

**EVALUASI PERHITUNGAN DIMENSI TULANGAN BALOK  
TERHADAP ANALISA STRUKTUR PADA R6 PORTAL AS-32  
PROYEK PEMBANGUNAN RUKO CITRALAND BAGYA CITY  
MEDAN**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil  
Universitas Medan Area

**SKRIPSI**

Disusun Oleh:

**LIDYA ROSALIA SIHOMBING**

**NPM: 15.811.0114**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN**

**2018**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sajana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian- bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi- sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Januari 2018

Penulis



Lidya Rosalia Sihombing

NPM 15.811.0114

**LEMBAR PENGESAHAN**

**EVALUASI PERHITUNGAN DIMENSI TULANGAN BALOK  
TERHADAP ANALISA STRUKTUR PADA R6 PORTAL AS-32  
PROYEK PEMBANGUNAN RUKO CITRALAND BAGYA CITY  
MEDAN**

**SKRIPSI**

Disusun oleh:

**LIDYA ROSALIA SIHOMBING**

**15 811 0114**

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

  
**Ir. NURMAIDAH, M.T.**

  
**Ir. H SUBUR PANJAITAN, M.T.**

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik,

Ketua Program Studi Teknik Sipil,

  
**Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M.Eng**

  
**Ir. KAMALUDDIN LUBIS, M.T.**

## ABSTRAK

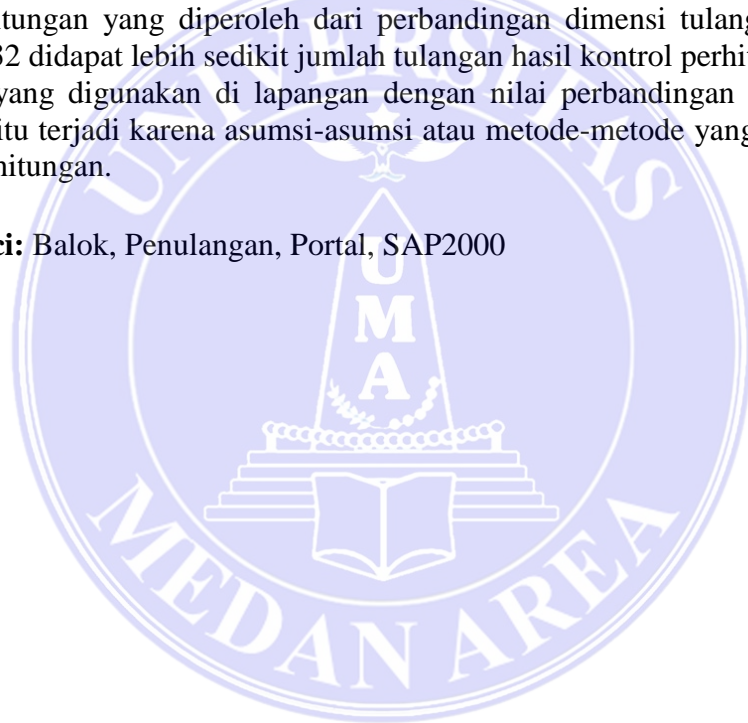
Dalam perencanaan bangunan konstruksi bertingkat perlu memperhatikan segala aspek yang mempengaruhi struktur bangunan dan pertimbangan yang matang, terutama bila suatu gedung bertingkat dirancang tahan terhadap gempa maka pertimbangan struktur akan mempengaruhi perencanaan dalam menentukan alternatif perencanaan. Perencanaan bangunan bertingkat perlu memperhatikan beberapa kriteria, antara lain kriteria kekuatan, perilaku struktur yang baik pada taraf gempa rencana serta aspek ekonomis.

Topik bahasan dititikberatkan pada perbandingan dimensi tulangan balok rencana terhadap analisa struktur. Tujuan penulisan laporan ini adalah untuk mengetahui serta mengontrol bagaimana perhitungan penulangan lentur pada struktur balok.

Untuk pemecahan masalah ini dilakukan studi kasus yang memberikan informasi teoritis dan analisis. Informasi yang berbentuk data diolah melalui simulasi komputer Program Analisa Struktur. Atas pemodelan yang dibuat, dianalisis untuk memperoleh hasil dan dibahas untuk perhitungan perbandingan dimensi tulangan balok.

Hasil perhitungan yang diperoleh dari perbandingan dimensi tulangan struktur balok portal AS-32 didapat lebih sedikit jumlah tulangan hasil kontrol perhitungan dari jumlah tulangan yang digunakan di lapangan dengan nilai perbandingan max 33%, adanya perbedaan itu terjadi karena asumsi-asumsi atau metode-metode yang berbeda di dalam analisa perhitungan.

**Kata Kunci:** Balok, Penulangan, Portal, SAP2000





## ABSTRACT

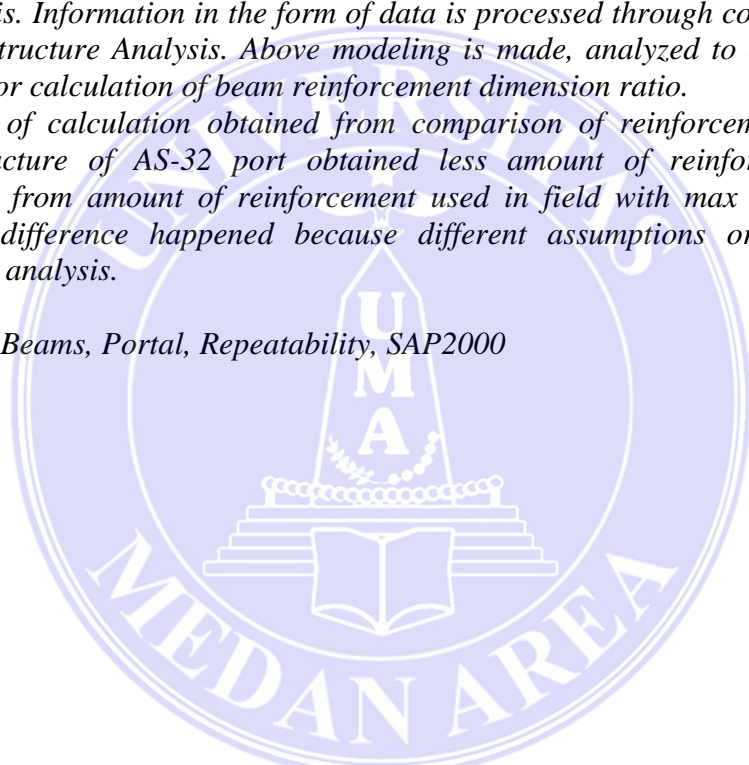
*In the planning of multi-storey construction buildings need to pay attention to all aspects that affect the structure of the building and consideration of mature, especially if a multi-story building is designed to withstand earthquakes, the structure considerations will affect the planner in determining alternative planning. Multi-storey building planning needs to pay attention to several criteria, including strength criteria, good structural behavior at the stage of the earthquake plan as well as economical aspects.*

*Discussion topics focused on the comparison of reinforcement plan beam dimension to structural analysis. The purpose of this report is to know and control how the calculation of flexural repetition on the beam structure.*

*For solving this problem a case study is provided that provides theoretical information and analysis. Information in the form of data is processed through computer simulation Program Structure Analysis. Above modeling is made, analyzed to obtain results and discussed for calculation of beam reinforcement dimension ratio.*

*The result of calculation obtained from comparison of reinforcement dimension of portal structure of AS-32 port obtained less amount of reinforcement result of calculation from amount of reinforcement used in field with max comparison value 33%, the difference happened because different assumptions or methods in the calculation analysis.*

**Keywords:** *Beams, Portal, Repeatability, SAP2000*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Penulisan laporan ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa adanya bantuan, dukungan material, spiritual dan informasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.S.C., Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M.Eng., Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, M.T., Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Ibu Ir. Nurmaidah, M.T., Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. H Subur Panjaitan, M.T., Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
6. Seluruh staf dan pekerja PT. PP (Pembangunan Perumahan).
7. Orang tua kami yang memberikan dukungan moral dan semangat dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.
8. Rekan-rekan Mahasiswa Universitas Medan Area, khususnya jurusan Teknik Sipil yang telah turut membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu namanya.

Penulis sudah menyajikan Tugas Akhir ini dengan baik, namun penulis merasa mungkin masih banyak terdapat kekurangan dan kesilapan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritikan untuk membangun Tugas Akhir ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini ditulis, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca laporan ini, terutama di dunia pendidikan dalam bidang Teknik Sipil.

Medan, Januari 2018



Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR NOTASI .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Perumusan Masalah .....	2
1.4 Kerangka Penulisan .....	2
<b>BAB II. TINJAUAN KEPUSTAKAAN</b>	
2.1 Struktur Beton dan Beton Bertulang .....	3
2.2 Standar Perencanaan .....	5
2.3 Perilaku Balok Beton Bertulang .....	7
2.4 Beban .....	10
2.5 Kombinasi Momen Rencana Balok .....	22
2.6 Desain Lentur Balok Beton Bertulang .....	22
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Gambaran Umum .....	33
3.2 Teknik Pengolahan Data .....	33

**BAB IV. PEMBAHASAN**

4.1 Data Struktur Balok.....	44
4.2 Perhitungan Gaya-Gaya yang Bekerja pada Struktur .....	47
4.3 Penulangan Lentur Balok.....	60
4.4 Hasil .....	76
4.5 Pembahasan.....	79

**BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	82
5.2 Saran.....	82

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN-LAMPIRAN**





## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Berat sendiri bahan bangunan.....	11
Tabel 2.2	Berat sendiri komponen bangunan .....	12
Tabel 2.3	Beban hidup .....	14
Tabel 2.4	Faktor keutamaan I untuk berbagai kategori gedung .....	16
Tabel 2.5	Parameter daktilitas struktur gedung .....	18
Tabel 2.6	Nilai $\rho_b$ , $\rho_{maks}$ , dan $R_{u maks}$ berbagai mutu beton dan tulangan baja.....	24
Tabel 4.1	Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa pada arah Y .....	51
Tabel 4.2	Waktu getar bangunan pada arah Y ( $T_y$ ).....	53
Tabel 4.3	Momen tumpuan dan lapangan pada balok .....	59
Tabel 4.4	Hasil perhitungan tulangan.....	76

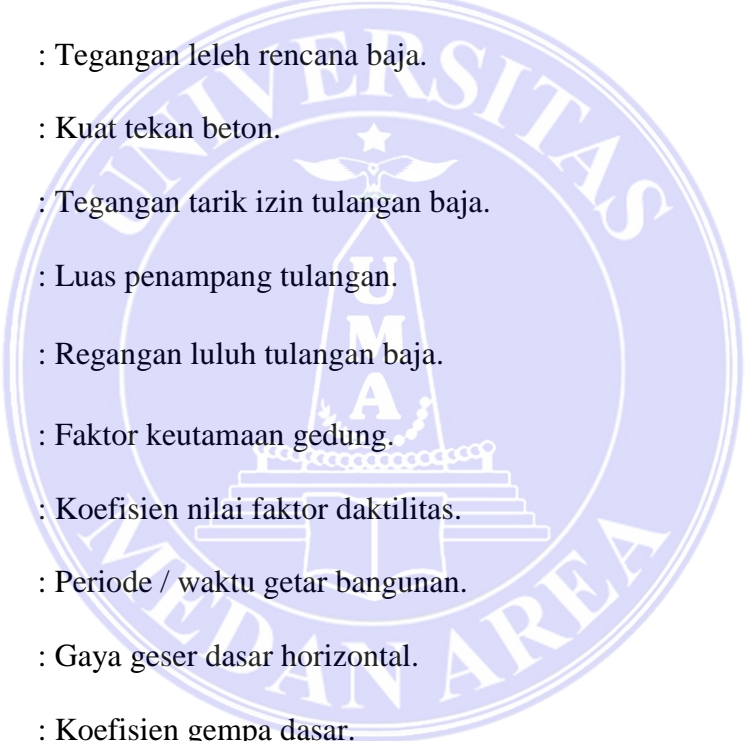
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tiga macam keruntuhan balok ditinjau dari presentase tulangan baja .	8
Gambar 2.2 Kurva hubungan tegangan dan regangan .....	9
Gambar 2.3 Balok terlentur akibat beban sederhana .....	23
Gambar 2.4 Gambar penampang balok persegi bertulangan tunggal .....	24
Gambar 2.5 Gambar penampang balok persegi bertulangan rangkap .....	26
Gambar 2.6 Diagram alir balok persegi .....	28
Gambar 2.7 Penampang balok T .....	29
Gambar 3.1 Menentukan dimensi portal .....	34
Gambar 3.2 Bagan define grid system data .....	35
Gambar 3.3 <i>Frame properties</i> .....	35
Gambar 3.4 <i>Add frame section property</i> .....	36
Gambar 3.5 Rectangular section .....	36
Gambar 3.6 New labels .....	37
Gambar 3.7 Properties of object .....	37
Gambar 3.8 Menggambar rangka portal .....	38
Gambar 3.9 Joint restraints / pondasi .....	38
Gambar 3.10 Gambar pondasi .....	39
Gambar 3.11 Define load patterns .....	39
Gambar 3.12 Define load cases .....	40
Gambar 3.13 Load combination data .....	40
Gambar 3.14 Frame distributed loads .....	41
Gambar 3.15 Pembebanan portal .....	42
Gambar 3.16 Hasil perhitungan pembebanan .....	42

Gambar 3.17 Flowchart perhitungan dimensi tulangan balok.....	43
Gambar 4.1 Denah lantai .....	45
Gambar 4.2 Portal arah y .....	46
Gambar 4.3 Gaya geser horizontal total akibat gempa sepanjang tinggi gedung ...	51
Gambar 4.4 Gaya gempa total terhadap berat gedung .....	52
Gambar 4.5 Denah pembebanan gravitasi .....	54
Gambar 4.6 Denah pembebanan gravitasi .....	54



## DAFTAR NOTASI



$\emptyset$	: Kuat nominal; diameter tulangan.
$\phi$	: Faktor reduksi.
U	: Kuat perlu.
$\emptyset M_n$	: Kuat nominal momen rencana.
$\emptyset V_n$	: Kuat nominal gaya geser rencana.
$\emptyset P_n$	: Kuat nominal gaya torsi rencana.
$f_y$	: Tegangan leleh rencana baja.
$f'_c$	: Kuat tekan beton.
$f_s$	: Tegangan tarik izin tulangan baja.
$A_s$	: Luas penampang tulangan.
$\epsilon_y$	: Regangan luluh tulangan baja.
I	: Faktor keutamaan gedung.
$\mu$	: Koefisien nilai faktor daktilitas.
T	: Periode / waktu getar bangunan.
V	: Gaya geser dasar horizontal.
$C_1$	: Koefisien gempa dasar.
I	: Faktor keutamaan bangunan.
W	: Berat total bangunan.
R	: Faktor jenis struktur.
D	: Diameter tulangan.
$\rho_{maks}$	: rasio tulangan maksimum.
R	: Faktor jenis struktur.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan penduduk semakin pesat di Indonesia sementara lahan yang tersedia semakin sempit terkhusus diperkotaan maka banyak orang lebih memilih rumah tempat tinggal mereka berbentuk Ruko, dimana selain dapat dijadikan tempat tinggal dapat juga dijadikan sebagai tempat usaha. Rumah toko atau yang sering disebut dengan Ruko adalah sebutan bagi bangunan-bangunan di Indonesia yang umumnya bertingkat antara dua hingga lima lantai, di mana lantai-lantai bawahnya digunakan sebagai tempat berusaha ataupun semacam kantor sementara lantai atas dimanfaatkan sebagai tempat tinggal. Hal ini benar-benar menjadi lahan bisnis dalam dunia konstruksi yang berkembang saat ini. Karena bentuk bangunan yang dianggap sederhana sering kali terjadi pengawasan yang kurang efisien dalam pembangunan Ruko sehingga sering terjadi kerusakan Ruko sebelum Ruko selesai dibangun. Mengingat pentingnya hal tersebut maka penulis memilih topik pembahasan tentang kontrol dimensi tulangan balok rencana terhadap analisa struktur pada Proyek Pembangunan Ruko Citraland Bagya City Medan. Dalam hal ini penulis khusus membahas balok pada proyek tersebut. Dimana balok merupakan salah satu struktur utama yang berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi ke kolom. Adapun yang dimaksud dengan balok adalah bagian dari struktur yang berfungsi untuk menopang lantai di atasnya, balok juga berfungsi menyalurkan pembebanan ke kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan juga geser. Disini penulis akan memaparkan apakah dimensi tulangan balok yang direncanakan sudah aman dan ekonomis terhadap penampang.



## **1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud penelitian ini adalah menghitung dimensi tulangan balok terhadap analisa struktur pada R6 portal AS-32 berdasarkan SNI 2847 : 13.

Tujuan penelitian ini adalah membandingkan dimensi tulangan balok yang sudah terlaksana di proyek dengan perhitungan tulangan balok berdasarkan SNI 2847 : 13.

## **1.3 Perumusan Masalah**

Adapun permasalahan yang akan timbul dalam pembahasan ini adalah Bagaimana membandingkan tulangan balok yang ada di proyek dengan perhitungan menurut SNI 2847 : 13 dengan memakai metode SAP 2000 V.12.

## **1.4 Kerangka Penulisan**

Adapun kerangka penulisan ini adalah:

BAB I   Pendahuluan; Latar belakang, Maksud dan Tujuan Penelitian, perumusan masalah, Kerangka Penulisan.

BAB II   Tinjauan Pustaka; Beton Bertulang, Portal, Pembebanan Pada Struktur Bangunan Bertingkat, Kombinasi Momen Rencana Balok, Analisis dan Desain Struktur Menggunakan SAP 2000 v.12

BAB III   Metodelogi Penelitian; Tahapan Penelitian, Teknik Pengolahan Data.

BAB IV   Pembahasan; Kontrol Dimensi Balok Rencana Terhadap Analisa Struktur.

BAB V   Kesimpulan dan Saran.

## BAB II

### TINJAUAN KEPUSTAKAAN

#### 2.1 Struktur Beton dan Beton Bertulang

Proses desain suatu struktur secara garis besar dilakukan melalui dua tahapan yaitu:

- a. Menentukan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut dengan menggunakan metode-metode analisis struktur yang tepat.
- b. Menentukan dimensi dan ukuran dari tiap elemen struktur secara ekonomis dengan mempertimbangkan faktor keamanan, stabilitas, kemampuan, serta fungsi dari struktur tersebut.

Beton adalah salah satu jenis material yang paling sering digunakan dalam pembuatan berbagai jenis struktur. Beton sendiri adalah material konstruksi yang diperoleh dari pecampuran pasir, kerikil / batu pecah, semen serta air. Terkadang beberapa macam bahan tambahan dicampurkan kedalam campuran tersebut dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat dari beton, yakni antara lain untuk meningkatkan *workability*, *durability*, serta waktu pengerasan beton.

Campuran beton tersebut seiring dengan bertambahnya waktu akan menjadi keras seperti batuan, dan memiliki kuat tekan yang tinggi namun kuat tarik yang rendah. Beton bertulang adalah kombinasi dari beton serta tulangan baja, yang bekerja secara bersama-sama untuk memikul beban yang ada. Tulangan baja akan memberikan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Selain itu, tulangan baja juga mampu memikul beban tekan, seperti digunakan pada elemen kolom beton. Agar suatu bangunan struktur beton bertulang dapat berfungsi dengan baik maka

seorang perencana wajib mendesain elemen-elemen strukturnya dengan benar dan tepat. Pada suatu struktur beton bertulang dikenal beberapa jenis elemen yang sering digunakan yaitu elemen pelat lantai, balok, kolom, dinding dan pondasi.

#### 1. Pelat Lantai

Pelat lantai adalah suatu elemn horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu balok, kolom dan dinding.

#### 2. Balok

Balok adalah elemen horizontal ataupun miring yang panjang dengan ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurka beban dari pelat. Pada umumnya balok dicetak secara momolit dengan pelat lantai, sehingga akan membentuk balok penampang T pada balok interior dan balok penampang.

#### 3. Kolom

Kolom merupakan elemen penting yang memikul beban dari balok dan pelat. Kolom dapat memikul beban aksial saja, namun lebih sering kolom direncanakan sebagai pemikul beban kombinasi aksial dan lentur.

#### 4. Rangka

Rangka adalah gabungan antara elemen balok dan rangka akan membentuk suatu sistem struktur rangka. Sistem struktur rangka dapat merupakan statis tertentu dan tak tentu.

5. Dinding

Dinding merupakan elemen pelat vertikal yang dapat memikul beban gravitasi maupun beban lateral seperti dinding pada lantai basement atau dapat direncanakan memikul beban lateral gempa bumi dikenal dengan dinding geser (*Shear wall*).

6. Pondasi

Pondasi adalah elemen pemikul beban dari kolom yang kemudian menyalurkannya kelapisan tanah keras.

**2.2 Standar Perencanaan**

Proses perencanaan dan konstruksi struktur bangunan di Amerika sebelum tahun 2000 dikenal 3 macam standar perencanaan bangunan yaitu *Uniform Building Code (UBC)*, *Standard Building Code*, dan *Basic Building Code*. Setelah tahun 2000 ketiga macam peraturan diperbaharui oleh *International Building Code (IBC)* per tiap 3 tahun sekiranya. Peraturan desain yang spesifik untuk struktur beton bertulang diatur dalam *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11)*, sedangkan di Indonesia menggunakan SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung yang disusun dengan acuan ACI. Konsep yang dianut SNI dikenal sebagai metode LFRD (*Load and Resistance Factor Design*). Adapun persyaratan dasar yang harus dipenuhi dalam desain adalah:

$$\text{Kuat Rencana} \geq \text{Kuat Perlu}$$

$$\phi (\text{Kuat Nominal}) \geq U \quad \dots\dots\dots \text{Pers 2.1}$$

Kuat nominal menggambarkan tingkat kekuatan elemen struktur yang dapat dihitung dengan metode-metode konservatif yang telah di standarkan dalam peraturan, sedangkan kuat perlu ( $U$ ) dihitung dengan mempertimbangkan faktor beban sesuai jenis beban yang bersangkutan seperti beban mati ( $D$ ), beban hidup ( $L$ ), beban angin ( $W$ ), atau beban gempa ( $E$ ). Secara khusus untuk elemen struktur yang memikul momen lentur, geser dan gaya aksial, maka persamaannya sebagai berikut:

$$\phi M_n \geq M_u \quad \dots\dots\dots \text{Pers 2.2}$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad \dots\dots\dots \text{Pers 2.3}$$

$$\phi P_n \geq P_u \quad \dots\dots\dots \text{Pers 2.4}$$

Indeks  $n$  menunjukkan kuat momen lentur, kuat geser dan gaya aksial nominal sedangkan indeks  $u$  menunjukkan beban terfaktor dari momen lentur, gaya geser dan gaya aksial yang harus dipikul elemen struktur tersebut. Untuk menghitung beban terfaktor pada sisi kanan persamaan tersebut, maka besarnya masing-masing beban dikalikan dengan faktor beban yang bersesuaian dan dikombinasikan sesuai standar peraturan yang berlaku.

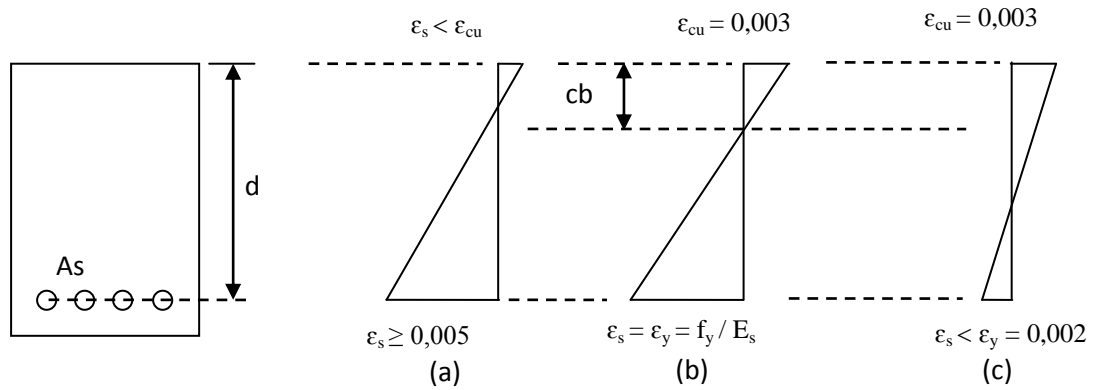


### 2.3 Perilaku Balok Beton Bertulang

Balok tidak efisien sebagai fungsi komponen struktur lentur, karena kuat tariknya jauh lebih kecil dibandingkan kuat tekannya. Untuk alasan inilah maka tulangan baja diletakkan pada bagian penampang yang mengalami tegangan tarik, sedekat mungkin dengan serat tarik terluar dari balok beton. Pada balok beton bertulang, gaya tarik yang timbul sebagai akibat dari momen lentur ditahan oleh tulangan baja, sedangkan beton sendiri bekerja menahan gaya tekan yang timbul. Untuk mencegah terjadinya slip antara tulangan baja dan beton serta menjamin terjadinya lekatan yang baik disarankan menggunakan tulangan baja ulir.

Berdasarkan presentase tulangan baja yang digunakan dalam suatu komponen struktur balok, maka terdapat 3 macam keruntuhan lentur balok yang dapat terjadi:

- a. Tulangan baja akan mencapai kuat luluhnya sebelum beton mencapai kuat maksimumnya. Pada kasus ini, keruntuhan disebabkan oleh luluhnya tulangan baja akibat regangan yang cukup tinggi mencapai 0,005 atau lebih.
- b. Tulangan baja akan mencapai kuat luluhnya dan pada saat yang bersamaan beton mencapai regangan ultimitnya sebesar 0,003.
- c. Pada balok dengan presentase tulangan baja yang cukup besar, beton akan runtuh sebelum tulangan baja mencapai kuat luluhnya. Disini beton mencapai kuat tekan dan regangan ultimitnya, namun tegangan pada tulangan baja ( $f_s$ ), masih jauh dibawah tegangan luluhnya, sedangkan regangan pada tulangan baja akan sama dengan atau kurang dari 0,002.



Gambar 2.1 Tiga macam keruntuhan balok ditinjau dari presentase tulangan baja.

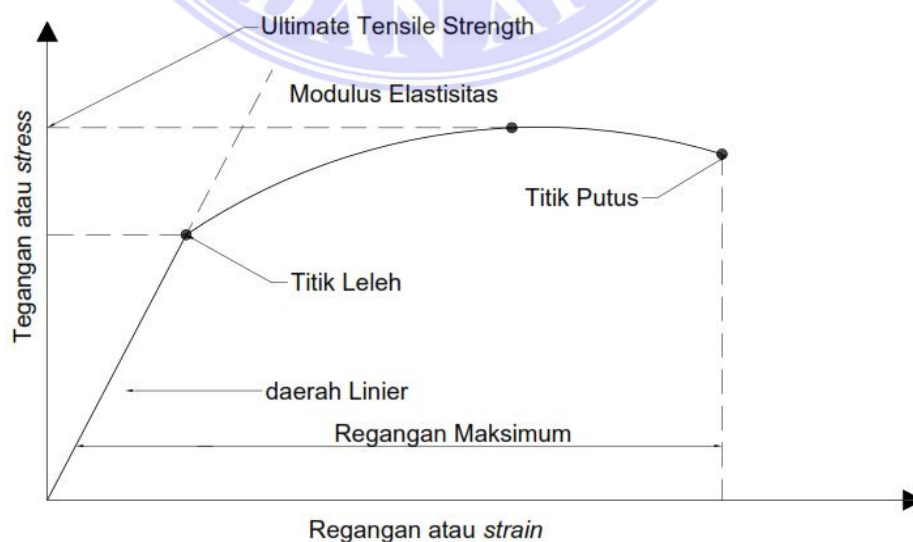
Di dalam perencanaan beton bertulang biasa maupun beton prategang dalam SNI 2847:2013, berdasarkan konsep regangan yang terjadi pada penampang beton dan tulangan baja, ada 3 macam jenis penampang yang didefinisikan sebagai berikut:

1. Kondisi regangan seimbang (*balanced strain condition*). Kondisi ini terjadi pada satu penampang ketika tulangan baja tarik mencapai regangan luluh ( $\epsilon_y$ ), sedangkan beton yang tertekan mencapai regangan ultimitnya sebesar 0,003. Penampang demikian dinamakan sebagai penampang seimbang.
2. Penampang terkendali tekan (*compression controlled section*). Ini terjadi apabila regangan tulangan tarik keluar sama atau kurang dari batasan regangan yang diizinkan, sedangkan beton mencapai regangan ultimit sebesar 0,003. Untuk tulangan baja dengan  $f_y = 400$  MPa, batasan regangan tekan sama dengan 0,002. Kasus ini umumnya terjadi pada komponen struktur kolom yang menerima gaya aksial dan momen lentur.

3. Penampang terkendali tarik (*tension controlled section*). Ini terjadi ketika regangan baja mencapai 0,005 atau lebih, yang terjadi ketika beton mencapai regangan ultimitnya sebesar 0,003.

Kuat nominal dari suatu komponen struktur (baik yang memikul lentur, beban aksial, geser maupun puntir), yang dihitung berdasarkan kaidah-kaidah yang berlaku, harus dikalikan dengan faktor reduksi yang besarnya kurang dari satu. Hasil kali antara kuat nominal dengan faktor reduksi disebut **kuat rencana**. Penggunaan faktor reduksi dilakukan dengan mengingat beberapa hal sebagai berikut:

- a. Untuk mengantisipasi segala ketidakpastian dari kuat nominal penampang akibat dimensi material, serta ketidakakuratan persamaan-persamaan dalam perencanaan.
- b. Untuk merefleksikan tingkat daktilitas dan keandalan komponen struktur akibat efek yang ditimbulkan oleh beban kerja.
- c. Untuk merefleksikan tingkat kepentingan suatu komponen struktur.



Gambar 2.2 Kurva Hubungan Tegangan dan Regangan  
(Sumber : Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo)

Dalam SNI 2847:2013 pasal 9.3 digunakan beberapa nilai faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ), sebagai berikut:

- Untuk penampang terkendali tarik  $\phi = 0,90$
- Untuk penampang terkendali tekan
  - Dengan tulangan spiral  $\phi = 0,75$
  - Tulangan non-spiral  $\phi = 0,65$
- Untuk geser dan puntir  $\phi = 0,75$
- Untuk tumpu pada beton  $\phi = 0,65$

## 2.4 Beban

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Pada umumnya penentuan besarnya beban hanya merupakan suatu estimasi saja. Distribusi beban dari elemen ke elemen dalam suatu struktur memerlukan asumsi dan pendekatan. Beberapa jenis beban yang sering dijumpai antara lain:

### 1. Beban Mati

Beban mati adalah beban gravitasi yang berasal dari berat semua komponen gedung/bangunan yang bersifat permanen selama masa layan struktur tersebut. Termasuk pula kedalam jenis beban mati adalah unsur-unsur tambahan, mesin serta peralatan tetap yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. Selain itu berat sendiri struktur, sistem perpipaan, jaringan listrik, penutup lantai, serta plafon juga termasuk beban

mati. Besar beban mati pada suatu gedung dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Berat sendiri bahan bangunan

<b>NO</b>	<b>Bahan Bangunan</b>	<b>Berat Sendiri (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
1	Baja	7850
2	Batu Alam	2600
3	Batu belah, batu bulat, atau gunung (berat tumpuk)	1500
4	Batu Krang (berata tumpuk)	700
5	Batu Pecah	1450
6	Besi tuang	7250
7	Beton	2200
8	Beton Bertulang	2400
9	Kayu (kelas I)	1000
10	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab tanpa ayak)	1650
11	Pasangan bata merah	1700
12	pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200
13	Pasangan batu cetak	2200
14	pasangan batu karang	1450
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600
16	Pasir (jenuh air)	1800
17	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850
18	Tanah lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700
19	Tanah lempung dan lanau (basah)	2000
20	Timah hitam (timbel)	11400

(Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983)



Tabel 2.2 Berat sendiri komponen gedung

<b>Komponen Gedung</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>
Adukan, per cm tebal:	
- dari semen 21 kg/m <sup>2</sup>	21
- dari kapur, semen merah atau tras	17
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14
Dinding Pas. Bata merah:	
- satu batu	450
- setengah batu	250
Dinding pasangan batako:	
Berlubang:	
- tebal dinding 20 cm (HB 20)	200
- tebal dinding 10 cm (HB 10)	120
Tanpa lubang	
- tebal dinding 15 cm	300
- tebal dinding 10 cm	200
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari:	
- semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11
- kaca, dengan tebal 3 – 4 mm	10
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum	200
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,8 m	7
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	50
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	40
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton tanpa adukan, per cm tebal	24
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11

(Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983)

## 2. Beban Hidup

Beban Hidup termasuk kedalam kategori beban gravitasi yaitu jenis beban yang timbul akibat penggunaan suatu gedung selama masa layan gedung tersebut. Beban manusia, peralatan yang dapat dipindahkan, kendaraan bermotor, serta barang/benda lain yang letaknya tidak permanen.



Tabel 2.3 Beban hidup

<b>Beban Hidup</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>
a. Lantai dan tangga, kecuali yang di sebut dalam (b)	200
b. Lantai dan rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting, yang bukan untuk toko atau ruang kerja	125
c. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250
d. Lantai ruang olahraga	400
e. Lantai ruang dansa	500
f. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang di sebut dalam (a) s/d (e), seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop, dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400
g. Panggung penonton tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500
h. Tangga, bordes tangga, lantai, dan gang dari ruang-ruang yang disebut dalam poin (c)	300
i. Tangga, bordes tangga, lantai, dan gang dari ruang-ruang yang disebut dalam poin (d), (e), (f) dan (g)	500
j. Lantai ruang pelengkap dari ruang-ruang yang di sebut (c), (d), (e), (f), dan (g)	250
k. Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400
l. Lantai gedung parkir bertingkat:	
- Untuk lantai bawah	800
- Untuk lantai tingkat lainnya	400
m. Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300 100
o. beban hidup pada atap atau bagian atap serta pada struktur tudung (kanopy) yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil minimum sebesar 100 kg/m <sup>2</sup> bidang datar.	

(Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983)

### 3. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang timbul sebagai akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat ditentukan oleh lokasi dan ketinggian dari struktur bangunan. Intensitas tekanan tiup yang direncanakan dapat diambil minimum sebesar  $25 \text{ kg/m}^2$ , kecuali untuk kondisi berikut:

- a. Tekanan tiup di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum  $40 \text{ kg/m}^2$ .
- b. Untuk bangunan di daerah lain yang kemungkinan tekanan tiupnya lebih dari  $40 \text{ kg/m}^2$
- c. Untuk cerobong, tekanan tiup dalam  $\text{kg/m}^2$  harus ditentukan dengan rumus  $(42,5 + 0,6h)$ , dengan  $h$  adalah tinggi cerobong seluruhnya dalam meter.

### 4. Beban Gempa

- a. Ketentuan gempa rencana

Adapun gempa rencana yang digunakan dalam analisis perhitungan gempa dimaksudkan untuk menentukan pengaruh Gempa Rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Akibat pengaruh Gempa Rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan. Gempa Rencana ditetapkan mempunyai perioda ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun. Untuk berbagai kategori gedung, bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur gedung

selama umur gedung dan umur gedung tersebut yang diharapkan, pengaruh Gempa Rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu Faktor Keutamaan I menurut persamaan:

$$I = I_1 \cdot I_2 \quad \dots\dots\dots \text{Pers 2.5}$$

di mana  $I_1$  adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung, sedangkan  $I_2$  adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian umur gedung tersebut. Faktor-faktor Keutamaan  $I_1$ ,  $I_2$  dan  $I$  ditetapkan menurut tabel dibawah ini.

Tabel 2.4 Faktor keutamaan I untuk berbagai kategori gedung

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	$I_1$	$I_2$	$I$
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

(Sumber: SNI 03-1726-2002)

Catatan:

Untuk semua struktur bangunan gedung yang izin penggunaannya diterbitkan sebelum berlakunya Standar ini maka Faktor Keutamaan I dapat dikalikan 80%.

a. Daktilitas struktur bangunan dan pembebanan gempa nominal

Faktor daktilitas struktur gedung  $\mu$  adalah rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan  $\delta_m$  dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama  $\delta_y$ , yaitu:

$$1,0 \leq \mu = \frac{\delta_m}{\delta_y} \leq \mu_m \quad \dots\dots\dots \text{Pers 2.6}$$

Dimana  $\mu = 1,0$  adalah nilai faktor daktilitas untuk struktur gedung yang berperilaku elastik penuh, sedangkan  $\mu_m$  adalah nilai faktor daktilitas maksimum yang dapat dikerahkan oleh sistem struktur gedung yang bersangkutan. Nilai faktor daktilitas struktur gedung  $\mu$  di dalam perencanaan struktur gedung dapat dipilih menurut kebutuhan, tetapi tidak boleh diambil lebih besar dari nilai faktor daktilitas maksimum  $\mu_m$  yang dapat dikerahkan oleh masing-masing sistem atau subsistem struktur gedung. Dalam tabel faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa maksimum, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung ditetapkan nilai  $\mu_m$  yang dapat dikerahkan oleh beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung, berikut faktor reduksi maksimum  $R_m$  yang bersangkutan.



Tabel 2.5 Parameter daktilitas struktur gedung

Taraf Kinerja Struktur Gedung	$\mu$	R
Elastik Penuh	1,0	1,6
Daktail Parsial	1,5	2,4
	2,0	3,2
	2,5	4,0
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
	4,5	7,2
	5,0	8,0
Daktail Penuh	5,3	8,5

b. Perencanaan struktur gedung

Beban gempa adalah semua beban statistic ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung di tentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang di artikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

Percanaan struktur tahan gempa dilakukan dengan memodelkan struktur dengan meninjau beban gempa sebagai salah satu kombinasi bebannya. Metode yang digunakan untuk perhitungan beban gempa diantaranya adalah analisis dinamik respon spektrum. Dalam respon spektra, efek dari ukuran dan tipe gelombang getar yang terjadi saat gempa disimplifikasi dari garis-garis yang bergelombang menjadi suatu garis tertentu. Spektra yang digunakan dalam perencanaan adalah respon percepatan dengan periode (T) . Respon spektra adalah plot dari respons maksimum struktur yang diperoleh dari riwayat waktu suatu gempa.

Respon maksimum yang dimaksud adalah nilai-nilai percepatan, kecepatan dan perpindahan maksimum. Nilai-nilai tersebut dicari untuk berbagai macam periode alami struktur, sehingga diperoleh spektra merepresentasikan respon maksimum terhadap periode struktur, sehingga dapat diperoleh respon spektra untuk percepatan, kecepatan dan perpindahan.

Ketiga respon spektra tersebut (percepatan, kecepatan dan perpindahan) dapat secara simultan diplot ke dalam sebuah grafik skala log dengan 3 sumbu yang disebut tripartite (dikembangkan oleh Newmark). Dimana sumbu horizontal dapat berupa periode frekuensi, sumbu vertikal berupa respon kecepatan dan dua buah sumbu diagonal yang merupakan respon percepatandan perpindahan. Besarnya gempa rencana menurut pedoman perencanaan ketahanan gempa untuk rumah dan gedung SNI-03-1726 2002, dinyatakan:

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_t \dots\dots\dots \text{Pers 2.7}$$

Dimana : V = Gaya geser dasar horizontal

C<sub>1</sub> = Koefisien gempa dasar

I = Faktor keutamaan bangunan

W = Berat total bangunan

R = Faktor jenis struktur

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan gaya geser dasar horizontal akibat gempa adalah sebagai berikut:

1. Menghitung berat total (Wt)

Berat bangunan ditotal secara menyeluruh (berat total bangunan) yang merupakan jumlah beban mati dan beban hidup total setiap lantai. Dimana beban-beban tersebut meliputi: berat plat, plafond, dinding, balok induk, balok anak dan kolom. Demikian juga pada perhitungan beban hidup.

2. Menghitung waktu getar bangunan (T)

Waktu getar struktur (T) adalah waktu yang diperlukan oleh struktur untuk melakukan satu getaran. Nilai waktu getar struktur tergantung pada kekakuan dan massa struktur. Dalam perhitungan awal struktur, waktu getar struktur dapat ditentukan dengan persamaan empiris berikut:

- (1) untuk portal beton,  $T = 0.06 H^{3/4}$  (detik)
- (2) untuk portal baja,  $T = 0.085 H^{3/4}$  (detik)
- (3) untuk jenis portal yang lain,

$$T = \frac{0,09 H}{\sqrt{B}} \dots\dots\dots \text{Pers 2.8}$$

dimana:

H : tinggi struktur bangunan diukur dari taraf penjepitan lateral (meter)

B : lebar denah bangunan diukur tegak lurus gaya gempa (meter)

Untuk perhitungan yang lebih detail, nilai T harus dihitung kembali dengan persamaan:

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \sum F_i \cdot d_i}} \quad \dots\dots\dots \text{Pers 2.9}$$

Dimana:

$W_i$  : berat lantai i

$d_i$  : perpindahan (*displacement*) lantai i

$g$  : percepatan gravitasi ( $g = 9.81 \text{ m/dtk}^2$ )

$F_i$  : beban geser (akibat gempa) pada lantai i

Nilai T merupakan koreksi terhadap nilai T yang ditentukan sebelumnya. Apabila nilai T lebih kecil dari 80% nilai T hasil perhitungan sebelumnya, maka beban gempa harus dihitung kembali dengan menggunakan nilai T koreksi tersebut. Percepatan maksimum struktur juga dipengaruhi oleh kondisi tanah yang mempengaruhi perambatan gelombang gempa dari hypocenter ke permukaan tanah, dan pada akhirnya mempengaruhi intensitas gempa. Untuk mendapatkan ragam getar seperti ragam getar kesatu, beban geser dasar V didistribusikan sebagai beban geser tingkat F yang bekerja pada pusat massa masing-masing lantai. Beban geser tingkat dihitung dengan persamaan:

$$F_i = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum (W_i \cdot z_i)} V \quad \dots\dots\dots \text{Pers 2.10}$$

dimana:

$F_i$  : beban geser lantai ke-i

$W_i$  : berat lantai ke-i

$z_i$  : tinggi lantai ke-i, dihitung dari taraf penjepitan lateral

$V$  : gaya geser dasar (*base shear*)

### 2.5 Kombinasi Momen Rencana Balok

Rencana penulangan suatu balok pada tumpuan diperhitungkan dengan menggunakan 7 (tujuh) kombinasi momen rencana yaitu sebagai berikut:

Kombinasi 1 :  $M_u = 1,4 D$

Kombinasi 2 :  $M_u = 1,2D + 1,6L$

Kombinasi 3 :  $M_u = 1,2D + 1,0L$

Kombinasi 4 :  $M_u = 1,2D + 1,0W + 1,0L$

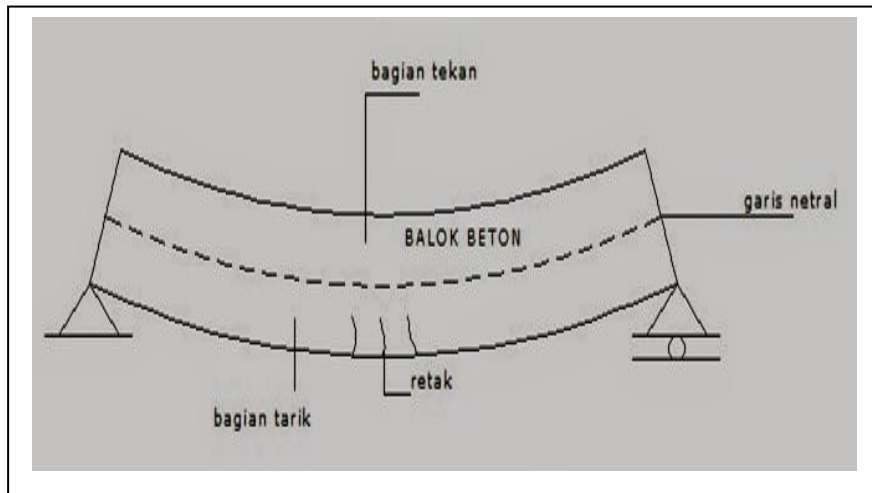
Kombinasi 5 :  $M_u = 1,2D + 1,0E + 1,0L$

Kombinasi 6 :  $M_u = 0,9D + 1,0W$

Kombinasi 7 :  $M_u = 0,9D + 1,0E$

### 2.6 Desain Lentur Balok Beton Bertulang

Menentukan dimensi Penampang serta luas tulangan baja yang dibutuhkan merupakan proses desain dimana agar struktur tersebut kuat dan ekonomis. Beton akan memikul tegangan tarik yang ditimbulkan oleh momen lentur, gaya aksial maupun efek susut pada beton. Suatu balok tertumpu sederhana memikul beban merata yang menimbulkan lentur pada balok.



Gambar 2.3 Balok Terlentur akibat beban sederhana

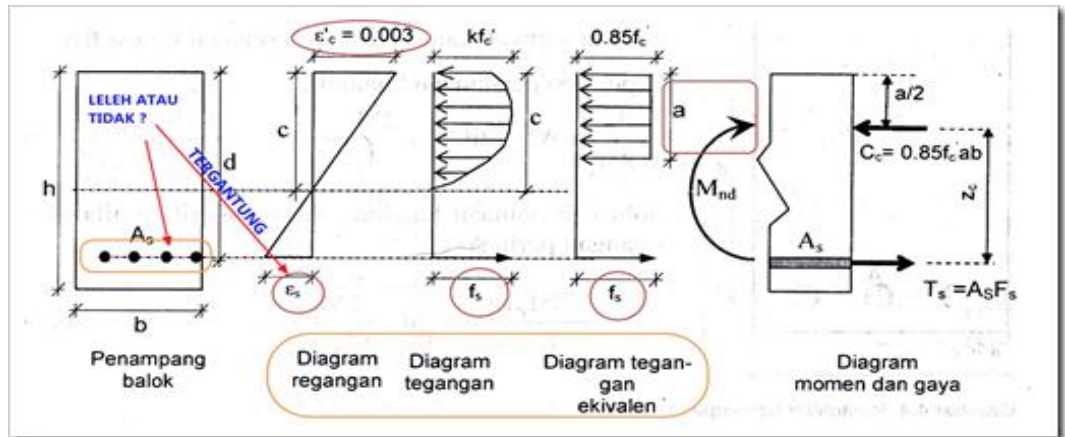
Tahap dan metode perencanaan balok sangat bervariasi, dapat dikaji berdasarkan letak garis netral penampang balok (balok bertulangan seimbang, bertulangan lebih, dan bertulangan kurang), dan juga berdasarkan pembebanan dan tulangnya (balok bertulangan tarik saja dan balok bertulangan rangkap).

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari pelat ke kolom penyangga yang vertikal. Dalam konstruksi gedung biasanya balok dibagi menjadi tiga penampang yaitu balok L, T dan persegi.

a. Balok Persegi bertulangan tunggal

Suatu balok dinyatakan bertulangan tunggal jika pada penampang beton bertulang tersebut hanya diperhitungkan terpasang baja tulangan pada satu sisi saja, yaitu pada bagian serat yang menerima gaya tarik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.





Gambar 2.4 Gambar penampang balok persegi bertulangan tunggal

Tabel 2.6 Nilai  $\rho_b$ ,  $\rho_{maks}$  dan  $R_u$  maks berbagai mutu beton dan mutu tulangan baja

$f'_c$ (MPa)	$\beta_1$	$f_y$ (MPa)	$\rho_b$	$\rho_{maks}$	$R_{u \text{ maks}}$
20	0,85	240	0,04301	0,02258	4,09962
		400	0,02168	0,01355	4,09962
25	0,85	240	0,05376	0,02822	5,12453
		400	0,02709	0,01693	5,12453
30	0,84	240	0,06342	0,03330	6,06535
		400	0,03197	0,01998	6,06535
35	0,8	240	0,07083	0,03719	6,82763
		400	0,03570	0,02231	6,82763
40	0,76	240	0,07734	0,0406	7,51338
		400	0,03898	0,02436	7,51338

Apabila nilai  $b$ ,  $h$ ,  $f'_c$  dan  $f_y$  sudah ada, maka sebaiknya harus diperiksa terlebih dahulu apakah tulangan tekan diperlukan atau tidak. Hal ini dapat diperiksa dengan urutan sebagai berikut:

1. Asumsikan tulangan yang digunakan (cth: D25), lalu hitung nilai  $d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - 1/2\emptyset$

Hitung nilai  $\rho_b$  dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots \text{Pers 2.11}$$

2. Hitung nilai  $\rho_{maks}$  dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_{maks} = \rho_b \left( \frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,009} \right) \dots\dots\dots \text{Pers 2.12}$$

Atau  $\rho_{maks}$  dapat dilihat pada tabel 2.6.

3. Lalu hitung nilai  $R_{u maks}$  dengan rumus sebagai berikut:

$$R_{u maks} = \phi \rho_{maks} \left[ 1 - \left( \frac{\rho_{maks} \cdot f_y}{1,7 \cdot f'_c} \right) \right] f_y \dots\dots\dots \text{Pers 2.13}$$

4. Hitung nilai  $\phi M_{n maks} = R_u b d^2$  (kuat momen rencana balok persegi tulangan tunggal).

5. Jika  $M_u < \phi M_{n maks}$ , maka tidak diperlukan tulangan tekan dan nilai  $\rho$  serta  $A_s$  dapat dihitung;  $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ . ..... Pers 2.14

6. Jika  $M_u > \phi M_{n maks}$ , maka diperlukan tulangan tekan dan dijelaskan pada balok persegi bertulangan rangkap.

7. Untuk mengecek lebar balok minimum yang diperlukan rumusnya sebagai berikut:

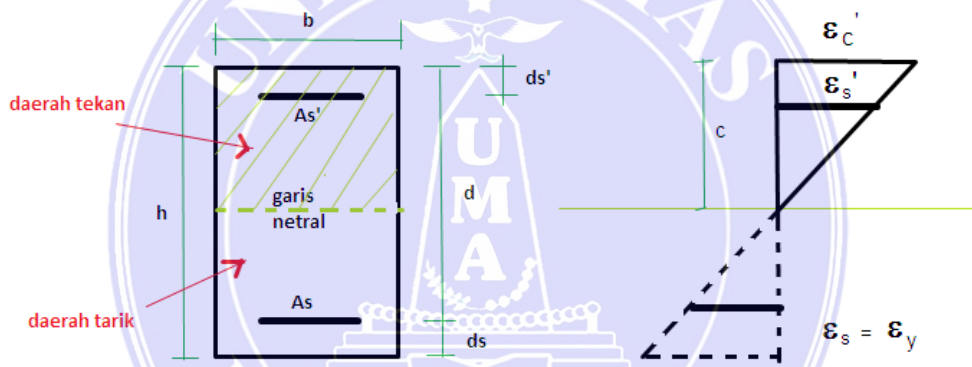
$$b_{min} = 5d_b + 100; d_b = \text{diameter tulangan baja yang digunakan.}$$

b. Balok Persegi bertulangan rangkap

Dalam analisis balok bertulangan rangkap, akan dijumpai dua jenis kondisi yang umum. Yang pertama yaitu bahwa tulangan tekan telah luluh bersamaan dengan luluhnya tulangan tarik saat beton mencapai regangan

maksimum 0,003. Sedangkan kondisi yang kedua yaitu dimana tulangan tekan masih belum luluh saat tulangan tarik telah luluh bersama dengan tercapainya regangan 0,003 oleh beton.

Jika regangan tekan baja tekan ( $\epsilon'_s$ ) sama atau lebih besar dari regangan luluhnya ( $\epsilon_y$ ), maka sebagai batas maksimum tegangan tekan baja tekan diambil sama dengan tegangan luluhnya ( $f_y$ ). Sedangkan apabila regangan tekan baja yang terjadi kurang dari regangan luluhnya, maka tegangan tekan baja adalah  $f'_s = \epsilon'_s \cdot E_s$ . Dimana  $E_s$  adalah modulus elastisitas baja. Tercapainya masing-masing keadaan (kondisi) tersebut tergantung dari posisi garis netral penampang.



Gambar 2.5 Penampang balok persegi bertulangan rangkap

Keterangan:

- $h$  = tinggi balok,
- $b$  = lebar balok,
- $d$  = tinggi balok dari tepi serat yang tertekan ke pusat tulangan tarik,
- $A_s$  = luas tulangan tarik dan
- $A_s'$  = luas tulangan tekan

Adapun perhitungan balok persegi bertulangan rangkap sebagai berikut:

1. Terlebih dahulu menentukan besar  $\rho_{maks}$  dan  $\rho_b$  dari tabel 2.6.
2. Hitung  $A_{s1} = \rho_{maks} \cdot b \cdot d$ ;  $M_{u1} = R_{u maks} \cdot b \cdot d^2$  dan  $M_{u2} = M_u - M_{u1}$

3. Hitung  $d' =$  tebal selimut beton + diameter tul. Geser +  $\frac{1}{2}$  diameter tul. Tekan.

4. Hitung  $A's$  dan  $A_s$  dengan rumus sebagai berikut:

$$A's = \frac{M_{u2}}{\phi f_y (d - d')}$$

Maka, luas total tulangan tarik adalah  $A_s = A_{s1} + A's$ .

5. Periksa tulangan tekan sudah leleh:

$$a = \frac{A_{s1} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$\epsilon'_s = 0,003 \times \left( \frac{c - d'}{d} \right)$$

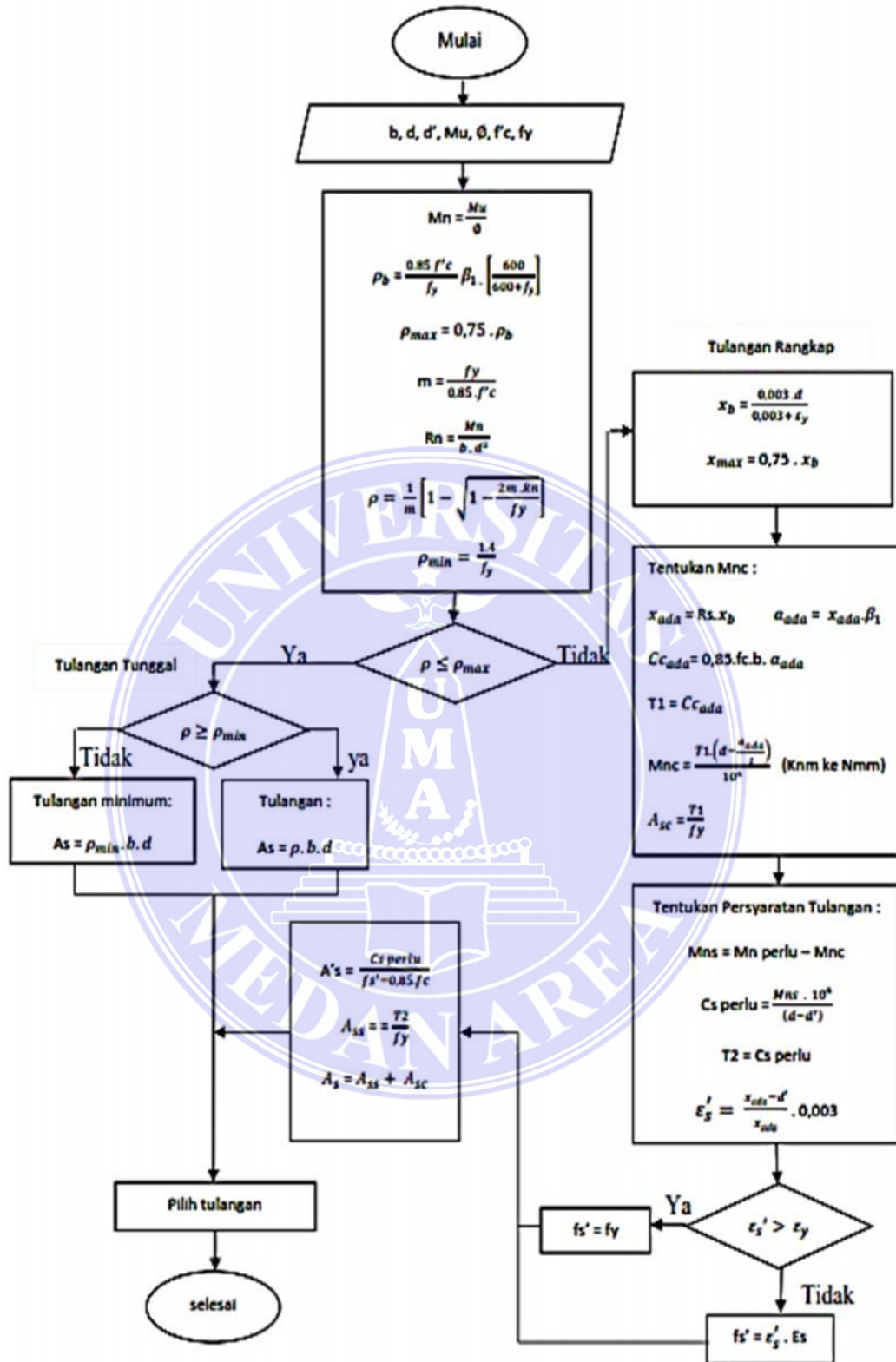
6. Periksa apakah tul. Tarik sudah leleh atau tidak:

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left( \frac{d - c}{c} \right)$$

7. Pilih tulangan untuk  $A_s$  dan  $A's$  sesuai luasan tulangan yang dihitung.  
8. Periksa lebar dan tinggi minimum balok dengan rumus dibawah:

$$b_{\min} = 5d_b + 100; d_b = \text{diameter tulangan baja yang digunakan}$$

$$h_{\min} = d_2 + s/2 + d_b + 10 + 40$$

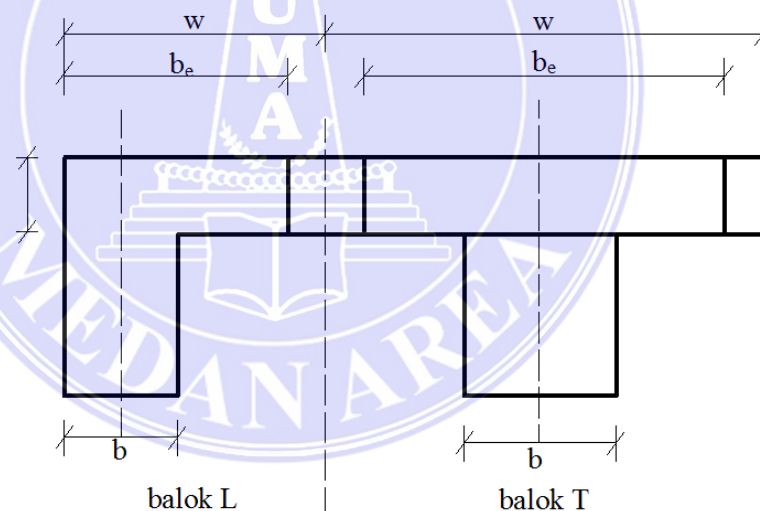


Gambar 2.6 Diagram alir Balok persegi

Untuk perencanaan lebar efektif dan tebal balok sudah diatur dalam SNI-03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung. SNI-03-2847-2002 menyajikan tinggi minimum balok sebagai berikut ini.

- a. Balok di atas dua tumpuan  $h_{\min} = L/16$ .
- b. Balok dengan satu ujung penerus =  $L/18,5$ .
- c. Balok dengan kedua ujung penerus =  $L/21$ .
- d. Balok kantilever =  $L/8$ , dengan  $L$  = panjang bentang dsri tumpuan ke tumpuan.

c. Balok L / T



Gambar 2.7 Penampang balok T

keterangan:

$h_f$  = Tebal sayap,

$b$  = lebar balok,

$w$  = jarak bersih antar balok dan

$b_e$  = lebar sayap



Sedangkan untuk ketentuan lebar balok T dan L, ( SNI-2847-2013) sebagai berikut ini.

1. Pada konstruksi balok T, sayap dan balok harus dibangun menyatu atau bila tidak harus dilekatkan bersama secara efektif.
2. Lebar slab efektif sebagai sayap balok T tidak boleh melebihi seperempat panjang bentang balok, dan lebar efektif sayap yang menggantung pada masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi:

- 1) Delapan kali tebal slab, dan
  - 2) setengah jarak bersih ke badan di sebelahnya.
- a. Untuk balok dengan slab pada suatu sisi saja, lebar efektif yang menggantung tidak boleh melebihi :
- 1) 1/12 Panjang bentang balok.
  - 2) enam kali tebal slab, dan
  - 3) setengah jarak bersih ke badan disebelahnya.

Langkah - langkah mendesain balok T sebagai berikut:

1. Jika d diketahui dan As harus dicari:
  - a) Periksa apakah penampang memenuhi syarat untuk dianggap sebagai penampang T dengan mengasumsikan  $a = hf$  dan hitung kuat momen yang disumbangkan oleh seluruh bagian sayap:
$$\phi M_n = \phi(0,85.f'c)b.hf (d-hf/2)$$
  - b) Jika  $M_u > \phi M_n$ , maka  $a > hf$ , sedangkan  $M_u < \phi M_n$ , maka  $a < hf$  dan penampang dapat didesain seperti balok persegi.

c) Jika  $a < hf$ , maka hitung  $\rho$  dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{0,85 f'c}{fy} \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - 4Mu}{1,7\phi f'c bd^2}} \right]$$

d) Periksa juga bahwa  $\rho_w \geq \rho_{min}$ .

e) Jika  $a > hf$ , tentukan  $A_{sf}$ :

$$A_{sf} = 0,85f'c(b-b_w)hf/fy$$

$$Mu_2 = \phi A_{sf} \cdot fy \cdot (d-hf/2)$$

Momen yang dipikul bagian badan adalah:

$$M_{u1} = M_u - Mu_2$$

f) Hitung  $\rho_1$  menggunakan  $M_{u1}$ ,  $b_w$  dan  $d$  dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{0,85 f'c}{fy} \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - 2Rn}{0,85 f'c}} \right]$$

g) Tentukan  $A_{s1} = \rho_1 \cdot b_w \cdot d$ ; maka  $A_s = A_{s1} + A_{sf}$ .

h) Lalu periksa bahwa  $A_s \leq A_s \text{ maks}$  serta periksa pula  $\rho_w = (A_s \cdot b_w \cdot d) \geq \rho_{min}$ .

i) Jika  $a = hf$ , maka  $A_s = \phi(0,85f'c)b \cdot hf/fy$ .

2. Jika  $d$  dan  $A_s$  adalah dua besaran yang belum diketahui:

a) Asumsikan  $a = hf$  dan hitung luas tulangan yang diperlukan untuk memikul gaya tekan di seluruh penampang sayap:

$$A_{sft} = \frac{0,85 f'c \cdot b \cdot hf}{f_y}$$

b) Hitung d berdasarkan pada  $A_{sft}$  dan  $a = hf$  dari persamaan sebagai berikut:

$$Mu = \phi \cdot A_{sft} \cdot f_y (d - hf/2)$$

c) Jika nilai d diperoleh, maka  $A_s = A_{sft}$  dan  $h = d + d_b/2 + 50$  mm (untuk 1 lapisan tulangan) atau  $h = d + d_b + 62,5$  mm (untuk 2 lapisan tulangan).

d) Jika diambil nilai  $d_1$  lebih besar daripada nilai d maka perhitungan penampang berlaku sebagai penampang persegi dan nilai  $\rho$  dapat dihitung dari persamaan 2. ;  $A_s = \rho \cdot b \cdot d < A_{sft}$ .

e) Bila diambil nilai  $d_2$  yang lebih kecil daripada nilai d maka perhitungan penampang berlaku sebagai penampang balok T, dan  $A_s > A_{sft}$ , selanjutnya dapat diteruskan dalam langkah 1c untuk menghitung nilai  $A_s$ .

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Gambaran Umum**

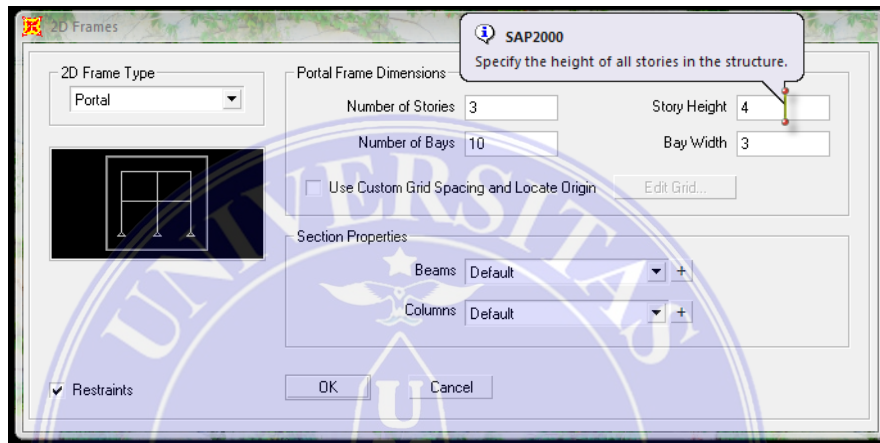
Metode penelitian ini menggunakan metode studi kasus. Metode studi kasus berupa pembuatan ulang dengan menggunakan model yang dibuat sesuai kondisi bangunan yang tercantum dalam Rencana Kerja dan Syarat-syarat dengan menggunakan *software* SAP 2000 v.12. Evaluasi dimensi tulangan dilakukan mengacu pada kaidah SNI 2847:2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung serta PPIUG 1983 dan SNI 03-1726-2002 sebagai acuan dalam memasukan ketentuan berat yang dipikul oleh struktur tersebut.

#### **3.2 Teknik Pengelohan data**

1. Menghitung pembebanan bangunan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.
2. Mendimensi portal yang ditinjau sesuai gambar yang didapat guna untuk analisa struktur pada aplikasi SAP 2000.
3. Mendapatkan gaya-gaya dalam dari hasil aplikasi SAP 2000 tersebut, adapun cara-caranya sebagai berikut:
  - a. Buka Program SAP 2000 V.12.
  - b. Buka New Model.
  - c. Pada Bagan New Model tentukan satuan KN, m, C lalu klik 2D Frames.

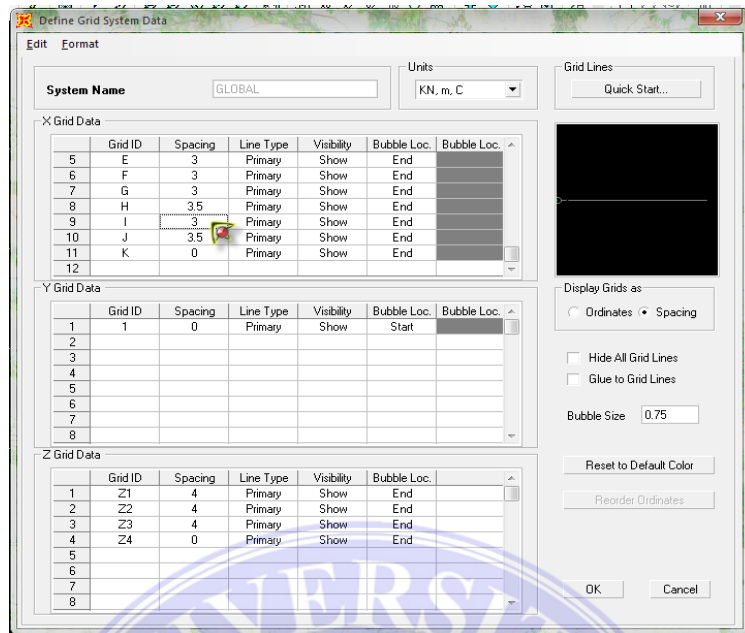
d. Tentukan Number of Stories ( Jumlah Tingkat ) = 3 tingkat

- Tentukan Number of Bays ( Jumlah Ruang Kolom ) = 3 ruang
- Tentukan Story Height ( Tinggi Tingkat ) = 4 m
- Tentukan Bay Width ( Jarak Kolom ) = 3 m
- Klik Ok



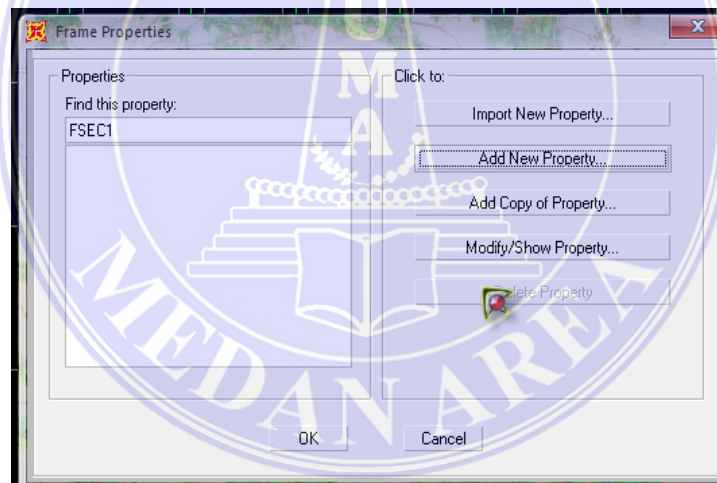
Gambar 3.1 Menentukan dimensi portal

- e. Hapus semua rangka batang, dengan cara memblock semua rangka yang tergambar lalu di delete sehingga yang tampak hanya Grid nya saja.
- f. Klik Menu Define > Coordinate System/Grid > Modify/Show System
- Ubah tinggi lantai ( X Grid Data ) sesuai perencanaan.
  - Klik OK > OK



Gambar 3.2 Bagan Define Grid System Data

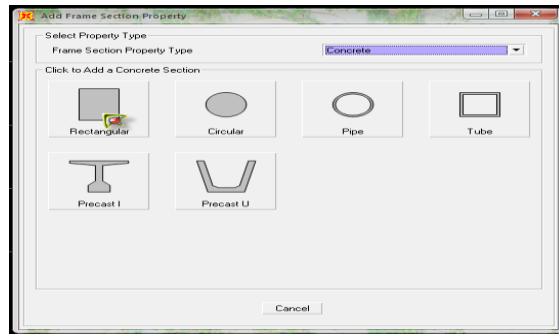
g. Klik menu Define > Section Properties > Frame Section



Gambar 3.3 Frame Properties

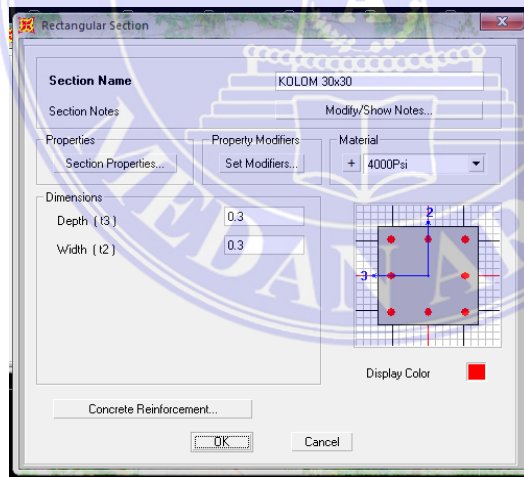
- klik Add New Property
- pada Frame Section Property Type, pilih Concrete
- Klik Rectangular





Gambar 3.4 Add Frame Section Property

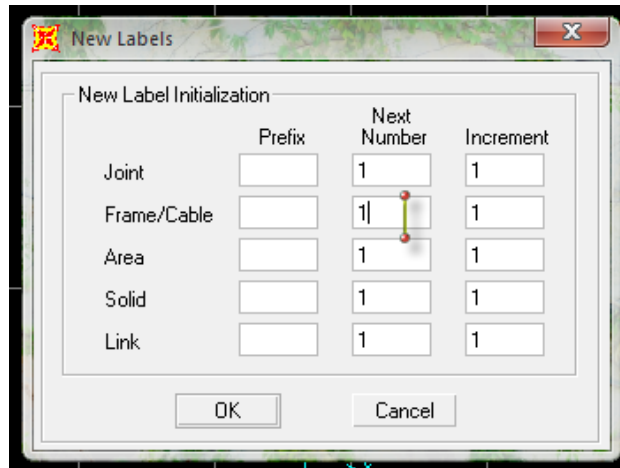
- Isi pada Section Name dengan Kolom 30x30
- Tentukan Depth ( tinggi balok ) = 0.30
- Tentukan Width ( lebar balok ) = 0.30
- Klik OK
- Lakukan hal yang sama untuk membuat Property Balok Induk dan Ring Balok.



Gambar 3.5 Rectangular Section

h. Klik menu Draw > New Labels

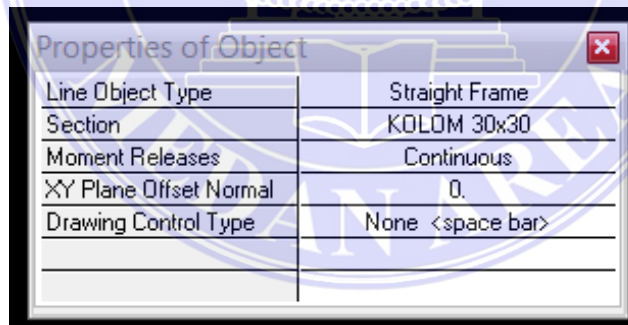
- Ganti angka Joint dan Frame/Cable menjadi angka 1.



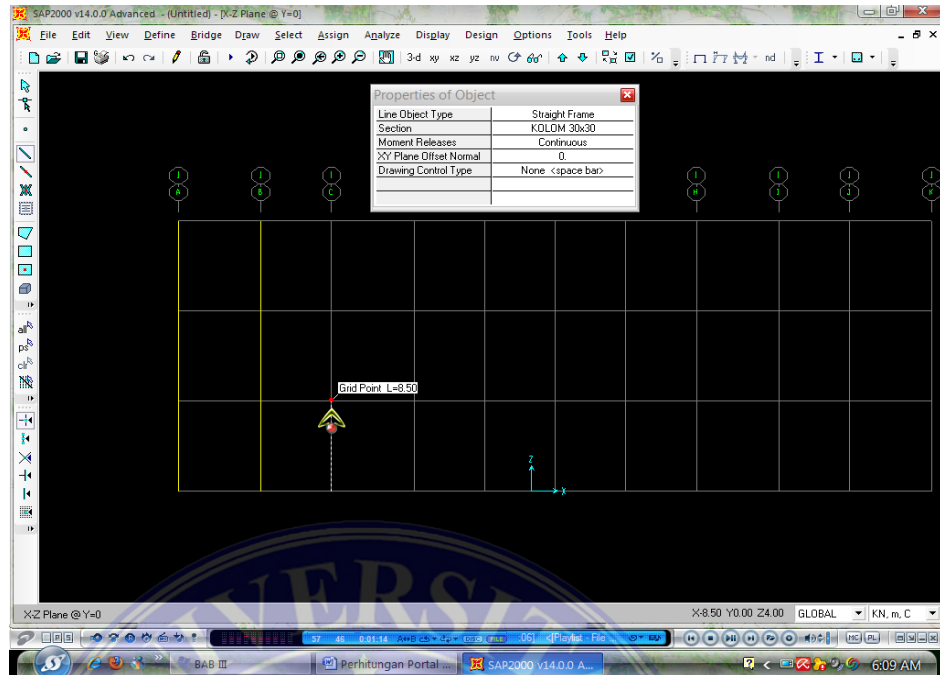
Gambar 3.6 New Labels

i. Klik menu Draw > Draw Frame/Cable/Tendon

- Ubah Section menjadi Kolom
- Gambarkan Kolom sesuai dengan Grid yang telah dibuat
- Lakukan hal yang sama untuk menggambarkan Ring Balok dan Balok induk.



Gambar 3.7 Properties of Object



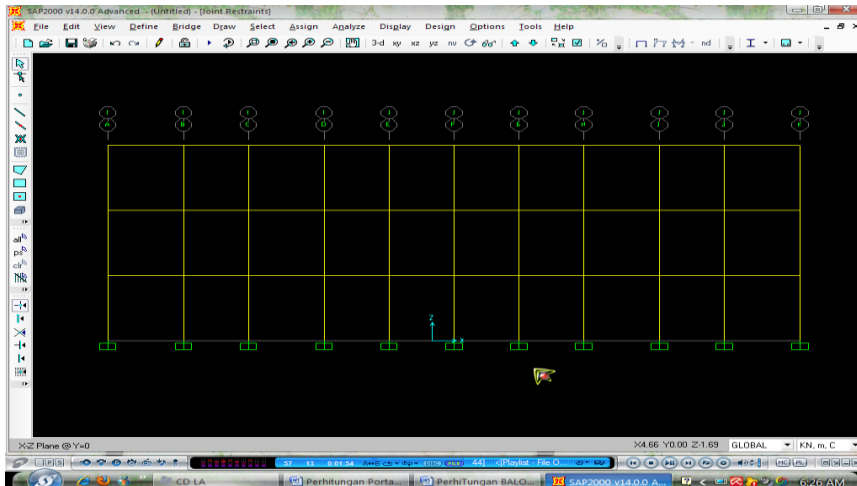
Gambar 3.8 Menggambar Rangka Portal

j. Klik Joint pada tiap Pondasi

- Pilih menu Assign > Joint > Restraint, lalu pilih Pondasi Jepit
- Klik OK



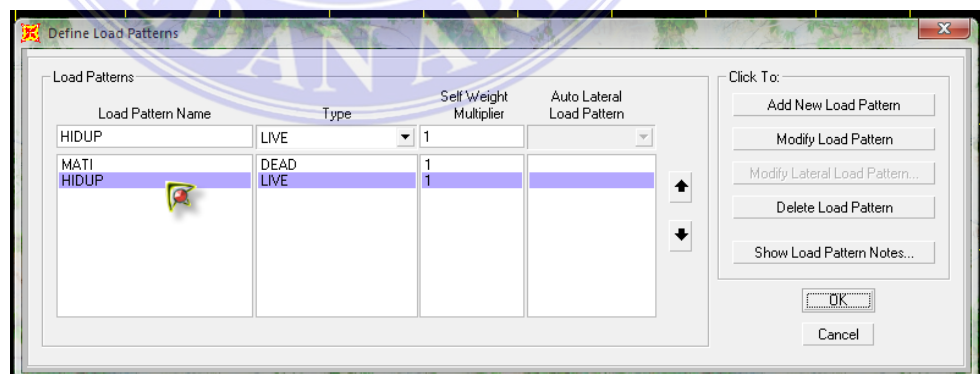
Gambar 3.9 Joint Restraints / Pondasi



Gambar 3.10 Gambar Pondasi

k. Pilih Menu Define > Load Patterns

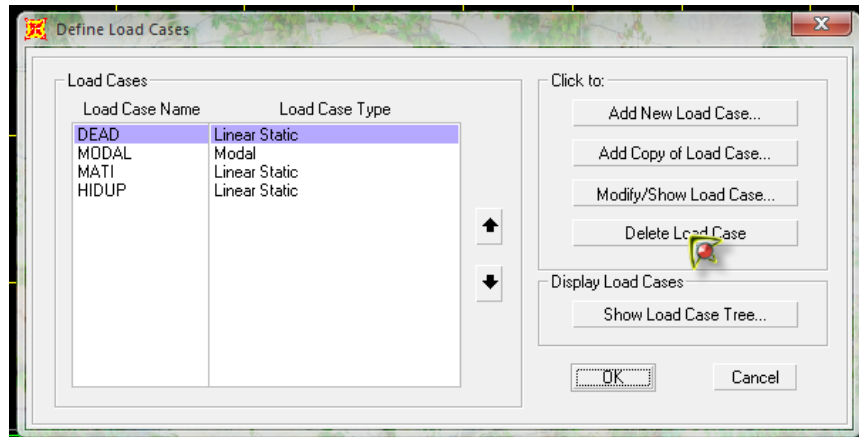
- Ganti Load Pattern Name menjadi Mati, ubah Self Weight Multiplier jadi 0.
- Klik Add New Load Pattern
- Lakukan hal yang sama untuk menambah Beban Hidup
- Untuk Load Pattern DEAD bisa dihapus dengan cara klik Delete Load Pattern.



Gambar 3.11 Define Load Patterns

l. Pilih menu Define > Load Cases > hapus DEAD dan MODAL

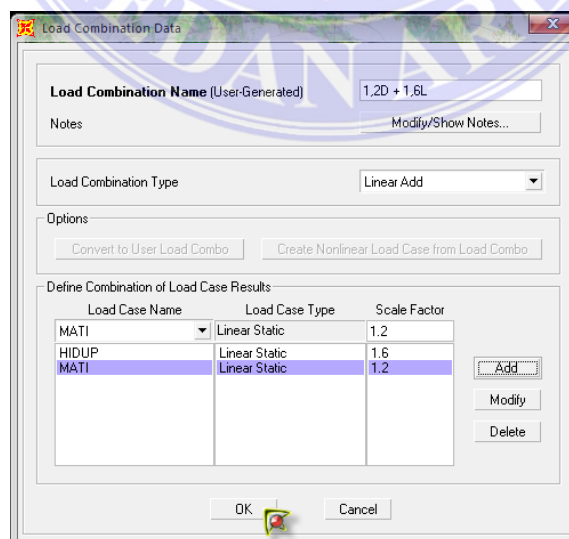
- Klik OK



Gambar 3.12 Define Load Cases

m. Pilih menu Define > Load Combination > Add New Combo

- Ubah Load Combination Name menjadi 1,2D +1,6L
- Pilih Load Case Name > HIDUP, lalu ganti Scale Factor menjadi 1,6, Add
- Pilih Load Case Name > MATI, lalu ganti Scale Factor menjadi 1,2, Add
- Klik OK > OK



Gambar 3.13 Load Combination Data

n. Pilih Rangka Batang yang akan diberi beban

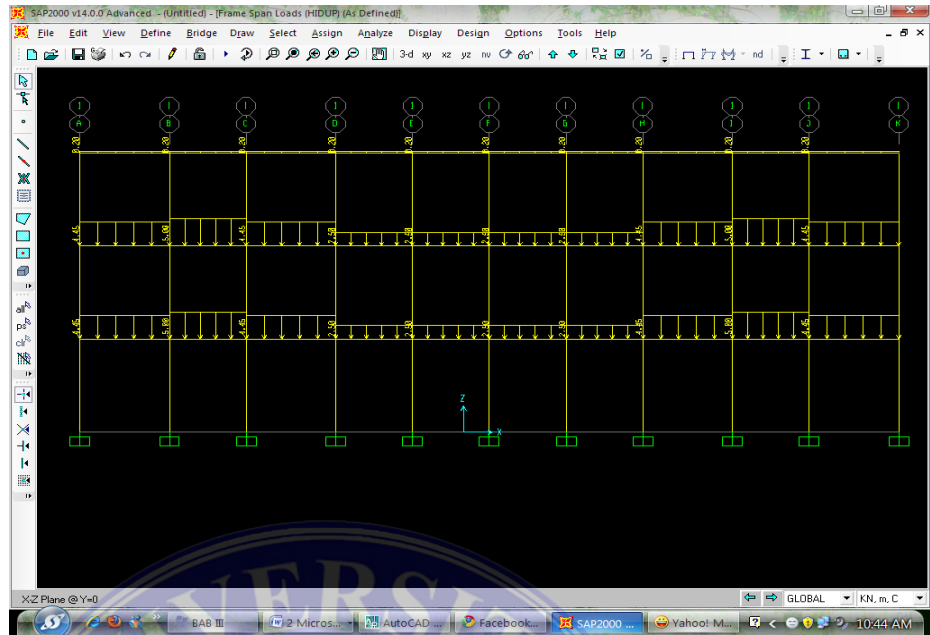
- Klik Assign > Frame Load > Distributed
- Ganti Load Pattern Name, jadi MATI untuk memasukkan beban MATI.
- Klik Add to Existing Load
- Masukkan beban merata pada Load, contoh 18,38 KN/m
- Klik OK



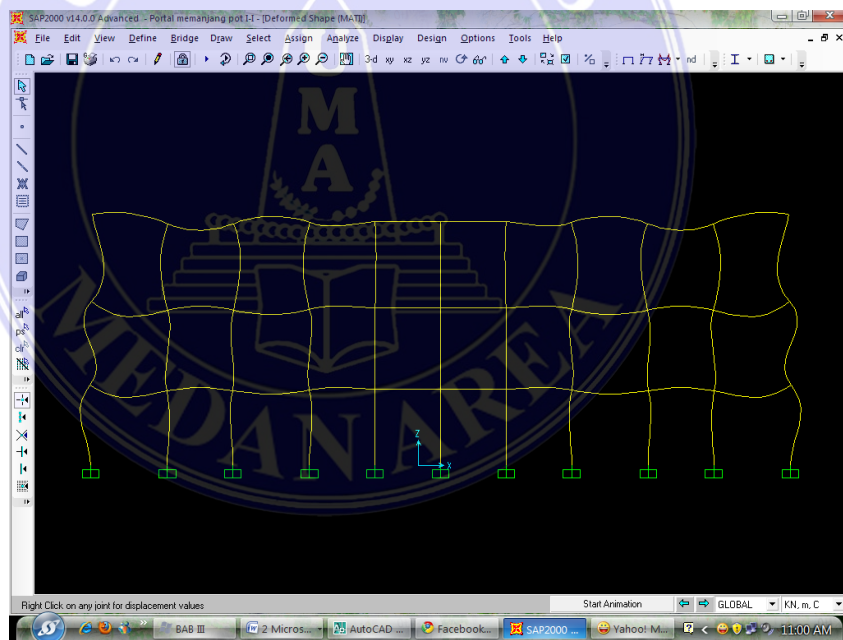
Gambar 3.14 Frame Distributed Loads

- Lakukan hal yang sama pada batang-batang yang lain
- Jika ingin memasukkan beban terpusat maka pilih Assign > Frame Load > Point, lakukan hal yang sama seperti di atas
- Untuk memasukkan beban HIDUP, maka pada Load Pattern Name ganti menjadi HIDUP, selanjutnya sama seperti di atas.





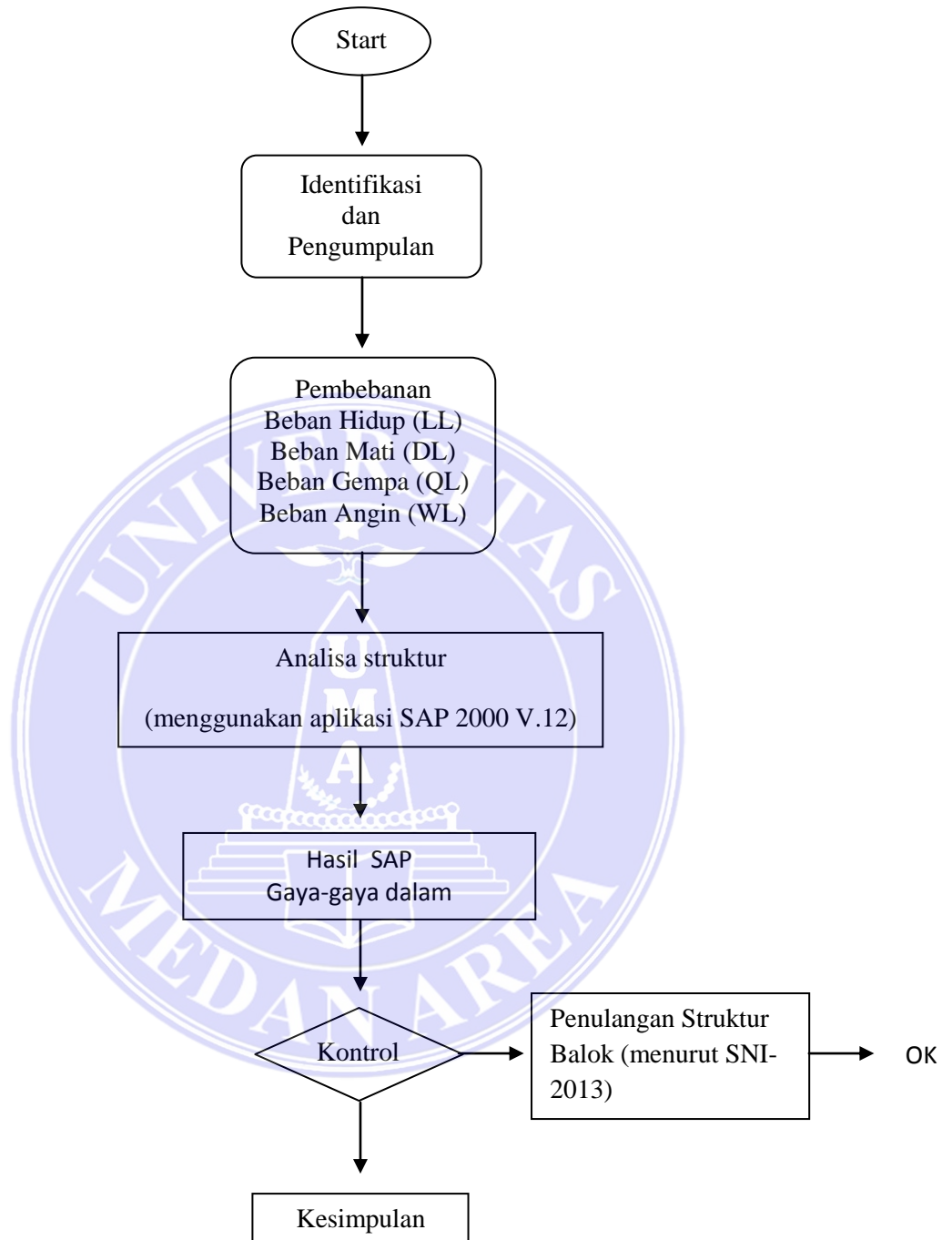
Gambar 3.15 Pembebanan Portal



Gambar 3.16 Hasil Perhitungan Pembebanan

o. Pilih Menu Analyze > Run Analysis > Run Now, lalu simpan.

## Diagram Alir



Gambar 3.17 Flowchart Perhitungan Dimensi Tulangan Balok

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung: Stensil.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002*. Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Pramono, Handi, dkk. *Tutorial & Latihan Desain Konstruksi dengan SAP 2000*. Jakarta: Andi.
- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: PT Graha Ilmu.
- Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*. Jakarta: PT Gelora Aksara Pratama.

