefisien reduksi yang dikalikan kepada beban hidup kumulatif
1	1,0
2	1,0
3	0,9
4	0,8
5	0,7
6	0,6
7	0,5
$n \geq 8$	0,4

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung – 1983)

3.3.2.3 Beban gempa (Earthquake)

Gempa bumi merupakan proses pelepasan energi gelombang *seismic* yang terjadi secara tiba – tiba. Pelapasan ini diakibatkan karena adanya deformasi lempeng tektonik yang terjadi pada kerak bumi.(evi rine hartuti).

a. Gempa rencana

Tata cara menentukan gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewatinya besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

b. Kategori resiko bangunan

Untuk berbagai kategori resiko bangunan struktur gedung dan non gedung sesuai tabel 3.8 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut tabel 3.9 .khususnya untuk tabel kategori IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasiaonal dari struktur bangunan yang berseblahan, maka struktur bangunan yang berseblahan tersebut harus di desain sesuai dengan kategori resiko IV.

Tabel 3.6 Kategori resiko bangunan gedung

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhdap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none">• Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan• Fasilitas sementara• Gudang penyimpanan• Rumah jaga dan struktur lainnya.	I

<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kegagalan 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 industry • Fasilitas manufaktur • pabrik 	<p>II</p>
<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"> • Bisokop • Gedung pertemuan • Stadion • Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat • Fasilitas penitipan anak • Penjara • Bangunan untuk para jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko Iv yang memiliki potensi untuk menyebarkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari – hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pusat pembangkit listrik biasa • Fasilitas penanganan air • Fasilitas penanganan limbah • Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori Iv, (termasuk,</p>	<p>III</p>

<p>tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, pengguan 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.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bangunan – bangunan monumental • Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan • Rumah 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 daruarat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat. • Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat kendaraan darurat. • Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang diisyaratkan untuk beroperasi pada saat darurat. <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan yang lain termasuk kedalam kategori risiko IV</p>	<p>IV</p>

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

Tabel 3.7 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Factor kekuatan gempa I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

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

c. Analisa respon situs

Tipe kelas situs harus ditetapkan dengan definisi dari tabel 3.10 dan pasa – pasal berikut.

Tabel 3.8 Klasifikasi situs

Kelas situs	V_s (m/detik)	V atau Nch	S_u (kpa)
SA (batuan keras	>1500	N/A	N/A
Sb (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
Sc (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
Sd (tang Sedang	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
Se (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik Sebagai berikut :		
	<ul style="list-style-type: none"> • Indeks plastisitas $p_i > 10$ • Kadar air $w \geq 40\%$ • Kuat geser niralir $S_u < 25$ kpa 		
Sf (tanah khususnya yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisa respon sfesifik – 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 sensitive, tanah tersementasi lemah • Lempung sangat organic dan atau gambut (

	<p>ketebalan $h > 3 \text{ m}$)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5 \text{ m}$ dengan indeks plastisitas $PI > 75$) • Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35 \text{ m}$ dengan $S_u < 50 \text{ kpa}$.
--	---

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

d. 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 (MCER, 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. Nilai S_1 dan S_s dapat dilihat pada lampiran.

e. 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 (3.1) dan Persamaan (3.2).

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (3.1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3.2)$$

Sedangkan koefisien F_a dan F_v mengikuti Tabel 3.9 dan 3.10

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 (3.3) dan Persamaan (3.4).

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (3.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (3.4)$$

Tabel 3. 9 Koefisien Situs Fa

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, S _s				
	S _s ≤ 0,25	S _s = 0,5	S _s = 0,75	S _s = 1,0	S _s ≥ 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	S _s ^b				

Untuk nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

S_s^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 3. 10.Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_s \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
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	S_s^b				

Untuk nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

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

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

g. 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 3.4 dan mengikuti ketentuan dibawah ini :

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari Persamaan (3.5).

$$S_a = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right) \quad (3.5)$$

Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain S_a sama dengan S_{D5} Untuk periode lebih besar dari T_s spektrum respons percepatan desain S_a diambil berdasarkan Persamaan (3.6).

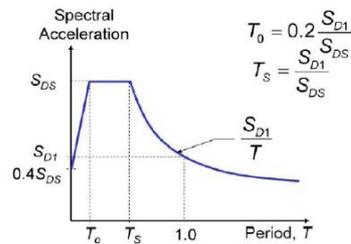
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.6)$$

Untuk parameter periode respons ditentukan melalui Persamaan (3.7) dan Persamaan (3.8).

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.7)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.8)$$

Modal Response Spectrum Analysis



Gambar 3. 4. Spektrum Respons Desain

(Sumber : Indiarjo, 2013)

h. Menentukan kategori desain seismik (A-D)

Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E.

Struktur yang kategori resiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, $S_1 < 0,75$, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori resikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan kedalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 3.11 atau 3.12 saja, dimana berlaku ketentuan berikut :

- (a) Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan periode fundamental struktur, T_a adalah kurang dari $0,8T_s$.
- (b) Pada masing-masing dua arah ortogonal, periode fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari T_s .

- (c) Persamaan 3.10 digunakan untuk menentukan koefisien respon seismik, C_s
- (d) Diafragma struktural adalah kaku, untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m.
- (e) Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem (R, C_d, Ω_0)

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam Tabel 3.13. Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam Tabel 3.13. Koefisien modifikasi respon yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem Ω_0 , dan koefisien amplikasi defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.13. harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Tabel 3. 11. Kategori Desain Seismik Percepatan Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DS} \leq 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

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

Tabel 3. 12. Kategori Desain Seismik Percepatan Periode 1 Detik

Nilai S_{Ds}	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-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung

i. Gaya geser dasar seismik

Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Persamaan (3-9).

$$V = C_s \times w \quad (3.9)$$

Dimana :

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

Untuk perhitungan koefisien respons seismik C_s harus di tentukan sesuai dengan Persamaan (3.10).

$$C_s = \frac{S_{DS} \times I_e}{R} \quad (3.10)$$

Dimana :

- 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. 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 (3-11) 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 (3.11).

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3.11)$$

Dimana :

- T_a = Periode getar struktur
- C_t = Koefisien numerik
- h_n^x = Tinggi total bangunan

Tabel 3. 13.Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat lebih sistem Ω_0	Faktor pembesaran defleksi Cd	Batasan sistem dan tinggi struktur $h_n(m)^e$				
				Kategori Desain				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
Sistem Rangka Pemikul Momen								
SRPMK	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
SRPMM	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
SRPMBB	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI

Catatan : TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diiijinkan

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

Tabel 3. 14. Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan α

TIPE STRUKTUR	C_t	α
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 3. 15 . Koefisien untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respon spektral desain pada 1 detik, $D1 S$	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-1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung

k. Distribusi vertikal gaya gempa

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul dimana semua tingkat harus ditentukan dari Persamaan (3.12) dan Persamaan (3.13).

$$F_x = C_{vx} \times V \quad (3.12)$$

$$C_{vx} = \frac{w_i \times h_i^k}{\sum w_i \times h_i^k} \quad (3.13)$$

Dimana :

- F_x = Beban gempa
- V = Gaya lateral desain total atau geser
- C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

- W_i = Berat lantai ke $-i$ termasuk beban hidup yang sesuai
- h_i = Ketinggian lantai tingkat ke- i

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 (3-14).

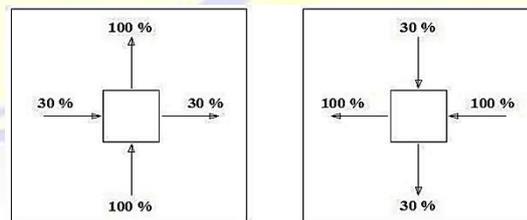
$$V_x = \sum_{x=1}^n F_i \quad (3.14)$$

Dimana

- F_i = Bagian dari geser seismic V yang timbul tingkat i

3.3.3 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 3. 5. 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%.

3.3.4 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) $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- c) $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
- d) $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- e) $1,2 D + 1,0 E + L$
- f) $0,9 D + 1,0 W$
- g) $0,9 D + 1,0 E$

3.4 Simpangan antar lantai tingkat ijin

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin (Δ_a) seperti yang terdapat pada tabel 2.19 untuk semua tingkat.

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

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 $0,10f'_c A_g$ 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 $0,10f'_c A_g$ atau ϕP_b ke nol.

Tabel 3. 16.Simpangan Antar Lantai Ijin Δ

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)

3.6 Dasar – dasar perencanaan beton bertulang

3.6.1 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 $17 \text{ MPa} \leq f'_c \leq 28 \text{ MPa} : \beta_1 = 0,85$

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

3.7 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 3.6(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 ditumpu oleh balok di keempat sisinya. Beban dari pelat ditransfer ke keempat penumpu balok dan selanjutnya beban ditransfer ke kolom. Balok akan meningkatkan kekakuan pelat, sehingga lendutan yang terjadi akan relatif kecil. Lihat pada Gambar 3.8(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 pada pelat lihat pada Gambar 3.6(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 jarang diaplikasikan sistem slab datar digunakan untuk bentang 6-9 m, dengan beban hidup 4-7 kN/m².

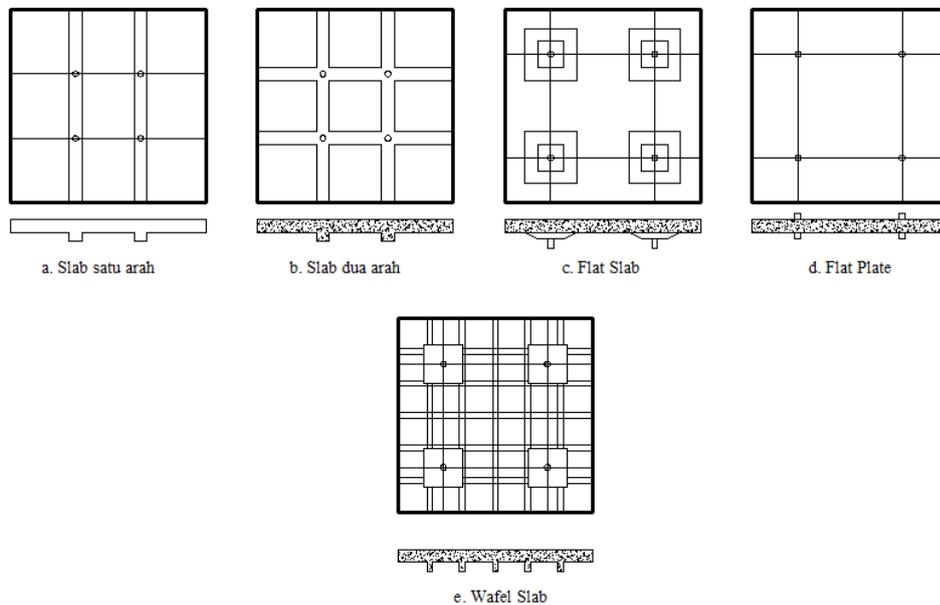
(c) Sistem pelat datar (*flat plate*)

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 di area sekitar kolom. Lihat pada Gambar 3.6(d)

(d) Pelat dua arah berusuk

Pelat dua arah berusuk 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. Gambar 3.6(e).



Gambar 3. 6 Jenis-Jenis Pelat

(Sumber : Agus Setiawann, 2016 hal : 253)

3.7.1 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.

3.7.1.1 Tebal minimum pelat

1) Pelat satu arah

Peraturan SNI-2847-2013 memberikan beberapa batasan dalam desain pelat satu arah :

- a) Desain dilakukan dengan menggunakan asumsi lebar 1 meter.

- b) Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan $f_y = 400$ MPa sesuai dengan SNI-2847-2013 Tabel 9.5.a harus ditentukan sebagaimana terlihat pada Tabel 3.17.

Tabel 3. 17.Tebal Minimum Pelat

Jenis Komponen Strktur	Tertumpu Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
Pelat Satu Arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Pelat rusuk	L/16	L/18,5	L/21	L/8

(Sumber : SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)

Untuk f_y selain 400 MPa, maka nilai dalam tabel 3.19 harus dikalikan dengan

$$0,4 + \frac{f_y}{700}$$

- c) Lendutan harus diperkirakan apabila pelat memikul konstruksi yang akan mengalami kerusakan akibat lendutan yang besar. Batasa lendutan ditentukan dalam Tabel 3.18

Tabel 3. 18.Batasan Lendutan Pelat

Jenis Struktur Pelat	Lendutan yang Diperhitungkan	Batas Lendutan
Atap datar yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen non struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan sesaat akibat beban hidup (L)	1/180
Lantai yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan sesaat akibat beban hidup (L)	1/360
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen non struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan sesaat akibat penambahan beban hidup	1/480
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.		1/240

(Sumber : SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)

- d) Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah.
- e) Struktur pelat satu arah, harus disediakan tulangan susut dan suhu yang memiliki arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Persyaratan ini diatur dalam SNI-2847-2013 Pasal 7.12. Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio tulangan terhadap luas bruto penampang beton yang ditunjukkan dalam Tabel 3.19 namun tidak kurang dari 0,0014.

Tabel 3. 19.Persyaratan Tulangan Susut dan Suhu untuk Pelat

Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $f_y = 280$ atau 350 MPa	0,0020
Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jaringan kawat las dengan mutu $f_y = 420$ MPa	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	$0,0018 \times \frac{420}{f_y}$

(Sumber : SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)

- f) Kecuali untuk pelat rusuk, maka jarak antar tulangan utama pada pelat tidak boleh melebihi 3 kali ketebalan pelat atau tidak boleh lebih dari 450 mm (SNI-2847-2013, Pasal 7.6.5)
- 2) 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 $0,2 < a_{fm} < 2,0$

$$h = \frac{\ell \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(a_{fm} - 0,2)} \quad (3.15)$$

namun tidak kurang dari 125 mm.

b) Untuk $\alpha_{fm} > 2,0$

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (3.16)$$

namun tidak kurang dari 90 mm.

c) Untuk $\alpha_{fm} < 0,2$

h = ketebalan minimum pelat untuk balok (Lihat Tabel 3.20)

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

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

Tabel 3. 20. 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	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

(Sumber : SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)

Tebal minimum pelat tanpa balok dalam seperti ditentukan dalam Tabel 3.20 tidak boleh kurang dari 120 mm (untuk pelat tanpa penebalan panel), atau tidak kurang dari 100 mm (untuk pelat dengan penebalan 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 (3.15) dan Persamaan (3.16) harus dinaikkan minimal 10 %.

3.7.1.2 Tulangan pelat

1) Tulangan geser

a) Spasi tulangan geser

Untuk tulangan geser dipasang tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur, jarak atau spasi antar tulangnya 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 (3.17).

$$\text{Luas minimum} = 0,0062\sqrt{f'_c}\frac{b_w s}{f_y t} \quad (3.17)$$

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

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 (3.18).

$$V_s = \frac{A_v f_y t d}{s} \quad (3.18)$$

Dimana :

- V_s = Kuat Geser Nominal Tulangan
- A_v = Luas Tulangan Total, yang tegak lurus dengan sumbu batang
- S = Jarak Tulangan Sengkang
- d = Diameter Tulangan

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 (3.19).

$$V_c = 0,17 \delta \sqrt{f'_c} b_w \cdot d \quad (3.19)$$

Dimana :

- 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.

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 (3.20) sampai dengan (3.22).

$$\rho_b = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} \quad (3.20)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \quad (3.21)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = 0,0025 \quad (3.22)$$

Dimana :

- P_b = Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang
- F'_c = Mutu Beton
- F_y = Mutu Baja

3.7.1.3 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 :

$$M = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \quad (3.23)$$

Dengan q_u 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.

3.8 Balok

3.8.1 Rasio Tulangan

Rasio tulangan pada perencanaan balok lentur bergantung pada mutu beton (f_c') dan mutu baja tulangan (f_y), dan tidak bergantung pada besar- kecilnya ukuran penampang struktur. Nilai dari rasio tulangan ini juga berkaitan dengan keruntuhan yang terjadi pada balok lentur, dimana keruntuhan ini dibagi atas 3 jenis, yaitu keruntuhan tekan, keruntuhan seimbang, dan keruntuhan tarik.

1. Keruntuhan tekan (*Over-reinforced*)

Pada keadaan ini beton akan hancur sebelum baja tulangan leleh, sehingga lendutan pada balok relatif tetap. Namun apabila balok diberikan beban lebih besar maka terjadi keruntuhan mendadak, sehingga keruntuhan seperti ini tidak diperbolehkan. Balok yang mengalami keruntuhan seperti ini memiliki

rasio tulangan yang besar, sehingga tidak boleh melebihi rasio tulangan maksimum yang dihitung berdasarkan Persamaan 2.24.

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \end{aligned} \quad (2.24)$$

2. Keruntuhan seimbang (*Balance*)

Pada keadaan ini beton akan hancur bersamaan dengan baja tulangan leleh, sehingga kekuatan beton dan baja tulangan dapat dimanfaatkan sepenuhnya. Perencanaan balok dengan keruntuhan ini merupakan perencanaan yang ideal namun sulit untuk terpenuhi. Balok yang mengalami keruntuhan seperti ini memiliki rasio tulangan yang seimbang dan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.25.

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \end{aligned} \quad (2.25)$$

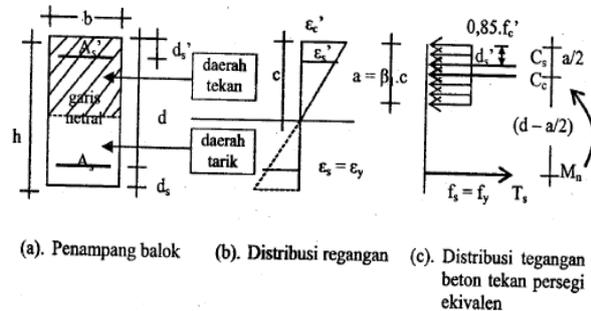
3. Keruntuhan tarik (*Under-reinforced*)

Pada keadaan ini baja tulangan sudah leleh sebelum beton hancur, sehingga beton masih kuat menahan beban dan terjadi lendutan akibat baja tulangan yang leleh dan menjadi plastis. Lendutan ini dapat menjadi peringatan sebelum terjadi keruntuhan, sehingga dianggap aman dan diperbolehkan dalam perencanaan. Balok yang mengalami keruntuhan seperti ini memiliki rasio tulangan yang kecil tetapi tidak kurang dari rasio tulangan minimum seperti yang dapat dihitung dengan persamaan 2.26.

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \rho_{\text{min}} \\ &= \frac{1,4}{f_y} \end{aligned} \quad (2.26)$$

3.8.2 Distribusi regangan dan tegangan balok

Regangan dan tegangan yang terjadi pada balok dengan penampang beton bertulang rangkap seperti yang terlihat pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3. 7.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 (3.27).

$$\epsilon'_s = \frac{a - \beta_1 \cdot d_s'}{a} \times 0,003 \quad (3.27)$$

Dimana :

- ϵ'_s = Regangan tarik baja
- a = Tinggi blok tegangan tekan ekivalen
- β_1 = Konstanta yang merupakan fungsi kelas kuat beton
- d_s = Jarak antar titik berat tulangan tarik dan tepi serat beton tarik

Tegangan tekan baja tulangan f'_s dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.28).

$$f'_s = \frac{a - \beta_1 \cdot d_s'}{a} \times 600 \quad (3.28)$$

Dimana :

- f'_s = Tegangan tekan baja tulangan
- a = Tinggi blok tegangan tekan ekivalen

- β_1 = Konstanta yang merupakan fungsi kelas kuat beton
- d_s = Jarak antar titik berat tulangan tarik dan tepi serat beton tarik

3.8.3 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 (3.29) sampai dengan Persamaan (3.32).

$$M_n = M_{nc} + M_{ns} \quad (3.29)$$

$$M_{nc} = C_c \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \text{ dengan } C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \quad (3.30)$$

$$M_{ns} = T_s \cdot (d - d') \text{ dengan } T_s = A_s f'_s \quad (3.31)$$

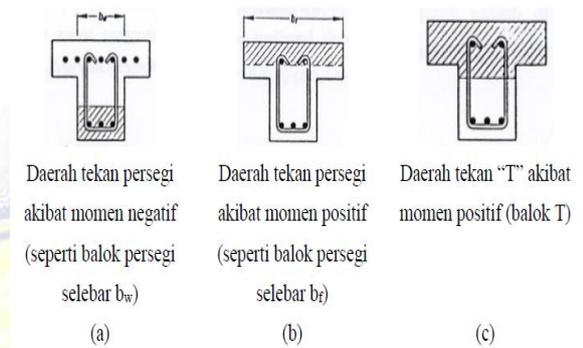
$$M_r = \phi \cdot M_n, \quad \text{dengan } \phi = 0,9 \quad (3.32)$$

Dimana :

- M_n = Momen nominal actual penampang balok
- M_{nc} = Momen nominal yang dihasilkan oleh gaya tekan beton
- M_{ns} = Momen nominal yang dihasilkan oleh gaya tekan tulangan
- C_c = Gaya tekan beton
- T_s = Gaya tarik baja tulangan
- F'_s = Tegangan tekan baja sebelum leleh
- A_s = Luas tulangan tarik
- d = Tinggi efektif penampang balok
- a = Tinggi balok tegangan beton tekhn persegi

3.8.4 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 3.8 berikut.



Gambar 3. 8. 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 ($M_{c_c} \geq M_n$). Kuat tekan beton sisi tekan setebal *flens* dihitung dengan Persamaan (3.33).

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \quad (3.33)$$

Dimana:

- C_c = Gaya tekan beton
- F'_c = Kuat tekan beton yang diisyaratkan
- b = Lebar penampang balok
- a = Tinggi balok tegangan beton tekan persegi

Maka kemampuan menahan momen akibat beton tekan *flens* dapat dihitung dengan Persamaan (3.34).

$$M_{c_c} = C_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.34)$$

Dimana:

- M_{c_c} = Momen akibat beton tekan
- C_c = Gaya tekan beton
- d = Tinggi efektif penampang balok
- a = Tinggi balok tegangan beton tekan persegi

3.8.5 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 (3.35).

$$T_u \leq \phi 0,083\lambda\sqrt{f'_c} (\Sigma x^2 y); \text{ dengan } \phi = 0,75 \quad (3.35)$$

Dengan :

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

Kuat momen torsi yang diberikan balok beton, dapat dihitung dengan Persamaan (3.36).

$$T_c = \frac{\sqrt{\frac{f'_c}{15}} \Sigma x^2 y}{\sqrt{1 + \left[\frac{0,4V_u}{C_t T_u}\right]^2}} \quad (3.36)$$

Dimana:

- T_c = Momen torsi
- F'_c = Kuat tekan beton yang diisyaratkan
- V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau
- T_u = Momen puntir terfaktor
- C_t = Grafik respon gempa

Kemampuan maksimum menahan geser pada balok beton dihitung dengan Persamaan (3.37).

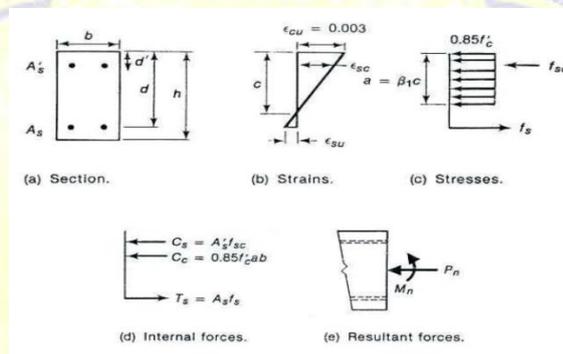
$$V_c = \frac{\sqrt{\frac{f'_c}{6}} b_w d}{\sqrt{1 + \left[2,5 C_t \frac{T_u}{V_u}\right]^2}} \quad (3.37)$$

Dimana:

- V_c = Tegangan geser beton
- b_w = Lebar badan balok
- d = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangan tarik

3.9 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 3.9.



Gambar 3. 9. 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).

3.9.1 Batas Tulangan komponen struktural

Menurut Sudarmoko (1994) luas tulangan komponen struktur 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 minimum 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.

3.9.2 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 3.38 dan Persamaan 3.39

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22, \text{ untuk kolom pendek} \quad (3.38)$$

$$100 \geq \frac{kl_u}{r} \geq 22, \text{ untuk kolom panjang} \quad (3.39)$$

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.

3.9.3 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 kompatibilitas 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 regangan 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 ϕP_n dari komponen struktur tekan tidak boleh lebih besar dari $\phi P_{n(max)}$ yang dihitung dengan persamaan (3.40) dan persamaan (3.41)
 - Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan spiral yang memenuhi pasal 7.10.4 atau komponen struktur komposit yang memenuhi pasal 10.13

$$\phi P_{n(max)} = 0,85 \cdot \phi (0,85 \cdot f'_c (A_g - A_{st}) f_y A_{st} \quad (3.40)$$

Dimana :

- 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 pasal 7.10.5.

$$\phi P_{n(max)} = 0,80 \cdot \phi (0,85 \cdot f'_c (A_g - A_{st}) f_y A_{st} \quad (3.41)$$

Dimana :

- 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 prategang, kekuatan aksial desain, ϕP_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 kekuatan aksial desain pada eksentrisitas nol ϕP_0 .
- Komponen struktur yang dibebani aksial tekan harus didesain terhadap momen maksimum 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.

3.9.4 Kekuatan kolom pendek dengan beban sentris

Beban sentris menyebabkan tegangan tekan yang merata diseluruh bagian penampang.pada SNI-2847-2002 pasal 9.10(5) dan pada pasal 12.3.5.2 mengenai prinsip perencanaan didapat persamaan :

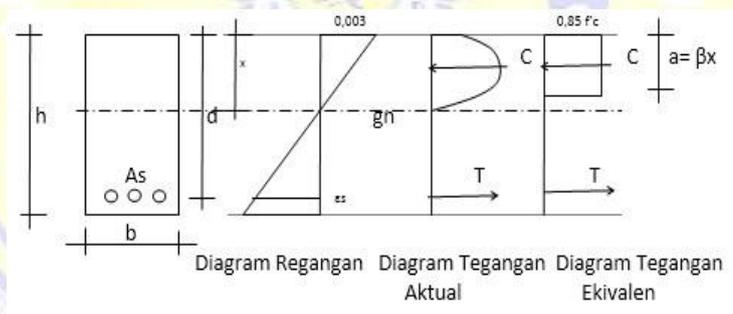
$$p_{n(maxs)} = 0.80(0.85 f'c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}) \quad (3.42)$$

Dimana :

- $F'c$ = Kuat tekan beton yang diisyaratkan
- Ag = Luas penampang kolom
- Ast = Luas tulangan total
- Fy = Kuat tekan baja yang diisyaratkan

3.9.4.1 Kekuatan kolom pendek dengan akibat beban unaksial

Penampang melintang suatu kolom suatu kolom segi empat tipikal dengan distribusi regangan tegangan dan gaya yang bekerja,dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. 10.Tegangan gaya-gaya kolom

Persamaan keseimbangan gaya dan momen pada kolom pendek dapat dinyatakan :

$$\begin{aligned} P_n &= C_c + C_s - T_s \\ &= 0.85 f'c.b.a + A'_s f'_s - A_s f_y \end{aligned} \quad (3.43)$$

Dimana :

- P_n = Gaya nominal kolom
- F'_c = Kuat tekan beton
- b = Lebar penampang kolom
- a = Tinggi kolom tegangan persegi
- A_s = Luas tulangan tarik
- A'_s = Luas tulangan tekan
- C_c = Gaya tarik pada beton
- C_s = Gaya pada tulangan tarik
- T_s = Gaya pada tulangan tarik

Momen tahanan nominal dihitung dengan keseimbangan momen terhadap sumbu lentur kolom.

$$\begin{aligned} M_n &= P_n \cdot e \\ &= C_c(y-a/2) + C_s(y-d') + T_s(d-y) \\ &= 0,85f'_c \cdot b \cdot a(y-a/2) + A'_s \cdot f'_s(y-d') + (A_s + f_s(d-y)) \end{aligned} \quad (3.44)$$

Dimana :

- P_n = Gaya nominal kolom
- F'_c = Kuat tekan beton
- b = Lebar penampang kolom
- a = Tinggi kolom tegangan persegi
- A_s = Luas tulangan tarik
- A'_s = Luas tulangan tekan
- C_c = Gaya tarik pada beton
- C_s = Gaya pada tulangan tarik
- T_s = Gaya pada tulangan tarik
- F_s = Tegangan Tarik dalam tulangan yang dihitung pada kondisi beban bekerja
- d = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangan tarik
- d' = Jarak antara sisi luar beton tertekan dan tulangan atas

Apabila P_n adalah beban aksial dan P_{nb} adalah beban aksial dalam kondisi balance maka ada tiga kemungkinan jenis keruntuhan :

- 1) $P_n < P_{nb}$ terjadi keruntuhan tarik
- 2) $P_n = P_{nb}$ terjadi keruntuhan balanced
- 3) $P_n > P_{nb}$ terjadi keruntuhan tekan

3.9.5 Kekuatan tarik menentukan

awal keadaan runtuh dalam hal eksentrisitas yang besarnya dapat terjadi dengan lelehnya tulangan baja yang tertarik. Jika $e > e_b$ atau $P_n > P_{nb}$ maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik yang diawali dengan lelehnya tulangan tarik beban aksial nominal pada kondisi tarik :

$$p_n = 0,85 f'_c \cdot b \left[\left(\frac{h-2e}{2d} \sqrt{\left(\frac{h-2e}{2d} \right)^2 + 2mp \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right) \right] \quad (3.45)$$

Dimana :

- 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

3.9.6 Kondisi keruntuhan balanced

Jika eksentrisitas semakin kecil maka ada suatu transisi dari keruntuhan tarik ke keruntuhan tekan. Kondisi keruntuhan balanced tercapai apabila tulangan tarik mengalami regangan leleh dan saat itu pula beton mengalami regangan batasnya. Persamaan tinggi balok tekan pada kondisi seimbang :

$$ab = \beta_1 \cdot e_b = \beta_1 \frac{600d}{600+f_y} \quad (3.46)$$

Besarnya gaya aksial dan momen yang mampu ditahan kolom pada kondisi balanced dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$p_{nb} = 0,85f'_c \cdot b \cdot a + A'_s \cdot f'_s - A_s \cdot f_y \quad (3.47)$$

$$M_{nb} = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a_b \left(\frac{h}{2} - \frac{a_b}{2} \right) + A'_s f'_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) A_s f_y \left(d - \frac{h}{2} \right) \quad (3.48)$$

Dimana :

- 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_s = Luas tulangan tarik
- A'_s = 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

3.9.7 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 sebagai :

$$p_n = \frac{A_s \cdot f_y}{\frac{e}{d} - d' + 0,5} + b \cdot h \cdot \frac{f'_c}{\frac{3h \cdot e}{d^2} + 1,18} \quad (3.49)$$

Dimana :

- 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

3.9.8 Kolom panjang

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 yang dinyatakan dengan Persamaan 3.50

$$\delta_{sy} = \frac{1}{1 - (\sum Pu / \phi \sum Pc)} > 1 \quad (3.50)$$

Dimana :

- δ_{sy} = Beban yang menimbulkan pergeseran sumbu kolom
- $\sum Pc$ = Jumlah dari semua beban tekuk Euler
- $\sum Pu$ = Jumlah dari beban vertical disuatu tingkat

Sehingga diperoleh momen rencana terfaktor yang diperbesar dinyatakan dengan Persamaan 3.51

$$M_c = M_{2b} + \delta_s M_{2s} \quad (3.51)$$

Dimana :

- M_c = Gaya nominal kolom
- M_{2b} = Kuat tekan baja
- M_{2s} = Momen ujung terfaktor di ujung komponen struktur

3.9.8.1 Faktor pembesaran momen untuk kolom panjang

Pada SNI-2847-2002 menyatakan bahwa apabila suatu kolom adalah kolom panjang, maka momen yang terjadi harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran momen menjadi :

$$M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2s} \quad (3.52)$$

Dengan :

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1 \quad (3.53)$$

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \sum P_c}} \geq 1 \quad (3.54)$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 M_{1b} / M_{2b} \geq 0,4 \quad (3.55)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kL_u)^2} \quad (3.56)$$

$$EI = \frac{E_c I_g}{2,5(1 + \beta_d)} \quad (3.57)$$

Dengan :

M_c = Momen rencana kolom setelah diperbesar

M_{2b} = momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban gravitasi

M_{2s} = momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping seperti beban gempa.

3.9.9 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 3.58 dan 3.59 :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) b_w d \quad (3.58)$$

Dimana :

- 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 tulangan tarik
- 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

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b_w d \quad (3.59)$$

Dimana :

- 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 tulangan tarik
- b_w = Lebar badan penampang
- F'_c = Kuat tekan beton

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 gaya geser dilimpahkan pada tulangan baja geser sesuai perhitungan seperti halnya balok. Sebaliknya apabila gaya geser yang terjadi kurang dari kemampuan beton, maka dipasang tulangan geser minimum dengan jarak sebagai berikut :

$$S = \frac{3A_v f_y}{b_w} \quad (3.60)$$

Dimana :

- S = Jarak tulangan geser
- A_v = Luas tulangan dalam daerah 'S'
- b_w = Lebar badan penampang
- F_y = Kuat tekan baja

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

3.10 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). Pondasi dangkal biasanya dibuat dekat dengan permukaan tanah, umumnya kedalaman pondasi didirikan kurang 1/3 dari lebar pondasi sampai dengan kedalaman kurang dari 3 m, pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan dipermukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban structural dan kondisi permukaan tanah, pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3m dibawah elevasi permukaan tanah.

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 Tiang Tunggal

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

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

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.

Menurut Nawy (1990), 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.

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 :

$$\sigma_{maks} = \frac{P}{BL} \left(1 + \frac{6e}{L} \right) \quad (3.61)$$

$$\sigma_{min} = \frac{P}{BL} \left(1 - \frac{6e}{L} \right) \quad (3.62)$$

Dimana :

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

3.10.1 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 :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad (3.63)$$

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 .

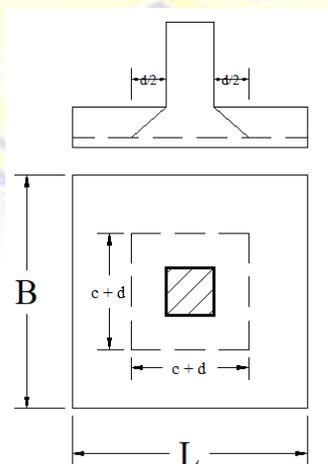
Menurut SNI 2847 2002 Pasal 13.1 kekuatan geser penampang adalah :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'c}}{6} b \cdot d \leq \frac{\sqrt{f'c}}{3} b_0 \cdot d \cdot \beta_c \quad (3.64)$$

Dengan :

b_0 = keliling kritis,yaitu panjang bidang kritis idealisasi

V_c = Kekuatan Geser pondasi



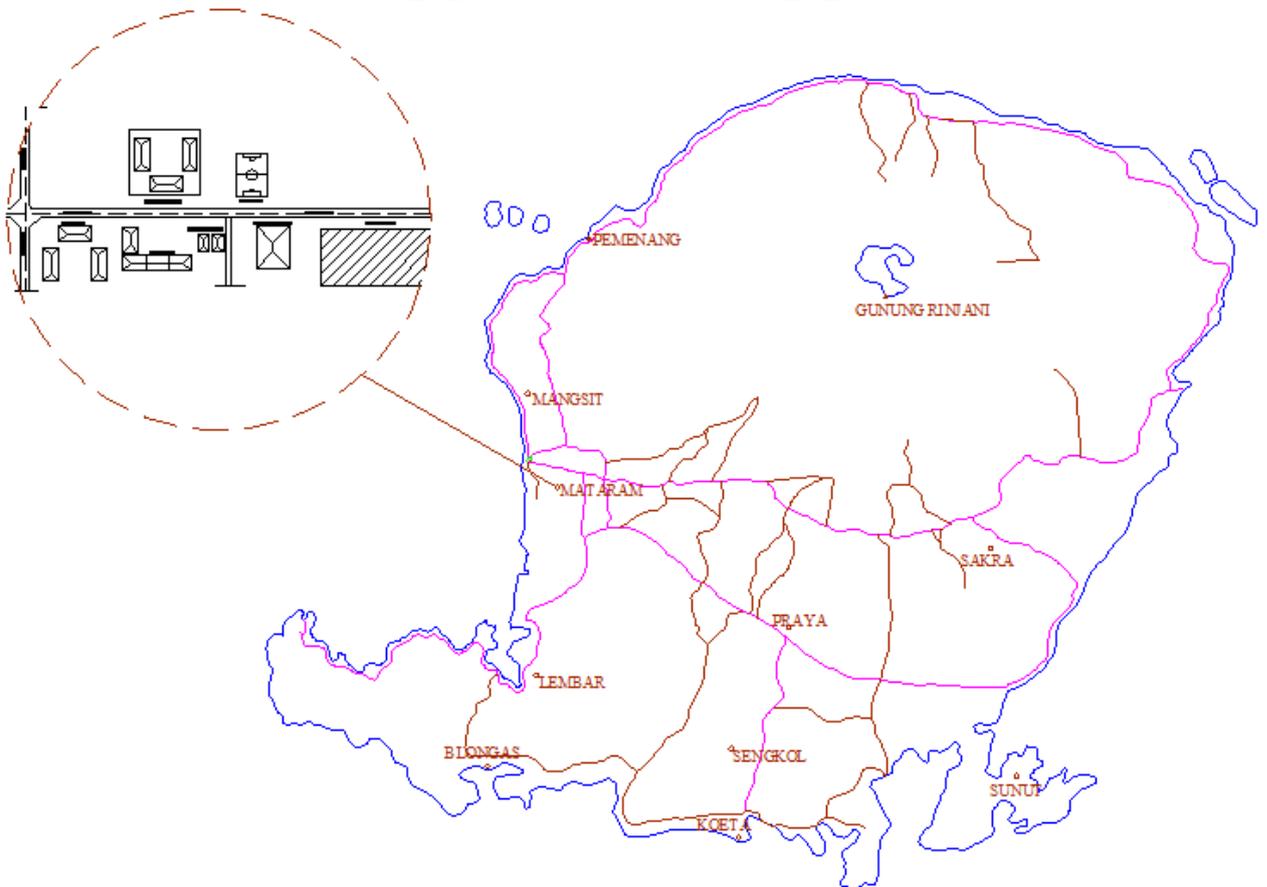
Gambar 3. 11.Geser dua arah pada pondasi

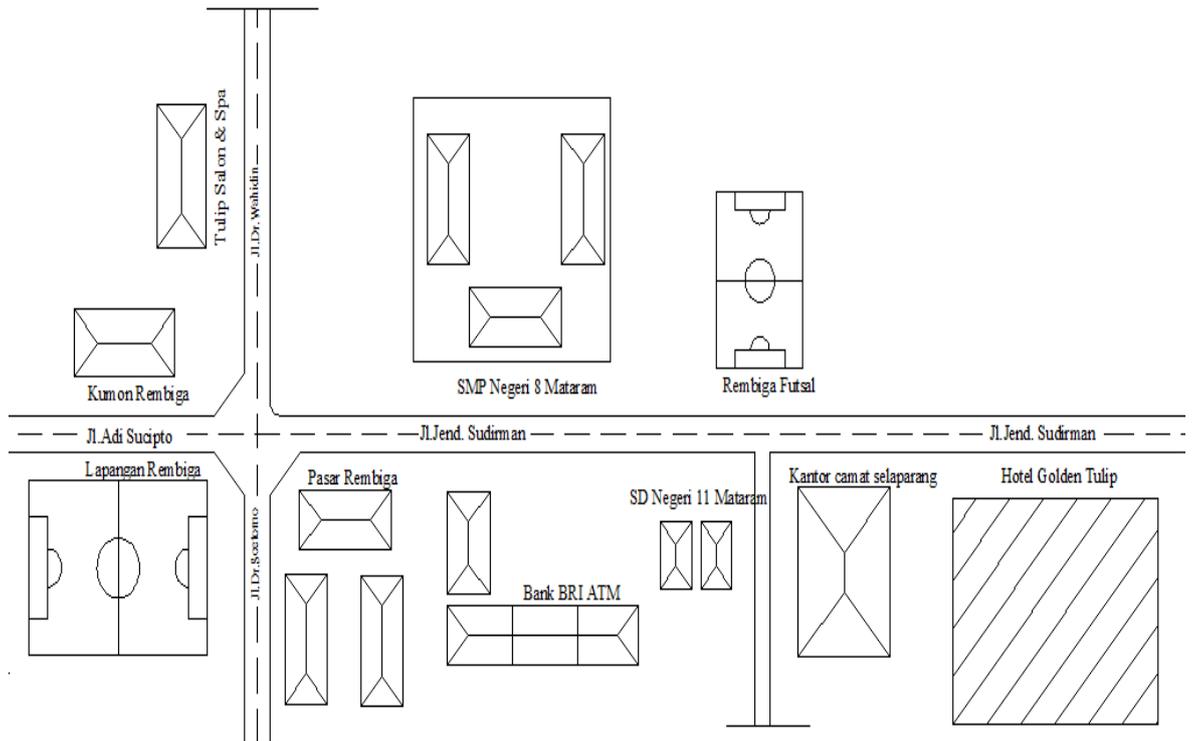
BAB IV

METODE PERENCANAAN

4.1 Peta lokasi

Hotel golden tulip atau yang sekarang berganti nama menjadi Hotel Lombok Astoria berada di kota mataram yang lebih tepatnya beralamat di Jl.Jend.Sudirman No 40, Rembiga, Kec. Selaparang, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. Dengan kode pos 83124. Untuk Lokasi ini dapat dilihat pada peta dibawah ini





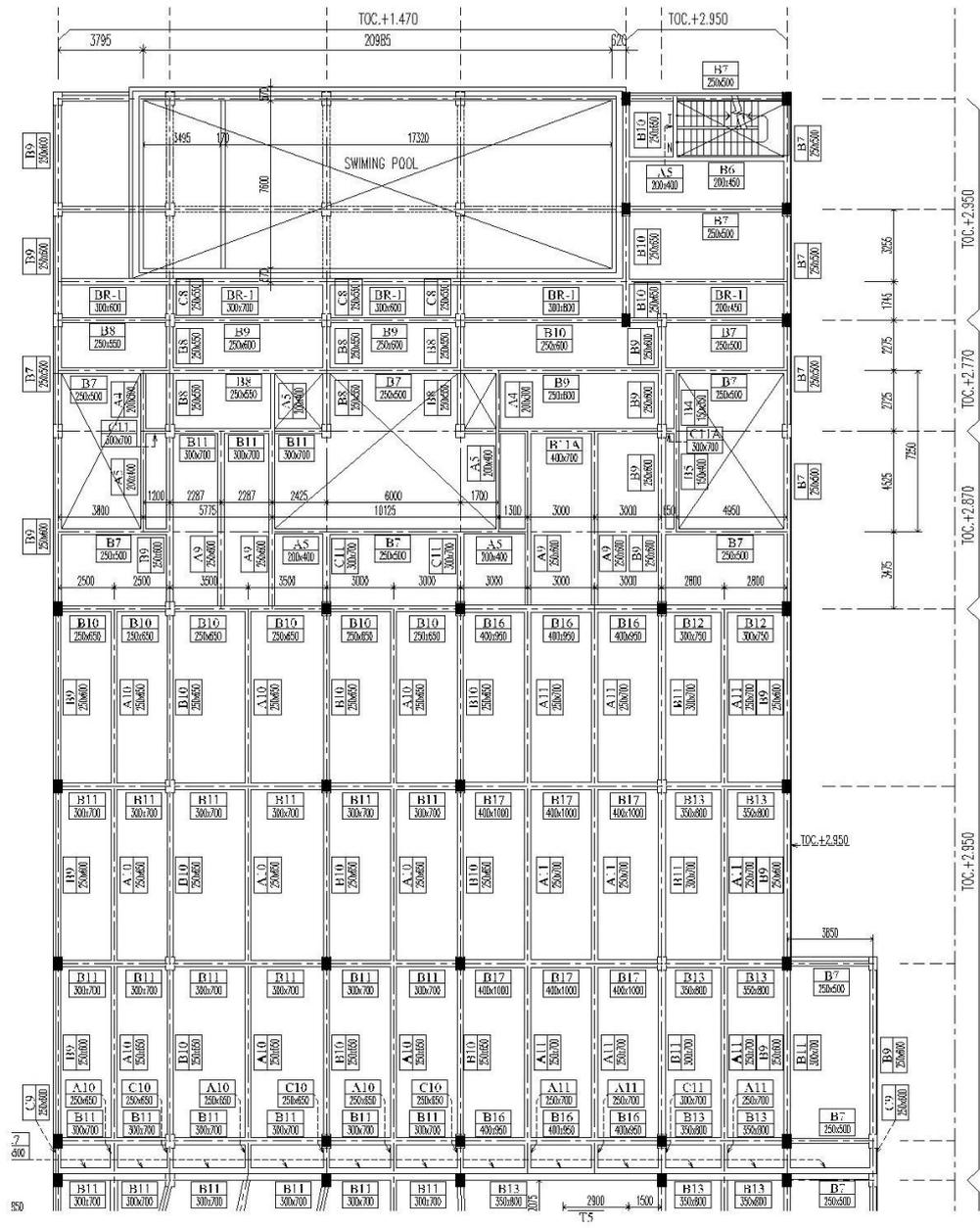
Gambar 4.1 Lokasi Hotel Golden Tulip

4.2 Deskripsi model struktur

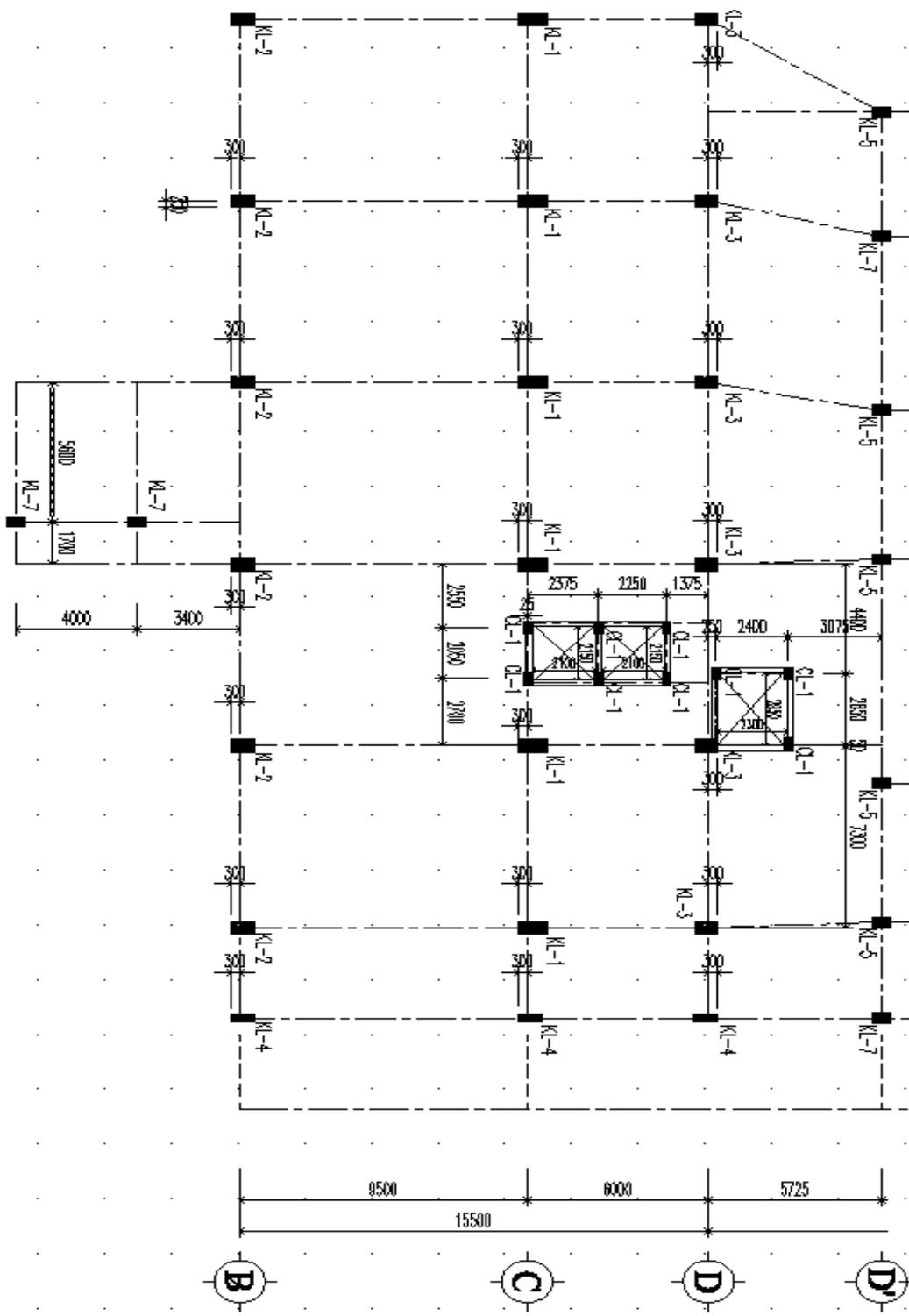
Hotel Golden Tulip atau yang sekarang berganti nama menjadi Hotel Lombok Astoria merupakan suatu gedung yang digunakan sebagai penginapan dengan bentuk struktur beraturan yang terdiri dari satu bangunan gedung yang membentang tinggi. Bangunan gedung ini terdiri dari sebelas lantai dengan dilengkapi besment dibawah lantai dasarnya dan diatasnya memiliki satu dak untuk atap. Struktur bangunan dirancang dengan menggunakan material beton.

Untuk kondisi tanah nya sendiri menurut SNI-1726-2012 berada pada kondisi tanah lunak (SE) dan sisitem plat lantai yang digunakan merupakan sistem pelat lantai dua arah dengan menggunakan struktur beton konvensional dan untuk baloknya sendiri menggunakan balok kompleks dimana balok membenteng kedua arah yang berbeda dengan kedua arah balok tersebut saling membantuk dalam memikul beban dengan memberikan kekuatan kombinasi kekuatan lentur

dan torsiya. Dalam tugas akhir ini, pada gedung hotel golden tulip akan dirancang plat lantai sistem balok grid diagonal. Untuk tampilan tampak dan denah balok beserta gambar yang lainnya akan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Denah lantai dasar



Gambar 4.4 Denah kolom

4.3 Pengumpulan data

4.3.1 Data umum bangunan

- a. Nama Bangunan : Hotel Golden Tulip
- b. Fungsi : Penginapan dan Pertemuan
- c. Jumlah Lantai : 12 Lantai
- d. Tinggi Lantai : - Lantai dasar = 3.8 meter
- Lantai 1 – 3 = 14.6 meter
- Lantai 5 – 12 = 25.2 meter
- e. Tinggi Gedung : 43.6 meter
- f. Sistem Plat : Sistem Plat Konvensional
- g. Sistem Balok : Sistem Balok Kompleks

4.3.2 Pemodelan struktur

Struktur bangunan utama untuk gedung Hotel Golden Tulip ini direncanakan dengan system portal ruang atau portal terbuka dan kolom terjepit kaku pda pondasi, struktur gedung dimodelkan dan dianalisis dengan semua elmen menggunakan program SAP 2000 V.14

Elemen struktur tersebut antara lain :

- a. Penggambaran Plat Lantai
- b. Penggambaran Sisitem Balok Grid Diagonal
- c. Penggambaran Kolom
- d. Pemodelan Pondasi

4.3.3 Data bahan

- a. Material

Material yang digunakan dalam merencanakan ulang struktur bangunan ini sama dengan material perencanaan awal yaitu material beton bertulang yang mempunyai mutu beton ($f'_c = 30 \text{ Mpa}$), mutu beton untuk borepile ($f'_c = 20 \text{ Mpa}$). Untuk mutu baja tulangan polos ($f_y = 240 \text{ Mpa}$) dan mutu tulangan deform ($f_y = 240 \text{ Mpa}$) dan mutu baja tulangan deform ($f_y = 400 \text{ Mpa}$)

b. Gambar kerja dan desain gedung

Adapun gambar kerja yang terlampir yaitu :

- Denah belok dan kolom Hotel Golden Tulip
- Potongan gedung Hotel Golden Tulip
- Data penampang elemen gedung Hotel Golden Tulip

4.3.4 Data tanah

Data tanah yang digunakan berasal dari tempat yang akan dijadikan pembangunan gedung Hotel Golden Tulip Berupa data boring.

4.3.5 Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur gedung Hotel Golden Tulip ini berdasarkan SNI-1727-2013, SNI-1726-2012 dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983). Beban – beban yang bekerja pada struktur bangunan antara lain :

a. Beban mati

Beban mati merupakan berat dari seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, didinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektur dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran, berdasarkan SNI-1727-2013 pasal 3.1

b. Beban Hidup Lantai dan Atap

Beban hidup termasuk beban yang dapat mempengaruhi struktur gedung hotel tersebut, yang termasuk beban hidup adalah beban yang di akibatkan 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, hal ini berdasarkan SNI-1727-2013 pasal 4.1

c. Beban Gempa

Gempa bumi merupakan proses pelepasan energi gelombang *seismic* yang terjadi secara tiba – tiba. Pelapasan ini diakibatkan karena adanya deformasi lempeng tektonik yang terjadi pada kerak bumi, dari definisi gempa sebelumnya dapat dipastikan bahwa perhitungan beban gempa berpengaruh penting pada gedung hotel golden tulip, Untuk pembebanan gempa ini direncanakan sesuai dengan SNI-1726-2012 dengan metode dinamik respon spektrum.

4.3.6 Analisa struktur dengan menggunakan SAP 2000 V.14

4.3.6.1 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.

4.3.6.2 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/Plat 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.

4.4 Perencanaan Struktur

4.4.1 Perencanaan Pelat Lantai

Langkah – langkah perencanaan pelat sebagai berikut :

- Menentukan Tebal pelat lantai
- Menentukan dimensi pelat lantai
- Menghitung pembebanan pada pelat lantai
- Menghitung penulangan pada pelat

4.4.2 Perencanaan Statika Pembebanan

Langkah – langkah perencanaan balok sebagai berikut :

- Menghitung beban mati pada portal
- Menghitung beban hidup pada porta
- Menghitung beban Gempa pada portal I

4.4.3 Perencanaan Balok Grid Diagonal

Langkah – langkah perencanaan balok sebagai berikut :

- Menentukan dimensi balok grid
- Menghitung pembebanan pada balok grid
- Menghitung statika balok dengan menggunakan software SAP 2000 V.14
- Menghitung penulangan balok

4.4.4 Perencanaan Balok Induk

Langkah – langkah perencanaan balok induk sebagai berikut :

- Menentukan dimensi balok induk
- Menghitung statika balok dengan menggunakan software SAP 2000 V.14
- Menghitung penulangan balok

4.4.5 Perencanaan Kolom

Langkah – langkah perencanaan kolom sebagai berikut :

- Menentukan dimensi kolom
- Menghitung statika dengan software SAP 2000 V.14
- Menghitung tulangan kolom

4.4.6 Perencanaan Joint Balok Kolom

Langkah – langkah perencanaan kolom sebagai berikut :

- Menentukan momen pada balok dan kolom
- Menghitung lapis tulangan

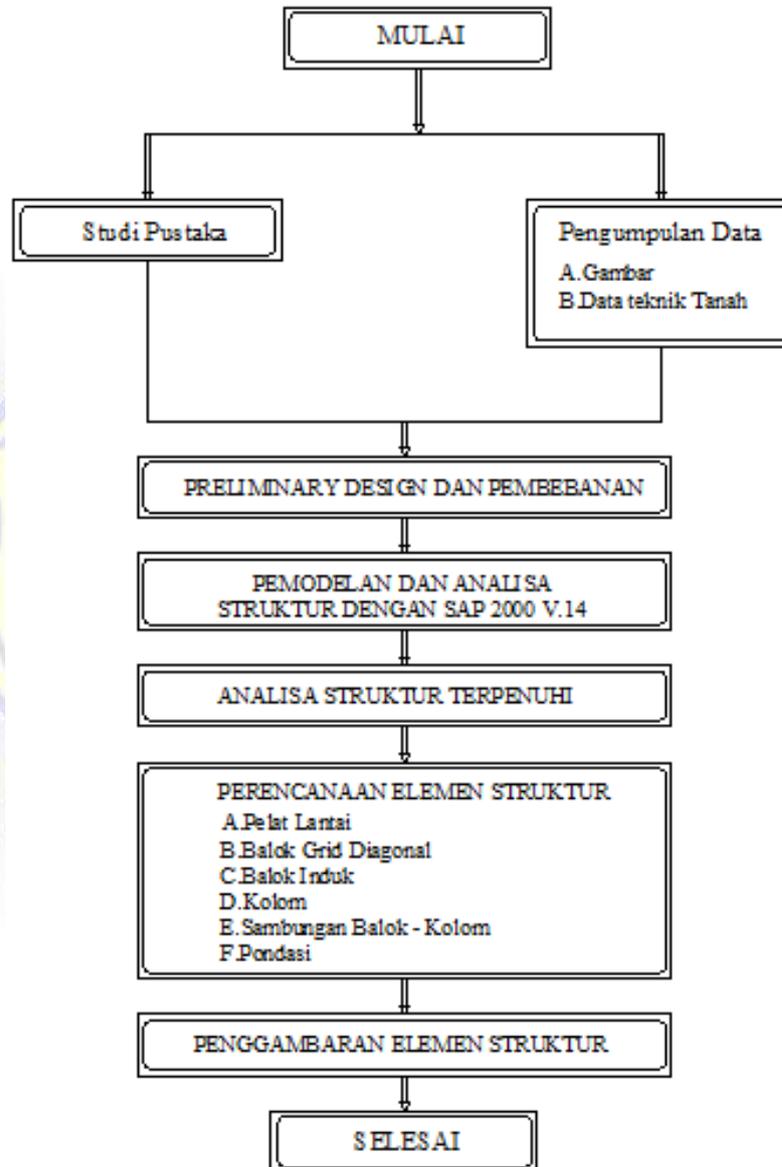
4.4.7 Perencanaan Pondasi

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

- Menganalisa karakteristik tanah
- Menghitung pembebanan untuk menentuksn daya dukung tanah,
- Menghitung jenis dan dimensi tiang bore
- Menghitung daya dukung individual tiang bore
- Menentukan jarak antar tiang dan jumlah tiang bore
- Menghitung daya dukung kelompok tiang bore
- Merencanakan tulangan kepala tiang pilecap.

4.5 Bagan alir perencanaan struktur

Untuk lebih jelasnya proses perencanaan, berikut ini disajikan bagan Aliran pada gambar 4.5



Gambar 4.5 bagan alir struktur

Penjelasan mengenai tahapan pada bagan alir struktur diatas

a. Tahapan awal yaitu pengumpulan data dan studi pustaka

Pada tahapan awal ini dilakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan pembangunan hotel yaitu berupa gambar rencana dan data teknis tanah, dari kedua data tersebut dapat dijadikan panduan studi dalam melakukan perancangan sesuai dengan judul skripsi ini. Dalam merancang hotel ini diperlukan studi pustaka dari berbagai sumber yang pada intinya dapat mendukung terselesaikannya skripsi ini.

b. Preliminary Design dan Pembebanan

Preliminary design adalah penguraian rumus yang berkaitan dengan perancangan struktur dimana pada setiap masing – masing komponen memiliki pembahasan rumus, sedangkan untuk pembebanan terkait struktur tersebut diambil dari buku yang berkaitan dengan pembebanan misalnya seperti SNI 1727 2013 dan buku lain – lainnya.

c. Pemodelan dan Analisa Struktur dengan SAP 2000 V.14

Untuk pemodelan struktur digunakan aplikasi SAP 2000 V.14 sesuai dengan saran dosen pembimbing.

d. Analisa Struktur Terpenuhi

Terpenuhinya analisa struktur apabila model dari struktur mampu menahan beban yang berkerja dalam setiap komponennya.

e. Penggambaran elemen struktur

Penggambaran merupakan tahapan akhir setelah dari serangkaian tahapan yang sebelumnya telah terpenuhi.