

**ANALISA PORTAL TIGA DIMENSI PADA  
PERENCANAAN KOLOM STRUKTUR BETON  
BERTULANG  
(Studi Literatur)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana**



Oleh :

**PILIPPUS LEONARD SIMATUPANG  
NIM : 01.811.0018**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
M E D A N  
2 0 0 5**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 17/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

# ANALISA PORTAL TIGA DIMENSI PADA PERENCANAAN KOLOM STRUKTUR BETON BERTULANG

( Studi Literatur )

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana



Disusun Oleh :

Nama : **Pilippus Leonard Simatupang**  
Nim : **01.811.0018**

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

( **Ir.H.Irwan, MT** )

Pembimbing II

( **Ir.Iqbal Lubis** )

Mengetahui :

Dekan

( **Drs.Dadan Ramdhan, M.Eng.S** )

Ka. Program Studi

( **Ir.H.Edy Hermanto** )

Tanggal Lulus :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 17/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

## KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa bahagia penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan anugerahNya yang telah dilimpahkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini berjudul **“Analisa Portal Tiga Dimensi Pada Perencanaan Kelom Struktur Beton Bertulang”** disusun sebagai syarat kelulusan untuk memperoleh kesarjanaan tahap pendidikan Strata Satu pada jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Hj. Siti Mariani Harahap, Selaku Ketua Yayasan Universitas Medan Area
2. Bapak Ir. Zulkarnain Lubis, MSc, Selaku Rektor Universitas Medan Area
3. Bapak Drs. Dadan Ramdhan, M.Eng.S, Selaku Dekan Fakultas Teknik
4. Bapak Ir. Edy Hermanto, Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil
5. Bapak Ir. H. Irwan, MT, selaku Dosen Pembimbing I
6. Bapak Ir. M. Iqbal Lubis, selaku Dosen Pembimbing II
7. Ibu Ir. Rio Ritha Sembiring, selaku Dosen Wali
8. Staf Dosen Pengajar Teknik Sipil
9. Staf Pegawai Jurusan Teknik Sipil
10. Staf Pegawai Perpustakaan Universitas Medan Area
11. Kedua Orang Tua tercinta, Abang, Kakak dan Adik yang telah memberikan cukup banyak dukungan moril maupun materil.

12. Rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang telah membantu hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.

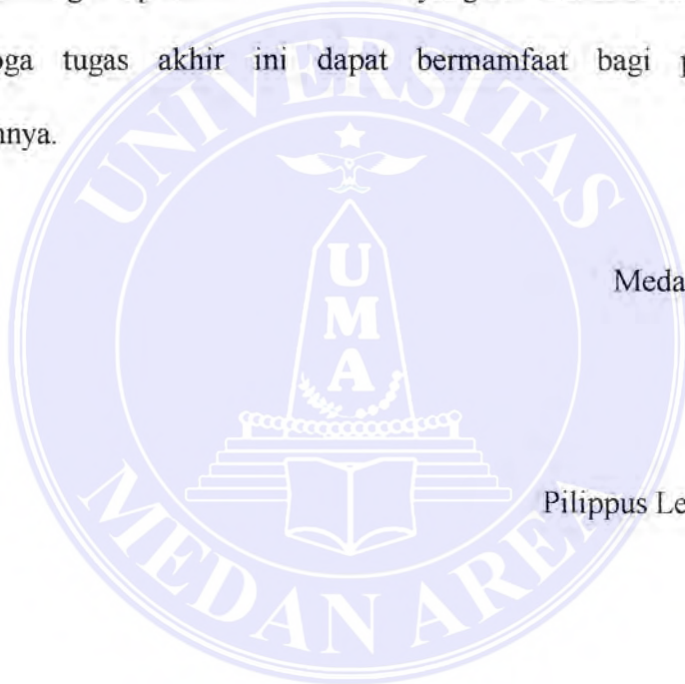
13. Juliana Hutauruk tercinta, yang memberi banyak waktunya didalam kegiatan sehari-hari, didalam mendukung proses penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tentunya tak luput dari kesalahan dan kekurangan dikarenakan keterbatasan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Semoga tugas akhir ini dapat bermamfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkannya.

Medan, september 2005

Penulis

Pilippus Leonard Simatupang



## RINGKASAN

Kolom merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu struktur bangunan. Perencanaan kolom yang benar sangat menentukan katahanan bangunan yang akan dibangun, terutama bagian atas strukturnya, oleh sebab itu sangat diperlukan penganalisaan yang tepat guna menentukan pendimensiaan luas tulangan yang sesuai dengan gaya – gaya yang terjadi pada kolom. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Oleh karena itu, dalam dalam merencanakan struktur kolom harus memperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi dari pada komponen struktur lainnya, dalam hal ini prosedur perencanaan dan analisis struktur kolomnya disesuaikan dengan SKSNI T-15-1991-03 yang mengacu pada *American Concrete Institute (ACI)*

Dari hasil aplikasi perhitungan dan pembahasan maka, penulis melihat bahwa hasil nilai pada portal 3 dimensi terjadi torsi, sedangkan pada 2 dimensi tidak terjadi. Juga pada gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) untuk 3 dimensi adanya gaya geser untuk  $V_2$  bidang 1-2 (*Sumbu kuat*), dan adanya gaya geser untuk  $V_3$  bidang 1-3 (*Sumbu lemah*) yang terjadi pada kolom, sedangkan pada 2 dimensi hanya terjadi gaya geser untuk  $V_2$  bidang 1-2 (*Sumbu kuat*) saja.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menggunakan analisa dengan bantuan Software SAP 2000. Untuk menganalisa kolom pada struktur beton bertulang pada tiga dan dua dimensi, sehingga diharapkan hasil perhitungan akan lebih cepat, tepat dan hasil yang didapat akan lebih akurat.

## ABSTRAK

Column is the most part of building structures . The appropriate planning of column is very determinitive on building strength to construct ,particularly the upper part of strukture , therefore it is important to make efficient analysis to determine the dimensioning of skeleton width relevant to forces occuring on the column . The failure in column wili bear the direct effect on collapse of another structures connected to it , or even total collapse thres hold of building structure . Thus , in planning the structure components , in this case procedure nof planning and analysis of structure in column must be relevant to SKSNI T- 15- 1991- 03 by reference to *American Concrete Institute (ACI)* .

From the result of calculation application and discussions , the writer sees that the value in three - dimension portal results in the torsion , while in two - dimension one it does not . And also for factored friction force ( $V_u$ ) for three – dimension there is friction force for  $V_2$  plane 1 – 2 (*strong fuse*) , and there is friction force for  $V_3$  planes 1 – 3 (*weak fuse*) occuring in the column , while in two – dimension the friction force just occurs for  $V_2$  planes 1 – 2 (*strong fuse*) .

In this final work , the writen uses the analysis by assistance of Software SAP 2000 . To analyze the column in three – and two – dimension skeleton concrete structuere , the result of calculation must be faster , appropriate and the resulting gained will be more accurate.

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>RINGKASAN</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>BAB I            PENDAHULUAN</b>	
1.1. Umum .....	1
1.2. Latar Belakang Penulisan.....	1
1.3. Maksud dan Tujuan Penulisan .....	3
1.4. Permasalahan .....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Metode Penelitian .....	4
<b>BAB II            KOLOM</b>	
2.1. Defenisi Kolom .....	5
2.2. Kekuatan Kolom yang dibebani Eksentrisitas dan Sentris .....	8
2.3. Hubungan Beban Aksial dan Momen .....	12
2.4. Penampang Kolom Bertulang Seimbang .....	13
2.5. Faktor Reduksi Kekuatan Untuk Kolom .....	17
2.6. Distribusi Gaya Pada Portal .....	19
<b>BAB III            ANALISIS DAN PERANCANGAN STRUKTUR 2D DAN 3D                           DENGAN SOFTWARE SAP 2000</b>	
3.1. Software SAP 2000 .....	22
3.1.1. Sistem Koordinat .....	23
3.1.1.a. Sistim Koordinat Global.....	23

3.1.1.b. Sistim Koordinat Lokal .....	24
3.1.2. Beban Pada Struktur .....	27
3.1.2.a. Berat Sendiri .....	27
3.1.2.b. Beban Terpusat Pada Elemen .....	27
3.1.2.c. Beban Merata Pada Elemen .....	29
3.2. Portal Untuk Struktur 2D .....	31
3.3. Portal Untuk Struktur 3D .....	49

## **BAB IV APLIKASI PERHITUNGAN**

4.1. Perancangan Kolom Struktur Beton Bertulang Pada Gedung Kantor .....	59
4.1.a. Perancangan Kolom Struktur Beton Bertulang 2 Dimensi .....	59
4.1.b. Perancangan Kolom Struktur Beton Bertulang 3 Dimensi .....	72
Nomor Gambar Portal Beton 2D Melintang .....	4.3
Nomor Gambar Portal Beton 2D Memanjang .....	4.3.d
Nomor Gambar Portal Beton 3D .....	4.4.2

## **BAB V KESIMPULAN**

5.1. Kesimpulan .....	73
-----------------------	----

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



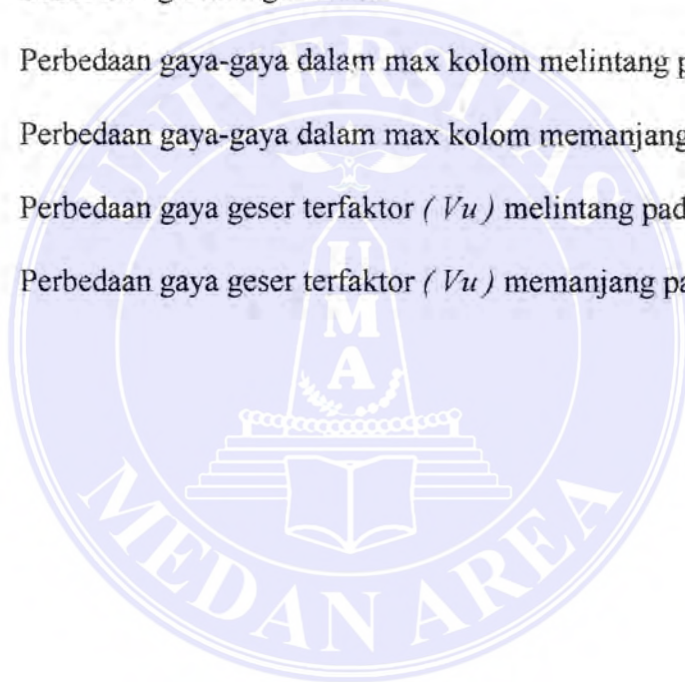
## NOTASI

$A_g$	= Luas kotor penampang lintang kolom ( $\text{mm}^2$ )
$A_{st}$	= Luas kotor penampang penulangan memanjang ( $\text{mm}^2$ )
$P_o$	= Kuat beban aksial nominal atau teoritis tanpa eksentrisitas
$P_n$	= Beban aksial nominal atau teoritis dengan eksentrisitas tertentu
$P_u$	= Beban aksial terfaktor dengan eksentrisitas
$F'_c$	= Kuat tekan beton ( MPa )
$F'_y$	= Tegangan luluh baja tulangan yang disyaratkan ( MPa )
$EI$	= Kekutan lentur komponen struktur tekan
$E_c$	= Modulus elastisitas beton ( MPa )
$E_{cb}$	= Modulus elastisitas balok beton
$E_{cc}$	= Modulus elastisitas kolom beton
$E_{cs}$	= Modulus elastisitas plat beton
$h$	= Tebal atau tinggi total komponen struktur
$M_u$	= Momen terfaktor pada penampang
$e$	= Eksentrisitas gaya terhadap sumbu
$\beta$	= Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah melebar plat dua arah
$\Phi$	= Faktor reduksi kekuatan
$C_c$	= Gaya tekan yang dapat ditahan oleh beton
$C_s$	= Gaya tekan yang dapat ditahan oleh baja
$T$	= gaya tarik baja
$E_b$	= Esentrisitas balance

- $P_b$  = Beban tekan balance
- $x_b$  = Jarak sumbu netral untuk kondisi regangan berimbang
- $\beta_1$  = Perbandingan  $\frac{a}{x}$ , tinggi distribusi tegangan persegi dengan tinggi sampai sumbu netral
- $\epsilon'_s$  = Regangan pada baja tekan
- $\epsilon_s$  = Regangan pada baja tarik
- $V_u$  = Tegangan geser terfaktor
- $V_n$  = Kuat geser nominal
- $V_s$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser
- $V_c$  = gaya geser beton tanpa tulangan
- $A_v$  = luas total tulangan sengkang
- $V_2$  = gaya geser pada bidang 1-2 ( sumbu kuat )
- $V_3$  = gaya geser pada bidang 1-3 (sumbu lemah )
- $M_2$  = Momen lentur pada bidang 1-3 ( sumbu lemah )
- $M_3$  = Momen lentur pada bidang 1-2 ( sumbu kuat )

## DAFTAR TABEL

- Tabel 4.1. Tampilan gaya dalam melintang 2D
- Tabel 4.2. Tabel Design tulangan lentur
- Tabel 4.3. Tampilan gaya dalam memanjang 2D
- Tabel 4.4. Tabel Design tulangan lentur
- Tabel 4.5. Tabel gaya dalam 3D
- Tabel 4.6. Tabel Design tulangan lentur
- Tabel 5.1. Perbedaan gaya-gaya dalam max kolom melintang pada 2D dan 3D
- Tabel 5.2. Perbedaan gaya-gaya dalam max kolom memanjang pada 2D dan 3D
- Tabel 5.3. Perbedaan gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) melintang pada 2D dan 3D
- Tabel 5.4. Perbedaan gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) memanjang pada 2D dan 3D



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. UMUM**

Kolom merupakan suatu komponen Struktur yang sangat penting dalam Struktur Bangunan. yang mana perancangan Kolom sangat menentukan sekali untuk ketahanan Bangunan yang akan dibangun, terutama bagian bangunan yang ada di atasnya.

Kekuatan Kolom adalah ketahanan terhadap Bangunan tersebut, oleh sebab itu sangat diperlukan perencanaan dan penganalisaan yang tepat guna menentukan pendimensian Kolom dengan dengan Penulangan yang sesuai dengan gaya – gaya yang bekerja pada Kolom, terutama gaya Normal ( Aksial ) yang menekan Kolom tersebut.

### **1.2. Latar Belakang**

Struktur Bangunan – bangunan bertingkat memerlukan analisa gaya yang tepat agar menghasilkan Konstruksi yang kuat dan aman. Untuk itu dibutuhkan perencanaan dan analisa yang tepat dan akurat dengan tingkat ketelitian yang baik.

Kolom merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam konstruksi Struktur bangunan. Fungsinya untuk memikul Gaya – gaya yang dibebankan kepadanya dan kemudian didistribusikan ketumpuan. Sistem gaya yang bekerja mungkin berupa gaya aksial, gaya geser dan momen lentur.

Perencanaan kolom yang benar sangat menentukan ketahanan bangunan yang akan dibangun, oleh sebab itu sangat diperlukan penganalisaan yang tepat guna menentukan luas tulangan yang sesuai dengan gaya – gaya yang terjadi pada kolom. Serta memberikan keuntungan yang banyak, diantaranya adalah dari kekuatan dan segi ekonomisnya penggunaan bahan yang digunakan.

Desain kolom dengan menggunakan bantuan Software SAP 2000 (desain kolom otomatis ) ini, gunanya untuk menganalisa kolom pada struktur beton bertulang pada tiga dimensi dapat dilakukan, dan diharapkan hasil perhitungan yang didapat akan lebih akurat jika dibandingkan dengan analisa dua dimensi (cara konvensional ) yang biasa dilakukan. Keakuratan itu disebabkan karena seluruh gaya dalam yang terjadi diperhitungkan.

Salah satu kelebihan program ini adalah kita tidak hanya berhenti pada analisis struktur (untuk mengetahui gaya dalam yang timbul) saja, tetapi juga bisa melanjutkan kebagian check/disain struktur untuk mengetahui jumlah tulangan (beton) atau tegangan yang timbul pada baja.

Dengan penjelasan diatas penulis mengambil tugas akhir ini dengan judul “ **ANALISA PORTAL TIGA DIMENSI PADA PERENCANAAN KOLOM STRUKTUR BETON BERTULANG** “ dimana penulis mengharapkan akan mampu menempatkan penulangan yang tepat, ekonomis dan mempunyai kekuatan yang maksimum pada kolom beton bertulang, hal inilah yang melatar belakangi penulis mengambil judul diatas.

### 1.3. Maksud dan Tujuan Penulisan

Maksud penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa kolom akibat adanya gaya – gaya yang bekerja secara bersamaan serta perilaku kolom beton bertulang yang menderita beban tekan.

Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh gaya – gaya tersebut terhadap kolom beton bertulang serta rencana pendimensian dan penulangannya.

### 1.4. Permasalahan

Dalam suatu perencanaan struktur bangunan hal lain yang sangat penting adalah bagaimana bangunan tersebut dapat dibangun dengan syarat aman kokoh dan ekonomis. Aman artinya bahwa konstruksi tidak mengalami keruntuhan apabila diberi beban yang sudah ditentukan, dan ekonomis berarti struktur tersebut memiliki bentuk atau dimensi yang tidak boros sehingga akan menghemat pembiayaannya.

Hal yang menjadi permasalahan yang timbul dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

- ◆ Dimensi kolom
- ◆ Perhitungan beban – beban yang bekerja pada kolom
- ◆ Cara pembebanan 2D dan 3D pada Software SAP 2000
- ◆ Menghitung luas tulangan

### 1.5. Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini karena keterbatasan kemampuan dan Referensi data yang ada maka penulis memberi batasan – batasan masalah sebagai berikut :

1. Cara perhitungan untuk mendimensi balok disesuaikan dengan standart tata cara perhitungan struktur berdasarkan Peraturan Beton SKSNI T-15-1991. ( Pedoman Beton 91 ) yang mengacu pada *American Concrete Institute ( ACI )* yang digunakan di Amerika
2. Aplikasi perhitungan hanya untuk mendimensi balok beton yang berpenampang persegi.

### 1.6. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini adalah dengan penelitian pustaka ( Library Research ), dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Memperoleh buku – buku referensi sebagai acuan dalam penulisan tugas akhir ini
2. Menganalisa hasil bacaan
3. Menganalisa hasil contoh – contoh dari Software SAP 2000
4. Mengambil kesimpulan dan memberikan saran dari hasil evaluasi yang dilakukan.

## BAB II

### KOLOM

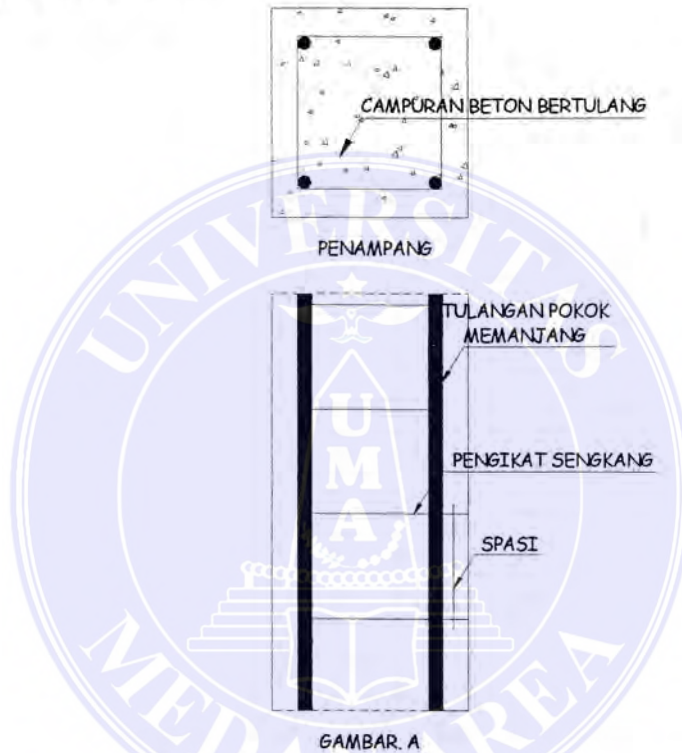
#### 2.1. Defenisi Kolom Beton Bertulang

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Sedangkan komponen Struktur yang menahan beban aksial vertikal dengan rasio bagian tinggi dimensi lateral terkecil kurang dari tiga dinamakan pedestal. Kolom menempati posisi penting didalam sistim Struktur bangunan. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen Struktur lain yang berhubungan dengan, bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Pada umumnya kegagalan atau keruntuhan komponen tekan tidak diawali dengan tanda peringatan yang jelas. Oleh karena itu dalam merencanakan struktur kolom harus memperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi dari pada untuk komponen struktur lainnya. Selanjutnya, karena penggunaan didalam praktek umumnya kolom tidak hanya bertugas menahan beban aksial vetikal, defenisi kolom diperluas dengan menahan beban aksial dan momen lentur, atau dengan kata lain kolom harus diperhitungkan untuk menyangga beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu.

Secara umum kolom beton bertulang biasanya terdiri dari baja tulangan longitudinal dan ditunjukkan oleh macam dari penguatan lateral tulangan yang diberikan. Secara garis besar kolom mempunyai beberapa macam jenisnya antara lain.



1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang kearah lateral, sedemikian rupa sehingga penulangan keseluruhan membentuk kerangka. *seperti pada gambar dibawah ini.*



**Gambar 2.1.** Kolom Pengikat Sengkang Lateral  
*Sumber : Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang*

2. Kolom menggunakan pengikat spiral. Bentuk sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan pada keliling yang membentuk heliks menerus sepanjang kolom. *Seperti pada gambar dibawah ini.*



**Gambar 2.2.** Kolom Pengikat Spiral  
 Sumber : Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang

3. Struktur kolom komposit seperti gambar dibawah ini, Merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelegar baja profil atau pipa tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.



**Gambar 2.3.** Kolom Komposit  
 Sumber : Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang

Tulangan pengikat lateral berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh ditempatnya, dan memberikan tumpuan lateral sehingga masing-masing tulangan memanjang hanya dapat tertekuk pada tempat diantara dua pengikat. Dengan demikian tulangan pengikat lateral tidak dimaksudkan untuk memberikan sumbangan terhadap kuat lentur penampang tetapi memperkokoh kedudukan tulangan pokok kolom.

Pada umumnya penampang kolom dengan pengikat sengkang lateral berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang, sedangkan kolom dengan sengkang spiral berbentuk bulat. Kolom persegi panjang dengan pengikat spiral ataupun bentuk kolom bulat dengan menggunakan tulangan pengikat sengkang lateral. Disamping itu masih ada kemungkinan bentuk-bentuk lain misalnya bentuk segi delapan, huruf L dan sebagainya.

## **2.2.Kekuatan Kolom yang dibebani Eksentrisitas dan Sentris**

Sebuah kolom adalah suatu elemen konstruksi yang diberi beban tekan sentris atau beban tekan eksentrisitas. Dari segi perhitungan perencanaan sederhana, kolom yang paling sederhana adalah pendel yaitu kolom yang bersendi pada setiap ujung sehingga pada dasarnya kolom ini hanya mengalami gaya-gaya normal. Kolom demikian adalah elemen konstruksi yang mendapat beban sentris.

Pada konstruksi sederhana kolom sering menjadi bagian dari suatu rangka. Bila kolom berhubungan kaku dengan elemen horisontal ( balok ) diatas dan dibawah, tegangan yang bekerja pada kolom, selain tegangan normal mungkin juga

terdiri dari tegangan yang disebabkan oleh momen lentur. Ini merupakan sebuah elemen konstruksi yang mendapat beban eksentrisitas.

Pada berbagai konstruksi, kolom sebagai bagian dari rangka juga harus melawan gaya-gaya yang mungkin dapat mengakibatkan pergeseran horisontal pada konstruksi rangka. Dalam hal demikian kolom berfungsi sebagai elemen yang menjamin stabilitas konstruksi secara keseluruhan.

Hampir tidak pernah dijumpai kolom yang menopang beban aksial tekan secara konsentris, bahkan kombinasi beban aksial dengan eksentrisitas kecil sangat jarang ditemui. Meskipun demikian untuk memperoleh dasar pengertian perilaku kolom pada waktu menahan beban dan timbulnya momen pada kolom, pertamanya akan dibahas kolom dengan beban aksial tekan eksentrisitas kecil. Apabila beban tekan  $P$  berimpit dengan sumbu memanjang kolom, berarti tanpa eksentrisitas, perhitungan teoritis menghasilkan tegangan tekan merata pada permukaan penampang lintangnya. Sedangkan apabila gaya tekan tersebut bekerja disuatu tempat berjarak  $\theta$  terhadap sumbu memanjang, kolom cenderung melentur seiring dengan timbulnya momen  $M = P (\theta)$ . Jarak  $\theta$  dinamakan eksentrisitas gaya terhadap sumbu kolom. Tidak sama halnya seperti kejadian beban tanpa eksentrisitas, tegangan tekan yang terjadi tidak merata pada seluruh permukaan penampang tetapi akan timbul lebih besar pada satu sisi terhadap sisi lainnya.

Kondisi pembebanan tanpa eksentrisitas yang merupakan keadaan khusus, kuat beban aksial nominal atau teoritis dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$P_o = 0,85 f' c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \dots\dots\dots ( 2.1.1 )$$

Sumber : *Chu-Kia-Wang dan Charles G.Salmon, Disain Beton Bertulang*

Persamaan ini juga sesuai dengan pemisalan blok tegangan persegi, dimana pada seluruh penampang terdapat regangan tekan runtuh 0,003.  $P_o$  juga dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_o = A_g [0,85 f' c (1 - \rho_g) + f_y \rho_g] \dots\dots\dots ( 2.1.2 )$$

Sumber : *Chu-Kia-Wang dan Charles G.Salmon, Disain Beton Bertulang*

Dimana  $\rho_g = A_{st} / A_g$

Bila suku-suku yang mempunyai  $\rho_g$  disatukan, Persamaan ( 2.1.2 ) menjadi :

$$P_o = A_g [0,85 f' c + \rho_g (f_y - 0,85 f' c)] \dots\dots\dots ( 2.1.3 )$$

Sumber : *Chu-Kia-Wang dan Charles G.Salmon, Disain Beton Bertulang*

Dimana :

$A_g$  = Luas kotor penampang lintang kolom ( $mm^2$ )

$A_{st}$  = Luas total penampang penulangan memanjang ( $mm^2$ )

$P_o$  = Kuat beban aksial nominal atau teoritis tanpa eksentrisitas

$P_n$  = Kuat beban aksial nominal atau teoritis dengan eksentrisitas tertentu

$P_u$  = Beban aksial terfaktor dengan eksentrisitas

$\rho_g$  = Perbandingan dari tulangan kolom terhadap luas bruto ( $b \cdot h$ )

$\rho$  = Perbandingan tulangan tarik balok terhadap luas efektif ( $b \cdot h$ )

Sehingga apabila memang terjadi, pada kasus beban tanpa eksentrisitas,  $P_n$  akan menjadi sama dengan  $P_o$ . Sunggupun demikian, SK SNI T – 15 – 1991 – 03 menentukan bahwa didalam praktek tak akan ada kolom yang dibebani tanpa eksentrisitas. Eksentrisitas beban dapat terjadi akibat timbulnya momen yang antara

lain dibebani oleh kekangan pada ujung – ujung kolom yang dicetak secara monolit dengan komponen lain, pelaksanaan pemasangan yang kurang sempurna, ataupun penggunaan mutu bahan yang tidak merata. Maka sebagai tambahan faktor reduksi kekuatan untuk memperhitungkan eksentrisitas minimum, peraturan memberikan ketentuan bahwa kekuatan nominal kolom dengan pengikat sengkang direduksi 20% dan untuk kolom dengan pengikat spiral direduksi 15%. Ketentuan tersebut diatas akan memberikan rumus kuat beban aksial maksimum seperti berikut :

Untuk kolom dengan penulangan spiral :

$$\phi P_n(\text{maks}) = 0,85 \theta [0,85 f' c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (2.1.4)$$

*Sumber : Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang*

Untuk kolom dengan penulangan sengkang :

$$\phi P_n(\text{maks}) = 0,80 \theta [0,85 f' c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (2.1.5)$$

*Sumber : Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang*

Beban aksial bekerja dalam arah sejajar sumbu memanjang dan titik kerjanya tidak harus dipusat berat kolom, berada didalam penampang melintang, atau pusat geometrik. Dalam memperhitungkan kuat kolom terhadap beban aksial eksentrisitas kecil digunakan dasar anggapan bahwa akibat bekerjanya beban batas ( ultimit ), beton akan mengalami tegangan sampai nilai  $0.85 f'c$  dan tulangan bajanya mencapai tegangan leleh  $f_y$ . Sehingga untuk penampang kolom kuat beban aksial nominal dengan eksentrisitas kecil dapat dihitung langsung dengan menjumlahkan gaya-gaya dalam dari beton dan tulangan baja pada waktu mengalami tegangan pada tingkat maksimum

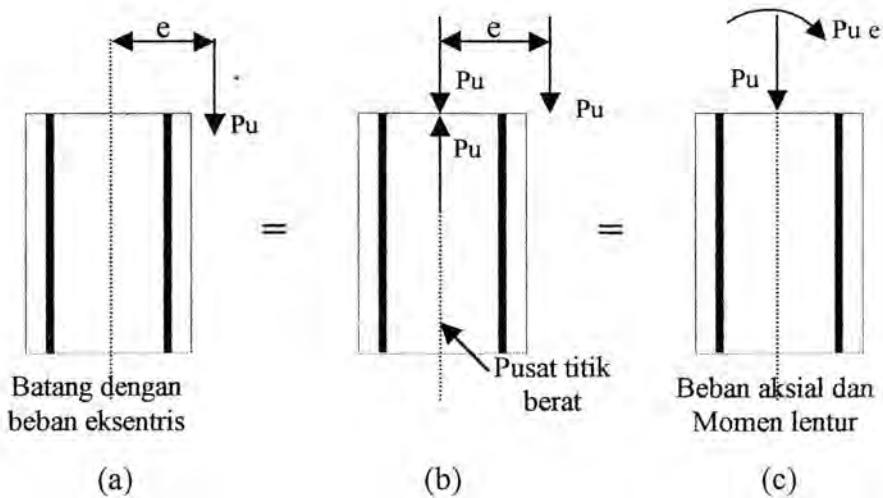
### 2.3. Hubungan Beban Aksial dan Momen

Untuk menjelaskan kesepadanan statika antara beban aksial eksentris dengan kombinasi beban aksial dan momen seperti pada gambar 2.3. Apabila gaya dari beban  $P_u$  bekerja pada penampang kolom berjarak  $\theta$  (  $e$  ) terhadap sumbu terlihat pada gambar 2.3.1.a. akibat yang ditimbulkan akan sama dengan suatu pasangan yang terdiri dari gaya beban aksial  $P_u$  pada sumbu dan momen  $M_u = P_u \cdot \theta$  bekerja serentak bersama – sama seperti tampak pada gambar 2.3.1.c. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa apabila suatu pasangan momen rencana terfaktor  $M_u$  dan beban terfaktor  $P_u$  bekerja sama – sama pada suatu komponen struktur tekan, hubungannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$e = M_u / P_u \dots\dots\dots ( 2.1.6 )$$

Sumber : Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang

Untuk suatu penampang tertentu, hubungan tersebut diatas bernilai konstanta dan memberikan variasi kombinasi beban lentur dan beban aksial dalam banyak cara. Apabila dikehendaki eksentrisitas yang semakin besar, beban aksial  $P_u$  harus berkurang pada suatu nilai sedemikian rupa sehinggal kolom tetap mampu menopang kedua beban, beban aksial  $P_u$  dan momen  $P_u e$ . Sudah barang tentu, besar atau jumlah pengurangan  $P_u$  yang diperlukan sebanding dengan peningkatan besarnya momen eksentrisitas. Penekanan yang utama dalam hal ini adalah analisa dan perencanaan dari penampang yang kekuatan nominalnya (  $P_n$  dan  $M_n$  ) berada pada titik-titik yang kedudukannya berada pada diagram interaksi seperti pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.4.** Hubungan beban aksial – Momen - Eksentrisitas

Sumber : *Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang*

Dengan demikian suatu penampang kolom dapat diperhitungkan terhadap banyak kemungkinan kombinasi pasangan beban aksial dan momen. Kuat lentur penampang dapat direncanakan untuk beberapa kemungkinan kuat beban aksial yang berbeda, dengan masing-masing mempunyai pasangan kuat momen tersendiri. Namun demikian, mekanisme tetap harus menyesuaikan dengan ketentuan SKSNI T-15 – 1991 – 03, mengenai batas-batas maksimum kuat beban aksial kolom  $P_n$  (maks)

#### 2.4. Penampang Kolom Bertulang seimbang

Perencanaan kolom umumnya digunakan penulangan pada kedua sisi simetris, dimana penulangan pada kedua sisi berhadapan sama jumlahnya. Tujuan utamanya mencegah kesalahan atau kekeliruan penempatan tulangan yang dipasang. Penulangan simetris juga diperlukan apabila ada kemungkinan terjadinya gaya bolak balik pada struktur, misalnya karena arah gaya angin atau gempa.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 17/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id) 17/7/24



Seperti telah dibicarakan sebelumnya bahwa kuat beban aksial sentri nominal atau teoritis untuk suatu penampang kolom pada hakekatnya adalah merupakan penjumlahan kontribusi kuat tekan beton ( $A_g - A_{st}$ )  $0.85 f'_c$  dan kuat tulangan baja  $A_{st} f_y$ . Luas penampang tulangan baja  $A_{st}$  adalah jumlah seluruh tulangan pokok memanjang. Karena yang bekerja adalah beban sentris, dianggap keseluruhan penampang termasuk tulangan pokok memanjang menahan gaya desak secara merata. Dengan demikian pada penampang seperti ini tidak terdapat garis netral yang memisahkan daerah tarik dan daerah tekan.

Apabila beban aksial tekan bekerja eksentris pada sumbu kolom barulah timbul tegangan yang tidak merata pada penampang, bahkan pada nilai eksentrisitas tertentu dapat mengakibatkan timbulnya tegangan tarik. Dengan demikian penampang kolom terbagi menjadi daerah tekan ( $A_s'$ ) dan daerah tarik ( $A_s$ ).

Keruntuhan penampang dibedakan menjadi dua kondisi keruntuhan yaitu :

1. Keruntuhan tarik yang diawali dengan luluhnya tulangan yang tertarik
2. Keruntuhan tekan yang diawali dengan luluhnya tulangan yang tertekan.

Kondisi seimbang terjadi apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik. Sekaligus juga hancurnya beton yang tertekan. Apabila  $P_n$  adalah beban aksial dan  $P_{nb}$  adalah beban aksial pada kondisi seimbang maka :

$$P_n < P_{nb} \text{ Keruntuhan tarik}$$

$$P_n = P_{nb} \text{ Keruntuhan setimbang}$$

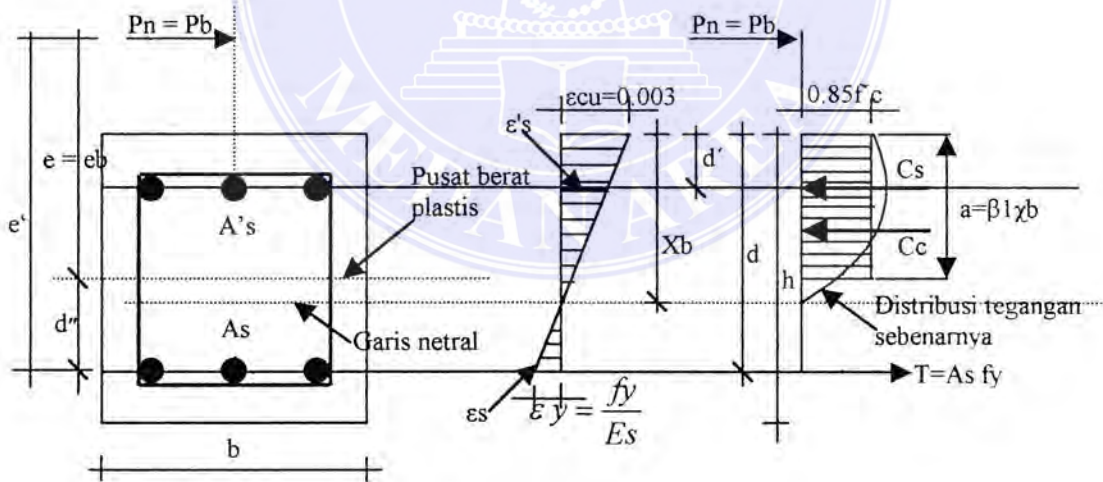
$$P_n > P_{nb} \text{ Keruntuhan tekan}$$

Jumlah tulangan baja tarik sedemikian sehingga letak garis netral tepat pada

posisi saat akan terjadi secara bersamaan regangan luluh pada tulangan baja tarik dan

regangan beton desak maksimum 0,003. Kondisi kesimbangan regangan tersebut menempati posisi penting karena merupakan pembatas antara dua keadaan penampang kolom beton bertulang yang berbeda dalam cara hancurnya, yaitu karena tarik dan hancur karena tekan. Dengan demikian kondisi keseimbangan regangan merupakan indikator yang sangat berguna dalam dalam menentukan cara hancurnya. Setiap penampang akan seimbang apabila suatu beban  $Pb$  tertentu dikombinasikan dengan  $eb$  tertentu.

Awal keruntuhan kolom dengan eksentrisitas besar terjadi dengan didahuluinya luluhnya tulangan tarik. Seperti telah dikemukakan diatas, peralihan dari keadaan hancur karena tarik terjadi pada saat  $e = eb$ . Apabila terdapat  $e > eb$  atau  $Pn < Pnb$ , akan terjadi kehancuran karena tarik yang diawali dengan luluhnya batang tulangan tarik.



**Gambar 2.5** Kondisi regangan berimbang penampang persegi  
 Sumber : Chu-Kia-Wang dan Charles G.Salmon, *Disain Beton Bertulang*

Dengan menggunakan penampang persegi seperti gambar 2.5, keadaan

regangan seimbang memberikan :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 17/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

$$\frac{\chi_b}{d} = \frac{0,003}{fy / Es + 0,003} \dots\dots\dots (2.1.7)$$

$$\chi_b = \frac{0,003}{fy / [29(10^6)] + 0,003} d = \frac{87.000d}{fy + 87.000}$$

Sumber : Chu-Kia-Wang dan Charles G.Salmon, Disain Beton Bertulang

Keseimbangan gaya-gaya mensyaratkan

$$Pb = Cc + Cs - T \dots\dots\dots (2.1.8)$$

Sumber : Chu-Kia-Wang dan Charles G.Salmon, Disain Beton Bertulang

Dimana

$$Cc = 0,85 f' c ab = 0,85 f' c \beta_1 \chi_b b \dots\dots\dots (2.1.9)$$

Sumber : Chu-Kia-Wang dan Charles G.Salmon, Disain Beton Bertulang

$$T = As fy \dots\dots\dots (2.2.0)$$

Sumber : Chu-Kia-Wang dan Charles G.Salmon, Disain Beton Bertulang

Dan bila tulangan tekan meleleh pada keadaan regangan berimbang.

$$Cs = A' s (fy - 0,85 f' c) \dots\dots\dots (2.2.1)$$

Sumber : Chu-Kia-Wang dan Charles G.Salmon, Disain Beton Bertulang

Dengan demikian persamaan ( 2.1.8 ) menjadi

$$Pb = 0,85 f' c \beta_1 \chi_b b + A' s (fy - 0,85 f' c) - As fy \dots\dots (2.2.2)$$

Sumber : Chu-Kia-Wang dan Charles G.Salmon, Disain Beton Bertulang

Keseimbangan rotasi dari gaya-gaya dalam, seperti gambar 2.5, dipenuhi dengan mengambil terhadap titik mana saja, misalnya titik pusat plastis,

$$Pbeb = Cc(d - \frac{a}{2} - d'') + Cs(d - d' - d'') + Td'' \dots\dots (2.2.3)$$

Persamaan ( 2.2.2 ) dan ( 2.2.3 ) dapat diselesaikan secara simultan untuk mendapatkan  $P_b$  dan  $e_b$

Dimana,  $C_c$  = Gaya tekan yang dapat ditahan oleh beton

$T$  = Gaya tarik baja

$\epsilon_s$  = Regangan pada baja tekan

$\epsilon_s$  = Regangan pada baja tarik

$C_s$  = Gaya tekan yang dapat ditahan oleh baja

$e_b$  = Eksentrisitas balance

$P_b$  = Beban tekan balance

$\chi_b$  = Jarak sumbu netral untuk kondisi regangan berimbang

$\beta_1$  = Perbandingan  $a/x$ , tinggi distribusi tegangan persegi dengan tinggi sampai sumbu netral

## 2.5. Faktor Reduksi Kekuatan Untuk Kolom

Menurut SK SNI T- 15-1991- 03 pasal 3.3.3 ayat 3 memberikan batasan tulangan untuk komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur aksial tekan. Untuk kuat rencana  $\phi P$  kurang dari nilai terkecil antara  $0.10 f'c A_g$  dan  $\phi P_{br}$  maka rasio penulangan  $\rho$  komponen tidak boleh melampaui nilai  $0,75 \rho_b$  dari penampang yang mengalami lentur tanpa beban aksial. Persyaratan tersebut selaras dengan konsep daktilitas komponen struktur yang menahan momen lentur dengan beban aksial kecil, dimana dikehendaki agar keruntuhan diawali dengan meluluhnya batang tulangan tarik terlebih dahulu. Sejalan dengan hal tersebut, untuk komponen dengan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

beban aksial kecil diijinkan untuk memperbesar faktor reduksi kekuatannya, lebih besar dari nilai yang digunakan bila komponen yang bersangkutan hanya menahan beban aksial tekan sentris. Seperti diketahui, untuk komponen yang menahan lentur murni, tanpa beban aksial digunakan faktor reduksi kekuatan  $\phi = 0,80$ . Sedangkan pembahasan kolom sejauh ini, digunakan faktor reduksi kekuatan  $\phi = 0,70$  untuk kolom dengan pengikat spiral, dan  $\phi = 0,65$  untuk kolom dengan pengikat sengkang. Pada hal seperti diketahui, kolom yang dibebani eksentris dan menahan beban aksial maupun momen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk kasus dimana Kolom menopang beban aksial kecil tetapi pasangan momennya besar dapat diberlakukan seperti komponen struktur lentur, atau balok pada umumnya. Kemudian SK SNI – T-15-1991-03 pasal 3.2.3 ayat 2.2 menetapkan bahwa untuk kolom dengan beban aksial yang semakin mengecil, nilai  $\phi$  dapat ditingkatkan secara linier sampai  $\phi = 0,80$  seharga dengan nilai  $\phi P_n$  yang berkurang dari  $0.10 f' c A_g$  sampai nol. Sebagai pembahasan tambahan adalah bahwa  $f_y$  tidak lebih dari 400 Mpa, penulangan simetris, dan  $\gamma$  tidak kurang dari 0,65. ketentuan tersebut dengan sendirinya berlaku untuk kolom dengan pengikat spiral maupun sengkang. Dengan demikian dapat disimpulkan penggunaan nilai  $\phi$  seperti contoh-contoh terdahulu sedikit agak memperlonggar ketentuan yang tercantum dalam peraturan atau dengan kata lain pengguna  $\phi$  tersebut memberikan hasil rencana yang sedikit agak konservatif. Dengan demikian peningkatan nilai  $\phi$  yang diijinkan untuk beban aksial kecil harus tercermin pula dalam diagram interaksi. Variasi nilai faktor reduksi

beban aksial kecil diijinkan untuk memperbesar faktor reduksi kekuatannya, lebih besar dari nilai yang digunakan bila komponen yang bersangkutan hanya menahan beban aksial tekan sentris. Seperti diketahui, untuk komponen yang menahan lentur murni, tanpa beban aksial digunakan faktor reduksi kekuatan  $\phi = 0,80$ . Sedangkan pembahasan kolom sejauh ini, digunakan faktor reduksi kekuatan  $\phi = 0,70$  untuk kolom dengan pengikat spiral, dan  $\phi = 0,65$  untuk kolom dengan pengikat sengkang. Pada hal seperti diketahui, kolom yang dibebani eksentris dan menahan beban aksial maupun momen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk kasus dimana Kolom menopang beban aksial kecil tetapi pasangan momennya besar dapat diberlakukan seperti komponen struktur lentur, atau balok pada umumnya. Kemudian SK SNI – T-15-1991-03 pasal 3.2.3 ayat 2.2 menetapkan bahwa untuk kolom dengan beban aksial yang semakin mengecil, nilai  $\phi$  dapat ditingkatkan secara linier sampai  $\phi = 0,80$  seharga dengan nilai  $\phi P_n$  yang berkurang dari  $0.10 f'_c A_g$  sampai nol. Sebagai pembahasan tambahan adalah bahwa  $f_y$  tidak lebih dari 400 Mpa, penulangan simetris, dan  $\gamma$  tidak kurang dari 0,65. ketentuan tersebut dengan sendirinya berlaku untuk kolom dengan pengikat spiral maupun sengkang. Dengan demikian dapat disimpulkan penggunaan nilai  $\phi$  seperti contoh-contoh terdahulu sedikit agak memperlonggar ketentuan yang tercantum dalam peraturan atau dengan kata lain pengguna  $\phi$  tersebut memberikan hasil rencana yang sedikit agak konservatif. Dengan demikian peningkatan nilai  $\phi$  yang diijinkan untuk beban aksial kecil harus tercermin pula dalam diagram interaksi. Variasi nilai faktor reduksi

kekuatan  $\phi$  yang sesuai dengan peraturan tersebut diatas dapat diungkapkan melalui persamaan-persamaan berikut :

Untuk kolom dengan pengikat sengkang :

$$\phi = 0,80 - \frac{0,20 \phi Pn}{0,1 f' c Ag} \geq 0,65 \dots\dots\dots ( 2.2.3 )$$

*Sumber : Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang*

Untuk kolom dengan pengikat sengkang :

$$\phi = 0,80 - \frac{0,15 \phi Pn}{0,1 f' c Ag} \geq 0,70 \dots\dots\dots ( 2.2.4 )$$

*Sumber : Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang*

Pada persamaan-persamaan tersaebut diatas  $Pu = \phi Pn$ , dan apabila  $\phi Pn < 0,1 Ag f' c$ , maka pada persamaan untuk kolom dengan pengikat sengkang, nilai  $0,1 Ag f' c$  diganti dengan  $0,65 Pnb$  sedangkan pada kolom dengan pengikat spiral diganti dengan  $0,70 Pnb$ .

**2.6.Distribusi Gaya Pada Portal**

Dalam tinjauan distribusi pada struktur yang dibahas pada awal bab ini, ternyata distribusi momen pada struktur struktur tersebut yang lebih dipentingkan adalah perbandingan antara kekakuan komponen struktur satu sama lain dan nilai kekakuan struktur. Perbandingan nilai-nilai  $EI$  pada sebuah portal berdasarkan ketergantungan yang sama dimana perbandingan horizontal mungkin dapat dihindari.

Agar pengaruh kekakuan  $EI$  terhadap distribusi gaya dapat lebih ditelusuri maka diberikan sebuah portal perletakan sendi. Pada balok melintang portal tersebut diberi beban hidup merata  $w$  dengan kekakuan balok  $\langle EI \rangle_b$  yang dianggap konstan dan kekakuan kolom  $\langle EI \rangle_k$  yang dianggap sangat bervariasi. Sebagai harga minimum  $\langle EI \rangle_k$  ditetapkan berupa  $\langle EI \rangle_k = \frac{1}{128} \langle EI \rangle_b$  dan maksimum  $\langle EI \rangle_k = 8 \langle EI \rangle_b$ . Bila Kolom semakin kaku, maka besar momen tumpuan akan meningkat dan besar momen bentang menurun.

Pada Kolom yang sangat ramping (mudah melendut), perilaku balok melintang sebagai tumpuan bebas, sedangkan Kolom yang sangat kaku dapat dianggap sebagai tumpuan terjepit penuh. Jumlah seluruh momen (momen bentang dan tumpuan) jelas tidak berubah yaitu  $\frac{1}{8} w l^2$ . Variasi yang terbesar dari perbandingan antara momen bentang dan momen tumpuan terletak diantara daerah  $\langle EI \rangle_k = \frac{1}{8} \langle EI \rangle_b$  dan  $\langle EI \rangle_k = \langle EI \rangle_b$ , bahwa daerah ini kelandaian grafik yang paling besar. Dalam segi kepraktisan bangunan, daerah ini sering terjadi. Bila penentuan perbandingan  $\langle EI \rangle_k$  dan  $\langle EI \rangle_b$  kurang akurat maka didaerah tersebut dapat mengakibatkan perkiraan yang salah sebesar faktor dua dan perubahan momen sekitar 20% dan 30%. Selanjutnya distribusi momen terjadi, karena jumlah seluruh momen tidak berubah maka keamanan struktur tidak merupakan permasalahan.



Disinipun berlaku bahwa variasi yang terbesar didapatkan pada bagian kepraktisan dalam grafik diantara  $\langle EI \rangle_k = \frac{1}{8} \langle EI \rangle_b$  dan  $\langle EI \rangle_k = \langle EI \rangle_b$ . ketidaktelitian dalam menentukan perbandingan kekakuan dengan dua faktor akan meningkatkan lendutan atau penurunan lendutan sebesar 20% - 30%. Sebenarnya peningkatan lendutan sekitar 20 – 30% justru akan menimbulkan perbedaan pendapat, contohnya perbedaan pendapat antara kerusakan yang dapat atau tidak terjadi pada dinding pemisah dan sebagainya. Dapat diambil kesimpulan bahwa besar lendutan tergantung pada kekakuan sebenarnya dan tidak hanya tergantung pada kekakuan. Pada penentuan distribusi gaya dalam keruntuhan berarti suatu pendekatan perbandingan kekakuan sebaik mungkin, akan memegang peranan penting.

Sedangkan pada penentuan distribusi gaya dalam stadia layan, ternyata sebaik mungkin kekakuan mendekati kenyataan akan memegang peran penting. Apabila portal perletakan sendi dua dapat tergoyang horizontal, disamping itu pun pada balok melintang diberi beban horizontal misalnya beban angin dan beban gempa. Akibat beban horizontal bentuk struktur akan berubah. Pada kolom terjadi momen ekstra ( momen sekunder ) akibat reaksi tumpuan balok yang letaknya tidak tegak lurus lagi dengan perletakan sendi. Momen ekstra tersebut menimbulkan penambahan lendutan  $d$  dan mengakibatkan peningkatan momen dan sebagainya. Gejala demikian dinamakan efek orde dua. Jelas tentunya bila kemungkinan momen orde dua yang terjadi tidak dapat ditentukan dengan perbandingan kekakuan melainkan dengan kekakuan sebenarnya. Untuk struktur semacam ini ( tanpa Pengaku ) berarti besaran  $EI$  perlu diperinci lebih luas.

## BAB III

### ANALISIS DAN PERANCANGAN STRUKTUR 2D DAN 3D DENGAN SOFTWARE SAP 2000

#### 3.1. Software SAP 2000

SAP 2000 (*Structural Analysis Program*) adalah program komputer untuk merancang struktur keluaran Csi (*Computer and Structures Inc.*) yang merupakan versi terakhir yang paling lengkap dan canggih dari seri-seri program analisis struktur SAP, baik SAP 80 maupun SAP 90. Keunggulan program SAP 2000 antara lain ditunjukkan dengan adanya fasilitas untuk disain elemen, baik untuk material baja maupun beton. Disamping itu juga adanya fasilitas disain baja dengan mengoptimalkan penampang profil, sehingga pengguna tidak perlu menentukan profil untuk masing-masing elemen, tetapi cukup memberikan data profil secukupnya, dan program akan memilih sendiri profil yang paling optimal atau ekonomis.

Pada bab ini dibahas beberapa hal dasar yang diperlukan untuk menentukan atau membuat model struktur, khususnya element frame, baik untuk dua dimensi ( 2D ) maupun tiga dimensi ( 3D ). Pertama akan dikenalkan sistim koordinat tersebut, misalnya beban, property kebebasan atau DOF (*Degree of Freedom*), yang diantaranya bagaimana menentukan dukungan, massa, constraint dan sebagainya. Bagian terakhir dari bab ini membahas secara ringkas dasar-dasar untuk analisis struktur dengan beban dinamik.

### 3.1.1. Sistem Koordinat

Sistem koordinat digunakan untuk menempatkan geometri model struktur dan menentukan arah pembebanan, perpindahan, gaya internal, dan tegangan yang terjadi. Setiap model struktur menggunakan koordinat yang berbeda untuk menentukan joint dan arah beban, *displacement*, gaya dalam dan tegangan. Pengetahuan tentang sistem koordinat ini sangat penting bagi pengguna, karena untuk menentukan model dan menginterpretasikan hasil-hasil keluaran dari program, pengguna harus memahami sistem koordinat ini.

Semua sistem koordinat pada model ditentukan dengan mematuhi satu sistem koordinat global X-Y-Z. Setiap bagian dari model misalnya joint, element atau constraint, masing-masing mempunyai sistem koordinat lokal 1-2-3. Semua sistem koordinat ditunjukkan dengan sumbu tiga dimensi, menggunakan aturan tangan kanan dan menggunakan sistem Cartesian ( segi-empat ).

SAP 2000 selalu mengasumsikan sumbu Z ialah sumbu vertikal dengan Z+ mengarah ke atas. Arah keatas digunakan sebagai bantuan untuk menentukan sistem koordinat lokal, walaupun sistem koordinat lokal itu sendiri tidak mempunyai sumbu arah vertikal.

#### 3.1.1.a. Sistem Koordinat Global

Sistem koordinat global merupakan koordinat dalam tiga dimensi, mengikuti aturan tangan kanan ( *right handed* ), dan merupakan koordinat cartesian ( segi-empat). Tiga sumbu dengan dengan notasi X, Y dan Z ialah sumbu yang saling tegak

lurus sesuai dengan aturan tangan kanan. Letak dan orientasi sumbu global tersebut dapat berubah-ubah, asalkan sesuai dengan aturan tangan kanan.

Lokasi pada sistem koordinat global dapat ditentukan menggunakan variable  $X$ ,  $Y$  dan  $Z$ . Vektor dalam sistem koordinat global dapat ditentukan dengan memberikan lokasi dua titik, sepasang sudut, atau dengan memberikan arah koordinat. Arah koordinat ditunjukkan dengan nilai  $X_+$ ,  $Y_+$  dan  $Z_+$ . Sebagai contoh  $X_+$  menunjukkan vektor sejajar dan searah dengan sumbu  $X$  positif. Semua sistem koordinat yang lain pada model ditentukan berdasarkan sistem koordinat global ini.

SAP 2000 selalu mengasumsikan sumbu  $Z$  arahnya vertikal, dengan  $Z_+$  arah keatas. Sistem koordinat lokal untuk joint, elemen, dan gaya percepatan tanah ditentukan berdasarkan arah ke atas tersebut. Beban berat sendiri arahnya selalu ke bawah, pada arah  $Z_-$ .

Bidang  $X$ - $Y$  merupakan bidang horisontal, dengan sumbu  $X_+$  merupakan sumbu utama. Sudut pada bidang horisontal diukur dari sumbu positif  $X$ , dengan sudut positif ialah berlawanan arah dengan arah putaran jarum jam.

### 3.1.1.b. Sistem koordinat Lokal

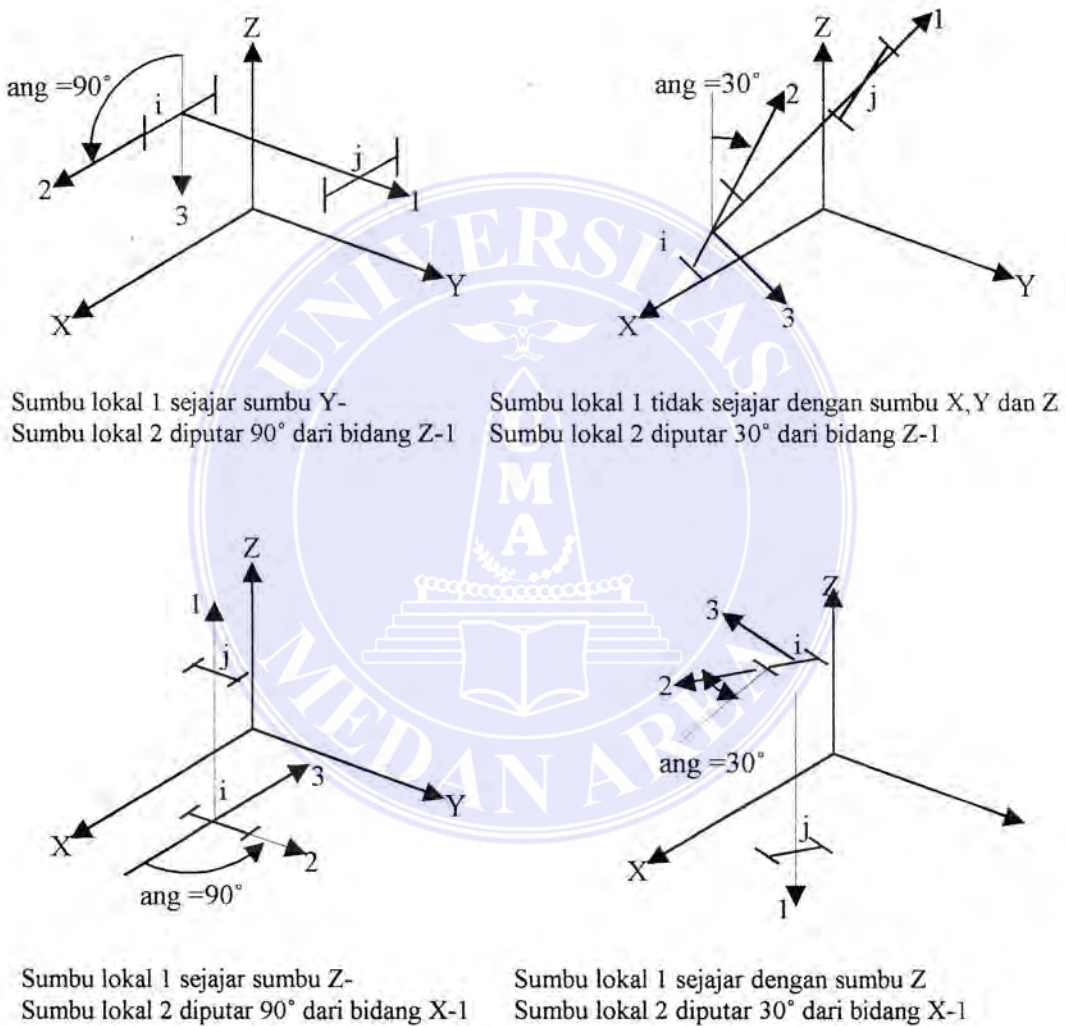
Pada setiap elemen frame mempunyai sistem koordinat lokal yang digunakan untuk menentukan potongan property, beban dan gaya-gaya keluaran. Sumbu-sumbu koordinat lokal ini dinyatakan dengan simbol 1, 2 dan 3. Sumbu elemen, dua sumbu yang lain tegak lurus dengan elemen tersebut dan arahnya dapat ditentukan sendiri oleh pengguna.

Yang perlu diketahui pengguna ialah bagaimana menentukan koordinat lokal 1-2-3 dan hubungannya dengan koordinat global X-Y-Z. Kedua sistem koordinat ini menggunakan aturan tangan kanan. Untuk koordinat lokal pengguna bebas menentukan arahnya selama hal tersebut memudahkan dalam memasukkan data dan menginterpretasikan hasilnya.

Untuk menentukan sistem koordinat lokal element yang umum dapat menggunakan orientasi default dan sudut koordinat element frame, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sumbu lokal 1 arahnya selalu memanjang arah sumbu element, arah positif ialah dari ujung i ke ujung j
2. Orientasi default sumbu lokal 2 dan 3 ditentukan oleh hubungan diantara sumbu lokal 1 dan sumbu global Z sebagai berikut :
  - ⊕ Jika sumbu lokal 1 arahnya horisontal, maka bidang 1-2 dibuat sejajar dengan dengan sumbu Z
  - ⊕ Jika sumbu lokal 1 arahnya keatas ( Z+), maka arah sumbu lokal 2 sejajar dengan sumbu global X+
  - ⊕ Sumbu lokal 3 arahnya selalu horisontal searah bidang X-Y
3. Sudut koordinat *ang* digunakan untuk menentukan orientasi element yang berbeda dengan orientasi default. Sudut ini memutar sumbu lokal 2 dan 3 terhadap sumbu 1 dari posisi orientasi default. Rotasi positif ialah arah berlawanan jarum jam apabila sumbu 1 menuju ke arah pengamat.

Untuk element vertikal sudut *ang* ialah sudut antara sudut lokal 2 dan sumbu X+ horisontal. Dengan kata lain *ang* ialah sudut antara sumbu lokal 2 dan bidang vertikal yang dilalui sumbu lokal 1. *untuk jelasnya lihat gambar dibawah ini.*



**Gambar 3.1.** Menentukan sudut putar *ang*  
*Sumber : Haryanto Yoso Wigroho, Analisis & perancangan struktur frame*

### 3.1.2. Beban Pada Struktur

Beban yang bekerja pada struktur ada beberapa macam, diantaranya ialah berat sendiri struktur, beban yang bekerja pada elemen, beban yang bekerja pada joint dan beban dinamik. Untuk beban yang bekerja pada element struktur dapat dijelaskan sebagai berikut.

#### 3.1.2.a. Berat sendiri

Beban berat sendiri dapat ditentukan untuk beberapa kondisi pembebanan (*load Case*) sehingga berat sendiri pada elemen struktur menjadi aktif. Pada elemen frame berat sendiri ialah gaya yang terdistribusi pada sepanjang elemen. Besarnya beban berat sendiri sama dengan berat volume  $w$  dikalikan dengan luas penampang  $a$ .

Berat sendiri arahnya selalu kebawah, searah dengan sumbu  $-Z$ . berat sendiri ini dikalikan dengan faktor skala yang ditentukan untuk seluruh struktur.

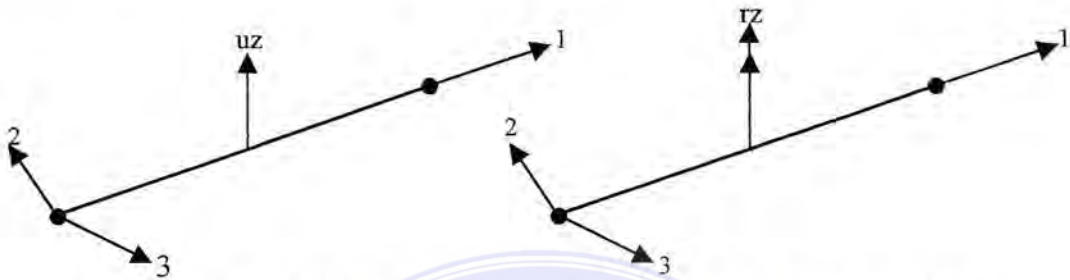
#### 3.1.2.b. Beban Terpusat Pada elemen

Beban terpusat pada elemen digunakan untuk menentukan gaya terpusat dan momen yang bebas dikerjakan pada sepanjang elemen. Arah beban dapat ditentukan dengan sistem koordinat global maupun sistem koordinat lokal. Lokasi beban dapat ditentukan dengan salah satu cara dibawah ini.

- + Dengan jarak relatif  $rd$ , yang diukur dari joint  $i$ . Jarak relatif ini nilainya  $0 \leq rd \leq 1$ . jarak relatif ini merupakan pembagian dengan panjang elemen.
- + Dengan jarak absolut  $d$ , yang diukur dari joint  $i$ . Jarak absolut ini nilainya

ialah  $0 < d \leq L$ , dengan  $L$  ialah panjang elemen.

Beberapa beban terpusat dapat dikerjakan pada tiap elemen. Beban yang diberikan pada sistem koodinat global akan ditransfer ke sistem koodinat lokal elemen. Untuk jelasnya lihat gambar dibawah ini.



( a ) Gaya arah sumbu global Z

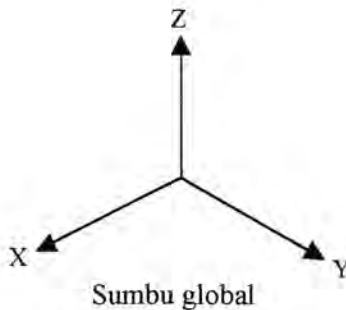
( b ) Momen arah sumbu global Z

( a ) Semua gaya bekerja ditengah bentang



( a ) Gaya arah sumbu global 2

( b ) Momen arah sumbu global 2



**Gambar 3.2.** Menentukan beban terpusat elemen

Sumber : Haryanto Yoso Wigroho, Analisis & perancangan struktur frame

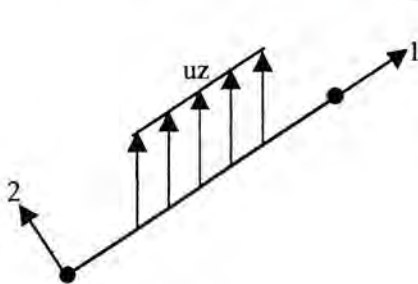


### 3.1.2.c. Beban Merata Pada Elemen

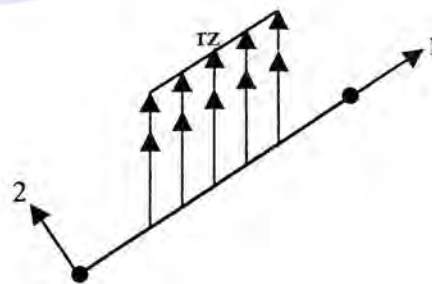
Beban merata pada elemen digunakan untuk menentukan gaya dan momen yang bekerja pada sepanjang elemen frame. Intensitas beban dapat berupa beban merat atau trapesium. Arah beban dapat ditentukan dengan sistem koordinat global maupun sistem koordinat lokal.

Beban dapat dikerjakan pada sepanjang elemen atau sebagian panjang elemen saja. Mengulang beban dapat dilakukan pada satu elemen, dengan panjang dapat overlap, dengan cara menambahkan beban. Panjang beban dapat ditentukan melalui salah satu cara berikut ini.

- ◆ Dengan menentukan dua jarak relatif  $rda$  dan  $rdb$ , yang diukur dari joint  $i$ . Kedua jarak tersebut harus  $0 \leq rda < rdb \leq 1$ . Jarak relatif ini merupakan pembagian dengan panjang elemen.
- ◆ Dengan menentukan dua jarak absolut  $da$  dan  $db$ , yang diukur dari joint  $i$ . Kedua jarak tersebut harus  $0 \leq da < db \leq L$ . dengan  $L$  ialah panjang elemen.
- ◆ Menentukan panjang beban jarak nol, hal ini berarti beban bekerja pada sepanjang elemen. *untuk jelasnya lihat gambar dibawah ini.*

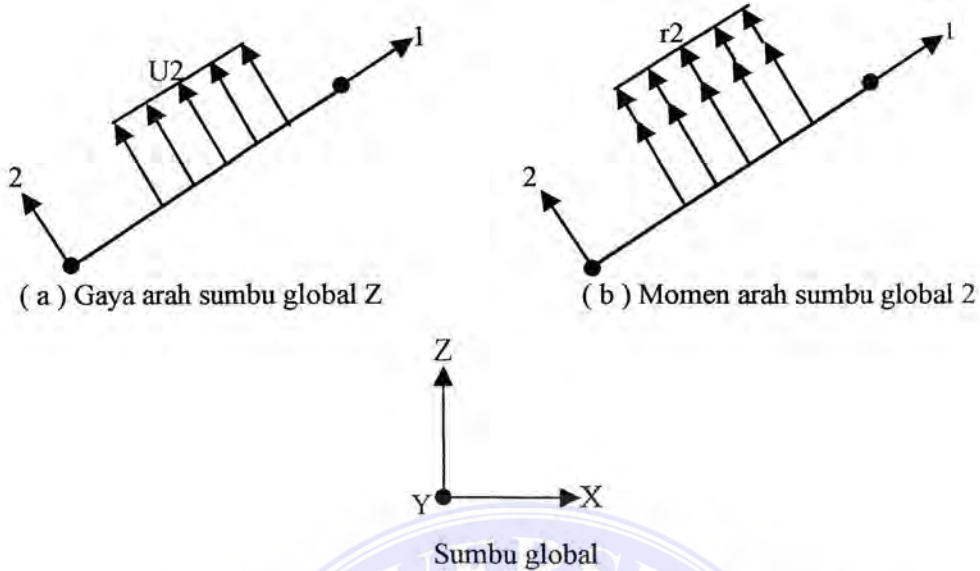


( a ) Gaya arah sumbu global Z



( b ) Momen arah sumbu global Z

Semua gaya yang bekerja dari 0.25 sd 0.75 bentang

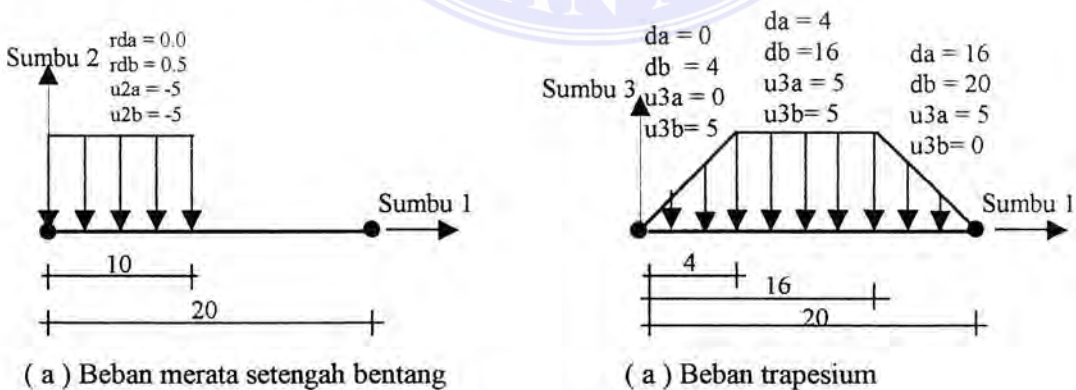


**Gambar 3.3.** Menentukan beban merata elemen

Sumber : Haryanto Yoso Wigroho, Analisis & perancangan struktur frame

Intensitas beban merupakan gaya atau momen persatuan panjang. Untuk setiap komponen gaya atau momen yang dikerjakan, sebuah nilai beban diperlukan jika beban merupakan beban merata. Apabila intensitas beban bervariasi linier diatas daerah yang dikerjakan ( beban trapesium ), maka diperlukan dua nilai pembebanan.

Untuk jelasnya lihat gambar dibawah ini.



**Gambar 3.4.** Menentukan beban merata elemen

Sumber : Haryanto Yoso Wigroho, Analisis & perancangan struktur frame

### 3.2. Portal untuk Struktur 2D

Pada bagian ini akan dibahas sebuah portal beton bertulang, unit dalam  $kN - m$ , modulus elastisitas beton  $E_c = 2.10^4 MPa$ . Elemen kolom luar digunakan penampang  $400 \times 500mm$ , kolom tengah  $400 \times 600mm$ , elemen balok lantai dan atap digunakan penampang **T**.

Beban-beban yang bekerja pada portal ialah berat sendiri dan beban mati ( $DL$ ), beban hidup ( $LL$ ) dan beban gempa statik ( $E$ ), Portal direncanakan dengan code ACI 318-99 dengan mutu beton  $f'_c = 20MPa$ , mutu baja tulangan longitudinal  $f_y = 400Mpa$ , dan mutu baja tulangan geser  $240MPa$ , dengan kombinasi pembebanan disesuaikan dengan SK SNI 1991 sebagai berikut :

- ×  $1.2 DL + 1.6 LL$
- ×  $1.05 DL + 0.6 LL + 1.05 E$
- ×  $1.05 DL + 0.6 LL - 1.05 E$

Untuk analisis dan disain model ini dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

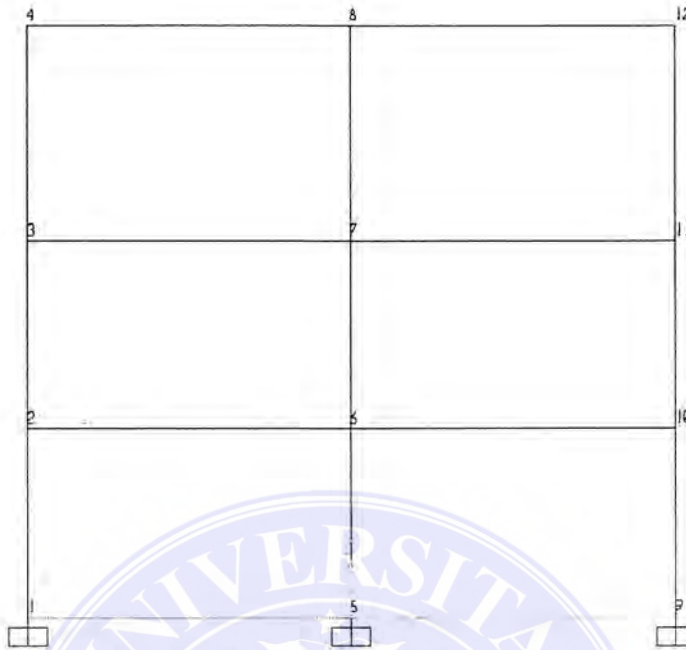
#### A. Menentukan geometrik struktur.

1. Tentukan unit dalam KN-m
2. Klik menu **File / New Model from Template.....**, maka akan tampil dialog box 'Coordinate System Definition'.
3. Pada dialog box ini:

- ✓ Klik pada tab 'Cartesian', kemudian isikan 'Number of Grid Space' 'X=2, Y=0 dan Z=1
- ✓ Isikan pada 'Grid Spacing' jarak grid untuk X=6 dan Z=4, sedangkan untuk Y biarkan apa adanya, karena model akan menggunakan bidang X-Z

Layar monitor akan menampilkan windows dalam tampak 3-D dan 2D yang diatur secara vertikal. Pilih menu **Options/ Windows/ One**, maka akan ditampilkan satu window saja.

4. Klik ganda pada grid horisontal yang atas, maka akan muncul dialog box **Modify Grid Lines**, tambahkan grid horisontal untuk elevasi 7.5 dan 11.0
  - ✓ Caranya dengan mengisikan nilai 7.5 pada kotak editor, lalu klik pada **Add Grid Line**
  - ✓ Ulangi langkah diatas untuk menambahkan grid pada elevasi 11.0
  - ✓ Klik **Ok**
5. Dengan toolbar ( Quick Draw Frame ) gambarkan model portal 2D. Caranya ialah dengan meng-klik diantara 2 potongan grid line, maka dengan sekali klik akan tergambar elemen diantara dua porongan grid.
6. Pilih joint dukungan yang bawah, kemudian dengan toolbar pilih dukungan , jepit, sehingga akan ditampilkan model struktur seperti gambar 3.3.1.



**Gambar 3.3.1.** Portal Beton 2 Dimensi

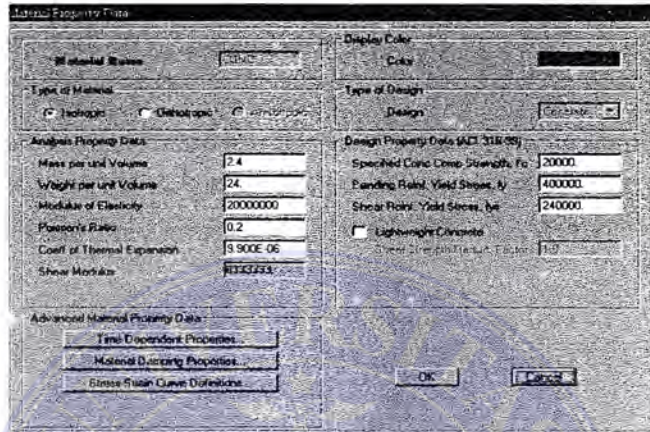
## B. Menentukan Material dan Section

Pada contoh ini digunakan penampang beton yang ditentukan sendiri karena SAP 2000 tidak menyediakan. Langkah-langkah yang dilakukan ialah sebagai berikut:

1. Pilih menu **Define / Materials....**, maka akan muncul dialog box 'Define Material'.
  - ✓ Klik material **Conc**, kemudian klik **Modify / Show Material**, maka akan muncul dialog box 'Material Property Data'.
  - ✓ Isikan modulus elastis beton =  $20000000 \text{ KN/m}^2$  ( $2 \cdot 10^4 \text{ MPa}$ ),  
tegangan leleh tulangan longitudinal =  $400000 \text{ KN/m}^2$  ( $400 \text{ MPa}$ )  
, tegangan beton silinder  $20000 \text{ KN/m}^2$  ( $20 \text{ MPa}$ ), tegangan leleh

tulangan geser =  $240000 \text{ KN} / \text{m}^2$  ( $240 \text{ MPa}$ ) dan tegangan geser beton =  $15000 \text{ KN} / \text{m}^2$  ( $15 \text{ MPa}$ ). seperti gambar 3.3.2.

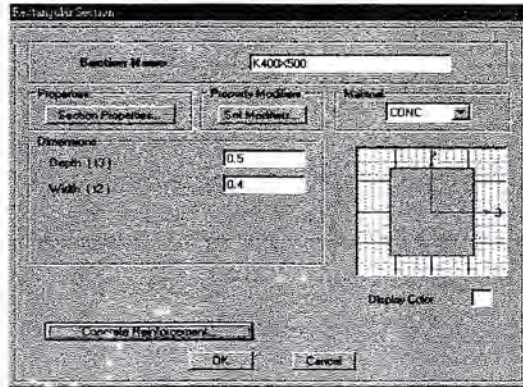
✓ **Klik Ok**



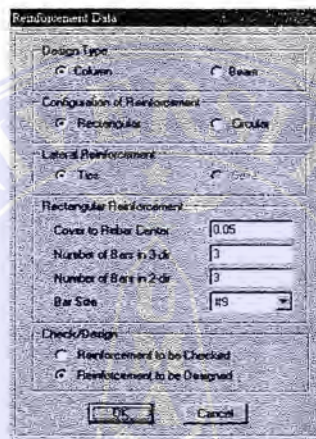
**Gambar 3.3.2.**Menentukan Property Material Beton

2. Pilih menu **Define / Frame Section**..., maka akan ditampilkan dialog box ‘Framen Section’. Pada dialog box tersebut:

- ✓ Klik pada drop-down box **Add Rectangular**, maka akan ditampilkan dialog box ‘Rectangular Section’. Seperti gambar 3.3.3.
- ✓ Isikan nama profil pada **Section Name** dengan  $K400 \times 500$  untuk kolom tepi, kemudian pilih **Cone** pada kotak material. Isikan tinggi ( $t3$ ) = 0.5, lebar ( $t2$ ) = 0.4
- ✓ Klik pada **Reinforcement**, dan akan muncul dialog box.
- ✓ Isikan selimut beton (Cover to Rebar Center) = 0.05 (50mm) jumlah tulangan arah  $-3 = 3$  dan jumlah tulangan arah  $-2 = 3$ . Biarkan pilihan pada **Design Area of Steel**, kemudian klik **Ok**, seperti gambar 3.3.4.

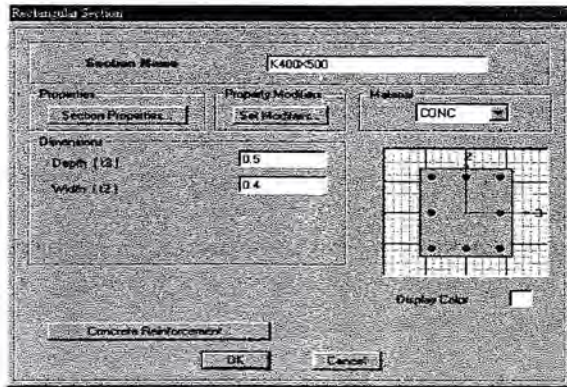


Gambar 3.3.3.Menentukan Dimensi Kolom



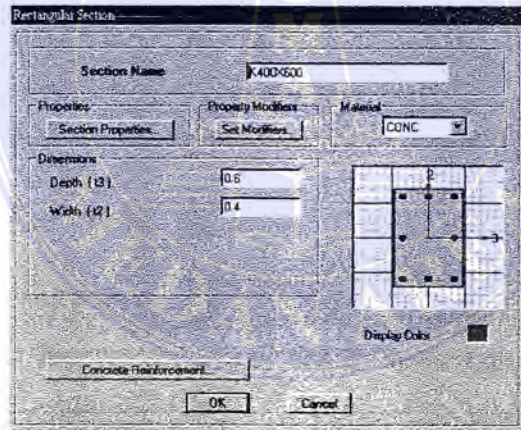
Gambar 3.3.4.Tulangan Kolom

3. Ulangi langkah nomor 2 untuk menentukan profil kolom ukuran  $K400 \times 600$  dengan nama  $K400 \times 600$  dan tulangan seperti gambar 3.3.6.
4. Ulangi langkah nomor 2 tersebut diatas untuk menentukan elemen balok sebagai berikut:
  - ✓ Klik pada drop-down box **Add Tee**, maka akan ditampilkan dialog box ‘ Tee Section ‘.seperti gambar 3.3.7



Gambar 3.3.5. Tampang Kolom 400 × 500

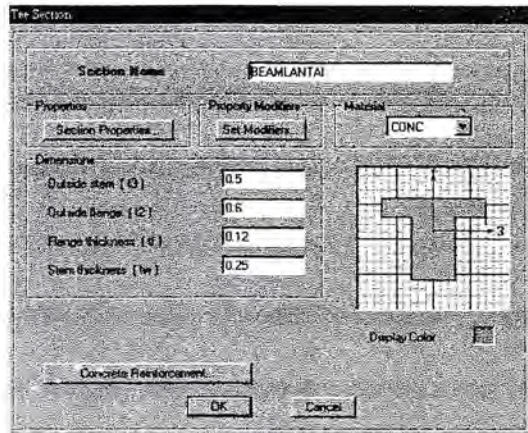
- ✓ Isikan nama profil pada **Section Name** dengan  $T250 \times 500$  untuk balok lantai, kemudian pilih **Conc** pada kotak material. Kemudian isikan tinggi ( $T3$ ) = 0.5, lebar sayap ( $T2$ ) = 0.6, tebal sayap ( $Tf$ ) = 0.12 dan tebal badan ( $Tw$ ) = 0.25.



Gambar 3.3.6. Tampang Kolom 400 × 600

- ✓ Klik pada **Reinforcement**, maka akan muncul dialog box, seperti gambar 3.3.8. Disini elemen class sudah menunjuk **Beam**, isikan selimut beton atas (**Top**) = 0.05 dan bawah (**Bottom**) = 0.05





Gambar 3.3.7. Tampang Balok  $T250 \times 500$

5. Ulangi langkah nomor 4 untuk menentukan potongan balok atap dengan nama potongan  $T200 \times 400$



Gambar 3.3.8. Selimut Beton Bertulang

Sekarang telah ada 4 section, yaitu kolom  $K400 \times 500$  dan  $K400 \times 600$ , serta balok  $T250 \times 500$  dan  $T200 \times 400$ , yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan property pada model strukturnya.

### C. Menentukan Property Elemen

Pada bagian ini akan digunakan dua section yang telah ditentukan untuk kolom, dan dua section untuk balok seperti yang telah ditentukan. Langkah-langkah yang dilakukan ialah :

1. Pilih elemen kolom yang tepi dengan toolbar **Pointer**. Elemen yang telah dipilih ditampilkan dengan garis putus-putus.
2. Pilih menu Assign / Frame / Section..., maka akan tampil dialog box ' Define Frame Section' . Pada dialog box ini :
  - ✓ Klik pada  $K 400 \times 500$  di area **Name**
  - ✓ Klik **Ok**
3. Pilih elemen kolom yang tengah. Ulangi langkah 2 untuk menentukan kolom dengan memilih  $K 400 \times 600$  pada area **Name**.
4. Pilih elemen balok lantai, kemudian ulangi langkah 2 untuk menentukan balok lantai dengan memilih  $T 250 \times 500$  pada area **Name**
5. Pilih elemen balok atap, kemudian ulangi langkah 2 untuk menentukan balok atap dengan memilih  $T 200 \times 400$  pada area **Name**. Setelah proses potongan profil selesai pada layar akan ditampilkan label elemen seperti gambar 3.3.9

### C. Menentukan Property Elemen

Pada bagian ini akan digunakan dua section yang telah ditentukan untuk kolom, dan dua section untuk balok seperti yang telah ditentukan. Langkah-langkah yang dilakukan ialah :

1. Pilih elemen kolom yang tepi dengan toolbar **Pointer**. Elemen yang telah dipilih ditampilkan dengan garis putus-putus.
2. Pilih menu Assign / Frame / Section..., maka akan tampil dialog box ' Define Frame Section' . Pada dialog box ini :
  - ✓ Klik pada  $K 400 \times 500$  diarea **Name**
  - ✓ Klik **Ok**
3. Pilih elemen kolom yang tengah. Ulangi langkah 2 untuk menentukan kolom dengan memilih  $K 400 \times 600$  pada area **Name**.
4. Pilih elemen balok lantai, kemudian ulangi langkah 2 untuk menentukan balok lantai dengan memilih  $T 250 \times 500$  pada area **Name**.
5. Pilih elemen balok atap, kemudian ulangi langkah 2 untuk menentukan balok atap dengan memilih  $T 200 \times 400$  pada area **Name**. Setelah proses potongan profil selesai pada layar akan ditampilkan label elemen seperti gambar 3.3.9

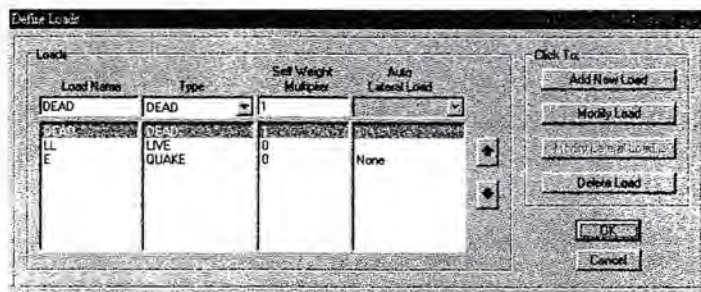


Gambar 3.3.9. Potongan elemen Portal Beton 2D

#### D. Menentukan Load Case

Untuk analisis struktur pada contoh ini diperlukan tiga macam Load Case. Pertama ialah beban mati (*DL*), beban hidup (*LL*), dan beban gempa (*E*). Langkah-langkah untuk menentukan Load Case ini ialah sebagai berikut.

1. Pilih menu **Define / Static Load Case...**, kemudian akan ditampilkan dialog box ‘Static Load Case Name’. Tentukan nama beban **DL**, tipe beban **DEAD** dan faktor pengali berat sendiri 1.



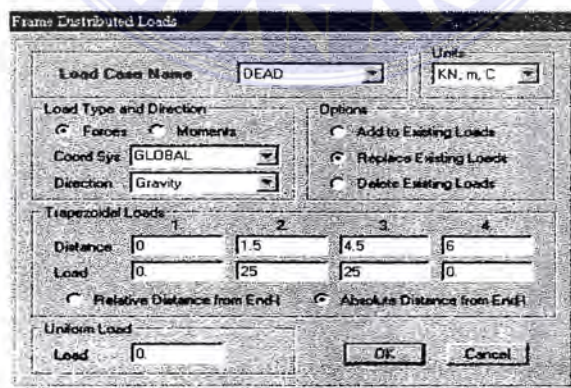
Gambar 3.4.0. Menentukan Load Case

2. Ulangi langkah nomor 1 untuk menentukan beban  $LL$  dan  $E$  dengan faktor pengali berat sendiri  $0$ , seperti gambar 3.4.0.

### E. Menentukan Beban Elemen dan Beban Joint

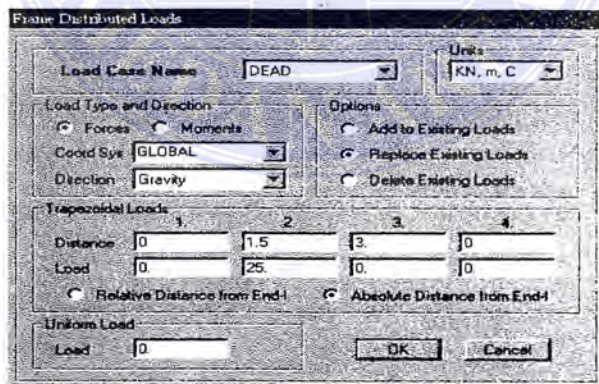
Beban mati ( $DL$ ) dan beban hidup ( $LL$ ) yang dikerjakan pada Struktur besarnya sesuai dengan ketentuan. Langkah-langkah untuk mentukannya adalah:

1. Pilih elemen pada bentang kiri untuk lantai 2 dan 3. Pilih menu **Assign / Frame Static Load / Trapezoidal....**, maka akan ditampilkan dialog box 'Trapezoidal Span Loads'. Dari dialog box ini kemudian :
  - ✓ Pilih Load Case Name **DL**, Load Type **Force** dan direction **Gravity**, options **Add to Existing Load**.
  - ✓ Pada Trapezoidal Loads pilih **Absolut Distance from End-I**, kemudian isikan data, seperti pada gambar 3.4.1.
  - ✓ Klik **Ok**

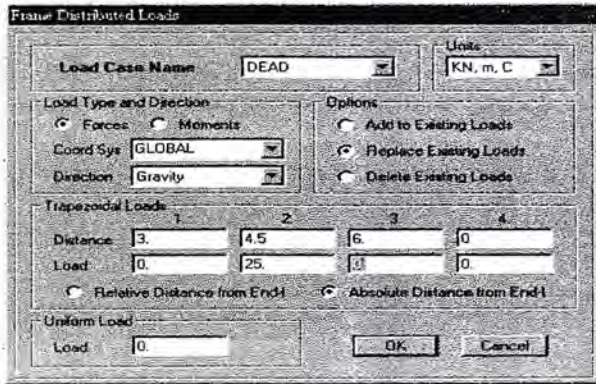


Gambar 3.4.1. Menentukan Beban Trapesium

2. Pilih elemen pada bentang untuk lantai 2 dan 3. Pilih menu **Assign / Frame Static Load / Trapezoidal...**, maka akan ditampilkan dialog box 'Trapezoidal Span Loads'. Dari dialog box ini kemudian :
  - ✓ Pada Trapezoidal Load isikan datanya. *Seperti pada gambar 3.4.2.*
  - ✓ Klik **OK**
3. Ulangi langkah nomor 2, dan dari dialog box Trapezoidal Span Loads' isikan datanya. Isikan datanya *seperti gambar 3.4.3.*
4. Ulangi langkah nomor 2, dengan toolbar point, pilih Load Case Name DL dan Direction Gravity, isikan pada Point Loads dengan Distance = 3, load = 80. seperti pada gambar 3.4.4.
5. Ulangi langkah nomor 1 sampai nomor 4 untuk menentukan beban hidup (*LL*) demikian juga untuk beban *DL* dan *LL* pada balok atap dilakukan dengan mengulang langkah nomor 1 sampai 4 tersebut.

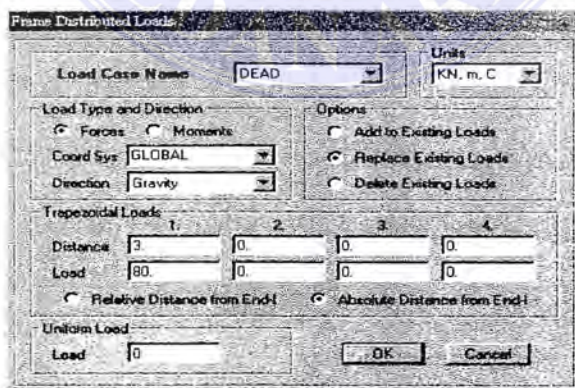


**Gambar 3.4.2.** Data Beban Segitiga Pertama

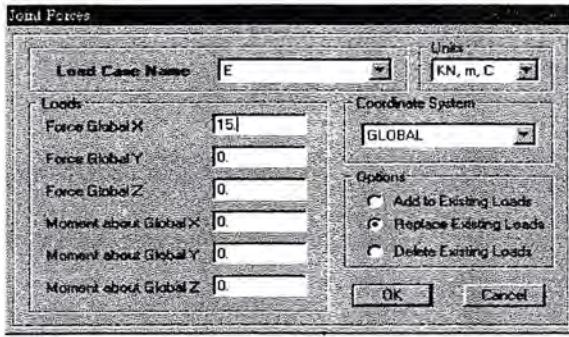


**Gambar 3.4.3.** Data Beban Segitiga Kedua.

6. Pilih joint lantai dua paling kiri, kemudian klik toolbar 'Joint Force', seperti gambar 3.4.4. kemudian tentukan Load Case name E ( gempa ) dan pada Force Global X isikan 15, lalu klik Ok
7. Ulangi langkah nomor 6 untuk menentukan beban gempa ( E ) pada joint paling kiri untuk lantai 3 dan atap. Dan Semua beban sudah diberikan pada model struktur, dan data model struktur sudah lengkap untuk dilakukan analisis.

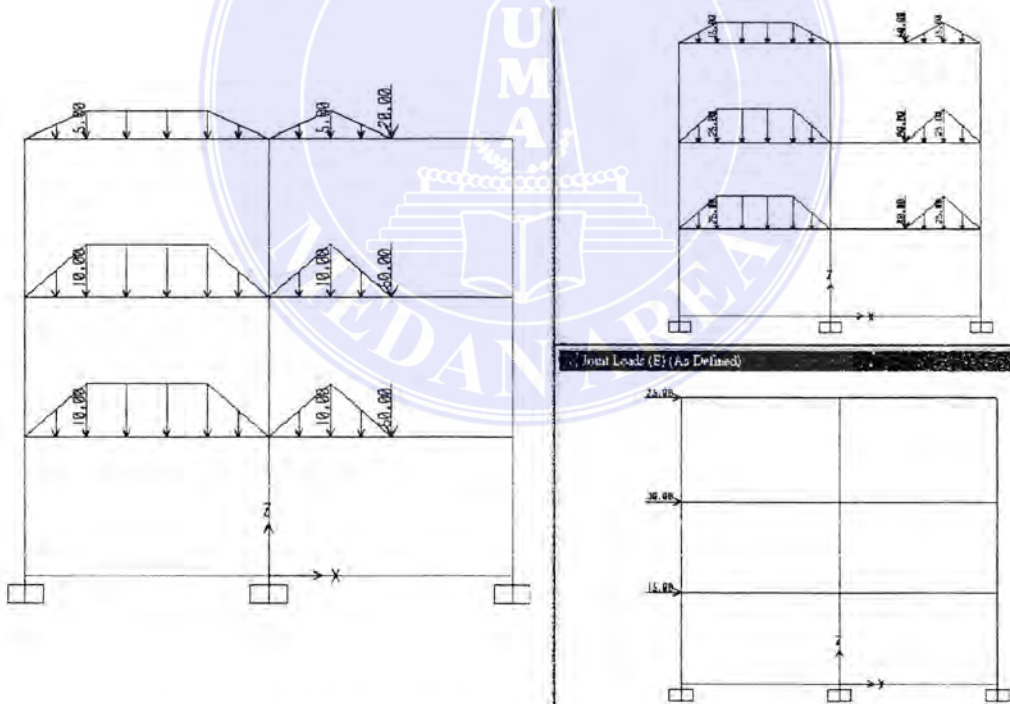


**Gambar 3.4.4.** Data Beban Terpusat Pada Elemen.



**Gambar 3.4.5.** Menentukan Beban Gempa Statik

Dan Semua beban sudah diberikan pada model struktur, dan data model struktur sudah lengkap untuk dilakukan. Sehingga seluruh beban yang bekerja pada model struktur dapat ditampilkan seperti gambar 3.4.6.



**Gambar 3.4.6.** Data Beban Mati, Hidup dan Gempa



## F. Analisis Model

Untuk analisis model dilakukan sebagai berikut.

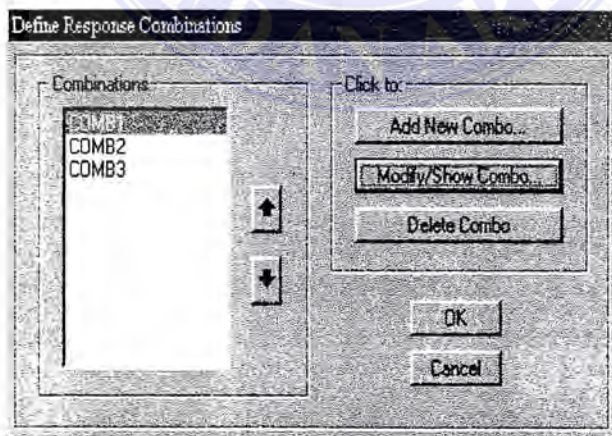
1. Pilih menu **Analyze / Set Options...** maka akan ditampilkan dialog box 'Analyze Options'. Dari dialog box ini :
  - ✓ Pilih pada fast DOF's dengan **Plane Frame**
  - ✓ Klik **Ok**
2. Pilih menu **Analyze / Run**, maka akan ditampilkan dialog box 'Save Model File As'. Dari dialog box ini :
  - ✓ Simpanlah model dengan nama file : **PORTAL**, anda tidak perlu menuliskan ekstension file **.SDB**, karena program akan menambahkan sendiri
  - ✓ Klik pada **Save**
3. Kemudian akan muncul window dengan menampilkan beberapa variasi analisis. Apabila analisis telah lengkap, dan tidak ada pesan kesalahan (*error*) atau peringatan (*warning*) pada baris paling akhir akan muncul pesan **ANALYSIS COMPLETE**.
4. Klik **Ok**

Setelah dilakukan analisis maka dapat ditampilkan bentuk deformasi struktur dan gaya-gaya yang terjadi, sesuai dengan kombinasi beban yang diinginkan.

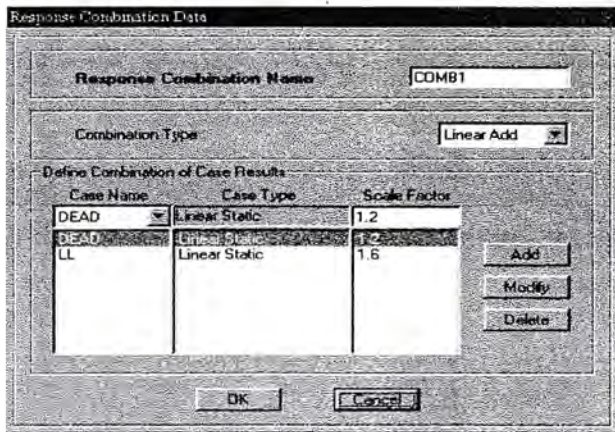
## G. Disain Struktur Beton

Untuk disain elemen struktur dilakukan sebagai berikut,

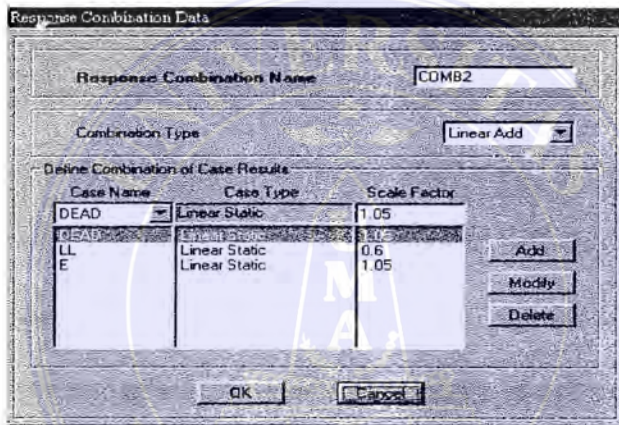
1. Pilih menu **Design / Concrete Design** agar dalam keadaan aktif, yang ditunjukkan dengan tanda ✓
2. Pilih menu **Define / Load Combinations**....maka akan tampil dialog box 'Define Load Combination'. Dari dialog box ini :
  - ✓ Klik **Add Default Design Combo** maka akan ditampilkan dialog box Define Load Combination, seperti gambar 3.4.7.
  - ✓ Pilih Combination **DCON1**. kemudian klik **Modify / Show Combo**, maka akan ditampilkan dialog box seperti gambar 3.4.8. Ubahlah agar kombinasi menjadi seperti gambar 3.4.8.
  - ✓ Ulangi langkah diatas untuk mengubah kombinasi **DCON2, DCON3** yang disesuaikan dengan ketentuan pada SK SNI, seperti gambar 3.4.9. dan 3.5.0.



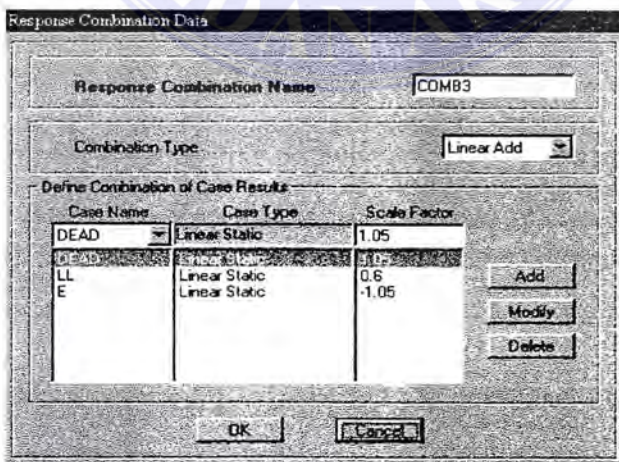
Gambar 3.4.7. Kombinasi Beban Default



Gambar 3.4.8. Kombinasi Beban *DL* dan *LL*

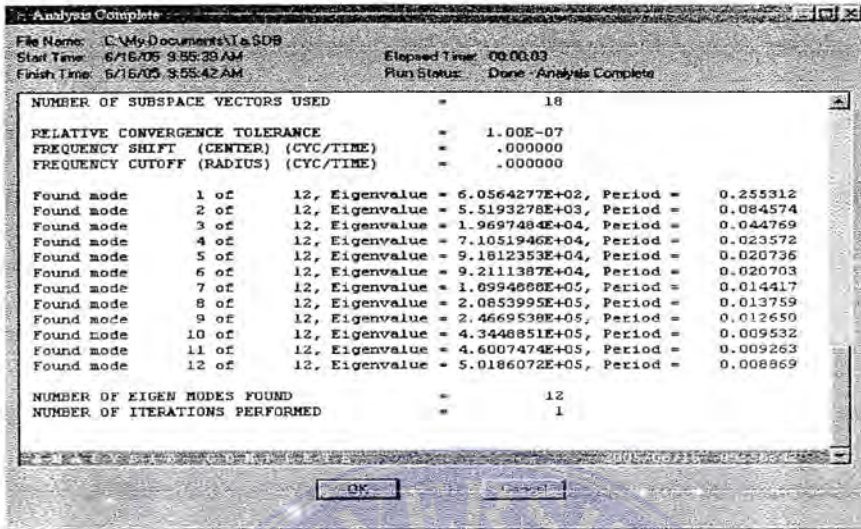


Gambar 3.4.9. Kombinasi Beban Gempa (*E*) Positif



Gambar 3.5.0. Kombinasi Beban Gempa (*E*) Negatif

✓ Kita dapat melihat hasil dari analisa beban strukur tersebut.

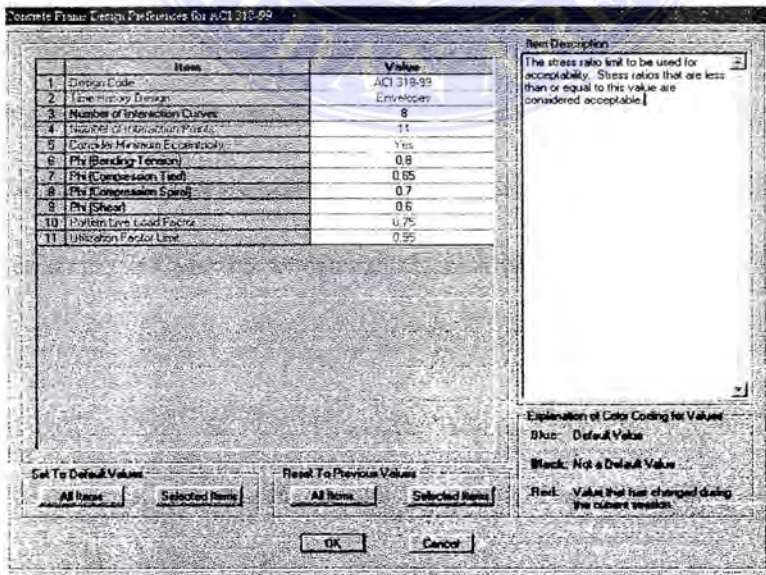


Gambar 3.5.1. Tanda Analisis Telah Selesai Dilakukan

3. Pilih menu Options / Preference..., kemudian klik pada tab Concrete, lalu pilih Concrete Design Code AIC 318-99, seperti pada gambar 3.5.2.

✓ Isikan faktor reduksi untuk Bending / Tension 0.80, Shear 0.60, Compression ( T ) 0.65 dan Compression ( S ) 0.70.

Klik Ok

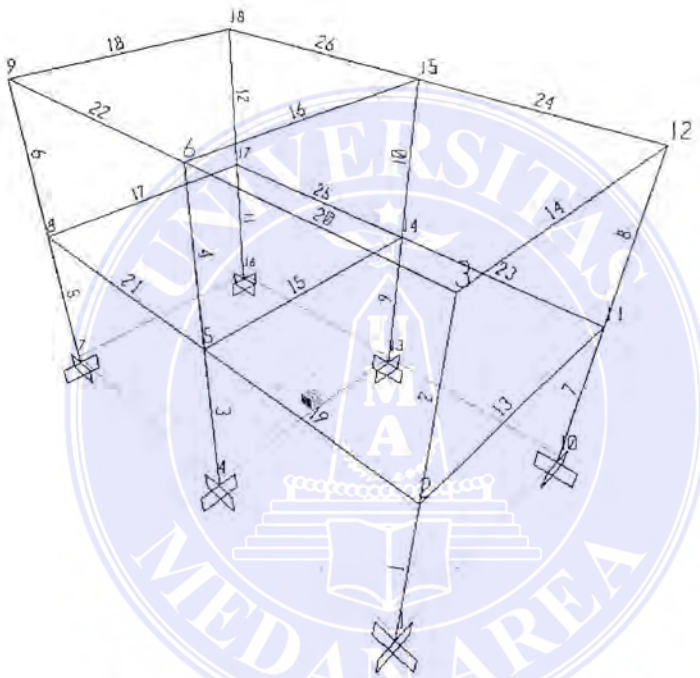


Gambar 3.5.2. Penyesuaian Faktor Reduksi

4. Pilih menu Design / Start Design / Check of Struktur. Setelah beberapa saat akan ditampilkan gambar luas tulangan yang akan diperlukan pada setiap elemen. Perlu diketahui bahwa luas tulangan yang ditampilkan semuanya ialah 0.00, karena masih menggunakan unit dalam KN dan meter. Untuk menampilkan luas tulangan dalam unit milimeter, ubahlah unit dalam N-mm pada kotak.
5. Apabila ingin mengetahui luas tulangan dan detail salah satu balok, kita dapat memilih salah satu elemen balok dan klik dengan mouse kanan, maka akan ditampilkan window informasi luas tulangan longitudinal dan tulangan gesernya. Dari informasi ini jika di klik pada **Details**, maka akan ditampilkan analisis penampang sesuai code yang dipilih, ialah AIC 318-99.
6. Apabila ingin mengetahui luas tulangan dan detail salah satu kolom, kita dapat memilih salah satu elemen kolom dan klik dengan mouse kanan, maka akan ditampilkan window informasi luas tulangannya. Dari informasi ini ada tiga pilihan ialah **Interaction**, **Details** dan **ReDesign**. Jika di klik pada **Details** maka akan ditampilkan analisis penampang sesuai code yang dipilih, ialah AIC 318-99, dan jika di klik pada **Interaction** akan ditampilkan diagram interaksi kolom beton bertulang sesuai penampangnya.

### 3.3. Portal untuk struktur 3D

Untuk model frame tiga dimensi perlu diperhatikan adanya penomoran joint dan elemen, terutama untuk joint pusat massa. Perlu juga diperhatikan arah sumbu-sumbu lokal untuk elemen kolom / vertikal, karena arah sumbu lokal ini harus sesuai dengan model struktur yang ditentukan..



Gambar 3.5.3. Portal Beton 3 Dimensi

Pada gambar 3.3.1. diberikan contoh portal tiga dimensi yang sederhana, dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Semua bahan terbuat dari beton bertulang dengan modulus elastis

$E_c = 2.10^7 \text{ KN} / \text{m}^2$ . Kuat tekan beton  $f_c' = 25 \text{ MPa}$ , baja tulangan

$f_{yt} = 400 \text{ MPa}$ , dan baja sengkang  $f_{ys} = 240 \text{ MPa}$ .

2. Semua kolom ukurannya  $300 \times 400 \text{ mm}^2$ , sumbu lokal 3 sejajar dengan sumbu global Y. semua balok ukuran  $250 \times 500 \text{ mm}^2$ .
3. Semua balok dengan beban mati  $(DL) 20 \text{ KN/m}$ , dan beban hidup  $(LL) 8 \text{ KN/m}$ . Pada lantai 2 beban gempa statik arah  $X(E_x)$  dan arah  $Y(E_Y) 30 \text{ KN}$ , dan pada lantai 3 beban gempa statik arah  $X(E_x)$  dan arah  $Y(E_Y) 60 \text{ KN}$ .
4. Koordinat pusat massa lantai 2 dan 3 untuk  $X = 3.0 \text{ m}$ ,  $Y = 6.5 \text{ m}$ , untuk Z mengikuti tinggi lantainya. Pada setiap lantai, massa translasi arah X dan Y besarnya  $65 \text{ KN} - dtk^2 / m$ , dan inersia massa  $850 \text{ KN} - dtk^2 / m$ .

### A. Menentukan Geometri Struktur

1. Pilih unit yang sesuai dengan keinginan, dalam contoh ini unit dalam KN-m, dari menu pilihan di kanan bawah dengan **KN-m**.
2. Pilih menu **File / New Model...** kemudian akan tampil dialog **Coordinate System Definition**.
3. Panda dialog box **Coordinate System Definition** ini :
  - ◆ Isikan pada area Number of Grid Spaces untuk  $X = 1$ ,  $Y = 0$  dan  $Z = 2$ .
  - ◆ Isikan pada area Grid Spacing  $X = 6$  dan  $Z = 4$ , untuk Y biarkan saja.
4. Klik **Ok**.

Layar monitor akan menampilkan windows dalam tampak 3D dan 2D yang diatur secara vertikal. Jendela sebelah kanan menampilkan bidang X-Y dari model

Struktur untuk  $Z = 8$ , dan jendela sebelah kiri menampilkan pandangan 3D dari model struktur.

5. Pada jendela kanan klik ganda pada garis grid vertikal, kemudian ubahlah dengan **Move Grid Line** koordinat X arah  $-3$  menjadi  $0$ , dan  $3$  menjadi  $6$ .  
Klik **Ok**.
6. Pada jendela kanan klik ganda pada garis grid horisontal, kemudian tambahkan dengan **Add Grid Line** koordinat Y arah dengan  $5$  dan  $11$ . Klik **Ok**. Pada jendela kiri akan tampak garis grid dalam 3 dimensi.
7. Dengan toolbar **Move Down in List** pindahkan posisi bidang grid pada jendela kiri hingga  $Z = 0$ . hal ini ditunjukkan pada layar sebelah bawah kiri dengan keterangan **X-Y Plane @ Z = 0**.
8. Pilih Menu **New / Labels....**, maka akan ditampilkan dialog box. Dari diaolg box ini isikan **joint**, di bawah **Next Number 1**, **Increment 1**.
9. Dengan toolbar **Set Display Options....**, aktifkan check box () **Label** pada **Joint**, lalu klik **Ok**.
10. Dengan Toolbar **Draw Spesial Joint** klik pada potongan grid kiri bawah dengan koordinat  $X = 0$ , dan  $Y = 0$ . Kemudian klik lagi pada koodinat  $X = 6$  dan  $Y = 0$  dan seterusnya sehingga pada koordinat  $Z = 0$  semua joint tergambar dengan nomor joint.
11. Dengan toolbar **Move Up in List** pindahkan posisi bidang grid pada jendela kiri hingga  $Z = 4$ . hal ini ditunjukkan pada layar sebelah bawah kiri dengan keterangan **X-Y Plane @ Z = 4**. Ulangi langkah nomor 10 untuk menentukan



12. Dengan toolbar **Move Up in List** pindahkan posisi bidang grid pada jendela kiri hingga  $Z = 8$ . Hal ini ditunjukkan pada layar sebelah kiri bawah dengan keterangan **X-Y Plane @ Z = 8**. Ulangi langkah nomor 10 untuk menentukan joint pada lantai 3.
13. Dengan toolbar **Move Up in List** aktifkan check box () **Label** pada **Frames**, lalu klik **Ok**.
14. Dengan toolbar **Draw Frame / Cable Elemen** gambarkan elemen kolom lantai 1 dengan nomor elemen.
15. Ulangi langkah nomor 14 untuk menggambar kolom lantai 2, balok lantai 2 dan lantai 3 dengan nomor elemen.
16. Pada jendela kanan tambahkan garis grid horisontal untuk koordinat  $Y = 6.5$ , dan garis grid vertikal untuk koordinat  $X = 3.0$  dengan **Add Grid Line**.
17. Pada jendela kanan pilih koordinat  $Z = 4$ , kemudian dengan toolbar **Draw Special Joint** klik pada koordinat potongan garis grid  $X = 3.0$  dan  $Y = 6.5$  joint ini ialah pusat massa lantai 2 dengan nomor joint 17.
18. Pada jendela kanan pilih koordinat  $Z = 8$ , kemudian dengan toolbar **Draw Special Joint** klik pada koordinat potongan garis grid  $X = 3.0$  dan  $Y = 6.5$ . joint ini ialah pusat massa lantai 3 dengan nomor joint 20.
19. Pilih semua joint pada  $Z = 0$ , dengan Toolbar **Joint Restraints** tentukan dengan dukungan jepit.

## B. Menentukan Material dan Potongan Elemen Struktur

Untuk menentukan material dan potongan elemen dapat dilakukan dengan cara seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Nama-nama property potongan dapat digunakan seperti berikut :

1. Untuk kolom diberi nama  $K30 \times 40$ , dengan jumlah tulangan 4 pada arah sumbu-3 dan arah sumbu-2, sehingga tulangan pada penampang kolom 12 buah
2. Untuk balok diberi nama  $B25 \times 50$ , tebal selimut beton  $0.05m (50mm)$ .
3. Setelah semua property elemen balok dan kolom ditentukan, yakinkah bahwa sumbu-3 untuk kolom arahnya sesuai yang dikehendaki. Caranya ialah sebagai berikut.
  - Dengan toolbar **Move Up in List** aktifkan check box () Show Extrusions yang ada dibagian bawah lalu
  - Klik **Ok**, maka elemen struktur akan ditampilkan sesuai dengan property-nya.
  - Yakinkan bahwa arah lebar kolom ( sumbu-3 ) ialah searah sumbu global Y seperti ketentuannya.

## C. Menentukan Load Case Dan Beban Pada Struktur

Load case bahan yang bekerja pada model struktur terdiri dari beban **DL**, **LL** dan, gempa **Ex** dan **Ey**. Untuk beban **DL** digabungkan dengan berat sendiri elemennya,

Untuk menentukan beban gravitasi dan beban gempa pada model struktur dilakukan sebagai berikut :

1. Pilih semua balok arah X maupun arah Y pada lantai 2 dan 3
2. Dengan toolbar **Frame Point Loads**, pilih load case name **DL** dan direction **gravity**, isikan pada Uniform load dengan **20**.
3. Pilih semua balok arah X maupun arah Y, kemudian dengan toolbar **Frame Point Loads**, pilih load case name **LL** dan direction **Gravity**, isikan pada Uniform load dengan **8**.
4. Pilih joint pada nomor 17 ( pusat massa lantai 2 ), kemudian dengan toolbar **Frame Point Loads**, pilih load case name **EX**, isikan beban gempa statik arah sumbu X sebesar **30**.
5. Pilih joint nomor 19 kemudian dengan toolbar **joint loads / Forse**, pilih loads Case name **EY**, isikan beban gempa statik arah sumbu Y sebesar **30**.
6. Pilih joint nomor 20 ( pusat massa lantai 3 ), kemudian dengan toolbar **joint loads / Forse**, pilih load case name **EX**, isikan beban gempa statik arah sumbu X sebesar **60**.
7. Pilih joint nomor 20 kemudian dengan toolbar **joint loads / Forse**, pilih load case name **EY**, isikan beban gempa statik arah sumbu Y sebesar **60**.

## D. Menentukan Diapragma Dan Massa Tiap Lantai

Setelah semua beban statik ditentukan perlu ditentukan diapragma lantai dan massa tiap lantai. Untuk menentukan diapragma dan massa tiap lantai ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Klik pada jendela kanan, kemudian dengan **Move up in List**, pilih lantai 2 ( X-Y Plane @ Z = 4 ).
2. Pilih semua joint pada jendela kanan, kemudian dari menu **Assign** pilih **Constraints...** maka akan tampil dialog box **Constrain**. Pada dialog box ini :
  - Pada **Clik to** pilih **Add Diapragma**, maka akan tampil dialog box **Diapragma Constrain**.
  - Pada **Constrain Name** biarkan namanya tetap DIAPH1.
  - Pada **Constrain Axes** pilih Z Axes.
  - **Klik Ok**. Lalu klik **Ok**
3. Dengan **Move up in List** pilih lantai 3 ( X-Y ) Plane @ Z = 8 ), kemudian ulangi langkah nomor 2 untuk menentukan diapragma dengan nama DIAPH2
4. Pada lantai 3 ( X-Y Plane @ Z = 8 ) pilih joint **20**.
5. Dari menu **Assign** pilih **joints**, lalu **Masses...** maka akan tampil dialog box.
  - Pada direction 1 di area **Masses in Local Direction** isikan dengan nilai 65.
  - Pada direction 2 di area **Masses in Local Direction** isikan dengan nilai 65.
  - Pada rotation about 3 di area **Mom. Of Inertia in Load Directions**

UNIVERSITAS MEDAN AREA isikan dengan nilai 850.

- Yang lain biarkan saja
- Klik **Ok**

Data pada langkah nomor 5 tersebut maksudnya ialah bahwa untuk beban dinamik, struktur pada lantai 3 hanya berdeformasi translasi arah sumbu X dan sumbu Y, serta rotasi terhadap sumbu Z.

6. Pada lantai 2 ( X-Y Plane @ Z = 4 ) pilih joint nomor 19, kemudian ulangi langkah nomor 5 untuk menentukan massa translasi dan inersia massa pada lantai 2.

### E. Menentukan Beban Dinamik

Pada masa tiap lantai diapragma ditentukan, perlu ditentukan beban dinamik pada model struktur. Beban dinamik yang dikerjakan pada model struktur ini ialah Response Spectrum yang diambil dari pedoman perencanaan ketahanan gempa untuk rumah dan gedung, SKBI-1.3.53. 1987 ( PPKGURG-87 ). Data yang diambil dari PPKGURG ini merupakan koefisien gempa dasar, dan struktur dianggap berdiri diatas tanah lunak untuk wilayah 3 .

Untuk beban dinamik dari PPKGURG ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pilih menu **Define / Response Spectrum Functions...**, maka akan ditampilkan dialog box Define Response Spectrum Functions.
2. Klik pada Add New Functions, maka akan ditampilkan dialog box Functions Definition, pada dialog ini box ini :

• Beri nama PPKGURG pada function name

- Isikan dibawah time dengan 0, di bawah value dengan 0.07, klik **Add**
  - Isikan dibawah time dengan 1, di bawah value dengan 0.07, klik **Add**
  - Isikan dibawah dengan time 2, di bawah value dengan 0.035, klik **Add**
  - Isikan dibawah dengan time 3, di bawah value dengan 0.035 klik, **Add**
3. Klik **Ok** lalu klik **Ok**.
4. Pilih menu Define / **Response Spectrum cases...** maka akan ditampilkan dialog box **Define Response Spectra**, klik pada **Add New Spectra**, maka akan ditampilkan dialog box Response Spectra Case Data, pada dialog box ini
- Isikan pada Spectra case name dengan **PPKGURG**.
  - Isikan pada damping dengan 0.05 ( 5 % ).
  - Pada area **Input Response Spectra**, pada U1 pilih function **PPKGURG**, dengan scale factor **9.81**.
  - Pada area **Input Response Spectra**, pada U2 pilih function **PPKGURG**, dan scale factor **9.81**.
  - Klik **Ok**.

## F. Analisis Model

Setelah semua data beban statik dan dinamik ditentukan dapat dilakukan analisis model sebagai berikut.

1. Simpanlah model dengan name file : **F3D\_DIN**.
2. Pilih menu **Analyze / Set Options**.
  - Aktifkan check box **Dynamic Analyze**.

- Klik pada **Set Dynamic Parameter** dan ubahlah **Number of Mode** menjadi 6
- Klik **Ok**

### 3. Pilih menu **Analyze / Run**

Setelah analisis selesai dan tidak ada kesalahan atau peringatan, amati hasil output displacement dan gaya-gaya untuk beban statik dan dinamik.



## BAB V

### KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan menganalisa perhitungan data dengan analisa dua dimensi dan tiga dimensi, maka penulis dapat mengambil kesimpulan:

1. Pada hasil analisa perhitungan tiga dimensi kolom mengalami torsi sedangkan pada dua dimensi tidak mengalami torsi.
2. Perbedaan gaya-gaya dalam ( *Frame Element Force* ) pada 2D dan 3D sebagai berikut:

Gaya dalam	2 Dimensi Melintang			3 Dimensi Melintang			
	Max kolom	M (T-m)	D(Ton)	N(Ton)	M (T-m)	D(Ton)	N(Ton)
Lantai I	1.94	-0.72	-53.24	2.17	-0.81	-182.89	3.01
Lantai II	1.97	-0.96	-39.16	2.39	-1.15	-135.18	2.13
Lantai III	-1.96	-0.95	-25.63	2.49	-1.23	-88.11	3.49
Lantai IV	3.16	-1.39	-12.33	3.98	-1.77	-40.9	16.51

Tabel 5.1

Gaya dalam	2 Dimensi Memanjang			3 Dimensi Memanjang			
	Max kolom	M (T-m)	D(Ton)	N(Ton)	M (T-m)	D(Ton)	N(Ton)
Lantai I	10.16	3.78	161.74	3.46	-1.29	198.02	3.01
Lantai II	10	4.95	119.66	3.865	2.13	147.02	2.13
Lantai III	9.82	-4.71	78.13	-4.08	-3.49	96012	3.49
Lantai IV	16.16	-7	36.87	6.47	2.89	44.07	16.51

Tabel 5.2

3. Untuk hasil analisa luas tulangan pada 2 dimensi dan 3 dimensi, diperoleh juga perbedaan-perbedaan dan juga ada kesamaan pada kolom. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada setiap tabel yang telah ditabelkan.



4. Perbedaan gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) yang terjadi pada kolom dapat dilihat sebagai berikut:

No Lantai	2 Dimensi Melintang		3 Dimensi Melintang	
	Vu (Tegangan geser terfaktor) untuk		Vu (Tegangan geser terfaktor) untuk	
	Major shear (V2) Bidang 1-2 (sumbu kuat)	Major shear (V2)	Major shear (V3) Bidang 1-3 (Sumbu lemah)	
I	0.38	0.498	7.625	
II	0.51	1.301	9.981	
III	0.498	1.386	9.52	
IV	0.754	2.009	14.061	

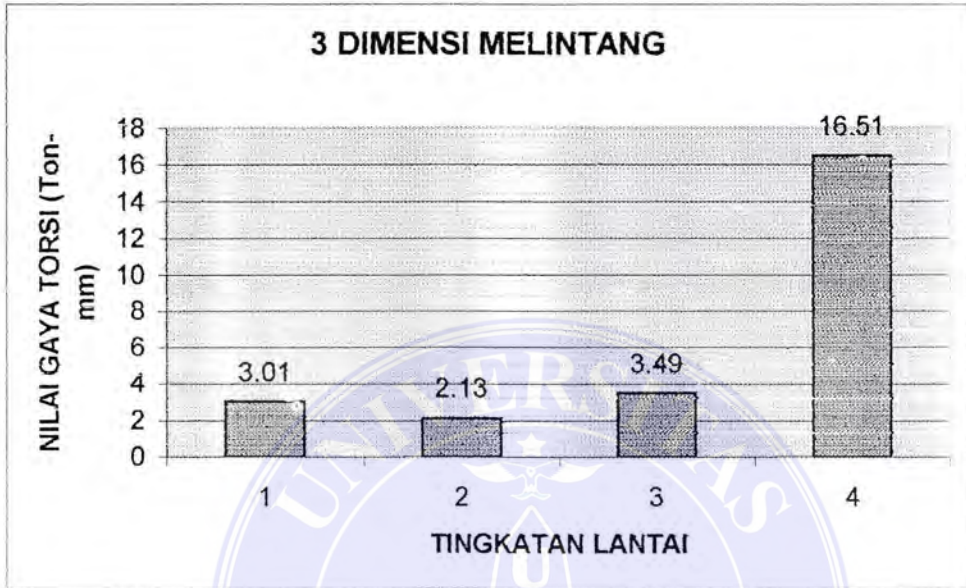
Tabel 5.3

No Lantai	2 Dimensi Memanjang		3 Dimensi Memanjang	
	Vu (Tegangan geser terfaktor) untuk		Vu (Tegangan geser terfaktor) untuk	
	Major shear (V2) Bidang 1-2 (sumbu kuat)	Major shear (V2)	Major shear (V3) Bidang 1-3 (Sumbu lemah)	
I	1.765	1.451	1.83	
II	2.317	2.082	5.774	
III	5.308	1.386	5.386	
IV	7.911	2.009	8.232	

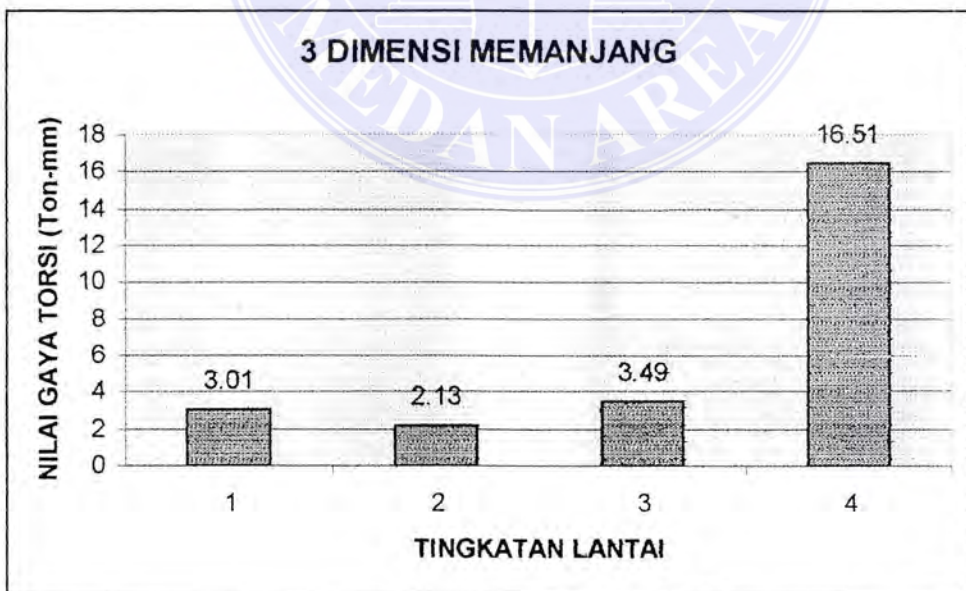
Tabel 5.4

5. Setelah dibandingkan nilai-nilai gaya dalam dan  $V_u$  terfaktor maka penulis mengambil suatu kesimpulan bahwa, makin tinggi lantainya ( lantai 4 ) maka makin lebih besar nilai  $V_u$  Terfaktornya, dan ini akan berpengaruh pada luas total tulangan geser. Hal ini juga terlihat ketika Program SAP 2000 menampilkan *Show Deformed ( Modal )* yaitu mode 1 terhadap lintang dan mode 2 terhadap memanjang dan juga mode-mode lainnya ( ada 12 mode). Dimana kita bisa melihat goyangan dari struktur portal tersebut.

6. Gambar grafik perbedaan nilai-nilai torsi pada gaya-gaya dalam ( *Frame Element Force* ) yang terjadi pada portal 3 dimensi saja.



Grafik 5.1.1 Perbedaan Nilai-nilai Torsi



Grafik 5.1.2 Perbedaan Nilai-nilai Torsi

## DAFTAR PUSATAKA

1. Wiryanto Dewobroto. Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP 2000. Lippo Karawaci – Taman Galaxi – Ciumbuleuit, Agustus 2004 :PT.Elex Media Komputindo, Jakarta
2. Handi Pramono. Struktur 2D & 3D dengan SAP 2000. Solo, Agustus 2004 Maxikom.
3. Haryanto Yoso Wigroho. Analisis & Perancangan Struktur Frame Menggunakan SAP 2000, Versi 7.42. Yogyakarta, agustus 2001 : Andi
4. J. Thambah Sembiring Gurki. Beton Bertulang, Edisi Revisi. Bandung 2002: Rekayasa Sains
5. Chu – Kia Wangb dan Charles G. Salmon. Desain Beton Bertulang, Jilid 1. Jakarta : Erlangga, 1993.
6. Chu – Kia Wangb dan Charles G. Salmon. Desain Beton Bertulang, Jilid 2. Jakarta : Erlangga, 1993.
7. W.C. Vis dan Gideon Kusuma. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang. Jakarta : Erlangga.
8. W.C. Vis dan Gideon Kusuma. Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang. Jakarta : Erlangga.
9. E.P. Popov dan Zainal Astamar. Mekanika Teknik. Jakarta : Erlangga 1996
10. Istimawan Dipohusodo. Struktur Beton Bertulang : PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1996
11. L.Wahyudi dan Syahril A. Rahim. Struktur Beton Bertulang : PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1997.