

**TUGAS AKHIR**

**STUDY KOMPARASI PERILAKU BALOK GRID DAN  
BALOK KONVENSIONAL PADA STRUKTUR PELAT  
LANTAI BANGUNAN GEDUNG**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
derajat Sarjana Teknik Sipil**

**Disusun Oleh :**

**Nama : BAKTI SETIYADI**

**No. Mhs : 91 310 049**

**NIRM : 910051013114120047**

**Nama : HENGKY PRADOTO**

**No. Mhs : 91 310 063**

**NIRM : 910051013114120061**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**1996**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**STUDY KOMPARASI PERILAKU BALOK GRID DAN BALOK**  
**KONVENSIONAL PADA STRUKTUR PELAT LANTAI**  
**BANGUNAN GEDUNG**

Disusun Oleh :

**Nama : BAKTI SETIYADI**

**No. Mhs : 91 310 049**

**NIRM : 910051013114120047**

**Nama : HENGKY PRADOTO**

**No. Mhs : 91 310 063**

**NIRM : 910051013114120061**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. H. Susastrawan , MS .**

**Dosen Pembimbing I**



**Tanggal : 12-11-96**

**Ir. Ilman Noor , MSCE .**

**Dosen Pembimbing II**

**Tanggal :**

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbil 'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karuniaNya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi syarat memperoleh jenjang keserjanaan Strata Satu (S1) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Permasalahan yang penulis angkat dalam Tugas Akhir ini adalah dengan judul Study Komparasi Balok Grid dan Balok Konvensional pada Struktur Pelat Lantai Bangunan Gedung . Dalam segala keterbatasan, penulis berusaha menerapkan semua hal yang telah penulis terima untuk menyelesaikan masalah yang penulis hadapi.

Pada kesempatan ini pula penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta dan dosen pembimbing I Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku ketua jurusan Teknik Sipil, FTSP, UII, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Ilman Noor , MSCE, selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir.

4. Kedua orang tua , kakak, adik dan orang yang mengasihi yang telah memberi bantuan moril dan dorongan sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai.
5. Rekan - rekan Welang 70 A yang senantiasa memberi dorongan dan masukan - masukan .
6. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, walaupun penulis telah berusaha untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Untuk itu penulis mengharapkan kritk dan saran membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Oktober 1996

## **ABSTRAKSI**

*Pelat lantai pada bangunan bertingkat merupakan suatu struktur yang terpasang mendatar dan berfungsi sebagai tumpuan bagi penghuninya. Pelat lantai pada umumnya mempunyai ketebalan yang relatif sangat kecil dibandingkan dengan panjang bentangnya sehingga sifat kaku dari pelat sangat kurang. Dari keamanan konstruksi lendutan yang besar ini harus dicegah agar pelat masih dapat berfungsi dengan baik.*

*Banyak alternatif untuk menambah kekakuan pelat diantaranya adalah dengan memberikan balok - balok berupa balok anak dan balok induk selain itu juga memanfaatkan bentuk atau sistem kisi - kisi yang biasa dikenal dengan struktur grid.*

*Dari hasil studi komparasi tentang perilaku struktur balok anak dengan struktur balok grid pada dimensi yang sama , didapatkan hasil bahwa dengan menggunakan struktur balok anak lebih ekonomis dibanding dengan balok grid. Tetapi dalam memberikan perilaku kekakuan pada struktur pelat balok grid lebih menguntungkan.*

*Sehingga dengan hasil studi komparasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih baik untuk memilih bentuk suatu konstruksi yang ideal.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GRAFIK .....	xi
BAB I . PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Pokok Permasalahan .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan dan Manfaat .....	5
1.5. Metode Study Komparasi .....	5
BAB II . STRUKTUR BALOK KONVENSIONAL .....	7
2.1. Umum <sup>d</sup> .....	7
2.2. Strukutur Balok Konvensional .....	8
2.3. Metode Analisis dan Perencanaan .....	10
2.4. Kuat Lentur Balok Persegi .....	15
2.5. Persyaratan Kekuatan .....	19

2.6. Perencanaan Balok Persegi Terlentur .....	20
2.6.1. Perencanaan Balok Bertulangan Sebelah .....	22
2.6.2 Perencanaan Balok Bertulangan Rangkap .....	23
2.7. Perencanaan Penulangan Geser Lentur Balok Persegi .....	26
2.7.1. Perencanaan secara teori tidak dibutuhkan Tulangan sengkang .....	30
2.7.2. Perencanaan jika dibutuhkan sengkang .....	31
2.8. Perencanaan Penulangan Torsi .....	34
2.9. Lendutan .....	39
2.9.1. Lendutan Seketika .....	40
2.9.2. Lendutan Jangka Panjang .....	42
2.10. Flow Chart .....	46
<b>BAB III. STRUKTUR BALOK GRID .....</b>	<b>47</b>
3.1. Umum .....	47
3.2. Sistem Grid pada Pelat Lantai .....	48
3.3. Berbagai Bentuk Balok Grid .....	49
3.4. Analisis Balok Grid dengan Metode Kekakuan .....	51
<b>BAB IV. DESAIN BALOK KONVENSIONAL PADA PELAT LANTAI .....</b>	<b>56</b>
4.1. Perhitungan Balok Secara Manual .....	56
4.1.1. Perencanaan Dimensi dan Tulangan Pokok .....	56
4.1.2. Perhitungan Tulangan Geser Lentur .....	67
4.1.3. Perhitungan Lendutan .....	70

4.1.4. Perhitungan Penulangan Puntir .....	75
4.2. Perencanaan Balok dengan Menggunakan Program .....	81
4.2.1. Notasi Balok Konvensional pada Pelat lantai .....	81
4.2.2. Running Program .....	84
<b>BAB V. DESAIN BALOK GRID PADA PELAT LANTAI .....</b>	<b>92</b>
5.1. Perhitungan Mekanika Balok Grid Secara Manual .....	92
5.1.1. Perhitungan Secara Manual .....	92
5.1.2. Perhitungan Secara Komputer .....	97
<b>BAB VI. DESAIN PENULANGAN PELAT .....</b>	<b>108</b>
6.1. Langkah - langkah Perhitungan Volume Tulangan Dalam Pelat ..	108
6.2. Perhitungan Manual Volume Tulangan Pada Balok Konvensional .	111
6.3. Perhitungan Manual Volume Tulangan Pada Balok Grid .....	116
<b>BAB VII. PEMBAHASAN .....</b>	<b>125</b>
7.1. Hasil Perhitungan .....	125
7.2. Pembahasan .....	113
7.2.1. Balok .....	133
7.2.2. Pelat .....	136
<b>BAB VIII. KESIMPULAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>137</b>
8.1. Kesimpulan .....	137
8.2. Saran .....	138

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



Tabel 7.7. Komparasi Luas Total Tulangan Sengkang Torsi pada Balok Induk .	130
Tabel 7.8. Komparasi Lendutan seketika Balok Konvensional dan Balok Grid..	131
Tabel 7.9. Komparasi Volume Tulangan Pada struktur Pelat .....	132

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 7.1. Komparasi Luas Total Tulangan Lapangan Balok Anak dan Balok Grid .....	126
Grafik 7.2. Komparasi Luas Total Tulangan Tumpuan Balok Anak dan Balok Grid .....	127
Grafik 7.3. Komparasi Luas Total Tulangan Tumpuan Balok Induk .....	128
Grafik 7.4. Komparasi Luas Total Tulangan Lapangan Balok Induk .....	129
Grafik 7.5. Komparasi Lendutan .....	131
Grafik 7.6. Komparasi Volume Tulangan Pada Struktur Pelat .....	132

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Penulangan Pokok Balok Induk .....	84
Tabel 4.2. Penulangan Pokok Balok Anak .....	86
Tabel 4.3. Penulangan Geser Lentur Balok Anak dan Balok Induk .....	87
Tabel 4.4. Penulangan Geser Tosi Balok Induk .....	89
Tabel 4.5. Lendutan Balok Konvensional .....	91
Tabel 5.1. Penulangan Pokok Balok Grid .....	101
Tabel 5.2. Penulangan Pokok Balok Induk .....	102
Tabel 5.3. Penulangan Geser Lentur Balok Induk dan Balok Grid .....	104
Tabel 5.4. Penulangan Geser Torsi Balok Induk .....	106
Tabel 5.5. Lendutan Balok Grid .....	107
Tabel 7.1. Komparasi Luas Total Tulangan Lapangan Balok Anak dan Balok Grid .....	126
Tabel 7.2. Komparasi Luas Total Tulangan Tumpuan Balok Anak dan Balok Grid .....	127
Tabel 7.3. Komparasi Luas Total Tulangan Tumpuan Balok Induk .....	128
Tabel 7.4. Komparasi Luas Total Tulangan Lapangan Balok Induk .....	129
Tabel 7.5. Komparasi Luas Total Tulangan Geser Murni .....	130
Tabel 7.6. Komparasi Luas Total Tulangan Memanjang Torsi pada Balok Induk	130

Tabel 7.7. Komparasi Luas Total Tulangan Sengkang Torsi pada Balok Induk .	130
Tabel 7.8. Komparasi Lendutan seketika Balok Konvensional dan Balok Grid..	131
Tabel 7.9. Komparasi Volume Tulangan Pada struktur Pelat .....	132

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Keterkaitan antara disiplin ilmu yang berkepentingan sangatlah diperlukan di dalam perencanaan maupun pelaksanaan pembangunan suatu gedung. Sejalan dengan banyaknya pembangunan gedung yang ada, permasalahan yang timbul akan semakin banyak dan kompleks. Perencana akan selalu dituntut menghasilkan suatu struktur bangunan yang tidak monoton dan tidak terlalu boros. Dengan memperhatikan kegunaan bangunan yaitu ruangan yang luas, dibutuhkan suatu struktur yang mampu mendukung beban dan kekakuan yang masih memberikan kenyamanan tanpa harus mengurangi luas ruangan.

Pelat lantai pada bangunan bertingkat merupakan bagian struktur yang terpasang mendatar dan berfungsi sebagai tumpuan atau berpijak bagi penghuni yang ada di atasnya. Pelat lantai pada umumnya mempunyai ketebalan yang relatif sangat kecil dibandingkan dengan panjang bentangnya sehingga sifat kaku dari pelat sangat kurang. Dari keamanan konstruksi, lendutan yang besar ini harus dicegah agar pelatlantai masih dapat berfungsi dan memberikan kenyamanan berpijak bagi penghuninya.

Berdasarkan ilmu struktur, dapat dilakukan berbagai alternatif teknis untuk memberikan kekakuan dan menambah kekuatan pada pelat lantai. Alternatif tersebut diantaranya adalah :

1. Menambah ukuran tebal pelat lantai itu sendiri, cara ini adalah tidak efisien, boros bahan yang secara otomatis akan menambah berat strukturnya sendiri.
2. Mengurangi lebar bentang pelat dengan memberikan balok - balok berupa balok induk dan balok anak. Secara umum cara ini banyak dipakai karena kepraktisannya dalam analisis dan pelaksanaannya.
3. Memanfaatkan bentuk atau sistem kisi-kisi ( "wafer", "grid struktur" ) yang secara umum dikenal dengan istilah "struktur grid". Struktur grid ini mempunyai sifat utama dapat mendistribusikan beban pada kedua arah secara seimbang.

Penggunaan struktur grid tersebut dapat mendukung sistem perancangan arsitektur yang membutuhkan ruangan yang luas tanpa harus mengurangi luas ruangan yang dikehendaki.

## **1.2 Pokok Permasalahan**

Bangunan yang baik adalah bangunan yang aman dari segi struktur dan dapat mendukung sistem perancangan arsitektur. Mengingat masih kurang dikenalnya analisa struktur balok grid, dalam tugas akhir ini diberikan cara menganalisa perilaku balok grid dengan menggunakan metode kekakuan.

Dalam latar belakang masalah disebutkan bahwa untuk memberikan keamanan konstruksi dari lendutan yang besar pada pelat lantai, ada beberapa alternatif yaitu :

1. menambah ukuran tebal pelat,
2. mengurangi lebar bentang pelat dengan memberi balok-balok berupa balok anak dan balok induk yang selanjutnya kami sebut sebagai balok konvensional,
3. memanfaatkan bentuk atau sistem kisi-kisi atau yang dikenal dengan “sistem grid” yang terdiri dari balok-balok grid.

Setelah kita dapat menganalisa perilaku balok-balok grid, dari hasil hitungan akan kami bandingkan dengan alternatif kedua yaitu dengan menggunakan balok konvensional. Penggunaan kedua alternatif tersebut akan kami tinjau dari segi :

1. Volume beton
2. Kebutuhan luasan tulangan
3. Kekakuan atau defleksinya

### **1.3 Batasan Masalah**

Mengingat belum dikenalnya secara umum analisa struktur dan perencanaan balok grid penyusun membatasi permasalahan studi komparasi perilaku antara balok grid dan balok konvensional , yaitu :

1. Sistem grid yang digunakan sebagai komparasi adalah sistem grid persegi, sedangkan program yang digunakan menghitung mekanika dapat digunakan untuk menghitung sistem grid persegi, grid miring, grid majemuk.

2. Bentuk struktur pelat yang ditinjau adalah pelat bujur sangkar dengan luasan  $25\text{ m}^2$ ,  $36\text{ m}^2$ ,  $49\text{ m}^2$ ,  $64\text{ m}^2$ ,  $81\text{ m}^2$ ,  $100\text{ m}^2$
3. Kuat desak beton digunakan  $f'c = 25\text{ Mpa}$
4. Tegangan leleh baja untuk tulangan pokok digunakan  $f_y = 400\text{ Mpa}$ , sedangkan untuk tulangan geser  $f_y = 240\text{ Mpa}$
5. Tinjauan komparasi meliputi volume beton, kekakuan atau defleksi dan kebutuhan luasan tulangan.
6. Perhitungan perencanaan berdasarkan SK SNI T-15-1991, sedangkan peraturan penunjang digunakan PBI'71 dan ACI.
7. Penampang balok yang dipakai penampang persegi.
8. Rasio dimensi balok  $d / b = 1,5$  s/d  $2,5$
9. Tebal pelat digunakan tebal minimum yaitu  $120\text{ mm}$
10. Tumpuan balok dan pelat berupa jepit elastis.
11. Perhitungan puntir berdasarkan momen tumpuan pelat, dan momen tumpuan balok yang membebani.
12. Dimensi Balok Konvensional dan Balok Grid adalah sama pada type pelat yang sama.

#### **1.4 Tujuan dan Manfaat**

Penjelasan dasar dari perencanaan balok konvensional dan balok grid secara manual maupun dengan menggunakan program komputer akan membantu dalam



mendesain balok. Dalam perencanaan tersebut diharapkan dapat diketahui perilaku struktur balok konvensional dan balok grid pada struktur pelat. Dengan mengetahui perilaku yang terjadi diharapkan dapat bermanfaat untuk memberikan gambaran struktur tersebut, sehingga dalam mendesain struktur bangunan dapat diambil alternatif - alternatif yang baik.

### **1.5. Keaslian Tugas Akhir**

Sepanjang pengamatan kami tugas akhir yang mengambil topik study komparasi ini belum pernah diangkat oleh mahasiswa teknik sipil untuk jenjang starta satu.

### **1.6 Metode Study Komparasi**

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini diuraikan sebagai berikut :

1. diambil struktur pelat bujur sangkar dengan luasan yang telah ditetapkan di batasan masalah,
2. dari struktur pelat tersebut direncanakan dengan menggunakan balok grid dan balok konvensional,
3. pada perhitungan mekanika struktur grid, digunakan program komputer berdasarkan metode kekakuan dengan bahasa Turbo Basic,
4. berdasarkan perhitungan mekanika pada struktur grid maupun balok konvensional dihitung dimensi balok, defleksi maupun kebutuhan luasan

tulangan baik pada struktur grid maupun balok konvensional, dengan menggunakan program komputer.

Untuk memperjelas metode penelitian tersebut dapat dilihat pada diagram dibawah ini :

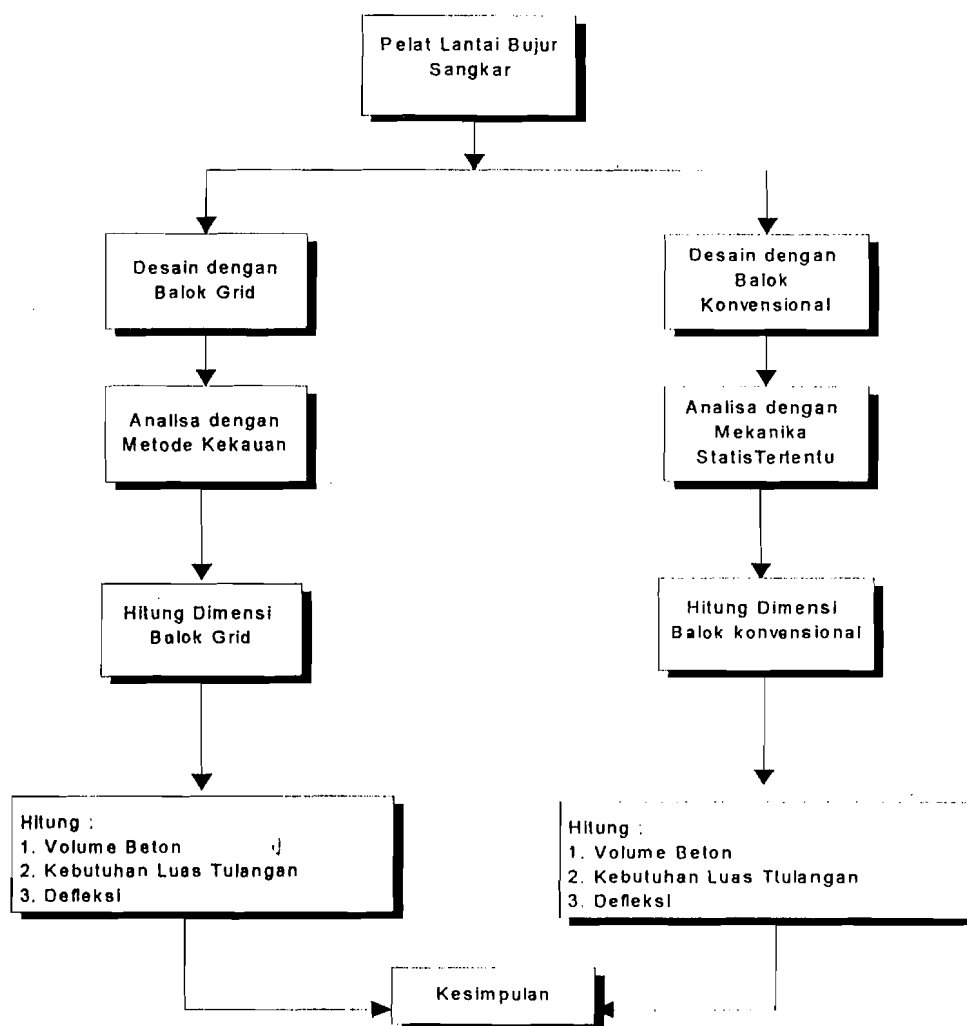


Diagram 1.1. Alur studi komperasi

## BAB II

### STRUKTUR BALOK KONVENSIONAL

#### 2.1 Umum

Secara garis besar komponen-komponen struktur beton dapat diklasifikasikan atas:

1. “Slab” atau pelat

“Slab” adalah elemen horizontal utama yang menyalurkan beban hidup atau beban mati ke rangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur. Elemen tersebut dapat berupa “slab” di atas balok, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.1, “flat slab” ( “slab” tanpa balok yang tertumpu pada kolom).

2. Balok

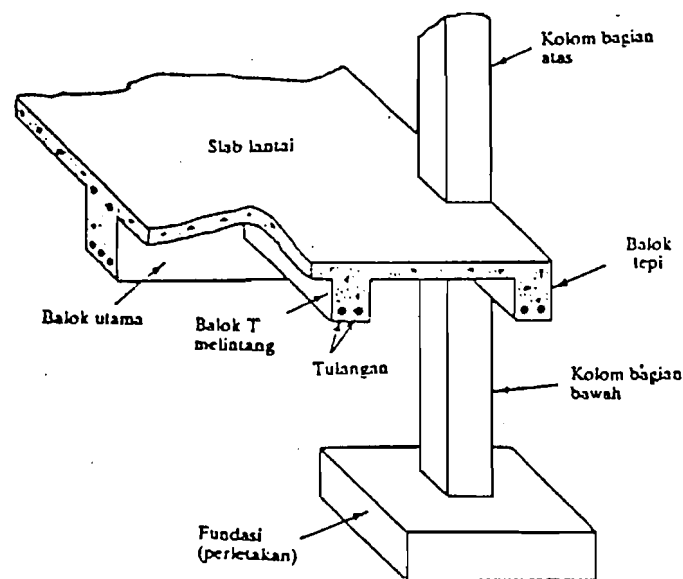
Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari “slab” lantai ke kolom penyangga yang vertikal. Secara struktural tulangan berada pada bagian bawah, atau dibagian atas dan bawah.

3. Kolom

Kolom adalah elemen struktural yang memikul sistem lantai struktural. Elemen ini merupakan elemen yang mengalami tekan dan pada umumnya disertai dengan momen lentur.

#### 4. Pondasi

Pondasi adalah elemen beton struktural yang meneruskan beban dari struktur di atasnya ke tanah yang memikulnya. Pondasi ini dapat mempunyai berbagai bentuk sesuai dengan kondisi tanah yang ada dan perencanaan. Bentuk yang paling sederhana adalah pondasi setempat seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1. Pondasi dari jenis ini dapat dipandang sebagai pelat terbalik yang meneruskan beban merata dari tanah ke kolom.

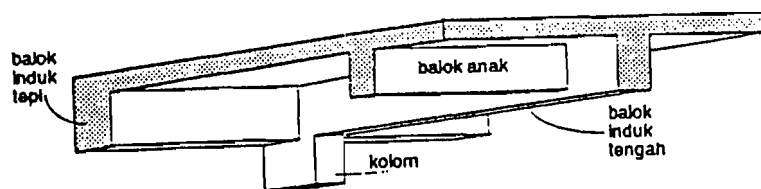


Gambar 2.1 Sistem struktural rangka beton

#### 2.2 Struktur Balok Konvensional

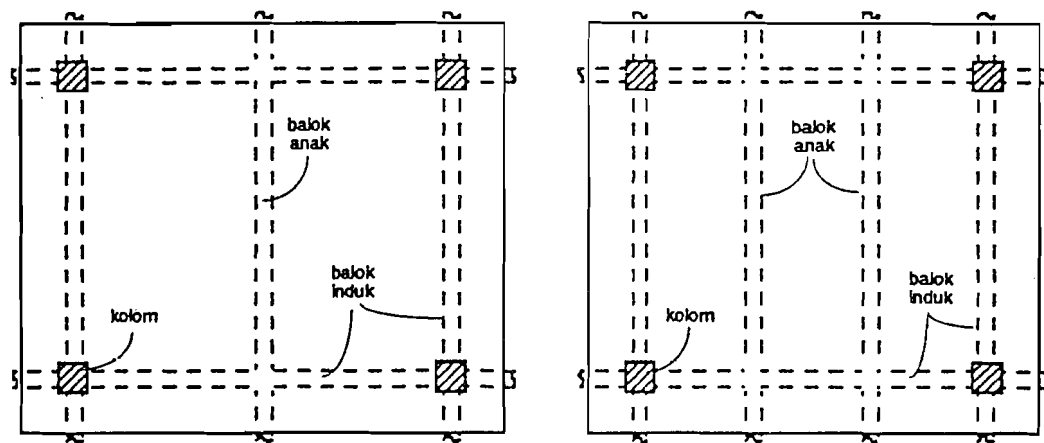
Komponen lantai atau atap bangunan gedung struktur beton bertulang dapat berupa pelat dengan seluruh beban yang didukung langsung dan dilimpahkan ke kolom dan selanjutnya dilimpahkan ke pondasi bangunan. Bentangan struktur

pelat tidak boleh panjang pada ketebalan tertentu (berarti pula berat sendiri) menghasilkan struktur yang tidak hemat dan praktis, oleh karena itu telah banyak dikembangkan jenis sistem struktur pelat yang bertujuan untuk untuk memperoleh bentangan sepanjang mungkin dengan beban mati sekecil mungkin. Salah satu diantaranya dinamakan sistem balok anak dan induk, terdiri dari pelat yang tertumpu pada balok anak yang membentuk rangka dengan balok induk serta kolom sebagai penopang struktur keseluruhan. Struktur balok anak dan induk inilah yang nantinya dalam Tugas Akhir ini kami sebut dengan struktur balok konvensional. Pada Gambar 2.2 menunjukkan struktur balok konvensional pada pelat.



Gambar 2.2 Struktur balok konvensional pada pelat

Pada umumnya balok anak membagi bentangan balok induk menjadi setengah, sepertigaan, seperempat, seperti tampak pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tata letak balok anak dan balok induk

### 2.3 Metode Analisis dan Perencanaan

Perencanaan komponen struktur beton dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak timbul retak berlebihan pada penampang sewaktu mendukung beban kerja, dan masih mempunyai cukup keamanan serta cadangan kekuatan untuk menahan beban dan tegangan lebih lanjut tanpa mengalami runtuh. Timbulnya tegangan-tegangan lentur akibat terjadinya momen karena beban luar, dan tegangan tersebut merupakan faktor yang menentukan dalam menetapkan dimensi penampang komponen struktur. Proses perencanaan atau analisis biasanya dimulai dengan memenuhi persyaratan terhadap lentur, kemudian baru dari segi lain-lainnya.

Ada dua macam metode analisis dan perencanaan yaitu metode tegangan kerja (“Working Stress Method”) dan metode rencana kekuatan (“Strength Design Method”).

### 1. Metode tegangan kerja ("Working Stress Method")

Di dalam metode tegangan kerja yaitu suatu unsur struktur direncanakan sedemikian hingga tegangan yang diakibatkan oleh aksi dari beban layan ("service load" atau beban kerja) dan yang dihitung secara mekanika dari unsur-unsur yang elastis, tidak melampaui suatu harga ijin, yang ditetapkan lebih dulu. Beban kerja adalah beban seperti beban mati, hidup, angin dan gempa, yang dimisalkan benar-benar terjadi sewaktu masa kerja dari struktur.

Metode tegangan kerja ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$f \leq [ \text{tegangan ijin, } f_{\text{ijin}} ]$$

dimana :

$f$  = tegangan yang dihitung secara elastis dengan menggunakan rumus lentur  $f = M \cdot c / I$  untuk balok.

$f_{\text{ijin}}$  = suatu tegangan pembatas yang ditetapkan oleh peraturan bangunan sebagai suatu persentasi dari kekuatan tekan  $f'_c$  untuk beton atau tegangan leleh  $f_y$  dari baja tulangan.

### 2. Metode perencanaan kekuatan ("Strength Design Method")

Di dalam metode perencanaan kekuatan beban kerja dinaikkan secukupnya dengan beberapa faktor untuk mendapatkan beban dimana keruntuhan dinyatakan sebagai "telah diambang pintu". Beban ini dinamakan beban berfaktor. Struktur atau unturnya selanjutnya diproporsikan sedemikian hingga mencapai kekuatannya pada saat bekerjanya beban berfaktor. Perhitungan dari kekuatan ini

memperhitungkan sifat hubungan yang tidak linier antara tegangan dan regangan beton. Metode rencan kekuatan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{kekuatan yang tersedia} \geq \left[ \text{kekuatan yg diperlukan memikul beban} \right. \\ \left. \text{berfaktor} \right]$$

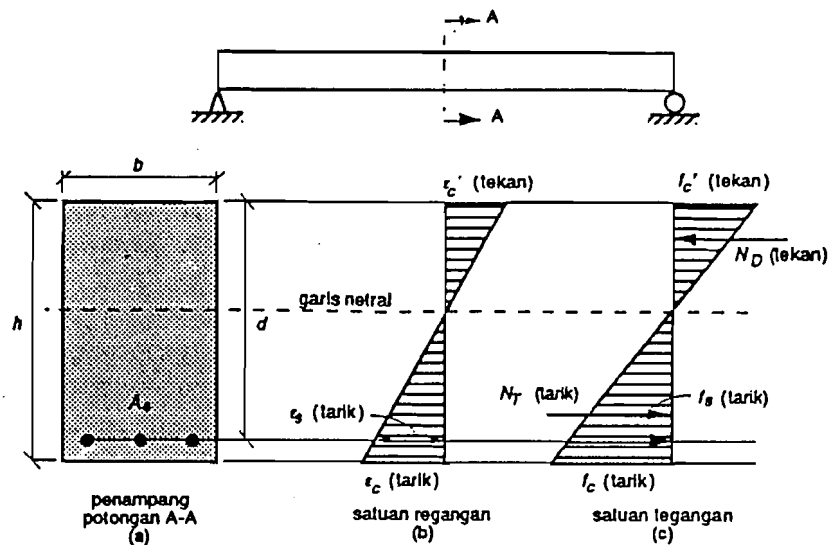
dimana kekuatan yang tersedia (seperti kekuatan moment) dihitung sesuai dengan peraturan dan pemisalan dari sifat yang ditetapkan oleh suatu peraturan bangunan, dan kekuatan yang diperlukan adalah kekuatan yang dihitung dengan menggunakan suatu analisa struktur untuk beban berfaktor. Kekuatan yang tersedia telah dikenal oleh para perencana sebagai kekuatan ultimit.

Mengingat pada kenyataannya bahan beton bersifat tidak serba sama dan tidak sepenuhnya elastis, metode perencanaan kekuatan lebih realistis karena menganggap hubungan sebanding antara tegangan dan regangan dalam beton terdesak hanya berlaku sampai suatu batas keadaan pembebanan tertentu yaitu pada tingkat beban sedang. Didalam tugas akhir ini metode analisis dan perencanaan yang kami gunakan adalah metode perencanaan kekuatan. Pendekatan dan pengembangan metode perencanaan kekuatan didasarkan atas anggapan-anggapan sebagai berikut :

1. Bidang penampang rata sebelum terjadi lenturan tetap rata setelah terjadi lenturan dan tetap berkedudukan tegak lurus pada sumbu bujur balok. Oleh karena itu, nilai regangan dalam penampang komponen

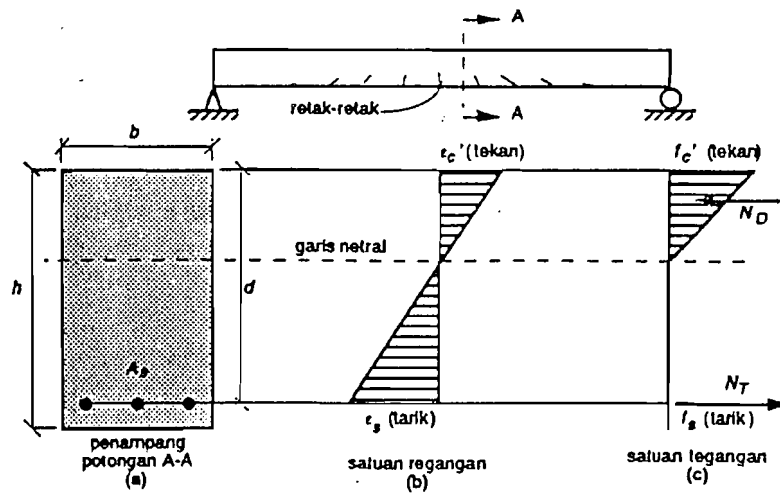


struktur terdistribusi linier atau sebanding lurus terhadap jarak ke garis netral.



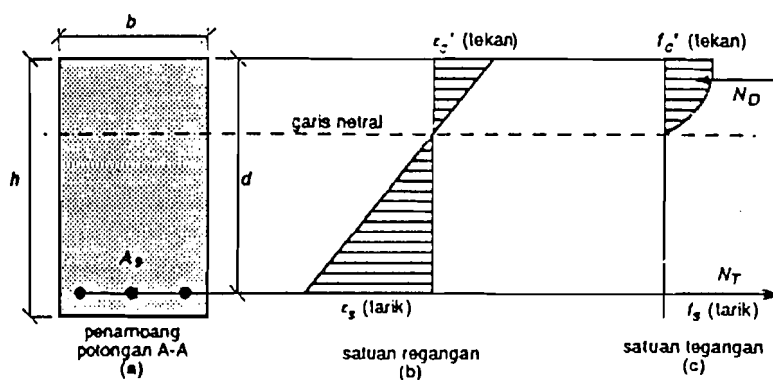
Gambar 2.4 Perilaku lentur pada beban kecil

2. Tegangan sebanding dengan regangan hanya sampai pada kira-kira beban sedang, dimana tegangan beton tekan tidak melampaui  $\pm 1/2 f_c$ . Apabila beban meningkat sampai beban ultimit, tegangan yang timbul tidak sebanding lagi dengan regangannya berarti distribusi tegangan tekan tidak lagi linier. Bentuk blok tegangan beton tekan pada penampangnya berupa garis lengkung dimulai dari garis netral dan berakhir pada serat tepi tekan terluar. Tegangan tekan maksimum sebagai kuat tekan lentur beton pada umumnya tidak terjadi pada serat tepi tekan terluar, tetapi agak masuk ke dalam.



Gambar 2.5 Perilaku lentur pada beban sedang

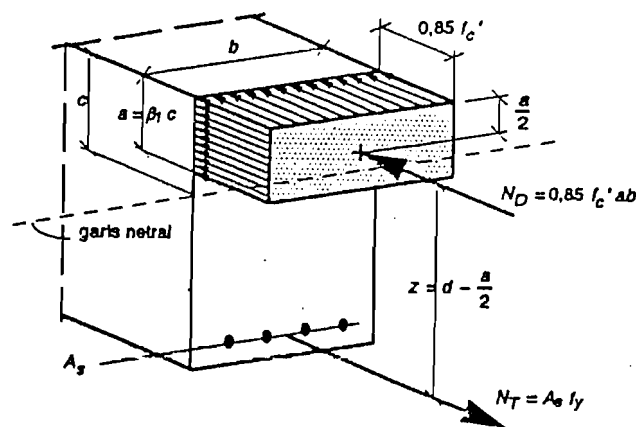
3. Dalam memperhitungkan kapasitas momen ultimit komponen struktur, kuat tarik beton diabaikan (tidak diperhitungkan) dan seluruh gaya tarik dilimpahkan kepada tulangan baja tarik



Gambar 2.6 Perilaku lentur dekat beban ultimit

## 2.4. Kuat Lentur Balok Persegi

Distribusi tegangan tekan aktual yang terjadi pada penampang mempunyai bentuk parabola, tetapi untuk menghitung blok tegangan tekan yang berbentuk parabola bukanlah merupakan hal yang mudah. Oleh karena itu dapat digunakan blok tegangan segi empat ekuivalen yang dapat digunakan untuk menghitung gaya tekan tanpa harus kehilangan ketelitiannya, yang berarti juga dapat digunakan untuk menghitung kekuatan lentur penampang. Blok tegangan ekuivalen ini mempunyai tinggi  $a$  dan tegangan tekan rata-rata sebesar  $0,85 f'_c$ .



Gambar 2.7 Blok regangan ekuivalen yang diasumsikan

Seperti terlihat pada Gambar 2.7, besarnya  $a$  adalah  $\beta_1 c$  yang ditentukan dengan menggunakan koefisien  $\beta_1$  sedemikian rupa sehingga luas blok segi empat ekuivalen kurang lebih sama dengan blok tegangan yang berbentuk parabola. Dengan demikian gaya tekan  $C$  pada dasarnya sama untuk kedua jenis distribusi tegangan.

Harga  $0,85 f'_c$  untuk tegangan rata-rata dari blok tegangan segi empat ekuivalen ditentukan berdasarkan hasil percobaan pada beton yang berumur lebih 28 hari, serta regangan maksimum yang diijinkan adalah  $0,003$ . Harga ini dipakai

sebagai harga batas yang masih aman. Dengan menggunakan asumsi diagram distribusi tegangan yang diperlihatkan pada Gambar 2.7 dapat dihitung gaya tekan C sebesar  $0,85 f_c \cdot b \cdot a$ , yaitu volume blok tekan pada atau dekat keadaan batas, yaitu bila baja tarik tekan leleh ( $\epsilon_s > \epsilon_y$ ). Gaya tarik T dapat ditulis sebagai  $A_s \cdot F_y$ , sehingga persamaan keseimbangan dapat ditulis sebagai berikut :

$$0,85 f_c \cdot b \cdot a = A_s \cdot F_y$$

atau :

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 f_c \cdot b}$$

Sehingga moment tahanan nominalnya adalah :

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( d - \left( \frac{a}{2} \right) \right)$$

Karena  $C = T$  maka moment tahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$M_n = 0,85 f_c \cdot b \cdot a \left( d - \left( \frac{a}{2} \right) \right)$$

Berdasarkan jenis keruntuhan yang dialami oleh balok berpenampang persegi, apakah akan terjadi leleh tulangan tarik ataukah hancurnya beton yang tertekan, balok dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok yaitu :

#### 1. Penampang "balanced"

Berdasarkan letak garis netral yang terjadi perbandingan antara regangan baja dengan regangan beton maksimum dapat ditetapkan berdasarkan distribusi regangan linier. Sedangkan letak garis netral tergantung pada jumlah baja tarik yang dipasang dalam suatu penampang sehingga blok tegangan tekan beton mempunyai kedalaman cukup agar dapat tercapai keseimbangan gaya-gaya,

dimana resultan tegangan tekan seimbang dengan resultan tegangan tarik. Apabila pada penampang tersebut luas tulangan baja tarik ditambah maka blok tegangan tekan akan bertambah sehingga letak garis netral akan bergeser ke bawah lagi. Apabila jumlah tulangan baja tarik sedemikian sehingga letak garis netral pada posisi dimana akan terjadi secara bersamaan regangan luluh pada baja tarik dan regangan beton tekan maksimum 0,0003.

## 2. Penampang “over-reinforced”

Penampang ini disebut juga bertulangan lebih, keruntuhannya ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada saat awal keruntuhan regangan baja yang terjadi masih lebih kecil dari pada tegangan lelehnya. Dengan demikian tegangan baja juga lebih kecil dari tegangan lelehnya.

## 3. Penampang “under-reinforced”

Keruntuhan ditandai dengan terjadinya leleh tulangan baja yang akan bertambah panjang dengan bertambahnya regangan diatas regangan leleh. Kondisi penampang yang demikian dapat terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi balanced.

Di dalam peraturan perencanaan menetapkan batasan penulangan yang perlu diperhatikan yaitu bahwa jumlah tulangan baja tarik tidak boleh melebihi 0,6 dari jumlah tulangan baja tarik yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan,

$$A_s \leq 0,6 A_{sb}$$

Apabila jumlah batas penulangan tersebut dapat dipenuhi akan memberikan jaminan bahwa kehancuran dapat berlangsung dengan diawali meluluhnya tulangan baja tarik terlebih dahulu dan tidak akan terjadi kehancuran getas yang lebih bersifat mendadak.

Ungkapan pembatasan jumlah penulangan tersebut dapat pula dihubungkan dalam kaitannya dengan rasio penulangan ( $\rho$ ), perbandingan antara jumlah luas penampang baja tarik ( $A_s$  tulangan) terhadap luas penampang adalah :

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Apabila pembatasan diperlakukan dimana rasio penulangan maksimum yang diijinkan dibatasi dengan 0,6 kali rasio penulangan keadaan seimbang ( $\rho_b$ ). sehingga :

$$\rho_{maks} = 0,6 \rho_b$$

Dimana rasio penulangan keadaan seimbang ( $\rho_b$ ) adalah :

$$\rho_b = \frac{(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1)}{f_y} \frac{600}{(600 + f_y)}$$

Selain itu didalam SK SNI 91 juga memberikan batas penulangan minimum rasio penulangan sebagai berikut :

$$\rho_{minimum} = 1,4 / f_y$$

Batas minimum penulangan tersebut diperlukan untuk lebih menjamin tidak terjadinya hancur secara tiba - tiba seperti yang terjadi pada balok tanpa tulangan.

Dengan demikian konsep dan kriteria penampang seimbang berguna untuk acuan atau patokan baik untuk perencanaan maupun analisa dalam menentukan cara hancur yang sesuai dengan peraturan.

## 2.5 Persyaratan Kekuatan

Penerapan faktor keamanan dalam struktur bangunan di satu pihak bertujuan untuk mengendalikan kemungkinan terjadinya runtuh yang membahayakan bagi penghuni, di lain pihak harus juga memperhitungkan faktor ekonomi bangunan. Struktur bangunan dan komponen - komponennya harus direncanakan untuk mampu memikul beban lebih di atas beban yang diharapkan bekerja. Kapasitas tersebut disediakan untuk memperhitungkan dua keadaan, yaitu kemungkinan terdapatnya beban kerja yang lebih besar dan kemungkinan terjadinya penyimpangan kekuatan komponen struktur akibat bahan dasar ataupun pengerjaan yang tidak memenuhi syarat. Kekuatan yang diperlukan menurut peraturan SK SNI 91 menetapkan bahwa beban rencana, gaya geser rencana, dan moment rencana ditetapkan hubungannya dengan beban kerja atau beban guna melalui persamaan sebagai berikut :

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

Dimana U adalah kuat rencana ( kuat perlu ), D adalah beban mati, dan L adalah beban hidup. Faktor beban berbeda untuk beban mati, beban hidup, beban angin ataupun beban gempa.

SK SNI juga memberikan ketentuan konsep keamanan lapis kedua yaitu reduksi kapasitas teoritik komponen struktur dengan menggunakan faktor reduksi

kekuatannya ( $\phi$ ) dalam menentukan kuat rencananya. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kuat moment yang digunakan  $M_r$  ( kapasitas momen ) sama dengan kuat moment ideal  $M_n$  dikalikan dengan faktor ( $\phi$ );

$$M_r = \phi M_n$$

## 2.6. Perencanaan Balok Persegi Terlentur

Langkah-langkah perencanaan balok persegi terlentur dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Data-data yang diperlukan untuk perancangan balok adalah :

- a. kuat desak beton ( $f'_c$ ),
- b. kuat tarik baja ( $f_y$ ),
- c. momen rencana ( $M_r$ ),
- d. perbandingan  $d / b$
- e. panjang bentang balok ( $L$ )

2. Mengasumsikan lebar balok awal ( $b$ ) dan tinggi balok ( $h$ ) :

$$h_{min} = 1 / 16 * L$$

3. Menentukan lebar balok ( $b$ ) dan tinggi balok yang dipakai sesuai dengan point dua, dan  $d$  pakai ( $d_p$ ) dimana :

$$d_p = h - 80 \text{ (mm)}$$

4. Tentukan rasio  $d / b$  :

$$\text{rasio (r)} = 1,5 \text{ s/d } 2,5$$

5. Kontrol apakah rasio sesuai ponit 4, jika tidak maka dimensi diperbaharui.



6. Menentukan  $\beta_1$  dimana :

a. Jika  $f'_c \leq 30$  Mpa,

$$\text{maka } \beta_1 = 0,85$$

b. Jika  $f'_c > 30$  Mpa

$$\text{maka } \beta_1 = 0,85 - 0,008 ( f'_c - 30 ) \geq 0,65$$

7. Menentukan rasio penulangan balanced dan minimum :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y$$

8. Kontrol rasio penulangan yang digunakan untuk tarik 1 (  $\rho_1$  ) sebesar 0,6 dari rasio penulangan balanced (  $\rho_b$  )  $> \rho_{\min}$ , jika tidak memenuhi kembali ke point satu :

$$\rho_1 = 0,6 \rho_b > \rho_{\min}$$

9. Menentukan momen rencana (  $M_r$  ) yang terdiri dari momen akibat pelat dan momen berat sendiri balok :

$$M_{\text{total}} = M_{\text{pelat}} + M_{\text{bs}}$$

$$M_r = ( M_{\text{pelat}} + M_{\text{bs}} ) / \phi$$

10. Menentukan asumsi awal bahwa seluruh bagian, baik desak ataupun tarik telah luluh :

$$f'_s = f_y$$

$$f_s = f_y$$

11. Menentukan nilai  $w$  dan  $R$ , dimana :

$$w = \frac{\rho_l \cdot f_y}{f_c}$$

$$R = w \cdot f_c \cdot (1 - 0,59 \cdot w)$$

12. Tentukan nilai  $d$  baru, dimana :

$$db = \sqrt[3]{\frac{M_r \cdot r}{R}}$$

13. Apabila didapat  $dp > db$ , rencanakan sebagai balok bertulangan sebelah, dan apabila  $dp < db$  bertulangan rangkap.

### 2.6.1. Perencanaan Balok Bertulangan Sebelah

Langkah-langkah perencanaan balok bertulangan sebelah adalah sebagai berikut:

1. Tentukan nilai  $R$  baru, dimana :

$$R \text{ baru} = \frac{M_r}{b \cdot dp^2}$$

2. Tentukan nilai  $m$ , dimana :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

3. Tentukan besarnya  $\rho_{\text{perlu}}$  dimana :

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{l}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R \text{ baru}}{f_y}} \right\}$$

4. Hitung luas tulangan ( $A_s$ ) yang dipakai :

$$A_s = 1,2 \cdot \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot dp$$

5. Tentukan nilai  $a$ , dimana :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b}$$

6. Kontrol nilai  $M_n$  yang terjadi harus lebih besar  $M_r$  :

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (dp - 0,5 \cdot a) \geq M_r$$

### 2.6.2 Perencanaan Balok Bertulangan Rangkap

Langkah-langkah perencanaan balok bertulangan rangkap adalah sebagai berikut :

1. Tentukan luas tulangan 1 ( $A_{s1}$ ) :

$$A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot dp$$

2. Tentukan nilai  $a$  :

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

3. Menentukan momen nominal tampang 1 ( $M_{n1}$ ) :

$$M_{n1} = A_{s1} \cdot f_y \cdot (dp - 0,5 \cdot a)$$

4. Menentukan nilai  $d'$  berdasarkan nilai  $h$  dan  $d_p$ , dimana :

$$d' = h - d_p$$

5. Menentukan momen nominal keadaan 2, dengan :

$$Mn_2 = Mr - Mn_1$$

6. Dari momen nominal keadaan ( 2 ), tentukan luas tulangan 2 ( $As_2$ ) :

$$As_2 = \frac{Mn_2}{f_y \cdot (d_p - d')}$$

$$As_2 \text{ pakai} = 1,2 \cdot As_2$$

8. Maka luas tulangan tarik ( $As$ ) adalah:

$$As = As_1 + As_2$$

9. Tentukan letak garis netral ( $c$ ) :

$$c = \frac{600}{600 + f_y} d_p$$

10. Untuk menentukan jenis keruntuhan, ditinjau regangan desak yang terjadi dibandingkan dengan regangan luluh baja :

- a. Regangan luluh baja :

$$\epsilon_y = f_y / 200000$$

- b. Regangan desak yang terjadi :

$$\epsilon'_s = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003$$

Jika  $\epsilon_y \leq \epsilon'_s$  kondisi I ( baja telah leleh ),

Jika  $\epsilon_y > \epsilon'_s$  kondisi II ( baja belum leleh ).

**Kondisi I : Tulangan Desak Telah Luluh**

1. Jika tulangan desak telah luluh, maka :

$$f's = f_y$$

2. Tentukan nilai  $a$  pada kondisi I :

$$a = \frac{A_{s1} \cdot f_y - A_{s2} \cdot f's}{0,85 \cdot f'c \cdot b}$$

3. Tentukan nilai regangan tarik yang terjadi ( $\epsilon_s$ ) :

$$\epsilon_s = \frac{d_p - c}{c} \cdot 0,003$$

4. Kontrol regangan tarik yang terjadi dimana :

Jika  $\epsilon_y > \epsilon_s$ , kembali ke perencanaan penampang dan penulangan.

Jika  $\epsilon_y < \epsilon_s$ , kontrol kapasitas momen penampang.

5. Kontrol kapasitas momen yang tampang :

$$M_n = [ ( A_s \cdot f_y - A_{s2} \cdot f's ) ( d_p - 0,5 \cdot a ) + A_{s2} \cdot f's \cdot ( d_p - d' ) ] \geq M_r$$

Jika kontrol kapasitas momen tampang tidak aman, kembali ke perencanaan penampang dan penulangan.

**Kondisi II : Tulangan Desak Belum Luluh**

1. Jika tulangan desak belum luluh :

$$f's = f's_2$$

2. Tentukan nilai  $f's_2$ , dimana :

$$f's_2 = 200000. \epsilon's$$

3. Tentukan nilai  $a$  pada kondisi II :

$$a = \frac{As_1. fy - As_2. f's_2}{0,85. f'c. b}$$

4. Tentukan nilai regangan tarik yang terjadi ( $\epsilon_s$ ) :

$$\epsilon_s = \frac{0,003. (\beta_1. dp - a)}{a}$$

5. Kontrol regangan tarik yang terjadi dimana :

Jika  $\epsilon_y > \epsilon_s$ , kembali ke perencanaan penampang dan penulangan.

Jika  $\epsilon_y < \epsilon_s$ , kontrol kapasitas momen penampang.

6. Kontrol kapasitas momen yang tampang :

$$M_n = [ ( As. fy - As_2. f's_2 ) ( dp - 0,5. a ) + As_2. f's_2. ( dp - d' ) ] \geq M_r$$

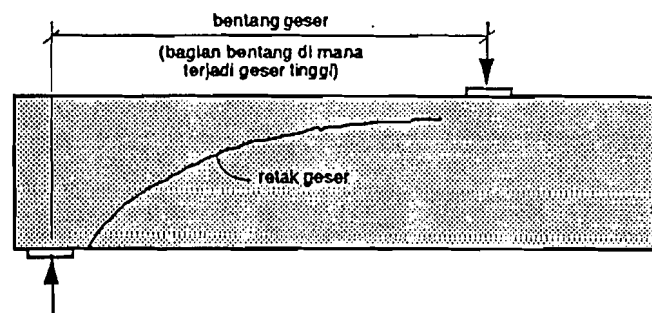
Jika kontrol kapasitas momen tampang tidak aman, kembali ke perencanaan penampang dan penulangan.

## 2.7. Perencanaan Penulangan Geser Lentur Balok Persegi

Dasar pemikiran perencanaan penulangan geser atau penulangan geser badan balok adalah usaha menyediakan sejumlah tulangan baja untuk menahan gaya tarik arah tegak lurus terhadap retak tarik diagonal sedemikian rupa sehingga mampu mencegah retak lebih lanjut. Berdasarkan atas pemikiran tersebut dan

juga memperhatikan pola retak seperti tergambar pada Gambar 2.8 , penulangan geser dapat dilakukan beberapa cara seperti :

1. sengkang vertikal,
2. jaringan kawat baja las yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial,
3. sengkang miring atau diagonal,
4. batang tulangan miring diagonal yang dapat dilakukan dengan cara membengkokkan batang tulangan pokok balok di tempat-tempat yang diperlukan,
5. tulangan spiral.



Gambar 2.8 Kerusakan tipikal akibat tarik diagonal

Perencanaan geser untuk komponen-komponen struktur terlentur didasarkan pada anggapan bahwa beton menahan sebagian dari gaya geser, sedangkan kelebihan atau kekuatan geser diatas kemampuan beton untuk menahannya dilimpahkan kepada baja tulangan geser. Cara yang lebih umum digunakan dan lebih sering dipakai untuk penulangan geser adalah dengan menggunakan sengkang, dimana selain pemasangannya lebih mudah juga menjamin ketepatan pemasangannya. Penulangan dengan sengkang hanya memberikan andil sebagian

pertahanan geser, karena formasi atau arah retak yang miring. Tetapi bagaimanapun, cara penulangan demikian terbukti mampu memberikan sumbangan untuk peningkatan kuat geser ultimit komponen struktur yang mengalami lenturan.

Untuk komponen-komponen struktur yang menahan geser dan lentur saja, persamaan (3.4-3) SK SNI T-15-1991-03 memberikan kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser adalah  $V_c$ ,

$$V_c = (1/6 \cdot \sqrt{f_c}) b \cdot d$$

Di dalam peraturan juga menyatakan bahwa meskipun secara teoritis tidak perlu penulangan geser apabila  $V_u \leq \phi \cdot V_c$ , akan tetapi peraturan mengharuskan untuk selalu menyediakan penulangan geser minimum pada semua bagian struktur yang mengalami lenturan (meskipun menurut perhitungan tidak memerlukannya). Kuat geser ideal geser beton dikenakan faktor reduksi kekuatan  $\phi = 0,6$  sehingga menjadi kuat geser beton.

Ketentuan penulangan geser minimum tersebut terutama untuk menjaga agar apabila timbul beban yang tidak terduga pada komponen struktur yang mungkin akan mengakibatkan kerusakan geser. Pada tempat dimana diperlukan tulangan geser minimum, jumlah luasnya ditentukan dengan persamaan (3.4-14) SK SNI T-15-1991-03 sebagai berikut :

$$A_v = \frac{1}{3} \frac{b \cdot s}{f_y}$$

dimana :



$A_v$  = luas penampang tulangan geser total dengan jarak antar spasi tulangan  $s$  ( $\text{mm}^2$ )

$b$  = lebar balok (mm)

$s$  = jarak pusat ke batang tulangan geser ke arah sejajar tulangan pokok memanjang (mm)

$f_y$  = kuat luluh tulangan geser (Mpa)

Untuk memperjelas perencanaan tulangan geser lentur, dapat dilihat langkah-langkah di bawah ini :

1. Data-data yang diperlukan untuk perencanaan penulangan geser lentur :
  - a. Kuat desak beton ( $f'_c$ )
  - b. Kuat tarik baja ( $f_y$ )
  - c. Lebar balok ( $b$ )
  - d. Tinggi balok ( $h$ )
  - e. Faktor reduksi kuat bahan ( $\phi = 0,6$ )
  - f. Tinggi efektif balok ( $d$ )
  - g. Bentang balok ( $L$ )
  - h. Diameter tulangan sengkang ( $D$ )
2. Tentukan besarnya gaya geser maksimum atau  $V_u \text{ mak}$  ( dari mekani - ka ) :

$$V_u \text{ mak} = V_u \text{ pelat} + V_u \text{ berat sendiri}$$

3. Menentukan kapasitas kuat geser beton ( $V_c$ ) :

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

4. Tentukan luas tulangan sengkang ( $A_v$ ) :

$$A_v = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2$$

5. Menentukan kuat geser nominal tulangan ( $V_s$ ) :

$$V_s = \frac{V_u \text{ mak}}{\phi} - V_c$$

6. Menetapkan perlu tidaknya tulangan geser dengan pemeriksaan terhadap nilai  $V_u$  :

$$V_u \text{ mak} > 1/2 \cdot \phi \cdot V_c$$

Jika nilai :

$V_u \text{ mak} > 1/2 \cdot \phi \cdot V_c$ , diperlukan tulangan sengkang.

$V_u \text{ mak} < 1/2 \cdot \phi \cdot V_c$ , tidak diperlukan tulangan sengkang.

### 2.7.1 Perencanaan Jika Secara Teori Tidak Dibutuhkan Tulangan sengkang

1. Meskipun secara teori tidak dibutuhkan sengkang, untuk menjaga bila timbulnya beban yang tidak terduga, menurut SK SNI diperlukan tulangan geser minimum.
2. Menentukan jarak sengkang ( $S$ ) :
  - a. Jika  $V_s \geq 1/3 \cdot f'_c \cdot b \cdot d$  ;
    - (i)  $S = 1/4 \cdot d$

$$(ii) S = 600 \text{ mm},$$

$$(iii) S = \frac{3 \cdot Av \cdot fy}{b}$$

dari point (i), (ii), dan (iii) ambil yang terkecil.

b. Jika  $V_s < 1/3 \cdot f'c \cdot b \cdot d$ ;

$$(i) S = 1/2 \cdot d$$

$$(ii) S = 300 \text{ mm}$$

$$(iii) S = \frac{3 \cdot Av \cdot fy}{b}$$

dari point (i), (ii), dan (iii) ambil yang terkecil.

3. Tentukan luas penampang tulangan geser total ( $A_{vt}$ ):

$$n = (0,5 \cdot L) / S$$

$$A_{vt} = n \cdot Av$$

### 2.7.2 Perencanaan jika dibutuhkan tulangan sengkang :

1. Kontrol nilai  $V_s$  :

Jika :

$$V_s < (4/6) \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \longrightarrow \text{dimensi bisa dipakai}$$

$$V_s > (4/6) \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \longrightarrow \text{dimensi tidak aman}$$

2. Tentukan panjang bentang kritis :

$$L_{kritis} = d$$

3. Tentukan kuat geser penampang kritis (  $V_{sk}$  ) :

$$V_{sk} = V_s$$

4. Tentukan spasi sengkang pada penampang kritis (  $S_{kr}$  ) :

$$S_{kr} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{b}$$

5. Kontrol nilai  $S_{kr}$  terhadap spasi minimum :

Jika :

$S_{kr} < 50 \text{ mm}$   $\longrightarrow$  perbesar diameter sengkang

$S_{kr} > 50 \text{ mm}$   $\longrightarrow$  kontrol  $S_{kr}$  terhadap  $S_{mak}$

6. Kontrol  $S_{kr}$  terhadap spasi maksimum :

- a. Jika  $V_{sk} \geq 1/3 \cdot f_c \cdot b \cdot d$  ;

(i)  $S = 1/4 \cdot d$

(ii)  $S = 600 \text{ mm}$  ,

(iii)  $S = \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b}$

dari point (i), (ii), dan (iii) ambil yang terkecil.

$$S_{maksimum} = S$$

- b. Jika  $V_{sk} < 1/3 \cdot f_c \cdot b \cdot d$  ;

(i)  $S = 1/2 \cdot d$

(ii)  $S = 300 \text{ mm}$

$$(iii) S = \frac{3 \cdot Av \cdot fy}{b}$$

dari point (i), (ii), dan (iii) ambil yang terkecil.

$$S_{maksimum} = S$$

Jika :

$S_{kr} > S_{mak}$   $\longrightarrow$  spasi sengkang kritis dan non kritis sama

$S_{kr} < S_{mak}$   $\longrightarrow$  bagi menjadi beberapa daerah pada non -  
kritis

**Perencanaan jika  $S_{kr} > S_{mak}$  :**

1. Hitung banyaknya sengkang ( n ) :

$$n = (0,5 \cdot L) / S_{mak}$$

2. Hitung luas total tulangan sengkang (  $A_{vt}$  ) :

$$A_{vt} = n \cdot A_v$$

**Perencanaan jika  $S_{kr} < S_{mak}$  :**

1. Hitung banyaknya sengkang pada daerah kritis ( n ) :

$$n_{kr} = d / S_{kr}$$

2. Hitung luas tulangan sengkang pada daerah kritis (  $A_{vk}$  ) :

$$A_{vk} = n_{kr} \cdot S_{kr}$$

3. Tentukan panjang bentang daerah non kritis ( Z ) :

$$Z = 0,5 \cdot L - d$$

4. Bagi bentang non kritis menjadi r daerah.

5. Tentukan panjang masing - masing daerah ( x ) :

$$x = Z / r$$

6. Hitung spasi sengkang pada masing - masing daerah :

$$S_r = \frac{A_v \cdot f_y \cdot x}{[ V_s - \{ (d / 0,5.L) \cdot V_s + (r - 1) (x / 0,5.L) \cdot V_s \}]}$$

$$S_1 = \frac{A_v \cdot f_y \cdot x}{[ V_s - \{ (d / 0,5.L) \cdot V_s \}]}$$

$$S_2 = \frac{A_v \cdot f_y \cdot x}{[ V_s - \{ (d / 0,5.L) \cdot V_s + (x / 0,5.L) \cdot V_s \}]}$$

dst

7. Hitung banyaknya sengkang pada masing-masing daerah ( Pr ) :

$$Pr = x / S_r$$

8. Hitung luas tulangan sengkang pada daerah non kritis ( Avnk ) :

$$Avnk = Pr \cdot A_v$$

9. Hitung luas tulangan total :

$$A_v \text{ total} = A_{vk} + A_{vnk}$$

## 2.8. Perencanaan Penulangan Torsi

Ketentuan perencanaan tulangan torsi diberikan dalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.6. Apabila komponen struktur membutuhkan penulangan torsi maka harus dipasang tulangan baja yang merupakan tambahan terhadap penulangan yang sudah ada yakni penulangan untuk menahan gaya geser, lentur atau gaya

aksial. Penulangan yang diperlukan untuk menahan gaya torsi pemasangannya dapat dikombinasikan dengan yang diperlukan untuk menahan gaya-gaya yang lain asalkan luas penampang tulangan total yang terpasang merupakan jumlah dari masing-masing kebutuhan penulangan yang perlu untuk menahan gaya-gaya tersebut, dan juga memenuhi persyaratan terberat untuk spasi dan penempatan penulangannya. Tulangan torsi terdiri dari sengkang tertutup, sengkang pengikat tertutup, atau lilitan spiral, yang dikombinasikan dengan tulangan memanjang. Kuat momen torsi  $T_s$  tidak boleh melebihi  $4 T_c$ .

Dengan cara memperlakukan sama seperti pada waktu merencanakan penulangan untuk menahan gaya geser, penulangan torsi harus didasarkan pada :

$$T_u \leq \phi \cdot T_n$$

dimana :  $T_n = T_c + T_s$

$T_c$  = kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton

$T_s$  = kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tulangan torsi

Untuk memperjelas perencanaan tulangan geser puntir, dapat dilihat langkah - langkah di bawah ini :

1. Data-data yang diperlukan untuk perencanaan penulangan geser lentur :
  - a. Kuat desak beton ( $f'_c$ )
  - b. Kuat tarik baja ( $f_y$ )
  - c. Lebar balok ( $b$ )

d. Faktor reduksi kuat bahan ( $\phi = 0,6$ )

e. Tinggi efektif balok ( $d$ )

f. Tinggi balok ( $h$ )

2. Tentukan tegangan geser maksimum ( $V_u \text{ mak}$ ) dari mekanika :

$$V_u \text{ mak} = V_u \text{ pelat} + V_u \text{ berat sendiri}$$

3. Tentukan momen torsi ( $T_u$ ) dari mekanika :

$$T_u = M \text{ pelat}$$

4. Tentukan besarnya momen torsi nominal ( $T_n$ ) :

$$T_n = T_u / \phi$$

5. Tentukan besarnya nilai  $\Sigma x^2 y$  :

$$\Sigma x^2 y = b^2 \cdot h$$

6. Kontrol apakah diperlukan tulangan torsi :

Jika :

$$T_u > \phi \cdot (1/24 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \Sigma x^2 y) \quad \text{perlu tulangan torsi}$$

$$T_u < \phi \cdot (1/24 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \Sigma x^2 y) \quad \text{tidak perlu tulangan torsi}$$

7. Tentukan besarnya nilai  $C_t$  :

$$C_t = \frac{b \cdot d}{\Sigma x^2 y}$$

8. Tentukan besarnya kuat torsi nominal ( $T_c$ ) badan beton :



$$T_c = \frac{(1/15 \cdot \sqrt{f_c}) \cdot \Sigma x^2 y}{\sqrt{1 + \left[ \frac{0,4 V_u}{C_t \cdot T_u} \right]^2}}$$

9. Tentukan besarnya kuat torsi nominal ( $T_s$ ) tulangan :

$$T_s = T_n - T_c$$

10. Kontrol besarnya nilai  $T_s$  :

Jika :

$$T_s < 4 \cdot T_c \rightarrow \text{penampang aman}$$

$$T_s > 4 \cdot T_c \rightarrow \text{perbesar dimensi penampang.}$$

11. Tentukan diameter tulangan yang dipakai ( $\emptyset$  tul) :

12. Tentukan besarnya nilai  $x_1$  dan  $y_1$  :

$$x_1 = b - 2(40 + 1/2 \cdot \emptyset \text{ tul.})$$

$$y_1 = h - 2(40 + 1/2 \cdot \emptyset \text{ tul.})$$

13. Tentukan besarnya nilai  $\alpha_1$  :

$$\alpha_1 = 1/3 \cdot (2 + y_1/x_1) < 1,5$$

jika  $\alpha_1 > 1,5$  pakai  $\alpha_1 = 1,5$

14. Tentukan besarnya nilai  $A_t/s$  dalam ( $\text{mm}^2 / \text{mm jarak / kaki}$ ) :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_s}{\alpha_1 \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot f_y}$$

15. Rencanakan sengkang geser :

$$V_c = \frac{1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d}{\sqrt{1 + \left[ 2,5 \cdot C_t \cdot \frac{T_u}{V_u} \right]^2}}$$

16. Tentukan besarnya gaya geser yang harus dipikul oleh sengkang ( $V_s$ ) :

$$V_s = (V_u / \phi) - V_c$$

17. Tentukan besarnya  $A_v / s$  dalam ( $\text{mm}^2 / \text{mm jarak} / \text{dua kaki}$ ) :

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d}$$

18. Rencanakan sengkang tertutup gabungan untuk torsi dan geser :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2 \cdot A_t}{s} + \frac{A_v}{s}$$

19. Tentukan besarnya luas tulangan yang dipakai  $A_s$  :

$$A_s = 2 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot \phi_{tul}^2$$

20. Tentukan besarnya spasi sengkang ( $s$ ) :

$$s = \frac{A_s}{\frac{A_{vt}}{s}}$$

21. Kontrol spasi sengkang ( $s$ ) terhadap spasi minimum :

Jika :

$s < 50 \text{ mm} \longrightarrow$  perbesar  $\phi_{tul}$

$s > 50 \text{ mm} \longrightarrow$  kontrol terhadap spasi maksimum ijin

22. Kontrol spasi sengkang terhadap spasi maksimum :

$$s_{\text{mak}} = 1/4 \cdot (x_1 + x_2)$$

Jika :

$$s > s_{\text{mak}} \longrightarrow s_{\text{pakai}} = s_{\text{mak}}$$

$$s < s_{\text{mak}} \longrightarrow s_{\text{pakai}} = s$$

23. Hitung luas tulangan sengkang total yang dipakai ( $A_{vt}$ ) :

$$A_{vt} = n \cdot A_s$$

dimana :

$$n = (0,5 L) / s_{\text{pakai}}$$

24. Tentukan besarnya tulangan torsi memanjang ( $A_l$ ) :

$$A_l = (2 \cdot A_t / s) (x_1 + y_1)$$

## 2.9 Lendutan

Pada SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.1 mensyaratkan bahwa setiap komponen struktur harus memiliki cukup kekuatan struktural untuk mendukung beban rencana berfaktor yang bekerja padanya. Atau dengan kata lain, struktur dan segenap komponennya harus direncanakan sehingga penampangnya mempunyai rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai. Di samping itu komponen struktur harus memenuhi kemampuan kelayakan pada tingkat beban kerja dan lendutan. Semua lendutan dihitung dengan menggunakan formula standar atau cara hitungan lain yang dapat diterima tidak boleh melebihi nilai lendutan ijin maksimum yang dapat ditetapkan tabel 3.2.5.b SK SNI.

### 2.9.1 Lendutan Seketika

Lendutan seketika pada komponen struktur terjadi apabila segera setelah beban bekerja seketika itu pula terjadi lendutan. Untuk memperhitungkannya komponen struktur dianggap berperilaku elastis sepenuhnya. Pada SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5 ayat 2.3 ditetapkan bahwa lendutan seketika dihitung dengan menggunakan nilai momen inersia efektif  $I_e$  berdasarkan persamaan berikut ini :

$$I_e = \left[ \frac{M_{cr}}{M_a} \right]^3 I_g + \left[ 1 - \left[ \frac{M_{cr}}{M_a} \right]^3 \right] I_{cr} \leq I_g$$

dimana :

$I_e$  = momen inersia efektif

$I_{cr}$  = momen inersia penampang rata transformasi

$I_g$  = momen inersia penampang utuh terhadap sumbu berat penampang, seluruh batang tulangan diabaikan

$M_a$  = momen maksimum pada komponen struktur saat lendutan dihitung

$M_{cr}$  = momen pada saat timbul retak yang pertama kali.

$M_{cr}$  dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t}$$

dimana :

$f_r$  = modulus retak beton, untuk beton berat normal  $f_r = 0,7\sqrt{f_c}$

$y_t$  = jarak garis netral penampang utuh keserat tepi tertarik.

Lendutan komponen struktur merupakan fungsi dari panjang bentang, perletakan dan kondisi ujung ( bentang sederhana, menerus, atau jepit ), jenis beban (terpusat, merata), dan kekakuan lentur komponen (EI).

Lendutan maksimum adalah :

$$\Delta_{\text{maks}} = \frac{KW (ln)^3}{48. E_c . I_{cr}}$$

dimana :

W = beban total disepanjang bentang,

Ln = panjang bentang bersih,

$E_c$  = modulus elastisitas beton,

$I_{cr}$  = momen inersia penampang retak,

K = faktor tingkat kekakuan tumpuan.

Persamaan tersebut juga dapat dinyatakan dalam momen lentur sehingga lendutan setiap tempat pada balok dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta_{\text{maks}} = \frac{KM (ln)^3}{48. E_c . I_e}$$

di mana :

M = momen yang bekerja tepat pada penampang yang ditinjau,

$I_e$  = momen inersia efektif.

### 2.9.2 Lendutan Jangka Panjang

Pada komponen struktur beton bertulang, disamping terjadi lendutan seketika, akan mengalami pula lendutan yang timbul secara berangsur - angsur dalam jangka waktu cukup lama. Lendutan tersebut terutama disebabkan oleh sifat atau perilaku rayapan dan susut pada bahan beton, yang mengakibatkan bertambahnya regangan. Dengan sendirinya bertambahnya regangan mengakibatkan perubahan distribusi tegangan pada beton dan tulangan baja sehingga lendutan juga bertambah untuk beban yang bersifat menetap. Selanjutnya, lendutan tersebut dinamakan “ lendutan jangka panjang” , dan dihitung berdasarkan atas dua hal yaitu :

1. besarnya beban mati dan hidup yang menetap,
2. rasio perbandingan tulangan desak terhadap tulangan tarik pada balok.

Nilai lendutan dinyatakan dalam perkalian suatu faktor dengan lendutan seketika yang disebabkan oleh beban menetap.

$$\Delta_{LT} = \Delta_1 \cdot \lambda = \Delta_1 \cdot \left\{ \frac{\xi}{1 + 50 \rho'} \right\}$$

dimana :

$\Delta_{LT}$  = lendutan jangka panjang

$\Delta_1$  = lendutan seketika disebabkan oleh beban yang menetap.

$\xi$  = konstanta ketergantungan waktu untuk beban tetap , dite -  
tapkan sebagai berikut :

untuk 5 tahun atau lebih  $\xi = 2,0$

12 bulan  $\xi = 1,4$

6 bulan  $\xi = 1,2$

3 bulan  $\xi = 1,0$

$\rho' = As' / bd$  , rasio penulangan tekan komponen nonpratekan adalah nilai ditengah bentang untuk balok dua tumpuan dan menerus, pada tumpuan untuk kantilever.

Karena beban hidup tidak selalu bekerja disepanjang waktu, yang diperhitungkan hanya sebagian beban hidup yang dianggap sebagai beban menetap, disamping beban mati yang memang bersifat permanen. Sehingga lendutan total jangka panjang diperhitungkan sebagai berikut :

$$\Delta_{L,T} = \Delta_{L,L} + \lambda(\infty) \cdot \Delta_{D,L} + \lambda(t) \cdot \Delta_{S,L}$$

dimana ,  $\Delta_{L,L}$  = lendutan seketika akibat beban hidup,

$\Delta_{D,L}$  = lendutan seketika akibat beban mati,

$\Delta_{S,L}$  = lendutan akibat sebagian beban hidup yang menetap, nilainya tergantung pada besar dan lama waktu bekerjanya,

$\lambda(\infty)$  = faktor pengali untuk beban menetap selama tak terhingga,

$\lambda(t)$  = faktor pengali beban menetap dalam waktu tertentu.

Untuk memperjelas apakah lendutan aman, dapat dilihat langkah-langkah di bawah ini :

1. Data-data yang diperlukan untuk kontrol lendutan :
  - a. Kuat desak beton ( $f^c$ )
  - b. Kuat tarik baja ( $f_y$ )
  - c. Lebar balok ( $b$ )
  - d. Bentang balok ( $L_n$ )
  - e. Tinggi efektif balok ( $d$ )
  - f. Tinggi balok ( $h$ )
  - g. Momen beban kerja mati + berat sendiri ( $M_{DL}$ ) dan momen beban kerja hidup ( $M_{LL}$ )
  - h. Luas tulangan ( $A_s$ )
  - i. Angka ekivalensi ( $n$ ), ditetapkan berdasarkan  $f^c$
  - j. Konstanta ketergantungan waktu ( $\xi$ )
2. Tentukan besarnya luas tulangan setelah di transformasi ( $n \cdot A_s$ )
3. Tentukan letak garis netral ( $y$ ) :

Jika :

- a. Tulangan sebelah :

$$y = \frac{n \cdot A_s}{b} \left[ \sqrt{\left\{ 1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s} \right\}} - 1 \right]$$

$$I_{cr} = 1/3 \cdot b \cdot y^3 + n \cdot A_s \cdot (d - y)^2$$

- b. Tulangan rangkap :

$$y = 0,5 \cdot b \cdot y^2 + n \cdot A_s' \cdot y - n \cdot A_s' \cdot d' - n \cdot A_s \cdot d + n \cdot A_s \cdot y = 0$$

$$I_{cr} = 1/3 \cdot b \cdot y^3 + n \cdot A_s \cdot (d - y)^2$$



4. Tentukan momen inersia penampang utuh ( $I_g$ ) :

$$I_g = 1/12. b. h^3$$

5. Tentukan besarnya momen pada saat timbul retak pertama kali ( $M_{cr}$ ) :

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t}$$

dimana :  $y_t = 1/2. h$

6. Tentukan perbandingan  $M_{cr} / M_a$  :

Jika ditentukan kondisi beban hidup, misalnya 60% beban hidup terus bekerja selama n bulan atau tahun, bagi keadaan menjadi 2 kondisi :

- a. Kondisi I ( beban mati + beban hidup ) :

$$Mk_I = \frac{M_{cr}}{(M_{DL} + M_{LL})}$$

- b. Kondisi II ( beban mati + 60 % beban hidup )

$$Mk_{II} = \frac{M_{cr}}{(M_{DL} + 0,6. M_{LL})}$$

7. Tentukan besarnya momen inersia efektif kedua kondisi tersebut :

a. Kondisi I :  $I_{e1} = Mk_I^3 \cdot I_g + \{ 1 - Mk_I^3 \} \cdot I_{cr}$

a. Kondisi II :  $I_{e2} = Mk_{II}^3 \cdot I_g + \{ 1 - Mk_{II}^3 \} \cdot I_{cr}$

8. Tentukan besarnya lendutan seketika ( jika kondisi tumpuan jepit elastis ) :

$$\Delta_{DL} = \frac{1}{48} \frac{M_{DL} \cdot Ln^2}{Ec \cdot I_g}$$



$$\Delta_{LL} = \frac{1}{48} \frac{(M_{DL} + M_{LL}) \cdot Ln^2}{Ec \cdot Ie_1} - \Delta_{DL}$$

$$\Delta_{SL} = \frac{1}{48} \frac{(M_{DL} + 0,6 \cdot M_{LL}) \cdot Ln^2}{Ec \cdot Ie_2} - \Delta_{DL}$$

9. Tentukan besarnya lendutan jangka panjang :

$$\Delta_{LT} = \Delta_{LL} + \lambda(\infty) \cdot \Delta_{DL} + \lambda(t) \cdot \Delta_{SL}$$

dimana :

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50 \rho'}$$

10. Periksa terhadap persyaratan lendutan :

$$\Delta_{LL} < Ln / 180$$

$$\Delta_{LL} < Ln / 360$$

$$\Delta_{LT} < Ln / 240$$

## 2.10. Flow Chart

Flow chart adalah metode yang digunakan untuk menyusun tahap-tahap suatu pekerjaan atau perencanaan dalam bentuk diagram. Sehingga dengan menggunakan flow chart ini diharapkan bisa lebih memahami langkah-langkah yang telah diuraikan secara diskriptif sebelumnya, baik perencanaan balok persegi terlentur, perencanaan penulangan geser lentur, perencanaan penulangan puntir, kontrol lendutan. Flow Chart untuk perencanaan tersebut digunakan untuk menyusun program komputer dan dapat dilihat pada lampiran.

## **BAB III**

### **STRUKTUR BALOK GRID**

#### **3.1 Umum**

Ditinjau dari umur teori, konstruksi dan pemakaiannya balok grid sudah banyak digunakan pada gedung-gedung di Indonesia. Jadi struktur dengan menggunakan balok grid ini bukanlah sistem struktur yang baru. Struktur dengan menggunakan balok grid ini adalah merupakan salah satu alternatif teknis dan arsitektural untuk memberikan kekakuan dan menambah kekuatan pada pelat lantai, disamping dengan menambah ukuran tebal pelat, dan menggunakan balok konvensional.

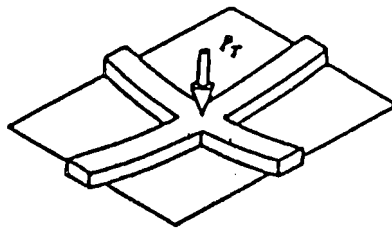
Beberapa keuntungan dari konstruksi yang menggunakan balok grid ditinjau dari segi struktur dan perancangan arsitektur adalah :

1. Mempunyai kekakuan yang besar, terutama pada bentang yang lebar, sehingga dapat memberikan kekakuan arah horizontal yang lebih besar pada portal bangunannya.
2. Dapat mendistribusikan beban dan momen pada kedua arah bentangnya secara merata.
3. Mempunyai fleksibilitas ruang yang cukup tinggi dan simpel sehingga lebih luwes dalam mengikuti pembagian panel-panel eksterior maupun partisi interiornya.

4. Pada struktur dengan menggunakan balok grid ini dapat mengurangi jumlah kolomnya sehingga dapat memberi ruang yang lebih luas.

### 3.2 Sistem Grid pada Pelat Lantai

Sistem grid pada pelat lantai yang dimaksud adalah terdiri dari elemen-elemen linier kaku, seperti balok beton yang dapat dimodelkan saling silang dalam arah mendatar seperti terlihat pada gambar 3.1. Dengan anggapan pada titik hubungannya bersifat kaku ("rigid"). Momen dan gaya geser yang terjadi pada struktur grid seperti ini, dapat dibagikan secara merata pada masing-masing balok.



Gambar 3.1 Sistem grid

Pada sistem balok grid melintang sederhana yang keempat sisinya seperti terlihat pada gambar 3.1. , jelas bahwa selama dimensi baloknya benar-benar sama, maka beban akan sama di sepanjang kedua balok (setiap balok akan memikul setengah dari beban total dan meneruskan ke tumpuannya). Apabila balok-balok tersebut tidak sama, maka bagian terbesar dari beban akan dipikul oleh balok yang lebih kaku.

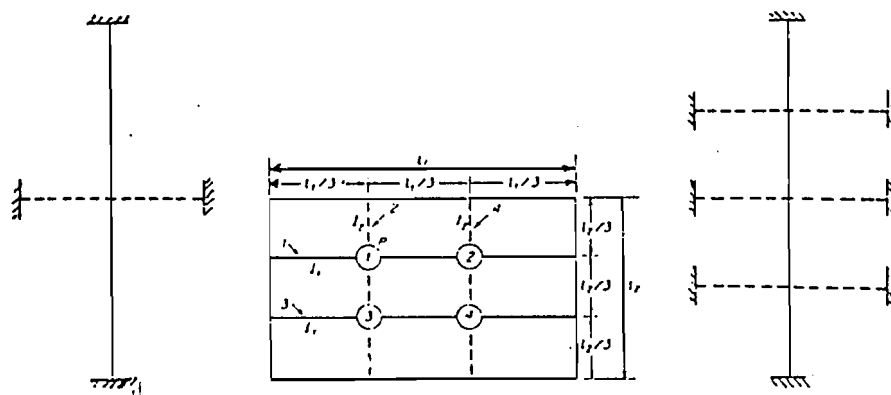
Untuk balok yang panjangnya tidak sama, maka balok yang lebih pendek akan menerima bagian beban lebih besar dibandingkan dengan yang diterima oleh balok panjang karena balok ini lebih kaku. Agar defleksi kedua balok itu sama, maka diperlukan gaya lebih besar pada balok yang lebih pendek.

### 3.3 Berbagai Bentuk Balok Grid

Secara umum bentuk balok grid dalam mendukung pelat dapat dibedakan menjadi beberapa bentuk :

#### a. Sistem grid persegi

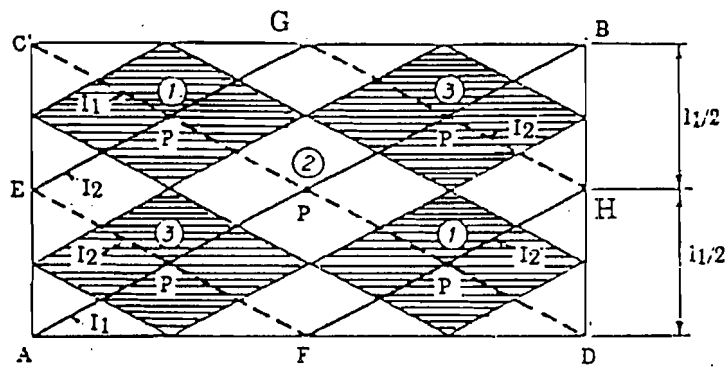
Sistem grid persegi dibentuk oleh dua buah balok yang saling bersilangan tegak lurus satu terhadap yang lain. Dapat terdiri dari hanya satu balok atau beberapa balok yang mempunyai sifat utama mendistribusi beban dalam dua arah. Bentuk dari sistem grid persegi ini dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Sistem grid persegi

b. Sistem grid miring / diagonal

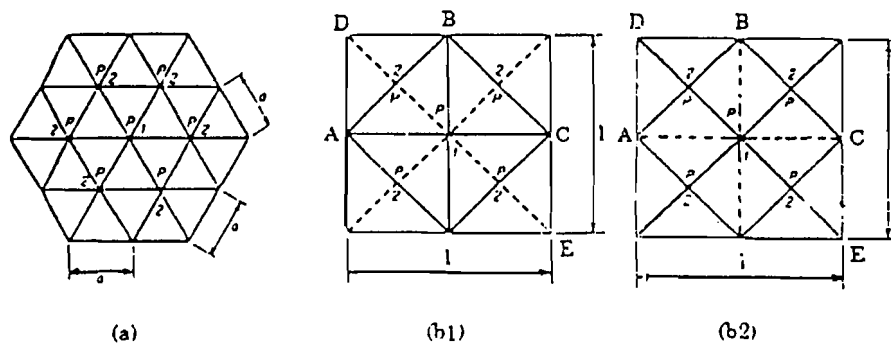
Pada sistem ini arah balok tidak saling tegak lurus, tetapi miring sehingga membentuk diagonal yang saling berpotongan. Balok-balok diagonal ini walaupun mempunyai panjang yang tidak sama ( $L1 \neq L2$ ) tetapi selalu mempunyai panjang bentang yang sebanding.



Gambar 3.3 Sistem grid miring

c. Sistem grid majemuk / kompleks

Pada sistem grid majemuk seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4 satu titik simpul dapat di lewati oleh lebih dari satu balok atas atau balok bawah.



Gambar 3.4 Sistem grid majemuk

### 3.4. Analisis Mekanika Balok Grid dengan Metode Kekakuan

Struktur rangka terdiri dari atas beberapa elemen garis. Untuk menerapkan metode kekakuan terhadap struktur tersebut maka diperlukan pengetahuan tentang perilaku elemen garis tersebut dibawah beban. Disini akan ditinjau hubungan antara bentuk batang yang berubah akibat beban yang bekerja pada ujung - ujungnya. Umumnya, sebuah elemen garis dapat mengalami tiga macam deformasi, yaitu deformasi aksial (axial), deformasi puntir (torsional) dan deformasi lentur (flexural).

Deformasi aksial didapat dari persamaan sebagai berikut :

$$\delta = P.L / E . A$$

Dan deformasi torsional didapat dari persamaan :

$$\phi = T . L / G . J$$

$$G = E / \{2 ( 1 + \gamma )\}$$

$$J = (1 / 3) . b . h^3 \rightarrow \text{untuk balok persegi pejal}$$

Dimana P = Gaya aksial

L = Panjang Batang

E = Modulus Elastisitas

A = Luas Tampang

T = Gaya Torsional

G = Modulus Geser

J = Modulus Torsi

$\gamma$  = Konstanta Poisson's

Untuk persyaratan stabilitas maka suatu struktur selalu dikekang pada satu atau lebih node. Kekangan ini dikenal sebagai kondisi batas yang berpengaruh terhadap pengurangan DOF ( Degree of Freedom ) node yang dikekang. Jumlah DOF suatu struktur adalah hasil kali antara jumlah node dengan nodal DOF, dikurangi dengan jumlah komponen displacement yang dikekang.

Sistem sumbu batang yang dipakai dalam perhitungan disini adalah bahwa sumbu z batang harus beerimpit dengan sumbu z global. Sehingga gaya maupun lendutan pada arah z akan sama pada kedua sistem sumbu yang menyebabkan tak diperlukannya transformasi. Walaupun demikian transformasi untuk rotasi dan momen antara sumbu X dan Y batang dengan sumbu X dan Y global tetap diperlukan. Secara umum sumbu X batang akan terletak membentuk sudut terhadap sumbu X koordinat.

Tanda untuk momen dan rotasi terhadap sembarang sumbu ditentukan sebagai positif, jika arahnya berlawanan dengan jarum jam ditinjau dari bawah menuju titik pangkal. Sehingga arah gaya bagian atas untuk kopel positif terhadap sumbu - sumbu X dan Y.

Penentuan persamaan keseimbangan buhul untuk setiap titik buhul akan menghasilkan persamaan simultan yang secara keseluruhan disebut sebagai persamaan kekakuan struktur awal. Penerapan kondisi batas menghapuskan beberapa persamaan dan penyelesaian terhadap sistem persamaan yang telah berkurang ini dikenal sebagai persamaan kekakuan akhir yang menghasilkan deformasi buhul yang dicari. Kemudian lendutan



buhul ini ditransformasikan ke sistem sumbu batang sehingga akan diperoleh gaya - gaya ujung batang.

Untuk lebih jelasnya berikut diberikan langkah-langkah dalam menyelesaikan mekanika balok grid dengan menggunakan metode kekakuan :

### 1. Menentukan matrik transformasi

$$C = \cos \theta = \frac{x_2 - x_1}{L^1}$$

$$S = \sin \theta = \frac{y_2 - y_1}{L^1}$$

$$T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C & S & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -S & C & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C & S \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -S & C \end{vmatrix}$$

### 2. Menentukan matrik transpose

$$T^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C & -S & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S & C & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C & -S \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S & C \end{vmatrix}$$

### 3. Menyusun Member Code (MCODE)

Member code adalah nomor derajat kebebasan yang terjadi dalam satu elemen. Dengan kata lain derajat kebebasan merupakan kebalikan dari restrains yang terjadi atau terkekang dalam satu member. Jika terkekang

nilainya nol dan jika tidak terkekang atau bebas nilainya adalah 1 untuk sumbu x, 2 sumbu z dan 3 sumbu y.

4. Menghitung matrik kekakuan pada sistem koordinat lokal

$$K' = \begin{array}{c|ccc|ccc} & 12EI/L^2 & 0 & -6EI/L^2 & -12EI/L^2 & 0 & 6EI/L^2 \\ & 0 & GJ/L & 0 & 0 & -GJ/L & 0 \\ & -6EI/L^2 & 0 & 4EI/L & 6EI/L^2 & 0 & 2EI/L \\ \hline & -12EI/L^2 & 0 & 6EI/L^2 & 12EI/L^2 & 0 & -6EI/L^2 \\ & 0 & -GJ/L & 0 & 0 & GJ/L & 0 \\ & -6EI/L^2 & 0 & 2EI/L & -6EI/L^2 & 0 & 4EI/L \end{array}$$

5. Matrik kekakuan pada koordinat global :

$$K^n = T^T * K' * T$$

6. Koordinat global disesuaikan dengan MCODE, dimana baris dan kolom yang mempunyai MCODE = 0 maka dihilangkan untuk mempermudah perhitungan selanjutnya.

7. Sehingga didapatkan matrik kekakuan koordinat global.

8. Hitung setiap element dengan cara diatas.

9. Setelah hasil  $K^n$  didapat pada setiap elemen maka jumlahkan .

$$K = K^1 + K^2 + \dots + K^N$$

dimana K adalah matriks kekakuan sistem struktur.

10. Hitung :  $F = K * D$

yang dicari adalah D, dimana :

a. D adalah besarnya deformasi pada NNODE

$$\text{Berupa : } \begin{Bmatrix} \Delta_z \\ \theta_x \\ \theta_y \end{Bmatrix}$$

b. F adalah gaya - gaya yang terjadi dalam NNODE

$$\text{Berupa : } \begin{Bmatrix} F_{1z} \\ M_{1x} \\ M_{1y} \end{Bmatrix}$$

c. K adalah matriks kekakuan sistem struktur

## 11. Menghitung gaya - gaya batang

Didalam hal ini matrix dijabarkan menjadi dimensi 6 x 6 karena akan menghitung tiap gaya batang antara joint " i " dan joint " j ".

Gaya - gaya batang

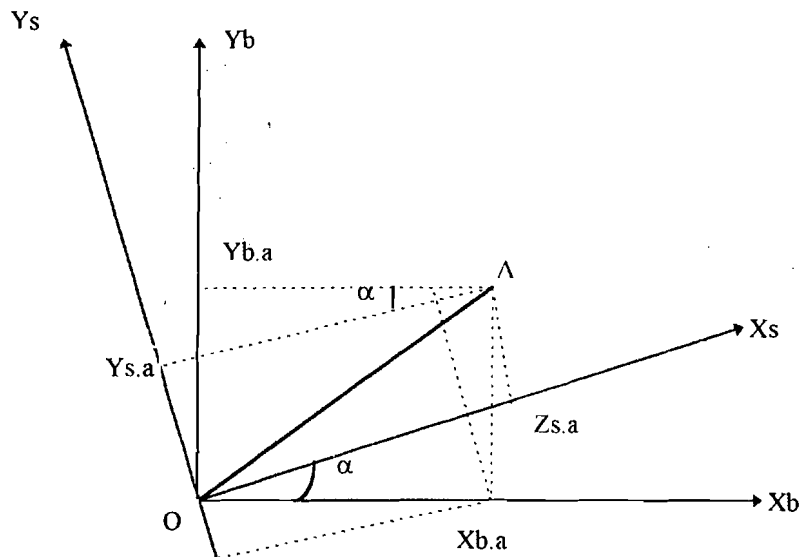
$$\{ d \} = \{ T \} * \{ D \}$$

$$\{ f \} = [ K' ] * \{ d \}$$

Sehingga didapatkan gaya - gaya batang sebesar { f }:

$$f = \begin{Bmatrix} f_{1z} \\ m_{1x} \\ m_{1y} \\ f_{2z} \\ m_{2x} \\ m_{2y} \end{Bmatrix} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{Defleksi} \\ \longrightarrow \text{Moment arah x} \\ \longrightarrow \text{Moment arah y} \\ \longrightarrow \text{Defleksi} \\ \longrightarrow \text{Moment arah x} \\ \longrightarrow \text{Moment arah y} \end{array}$$

Suatu struktur mungkin mempunyai elemen yang tidak terletak pada satu bidang. Bila terjadi kondisi ini maka elemen tersebut perlu ditransformasikan secara linier supaya sesuai dengan susunan sumbu koordinat yang diambil untuk keseluruhan struktur.



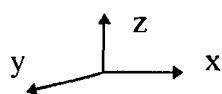
Gambar : Sistem Transformasi Secara Linier

Dari gambar terlihat unsur-unsur vektor A pada sumbu batang ( \$X\_b - Y\_b\$ ) yang memiliki hubungan dengan unsur-unsur vektor A pada sumbu struktur ( \$X\_s - Y\_s\$ ).

Secara matematis hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} X_{s.a} \\ Y_{s.a} \\ Z_{s.a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{b.a} \\ Y_{b.a} \\ Z_{b.a} \end{bmatrix}$$

Dengan demikian matrix diatas merupakan matrix Transformasi [T] yang diperlukan untuk mengubah siste koordinat lokal menjadi koordinat global. Dalam Tugas Akhir ini kami memberi sistem koordinat Global sebagai berikut :

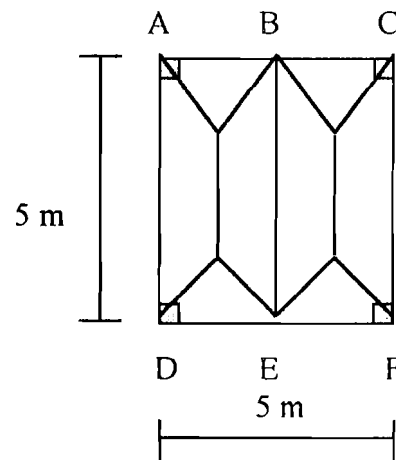


**BAB IV**  
**DESAIN BALOK KONVENSIONAL**  
**PADA PELAT LANTAI**

**4.1 Perhitungan Balok Secara Manual**

**4.1.1 Perencanaan Dimensi dan Tulangan Pokok**

Perencanaan balok B - E :



Nilai  $q_{dl}$  dan  $q_{ll}$  dapat dilihat di lampiran

$$M_{mak} = 2 \cdot 0,0208 \cdot q \cdot Lx \cdot (3 \cdot Ly^2 - Lx^2)$$

$$\begin{aligned} M_{dl} &= 2 \cdot 0,0208 \cdot 5,6741 \cdot 2,5 \cdot (3 \cdot 5^2 - 2,5^2) \\ &= 40,5698 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ll} &= 2 \cdot 0,0208 \cdot 3,024 \cdot 2,5 \cdot (3 \cdot 5^2 - 2,5^2) \\ &= 28,0566 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{dl} + M_{ll} = 40,566 + 28,0566$$

$$= 68,626 \text{ kNm}$$

$$V_{u \text{ dl}} = 2 \cdot 0,1250 \cdot q \cdot L_x \cdot (2 \cdot L_y - L_x)$$

$$= 2 \cdot 0,1250 \cdot 5,6741 \cdot 2,5 \cdot (2 \cdot 5 - 2,5)$$

$$= 26,597 \text{ kN}$$

$$V_{u \text{ ll}} = 2 \cdot 0,1250 \cdot 3,924 \cdot 2,5 \cdot (2 \cdot 5 - 2,5)$$

$$= 18,39375 \text{ kN}$$

$$V_{u \text{ dl}} + V_{u \text{ ll}} = 26,597 + 18,39375$$

$$= 44,991 \text{ kN}$$

Untuk kondisi jepit elastis :

a. Momen tumpuan ( momen negatif ) :

$$M_{dl} = 1/2 \cdot M_{dl \text{ mak}} \quad M_{ll} = 1/2 \cdot M_{ll \text{ mak}}$$

$$= 1/2 \cdot 40,5698 \quad = 1/2 \cdot 28,0566$$

$$= 20,2849 \text{ kNm} \quad = 14,0283 \text{ kNm}$$

$$M_{dl} + M_{ll} = 34,3132 \text{ kNm}$$

b. Momen lapangan :

$$M_{dl} = 4/5 \cdot M_{dl \text{ mak}} \quad M_{ll} = 4/5 \cdot M_{ll \text{ mak}}$$

$$= 4/5 \cdot 40,5698 \quad = 4/5 \cdot 28,0566$$

$$= 32,4558 \text{ kNm} \quad = 22,4453 \text{ kNm}$$

$$M_{dl} + M_{ll} = 54,9011 \text{ kNm}$$

c.  $V_u$  rencana :

$$V_{u \text{ dl}} = 1 \cdot 26,597 \text{ kN} = 26,597 \text{ kN}$$

$$V_{uII} = 1.18,39375 \text{ kN} = 18,39375 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{uDI} + V_{uII} &= 26,597 + 18,39375 \\ &= 44,991 \text{ kN} \end{aligned}$$

A. Perencanaan tulangan lapangan :

1. Data-data yang diketahui :

- a.  $f'_c = 25 \text{ Mpa}$
- b.  $f_y = 400 \text{ Mpa}$
- c. rasio ( $r$ ) = 1,5 s/d 2,5
- d.  $M_{\text{pelat}} = 54,9011 \text{ kNm}$
- e. Bentang balok ( $L$ ) = 5000 mm

2. Tentukan tinggi balok ( $h$ ), lebar balok ( $b$ ):

$$\begin{aligned} h_{\min} &= (1/16) L \\ &= (1/16). 6000 = 375 \text{ mm} \end{aligned}$$

dipakai :

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$d_p = 350 - 80 \text{ mm}$$

$$= 270 \text{ mm}$$

3. Kontrol nilai rasio ( $d_p/b$ ):

$$\text{Rasio } (r) = d_p/b = 270/150 = 1,8$$

Cek rasio terhadap persyaratan :

$$1,5 \leq r \leq 2,5 \text{ (ok)}$$

4. Tentukan nilai  $\beta_1$  dimana  $f'_c = 25 \text{ Mpa}$

$$f'_c \leq 30 \text{ Mpa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$$

5. Tentukan nilai rasio penulangan balanced ( $\rho_b$ ) dan minimum  $\rho_{\min}$  :

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

6. Kontrol nilai rasio penulangan tarik 1 ( $\rho_1$ ) :

$$\rho_1 = 0,6 \cdot \rho_b = 0,0162 > \rho_{\min} = 0,0035$$

7. Tentukan momen rencana ( $M_r$ ) :

$$M_r = M_{\text{pelat}} + M_{\text{blk}}$$

dipakai blk 150/350 :

$$q = 0,15 \cdot 0,35 \cdot 23 = 1,2075 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{blk}} &= (4/5) \cdot 1,2 \cdot (1/8) \cdot 1,2075 \cdot 5^2 \\ &= 3,6225 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= (54,9011 + 3,6225) / 0,85 \\ &= 68,8513 \text{ kNm} \end{aligned}$$

8. Tentukan nilai  $w$  dan  $R$  dimana :

$$w = \frac{\rho_1 \cdot f_y}{f'_c} = \frac{0,0162 \cdot 400}{25} = 0,2592$$



$$\begin{aligned}
 R &= w. f'c. (1 - 0,59.w) \\
 &= 0,2592. 25. (1 - 0,59. 0,2592) \\
 &= 5,489
 \end{aligned}$$

9. Tentukan nilai d baru ( db ) :

$$db = \sqrt[3]{\frac{Mr. r}{R}} = \sqrt[3]{\frac{68,8513.10^6. 1,8}{5,849}} = 276,716 \text{ mm}$$

10. Kontrol nilai d pakai ( dp ) :

jika :

$dp > db \longrightarrow$  rencanakan balok tulangan sebelah

$dp < db \longrightarrow$  rencanakan balok tulangan rangkap

11. Rencanakan balok bertulangan rangkap :

a. Tentukan nilai  $As_1$  :

$$\begin{aligned}
 As_1 &= \rho_1. b. dp \\
 &= 0,0162. 150. 270 = 656,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

b. Tentukan nilai a :

$$a = \frac{As_1. fy}{0,85. f'c. b} = \frac{656,1. 400}{0,85. 25. 150} = 82,3341 \text{ mm}$$

c. Tentukan nilai momen nominal tampang I (  $Mn_1$  ) :

$$\begin{aligned}
 Mn_1 &= As_1. fy. ( dp - 0,5.a ) \\
 &= 656,1. 400. ( 270 - 0,5. 82,3341 ) \\
 &= 60054919,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

d. Tentukan nilai  $d'$  :

$$\begin{aligned} d' &= h - dp \\ &= 350 - 270 \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

e. Tentukan nilai momen nominal keadaan 2 :

$$\begin{aligned} Mn_2 &= Mr - Mn_1 \\ &= 68851300 - 60054919,4 \text{ Nmm} \\ &= 8796380,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

f. Tentukan nilai luas tulangan 2 atau tulangan desak ( $As_2$ ) :

$$As_2 = \frac{Mn_2}{f_y \cdot (dp - d')} = \frac{8796380,6}{400 (270 - 80)} = 115,7419 \text{ mm}^2$$

$$As_2 \text{ pakai} = 1,2 \cdot 115,7419 = 138,8903 \text{ mm}^2$$

g. Tentukan nilai luas tulangan total atau luas tulangan tarik ( $As$ ) :

$$\begin{aligned} As &= As_1 + As_2 \\ &= 656,1 + 138,8903 = 794,9903 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

h. Tentukan letak garis netral ( $c$ ) :

$$c = \frac{600}{600 + f_y} \quad dp = \frac{600}{600 + 400} \cdot 270 = 162 \text{ mm}^2$$

i. Kontrol jenis keruntuhan :

(i) Regangan luluh baja :

$$\begin{aligned} \epsilon_y &= f_y / 200000 \\ &= 400 / 200000 = 0,002 \end{aligned}$$

( ii ) Regangan desak yang terjadi :

$$\epsilon'_s = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{162 - 80}{162} \cdot 0,003 = 0,00152$$

jika :

$$\epsilon_y < \epsilon'_s \longrightarrow \text{jenis keruntuhan kondisi I}$$

$$\epsilon_y > \epsilon'_s \longrightarrow \text{jenis keruntuhan kondisi II}$$

j. Kontrol nilai  $\epsilon'_s$  :

$$\epsilon_y = 0,002$$

$$\epsilon'_s = 0,00152$$

$$\epsilon'_s < \epsilon_y \longrightarrow \text{jenis keruntuhan kondisi II}$$

k. Tentukan nilai  $f'_s$  :

$$\begin{aligned} f'_s &= 200000 \cdot \epsilon'_s \\ &= 200000 \cdot 0,00152 = 304 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

l. Tentukan nilai  $a$  :

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y - A_{s2} \cdot f'_s}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{(794,9903 \cdot 400 - 138,8903 \cdot 304)}{0,85 \cdot 25 \cdot 150} \\ &= 86,5172 \text{ mm} \end{aligned}$$

m. Tentukan regangan tarik yang terjadi ( $\epsilon_s$ ) :

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= 0,003 \frac{(\beta_1 \cdot d_p - a)}{a} = 0,003 \frac{(0,85 \cdot 270 - 86,5172)}{86,5172} \\ &= 0,00496 \end{aligned}$$

n. Kontrol nilai regangan tarik yang terjadi ( $\epsilon_s$ ):

$$\epsilon_s > \epsilon_y \text{ (ok)}$$

o. Kontrol kapasitas momen tampang ( $M_n$ ):

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s \cdot f_y - A_{s2} \cdot f'_{s2}) (d_p - 0,5 \cdot a) + (A_{s2} \cdot f'_{s2}) (d_p - d') \\ &= (794,9903 \cdot 400 - 138,8903 \cdot 304) (270 - 0,5 \cdot 86,5172) \\ &\quad + (138,8903 \cdot 304) (270 - 80) \\ &= 70551566,13 \text{ Nmm} > M_r = 68851300 \text{ Nmm} \\ &\quad \text{(aman)} \end{aligned}$$

B. Perencanaan tulangan tumpuan :

1. Data-data yang diketahui :

- a.  $f'_c = 25 \text{ Mpa}$
- b.  $f_y = 400 \text{ Mpa}$
- c. Rasio ( $r$ ) = 1,5 s/d 2,5
- d.  $M_{\text{pelat}} = 34,3132 \text{ kNm}$
- e. Bentang balok ( $L$ ) = 5000 mm

2. Tentukan tinggi balok ( $h$ ), lebar balok ( $b$ ):

$$\begin{aligned} h_{\min} &= (1/16) L \\ &= (1/16) \cdot 5000 \\ &= 312 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{dipakai : } h = 350 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$d_p = 350 - 80 \text{ mm} = 270 \text{ mm}$$

3. Kontrol nilai rasio (  $dp/b$  ) :

$$\text{Rasio ( r )} = dp/b = 270/150 = 1,8$$

Cek rasio terhadap persyaratan :

$$1,5 \leq r \leq 2,5 \quad (\text{ok})$$

4. Tentukan nilai  $\beta_1$  dimana  $f'_c = 25 \text{ Mpa}$

$$f'_c \leq 30 \text{ Mpa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$$

5. Tentukan nilai rasio penulangan balanced (  $\rho_b$  ) dan minimum  $\rho_{\min}$  :

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

6. Kontrol nilai rasio penulangan tarik 1 (  $\rho_1$  ) :

$$\rho_1 = 0,6 \cdot \rho_b = 0,0162 > \rho_{\min} = 0,0035$$

7. Tentukan momen rencana (  $M_r$  ) :

$$M_r = M_{\text{pelat}} + M_{\text{blk}}$$

dipakai blk 150/350 :

$$q = 0,15 \cdot 0,35 \cdot 23 = 1,2075 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{blk}} &= (1/2) \cdot 1,2 \cdot (1/8) \cdot 1,2075 \cdot 5^2 \\ &= 2,2641 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= (34,3132 + 2,2641) / 0,85 \\ &= 43,0321 \text{ kNm} \end{aligned}$$

8. Tentukan nilai  $w$  dan  $R$  dimana :

$$w = \frac{\rho_1 \cdot f_y}{f'_c} = \frac{0,0162 \cdot 400}{25} = 0,2592$$

$$\begin{aligned} R &= w \cdot f'_c \cdot (1 - 0,59 \cdot w) \\ &= 0,2592 \cdot 25 \cdot (1 - 0,59 \cdot 0,2592) \\ &= 5,489 \end{aligned}$$

9. Tentukan nilai  $d$  baru ( $db$ ) :

$$db = \sqrt[3]{\frac{M_r \cdot r}{R}} = \sqrt[3]{\frac{43,0321 \cdot 10^6 \cdot 1,8}{5,849}} = 236,589 \text{ mm}$$

10. Kontrol nilai  $d$  pakai ( $dp$ ) :

jika :  $dp > db \longrightarrow$  rencanakan balok tulangan sebelah

$dp < db \longrightarrow$  rencanakan balok tulangan rangkap

11. Rencanakan balok bertulangan sebelah :

a. Tentukan nilai  $R$  baru ( $R_b$ ) :

$$R_b = \frac{M_r}{b \cdot d^2} = \frac{43,0321 \cdot 10^6}{150 \cdot 270^2} = 3,9353$$

b. Tentukan nilai  $m$  :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,823$$

c. Tentukan nilai  $\rho_{\text{perlu}}$  :

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_b}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{18,823} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 3,9353}{400}} \right)$$

$$= 0,01097$$

d. Tentukan As pakai :

$$\begin{aligned} A_s &= 1,2 \cdot \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d_p \\ &= 1,2 \cdot 0,01097 \cdot 150 \cdot 270 \\ &= 533,142 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

e. Tentukan nilai a :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{533,142 \cdot 400}{0,85 \cdot 25 \cdot 150} = 66,9041 \text{ mm}$$

f. Tentukan nilai nominal tampang ( Mn ) :

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y \cdot ( d_p - 0,5 \cdot a ) \\ &= 533,142 \cdot 400 \cdot ( 270 - 0,5 \cdot 66,9041 ) \\ &= 50445458,86 \text{ Nmm} \geq M_r = 43032100 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

( aman )

#### 4.1.2. Perhitungan Tulangan Geser Lentur

Perhitungan geser lentur balok B - E pada pelat diatas :

1. Data-data yang telah diketahui :

- a.  $f'c = 25 \text{ Mpa}$
- b.  $f_y = 240 \text{ Mpa}$
- c.  $b = 150 \text{ mm}$
- d.  $h = 350 \text{ mm}$
- e.  $L = 5000 \text{ mm}$
- f.  $\emptyset = 0,6$
- g.  $V_u \text{ pelat} = 44,991 \text{ kN}$
- h.  $d = 270 \text{ mm}$

2. Tentukan  $V_u$  akibat berat sendiri :

$$q_{\text{blk}} = 0,15 \cdot 0,35 \cdot 23 = 1,2075 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ blk} &= 1,2 \cdot (1/2) \cdot q_{\text{blk}} \cdot L \\ &= 1,2 \cdot (1/2) \cdot 1,2075 \cdot 5 \\ &= 3,6225 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3. Tentukan nilai kuat geser ( $V_u \text{ mak}$ ) akibat pelat + balok :

$$\begin{aligned} V_u \text{ mak} &= V_u \text{ pelat} + V_u \text{ blk} \\ &= 48,6135 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Tentukan nilai kuat geser beton ( $V_c$ ) :

$$\begin{aligned} V_c &= (1/6) \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \\ &= (1/6) \cdot \sqrt{25} \cdot 150 \cdot 270 = 33750 \text{ N} \end{aligned}$$



5. Tentukan kuat geser nominal tulangan (  $V_s$  ) :

$$\begin{aligned} V_s &= ( V_u \text{ mak} / \phi ) - V_c \\ &= ( 48613,5 / 0,6 ) - 33750 \\ &= 47272,5 \text{ N} \end{aligned}$$

6. Kontrol apakah diperlukan tulangan geser :

jika :

$$V_u \text{ mak} > 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

$$V_u \text{ mak} < 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$$

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &= 0,5 \cdot 0,6 \cdot 33750 \text{ N} \\ &= 10125 \text{ N} \end{aligned}$$

7. Rencanakan tulangan geser / sengkang :

a. Kontrol dimensi yang dipakai :

$$\begin{aligned} V_s &< ( 4/6 ) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &< ( 4/6 ) \cdot \sqrt{25} \cdot 150 \cdot 270 \\ &< 135000 \text{ N ( ok )} \end{aligned}$$

b. Perhitungan pada penampang kritis :

- Panjang penampang kritis (  $L_{kr}$  ) :

$$L_{kr} = d$$

- Tentukan diameter tulangan sengkang (  $\phi$  tul )

dipakai  $\phi$  8 :

$$A_v = 2 \cdot ( 1/4 ) \cdot \pi \cdot 8^2 = 100,48 \text{ mm}^2$$

- Tentukan kuat geser penampang kritis (  $V_{sk}$  ) :

$$\begin{aligned} V_{sk} &= ( V_u / \phi ) - V_c \\ &= 47272,5 \text{ N} \end{aligned}$$

- Tentukan spasi penampang kritis (  $s$  ) :

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{sk}} \\ s &= \frac{100,48 \cdot 240 \cdot 270}{47272,5} = 137,7355 \text{ mm} > 50 \text{ mm (ok)} \end{aligned}$$

- Tentukan spasi maksimum penampang kritis :

$$\begin{aligned} V_{sk} &< ( 1/3 ) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &< ( 1/3 ) \cdot \sqrt{25} \cdot 150 \cdot 270 \\ &< 67500 \text{ N} \end{aligned}$$

Ambil  $s$  mak terkecil dari rumus di bawah ini :

$$\begin{aligned} \text{( i ) } s_{\text{mak}} &= ( 1/2 ) \cdot d \\ &= ( 1/2 ) \cdot 270 \\ &= 135 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{( ii ) } s_{\text{mak}} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{( iii ) } s_{\text{mak}} = \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b} = \frac{3 \cdot 100,48 \cdot 240}{150} = 482,304 \text{ mm}$$

Jadi  $s_{\text{mak}} \text{ ijin} = 135 \text{ mm}$

$s$  pakai  $> s_{\text{mak}} \text{ ijin}$ , dipakai spasi pada penampang kritis 135 mm

- c. Karena  $s$  pakai pada penampang kritis  $> s$  mak ijin, spasi pada penampang non kritis juga dipakai 135 mm.

7. Luas tulangan yang dibutuhkan ( $A_s$ ):

$$\begin{aligned} n &= (0,5 \cdot L) / s \\ &= (0,5 \cdot 5000) / 135 \\ &= 18,5185 \\ A_s &= n \cdot A_v \\ &= 18,5185 \cdot 100,48 \\ &= 1860,7389 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### 4.1.3. Perhitungan Lendutan

Perhitungan lendutan balok B - E pada struktur pelat diatas :

1. Data-data yang telah diketahui :

- a.  $f'_c = 25 \text{ Mpa}$
- b.  $f_y = 240 \text{ Mpa}$
- c.  $b = 150 \text{ mm}$
- d.  $L = 5000 \text{ mm}$
- e.  $\emptyset = 0,6$
- f.  $A_s \text{ tarik} = 794,9903 \text{ mm}^2$ ,  $A_s \text{ desak} = 138,8903 \text{ mm}^2$
- g.  $E_c = 23500 \text{ Mpa}$  ( tabel SKSNI )
- h.  $n$  (angka ekuivalensi) = 9 ( tabel SKSNI )
- i.  $d = 270 \text{ mm}$
- j.  $h = 350 \text{ mm}$

k. Asumsi 60 % beban hidup kerja selama 24 bulan

l. Moment yang bekerja ( momen lapangan ) :

$$a. M_{dl} = 40,566 \text{ kNm}$$

$$b. M_{ll} = 28,0566 \text{ kNm}$$

$$m. f_r = 0,7 \cdot f_c^{0,5}$$

$$= 0,7 \cdot 25^{0,5} = 3,5 \text{ Mpa}$$

2. Tentukan momen berat sendiri balok :

$$q = 1,2 \cdot 0,15 \cdot 0,35 \cdot 23$$

$$= 1,449 \text{ kN/m}$$

$$M_{blk} = (1/8) \cdot 1,449 \cdot 5^2$$

$$= 4,528 \text{ kNm}$$

$$M_{dl} = M_{pelat} + M_{blk}$$

$$= 40,566 + 4,528$$

$$= 45,094 \text{ KNm}$$

$$M_{dl} + M_{ll} = 45,094 + 28,0566$$

$$= 73,1506 \text{ KNm}$$

3. Tentukan letak garis netral untuk tulangan rangkap :

$$(0,5 \cdot b) \cdot y^2 + (n \cdot A_s' + n \cdot A_s) \cdot y - (n \cdot A_s' \cdot d' + n \cdot A_s \cdot d) = 0$$

dimana :

$$d' = h - d$$

$$= 350 - 270$$

$$= 80 \text{ mm}$$

$$(0,5 \cdot 150) \cdot y^2 + (9 \cdot 138,8903 + 9 \cdot 794,9903) \cdot y - (9 \cdot 138,8903 \cdot 80 + 9 \cdot 794,9903 \cdot 320) = 0$$

dengan rumus ABC didapat nilai :

$$y = 131,052 \text{ mm}$$

4. Tentukan momen inersia tampang retak transformasi :

$$\begin{aligned} I_{cr} &= (1/3) \cdot b \cdot y^3 + n \cdot A_s (d - y)^2 + n \cdot A_s' (y - d')^2 \\ &= (1/3) \cdot 150 \cdot 131,052^3 + 9 \cdot 794,9903 \cdot (270 - 131,052)^2 \\ &\quad + 9 \cdot 138,8903 \cdot (131,052 - 80)^2 \\ &= 250738930,8 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

5. Tentukan momen inersia utuh :

$$\begin{aligned} I_g &= (1/12) \cdot b \cdot h^3 \\ &= (1/12) \cdot 150 \cdot 350^3 \\ &= 535937500 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

6. Tentukan momen pada saat timbul retak pertama kali :

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t}$$

dimana :

$$\begin{aligned} y_t &= 0,5 \cdot h \\ &= 0,5 \cdot 350 \\ &= 175 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \frac{3,5 \cdot 535937500}{175} \\ &= 10718750 \text{ Nm} \end{aligned}$$

7. Tentukan perbandingan  $M_{cr} / M_a$  untuk kondisi I ( beban mati + beban hidup ) :

$$\begin{aligned} \frac{M_{cr}}{M_a} &= \frac{M_{cr}}{M_{dl} + M_{ll}} \\ &= \frac{10718750}{73150600} = 0,1465 \end{aligned}$$

8. Tentukan perbandingan  $M_{cr} / M_a$  untuk kondisi II ( beban mati + 60 % beban hidup ) :

$$\begin{aligned} \frac{M_{cr}}{M_a} &= \frac{M_{cr}}{M_{dl} + 0,6 \cdot M_{ll}} \\ &= \frac{10718750}{45094000 + 0,6 \cdot 28056600} = 0,1731 \end{aligned}$$

9. Tentukan besarnya momen inersia efektif (  $I_e$  ) :

$$I_e = ( M_{cr} / M_a )^3 \cdot I_g + \{ 1 - ( M_{cr} / M_a )^3 \} \cdot I_{cr}$$

- a. Untuk kondisi I :

$$\begin{aligned} I_{e1} &= ( 0,1465 )^3 \cdot 535937500 + \{ 1 - ( 0,1465 )^3 \} \cdot 250738930,8 \\ &= 251635657,7 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

b. Untuk kondisi II :

$$\begin{aligned} I_{e2} &= (0,1731)^3 \cdot 535937500 + \{1 - (0,1731)^3\} \cdot 250738930,8 \\ &= 252218170,5 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

10. Tentukan besarnya lendutan seketika :

$$\Delta = \frac{M \cdot L^2}{48 \cdot E_c \cdot I_e} = \frac{5000^2}{48 \cdot 23500} (M / I_e) = 22,163 (M / I_e)$$

a. Lendutan beban mati seketika :

$$\begin{aligned} \Delta_{dl} &= 22,163 (M_{dl} / I_g) \\ &= 22,163 (45094000 / 535937500) \\ &= 1,865 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Lendutan beban hidup seketika :

$$\begin{aligned} \Delta_{ll} &= 22,163 \{ (M_{dl} + M_{ll}) / I_{e1} \} - \Delta_{dl} \\ &= 22,163 (73150600 / 251635657,7) - 1,865 \\ &= 4,578 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Lendutan 60 % beban hidup seketika :

$$\begin{aligned} \Delta_{sl} &= 22,163 \{ (M_{dl} + 0,6 \cdot M_{ll}) / I_{e2} \} - \Delta_{dl} \\ &= 3,577 \text{ mm} \end{aligned}$$

11. Tentukan besarnya lendutan jangka panjang :

$$\Delta_{lt} = \Delta_{ll} + \lambda \cdot \Delta_{dl} + \lambda(t) \cdot \Delta_{sl}$$

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50 \cdot \rho'} \rightarrow \rho' = 0$$

beban tetap 5 tahun atau lebih  $\xi = 0 \rightarrow \lambda = 2,0$

beban tetap 24 bulan  $\xi = 1,65 \rightarrow \lambda(t) = 1,65$

$$\Delta l_t = 4,578 + 2 \cdot 1,865 + 1,65 \cdot 3,577$$

$$= 14,210 \text{ mm}$$

12. Kontrol terhadap persyaratan lendutan :

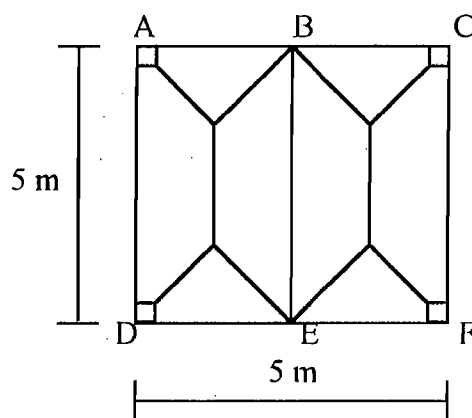
$$\Delta d_l < L_n / 180 = 1,865 < 27,78 \text{ (aman)}$$

$$\Delta d_{II} < L_n / 380 = 4,578 < 13,158 \text{ (aman)}$$

$$\Delta l_t < L_n / 240 = 14,21 < 20,833 \text{ (aman)}$$

#### 4.1.4 Perhitungan Penulangan Puntir :

Perencanaan balok A - C / D - F :



M tump. blk B - E = 34,313 kNm pada titik B

$$M_{tx} = 0,001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot C_{tx}$$

$$= 2 \cdot 0,001 \cdot 9,598 \cdot 2,5^2 \cdot 62$$

$$= 7,438 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{puntir total}} = ((34,313 / 5) + 7,438) / 2 = 7,1503 \text{ kNm}$$



1. Data-data yang telah diketahui :

a.  $f_c = 25 \text{ Mpa}$

b.  $f_y = 240 \text{ Mpa}$

c.  $b = 150 \text{ mm}$

d.  $h = 400 \text{ mm}$

e.  $L = 5000 \text{ mm}$

f.  $\phi = 0,6$

g. Momen torsi = 7,1503 kNm

h.  $V_u \text{ pelat} = 37,4923 \text{ kN}$  ( lihat lampiran )

2. Tentukan besarnya momen torsi rencana (  $T_n$  ) :

$$\begin{aligned} T_n &= ( T_u / \phi ) = ( 7150300 / 0,60 ) \\ &= 11917166,67 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

3. Tentukan besarnya nilai  $\phi \cdot ( 1 / 24 ) \cdot \sqrt{f_c} \cdot \Sigma x^2 y$ , sebagai kontrol apakah diperlukan tulangan torsi.

$$\Sigma x^2 y = 150^2 \cdot 400 = 9000000 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot ( 1 / 24 ) \cdot \sqrt{f_c} \cdot \Sigma x^2 y &= 0,6 \cdot ( 1 / 24 ) \cdot \sqrt{25} \cdot 9000000 \\ &= 1125000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$T_u > \phi \cdot ( 1 / 24 ) \cdot \sqrt{f_c} \cdot \Sigma x^2 y \text{ (diperlukan tulangan torsi)}$$

4. Rencanakan tulangan sengkang :

$$C_t = \frac{b \cdot d}{\Sigma x^2 y} = \frac{150 \cdot 320}{9000000} = 0,0053 / \text{mm}$$

dimana :  $d = h - (pb + g. \text{netral tul.})$

$pb + g. \text{netral tul.}$  diambil 80 mm

$$d = 400 - 80 = 320 \text{ mm}$$

5. Hitung kuat torsi beton ( $T_c$ ):

$$\begin{aligned} T_c &= \frac{(1/15) \cdot \sqrt{f_c} \cdot \sum x^2 y}{\sqrt{1 + [(0,4 V_u)/(C_t \cdot T_u)]^2}} \\ &= \frac{(1/15) \cdot \sqrt{25} \cdot 9000000}{\sqrt{1 + [(0,4 \cdot 37492,3)/(0,0053 \cdot 7150300)]^2}} \\ &= 2789515,891 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

6. Hitung besarnya  $T_s$  :

$$\begin{aligned} T_s &= T_n - T_c \\ &= 11917166,67 - 2789515,891 \\ &= 9127650,779 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

7. Kontrol nilai  $T_s$  :

$$\begin{aligned} 4 \cdot T_c &= 4 \cdot 2789515,891 \\ &= 11158063,56 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Jika :

$T_s < 4 \cdot T_c \longrightarrow$  rencanakan tulangan torsi

$T_s > 4 \cdot T_c \longrightarrow$  perbaharui dimensi balok

8. Tentukan penutup beton ( pb ) dan  $\emptyset$  sengkang :

$$pb = 40 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ tul} = 12 \text{ mm}$$

$$x_1 = b - 2 \cdot (pb + 0,5 \cdot \emptyset \text{ tul})$$

$$= 150 - 2 (40 + 0,5 \cdot 12)$$

$$= 58 \text{ mm}$$

$$y_1 = h - 2 \cdot (pb + 0,5 \cdot \emptyset \text{ tul})$$

$$= 400 - 2 \cdot (40 + 0,5 \cdot 12)$$

$$= 308 \text{ mm}$$

9. Hitung  $\alpha_t$  :

$$\alpha_t = (1/3) \cdot [2 + (y_1 / x_1)]$$

$$= (1/3) [2 + (308 / 58)]$$

$$= 2,4368 > 1,5$$

$$\alpha \text{ pakai} = 1,5$$

10. Hitung besarnya nilai  $A_t / S$  :

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_s}{\alpha_t \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot f_y} = \frac{9127650,779}{1,5 \cdot 58 \cdot 308 \cdot 240}$$

$$= 1,4193 \text{ mm}^2 / \text{mm jrk} / \text{kaki}$$

11. Rencanakan sengkang geser :

$$V_c = \frac{(1/6) \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d}{\sqrt{1 + [2,5 C_t \cdot (T_u / V_u)]^2}}$$

$$V_c = \frac{(1/6)\sqrt{25 \cdot 150 \cdot 320}}{\sqrt{1 + [2,5 \cdot 0,0053 \cdot (7150300 / 37492,3)]^2}}$$

$$= 14718,7022 \text{ N}$$

$$V_s = (V_u / \emptyset) - V_c$$

$$= (37492,3 / 0,6) - 14718,7022$$

$$= 47768,4645 \text{ N}$$

12. Hitung besarnya  $A_v / S$  :

$$\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{47768,4645}{240 \cdot 320}$$

$$= 0,622 \text{ mm / mm jrk / kaki}$$

13. Hitung besarnya  $A_{vt} / S$  :

$$\frac{A_{vt}}{S} = \frac{2 \cdot A_t}{S} + \frac{A_v}{S}$$

$$= 2 \cdot 1,4193 + 0,622$$

$$= 3,4606 \text{ mm}^2$$

14. Masukkan  $\emptyset$  tulangan :

$$\text{dipakai } \emptyset 12 \longrightarrow A_s = 226,08 \text{ mm}^2$$

15. Hitung besarnya spasi geser :

$$S = \frac{A_s}{(A_{vt} / S)} = \frac{226,08}{3,4606} = 65,3378 \text{ mm} > 50 \text{ mm}$$

$$S \text{ mak ijin} = (1/4)(x_1 + y_1) = (1/4)(366) = 91,5 \text{ mm}$$

16. Hitung luas tulangan sengkang :

$$\begin{aligned}n &= (0,5 \cdot L) / S \\&= (0,5 \cdot 5000) / 65,5378 \\&= 38,1459\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{vt} &= n \cdot A_s \\&= 38,1459 \cdot 226,08 \\&= 8624,0251 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

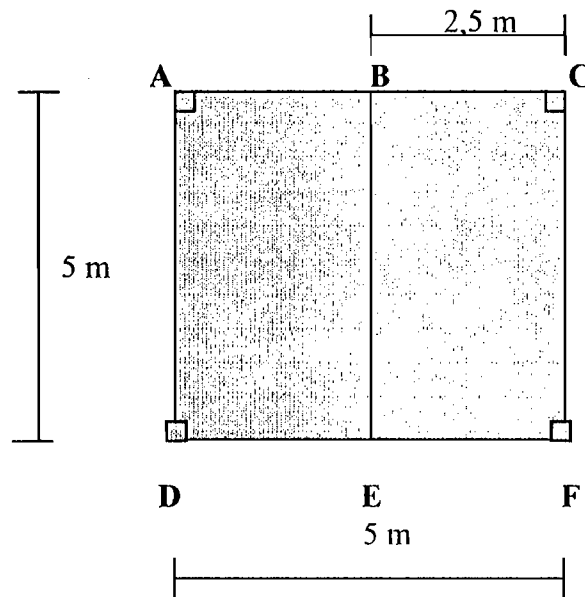
17. Rencanakan tulangan torsi memanjang :

$$\begin{aligned}A_l &= (2 \cdot A_t / S) (x_1 + y_1) \\&= (2 \cdot 1,4193) \cdot 366 \\&= 1038,9276 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

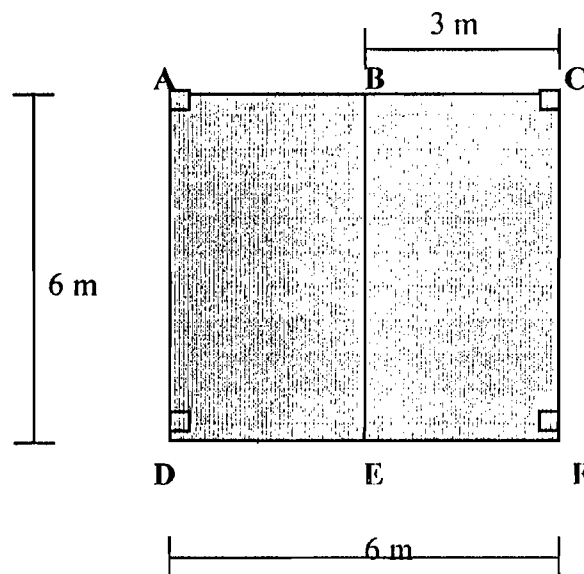
## 4.2 Perencanaan Balok dengan Menggunakan Program

### 4.2.1 Notasi Balok Konvensional pada Pelat Lantai

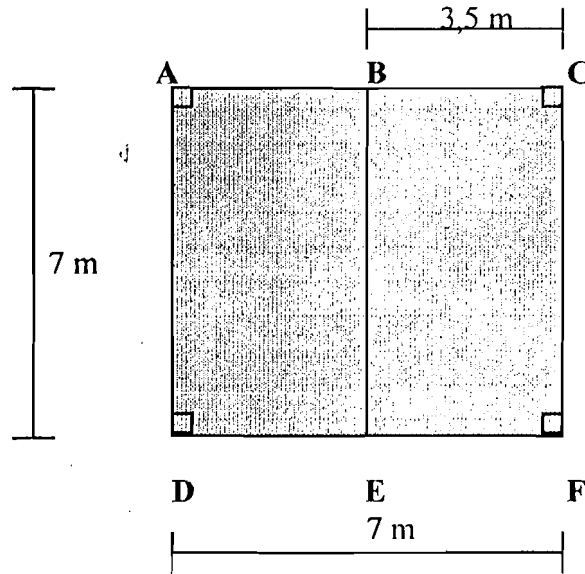
1. Pelat lantai 5 m x 5 m



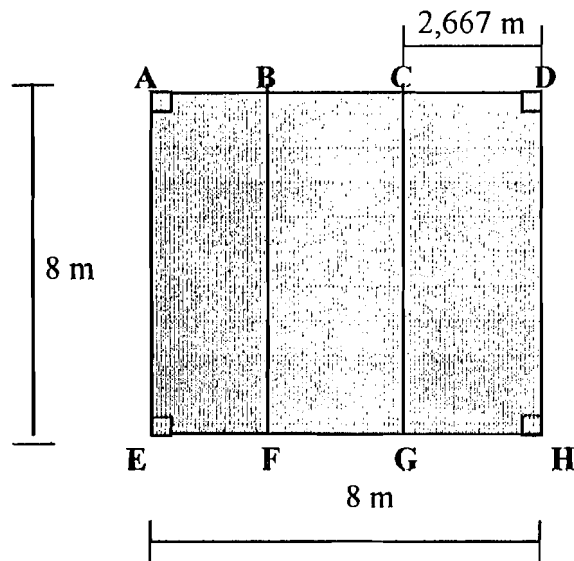
2. Pelat lantai 6 m x 6 m



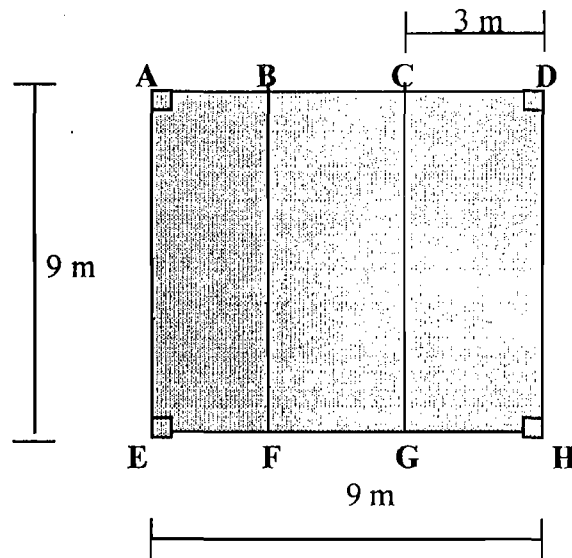
3. Pelat lantai 7 m x 7 m



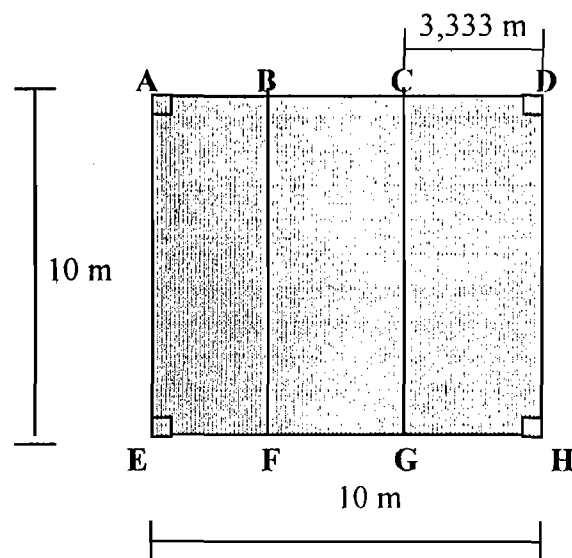
4. Pelat lantai 8 m x 8 m



5. Pelat lantai 9 m x 9 m



6. Pelat lantai 10 m x 10 m





#### 4.2.2. Running Program Penulangan Balok Konvensional

Tabel 4.1. Penulangan Pokok Balok Induk

NO	Balok	B / H	L	Tulangan Tumpuan			Luas Total Tul. Tumpuan	Tulangan Lapangan			Luas Total Tul Lapangan
				Sebelah	Rangkap			Sebelah	Rangkap		
				Tarik	Tarik	Desak		Tarik	Tarik	Desak	
1	A - D	150 / 400	5000	226,12	-	-	1411,54	370,904	-	-	2374,06
	C - F	150 / 400	5000	226,12	-	-	-	370,904	-	-	-
	A - C	150 / 400	5000	479,65	-	-	-	816,126	-	-	-
	D - F	150 / 400	5000	479,65	-	-	-	816,126	-	-	-
2	A - D	200 / 450	6000	349,022	-	-	2157,912	572,518	-	-	3626,414
	C - F	200 / 450	6000	349,022	-	-	-	572,518	-	-	-
	A - C	200 / 450	6000	729,934	-	-	-	1240,689	-	-	-
	D - F	200 / 450	6000	729,934	-	-	-	1240,689	-	-	-
3	A - D	200 / 500	7000	488,964	-	-	3049,38	807,51	-	-	4884,578
	C - F	200 / 500	7000	488,964	-	-	-	807,51	-	-	-
	A - C	200 / 500	7000	1035,726	-	-	-	-	1500,152	134,627	-
	D - F	200 / 500	7000	1035,726	-	-	-	-	1500,152	134,627	-
4	A - E	200 / 550	8000	480,038	-	-	3523,52	789,276	-	-	5976,232
	D - H	200 / 550	8000	480,038	-	-	-	789,276	-	-	-
	A - D	200 / 550	8000	1281,722	-	-	-	-	1863,464	335,376	-

NO	Balok	B / H	L	Tulangan Tumpuan			Luas Total Tul. Tumpuan	Tulangan Lapangan			Luas Total Tul Lapangan
				Sebelah Tarik	Rangkap			Sebelah Tarik	Rangkap		
					Tarik	Desak			Tarik	Desak	
	E - H	200 / 550	8000	1281,722	-	-		-	1863,464	335,376	-
5	A - E	250 / 550	9000	703,521	-	-	5167,768	1163,068	-	-	9470,222
	D - H	250 / 550	9000	703,521	-	-	-	1163,068	-	-	-
	A - D	250 / 550	9000	1880,363	-	-	-	-	2741,076	830,967	-
	E - H	250 / 550	9000	1880,363	-	-	-	-	2741,076	830,967	-
6	A - E	300 / 600	10000	904,213	-	-	6438,014	1493,046	-	-	11343,85
	D - H	300 / 600	10000	904,213	-	-	-	1493,046	-	-	-
	A - D	300 / 600	10000	2314,794	-	-	-	-	3357,426	821,451	-
	E - H	300 / 600	10000	2314,794	-	-	-	-	3357,426	821,451	-

- Satuan dalam mm dan N

Tabel 4. 2. Penulangan Pokok Balok Anak

NO	Balok	B / H	L	Tulangan Tumpuan			Luas Total Tul. Tumpuan	Tulangan Lapangan			Luas Total Tul. Lapangan
				Sebelah Tarik	Rangkap			Sebelah Tarik	Rangkap		
					Tarik	Desak			Tarik	Desak	
1	B - E	150 / 350	5000	533,186	-	-	533,186	-	794,564	136,186	930,750
2	B - E	200 / 400	6000	784,107	-	-	784,107	-	1142,473	102,073	1.244,546
3	B - E	200 / 450	7000	1098,638	-	-	1098,638	-	1624,564	421,601	2.046,165
4	B - F	200 / 500	8000	1016,488	-	-	2032,976	-	1469,414	103,889	3146,606
	C - G	200 / 500	8000	1016,488	-	-	-	-	1469,414	103,889	-
5	B - F	250 / 500	9000	1490,405	-	-	2980,81	-	2181,593	474,687	5312,56
	C - G	250 / 500	9000	1490,405	-	-	-	-	2181,593	474,687	-
6	B - F	300 / 550	10000	1847,019	-	-	3694,038	-	2680,045	387,914	6135,918
	C - G	300 / 550	10000	1847,019	-	-	-	-	2680,045	387,914	-

- Satuan dalam mm dan N

Tabel 4.3. Penulangan Geser Lentur Balok Anak dan Balok Induk

No	Balok	B / H	L	Global	Kritis	Non kritis	Total
1	B - E	150 / 350	5000	1860,741	-	-	8140,741
	A - D	150 / 400	5000	1570	-	-	-
	C - F	150 / 400	5000	1570	-	-	-
	A - C	150 / 400	5000	1570	-	-	-
	D - F	150 / 400	5000	1570	-	-	-
2	B - E	200 / 400	6000	-	274,817	617	7409,437
	A - D	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
	C - F	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
	A - C	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
	D - F	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
3	B - E	200 / 450	7000	-	417,726	883	6544,231
	A - D	200 / 500	7000	1674,667	-	-	-
	C - F	200 / 500	7000	1674,667	-	-	-
	A - C	200 / 500	7000	-	287,0857	660	-
	D - F	200 / 500	7000	-	287,0857	660	-
4	B - F	200 / 500	8000	-	380,195	843	9168,235
	C - G	200 / 500	8000	-	380,195	843	-
	A - E	200 / 550	8000	1710,298	-	-	-
	D - H	200 / 550	8000	1710,298	-	-	-
	A - D	200 / 550	8000	-	530,6247	1120	-
	E - H	200 / 550	8000	-	530,6247	1120	-
5	B - F	250 / 500	9000	2153,143	-	-	12431,44
	C - G	250 / 500	9000	2153,143	-	-	-
	A - E	250 / 550	9000	1924,085	-	-	-
	D - H	250 / 550	9000	1924,085	-	-	-
	A - D	250 / 550	9000	-	694,4941	1444	-
	E - H	250 / 550	9000	-	694,4941	1444	-

No	Balok	B / H	L	Global	Kritis	Non kritis	Total
6	B - F	300 / 550	10000	-	597,792	1263	11409,89
	C - G	300 / 550	10000	-	597,792	1263	-
	A - E	300 / 600	10000	2083,33	-	-	-
	D - H	300 / 600	10000	2083,33	-	-	-
	A - D	300 / 600	10000	-	561,8237	1199	-
	E - H	300 / 600	10000	-	561,8237	1199	-

- Satuan dalam mm dan N

Tabel 4.4. Penulangan Geser Torsi Balok Induk

No	Balok	B / H	L	As. Sengkang	As. Total sengkang	As Memanjang	As. Total memanjang	Keterangan
1	A - D	150 / 400	5000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	C - F	150 / 400	5000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A - C	150 / 400	5000	8761,161	17522,3	1038,6497	2077,3	-
	D - F	150 / 400	5000	8761,161	-	1038,6497	-	-
2	A - D	200 / 450	6000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	C - F	200 / 450	6000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A - C	200 / 450	6000	7317,942	14635,9	779,3596	1558,72	-
	D - F	200 / 450	6000	7317,942	-	779,3596	-	-
3	A - D	200 / 500	7000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	C - F	200 / 500	7000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A - C	200 / 500	7000	10942,3818	21884,8	1114,1741	2228,35	-
	D - F	200 / 500	7000	10942,3818	-	1114,1741	-	-
4	A - E	200 / 550	8000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	D - H	200 / 550	8000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A - D	200 / 550	8000	16651,6367	33303,3	1569,1029	3138,21	-
	E - H	200 / 550	8000	16651,6367	-	1569,1029	-	-

No	Balok	B / H	L	As. Sengkang	As. Total sengkang	As Memanjang	As. Total memanjang	Keterangan
5	A - E	250 / 550	9000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	D - H	250 / 550	9000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A - D	250 / 550	9000	18055,808	36111,6	1413,6	2827,2	-
	E - H	250 / 550	9000	18055,808	-	1413,6	-	-
6	A - E	300 / 600	10000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	D - H	300 / 600	10000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A - D	300 / 600	10000	15672,443	31344,9	1265,9716	2531,94	-
	E - H	300 / 600	10000	15672,443	-	1265,9716	-	-

- Satuan dalam mm dan N

Tabel 4. 5. Lendutan Balok Konvensional

No	Balok	B / H (mm)	L (mm)	Lendutan Beban Mati (mm)	Lendutan B. Hidup (mm)	Lendutan 60% B.Hdp (mm)	Lendutan Jangka Pjg (mm)
1	B - E	150/350	5000	1.865	4.616	3.641	12.929
	AD/CF	150/400	5000	0.705	2.975	2.844	9.078
	AC/DF	150/400	5000	0.266	2.008	1.391	4.836
2	B - E	200/400	6000	2.395	5.488	4.32	16.526
	AD/CF	200/450	6000	0.971	3.741	3.473	11.414
	AC/DF	200/450	6000	1.845	4.024	3.158	12.924
3	B - E	200/450	7000	3.619	5.764	4.352	16.986
	AD/CF	200/500	7000	1.513	4.699	4.01	14.34
	AC/DF	200/500	7000	2.889	5.305	4.079	16.887
4	BF/CG	200/500	8000	3.771	6.924	5.348	22.37
	AE/DH	200/550	8000	1.688	5.306	4.665	16.378
	AD/EH	200/550	8000	3.891	5.716	4.277	18.308
5	BF/CG	250/500	9000	5.539	8.098	6.127	25.369
	AE/DH	250/550	9000	2.512	6.785	5.784	21.354
	AD/EH	250/550	9000	5.689	6.564	4.74	20.752
6	BF/CG	300/550	10000	6.057	8.927	6.086	29.45
	AE/DH	300/600	10000	2.885	7.434	6.396	23.713
	AD/EH	300/600	10000	6.266	7.436	5.354	24,26

- Satuan dalam mm dan N



**BAB V**  
**DESAIN BALOK GRID**  
**PADA PELAT LANTAI**

**5.1. Perhitungan Mekanika Balok Grid Secara Manual**

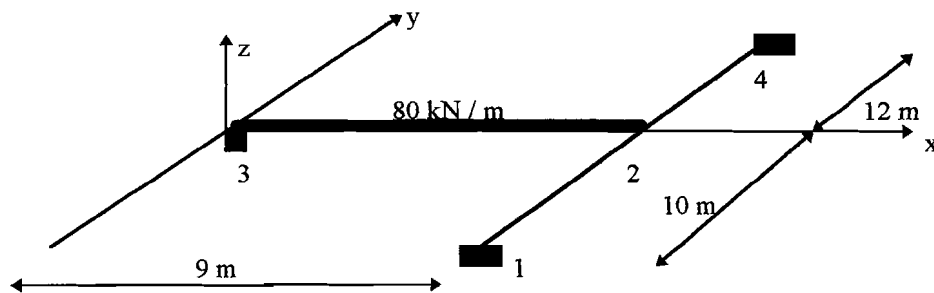
Dalam menganalisa suatu struktur balok grid baik itu secara manual ataupun secara komputer ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Salah satunya adalah letak atau perjanjian dari sumbu - sumbu global . Karena hal ini akan berkaitan dengan sistem pengkodean atau Nnode . Dalam analisa secara manual digunakan sumbu lokal seperti yang telah diuraikan, selain itu ketentuan - ketentuan yang lain juga sama dengan uraian yang telah dibahas.

**5.1.1 Perhitungan Secara Manual**

Data - data perhitungan :

- a. Inersia ( I )                      =  $80 \times 10^9 \text{ mm}^4$
- b. Modulus Torsi ( J )              =  $40 \times 10^9 \text{ mm}^4$
- c. Modulus Geser ( G )            =  $6 \text{ kN} / \text{mm}^2$
- d. Modulus Elastisitas ( E )      =  $15 \text{ kN} / \text{mm}^2$

Bentuk struktur seperti dalam gambar dibawah :



Langkah-langkah penyelesaian :

1. Tentukan kondisi boundry pada node yang terestaints ,dimana struktur diatas :

$$\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta_3 = 0$$

2. Beban yang bekerja hanya pada elemen 2 - 3 sehingga didapatkan transformasi

beban :

$$P_2 = P^n + P_{21}^n + P_{23}^n + P_{24}^n$$

$$= P_{23}^n = T_{23}^{-1} * f_{23}^f$$

$$P_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} 360 \\ 0 \\ -540000 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -360 \\ 0 \\ -540000 \end{vmatrix}$$

3. Menghitung matrik kekakuan pada sistem koordinat global pada tiap batang,

digunakan rumus :

Elemen 1 - 2 :

$$K_{22}^1 = \begin{vmatrix} 12EI/L^3 & -6EI\sin\alpha/L^2 & 6EI\cos\alpha/L^2 \\ -6EI\sin\alpha/L^2 & (GJ\cos^2\alpha/L + 4EI\sin^2\alpha/L) & (GJ/L - 4EI/L) \sin\alpha \cos\alpha \\ 6EI\cos\alpha/L^2 & (GJ/L - 4EI/L) \sin\alpha \cos\alpha & (GJ\sin^2\alpha/L + 4EI\cos^2\alpha/L) \end{vmatrix}$$

$$K_{22}^1 = \begin{vmatrix} 14.4 & -72000 & 0 \\ -72000 & 480E6 & 0 \\ 0 & 0 & 24E6 \end{vmatrix}$$

Elemen 2 - 3 :

$$K_{22}^3 = \begin{vmatrix} 19.8 & 0 & 88888 \\ 0 & 26.7E6 & 0 \\ 88888 & 0 & 533E6 \end{vmatrix}$$

Elemen 2 - 4 :

$$K_{22}^4 = \begin{vmatrix} 8.33 & 50000 & 0 \\ 50000 & 400E6 & 0 \\ 0 & 0 & 200E6 \end{vmatrix}$$

4. Matriks kekakuan sistem struktur :

$$KG = K^1 + K^2 + \dots + K^n$$

$$KG = \begin{vmatrix} 42.5 & -22000 & 88888 \\ -22000 & 906.7E6 & 0 \\ 88888 & 0 & 577e6 \end{vmatrix}$$

5. Gaya - gaya pada Node 2 ( yang terbebas ) :

$$P = KG * D$$

$$\begin{vmatrix} -360 \\ 0 \\ -540000 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 42.5 & -22000 & 88888 \\ -22000 & 906.7E6 & 0 \\ 88888 & 0 & 577e6 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \Delta_{2Z} \\ \phi_{2X} \\ \phi_{2Y} \end{vmatrix}$$

Dengan menggunakan metode Gauss Pivot persamaan tersebut didapatkan hasil :

$$\begin{pmatrix} \Delta_{2Z} \\ \phi_{2X} \\ \phi_{2Y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -9.791 \text{ mm} \\ -2.376e-4 \text{ rads} \\ 5.724e-4 \text{ rads} \end{pmatrix}$$

6. Gaya gaya batang pada setiap batang :

$$F = K^n * T * D$$

1. Elemen 2 - 1

$$\begin{pmatrix} 14.4 & -72000 & 0 \\ -72000 & 480E6 & 0 \\ 0 & 0 & 24E6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -9.791 \\ -2.376e-4 \\ 5.742e-4 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} -124 \\ 13700 \\ -591000 \end{pmatrix}$$

2. Elemen 2 - 3

$$\begin{pmatrix} 19.8 & 0 & -88888 \\ 0 & 26.7E6 & 0 \\ -88888 & 0 & 533e6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -9.791 \\ -2.376e-4 \\ 5.742e-4 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 360 \\ 0 \\ -540000 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} 360 \\ 0 \\ -540000 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -124 \\ 13700 \\ -591000 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 217 \\ 6340 \\ 25000 \end{vmatrix}$$

### 3. Elemen 2 - 4

$$\begin{vmatrix} 8.33 & 0 & -50000 \\ 0 & 26.7E6 & 0 \\ -50000 & 0 & 400E6 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -9.791 \\ -2.376e-4 \\ 5.742e-4 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} -93.4 \\ -11400 \\ 585000 \end{vmatrix}$$

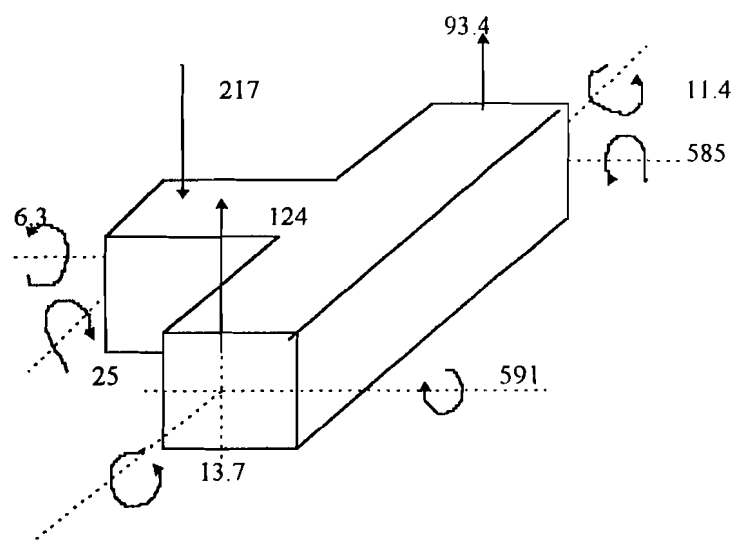
Dari hasil hitungan gaya - gaya batang tiap elemen kemudian dicek sesuai dengan  $\Sigma v = 0$

cek :

$$\text{Arah z} = 124 - 217 + 93.4 = 0 \quad (\text{oke})$$

$$\text{Arah x} = 6.3 - 591 + 585 = 0 \quad (\text{oke})$$

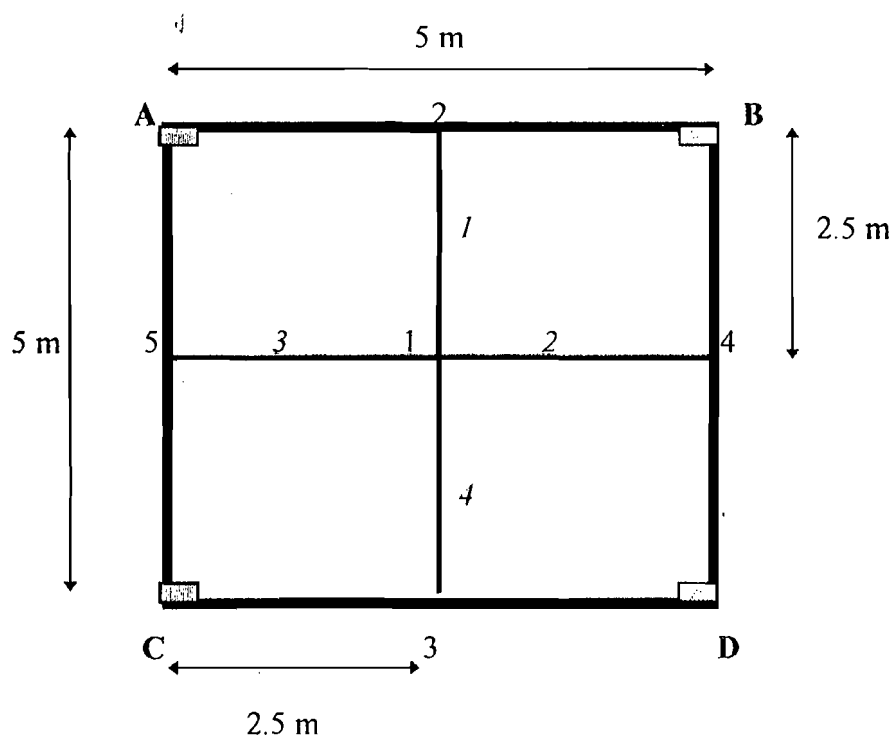
$$\text{Arah y} = 25 - 13.7 - 11.4 = 0 \quad (\text{oke})$$



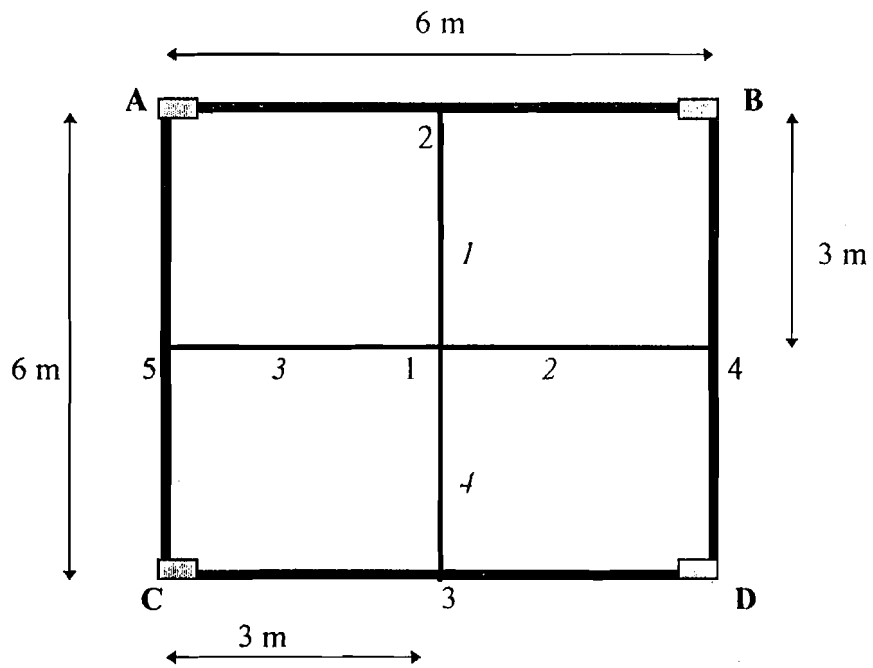
### 5.1.2. Perhitungan Secara Komputer

Didalam perhitungan ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai input data, seperti ditunjukkan dalam tabel 5.1. Dalam analisa komputer ini konstruksi pelat yang akan dihitung adalah pelat ukuran 5 x 5 m , 6 x 6 m , 7 x 7 m , 8 x 8 m , 9 x 9 m dan 10 x 10 m , sedang bentuk strukturnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

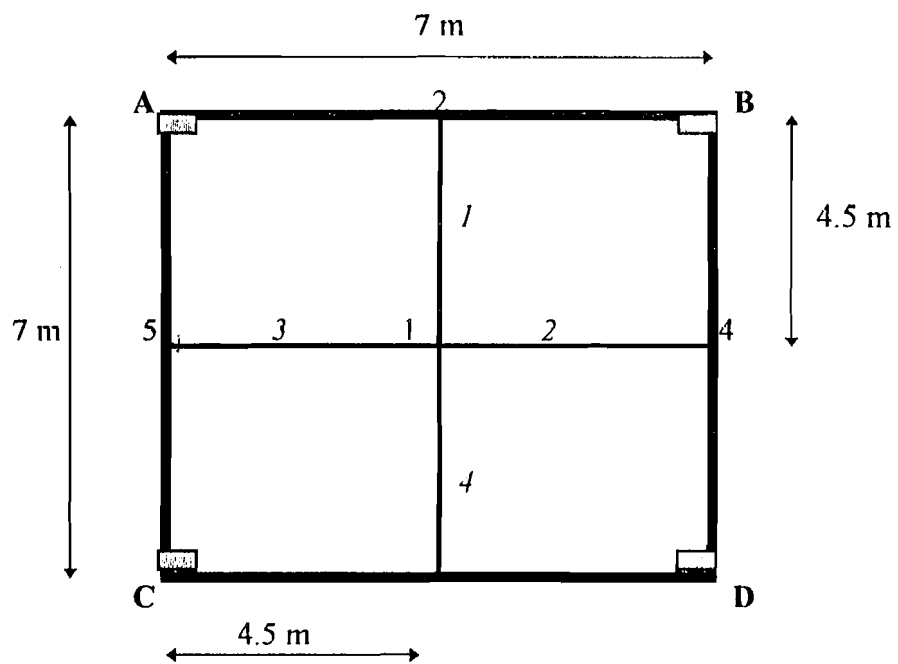
#### A. Struktur Balok Grid Bentang 5 x 5 m



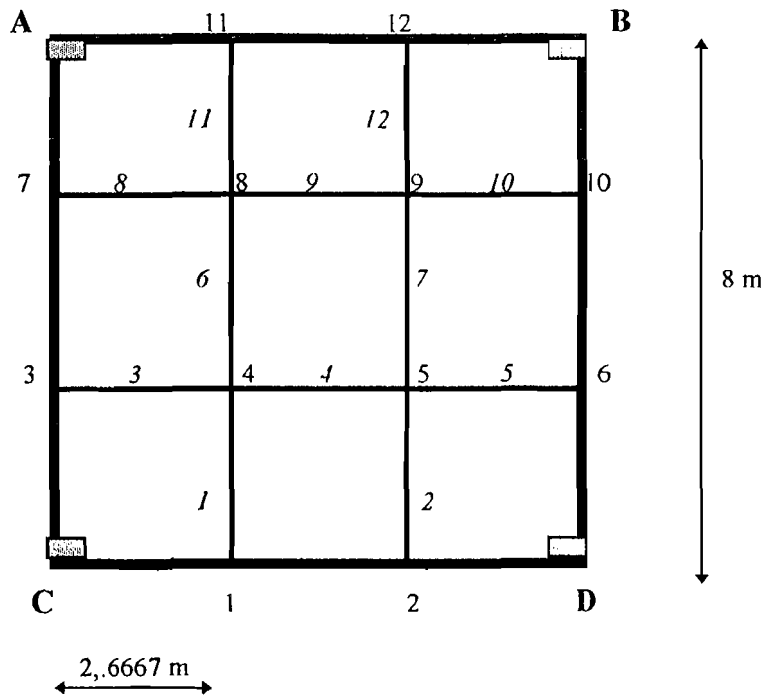
B. Struktur Balok Grid Bentang 6 x 6 m



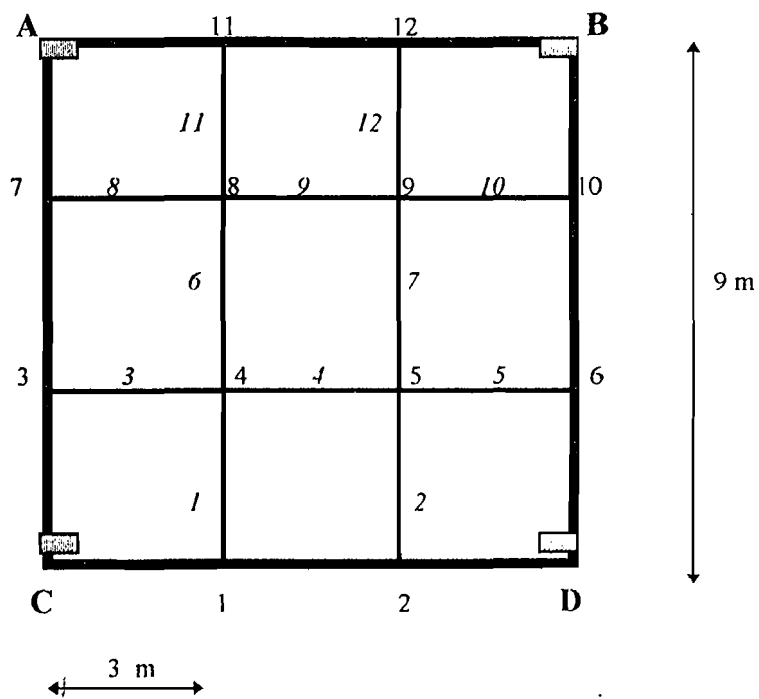
C. Struktur Balok Grid Bentang 7 x 7 m



## D. Struktur Balok Grid Bentang 8 x 8 m

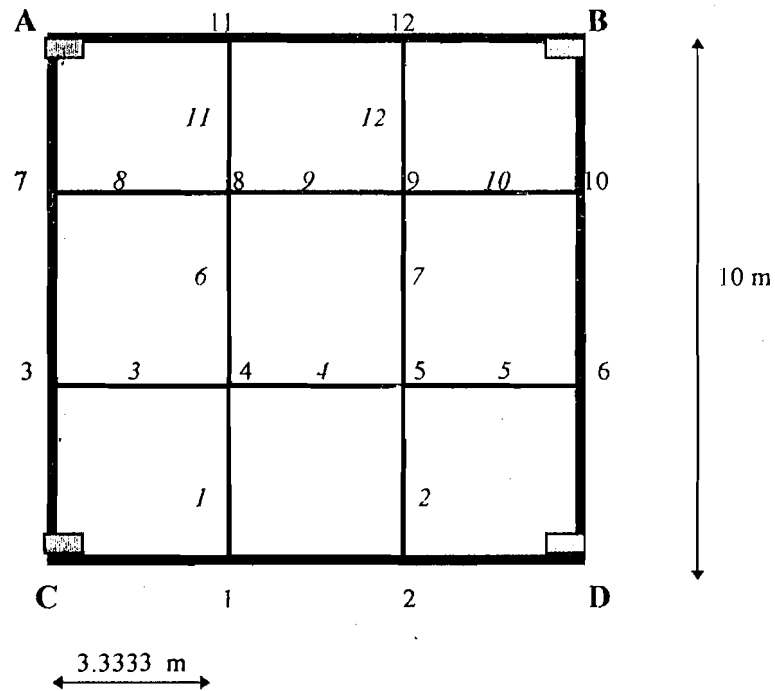


## E. Struktur Balok Grid Bentang 9 x 9 m





## F. Struktur Balok Grid Bentang 10 x 10 m



Tabel 5.1 . Data - data Properties untuk batang pada balok grid

<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>E</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>I</i>	<i>G</i>
5	0.150	0.350	2.35E+7	0.002144	0.0525	0.000536	1.18E+7
6	0.200	0.400	2.35E+7	0.004267	0.0800	0.001067	1.18E+7
7	0.200	0.450	2.35E+7	0.006075	0.0900	0.001519	1.18E+7
8	0.200	0.500	2.35E+7	0.008333	0.1000	0.002083	1.18E+7
9	0.250	0.500	2.35E+7	0.010442	0.1250	0.002610	1.18E+7
10	0.300	0.550	2.35E+7	0.016638	0.1650	0.004159	1.18E+7

@. satuan dalam kN dan m

### Running Program

Tabel 5.1. Penulangan Pokok Balok Grid

NO	Balok	B / H	L	Tulangan Tumpuan			Total Tumpuan	Lapangan			Total Lapangan		
				Sebelah Tarik	Rangkap			Sebelah Tarik	Rangkap				
					Tarik	Desak			Tarik	Desak			
1	2 3	150 / 350	5000	529,778	-	-	1059,556	249,724	-	-	499,448		
	4 5	150 / 350	5000	529,778	-	-		249,724	-	-			
2	2 3	200 / 400	6000	784,052	-	-	1568,104	371,243	-	-	742,486		
	4 5	200 / 400	6000	784,052	-	-		371,243	-	-			
3	2 3	200 / 450	7000	1097,361	-	-	2194,722	512,728	-	-	1025,456		
	4 5	200 / 450	7000	1097,361	-	-		512,728	-	-			
4	1-4-8-11	200 / 500	8000	847,701	-	-	3260,872	354,553	-	-	1184,126		
	2-5-9-12	200 / 500	8000	847,701	-	-		-	354,553	-		-	-
	3-4-5-6	200 / 500	8000	782,735	-	-		-	237,51	-		-	-
	7-8-9-10	200 / 500	8000	782,735	-	-		-	237,51	-		-	-
5	1-4-8-11	250 / 500	9000	1311,977	-	-	4947,57	756,96	-	-	2487,996		
	2-5-9-12	250 / 500	9000	1311,977	-	-		-	756,96	-		-	-
	3-4-5-6	250 / 500	9000	1161,808	-	-		-	487,038	-		-	-
	7-8-9-10	250 / 500	9000	1161,808	-	-		-	487,038	-		-	-
6	1-4-8-11	300 / 550	10000	1642,109	-	-	6191,068	951,485	-	-	3126,912		
	2-5-9-12	300 / 550	10000	1642,109	-	-		-	951,485	-		-	-
	3-4-5-6	300 / 550	10000	1453,425	-	-		-	611,971	-		-	-
	7-8-9-10	300 / 550	10000	1453,425	-	-		-	611,971	-		-	-

- Satuan dalam mm dan N

Tabel 5.2. Penulangan Pokok Balok Induk

NO	Balok	B / H	L	Tulangan Tumpuan			Luas Total Tul.l. Tumpuan	Tulangan Lapangan			Luas Total Tul. Lapangan
				Sebelah Tarik	Rangkap			Sebelah Tarik	Rangkap		
					Tarik	Desak			Tarik	Desak	
1	A - B	150 / 400	5000	435,197	-	-	1740,788	735,092	-	-	2940,368
	C - D	150 / 400	5000	435,197	-	-	-	735,092	-	-	-
	A - C	150 / 400	5000	435,197	-	-	-	735,092	-	-	-
	B - D	150 / 400	5000	435,197	-	-	-	735,092	-	-	-
2	A - B	200 / 450	6000	660,444	-	-	2641,776	1114,356	-	-	4457,424
	C - D	200 / 450	6000	660,444	-	-	-	1114,356	-	-	-
	A - C	200 / 450	6000	660,444	-	-	-	1114,356	-	-	-
	B - D	200 / 450	6000	660,444	-	-	-	1114,356	-	-	-
3	A - B	200 / 500	7000	939,243	-	-	3756,972	1614,318	-	-	6457,272
	C - D	200 / 500	7000	939,243	-	-	-	1614,318	-	-	-
	A - C	200 / 500	7000	939,243	-	-	-	1614,318	-	-	-
	B - D	200 / 500	7000	939,243	-	-	-	1614,318	-	-	-
4	A - B	200 / 550	8000	1295,87	-	-	4669,022	-	2241,652	356,782	8763,04
	C - D	200 / 550	8000	1295,87	-	-	-	-	2241,652	356,782	-
	A - C	200 / 550	8000	1038,641	-	-	-	1783,086	-	-	-
	B - D	200 / 550	8000	1038,641	-	-	-	1783,086	-	-	-

NO	Balok	B / H	L	Tulangan Tumpuan			Luas Total Tul.l. Tumpuan	Tulangan Lapangan			Luas Total Tul. Lapangan
				Sebelah Tarik	Rangkap Tarik      Desak			Sebelah Tarik	Rangkap Tarik      Desak		
5	A - B	250 / 550	9000	1709,64	-	-	6420,894	-	3089,54	589,715	12764,38
	C - D	250 / 550	9000	1709,64	-	-	-	-	3089,54	589,715	-
	A - C	250 / 550	9000	1500,807	-	-	-	-	2438,662	264,272	-
	B - D	250 / 550	9000	1500,807	-	-	-	-	2438,662	264,272	-
6	A - B	300 / 600	1000C	2155,406	-	-	8092,822	-	3711,569	587,797	14807,85
	C - D	300 / 600	1000C	2155,406	-	-	-	-	3711,569	587,797	-
	A - C	300 / 600	1000C	1891,005	-	-	-	-	2915,007	189,551	-
	B - D	300 / 600	1000C	1891,005	-	-	-	-	2915,007	189,551	-

- Satuan dalam mm dan N

Tabel 5.3. . Penulangan Geser Lentur Balok Induk dan Balok Grid

No	Balok	B / H	L	Global	Kritis	Non kritis	TOTAL
1	2 3	150 / 350	5000	1860,748	-	-	10001,5
	4 5	150 / 350	5000	1860,748	-	-	-
	A - B	150 / 400	5000	1570	-	-	-
	C - D	150 / 400	5000	1570	-	-	-
	A - C	150 / 400	5000	1570	-	-	-
	B - D	150 / 400	5000	1570	-	-	-
2	2 3	200 / 400	6000	-	224,85	532	8031,32
	4 5	200 / 400	6000	-	224,85	532	-
	A - B	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
	C - D	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
	A - C	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
	B - D	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
3	2 3	200 / 450	7000	-	350,732	769	5992,392
	4 5	200 / 450	7000	-	350,732	769	-
	A - B	200 / 500	7000	-	283,232	655	-
	C - D	200 / 500	7000	-	283,232	655	-
	A - C	200 / 500	7000	-	283,232	655	-
	B - D	200 / 500	7000	-	283,232	655	-
4	1-4-8-11	200 / 500	8000	-	226,89	627	9965,52
	2-5-9-12	200 / 500	8000	-	226,89	627	-
	3-4-5-6	200 / 500	8000	1913,905	-	-	-
	7-8-9-10	200 / 500	8000	1913,905	-	-	-
	A - B	200 / 550	8000	-	363,274	814	-
	C - D	200 / 550	8000	-	363,274	814	-
	A - C	200 / 550	8000	-	310,695	727	-
	B - D	200 / 550	8000	-	310,695	727	-
5	1-4-8-11	250 / 500	9000	-	394,41	899	9761,046
	2-5-9-12	250 / 500	9000	-	394,41	899	-
	3-4-5-6	250 / 500	9000	-	293,06	750	-
	7-8-9-10	250 / 500	9000	-	293,06	750	-

No	Balok	B / H	L	Global	Kritis	Non kritis	TOTAL
	A - B	250 / 550	9000	-	575,923	1213	-
	C - D	250 / 550	9000	-	575,923	1213	-
	A - C	250 / 550	9000	-	477,26	1033	-
	B - D	250 / 550	9000	-	477,26	1033	-
6	1-4-8-11	300 / 550	10000	-	477,026	160	9825,855
	2-5-9-12	300 / 550	10000	-	477,026	160	-
	3-4-5-6	300 / 550	10000	-	347,24	851	-
	7-8-9-10	300 / 550	10000	-	347,24	851	-
	A - B	300 / 600	10000	-	706,076	1473	-
	C - D	300 / 600	10000	-	706,076	1473	-
	A - C	300 / 600	10000	-	574,1714	1223	-
	B - D	300 / 600	10000	-	574,1714	1223	-

- Satuan dalam mm dan N

j

Tabel 5.4. Penulangan Geser Torsi Balok Induk

No	Balok	B / H	L	As. Senggang	As. Total sengkang	As. Memanjang	As. Total memanjang
1	A - B	150 / 400	5000	6769,58	27078,3	768,432	3073,73
	C - D	150 / 400	5000	6769,58	-	768,432	-
	A - C	150 / 400	5000	6769,58	-	768,432	-
	B - D	150 / 400	5000	6769,58	-	768,432	-
2	A - B	200 / 450	6000	6018,26	24073	593,55	2374,2
	C - D	200 / 450	6000	6018,26	-	593,55	-
	A - C	200 / 450	6000	6018,26	-	593,55	-
	B - D	200 / 450	6000	6018,26	-	593,55	-
3	A - B	200 / 500	7000	9106,192	36424,8	861,643	3446,57
	C - D	200 / 500	7000	9106,192	-	861,643	-
	A - C	200 / 500	7000	9106,192	-	861,643	-
	B - D	200 / 500	7000	9106,192	-	861,643	-
4	A - B	200 / 550	8000	4407,0175	17628,1	239,759	959,036
	C - D	200 / 550	8000	4407,0175	-	239,759	-
	A - C	200 / 550	8000	4407,0175	-	239,759	-
	B - D	200 / 550	8000	4407,0175	-	239,759	-
5	A - B	250 / 550	9000	11894,51	44725,8	648,562	2456,28
	C - D	250 / 550	9000	11894,51	-	648,562	-
	A - C	250 / 550	9000	10468,41	-	579,577	-
	B - D	250 / 550	9000	10468,41	-	579,577	-
6	A - B	300 / 600	10000	13103,563	48966,4	626,849	2354,17
	C - D	300 / 600	10000	13103,563	-	626,849	-
	A - C	300 / 600	10000	11379,651	-	550,237	-
	B - D	300 / 600	10000	11379,651	-	550,237	-

- Satuan dalam mm dan N

Tabel 5. 5. Lendutan pada Balok Grid

No	Luas Pelat	Titik Buhul	B / H	Lendutan Beban Mati
1	5000 x 5000	1	150 / 350	2.25 E-2
2	6000 x 6000	1	200 / 400	2.88 E-2
3	7000 x 7000	1	200 / 450	4.36 E-2
4	8000 x 8000	4 , 5 , 8 , 9	200 / 500	2.14 E-2
5	9000 x 9000	4 , 5 , 8 , 9	250 / 500	3.54 E-2
6	10000 x 10000	4 , 5 , 8 , 9	300 / 550	3.89 E-2

- Satuan dalam mm dan N



**BAB VI**  
**DESAIN PENULANGAN PELAT**

**6.1. Langkah-langkah perhitungan volume tulangan dalam pelat :**

1. Tentukan spesifikasi bahan :

- a. Kuat desak beton (  $f_c$  )
- b. Tegangan leleh baja (  $f_y$  )

2. Tentukan pembebanan pelat :

a. Beban mati (  $q_{dl}$  )

- berat sendiri pelat
- berat pasir
- berat spesi
- berat tegel

b. Beban hidup (  $q_{ll}$  )

$$q_u = 1,2 \cdot q_{dl} + 1,6 \cdot q_{ll}$$

3. Tentukan perbandingan  $L_y / L_x$  , dari tabel diperoleh koefisien momen :

$c_{tx}$ ,  $c_{lx}$ ,  $c_{ty}$ ,  $c_{ly}$ .

4. Tentukan distribusi momen lapangan dan tumpuan :

$$M = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot c$$

5. Tentukan tinggi efektif ( d ) arah x dan arah y :

$$dx = h \text{ pelat} - \text{penutup beton} - 0,5 \cdot \phi \text{ tul.}$$

$$dy = h \text{ pelat} - \text{penutup beton} - \phi \text{ tul} - 0,5 \cdot \phi \text{ tul.}$$

6. Tentukan rasio penulangan dan nilai m :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0,6 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c}$$

7. Rencanakan penulangan lapangan dan tumpuan arah x dan arah y :

a. Tentukan momen rencana ( Mn ) :

$$\downarrow \quad Mn = M / \phi$$

b. Tentukan nilai Rn dimana :

$$Rn = \frac{M}{b \cdot d}$$

c. Tentukan  $\rho$  perlu :

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot Rn / f_y)}}{m}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{mak}}$$

jika  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$  maka  $\rho'_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot 1,3$

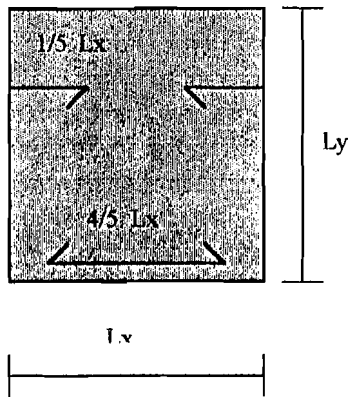
$\rho'_{\text{perlu}} < \rho_{\min} \longrightarrow$  dipakai  $\rho'_{\text{perlu}}$

$\rho'_{\text{perlu}} > \rho_{\min} \longrightarrow$  dipakai  $\rho_{\min}$

d. Tentukan luas tulangan ( $A_s$ ):

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

8. Tentukan volume tulangan arah x :



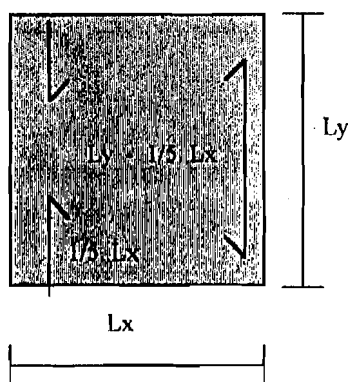
- Volume tul. tumpuan :

$$V_{tx} = (2/5 \cdot Lx \cdot A_s) \cdot Ly$$

- Volume tul. lapangan :

$$V_{lx} = (4/5 \cdot Lx \cdot A_s) \cdot Ly$$

9. Tentukan volume tulangan arah y :



- Volume tul. tumpuan :

$$V_{ty} = (2/5 \cdot Lx \cdot A_s) \cdot Lx$$

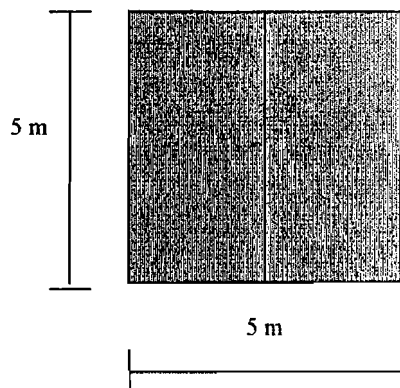
- Volume tul lapangan :

$$V_{ly} = ((Ly - 1/5 \cdot Lx) \cdot A_s) \cdot Lx$$

10. Tentukan volume tulangan total pelat :

$$V_{\text{total}} = V_{tx} + V_{lx} + V_{ty} + V_{ly}$$

## 6.2. Perhitungan manual volume tulangan pada balok konvensional :



### 1. Spesifikasi bahan :

- a. Kuat desak beton ( $f'_c$ ) = 25 Mpa
- b. Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa

### 2. Pembebanan pada pelat :

#### a. Beban mati

- pelat =  $0,12 \cdot 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
- pasir =  $0,05 \cdot 1600 = 80$
- spesi =  $0,02 \cdot 2100 = 42$
- tegel =  $0,03 \cdot 2400 = \underline{72}$

$$q_{dl} = 482 \times 1 \text{ kg/m}$$

$$= 4,728 \text{ kN/m}$$

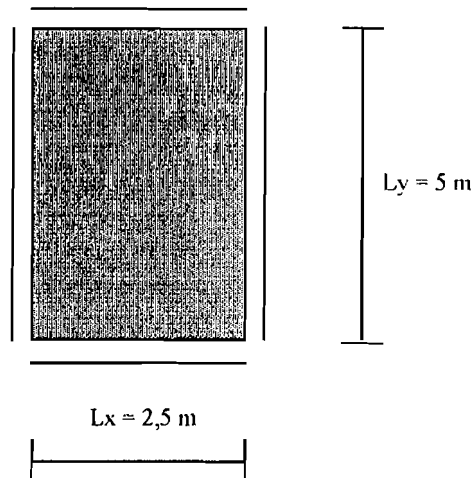
#### b. Beban hidup

$$q_{ll} = 250 \times 1 \text{ kg/m}$$

$$= 2,453 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \cdot 4,728 + 1,6 \cdot 2,453 \\ &= 9,598 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### 3. Distribusi momen pelat :



$$L_y / L_x = 5 / 2,5 = 2$$

Dari tabel PBI diperoleh momen :

$$M_{lx} = 0,001 \cdot 62 \cdot q_u \cdot L_x^2 = 3,719 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot 62 \cdot q_u \cdot L_x^2 = 3,719 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot 35 \cdot q_u \cdot L_x^2 = 2,1 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot 35 \cdot q_u \cdot L_x^2 = 2,1 \text{ kNm}$$

### 4. Tentukan tinggi efektif pelat ( d ) :

$$\text{Tebal pelat ( h )} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Penutup beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ tul. arah x dan arah y} = 8 \text{ mm}$$

$$d_x = 120 - 40 - 1/2 \cdot 8 = 76 \text{ mm}$$

$$d_y = 120 - 40 - 8 - 1/2 \cdot 8 = 68 \text{ mm}$$

5. Perhitungan rasio penulangan dan m :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0,6 \cdot \rho_b = 0,0162$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 0,85} = 18,823$$

6. Perhitungan penulangan arah x :

$$M_{nx} = M_lx / \phi = 3,719 / 0,85 = 4,375 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_{nx}}{b \cdot dx^2} = \frac{4,375 \cdot 10^6}{1000 \cdot 76^2} = 0,757$$

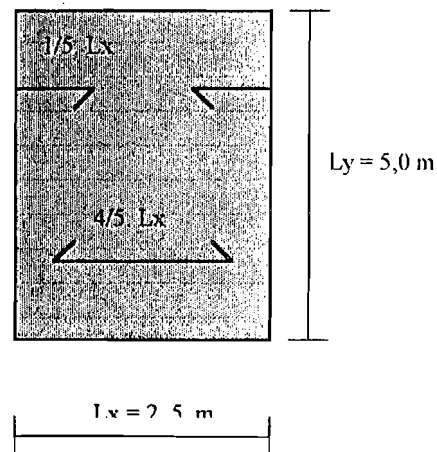
$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18,823 \cdot 0,757 / 400)}}{18,823}$$

$$= 0,00193 < \rho_{\text{min}}$$

$$\rho'_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,00193 = 0,00251 \text{ (dipakai)}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \text{ perlu. } b \cdot d_x \\
 &= 0,00251 \cdot 1000 \cdot 76 \\
 &= 190,57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

7. Perhitungan volume tulangan arah x :



$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan tumpuan} &= (2/5 \cdot L_x \cdot A_s) \cdot L_y \\
 &= (2/5 \cdot 2500 \cdot 190,76) \cdot 5 \\
 &= 952861,4 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan lapangan} &= (4/5 \cdot L_x \cdot A_s) \cdot L_y \\
 &= (4/5 \cdot 2500 \cdot 190,76) \cdot 5 \\
 &= 1905723 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

8. Perhitungan penulangan arah y :

$$M_{ny} = M_{ly} / \emptyset = 2,1 / 0,85 = 2,47 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_{ny}}{b \cdot d_y^2} = \frac{2,47 \cdot 10^6}{1000 \cdot 68^2} = 0,534$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18,823 \cdot 0,524 / 400)}}{18,823}$$

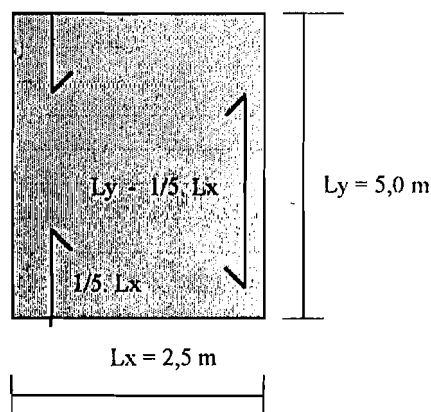
$$= 0,00135 < \rho_{\text{mak}}$$

$$\rho'_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,00135 = 0,00176 \text{ (dipakai)}$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d_y$$

$$= 0,00176 \cdot 1000 \cdot 68 = 119,58 \text{ mm}^2$$

9. Perhitungan volume tulangan arah y :



$$\begin{aligned} \text{Tulangan tumpuan} &= (2/5 \cdot L_x \cdot A_s) \cdot L_x \\ &= (2/5 \cdot 2500 \cdot 119,68) \cdot 2,5 \\ &= 298943,2 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

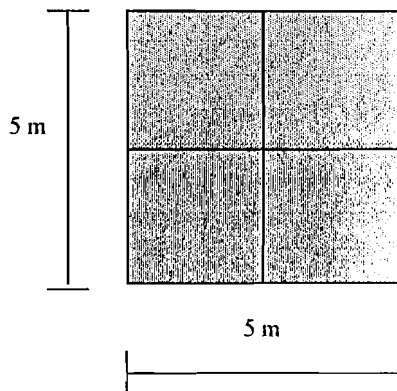
$$\begin{aligned} \text{Tulangan lapangan} &= ((L_y - 1/5 \cdot L_x) \cdot A_s) \cdot L_x \\ &= ((5000 - 1/5 \cdot 2500) \cdot 119,68) \cdot 2,5 \\ &= 1345245 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

10. Perhitungan volume tulangan total dalam type pelat :

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= (952861,38 + 1905722,8 + 298943,25 + 1345244,6) \cdot 2 \\ &= 9005544,001 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$



### 6.3. Perhitungan manual volume tulangan pada balok grid :



#### 1. Spesifikasi bahan :

- a. Kuat desak beton ( $f'c$ ) = 25 Mpa
- b. Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa

#### 2. Pembebanan pada pelat :

##### a. Beban mati

- pelat =  $0,12 \cdot 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
- pasir =  $0,05 \cdot 1600 = 80$
- spesi =  $0,02 \cdot 2100 = 42$
- tegel =  $0,03 \cdot 2400 = \underline{72}$

$$q_{dl} = 482 \times 1 \text{ kg/m}$$

$$= 4,728 \text{ kN/m}$$

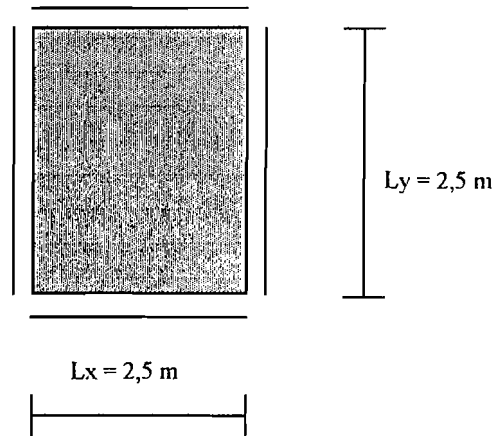
##### b. Beban hidup

$$q_{ll} = 250 \times 1 \text{ kg/m}$$

$$= 2,453 \text{ kN/m}$$

$$q_u = 1,2 \cdot 4,728 + 1,6 \cdot 2,4 = 9,598 \text{ kN/m}$$

## 3. Distribusi momen pelat :



$$L_y / L_x = 2,5 / 2,5 = 1$$

Dari tabel PBI diperoleh momen :

$$M_{lx} = 0,001 \cdot 36 \cdot q_u \cdot L_x^2 = 2,1596 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot 36 \cdot q_u \cdot L_x^2 = 2,1596 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot 36 \cdot q_u \cdot L_x^2 = 2,1596 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot 36 \cdot q_u \cdot L_x^2 = 2,1596 \text{ kNm}$$

## 4. Tentukan tinggi efektif pelat ( d ) :

$$\text{Tebal pelat ( h )} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Penutup beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ tul. arah x dan arah y} = 8 \text{ mm}$$

$$d_x = 120 - 40 - 1/2 \cdot 8 = 76 \text{ mm}$$

$$d_y = 120 - 40 - 8 - 1/2 \cdot 8 = 68 \text{ mm}$$

## 5. Perhitungan rasio penulangan dan m :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0,6 \cdot \rho_b = 0,0162$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 0,85} = 18,823$$

6. Perhitungan penulangan arah x :

$$M_{nx} = M_lx / \emptyset = 2,1596 / 0,85 = 2,541 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_{nx}}{b \cdot dx^2} = \frac{2,541 \cdot 10^6}{1000 \cdot 76^2} = 0,4339$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18,823 \cdot 0,4339 / 400)}}{18,823}$$

$$= 0,00111 < \rho_{\text{mak}}$$

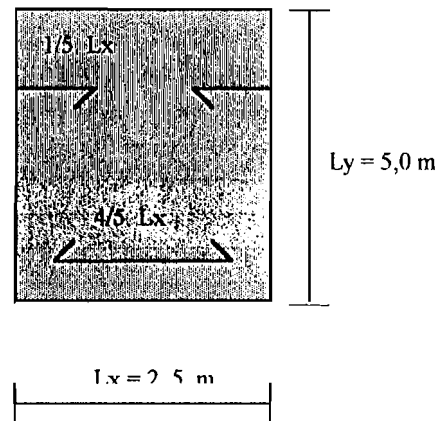
$$\rho'_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,00111 = 0,001444 \text{ (dipakai)}$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot dx$$

$$= 0,001444 \cdot 1000 \cdot 76$$

$$= 109,79 \text{ mm}^2$$

## 7. Perhitungan volume tulangan arah x :



$$\begin{aligned} \text{Tulangan tumpuan} &= (2/5 \cdot L_x \cdot A_s) \cdot L_y \\ &= (2/5 \cdot 2500 \cdot 109,668) \cdot 2,5 \\ &= 274486 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tulangan lapangan} &= (4/5 \cdot L_x \cdot A_s) \cdot L_y \\ &= (4/5 \cdot 2500 \cdot 109,668) \cdot 2,5 \\ &= 548972 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

## 8. Perhitungan penulangan arah y :

$$M_{ny} = M_{ly} / \emptyset = 2,1596 / 0,85 = 2,541 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_{ny}}{b \cdot d_y^2} = \frac{2,541 \cdot 10^6}{1000 \cdot 68^2} = 0,549$$

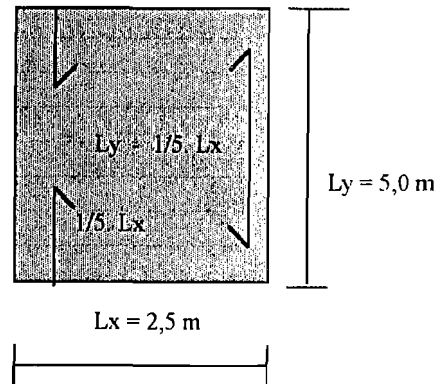
$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18,823 \cdot 0,549 / 400)}}{18,823}$$

$$= 0,00139 < \rho_{\text{mak}}$$

$$\rho'_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,00139 = 0,00181 \text{ (dipakai)}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \text{ perlu. } b. d_y \\
 &= 0,00181. 1000. 68 \\
 &= 123,04 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

9. Perhitungan volume tulangan arah y :



$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan tumpuan} &= (2/5. L_x. A_s). L_x \\
 &= (2/5. 2500. 123,04). 2,5 \\
 &= 307599,3 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan lapangan} &= ((L_y - 1/5. L_x). A_s). L_x \\
 &= ((2500 - 1/5. 2500). 123,08). 2,5 \\
 &= 615198,7 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

10. Perhitungan volume tulangan total dalam type pelat :

$$\begin{aligned}
 V \text{ total} &= (274486,02 + 548972,05 + 307599,33 + 615198,67). 4 \\
 &= 6985024,29 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Tabel Perhitungan Penulangan Pelat dengan Struktur Balok Konvensional

TY PE	Tul.	qu	lx (m)	ly (m)	Koef	Moment (kN.m)	Mn (kN.m)	Dt	Dp (mm)	pb	pmin	m	Rn	pperlu	p' perlu	As (mm <sup>2</sup> )	jarak (mm <sup>2</sup> )	Juml. Tul / m	Vol. Tul (mm <sup>3</sup> )	Vol. Blok (mm <sup>3</sup> )	Vol. Type (mm <sup>3</sup> )
5	Mtx	9,598	2,5	5	62	3,7192	4,3756	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,75754	0,0019	0,0026	146,6	343	6,822	732970,3	3463671	6927342
5	Mlx	9,598	2,5	5	62	3,7192	4,3756	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,75754	0,0019	0,0026	146,6	343	6,822	1465941		
5	Mty	9,598	2,5	5	35	2,0996	2,4701	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,53419	0,0014	0,0018	91,98	546	10,87	229956,3		
5	Mly	9,598	2,5	5	35	2,0996	2,4701	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,53419	0,0014	0,0018	91,98	546	10,87	1034804		
6	Mtx	9,598	3	6	62	5,3557	6,3008	8	76	0,027	0,0035	18,82	1,09086	0,0028	0,0037	212,9	236	4,698	1532700	7235958	14471916
6	Mlx	9,598	3	6	62	5,3557	6,3008	8	76	0,027	0,0035	18,82	1,09086	0,0028	0,0037	212,9	236	4,698	3065400		
6	Mty	9,598	3	6	35	3,0234	3,5569	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,76923	0,002	0,0026	133,2	377	7,506	479610,5		
6	Mly	9,598	3	6	35	3,0234	3,5569	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,76923	0,002	0,0026	133,2	377	7,506	2158247		
7	Mtx	9,598	3,5	7	62	7,2897	8,5761	8	76	0,027	0,0035	18,82	1,48478	0,0039	0,0051	292,7	172	3,416	2868648	13527167	27054333
7	Mlx	9,598	3,5	7	62	7,2897	8,5761	8	76	0,027	0,0035	18,82	1,48478	0,0039	0,0051	292,7	172	3,416	5737296		
7	Mty	9,598	3,5	7	35	4,1151	4,8413	8	68	0,027	0,0035	18,82	1,047	0,0027	0,0036	182,6	275	5,476	894767,8		
7	Mly	9,598	3,5	7	35	4,1151	4,8413	8	68	0,027	0,0035	18,82	1,047	0,0027	0,0036	182,6	275	5,476	4026455		
8	Mtx	9,598	2,7	8	63	4,3	5,0588	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,87584	0,0022	0,003	170	296	5,883	1450578	5444216	16332648
8	Mlx	9,598	2,7	8	63	4,3	5,0588	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,87584	0,0022	0,003	170	296	5,883	2901155		
8	Mty	9,598	2,7	8	38	2,5937	3,0514	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,6599	0,0017	0,0022	114	441	8,773	324219,4		
8	Mly	9,598	2,7	8	13	0,8873	1,0439	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,22575	0,0006	0,0008	38,58	1302	25,92	768264,2		

TY PE	Tul	qu	lx (m)	ly (m)	Koef	Moment (kN m)	Mn (kN m)	Dt	Dp (mm)	pb	pmin	m	Rn	pperlu	p' perlu	As (mm <sup>2</sup> )	jarak (mm <sup>2</sup> )	Juml. Tul / m	Vol. Tul (mm <sup>3</sup> )	Vol. Blok (mm <sup>3</sup> )	Vol. Type (mm <sup>3</sup> )
9	Mtx	9,598	3	9	63	5,4421	6,4024	8	76	0,027	0,0035	18,82	1,10845	0,0028	0,0038	216,4	232	4,621	2337181	8765456	26296367
9	Mlx	9,598	3	9	63	5,4421	6,4024	8	76	0,027	0,0035	18,82	1,10845	0,0028	0,0038	216,4	232	4,621	4674362		
9	Mty	9,598	3	9	38	3,2825	3,8618	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,83516	0,0021	0,0028	144,9	347	6,902	521577,3		
9	Mly	9,598	3	9	13	1,123	1,3211	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,28571	0,0007	0,001	48,9	1028	20,45	1232335		
10	Mtx	9,598	3,3	10	63	6,7173	7,9027	8	76	0,027	0,0035	18,82	1,36819	0,0035	0,0047	268,9	187	3,719	3585117	13434679	40304037
10	Mlx	9,598	3,3	10	63	6,7173	7,9027	8	76	0,027	0,0035	18,82	1,36819	0,0035	0,0047	268,9	187	3,719	7170234		
10	Mty	9,598	3,3	10	38	4,0517	4,7667	8	68	0,027	0,0035	18,82	1,03086	0,0026	0,0035	179,7	280	5,564	798577		
10	Mly	9,598	3,3	10	13	1,3861	1,6307	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,35266	0,0009	0,0012	60,46	831	16,54	1880752		

Tabel Perhitungan Penulangan Pelat pada Struktur Balok Grid

TY PE	Tul.	qu	lx (m)	ly (m)	Koef	Moment (kN m)	Mn (kN m)	Dt	Dp (mm)	pb	pmin	m	Rn	pperlu	p' perlu	As (mm <sup>2</sup> )	jarak (mm <sup>2</sup> )	Juml. Tul / m	Vol. Tul (mm <sup>3</sup> )	Vol. Blok (mm <sup>3</sup> )	Vol. Type (mm <sup>3</sup> )
5	Mtx	9,598	2,5	2,5	36	2,1596	2,5406	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,43986	0,0011	0,0015	84,46	595	11,84	211143,1	1343274	5373096
5	Mlx	9,598	2,5	2,5	36	2,1596	2,5406	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,43986	0,0011	0,0015	84,46	595	11,84	422286,2		
5	Mty	9,598	2,5	2,5	36	2,1596	2,5406	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,54945	0,0014	0,0019	94,65	531	10,57	236614,9		
5	Mly	9,598	2,5	2,5	36	2,1596	2,5406	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,54945	0,0014	0,0019	94,65	531	10,57	473229,7		
6	Mtx	9,598	3	3	36	3,1098	3,6585	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,6334	0,0016	0,0021	122,2	411	8,184	439903,9	2800463	11201852
6	Mlx	9,598	3	3	36	3,1098	3,6585	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,6334	0,0016	0,0021	122,2	411	8,184	879807,7		
6	Mty	9,598	3	3	36	3,1098	3,6585	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,7912	0,002	0,0027	137,1	366	7,294	493583,8		
6	Mly	9,598	3	3	36	3,1098	3,6585	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,7912	0,002	0,0027	137,1	366	7,294	987167,5		
7	Mtx	9,598	3,5	3,5	36	4,2327	4,9797	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,86213	0,0022	0,0029	167,3	300	5,978	819621,5	5221965	20887861
7	Mlx	9,598	3,5	3,5	36	4,2327	4,9797	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,86213	0,0022	0,0029	167,3	300	5,978	1639243		
7	Mty	9,598	3,5	3,5	36	4,2327	4,9797	8	68	0,027	0,0035	18,82	1,07692	0,0028	0,0037	188	267	5,32	921033,6		
7	Mly	9,598	3,5	3,5	36	4,2327	4,9797	8	68	0,027	0,0035	18,82	1,07692	0,0028	0,0037	188	267	5,32	1842067		
8	Mtx	9,598	2,7	2,7	36	2,4571	2,8908	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,50048	0,0013	0,0017	96,24	522	10,39	273750,1	1741927	15677344
8	Mlx	9,598	2,7	2,7	36	2,4571	2,8908	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,50048	0,0013	0,0017	96,24	522	10,39	547500,1		
8	Mty	9,598	2,7	2,7	36	2,4571	2,8908	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,62517	0,0016	0,0021	107,9	466	9,269	306892,3		
8	Mly	9,598	2,7	2,7	36	2,4571	2,8908	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,62517	0,0016	0,0021	107,9	466	9,269	613784,6		



TY PE	Tul.	qu	lx (m)	ly (m)	Koef	Moment (kN m)	Mn (kN m)	Dt	Dp (mm)	pb	pmin	m	Rn	pperlu	p' perlu	As (mm <sup>2</sup> )	jarak (mm <sup>2</sup> )	Juml. Tul / m	Vol. Tul (mm <sup>3</sup> )	Vol. Blok (mm <sup>3</sup> )	Vol. Type (mm <sup>3</sup> )
9	Mtx	9,598	3	3	36	3,1098	3,6585	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,6334	0,0016	0,0021	122,2	411	8,184	439903,9	2800463	25204166
9	Mlx	9,598	3	3	36	3,1098	3,6585	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,6334	0,0016	0,0021	122,2	411	8,184	879807,7		
9	Mty	9,598	3	3	36	3,1098	3,6585	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,7912	0,002	0,0027	137,1	366	7,294	493583,8		
9	Mly	9,598	3	3	36	3,1098	3,6585	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,7912	0,002	0,0027	137,1	366	7,294	987167,5		
10	Mtx	9,598	3,3	3,3	36	3,8384	4,5158	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,78182	0,002	0,0026	151,4	332	6,606	672683,6	4284573	38561154
10	Mlx	9,598	3,3	3,3	36	3,8384	4,5158	8	76	0,027	0,0035	18,82	0,78182	0,002	0,0026	151,4	332	6,606	1345367		
10	Mty	9,598	3,3	3,3	36	3,8384	4,5158	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,9766	0,0025	0,0033	170	296	5,882	755507,2		
10	Mly	9,598	3,3	3,3	36	3,8384	4,5158	8	68	0,027	0,0035	18,82	0,9766	0,0025	0,0033	170	296	5,882	1511014		

## **BAB VII**

### **PEMBAHASAN**

#### **7.1. Hasil Perhitungan**

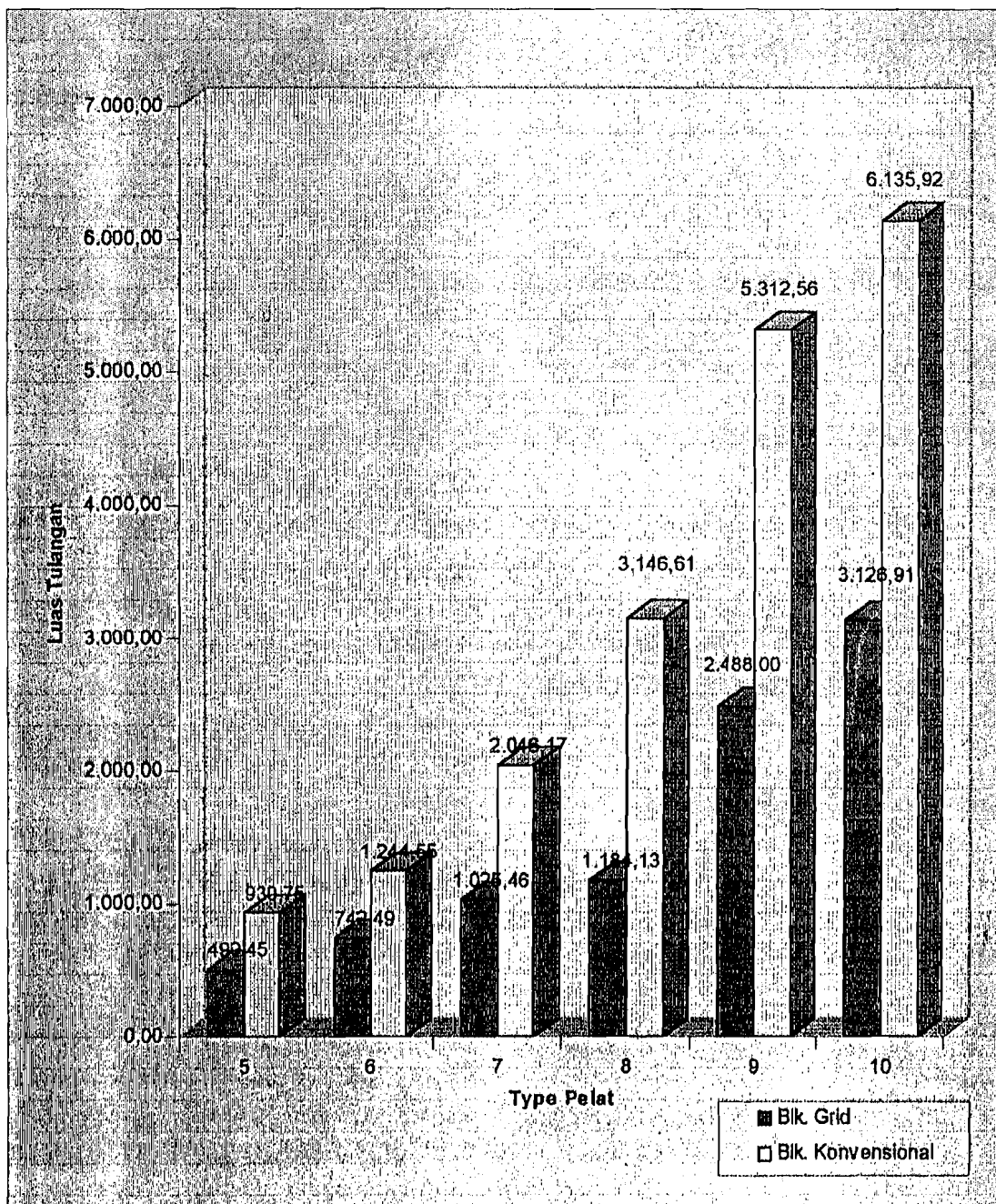
Analisa perhitungan penulangan dan lendutan pada perbandingan antara balok konvensional dan balok grid mempunyai variabel pembanding yang sama yaitu : tebal pelat, mutu beton, mutu baja, dan dimensi balok.

1. Dimensi balok sama pada masing-masing type pelat. Sebagai contoh dimensi balok anak pada type pelat 5 m x 5 m adalah 150 / 350 sama dengan dimensi balok grid pada type pelat yang sama, demikian juga untuk dimensi balok induk konvensional juga sama dengan dimensi balok induk pada struktur dengan menggunakan balok grid.
2. Kuat desak beton yang digunakan 25 Mpa pada setiap perencanaan baik penulangan pokok, penulangan geser lentur dan torsi maupun untuk lendutan.
3. Tegangan leleh baja yang digunakan pada perencanaan penulangan pokok 400 Mpa dan 240 untuk perencanaan penulangan geser baik geser lentur maupun geser torsi.

Sedangkan ketentuan yang lain dapat dilihat pada batasan masalah. Sehingga dengan perlakuan yang sama pada balok konvensional maupun balok grid tersebut diharapkan hasil komparasi akan lebih obyektif.

Tabel 7.1. Komparasi Luas Total Tulangan Lapangan Balok Anak dan Balok Grid

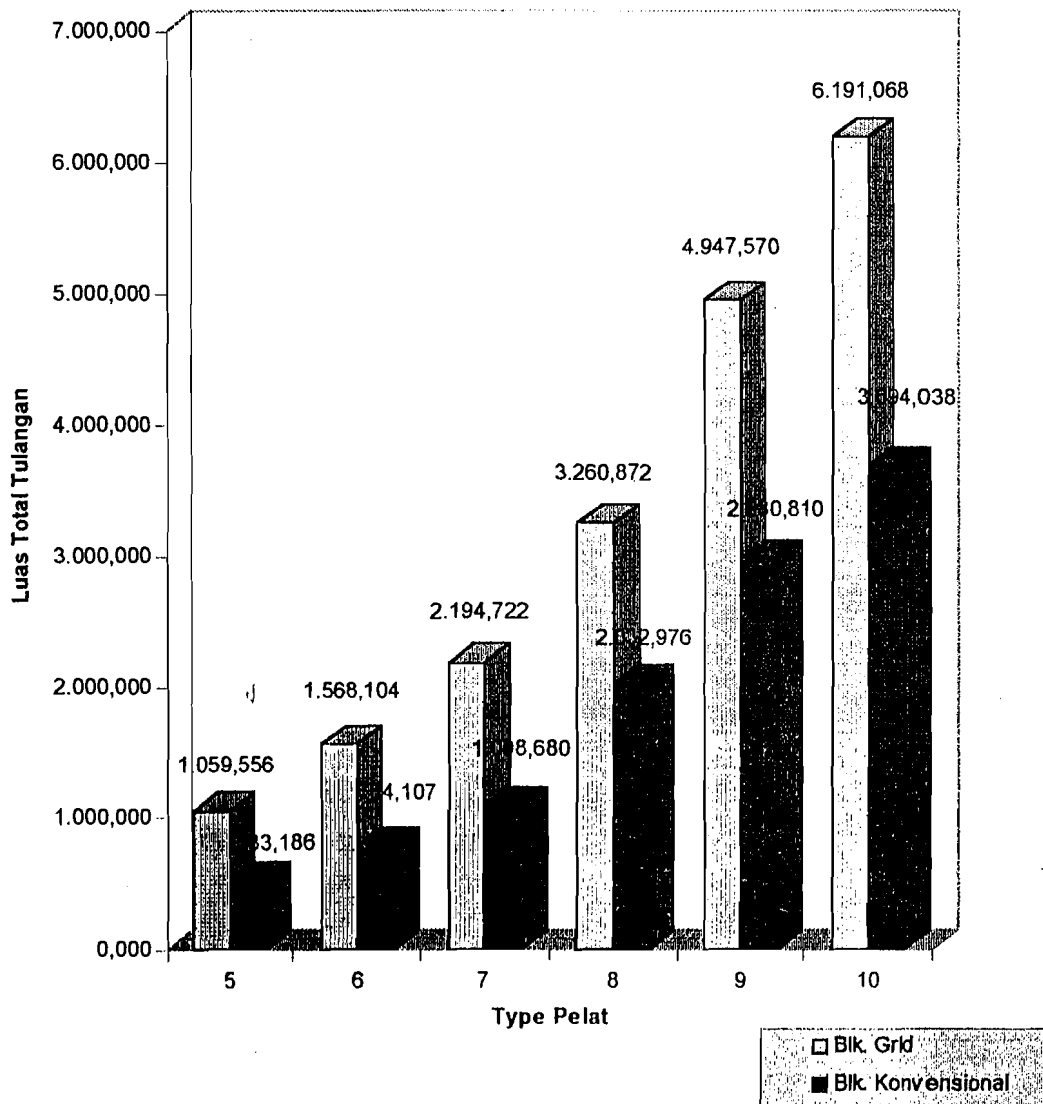
Type	5	6	7	8	9	10
Grid	499.448	742.486	1025.456	1184.126	2487.996	3126.912
Konvensional	930.750	1244.546	2046.165	3146.606	5312.560	6135.918



Grafik 7.1. Komparasi Luas Total Tulangan Lapangan Balok Anak dan Balok Grid

Tabel 7.2. Komparasi Luas Total TulanganTumpuan Balok Anak dan Balok Grid

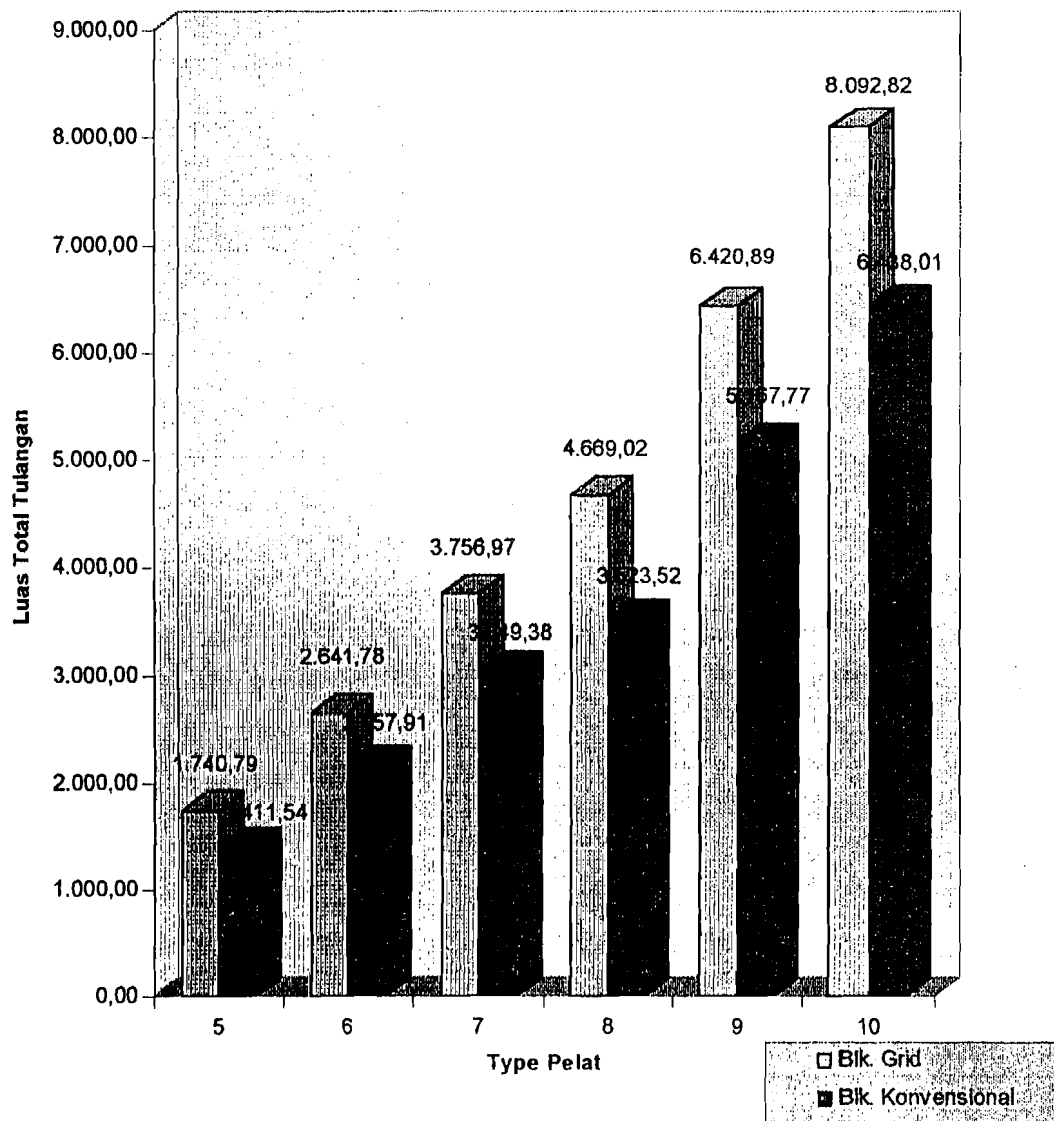
Type	5	6	7	8	9	10
<b>Grid</b>	1059.556	1568.104	2194.722	3260.872	4947.570	6191.068
<b>Konvensional</b>	533.186	784.107	1098.68	2032.976	2980.810	3694.038



Grafik 7.2. Komparasi Luas Total TulanganTumpuan Balok Anak dan Balok Grid

Tabel 7.3. Komparasi Luas Total Tulangan Tumpuan Balok Induk

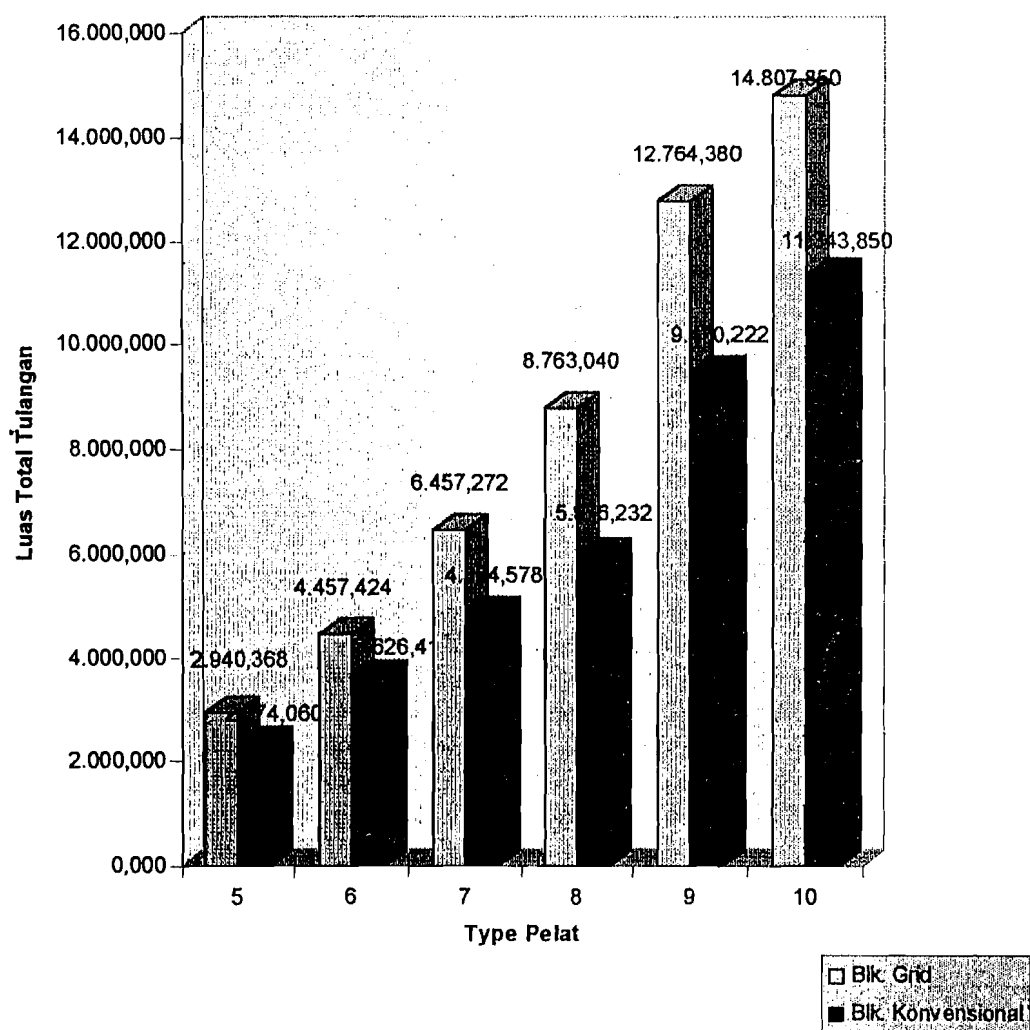
Type	5	6	7	8	9	10
Grid	1740.788	2641.776	3756.972	4669.022	6420.894	8092.822
Konvensional	1411.540	2157.912	3049.380	3523.520	5167,768	6438.014



Grafik 7.3. Komparasi Luas Total Tulangan Tumpuan Balok Induk

Tabel 7.4. Komparasi Luas Total Tulangan Lapangan Balok Induk

Type	5	6	7	8	9	10
<b>Grid</b>	2940.368	4457.424	6457.272	8763.040	12764.380	14807.850
<b>Konvensional</b>	2374.060	3626.414	4884.578	5976.232	9470.222	11343.850



Grafik 7.4. Komparasi Luas Total Tulangan Lapangan Balok Induk

Tabel 7.5. Komparasi Luas Total Tulangan Geser Murni

Type	5	6	7	8	9	10
<b>Grid</b>	10001.50	8031.320	5992.392	9965.52	9761.046	9825.855
<b>Konvensional</b>	8140.741	7409.437	6544.231	9168.235	12431.440	11409.890

Tabel 7.6. Komparasi Luas Total Tulangan Memanjang Torsi pada Balok Induk

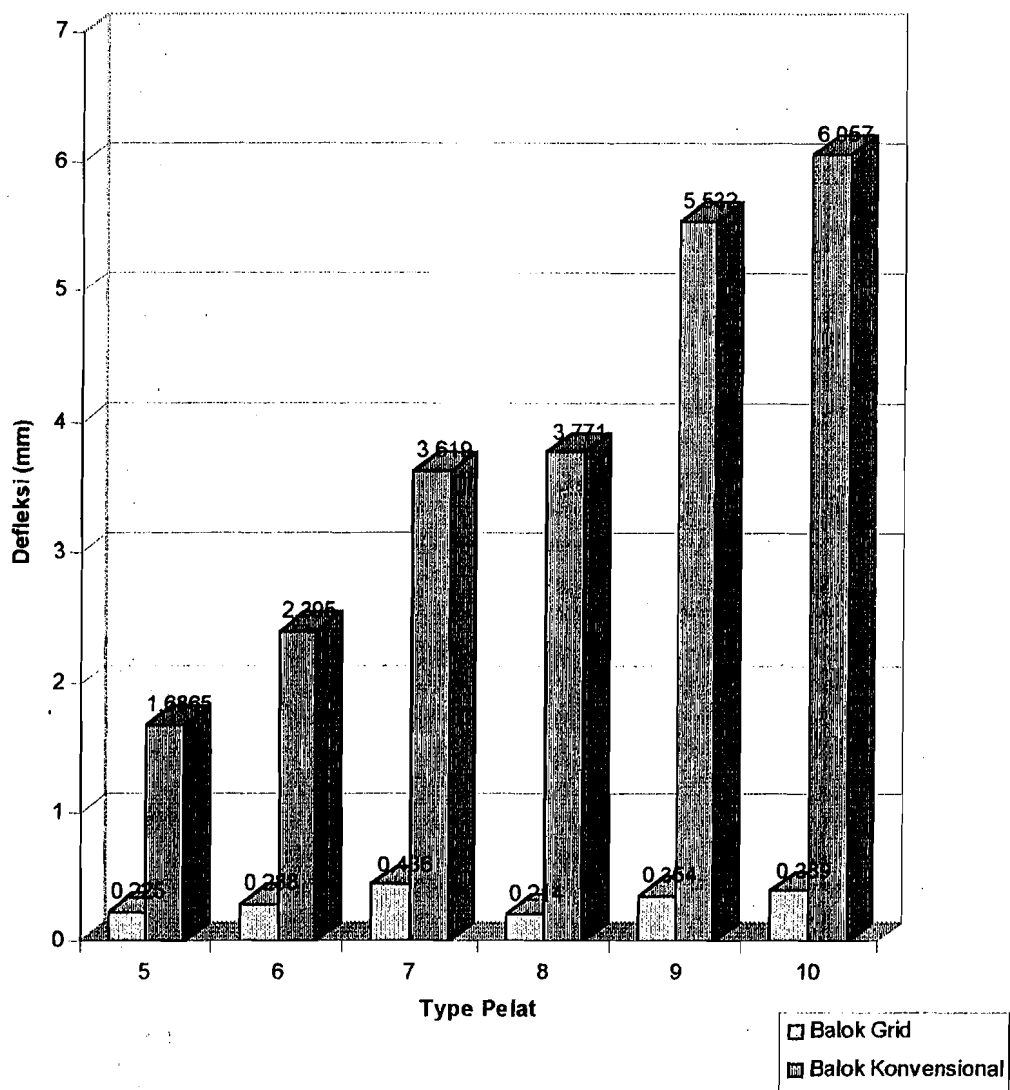
Type	5	6	7	8	9	10
<b>Grid</b>	3073.728	2374.200	3446.572	2625.0	2456.278	2354.172
<b>Konvensional</b>	2077.299	1558.719	228.348	3138.206	2827.200	2531.943

Tabel 7.7. Komparasi Luas Total Tulangan Senggang Torsi pada Balok Induk

Type	5	6	7	8	9	10
<b>Grid</b>	27078.32	24073.04	36424.77	37924.95	44725.84	48966.43
<b>Konvensional</b>	17522.32	14635.88	21884.76	33303.27	36111.62	31344.89

Tabel 7.8. Komparasi Lendutan seketika Balok Konvensional dan Balok Grid

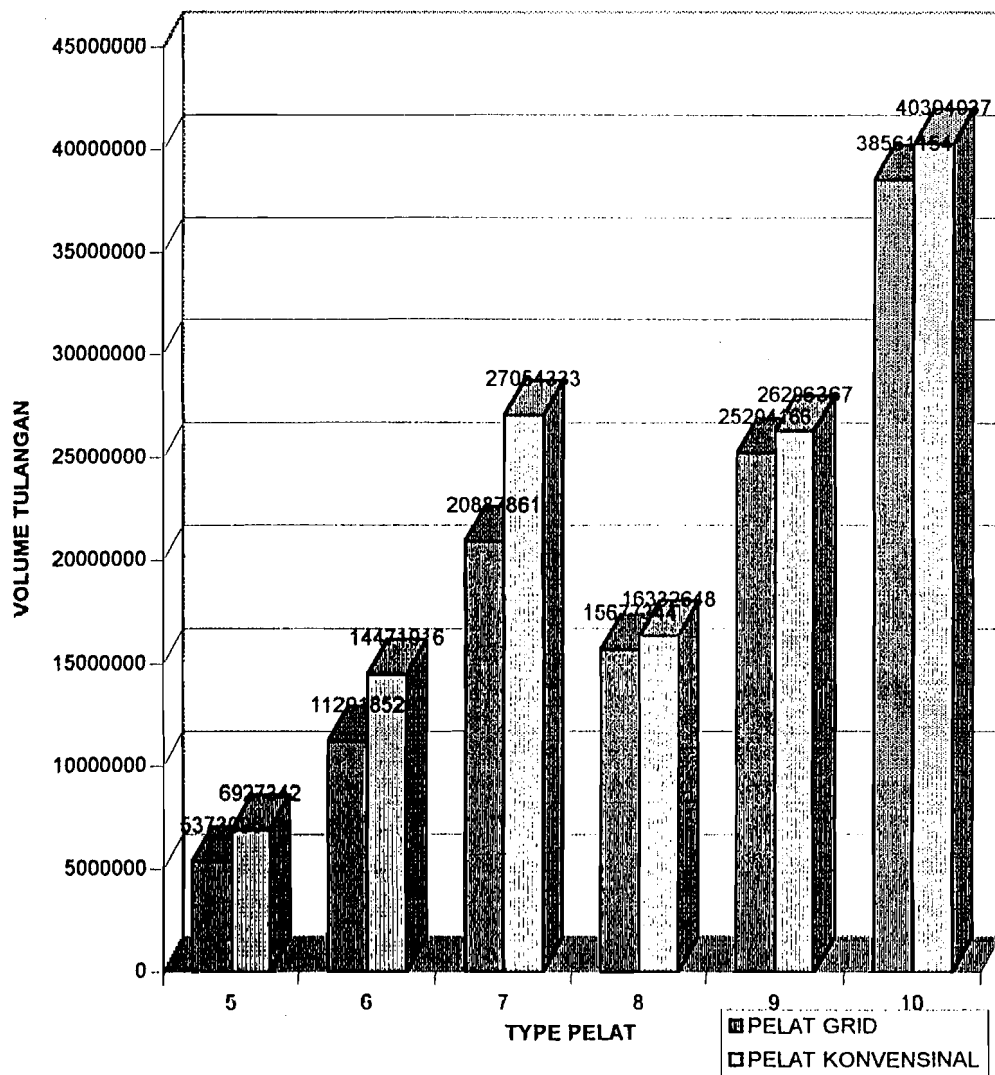
Type	5	6	7	8	9	10
Grid	0.225	0.288	0.436	0.214	0.354	0.389
Konvensional	1.865	2.395	3.619	3.771	5.532	6.057





Tabel 7.9. Komparasi Volume Tulangan Pada Struktur Pelat

TYPE	5	6	7	8	9	10
GRID	5373096	11201852	20887861	15677344	25204166	38561154
KON	6927342	14471916	27054333	16332648	26296367	40304037



Grafik 7.5. Komparasi Volume Tulangan Pada Struktur Pelat

## 7.2. Pembahasan

### 7.2.1. Balok

Dari hasil perhitungan perencanaan balok konvensional dan balok grid pada bab 4 dan bab 5, dapat dibandingkan perilaku kedua balok tersebut. Dalam pembahasan ini komparasi yang ditinjau :

1. Volume beton
2. Kebutuhan luas tulangan
3. Defleksi

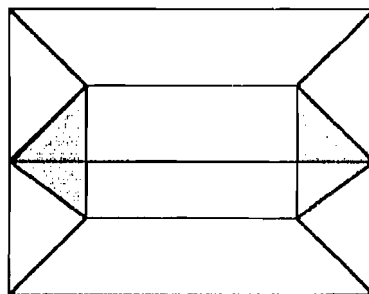
#### 1. Volume beton

Volume beton yang dibutuhkan pada type pelat dan dimensi yang sama dengan menggunakan balok grid akan lebih besar dibandingkan dengan menggunakan balok konvensional. Hal ini disebabkan karena jumlah balok grid lebih banyak dibandingkan dengan balok konvensional.

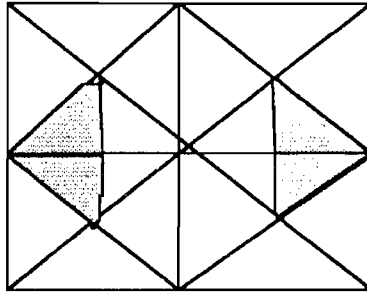
#### 2. Kebutuhan luas tulangan

##### A. Balok Grid dan Balok Anak ( balok konvensional )

1. Pada dasarnya luas tulangan tumpuan untuk satu balok sebanding antara balok anak ( pada balok konvensional ) dengan balok grid, hal ini disebabkan karena pembebanan pada daerah tumpuan antara balok grid dan balok anak sama ,dapat dilihat pada gambar 7.1 dan gambar 7.2. sedangkan untuk luas tulangan dapat pada tabel 4.1 dan tabel 5.1.



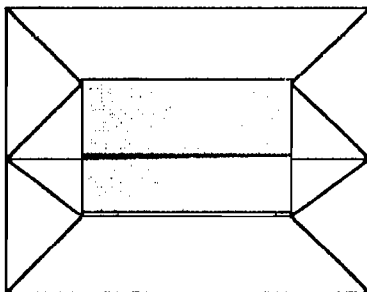
Gambar 7.1 . Pembebanan tumpuan pada balok konvensional



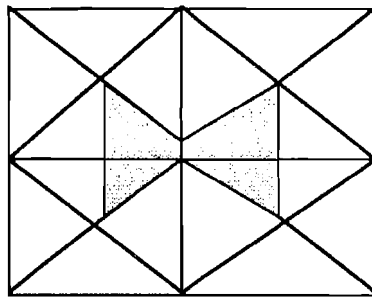
Gambar 7.2. Pembebanan pada balok Grid

Untuk kebutuhan luas tulangan secara total pada type pelat yang sama dari hasil hitungan menunjukkan luas tulangan tumpuan total balok grid lebih besar dibanding dengan balok anak ( balok konvensional ) dengan kenaikan rata - rata 29 %. Sebagai ilustrasi dapat dilihat pada tabel 7.2. Hal ini disebabkan karena pada struktur pelat yang menggunakan balok grid jumlah baloknya lebih banyak dibanding dengan balok anak, sehingga luas tulangan totalnya akan menjadi lebih banyak.

2. Luas tulangan lapangan untuk satu balok dari hasil hitungan menunjukkan luas tulangan lapangan pada balok anak lebih besar dibanding dengan balok grid, hal ini disebabkan karena pembebanan pada daerah lapangan yaitu untuk balok anak lebih besar dari pembebanan untuk balok grid, dimana balok grid ditahan dalam dua arah yang saling mendukung. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 7.3. dan gambar 7.4



Gambar 7.3. Pembebanan Tulangan lapangan pada balok anak



Gambar 7.4. Pembebanan Tulangan Lapangan pada balok Grid.

Untuk kebutuhan luas tulangan lapangan secara total dalam satu type pelat dilihat dari pembebanan adalah sama. Tetapi dari hasil hitungan menunjukkan luas tulangan lapangan total balok anak lebih besar dibandingkan balok grid, dengan kenaikan rata rata 34 %, sebagai ilustrasi dapat dilihat dari tabel 7.1. dan grafik 7.1. Hal ini disebabkan pada perencanaan pelat dengan menggunakan balok grid penulangannya berupa tulangan sebelah sedangkan balok anak penulangannya berupa tulangan rangkap. Dimana penentuan luas total untuk tulangan sebelah adalah berbeda bila dibandingkan dengan penentuan luas tulangan rangkap.

#### B. Balok Induk ( balok grid ) dan Balok induk ( balok Konvensional )

1. Luas tulangan total balok induk ( balok grid ) lebih besar dibandingkan dengan luas tulangan tumpuan dan lapangan balok konvensional. Hal ini disebabkan karena pada keempat balok induknya menerima beban akibat balok grid , sehingga pembebanannya akan menjadi lebih banyak pula.
2. Luas Tulangan torsi yang terjadi pada balok induk setiap struktur pada dasarnya jika dilihat dari satu balok yang mengalami torsi adalah sama, tetapi pada type pelat grid jika dijumlahkan keempat baloknya mengalami torsi yang sama sedang pada balok konvensional hanya dua saja yang mengalami torsi sama, sedang yang lainnya juga mengalami torsi tetapi besarnya lebih kecil.

### 3. Defleksi

Defleksi untuk balok grid lebih kecil dari balok konvensional, hal ini dikarenakan pelat lantai akan menjadi kaku karena ditahan oleh dua balok yang bersilangan.

#### 7.2.2. Pelat

##### Kebutuhan Volume Tulangan Pelat

Dalam analisa didapatkan bahwa volume tulangan pelat pada struktur balok konvensional lebih banyak bila dibandingkan dengan volume tulangan pada struktur balok grid. Hal ini dikarenakan luasan pelat pada struktur grid lebih kecil sehingga akan mempengaruhi besarnya moment.

## **BAB VIII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **8.1. Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil analisa perencanaan penulangan pada balok konvensional dan balok grid, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Defleksi pada struktur balok grid yang berhubungan secara kaku akan lebih kecil dibandingkan dengan balok konvensional .
2. Struktur balok grid merupakan suatu kesatuan yang mampu mendistribusikan beban dengan merata pada kedua arah bentangnya.
3. Dari hasil analisa pembahasan dapat disimpulkan bahwa penggunaan balok pada luasan pelat yang sama dengan dimensi yang sama antara balok grid dan balok konvensional , dilihat dalam faktor volume betonnya dan kebutuhan tulangan lebih ekonomis balok konvensional.
4. Dilihat dari segi volume penulangan pada pelat terlihat bahwa struktur pelat yang menggunakan balok grid lebih sedikit dibanding dengan struktur pelat dengan menggunakan balok konvensional dengan ketebalan pelat yang sama.

## 9.2. Saran

Dengan mempertimbangkan hal - hal tersebut diatas, maka dapat diberikan saran - saran sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan balok grid, dimensi balok dan tebal pelat yang digunakan bisa dibuat lebih kecil , dibanding dengan struktur balok konvensional.
2. Pada perencanaan pelat hendaknya digunakan baja tulangan polos (BJTP) dengan tegangan leleh lebih kecil dari 400 Mpa.
3. Dalam perkembangan konstruksi bangunan yang semakin maju selalu dituntut untuk menghasilkan suatu konstruksi yang efisien baik dari segi kegunaan, keamanan, keindahan dan biaya. Sehingga perlu pendalaman yang cukup untuk memilih bentuk konstruksi yang ideal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Abdul Kadir , 1990 **PEMOGRAMAN TURBO BASIC**, Andi Offset, Yogyakarta.
2. Benny Puspantoro, Msc, Ir, 1993, **TEORI & ANALISIS BALOK GRID**, Andi Offset, Yogyakarta.
3. Chu Kia Wang, Charles G. Salmon, 1986, **DESAIN BETON BERTULANG**, Erlangga, Jakarta.
4. Istimawan Dipohusodo, 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
5. Muslikh, Msc, M.Phil, Ir, 1992/1993, **ANALISIS KOMPUTER UNTUK STRUKTUR GRILLAGE DAN PLATE**, Yogyakarta.
6. Nawi, Edward G, 1990, **BETON BERTULANG**, PT. Eresco, Bandung.
7. Susastrawan, MS, 1991, **ANALISIS STRUKTUR DENGAN CARA MATRIKS**, Andi Offset, Yogyakarta.
8. William, Weaver, Jr dan Gere, James M, 1986, **ANALISA MATRIKS UNTUK STRUKTUR RANGKA**, Erlangga, Jakarta.
9. Gere & Tomoshenko, 1987, **MEKANIKA BAHAN**, Erlangga, Jakarta.
10. W.C. Vis dan Gideon Kusuma, 1994, **DASAR DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG**, Erlangga, Jakarta.
11. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1971, **PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971**.





LAMPIRAN

## PEMBEBANAN BALOK KONVENSIONAL

a. Beban mati akibat pelat : ( tebal pelat diambil 12 m )

$$\text{- Pelat lantai} : 0,12 \cdot 2400 = 288 \text{ kg / m}^2$$

$$\text{- Pasir} : 0,05 \cdot 1600 = 80 \text{ kg / m}^2$$

$$\text{- Spesi} : 0,02 \cdot 2100 = 42 \text{ kg / m}^2$$

$$\text{- Tegel} : 0,03 \cdot 2400 = 72 \text{ kg / m}^2$$

$$q_{dl} = 482 \text{ kg / m}^2$$

$$q_{dl} = 482 \text{ kg / m}^2$$

$$= 4,72842 \text{ kN / m}^2$$

$$= 1,2 \cdot 4,72842$$

$$= 5,6741 \text{ kN / m}^2$$

b. Beban hidup :

diambil beban berguna untuk pelat lantai  $250 \text{ kg / m}^2$ .

$$\text{- } q_{ll} = 250 \text{ kg / m}^2$$

$$= 2,4525 \text{ kN / m}^2$$

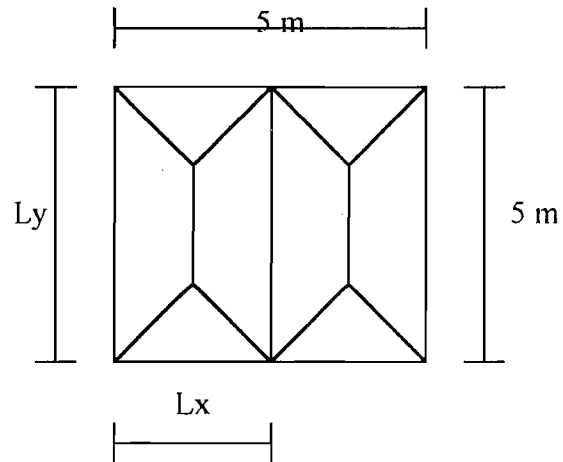
$$= 1,6 \cdot 2,4525 \text{ kN / m}^2$$

$$= 3,924 \text{ kN / m}^2$$

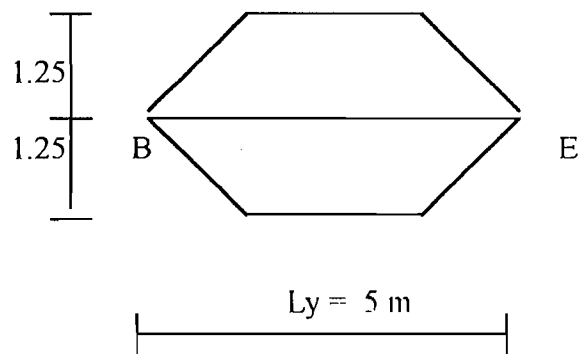
$$q_{dl} + q_{ll} = 5,6741 + 3,924$$

$$= 9,598 \text{ kN/m}$$

1. Pelat lantai  $5 \times 5 \text{ m}^2$



a. Balok B - E



$$M_{mak} = 2 \cdot 0,0208 \cdot q \cdot L_x \cdot (3 \cdot L_y^2 - L_x^2)$$

$$\begin{aligned} M_{dl} &= 2 \cdot 0,0208 \cdot 5,6741 \cdot 2,5 \cdot (3 \cdot 5^2 - 2,5^2) \\ &= 40,5698 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ll} &= 2 \cdot 0,0208 \cdot 3,024 \cdot 2,5 \cdot (3 \cdot 5^2 - 2,5^2) \\ &= 28,0566 \text{ kNm} \end{aligned}$$

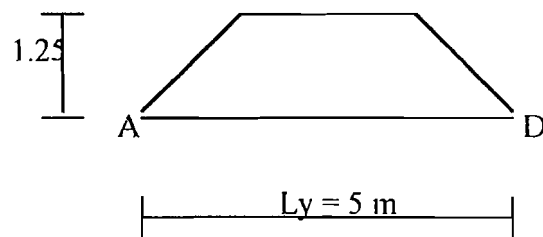
$$\begin{aligned} M_{dl} + M_{ll} &= 40,566 + 28,0566 \\ &= 68,626 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u\text{ dl}} &= 2 \cdot 0,1250 \cdot q \cdot L_x \cdot (2 \cdot L_y - L_x) \\
 &= 2 \cdot 0,1250 \cdot 5,6741 \cdot 2,5 \cdot (2 \cdot 5 - 2,5) \\
 &= 26,597 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u\text{ ll}} &= 2 \cdot 0,1250 \cdot 3,924 \cdot 2,5 \cdot (2 \cdot 5 - 2,5) \\
 &= 18,39375 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u\text{ dl}} + V_{u\text{ ll}} &= 26,597 + 18,39375 \\
 &= 44,991 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Balok A - D / C - F



$$\begin{aligned}
 M_{dl} &= 0,5 \cdot M_{dl} \text{ ( balok B - E )} \\
 &= 20,2849 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ll} &= 0,5 \cdot M_{ll} \text{ ( balok B - E )} \\
 &= 14,0283 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{dl} + M_{ll} &= 20,2849 + 14,0283 \\
 &= 34,3132 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u\text{ dl}} &= 0,5 \cdot V_{u\text{ dl}} \text{ ( balok B - E )} \\
 &= 13,2985 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_{u II} = 0,5 \cdot V_{u II} \text{ (balok B - E)}$$

$$= 9,1969 \text{ kN}$$

$$V_{u dl} + V_{u II} = 13,2985 + 9,1969 = 22,4954 \text{ kN}$$

Momen torsi :

$$M_{ty} = 0,001 \cdot q_{dl+ll} \cdot l x^2 \cdot x$$

$$= 0,001 \cdot 9,598 \cdot 2,5^2 \cdot 35$$

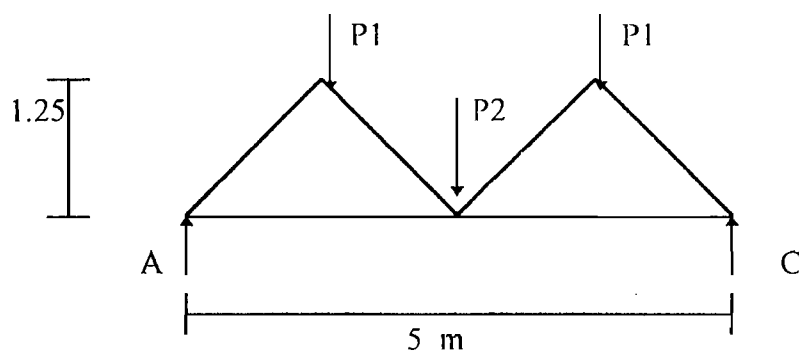
$$= 2,0996 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{torsi}} = 2,0996 / 2$$

j

$$= 1,0498 \text{ kNm}$$

c. Balok A - C / D - F



$$P_1 (dl) = 0,25 \cdot q_{dl} \cdot L x^2$$

$$= 0,25 \cdot 5,6741 \cdot 2,5^2$$

$$= 8,8658 \text{ kN}$$

$$P_2 (dl) = V_{u dl} \text{ (balok B - E)}$$

$$= 26,597 \text{ kN}$$

$$P_1 (l) = 0,25 \cdot q_{ll} \cdot L x^2$$

$$= 0,25 \cdot 3,924 \cdot 2,5^2$$

$$= 6,1312 \text{ kN}$$

$$P_2 (ll) = V_{u ll} \text{ (balok B - E)}$$

$$= 18,39375 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 RA ( dl ) &= 0,5. ( 2. P_1 + P_2 ) \\
 &= 0,5. ( 2. 8,8658 + 26,597 ) \\
 &= 22,1643 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RA ( ll ) &= 0,5. ( 2. 6,1312 + 18,39375 ) \\
 &= 15,3281 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mdl &= 22,1643. 2,5 - 8,8658. 1,25 \\
 &= 44,3285 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mll &= 15,3281. 2,5 - 6,1312. 1,25 \\
 &= 30,6563 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$Mdl + Mll = 44,3285 + 30,6563 = 74,9848 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 Vu dl + Vu ll &= RA ( dl ) + RA ( ll ) \\
 &= 22,1643 + 15,3281 \\
 &= 37,4923 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

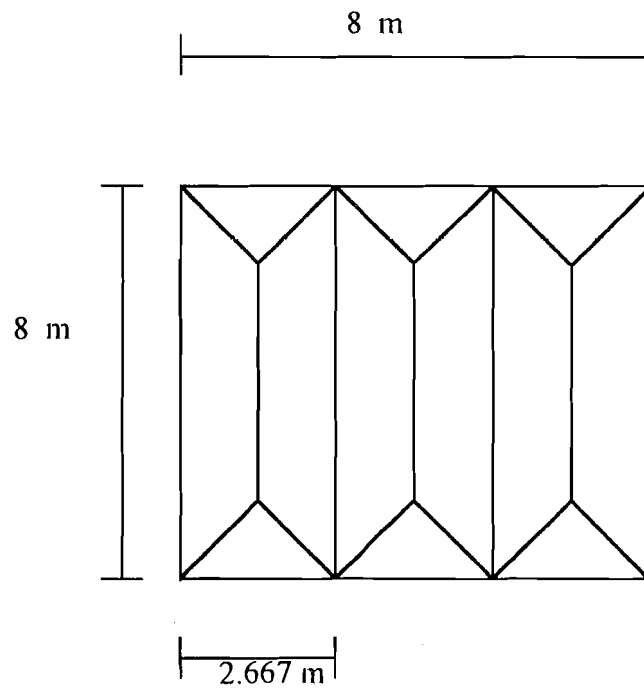
Momen torsi :

$$\begin{aligned}
 Mtx &= 0,001. q dl+ll. lx^2. x \\
 &= 2. 0,001. 9,598. 2,5^2. 62 \\
 &= 7,438 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

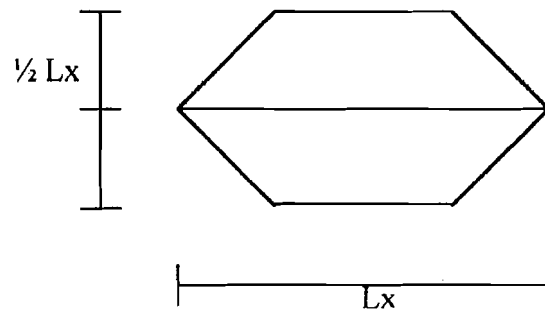
$$M \text{ tump. blk B - E} = 34,313 \text{ kNm ( pada titik B )}$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ torsi} &= (( 34,313 / 5 ) + ( 7,438 )) / 2 \\
 &= 7,1503 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

4. Pelat lantai 8 x 8 mm<sup>2</sup>



a. Balok B - F / C - G



$$M_{mak} = 2.0,0208. q. Lx. (3. Ly^2 - Lx^2)$$

$$M_{dl} = 2.0,0208. 5,6741. 2,667. (3. 8^2 - 2,667^2)$$

$$= 116,3911 \text{ kNm}$$

$$M_{II} = 2.0,0208. 3,024. 2,667. (3. 2,667^2 - 2,667^2)$$

$$= 80,4919 \text{ kNm}$$

$$M_{dl} + M_{ll} = 116,3911 + 80,4919$$

$$= 196,883 \text{ kNm}$$

$$V_{u\ dl} = 2 \cdot 0,1250 \cdot q \cdot L_x \cdot (2 \cdot L_y - L_x)$$

$$= 2 \cdot 0,1250 \cdot 5,6741 \cdot 2,667 \cdot (2 \cdot 8 - 2,667)$$

$$= 50,4415 \text{ kN}$$

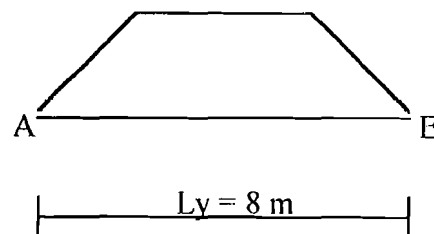
$$V_{u\ ll} = 2 \cdot 0,1250 \cdot 3,924 \cdot 2,667 \cdot (2 \cdot 8 - 2,667)$$

$$= 34,8835 \text{ kN}$$

$$V_{u\ dl} + V_{u\ ll} = 50,4415 + 34,8835$$

$$= 85,325 \text{ kN}$$

b. Balok A - E / D - H



$$M_{dl} = 0,5 \cdot M_{dl} \text{ ( balok B - F )}$$

$$= 58,1955 \text{ kNm}$$

$$M_{ll} = 0,5 \cdot M_{ll} \text{ ( balok B - F )}$$

$$= 40,2459 \text{ kNm}$$

$$M_{dl} + M_{ll} = 58,1955 + 40,2459$$



$$= 98,4414 \text{ kNm}$$

$$V_{u \text{ dl}} = 0,5 \cdot V_{u \text{ dl}} (\text{balok B - F})$$

$$= 25,2208 \text{ kN}$$

$$V_{u \text{ ll}} = 0,5 \cdot V_{u \text{ ll}} (\text{balok B - F})$$

$$= 17,4418 \text{ kN}$$

$$V_{u \text{ dl}} + V_{u \text{ ll}} = 25,2208 + 17,4418 = 42,6626 \text{ kN}$$

Momen torsi :

$$M_{ty} = 0,001 \cdot q_{\text{dl+ll}} \cdot l x^2 \cdot x$$

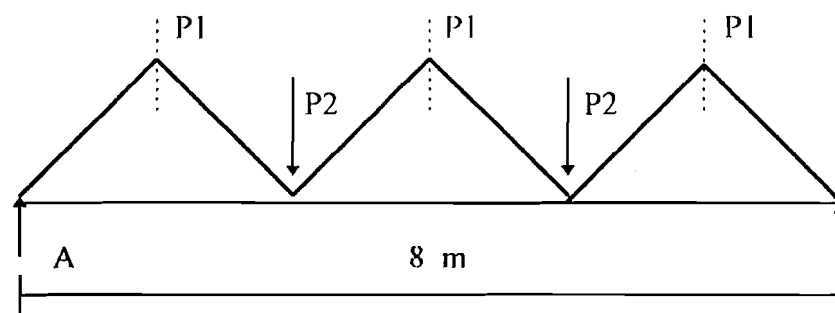
$$= 0,001 \cdot 9,598 \cdot 2,667^2 \cdot 35$$

$$= 2,389 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{torsi}} = 2,389 / 2$$

$$= 1,1945 \text{ kNm}$$

c. Balok A - D / E - H



$$P_1 (\text{dl}) = 0,25 \cdot q_{\text{dl}} \cdot Lx^2 \quad P_2 (\text{dl}) = V_{u \text{ dl}} (\text{balok B - F})$$

$$= 0,25 \cdot 5,6741 \cdot 2,667^2 \quad = 50,4415 \text{ kN}$$

$$= 10,0898 \text{ kN}$$

$$P_1 (\text{ll}) = 0,25 \cdot q_{\text{ll}} \cdot Lx^2 \quad P_2 (\text{ll}) = V_{u \text{ ll}} (\text{balok B - F})$$

$$= 0,25 \cdot 3,924 \cdot 2,667^2 = 34,8835 \text{ kN}$$

$$= 6,9778 \text{ kN}$$

$$RA (dl) = 0,5 \cdot (3 \cdot P_1 + 2 \cdot P_2)$$

$$= 0,5 \cdot (3 \cdot 10,0898 + 2 \cdot 50,4415)$$

$$= 65,5762 \text{ kN}$$

$$RA (II) = 0,5 \cdot (3 \cdot 6,9778 + 2 \cdot 34,8835)$$

$$= 45,3502 \text{ kN}$$

$$M_{dl} = 65,5762 \cdot 4 - 10,0898 \cdot 2,667 - 50,4415 \cdot 1,334$$

$$- 0,5 \cdot 10,0898 \cdot 0,445$$

$$= 165,8644 \text{ kNm}$$

$$M_{II} = 45,3502 \cdot 4 - 6,9778 \cdot 2,667 - 34,8835 \cdot 1,334$$

$$- 0,5 \cdot 6,978 \cdot 0,445$$

$$= 114,7059 \text{ kNm}$$

$$M_{dl} + M_{II} = 165,8644 + 114,7059$$

$$= 280,5703 \text{ kNm}$$

$$V_{u dl} + V_{u II} = RA (dl) + RA (II)$$

$$= 65,5762 + 45,3502$$

$$= 110,9264 \text{ kN}$$

Momen torsi :

$$M_{tx} = 0,001 \cdot q_{dl+II} \cdot l_x^2 \cdot x$$

$$= 3 \cdot 0,001 \cdot 9,598 \cdot 2,667^2 \cdot 62$$

$$= 12,6981 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{tump. blk B - F / C - G}} = 98,4414 \text{ kNm (titik B, C)}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{torsi}} &= (2 \cdot (98,4414 / 8) + (12,6981)) / 2 \\ &= 18,6542 \text{ kNm} \end{aligned}$$

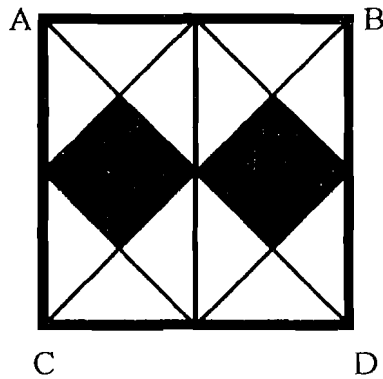
Dengan cara yang sama maka dapat dihitung hasil gaya - gaya yang terjadi sesuai dengan pembebanan dan type pelatnya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

No	Balok	L	Vu dl	Vu ll	Vu total	Mdl	Mll	M total	M torsi
1	B - E	5	26.597	18.3937	44.991	40.5698	28.0566	68.626	-
2	AD;CF	5	13.2985	9.1964	22.4954	20.2849	14.0283	34.3132	1.0498
3	AC; DF	5	22.1643	15.3281	37.4923	44.3285	30.6563	74.9848	7.1503
4	B - E	6	38.3002	26.4870	64.7872	70.1046	48.4818	118.586	-
5	AD;CF	6	19.1511	13.2435	32.395	35.0523	24.2409	59.2932	1.5117
6	AC; DF	6	31.9168	22.2226	54.1394	76.6004	53.4243	130.0247	10.2968
7	B - E	7	52.1308	36.0158	88.1826	111.3236	76.9873	188.3109	-
8	AD;CF	7	26.0654	18.0259	44.0913	55.6618	38.4937	94.1555	2.0578
9	AC; DF	7	43.4423	30.0432	73.4855	121.6385	84.1209	205.7594	14.015
10	BF;CG	8	50.4415	34.8835	85.325	116.3911	80.4919	196.883	-
11	AE;DH	8	25.2208	17.4418	42.6626	58.1955	40.2459	98.4414	1.1945
12	AD;EH	8	65.5762	45.3502	110.9264	165.8544	114.7059	280.5703	18.6542
13	BF;CG	9	63.8336	44.145	107.9786	165.701	114.534	280.2953	-
14	AE;DH	9	31.9168	22.0725	53.9893	82.851	57.2967	140.1477	1.5117
15	AD;EH	9	82.9837	44.145	140.3722	236.1845	163.3365	399.521	23.5754
16	BF;CG	10	78.8006	54.4956	133.2962	227.2793	157.178	384.4573	-
17	AE;DH	10	39.4003	27.2478	66.6481	113.6397	78.589	192.2287	1.8659
18	AD;EH	10	102.4379	70.8423	173.2802	319.5925	221.0185	540.611	29.1388

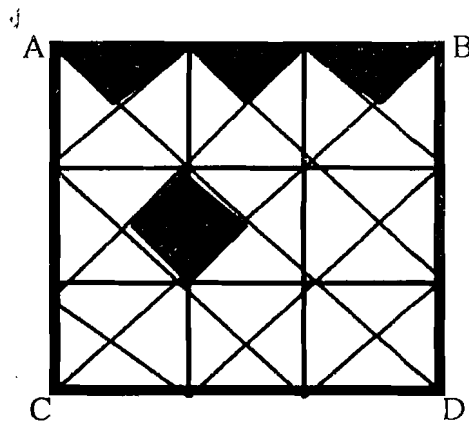
Satuan dalam m dan KN

## PEMBEBANAN BALOK GRID

Perhitungan pembebanan pada konstruksi Balok Grid pada pelat ukuran 5 x 5 m, 6 x 6 m, 7 x 7 m adalah sebagai berikut :



Konstruksi Balok Grid pada pelat ukuran 8 x 8 m, 9 x 9 m, 10 x 10 m



Keterangan :  : Balok Induk

 : Balok Anak

A . Pembebanan Balok anak pada konstruksi Grid :

1. Pelat 5 x 5 m

$$M \text{ pelat} = 2 \times 0.0417 \times 9.598 \times 2.5^3$$

$$= 12.507 \text{ kN-m}$$

$$q \text{ balok} = 0.15 \times 0.35 \times 23 \times 1.2$$

$$= 1.449 \text{ kN/m}$$

$$M \text{ balok} = 1 / 8 \times 1.449 \times 2.5^2$$

$$= 1.132 \text{ kN/ m}$$

$$M = M_{\text{plt}} + M_{\text{blk}}$$

$$= 12.507 + 1.132$$

$$= 13.639 \text{ kN m}$$

$$q_{\text{eq}} = 8 \times 13.939 / 2.5^2$$

$$= 17,458 \text{ kN/m}$$

2. Pelat 6 x 6 m

$$M \text{ pelat} = 2 \times 0.0417 \times 9.598 \times 3^3$$

$$= 12.507 \text{ kN-m}$$

$$q \text{ balok} = 0.2 \times 0.4 \times 23 \times 1.2$$

$$= 2.208 \text{ kN/m}$$

$$M \text{ balok} = 1 / 8 \times 2.208 \times 3^2$$

$$= 2.484 \text{ kN/ m}$$

$$q_{eq} = 8 \times 21.613 / 3^2$$

$$= 21.419 \text{ kN/m}$$

### 3. Pelat 7 x 7 m<sub>j</sub>

$$M_{\text{pelat}} = 2 \times 0.0417 \times 9.598 \times 3.5^3$$

$$= 34.320 \text{ kN-m}$$

$$q_{\text{balok}} = 0.2 \times 0.45 \times 23 \times 1.2$$

$$= 2.484 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{balok}} = 1 / 8 \times 2.484 \times 3.5^2$$

$$= 3.8036 \text{ kN/m}$$

$$q_{eq} = 8 \times 34.320 / 3.5^2$$

$$= 24.897 \text{ kN/m}$$

### 4. Pelat 8 x 8 m

$$M_{\text{pelat}} = 2 \times 0.0417 \times 9.598 \times 2.667^3$$

$$= 15.179 \text{ kN-m}$$

$$q_{\text{balok}} = 0.2 \times 0.5 \times 23 \times 1.2$$

$$= 2.760 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{balok}} = 1 / 8 \times 2.760 \times 2.667^2$$

$$= 2.454 \text{ kN/m}$$

$$q_{eq} = 8 \times 17.633 / 2.667^2$$

$$= 17.417 \text{ kN/m}$$

### 5. Pelat 9 x 9 m

$$M_{\text{pelat}} = 2 \times 0.0417 \times 9.598 \times 3^3$$

$$= 21.613 \text{ kN-m}$$

$$q \text{ balok} = 0.25 \times 0.5 \times 23 \times 1.2$$

$$= 3.45 \text{ kN/m}$$

$$M \text{ balok} = 1/8 \times 3.45 \times 3^2$$

$$= 3.881 \text{ kN/m}$$

$$q_{eq} = 8 \times 25.494 / 3^2$$

$$= 22.662 \text{ kN/m}$$

6. Pelat 10 x 10 m

$$M \text{ pelat} = 2 \times 0.0417 \times 9.598 \times 3.3333^3$$

$$= 29.638 \text{ kN-m}$$

$$q \text{ balok} = 0.3 \times 0.55 \times 23 \times 1.2$$

$$= 4.554 \text{ kN/m}$$

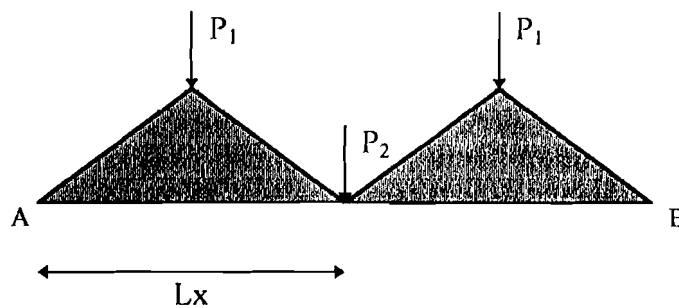
$$M \text{ balok} = 1/8 \times 3.45 \times 3.3333^2$$

$$= 6.324 \text{ kN/m}$$

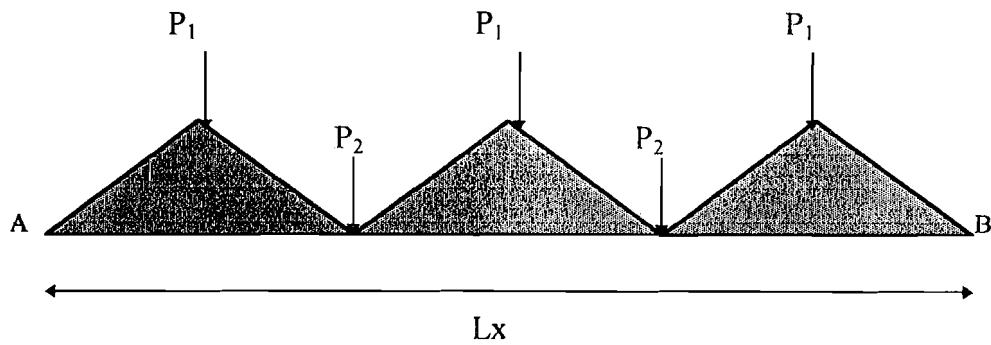
$$q_{eq} = 8 \times 35.962 / 3.3333^2$$

$$= 25.898 \text{ kN/m}$$

B. Pembebanan Balok Induk pada struktur Grid.







Perhitungan balok induk :

$$P_1 = 1/4 \times q_{(dl+ll)} \times Lx^2$$

$P_2$  = Reaksi pada balok anak

$$Ra = 1/2 \times (P_1 + P_2 + P_1)$$

$$\text{Moment} = (Ra \times Lx) - (P_1 \times 0.5 \times Lx)$$

$$Vu = Ra$$

Dari rumus diatas dapat dihitung moment dan gaya aksial yang terjadi :

Balok	L	P1	P2	Ra	M	Vu
A-B ; A-C	5000	14.997	43.645	36.820	73.304	36.820
A-B ; A-C	6000	21.596	64.257	53.725	128.78	53.725
A-B ; A-C	7000	29.394	87.139	72.964	203.935	72.964
A - B	8000	17.067	25.11024	113.746	307.815	113.746
A - C	8000	17.067	22.586	99.955	252.651	99.955
A - B	9000	21.596	109.262	141.656	392.574	141.656
A - C	9000	21.596	94.695	127.089	348.873	127.089
A - B	10000	26.656	138.799	178.784	551.452	178.784
A - C	10000	26.656	120.1803	160.164	489.391	160.164

### C. Pembebanan Torsi pada Balok Induk struktur balok Grid

Untuk mencari moment torsi yang terjadi pada balok induk, ada beberapa hal yang harus diperhitungkan selain moment tumpuan akibat beban pelat yaitu moment tumpuan yang terjadi pada balok anak. Sehingga moment torsi yang terjadi pada balok induk merupakan penjumlahan antara Moment tumpuan pelat ditambah dengan moment tumpuan balok anak, dimana besarnya moment tumpuan balok anak dibagi dengan panjang bentang balok induk. Setelah didapatkan moment torsi yang terjadi dibagi dengan dua, karena tiap setengah bentang torsi akan didukung oleh kolom.

Dari uraian diatas dapat dihitung sebagai berikut :

Moment Torsi Pada Pelat 5 x 5 m

$$M. \text{ Torsi Pelat} = 2 \times 0.001 \times 9.598 \times 2.5^2 \times 36 = 4.319 \text{ kN m}$$

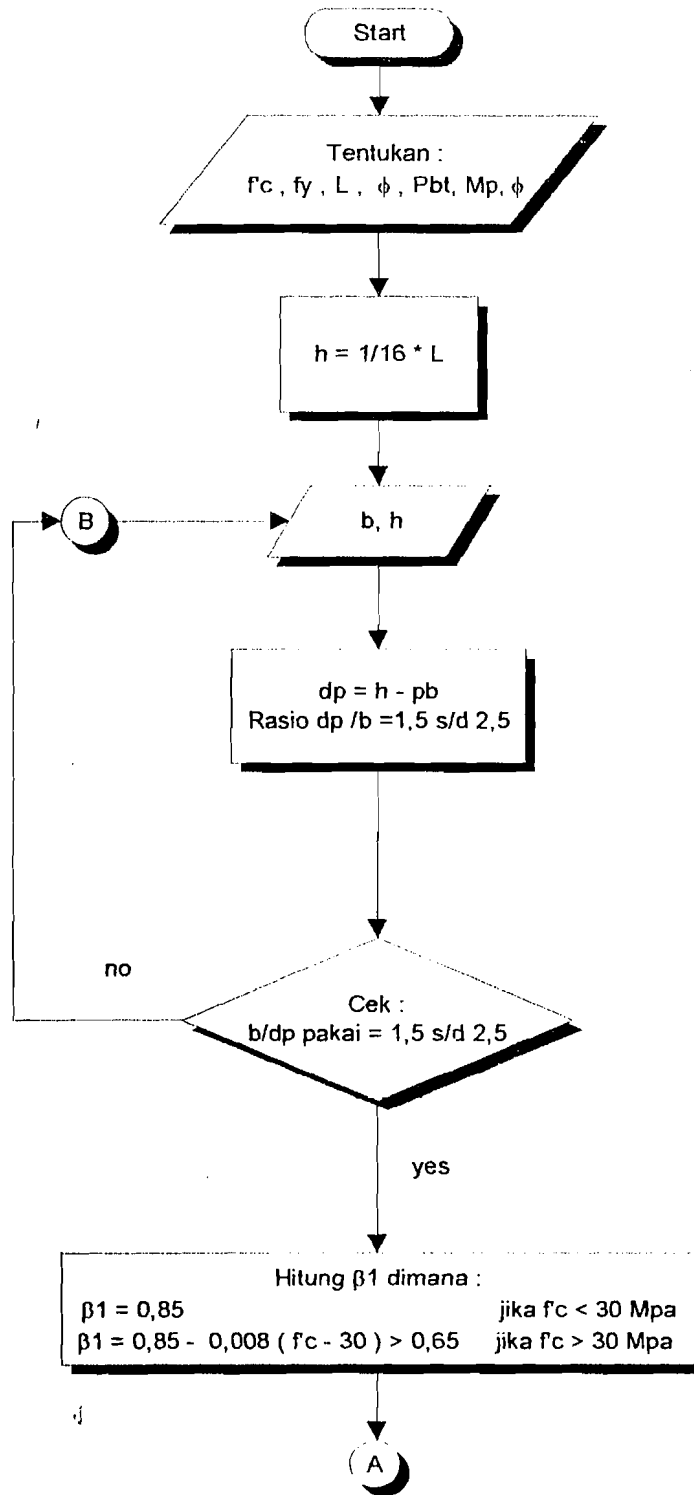
$$\begin{array}{r} M. \text{ Tumpuan Balok Grid} = 36.37 / 5 \\ \hline = 7.274 \text{ kN m} \\ \hline + \\ 11.593 \text{ kN m} \end{array}$$

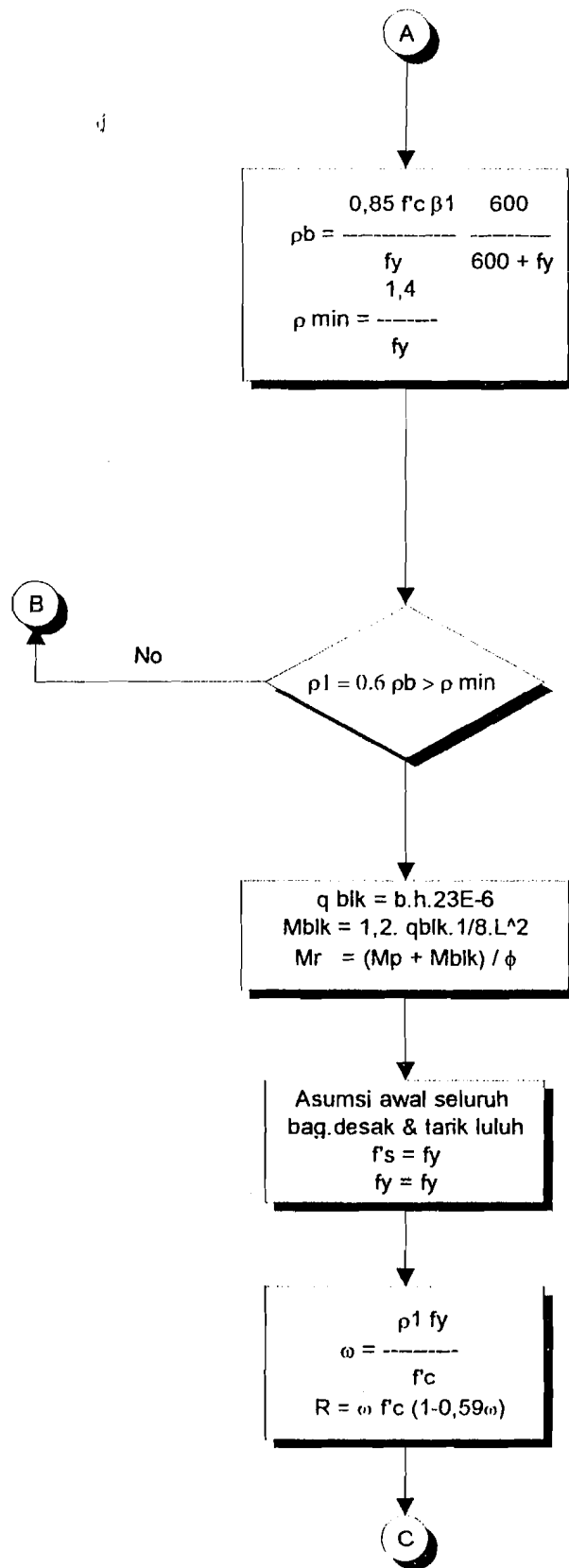
$$M. \text{ torsi yang terjadi} = 11.593 / 2 = 5.797 \text{ kN m}$$

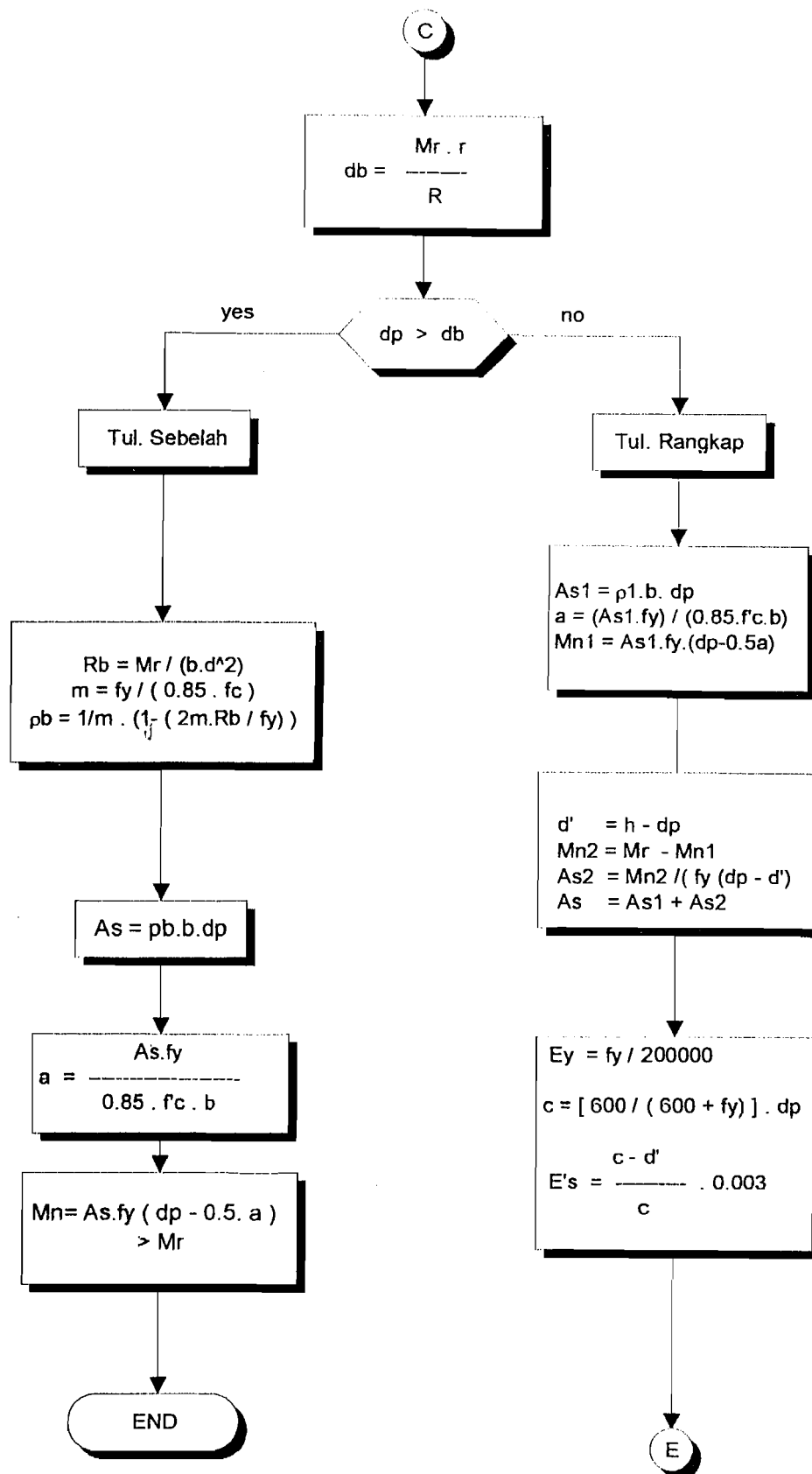
Dari contoh perhitungan diatas selanjutnya dapat dihitung pula untuk pelat ukuran yang lain, pada tabel dibawah ini merupakan hasil perhitungan untuk moment Torsi pada balok induk

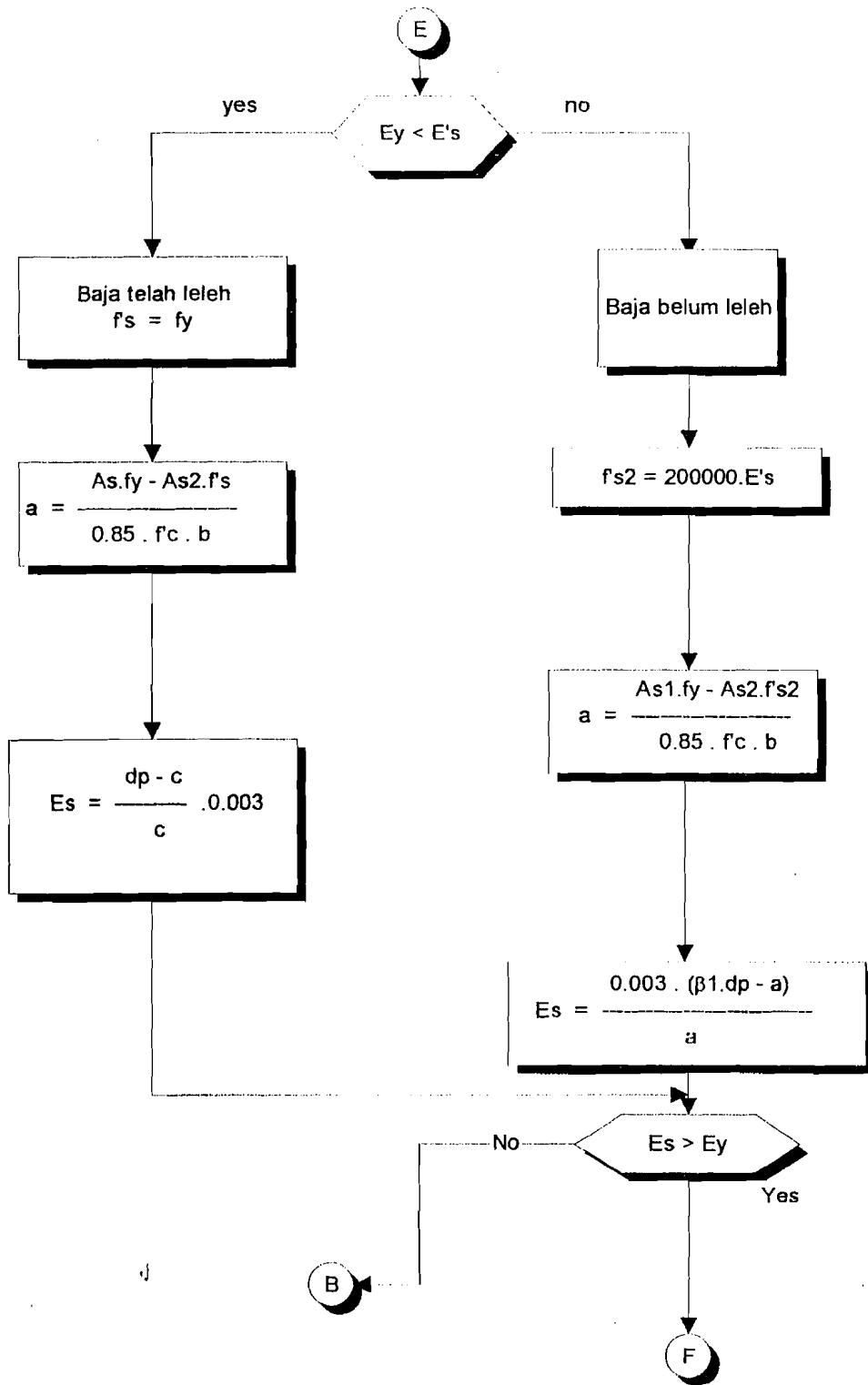
No	Balok	L ( m )	M. Torsi Plat	M. Torsi Blk Anak	M.Torsi Blk anak tereduksi	$\Sigma$ M . Torsi	$\Sigma$ M . Torsi Terjadi
1	Grid 5	5	4.319	36.37	7.274	11.593	5.797
2	Grid 6	6	6.220	64.25	10.708	16.928	8.464
3	Grid 7	7	8.465	101.66	14.523	22.988	11.494
4	A - B	8	7.373	92.892	11.612	18.985	9.493
	A - C	8	7.373	86.338	10.792	18.165	9.083
5	A - B	9	9.329	140	15.556	24.885	12.442
	A - C	9	9.329	126.2	14.022	23.351	11.676
6	A - B	10	11.515	198.7	19.870	31.385	15.693
	A - C	10	11.515	177.9	17.790	29.305	14.653

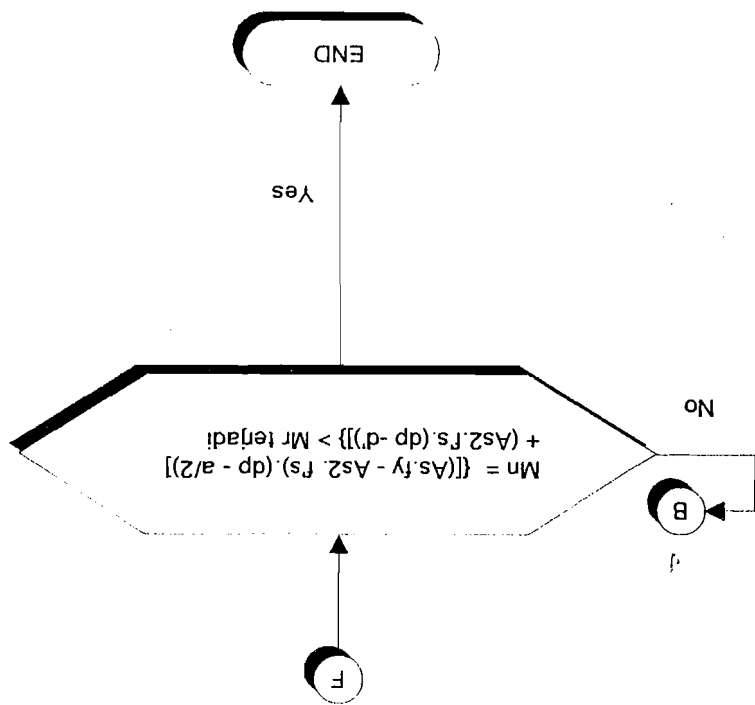
## FLOW CHART PENULANGAN POKOK





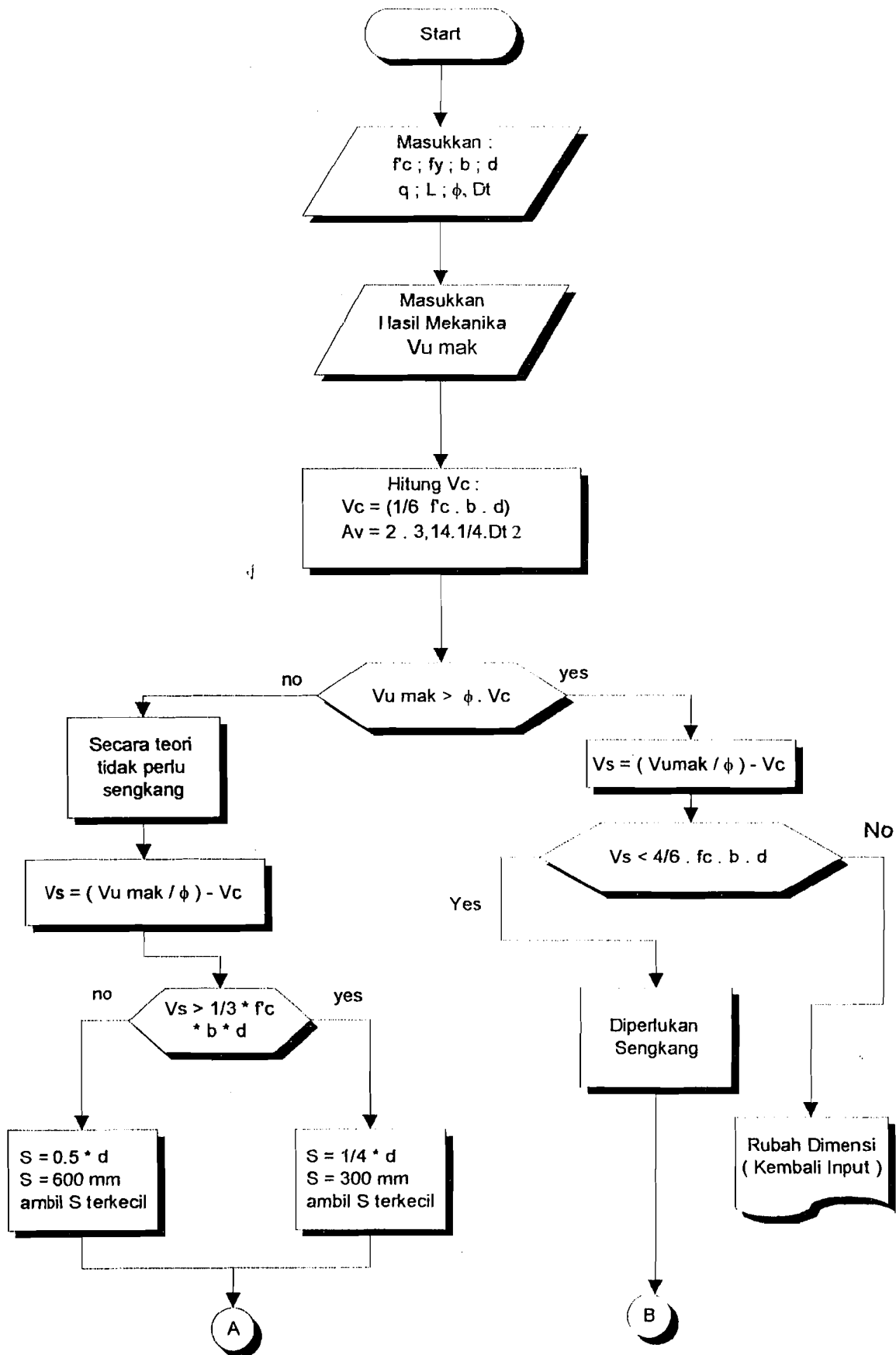


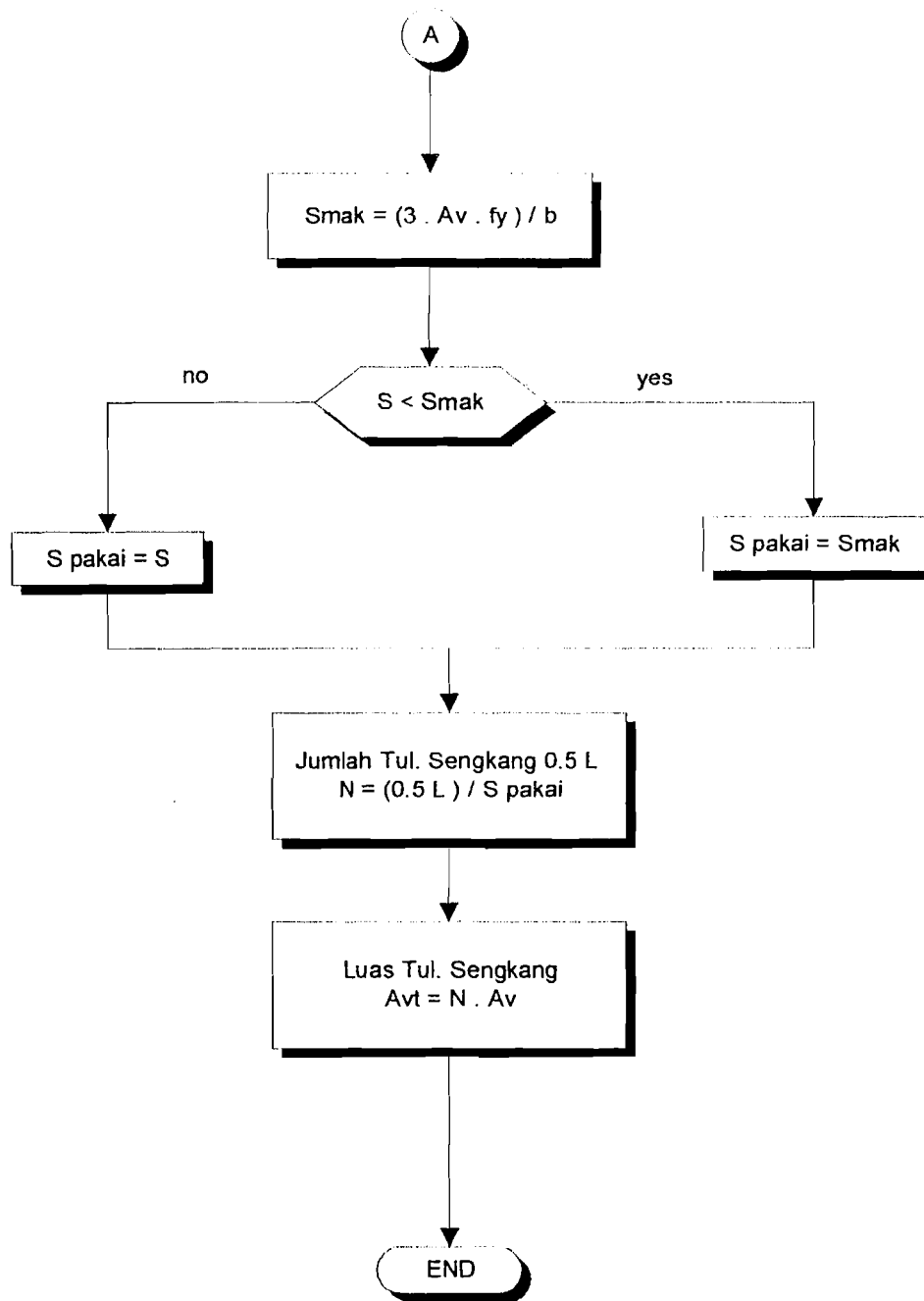


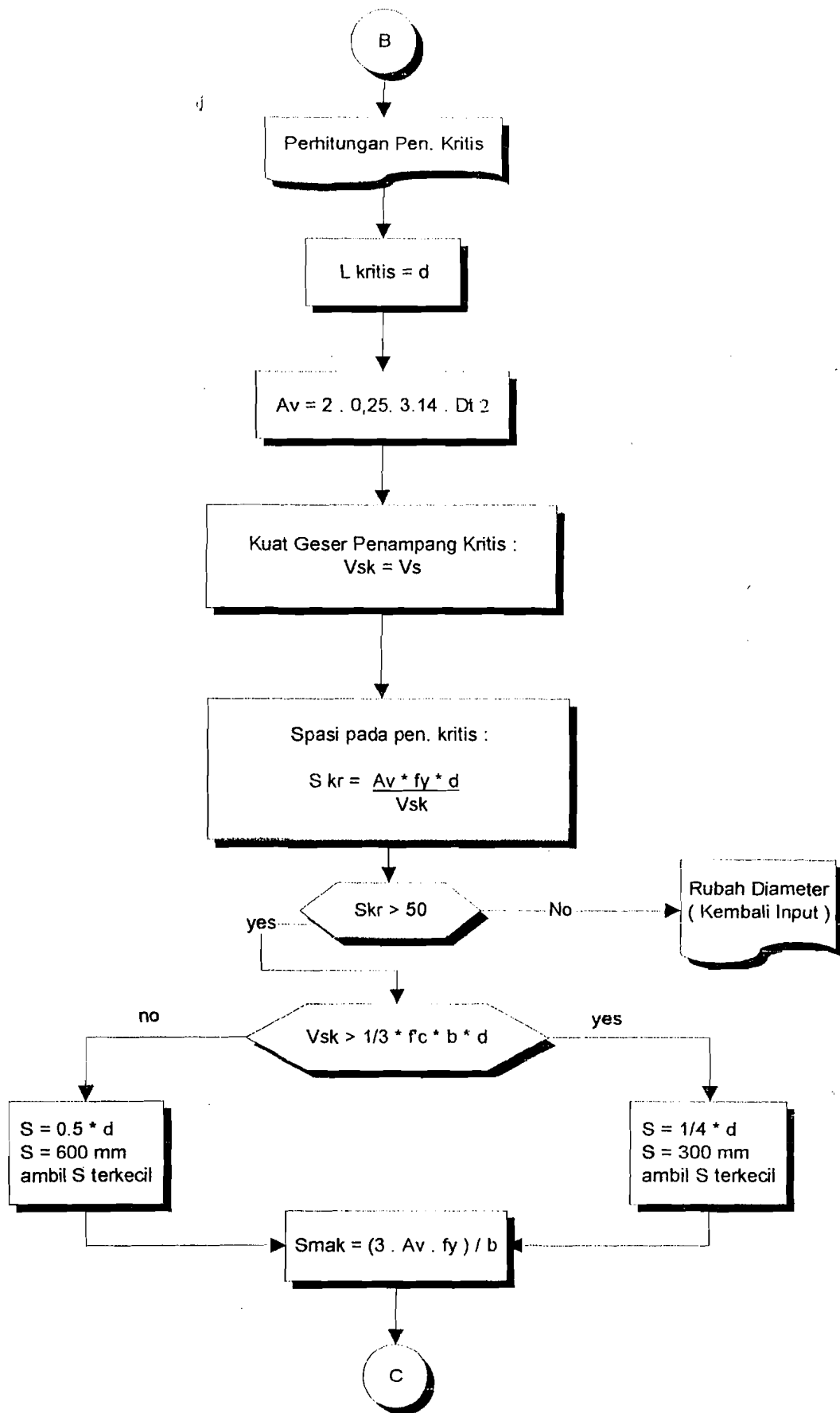


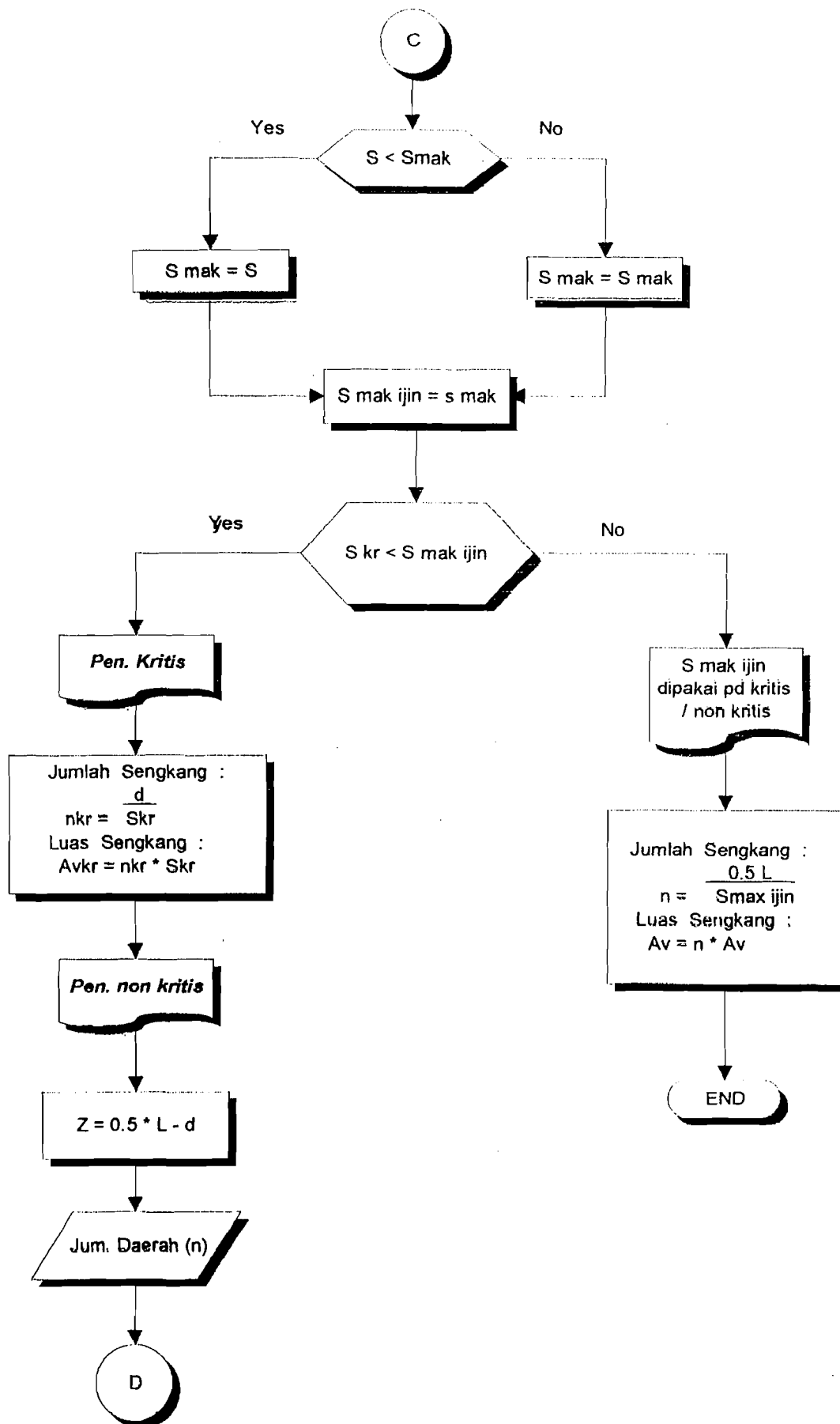


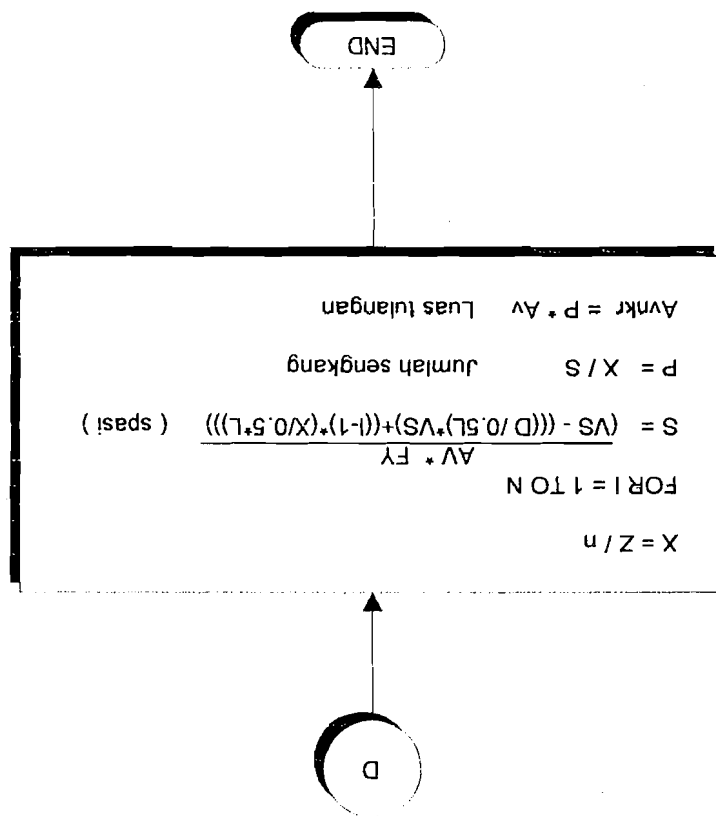
## FLOW CHART PENULANGAN GESER MURNI



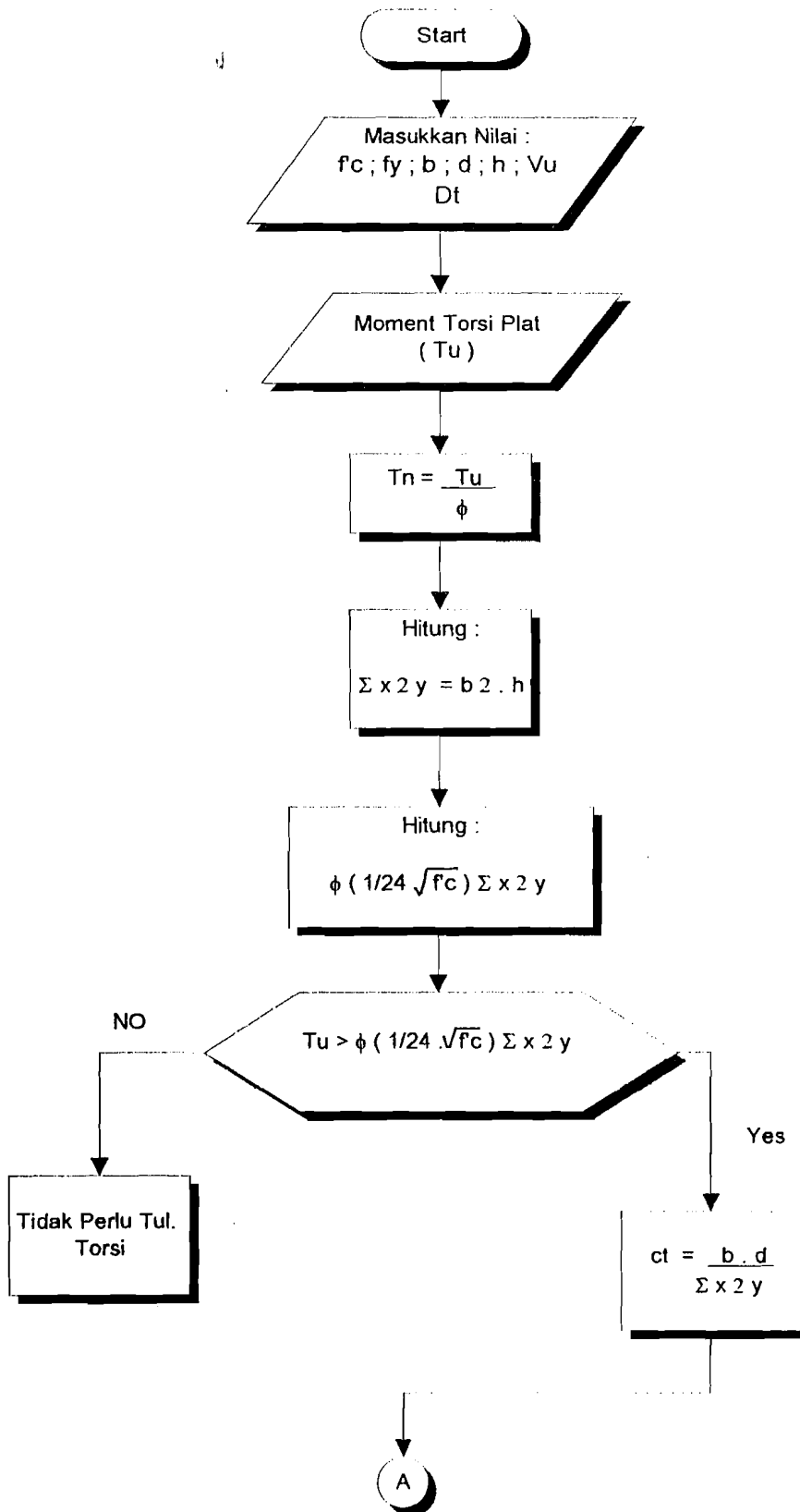


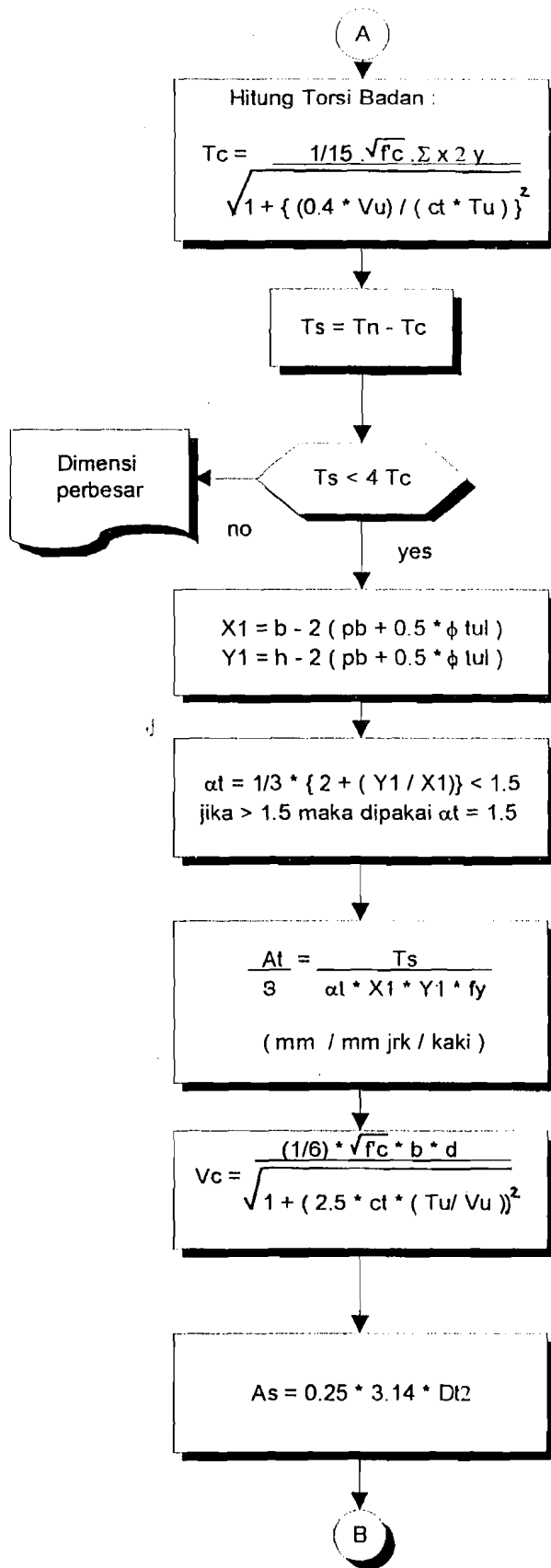


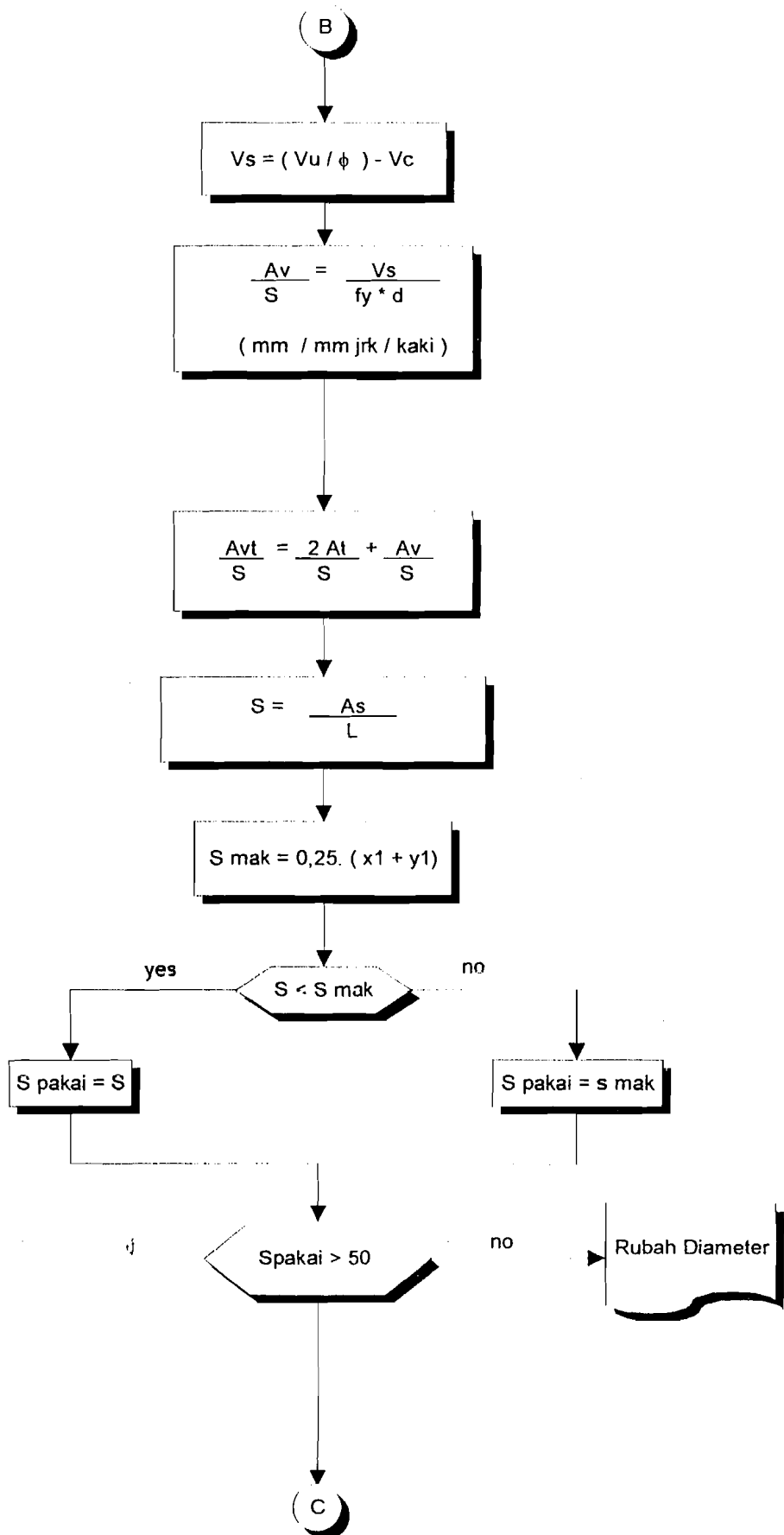




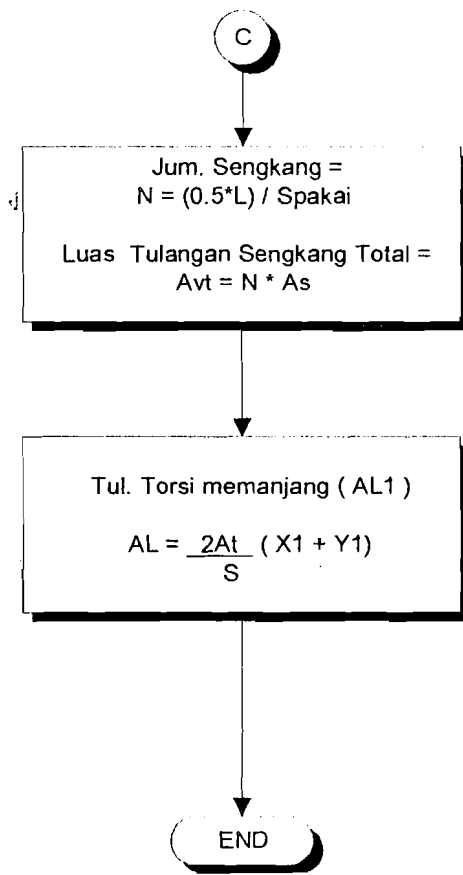
## FLOW CHART GESER TORSI



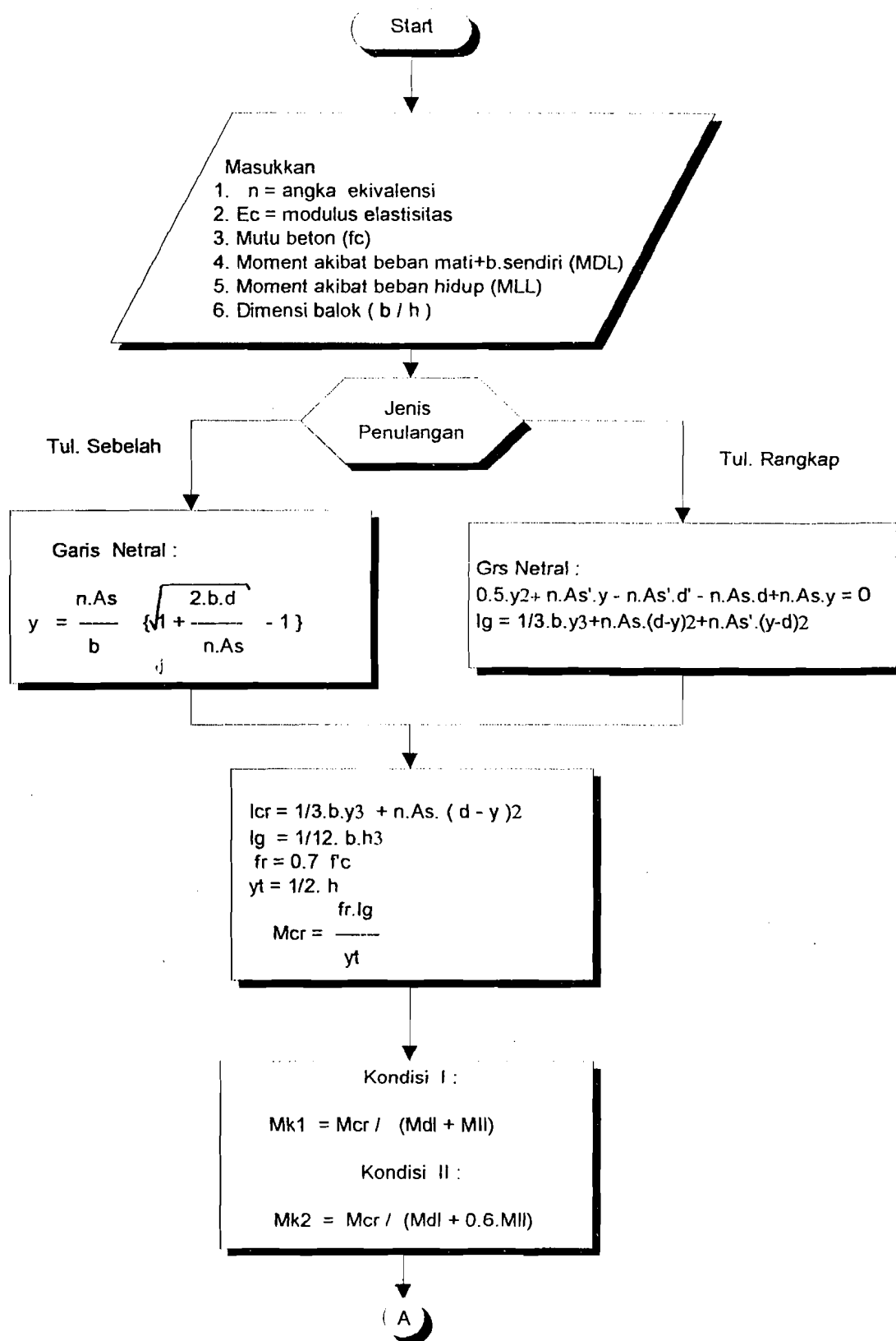


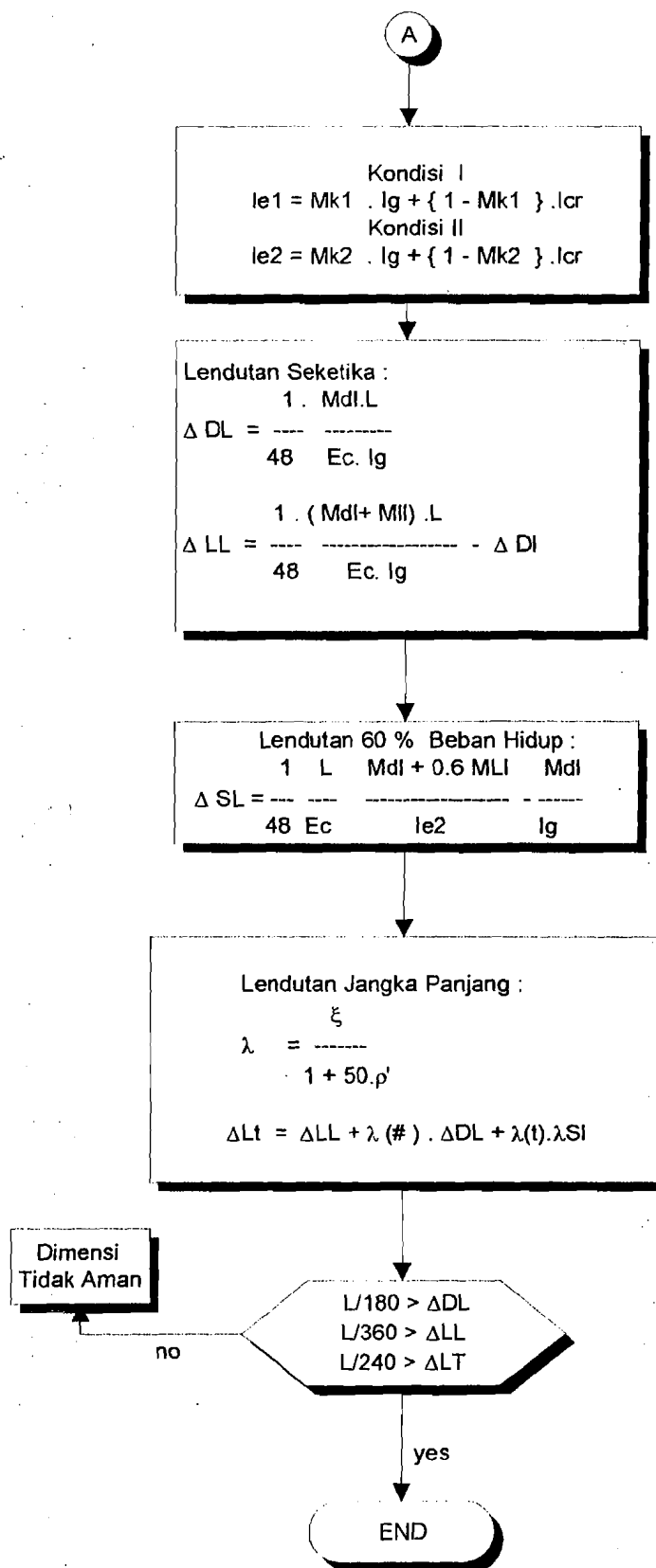






## FLOW CHART LENDUTAN





## LISTING PROGRAM PERENCANAAN PENULANGAN POKOK PADA BALOK KONVENSIONAL

```

CLS
$include"TBWINDO.INC"
CALL JENDELABERTUMPUK
CLS
CALL PROGRAM
CLS
END
'-----AKHIR PROGRAM UTAMA-----
SUB BACAENTER
LOCAL TOMBOL$
DO
    TOMBOL$=INKEY$
LOOP UNTIL TOMBOL$=CHR$(13)
END SUB
'-----AKHIR BACAENTER-----
SUB PINGGIR
CLS:KEY OFF:SCREEN 0,0,0
COLOR 3          :LOCATE 1,1:FOR I=3 TO 82:PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=1 TO 22    :LOCATE I,80      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=80 TO 1 STEP -1:LOCATE 22,I  :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=22 TO 1 STEP -1:LOCATE I,1    :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
        LOCATE 2,2:FOR I=3 TO 80:PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=1 TO 22    :LOCATE I,79      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=78 TO 2 STEP -1:LOCATE 21,I  :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=20 TO 3 STEP -1:LOCATE I,2    :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
END SUB
'-----
SUB JENDELABERTUMPUK
CALL PINGGIR
CALL MAKEWINDOW(5,12,15,57,FNATTR%(6,7),1,0,0)
CALL TITLEWINDOW(1,"BAKTI DAN HENGKY Comp.")
CALL PRTCWINDOW(4," SOFWARE PERHITUNGAN BALOK PADA STRUKTUR PELAT")
CALL PRTCWINDOW(5," BERDASARKAN PERATURAN SKSNI-1991")
CALL PRTCWINDOW(10," JIKA ADA MASALAH HUBUNGI FTSP UII 91310049 & 91310063")
CALL PRTCWINDOW(12,"SILAHKAN MENEKAN ENTER")
CALL BACAENTER
'-----BIKIN JENDELA KEDUA-----
CALL MAKEWINDOW(8,15,9,52,FNATTR%(7,1),2,1,1)
CALL TITLEWINDOW(2,"SELAMAT DATANG DI PROGRAM INI")
CALL PRTWINDOW(3,7,"SIAPKAN BERKAS - BERKAS UNTUK PERHITUNGAN")
CALL PRTWINDOW(4,3," ANDA HARUS MENGHITUNG MOMENT AKIBAT BEBAN PLAT"
)

```

```

CALL PRTWINDOW(6,15," JIKA SIAP TEKAN ENTER")
CALL BACAENTER
CALL REMOVEWINDOW
END SUB
'----- PROGRAM -----
SUB PROGRAM
5 CALL PINGGIR
COLOR 12
LOCAL KOLOM%
KOLOM% = 15
LOCATE 5,KOLOM%-1 : PRINT STRING$ (55,"=")
LOCATE 13,KOLOM% : PRINT STRING$ (55,"=")
COLOR 13
LOCATE 8,KOLOM% : PRINT "      Besarnya F'c      ="
LOCATE 9,KOLOM% : PRINT "      Besarnya Fy      ="
LOCATE 10,KOLOM% : PRINT "      Besarnya L      ="
LOCATE 8,65 :PRINT "Mpa"
LOCATE 9,65 :PRINT "Mpa"
LOCATE 10,65:PRINT "mm"
LOCATE 8,55 : INPUT, FC
LOCATE 9,55 : INPUT, FY
LOCATE 10,55: INPUT, LT
10  CALL PINGGIR
    COLOR 12
    HA = 1/16 * LT
    BA = 0.5*HA
    PBT = 80
    RD = 0.85
    COLOR 14
    LOCATE 6,KOLOM% : PRINT " TINGGI BALOK MINIMUM AKIBAT LENDUTAN
    = "; CEIL(HA)
    LOCATE 7,KOLOM% : PRINT " LEBAR BALOK MINIMUM AKIBAT LENDUTAN
    = "; CEIL(BA)
    LOCATE 8,KOLOM% : PRINT " BESARNYA LEBAR BALOK YANG DIPAKAI
    (MM)      ="
    LOCATE 8,67:INPUT,B
    HC = (1.5*B)+PBT
    HD = (2.2*B)+PBT
    LOCATE 9,KOLOM% : PRINT " TINGGI BALOK MINIMUM AKIBAT RASIO
    DIMENSI   = "; CEIL(HC)
    LOCATE 10,KOLOM% : PRINT " TINGGI BALOK MAKSIMUM AKIBAT RASIO
    DIMENSI   = "; CEIL(HD)
    LOCATE 11,KOLOM% : PRINT " BESARNYA TINGGI BALOK YANG DIPAKAI
    ="
    LOCATE 11,67:INPUT, H
    DP = H - PBT
    LOCATE 12,KOLOM% : PRINT USING " TINGGI FUNGSIONAL BALOK
    = ####.###"; DP
    RA = DP/B
    IF 1.5 <= RA THEN 20 ELSE 15
15  CALL PINGGIR
    COLOR 26:BEEP
    LOCATE 12,KOLOM% : PRINT "      PERHITUNGAN TIDAK AMAN "
    LOCATE 13,KOLOM% : INPUT "      RUBAH DIMENSI AWAL (tekan y) = ",k$

```

```

    IF K$ = "y" OR K$ = "Y" THEN 10 ELSE 325
20  IF RA <= 2.5 THEN 25 ELSE 15
25  LOCATE 12,KOLOM% : PRINT USING " RASIO PENULANGAN YANG TERJADI
    = ###.###"; RA
    IF FC < 30 THEN 30 ELSE 40
30  B1 = 0.85 :GOTO 60
40  B1 = 0.85 - 0.008 * (FC-30)
    IF B1 < 0.65 THEN 50 ELSE 60
50  B1 = 0.65
60  PB = ((0.85*FC*B1)/FY)*(600/(600+FY))
    PMIN=1.4/FY
    P1=0.6*PB
    IF P1 > PMIN THEN 70 ELSE 15
70  CALL PINGGIR
    COLOR 5
    LOCATE 8,KOLOM% : INPUT " MASUKKAN MOMENT AKIBAT BEBAN PADA
    PELAT      = ",MP
    QB = B*H*23E-6
    LOCATE 9,KOLOM% : PRINT "          PILIH PERHITUNGAN TULANGAN "
    LOCATE 10,KOLOM% : PRINT "          1. TULANGAN TUMPUAN "
    LOCATE 11,KOLOM% : PRINT "          2. TULANGAN LAPANGAN "
    LOCATE 12,KOLOM% : INPUT "          PILIHAN KONDISI PERLETAKAN ",O
    IF O = 1 THEN 72 ELSE 74
72  MB = (1/2)*(1.2 * QB * (1/8) * LT^2)
    MP = (1/2)*MP
    GOTO 77
74  MB = (4/5)*(1.2 * QB * (1/8) * LT^2)
    MP = (4/5)*MP
77  MR = (MP + MB)/RD
    W = (P1*FY)/FC
    R = W*FC*(1-0.59*W)
    DB = ((MR*RA)/R)^(1/3)
    LOCATE 15,KOLOM% : PRINT USING " D Pakai          = #####.###";
    DP
    LOCATE 16,KOLOM% : PRINT USING " D Baru          = #####.###";
    DB
    COLOR 25:BEEP
    LOCATE 19,KOLOM% : PRINT "          TEKAN ENTER UNTUK MENERUSKAN "
    CALL BACAENTER
    IF DP > DB THEN 150 ELSE 200
80  IF DP > DB THEN 177 ELSE 323
150  CLS
    RN = MR / (B*DP^2)
    M = FY/(0.85*FC)
    PB = 1/M*(1-(SQR(1-(2*M*RN)/(FY))))
    AS1 = 1.2*PB*B*DP
    A = (AS1*FY)/(0.85*FC*B)
    MN = AS1*FY*(DP-0.5*A)
160  IF MN < MR THEN 180 ELSE 175
175  CALL PINGGIR
    COLOR 12
    LOCATE 6,KOLOM%-1 : PRINT STRING$(60,"=")
    LOCATE 13,KOLOM% : PRINT STRING$(60,"=")
    COLOR 14

```

```

LOCATE 8,KOLOM% : PRINT "          PILIH OUTPUT DATA ANDA          "
LOCATE 9,KOLOM% : PRINT "          1. LAYAR MONITOR          "
LOCATE 10,KOLOM% : PRINT "          2. PRINTER          "
LOCATE 11,KOLOM% : INPUT "          PILIHAN ANDA = ",N
IF N = 1 THEN 176 ELSE 177
176 CALL PINGGIR
COLOR 12
LOCATE 5,KOLOM%-1 : PRINT STRING$(50,"=")
LOCATE 20,KOLOM% : PRINT STRING$(50,"=")
color 14
LOCATE 6,KOLOM% : PRINT "          TULANGAN SEBELAH          "
LOCATE 7,KOLOM% : PRINT USING " MUTU BETON          = #####.###";FC
LOCATE 8,KOLOM% : PRINT USING " MUTU BAJA          = #####.###";FY
LOCATE 9,KOLOM% : PRINT USING " PANJANG BENTANG          =
#####.###";LT
LOCATE 10,KOLOM% : PRINT USING " TINGGI BALOK (MM)          =
#####.###";H
LOCATE 11,KOLOM% : PRINT USING " LEBAR BALOK (MM)          =
#####.###";B
LOCATE 12,KOLOM% : PRINT USING " LUAS TULANGAN TARIK          =
#####.###";AS1
LOCATE 13,KOLOM% : PRINT USING " MOMENT TAHAN YANG TERJADI          =
#####.###^";MN
LOCATE 14,KOLOM% : PRINT USING " MOMENT RENCANA YANG TERJADI          =
#####.###^";MR
COLOR 26:BEEP:BEEP
LOCATE 16,KOLOM% : PRINT "          ANDA TELAH MENDAPATKAN HASIL
PERHITUNGAN "
LOCATE 17,KOLOM% : PRINT "          PROGRAMER BY BAKTI AND HENGKY
"
CALL BACAENTER
COLOR 14
LOCATE 19,KOLOM% : INPUT "          APAKAH MAU NGISI DATA LAGI (Y/T) =
",K$
IF K$="Y" OR K$="y" THEN 5 ELSE 325
177 LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(20)" ===== "
LPRINT TAB(20)"          TULANGAN SEBELAH          "
LPRINT TAB(20)" ===== "
LPRINT
LPRINT TAB(25) " MUTU BETON          = ";FC
LPRINT TAB(25) " MUTU BAJA          = ";FY
LPRINT TAB(25) " PANJANG BENTANG          = ";LT
LPRINT TAB(25) " TINGGI BALOK (MM)          = ";H
LPRINT TAB(25) " LEBAR BALOK (MM)          = ";B
LPRINT TAB(25) " LUAS TULANGAN TARIK          = ";AS1
LPRINT TAB(25) " MOMENT TAHAN YANG TERJADI          = ";MN
LPRINT TAB(25) " MOMENT RENCANA YANG TERJADI          = ";MR
LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(25) "          ANDA TELAH MENDAPATKAN HASIL PERHITUNGAN "
LPRINT TAB(25) "          PROGRAMER BY BAKTI AND HENGKY          "
GOTO 325
180 CALL PINGGIR
COLOR 10:BEEP:BEEP:BEEP

```

```

LOCATE 15,KOLOM% : PRINT "      MOMENT TAHAN TUL SEBELAH TIDAK
AMAN"
CALL BACAENTER
LOCATE 16,KOLOM% : INPUT " ISI DIMENSI BARU (Y) ATAU HITUNG JADI TUL.
RANGKAP (T) = ";K$
IF K$ = "y" OR K$ = "Y" THEN 10 ELSE 200
200  CALL PINGGIR
      COLOR 14
LOCATE 4,KOLOM% : PRINT "      TULANGAN RANGKAP "
AS1 = P1 * B * DP
A = (AS1*FY)/(0.85*FC*B)
MN1 = AS1 * FY * (DP-(0.5*A))
LOCATE 6,KOLOM% : PRINT USING "      MN1      = #####.###^";MN1
D1 = H - DP
MN2 = MR - MN1
AS21 = MN2 / (FY*(DP-D1))
AS2 = 1.2*AS21
ASX = AS1 + AS2
AST = ASX + AS2
EY = FY / 200000
C = ((600/(600+FY))*DP)
E1S = ((C-D1)/C)*0.003
LOCATE 7,KOLOM% : PRINT USING "      MN2      = #####.###^";MN2
LOCATE 8,KOLOM% : PRINT USING "      AS1      = #####.###^";AS1
LOCATE 9,KOLOM% : PRINT USING "      AS2      = #####.###^";AS2
LOCATE 10,KOLOM% : PRINT USING "      E'S      = #####.###^";E1S
IF EY < E1S THEN 210 ELSE 230
210  COLOR 25
      LOCATE 12,KOLOM% : PRINT "      BAJA TELAH MENGALAMI LELEH "
      C = ((600/(600+FY))*DP)
      ES = ((DP - C)/C)*0.003
      FS = FY
      A = ((ASX * FY)-(AS2*FS))/(0.85*FC*B)
      GOTO 305
230  COLOR 25
      LOCATE 12,KOLOM% : PRINT "      BAJA BELUM MENGALAMI LELEH "
      FS = 200000* E1S
250  A = ((ASX*FY)-(AS2*FS))/(0.85*FC*B)
300  COLOR 14
      ES = (0.003*((B1*DP)-A))/A
305  COLOR 14
      LOCATE 13,KOLOM% : PRINT USING"      EY      = #####.###^";EY
      LOCATE 14,KOLOM% : PRINT USING"      ES      = #####.###^";ES
315  MN = (((ASX*FY)-(AS2*FS))*(DP-(A/2)))+(AS2*FS*(DP-D1))
      LOCATE 15,KOLOM% : PRINT "      MOMENT TAHAN DARI BALOK      = ";MN
      LOCATE 16,KOLOM% : PRINT "      MOMENT RENCANA YANG TERJADI = ";MR
      CALL BACAENTER
      IF MN > MR THEN 320 ELSE 330
320  COLOR 14
      LOCATE 6,KOLOM% : PRINT "      "
      LOCATE 7,KOLOM% : PRINT USING " MUTU BETON      = #####.###";FC
      LOCATE 8,KOLOM% : PRINT USING " MUTU BAJA      = #####.###";FY
      LOCATE 9,KOLOM% : PRINT USING " PANJANG BENTANG      =
#####.###";LT

```



```

LOCATE 10,KOLOM% : PRINT USING " TINGGI BALOK (MM)           =
#####.###";H
LOCATE 11,KOLOM% : PRINT USING " LEBAR BALOK (MM)           =
#####.###";B
LOCATE 12,KOLOM% : PRINT USING " LUAS TULANGAN TARIK       =
#####.###";ASX
LOCATE 13,KOLOM% : PRINT USING " LUAS TULANGAN DESAK       =
#####.###";AS2
LOCATE 14,KOLOM% : PRINT USING " LUAS TULANGAN TOTAL       =
#####.###";AST
LOCATE 15,KOLOM% : PRINT USING " MOMENT TAHAN YANG TERJADI  =
#####.###^";MN
LOCATE 16,KOLOM% : PRINT USING " MOMENT RENCANA YANG TERJADI =
#####.###^";MR
COLOR 26
LOCATE 17,KOLOM% : PRINT      "      ANDA TELAH MENDAPATKAN HASIL
PERHITUNGAN "
LOCATE 18,KOLOM% : PRINT      "      PROGRAMER BY BAK'TI AND HENGKY "
CALL BACAENTER
COLOR 14
LOCATE 19,KOLOM% : INPUT "   APAKAH MAU NGISI DATA LAGI (Y/T) = ",K$
IF K$="Y" OR K$="y" THEN 5 ELSE 322
322 LOCATE 20,KOLOM% : INPUT "   APAKAH DATA AKAN DICETAK (Y/T) = ",K$
IF K$="Y" OR K$="y" THEN 323 ELSE 325
323 LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(20)"===== "
LPRINT TAB(20)"          TULANGAN RANGKAP          "
LPRINT TAB(20)"===== "
LPRINT
LPRINT TAB(25)" MUTU BETON          = ";FC
LPRINT TAB(25)" MUTU BAJA          = ";FY
LPRINT TAB(25)" PANJANG BENTANG    = ";LT
LPRINT TAB(25)" TINGGI BALOK (MM)  = ";H
LPRINT TAB(25)" LEBAR BALOK (MM)   = ";B
LPRINT TAB(25)" LUAS TULANGAN TARIK = ";ASX
LPRINT TAB(25)" LUAS TULANGAN DESAK = ";AS2
LPRINT TAB(25)" LUAS TULANGAN TOTAL = ";AST
LPRINT TAB(25)" MOMENT TAHAN YANG TERJADI = ";MN
LPRINT TAB(25)" MOMENT RENCANA YANG TERJADI = ";MR
LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(25)"      ANDA TELAH MENDAPATKAN HASIL PERHITUNGAN "
LPRINT TAB(25)"      PROGRAMER BY BAKTI AND HENGKY          "
GOTO 325
325 END SUB
330 CALL PINGGIR
COLOR 26
LOCATE 10,KOLOM% : PRINT      "      MOMENT TIDAK AMAN "
COLOR 14
LOCATE 11,KOLOM% : PRINT      "      PERHITUNGAN TIDAK AMAN "
LOCATE 12,KOLOM% : INPUT "      RUBAH DIMENSI AWAL (TEKAN Y) = ",k$
IF k$="y" OR k$="Y" THEN 10 ELSE 340
340 LOCATE 14,KOLOM% : INPUT "   DATA DAN HASIL INGIN ANDA CETAK =
",l$
IF l$="y" OR l$="Y" THEN 80 ELSE 325

```

## LISTING PROGRAM PERENCANAAN PENULANGAN GESER MURNI

### PADA BALOK KONVENSIONAL DAN BALOK GRID

```
CLS
$include"TBWINDO.INC"
CALL JENDELABERTUMPUK
CALL GESER
CLS
END

'-----AKHIR PROGRAM UTAMA-----
SUB BACAENTER
LOCAL TOMBOL$
DO
    TOMBOL$=INKEY$
LOOP UNTIL TOMBOL$=CHR$(13)
END SUB

'-----
SUB PINGGIR
CLS:KEY OFF:SCREEN 0,0,0
COLOR 3      :LOCATE 1,1:FOR I=3 TO 82:PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=1 TO 22  :LOCATE I,80      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=80 TO 1 STEP -1:LOCATE 22,I      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=22 TO 1 STEP -1:LOCATE I,1      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
LOCATE 2,2:FOR I=3 TO 80:PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=1 TO 22  :LOCATE I,79      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=78 TO 2 STEP -1:LOCATE 21,I      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=20 TO 3 STEP -1:LOCATE I,2      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
END SUB

'-----
SUB GAGAL
CLS
screen 0,1
BEEP:BEEP:BEEP
COLOR 2
TEKSS$"DIMENSI TIDAK AMAN          "
KOLOM%= 20 - LEN (TEK$)\2
CALL MUNCULDARITENGAH (10,KOLOM%,TEK$$,0.09)
CLS
END SUB
*****
SUB MUNCULDARITENGAH (Y%,X%,TEK$$,TUNDA)
LOCAL TEMP$, I%
TEMP$=TEK$$
IF LEN (TEMP$)MOD 2 = 1 THEN TEMP$ = TEMP$ + CHR$(32)
FOR I% = 1 TO LEN(TEMP$)\2
LOCATE Y%, X% + LEN (TEMP$)\2 - I% :PRINT LEFT$(TEMP$,I%);
```

```

LOCATE Y%, X% + LEN (TEMP$) \2 :PRINT LEFT$(TEMP$,I%);
DELAY TUNDA
NEXT I%
END SUB
'-----
'-----AKHIR BACAENTER-----
SUB JENDELABERTUMPUK
CALL PINGGIR
CALL MAKEWINDOW(5,12,15,57, FNATTR%(3,5),1,0,0)
CALL TITLEWINDOW(1,"BAKTI DAN HENGKY Comp.")
CALL PRTCWINDOW(4,"SOFTWARE PERHITUNGAN PENULANGAN SENGGANG ")
CALL PRTCWINDOW(5,"PERHITUNGAN PADA DAERAH KRITIS DAN DAERAH BIASA")
CALL PRTCWINDOW(6," " BERDASARKAN PERATURAN SKSNI-1991" )
CALL PRTCWINDOW(10," JIKA ADA MASALAH HUBUNGI FTSP UII 91310049 & 91310063")
CALL PRTCWINDOW(12,"SILAHKAN MENEKAN ENTER")
CALL BACAENTER
'-----BIKIN JENDELA KEDUA----
CALL MAKEWINDOW(8,15,9,52, FNATTR%(7,1),2,1,1)
CALL TITLEWINDOW(2,"SELAMAT DATANG DI PROGRAM INI")
CALL PRTWINDOW(3,7,"SIAPKAN BERKAS - BERKAS UNTUK PERHITUNGAN")
CALL PRTWINDOW(4,3," KONVERSIKAN SATUAN PERHITUNGAN SEHINGGA SAMA ")
CALL PRTWINDOW(6,15," JIKA SIAP TEKAN ENTER")
CALL BACAENTER
CALL REMOVEWINDOW
END SUB
'-----AKHIR PROGRAM UTAMA-----

'----- PROGRAM -----
REM *****
REM ** PERHITUNGAN TULANGAN GESER **
REM *****
SUB GESER
600 CALL PINGGIR
LOCAL KOLOM%
KOLOM% = 15
COLOR 12
LOCATE 5, KOLOM% - 1: PRINT STRING$(60, "=")
LOCATE 18, KOLOM%: PRINT STRING$(60, "=")
COLOR 14
LOCATE 7, KOLOM%: PRINT " MUTU BETON ( F'C ) ="
LOCATE 8, KOLOM%: PRINT " MUTU BAJA ( FY ) ="
LOCATE 9, KOLOM%: PRINT " PANJANG BENTANG ( L ) ="
LOCATE 10, KOLOM%: PRINT " LEBAR BALOK ( B ) ="
LOCATE 11, KOLOM%: PRINT " TINGGI BALOK ( H ) ="
LOCATE 12, KOLOM%: PRINT " DIAMETER TULANGAN SENGGANG ="
LOCATE 13, KOLOM%: PRINT " VU MAX DUKUNGAN ="
LOCATE 7,52:INPUT,FC
LOCATE 8,52:INPUT,FY
LOCATE 9,52:INPUT,LT
LOCATE 10,52:INPUT,B
LOCATE 11,52:INPUT,H
LOCATE 12,52:INPUT,DT
LOCATE 13,52:INPUT,VU2
GOTO 607

```

```

      GOTO 1000
REM *****
REM PERHITUNGAN KRITIS
770  CALL PINGGIR
      LK = DP
      VSK = VS
      SKP = (AV * FY * DP) / VSK
      SKR = FIX(SKP)
      IF SKR > 50 THEN 800 ELSE 605
800  BAY = (1 / 3) * SQR(fc) * B * DP
      IF VSK > BAY THEN 810 ELSE 840
810  S1 = .25 * DP
      S2 = 300
      IF S1 < S2 THEN 820 ELSE 830
820  S = S1: GOTO 880
830  S = S2: GOTO 880
840  S1 = .5 * DP
      S2 = 600
      IF S1 < S2 THEN 850 ELSE 860
850  S = S1: GOTO 880
860  S = S2: GOTO 880
880  SMAK = (3 * AV * FY) / B
      IF S < SMAK THEN 890 ELSE 900
890  SMAKI = S: GOTO 910
900  SMAKI = SMAK: GOTO 910
910  LOCATE 10, KOLOM%: PRINT "   SKRITIS           =", SKR
      LOCATE 11, KOLOM%: PRINT "   SMAK IJIN           =", SMAKI
      CALL BACAENTER
      IF SKR < SMAKI THEN 920 ELSE 950
920  REM *****
      REM PERHITUNGAN LUAS KRITIS
      REM *****
      CALL PINGGIR
      NKR = (DP / SKR)
      AVKR = NKR * AV
      COLOR 14
      LOCATE 5, KOLOM%: PRINT "   JARAK SENGKANG DAERAH KRITIS   =",
      CEIL(SKR)
      LOCATE 6, KOLOM%: PRINT "   JUMLAH SENGKANG KRITIS         =",
      CEIL(NKR)
      LOCATE 7, KOLOM%: PRINT USING"   LUAS SENGKANG DAERAH KRITIS   =
      #####.###"; AVKR
      REM *****
      REM PENAM. NON KRITIS
      REM *****
      LOCATE 8, KOLOM%: INPUT "   BANYAKNYA DAERAH SENGKANG   =",n
      LOCATE 9, KOLOM%: PRINT "   PANJANG DAERAH KRITIS       =", DP
      Z = (LT / 2) - DP
      X = Z / n
      LOCATE 10, KOLOM%: PRINT "   PANJANG SEGMENT NON KRITIS   =",CEIL(X)
      PRINT TAB(20); "-----"
      PRINT TAB(20); "   DAERAH ", " SPASI", " LUAS "
      PRINT TAB(20); "-----"
      FOR I = 1 TO n

```

```

605 CALL PINGGIR
    LOCATE 8, KOLOM%: PRINT "    DIAMETER TULANGAN SENGGANG = "
    LOCATE 9, KOLOM%: PRINT "    VU MAX DUKUNGAN          = "
    LOCATE 8,52:INPUT,DT
    LOCATE 9,52:INPUT,VU2
REM ---- PERHITUNGAN ----
607 CLS
    CALL PINGGIR
    RA = .6
    DP = H - 80
    QBL = B * H * .000023 * 1.2
    VUBL = .5 * (QBL * LT)
    VU = VU2 + VUBL
    AV = 2 * (1 / 4) * 3.14 * DT ^ 2
    VC = (1 / 6) * SQR(fc) * B * DP
    IF VU < (RA * VC) THEN 640 ELSE GOTO 750
640 COLOR 31
    LOCATE 14, KOLOM%: PRINT "    SECARA TEORI TIDAK PERLU SENGGANG "
    BAY = (1 / 3) * SQR(fc) * B * DP
    VS = (VU / RA) - VC
    IF VS < BAY THEN 650 ELSE 680
650 COLOR 14
    S1 = .5 * DP
    S2 = 600
    IF S1 < S2 THEN 660 ELSE 670
660 ST = S1
    GOTO 710
670 ST = S2
    GOTO 710
680 S1 = (1 / 4) * DP
    S2 = 300
    IF S1 < S2 THEN 690 ELSE 700
690 ST = S1
    GOTO 710
700 ST = S2
    GOTO 710
710 LOCATE 15, KOLOM%: PRINT "    JARAK SENGGANG SELURUH BENTANG = "; ST
    SMN = (3 * AV * FY) / B
    IF ST < SMN THEN 720 ELSE 730
720 S = ST
    GOTO 740
730 S = SMN
740 n = (.5 * LT) / S
    AVT = n * AV
    LOCATE 16, KOLOM%: PRINT USING "    LUAS TULANGAN SENGGANG    =
    #####.#####"; AVT
    CALL BACAENTER
    GOTO 1000
750 VS = (VU / RA) - VC
    AX = (4 / 6) * SQR(fc) * B * DP
    IF VS > AX THEN 760 ELSE 770
760 CALL GAGAL
    CALL BACAENTER
    CLS

```

```

SY = (AV * FY * X) / (VS - (((D / (LT / 2)) * VS) + ((I - 1) * (X / (LT / 2)) * VS)))
IF SY > 600 THEN 930 ELSE 940
930 S = 600: GOTO 945
940 S = SY
945 P = X / S
      AVNKR = P * AV
      PRINT TAB(20); , I, FIX(S), CEIL(AVNKR),
      NEXT I
      CALL BACAENTER
      GOTO 2500
950 n = (.5 * LT) / SMAKI
      AVT = n * AV
      LOCATE 12, KOLOM%: PRINT " SPASI SENGKANG SELURUH BENTANG      = ";
      CEIL(SMAKI)
1000 REM ----- GERSER GLOBAL
      CALL PINGGIR
      COLOR 12
      LOCATE 10, KOLOM% - 1: PRINT STRING$(60, "=")
      LOCATE 19, KOLOM%: PRINT STRING$(60, "=")
      COLOR 14
      LOCATE 12, KOLOM%: PRINT "          PILIH OUTPUT DATA ANDA      "
      LOCATE 13, KOLOM%: PRINT "          1. LAYAR MONITOR          "
      LOCATE 14, KOLOM%: PRINT "          2. PRINTER                "
      LOCATE 16, KOLOM%: INPUT "          PILIHAN ANDA = ", ZX
      IF ZX = 1 THEN 2010 ELSE 2020
2010 CALL PINGGIR
      COLOR 14
      LOCATE 7, KOLOM%: PRINT " MUTU BETON ( F'C )      = "; fc
      LOCATE 8, KOLOM%: PRINT " MUTU BAJA ( FY )      = "; FY
      LOCATE 9, KOLOM%: PRINT " PANJANG BENTANG ( L )  = "; LT
      LOCATE 10, KOLOM%: PRINT " LEBAR BALOK ( B )     = "; B
      LOCATE 11, KOLOM%: PRINT " TINGGI BALOK ( H )    = "; H
      LOCATE 12, KOLOM%: PRINT " DIAMETER TULANGAN SENGKANG = "; DT
      LOCATE 13, KOLOM%: PRINT " VU MAX DUKUNGAN       = "; VU2
      IF ST = 0 THEN 2011 ELSE 2012
2011 LOCATE 14, KOLOM%: PRINT " JARAK SENGKANG        = "; CEIL(SMAKI)
      GOTO 2013
2012 LOCATE 14, KOLOM%: PRINT " JARAK SENGKANG        = "; CEIL(ST)
2013 LOCATE 15, KOLOM%: PRINT USING" LUAS TULANGAN          = #####.###";
      AVT
      CALL BACAENTER
      GOTO 3000
2020 LPRINT : LPRINT : LPRINT : LPRINT
      LPRINT TAB(20); " ======"
      LPRINT TAB(20); " TULANGAN GESER PADA BALOK satuan mm , N "
      LPRINT TAB(20); " ======"
      LPRINT
      LPRINT TAB(23); " MUTU BETON ( F'C )      = "; fc
      LPRINT TAB(23); " MUTU BAJA ( FY )      = "; FY
      LPRINT TAB(23); " PANJANG BENTANG ( L )  = "; LT
      LPRINT TAB(23); " LEBAR BALOK ( B )     = "; B
      LPRINT TAB(23); " TINGGI BALOK ( H )    = "; H
      LPRINT TAB(23); " DIAMETER TULANGAN SENGKANG = "; DT
      LPRINT TAB(23); " VU MAX DUKUNGAN       = "; VU2

```

```

IF ST = 0 THEN 2021 ELSE 2022
2021 LPRINT TAB(23); "   JARAK SENGKANG       = "; CEIL(SMAKI)
      GOTO 2023
2022 LPRINT TAB(23); "   JARAK SENGKANG       = "; CEIL(ST)
2023 LPRINT TAB(23); "   LUAS TULANGAN        = #####.###"; AVT
      GOTO 3000
2500 REM ----- GESER KRITIS DAN NON KRITIS
      CALL PINGGIR
      COLOR 12
      LOCATE 10, KOLOM% - 1: PRINT STRING$(60, "=")
      LOCATE 19, KOLOM%: PRINT STRING$(60, "=")
      COLOR 14
      LOCATE 12, KOLOM%: PRINT "           PILIH OUTPUT DATA ANDA           "
      LOCATE 13, KOLOM%: PRINT "           1. LAYAR MONITOR                   "
      LOCATE 14, KOLOM%: PRINT "           2. PRINTER                          "
      LOCATE 16, KOLOM%: INPUT "           PILIHAN ANDA =                       ", AC
      IF AC = 1 THEN 2510 ELSE 2600
2510 CALL PINGGIR
      COLOR 14
      LOCATE 7, KOLOM%: PRINT "   MUTU BETON ( F'c )   = "; fc
      LOCATE 8, KOLOM%: PRINT "   MUTU BAJA ( FY )    = "; FY
      LOCATE 9, KOLOM%: PRINT "   PANJANG BENTANG ( L ) = "; LT
      LOCATE 10, KOLOM%: PRINT "   LEBAR BALOK ( B )   = "; B
      LOCATE 11, KOLOM%: PRINT "   TINGGI BALOK ( H )  = "; H
      LOCATE 12, KOLOM%: PRINT "   DIAMETER TULANGAN SENGKANG = "; DT
      LOCATE 13, KOLOM%: PRINT "   VU MAX DUKUNGAN     = "; VU2
      LOCATE 14, KOLOM%: PRINT "   PANJANG DAERAH KRITIS = "; LK
      LOCATE 15, KOLOM%: PRINT "   JARAK SENGKANG DAERAH KRITIS = ";
      CEIL(SKR)
      LOCATE 16, KOLOM%: PRINT "   JUMLAH SENGKANG KRITIS = ";
      CEIL(NKR)
      LOCATE 17, KOLOM%: PRINT USING"   LUAS SENGKANG DAERAH KRITIS
= #####.###"; AVKR
      CALL BACAENTER
      CALL PINGGIR
      Z = (LT / 2) - DP
      X = Z / n
      LOCATE 6, KOLOM%: PRINT "   PANJANG DAERAH NON KRITIS = "; Z
      LOCATE 6, KOLOM%: PRINT "   BANYAKNYA DAERAH SENGKANG NON KRITIS
= ";n
      LOCATE 7, KOLOM%: PRINT "   PANJANG SEGMENT NON KRITIS
= ";CEIL(X)
      PRINT TAB(20); "-----"
      PRINT TAB(20); "   DAERAH   ", " SPASI ", " LUAS "
      PRINT TAB(20); "-----"
      FOR I = 1 TO n
      SY = (AV * FY * X) / (VS - (((D / (LT / 2)) * VS) + ((I - 1) * (X / (LT / 2)) * VS)))
      IF SY > 600 THEN 2520 ELSE 2530
2520 S = 600: GOTO 2540
2530 S = SY
2540 P = X / S
      AVNKR = P * AV
      PRINT TAB(20); , I, FIX(S), CEIL(AVNKR),
      NEXT I

```

```

CALL BACAENTER
GOTO 3000
2600 LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(20);" HASIL PERHITUNGAN TULANGAN GESER MURNI "
LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(20); "    MUTU BETON ( FC )      = "; fc
LPRINT TAB(20); "    MUTU BAJA ( FY )      = "; FY
LPRINT TAB(20); "    PANJANG BENTANG ( L )    = "; LT
LPRINT TAB(20); "    LEBAR BALOK ( B )      = "; B
LPRINT TAB(20); "    TINGGI BALOK ( H )     = "; H
LPRINT TAB(20); "    DIAMETER TULANGAN SENGGKANG = "; DT
LPRINT TAB(20); "    VU MAX DUKUNGAN        = "; VU2
LPRINT TAB(20); "    PANJANG DAERAH KRITIS  = "; LK
LPRINT TAB(20); "    JARAK SENGGKANG DAERAH KRITIS      =";
CEIL(SKR)
LPRINT TAB(20); "    JUMLAH SENGGKANG KRITIS      ="; CEIL(NKR)
LPRINT TAB(20) USING"    LUAS SENGGKANG DAERAH KRITIS      =
#####.###"; AVKR
LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(20); "    BANYAKNYA DAERAH SENGGKANG NON KRITIS = ";n
Z = (LT / 2) - DP
X = Z / n
LPRINT TAB(20)"    PANJANG DAERAH NON KRITIS      =";Z
LPRINT TAB(20)"    PANJANG SEGMENT NON KRITIS      =";CEIL(X)
LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(20); "-----"
LPRINT TAB(20); " DAERAH  ", " SPASI", " LUAS "
LPRINT TAB(20); "-----"
FOR I = 1 TO n
SY = (AV * FY * X) / (VS - (((D / (LT / 2)) * VS) + ((I - 1) * (X / (LT / 2)) * VS)))
IF SY > 600 THEN 2610 ELSE 2620
2610 S = 600: GOTO 2630
2620 S = SY
2630 P = X / S
ANKR = P * AV
LPRINT TAB(20); , I, FIX(S), CEIL(AVNKR),
NEXT I
LPRINT:LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(25)" Programer Bakti Setiyadi dan Hengky Pradoto"
CALL BACAENTER
GOTO 3010
3000 LOCATE 19, KOLOM%: INPUT "    APAKAH MAU NGISI DATA LAGI (Y/T) = ", K$
IF K$ = "Y" OR K$ = "y" THEN 600 ELSE 3010
3010 END SUB

```



## LISTING PROGRAM PERENCANAAN PENULANGAN GESER TORSI

### PADA BALOK KONVENSIONAL DAN BALOK GRID

```
CLS
$include"TBWINDO.INC"
CALL JENDELABERTUMPUK
CALL TORSI
CLS
END
REM -----AKHIR PROGRAM UTAMA-----
SUB BACAENTER
LOCAL TOMBOLS
DO
    TOMBOLS = INKEY$
LOOP UNTIL TOMBOLS = CHR$(13)
END SUB

REM-----AKHIR BACAENTER-----
SUB PINGGIR
CLS:KEY OFF:SCREEN 0,0,0
COLOR 3      :LOCATE 1,1:FOR I=3 TO 82:PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=1 TO 22  :LOCATE I,80      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=80 TO 1 STEP -1:LOCATE 22,I      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=22 TO 1 STEP -1:LOCATE I,1      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
    LOCATE 2,2:FOR I=3 TO 80:PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=1 TO 22  :LOCATE I,79      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=78 TO 2 STEP -1:LOCATE 21,I      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=20 TO 3 STEP -1:LOCATE I,2      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
END SUB
SUB JENDELABERTUMPUK
CALL PINGGIR
CALL MAKEWINDOW(5, 12, 15, 57, FNATTR%(0, 7), 1, 0, 0)
CALL TITLEWINDOW(1, "BAKTI DAN HENGKY Comp.")
CALL PRTCWINDOW(4, "SOFTWARE PERHITUNGAN PENULANGAN GESER TORSI ")
CALL PRTCWINDOW(5, "PERHITUNGAN PADA DAERAH KRITIS DAN DAERAH BIASA")
CALL PRTCWINDOW(6, "BERDASARKAN PERATURAN SKSNI-1991")
CALL PRTCWINDOW(10, " JIKA ADA MASALAH HUBUNGI FTSP UII 91310049 &
91310063")
CALL PRTCWINDOW(12, "SILAHKAN MENEKAN ENTER")
CALL BACAENTER
REM-----BIKIN JENDELA KEDUA----
CALL MAKEWINDOW(8, 15, 9, 52, FNATTR%(7, 1), 2, 1, 1)
CALL TITLEWINDOW(2, "SELAMAT DATANG DI PROGRAM INI")
CALL PRTWINDOW(3, 7, "SIAPKAN BERKAS - BERKAS UNTUK PERHITUNGAN")
CALL PRTWINDOW(4, 3, " KONVERSIKAN SATUAN PERHITUNGAN SEHINGGA SAMA ")
CALL PRTWINDOW(6, 15, " JIKA SIAP TEKAN ENTER")
CALL BACAENTER
```

```
CALL REMOVEWINDOW
END SUB
```

```
REM----- PROGRAM -----
```

```
REM *****
```

```
REM ** PERHITUNGAN TULANGAN TORSI **
```

```
REM *****
```

```
SUB TORSI
```

```
900 CALL PINGGIR
```

```
    COLOR 14
```

```
    LOCAL KOLOM%
```

```
    KOLOM% = 15
```

```
    COLOR 12
```

```
    LOCATE 5, KOLOM% - 1: PRINT STRING$(60, "=")
```

```
    LOCATE 18, KOLOM%: PRINT STRING$(60, "=")
```

```
    COLOR 9
```

```
    LOCATE 7, KOLOM%: PRINT "    MUTU BETON ( F'C )    = "
```

```
    LOCATE 8, KOLOM%: PRINT "    MUTU BAJA ( FY )    = "
```

```
    LOCATE 9, KOLOM%: PRINT "    LEBAR BALOK ( B )    = "
```

```
    LOCATE 10, KOLOM%: PRINT "    TINGGI BALOK ( H )    = "
```

```
    LOCATE 11, KOLOM%: PRINT "    PANJANG BALOK    = "
```

```
    LOCATE 12, KOLOM%: PRINT "    MASUKAN KUAT GESER MAX    = "
```

```
    LOCATE 13, KOLOM%: PRINT "    MASUKKAN MOMENT TORSI    = "
```

```
    LOCATE 14, KOLOM%: PRINT "    DIAMETER TULANGAN    = "
```

```
    LOCATE 7,52:INPUT,FC
```

```
    LOCATE 8,52:INPUT,FY
```

```
    LOCATE 9,52:INPUT,B
```

```
    LOCATE 10,52:INPUT,H
```

```
    LOCATE 11,52:INPUT,LT
```

```
    LOCATE 12,52:INPUT,VUV
```

```
    LOCATE 13,52:INPUT,TU
```

```
    LOCATE 14,52:INPUT,DT
```

```
    GOTO 906
```

```
905 CALL PINGGIR
```

```
    LOCATE 10, KOLOM%: PRINT "    DIAMETER TULANGAN    = "
```

```
    LOCATE 15,52:INPUT,DT
```

```
REM ---- PERHITUNGAN -----
```

```
906 CLS
```

```
    PB=80
```

```
    DP = H-PB
```

```
    VU = VUV
```

```
    RD = 0.6
```

```
    TN = TU / RD
```

```
    N = B ^ 2 * H
```

```
    CZ = RD * 1 / 24 * SQR(FC) * N
```

```
    IF TU > CZ THEN 920 ELSE 910
```

```
910 CALL PINGGIR
```

```
    COLOR 26
```

```
    LOCATE 10, 25: PRINT " STRUKTUR TIDAK PERLU TULANGAN GESER "
```

```
    CALL BACAENTER
```

```
    GOTO 1500
```

```
920 CT = (B * DP) / N
```

```
    C = (1 / 15) * SQR(FC) * N
```

```
    BC = ((.4 * VU) / (CT * TU))^ 2
```

```

TC = C/(SQR(1+BC))
TS = TN - TC
TQ = 4*TC
IF TS < TQ THEN 925 ELSE 922
922 CALL PINGGIR
    COLOR 26
    LOCATE 10, 30: PRINT " PENAMPANG DIPERBESAR "
    CALL BACAENTER
    GOTO 900
925 X1 = B - 2 * (40 + (.5 * DT))
    Y1 = H - 2 * (40 + (.5 * DT))
    ATG = 1 / 3 * (2 + (Y1 / X1))
    IF ATG > 1.5 THEN 930 ELSE 940
930 ATG = 1.5: GOTO 950
940 ATG = ATG
950 Z = (TS / (ATG * X1 * Y1 * FY))
    VC = ((1 / 6) * SQR(FC) * B * DP) / (SQR(1 + (2.5 * CT * (TU / VU)))^2)
    VS = (VU/RD)-VC
    K = (VS/(FY*DP))
    L = (2*Z)+K
    AV = 2*0.25*3.14*DT^2
    S = AV / L
    SMIN = 50
    IF S > SMIN THEN 927 ELSE 926
926 CALL PINGGIR
    COLOR 26
    LOCATE 10, 30: PRINT " PERBESAR DIAMETER TULANGAN "
    CALL BACAENTER
    GOTO 905
927 SMAK=0.25*(X1+Y1)
    IF S < SMAK THEN 960 ELSE 970
960 SPK=S
    GOTO 980
970 SPK=SMAK
980 N = (0.5*LT)/SPK
    AVT = N * AV
    AL = (2*Z)*(X1+Y1)
990 CALL PINGGIR
    COLOR 13
    LOCATE 6, KOLOM% - 1: PRINT STRING$(60, "=")
    LOCATE 20, KOLOM%: PRINT STRING$(60, "=")
    COLOR 14
    LOCATE 8,KOLOM% : PRINT "          PILIH OUTPUT DATA ANDA          "
    LOCATE 9,KOLOM% : PRINT "          1. LAYAR MONITOR          "
    LOCATE 10,KOLOM% : PRINT "          2. PRINTER          "
    LOCATE 11,KOLOM% : INPUT "          PILIHAN ANDA = ",CT
    IF CT = 1 THEN 1000 ELSE 1100
1000 COLOR 14
    LOCATE 7, KOLOM%: PRINT " MUTU BETON ( F'C )      = ",FC
    LOCATE 8, KOLOM%: PRINT " MUTU BAJA ( F'Y )      = ",FY
    LOCATE 9, KOLOM%: PRINT " TINGGI FUNGSIONAL ( D ) = ",DP
    LOCATE 10, KOLOM%: PRINT " LEBAR BALOK ( B )      = ",B
    LOCATE 11, KOLOM%: PRINT " TINGGI BALOK ( H )     = ",H
    LOCATE 12, KOLOM%: PRINT " PANJANG BALOK          = ",LT

```

```

LOCATE 13, KOLOM%: PRINT "    KUAT GESER MAX          = ",VU
LOCATE 14, KOLOM%: PRINT "    MOMENT TORSI           = ",TU
LOCATE 15, KOLOM%: PRINT "    SPASI SENGKANG (mm)      = ",SPK
LOCATE 16, KOLOM%: PRINT USING"    LUAS TUL. SENGKANG      =
#####.###";AVT
LOCATE 17, KOLOM%: PRINT USING"    LUAS TUL. MEMANJANG TORSI =
#####.###";AL
CALL BACAENTER
COLOR 14 :BEEP
LOCATE 19, KOLOM%:INPUT  "          ANDA INGIN ISI DATA LAGI (Y/T) ",K$
IF K$="Y" OR K$="y" THEN 900 ELSE 1500

```

1100 CLS

```

LPRINT:LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(15)"=====
LPRINT TAB(15)"  TULANGAN KOMBINASI GESER TORSI mm , N  "
LPRINT TAB(15)"=====
LPRINT
LPRINT TAB(19)"MUTU BETON ( F'C )      = ",FC
LPRINT TAB(19)"MUTU BAJA ( FY )       = ",FY
LPRINT TAB(19)"TINGGI FUNGSIONAL ( D ) = ",DP
LPRINT TAB(19)"LEBAR BALOK ( B )      = ",B
LPRINT TAB(19)"TINGGI BALOK ( H )     = ",H
LPRINT TAB(19)"PANJANG BALOK         = ",LT
LPRINT TAB(19)"KUAT GESER MAX        = ",VU
LPRINT TAB(19)"MOMENT TORSI          = ",TU
LPRINT TAB(19)"SPASI SENGKANG (mm)    = ",SPK
LPRINT TAB(19)"LUAS TUL. SENGKANG     = ",AVT
LPRINT TAB(19)"LUAS TUL. MEMANJANG TORSI = ",AL

```

1500 END SUB□

## LISTING PROGRAM LENDUTAN PADA BALOK KONVENSIONAL

```
CLS
$include"TBWINDO.INC"
CALL JENDELABERTUMPUK
CLS
CALL LENDUTAN
CLS
END
REM -----AKHIR PROGRAM UTAMA-----
SUB BACAENTER
LOCAL TOMBOL$
DO
    TOMBOL$ = INKEY$
LOOP UNTIL TOMBOL$ = CHR$(13)
END SUB

REM -----AKHIR BACAENTER-----
SUB PINGGIR
CLS:KEY OFF:SCREEN 0,0,0
COLOR 3          :LOCATE 1,1:FOR I=3 TO 82:PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=1 TO 22    :LOCATE I,80      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=80 TO 1 STEP -1:LOCATE 22,I  :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=22 TO 1 STEP -1:LOCATE I,1    :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
                LOCATE 2,2:FOR I=3 TO 80:PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=1 TO 22    :LOCATE I,79      :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=78 TO 2 STEP -1:LOCATE 21,I  :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=20 TO 3 STEP -1:LOCATE I,2    :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
END SUB
'-----
SUB JENDELABERTUMPUK
CALL PINGGIR
CALL MAKEWINDOW(5, 12, 15, 57, FNATTR%(0, 7), 1, 0, 0)
CALL TITLEWINDOW(1, "BAKTI DAN HENGKY Comp.")
CALL PRTCWINDOW(4, " SOFTWARE PERHITUNGAN LENDUTAN ")
CALL PRTCWINDOW(5, " PERHITUNGAN PADA KEKUATAN PENAMPANG DAN
TULANGAN")
CALL PRTCWINDOW(6, " BERDASARKAN PERATURAN SKSNI-1991")
CALL PRTCWINDOW(10,"JIKA ADA MASALAH HUBUNGI FTSP UII 91310049 & 91310063")
CALL PRTCWINDOW(12," SILAHKAN MENEKAN ENTER")
CALL BACAENTER
REM -----BIKIN JENDELA KEDUA----
CALL MAKEWINDOW(8, 15, 9, 52, FNATTR%(7, 1), 2, 1, 1)
CALL TITLEWINDOW(2, "SELAMAT DATANG DI PROGRAM INI")
CALL PRTWINDOW(3, 7, "SIAPKAN BERKAS - BERKAS UNTUK PERHITUNGAN")
CALL PRTWINDOW(4, 3, " KONVERSIKAN SATUAN PERHITUNGAN SEHINGGA SAMA ")
CALL PRTWINDOW(6, 15, " JIKA SIAP TEKAN ENTER")
CALL BACAENTER
```

```

CALL REMOVEWINDOW
END SUB
REM *****
100 SUB LENDUTAN
    CALL PINGGIR
    LOCAL KOLOM%
    KOLOM% = 15
    COLOR 12
    LOCATE 4, KOLOM% - 1 : PRINT STRING$(55, "=")
    LOCATE 19, KOLOM% : PRINT STRING$(55, "=")
    COLOR 14
    LOCATE 6, KOLOM% : PRINT "    ANGKA EKIVALENSI    ="
    LOCATE 7, KOLOM% : PRINT "    MODULUS ELASTISITAS    ="
    LOCATE 8, KOLOM% : PRINT "    MOMEN AKIBAT B. MATI    ="
    LOCATE 9, KOLOM% : PRINT "    MOMEN AKIBAT B. HIDUP    ="
    LOCATE 10, KOLOM% : PRINT "    LEBAR BALOK    ="
    LOCATE 11, KOLOM% : PRINT "    TINGGI BALOK    ="
    LOCATE 12, KOLOM% : PRINT "    MUTU BETON (FC)    ="
    LOCATE 13, KOLOM% : PRINT "    PANJANG BALOK    ="
    LOCATE 6,52:INPUT,N
    LOCATE 7,52:INPUT,EC
    LOCATE 8,52:INPUT,MDL
    LOCATE 9,52:INPUT,MLL
    LOCATE 10,52:INPUT,B
    LOCATE 11,52:INPUT,H
    LOCATE 12,52:INPUT,FC
    LOCATE 13,52:INPUT,L
    D = H - 80
    CALL PINGGIR
    COLOR 12
    LOCATE 5, KOLOM% - 1 : PRINT STRING$(55, "=")
    LOCATE 15, KOLOM% : PRINT STRING$(55, "=")
    COLOR 9
    LOCATE 7, KOLOM% : PRINT "    PILIH PERENCANAAN PENULANGAN"
    LOCATE 8, KOLOM% : PRINT "    1. TULANGAN SEBELAH    "
    LOCATE 9, KOLOM% : PRINT "    2. TULANGAN RANGKAP    "
    LOCATE 11, KOLOM% : INPUT "    PILIHAN ANDA = ", O
    IF O = 1 THEN 610 ELSE 620
610    LOCATE 13, KOLOM% : INPUT "    BESARNYA TULANGAN TARIK    = ", AS1
        Z = SQR(1 + ((2 * B * D) / (N * AS1))) - 1
        Y = ((N * AS1) / B) * Z
        GOTO 660
620    LOCATE 13, KOLOM% : INPUT "    BESARNYA TULANGAN TARIK    = ", AS1
        LOCATE 14, KOLOM% : INPUT "    BESARNYA TULANGAN DESAK    = ", AS2
REM *****
REM PERHITUNGAN Y DENGAN RUMUS ABC
REM *****
    D1 = H - D
    A = 0.5 * B
    BC = ((N * AS1) + (N * AS2))
    C = -((N * AS2 * D1) + (N * AS1 * D))
    DISK = BC^2 - 4 * A * C
    IF DISK < 0 THEN 630
    IF DISK = 0 THEN 640

```

```

IF DISK > 0 THEN 650
630 CALL PINGGIR
    COLOR 12
    LOCATE 5,KOLOM%-1 : PRINT STRING$(60,"=")
    LOCATE 10,KOLOM% : PRINT STRING$(60,"=")
    COLOR 28
    LOCATE 8,KOLOM% : PRINT"   GARIS NETRAL IMAJINER ULANGI ADA
KESALAHAN "
    CALL BACAENTER
    GOTO 100
640 X = -BC/(2*A)
    GOTO 655
650 X1 = (-BC+SQR(DISK))/(2*A)
    X2 = (-BC-SQR(DISK))/(2*A)
655 CALL PINGGIR
    COLOR 12
    LOCATE 5,KOLOM%-1 : PRINT STRING$(60,"=")
    LOCATE 15,KOLOM% : PRINT STRING$(60,"=")
    COLOR 14
    LOCATE 8,KOLOM% : PRINT "   GARIS NETRAL Y1 = ",X1
    LOCATE 9,KOLOM% : PRINT "   GARIS NETRAL Y2 = ",X2
    LOCATE 11,KOLOM% : PRINT "   GARIS NETRAL PAKAI = "
    LOCATE 11,45:INPUT,Y
    ICR = ((1/3)*B*Y^3)+((N*AS1)*(D-Y)^2+((N*AS2)*(Y-D1)^2))
    GOTO 665
660 ICR = (1 / 3 * (B * Y^3)) + N * AS1 * (D - Y)^2
665 IG = (1 / 12) * B * H^3
    FR = .7 * SQR(FC)
    YT = .5 * H
    MCR = (FR*IG)/YT
    MK1 = MCR / (MDL + MLL)
    IE1 = (MK1^3 * IG) + ((1 - MK1^3) * ICR)
    IE2 = MK2 * IE + (1 - MK2) * ICR
    ADL = (1 * MDL * L^2) / (48* EC * IG)
    ALL = ((1 *(MDL + MLL) * L^2) / (48*EC * IE1))-ADL
    ASL = (1*L^2*(MDL+(0.6*MLL))/(48*EC*IE2))-ADL
    P1 = AS2 / (B * D)
    K = 2/(1+(50*P1))
    Q = 1.65 / (1 + (50 * P1))
    ALT = ALL + (K * ADL) + (Q * ASL)
    COLOR 26
    LOCATE 16, KOLOM% : PRINT "           TEKAN ENTER UNTUK MELANJUTKAN
"

CALL BACAENTER
CALL PINGGIR
COLOR 14
LOCATE 6 , KOLOM% : PRINT "   ANGKA EKIVALENSI           = ", N
LOCATE 7 , KOLOM% : PRINT "   MODULUS ELASTISITAS       = ", EC
LOCATE 8 , KOLOM% : PRINT "   MOMEN AKIBAT B. MATI      = ", MDL
LOCATE 9 , KOLOM% : PRINT "   MOMEN AKIBAT B. HIDUP     = ", MLL
LOCATE 10, KOLOM% : PRINT "   LEBAR BALOK                = ", B
LOCATE 11, KOLOM% : PRINT "   TINGGI BALOK               = ", H
LOCATE 12, KOLOM% : PRINT "   GARIS NETRAL               = ", Y
LOCATE 13, KOLOM% : PRINT "   LENDUTAN SEKETIKA B. MATI = ", ADL

```

```

LOCATE 14, KOLOM% : PRINT "      LENDUTAN SEKETIKA B. HIDUP = ";
CEIL(ALL)
LOCATE 15, KOLOM%: PRINT "      LENDUTAN 60 % B. HIDUP  = "; CEIL(ASL)
LOCATE 16, KOLOM% : PRINT "      LENDUTAN JANGKA PANJANG  = ";
CEIL(ALT)
CALL BACAENTER
670 CALL PINGGIR
IF L / 180 > ALL THEN 675 ELSE 700
675 LOCATE 9,30 :PRINT " L/180 AMAN "
IF L / 360 > ALL THEN 680 ELSE 700
680 LOCATE 10,30:PRINT " L/360 AMAN "
CALL BACAENTER
IF L / 240 > ALT THEN 695 ELSE 700
695 LOCATE 11,30:PRINT " L /240 AMAN "
CALL BACAENTER
GOTO 710
700 LOCATE 12,30:PRINT " LENDUTAN TIDAK AMAN":GOTO 715
710 LOCATE 13,30:PRINT " LENDUTAN AMAN"
715 CALL BACAENTER
CALL PINGGIR
COLOR 14
LOCATE 8,KOLOM% : PRINT "      PILIH OUTPUT DATA ANDA      "
LOCATE 9,KOLOM% : PRINT "      1. LAYAR MONITOR              "
LOCATE 10,KOLOM% : PRINT "      2. PRINTER                    "
LOCATE 11,KOLOM% : INPUT "      PILIHAN ANDA = ",XC
IF XC = 1 THEN 716 ELSE 720
716 CALL PINGGIR
COLOR 12
LOCATE 5,KOLOM%-1 : PRINT STRING$(60,"=")
LOCATE 19,KOLOM% : PRINT STRING$(60,"=")
LOCATE 6 , KOLOM% : PRINT "      ANGKA EKIVALENSI              = "; N
LOCATE 7 , KOLOM% : PRINT "      MODULUS ELASTISITAS           = "; EC
LOCATE 8 , KOLOM% : PRINT "      MOMEN AKIBAT B. MATI          = "; MDL
LOCATE 9 , KOLOM% : PRINT "      MOMEN AKIBAT B. HIDUP        = "; MLL
LOCATE 10, KOLOM% : PRINT "      LEBAR BALOK                   = "; B
LOCATE 11, KOLOM% : PRINT "      TINGGI BALOK                  = "; H
LOCATE 12, KOLOM% : PRINT "      GARIS NETRAL                  = "; CEIL(Y)
LOCATE 13, KOLOM% : PRINT "      LENDUTAN SEKETIKA B. MATI    = ";
CEIL(ADL)
LOCATE 14, KOLOM% : PRINT "      LENDUTAN SEKETIKA B. HIDUP  = ";
CEIL(ALL)
LOCATE 15, KOLOM% : PRINT "      LENDUTAN 60 % B. HIDUP      = "; CEIL(ASL)
LOCATE 16, KOLOM% : PRINT "      LENDUTAN JANGKA PANJANG    = ";
CEIL(ALT)
COLOR 26
LOCATE 23,KOLOM%: PRINT " SALAM DARI BAKTI DAN HENGKY UII FTSP 91 "
COLOR 14 :BEEP
LOCATE 24, KOLOM%:INPUT "      ANDA INGIN ISI DATA LAGI (Y/T) ",K$
IF K$="Y" OR K$="y" THEN 100 ELSE 730
CALL BACAENTER
720 LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(15)"===== "
LPRINT TAB(15)" PERHITUNGAN LENDUTAN mm , N      "
LPRINT TAB(15)"===== "

```



```

LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(19)"ANGKA EKIVALENSI      = "; N
LPRINT TAB(19)"KONSTANTA WAKTU      = "; J
LPRINT TAB(19)"FAKTOR WAKTU TAK TERHINGGA = "; K
LPRINT TAB(19)"FAKTOR WAKTU TERTENTU  = "; TA
LPRINT TAB(19)"MODULUS ELASTISITAS    = "; EC
LPRINT TAB(19)"MOMEN AKIBAT B. MATI   = "; MDL
LPRINT TAB(19)"MOMEN AKIBAT B. HIDUP  = "; MLL
LPRINT TAB(19)"LEBAR BALOK            = "; B
LPRINT TAB(19)"TINGGI BALOK           = "; H
LPRINT TAB(19)"GARIS NETRAL           = "; Y
LPRINT TAB(19)"LENDUTAN SEKETIKA B. MATI = "; ADL
LPRINT TAB(19)"LENDUTAN SEKETIKA B. HIDUP = "; ALL
LPRINT TAB(19)"LENDUTAN 60 % B. HIDUP  = "; CEIL(ASL)
LPRINT TAB(19)"LENDUTAN JANGKA PANJANG = "; ALT
LPRINT:LPRINT:LPRINT
LPRINT TAB(19)" PROGRAMER BY BAKTI AND HENGKY PLEASE YOU CALL ME
"
LPRINT TAB(19)"      IF YOU TROUBLE IN MY PROGRAM "
COLOR 26
LOCATE 23,KOLOM%: PRINT " SALAM DARI BAKTI DAN HENGKY UII FTSP 91 "
COLOR 14 :BEEP
LOCATE 24, KOLOM%:INPUT "      ANDA INGIN ISI DATA LAGI (Y/T) ",K$
IF K$="Y" OR K$="y" THEN 100 ELSE 730
CALL BACAENTER
730 END SUB

```

## LISTING PROGRAM MEKANIKA GRID

```

REM *****
REM * Program GRID.GD untuk analisis *
REM * Plat Griders *
REM *****
1140 OPTION BASE 1
1160 REM - the following dimension sets the problem size
1180 COMMON FILES$
1190 DIM NODE(20, 2), MEMB(40, 9), REST(20, 5), NLOD(40, 3), MLOD(20, 9)
1200 DIM FSTIFF(40, 20), LOD(40), FREE(60), EFREE(6), ESTIFF(6, 6)
1210 DIM TEMP(12)
1220 PRINT : PRINT:CLS
CLS
$include"TBWINDO.INC"
CALL JENDELABERTUMPUK
CLS
CALL PROGRAM
CLS
CALL HALO
END
'-----AKHIR PROGRAM UTAMA-----
SUB BACAENTER
LOCAL TOMBOL$
DO
    TOMBOL$=INKEY$
LOOP UNTIL TOMBOL$=CHR$(13)
END SUB
'-----AKHIR BACAENTER-----
SUB PINGGIR
CLS:KEY OFF:SCREEN 0,0,0
COLOR 3 :LOCATE 1,1:FOR I=3 TO 82:PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT
I
FOR I=1 TO 22 :LOCATE I,80 :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=80 TO 1 STEP -1:LOCATE 22,I :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=22 TO 1 STEP -1:LOCATE I,1 :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
LOCATE 2,2:FOR I=3 TO 80:PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT
T:NEXT I
FOR I=1 TO 22 :LOCATE I,79 :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=78 TO 2 STEP -1:LOCATE 21,I :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
FOR I=20 TO 3 STEP -1:LOCATE I,2 :PRINT CHR$(178);:FOR T=1 TO 25:NEXT T:NEXT I
END SUB
'-----
SUB JENDELABERTUMPUK
CALL PINGGIR
CALL MAKEWINDOW(5,12,15,57,FNATTR%(6,7),1,0,0)
CALL TITLEWINDOW(1,"BAKTI DAN HENGKY Comp.")
CALL PRTCWINDOW(4," SOFTWARE MEKANIKA STRUKTUR BALOK GRID")
CALL PRTCWINDOW(5," BERDASARKAN METODE KEKAKUAN ")
CALL PRTCWINDOW(6," APABILA ADA MASALAH BACA MANUAL PETUNJUK SOFWARE
INI")
CALL PRTCWINDOW(12,"SILAHKAN MENEKAN ENTER")
CALL BACAENTER
'-----BIKIN JENDELA KEDUA-----

```

```

CALL MAKEWINDOW(8,15,9,52, FNATTR%(7,1),2,1,1)
CALL TITLEWINDOW(2,"SELAMAT DATANG DI PROGRAM INI")
CALL PRTWINDOW(3,7,"SIAPKAN BERKAS - BERKAS UNTUK PERHITUNGAN")
CALL PRTWINDOW(4,3, " ANDA HARUS MENGISI DATA PADA FILE ANDA " )
CALL PRTWINDOW(6,15," JIKA SIAP TEKAN ENTER")
CALL BACAENTER
CALL REMOVEWINDOW
END SUB
SUB HALO
CALL PINGGIR
BEEP:BEEP
COLOR 10
LOCATE 10,17:PRINT "      PROGRAM GUBAHAN DARI J.A.D BALFOUR"
LOCATE 11,17:PRINT "      OLEH : BAKTI SETIYADI DAN HENGKY PRADOTO"
LOCATE 12,17:PRINT "      IF YOU PROBLEM TO MY PROGRAM PLEASE YOU CALL ME"
LOCATE 13,17:PRINT "      (0286)21201 / (0271)91304 / (0274)584214"
LOCATE 14,17:PRINT "      ATAU HUBUNGI FTSP UII 91310049 - 91310063"
COLOR 19
LOCATE 19,17:PRINT "      TERIMA KASIH ATAS PENGGUNAAN SOFTWARE INI "
CALL BACAENTER
END SUB
SUB PROGRAM
COLOR 3
PRINT:PRINT
1230 PRINT TAB(20)"-----"
1240 PRINT TAB(20)" PROGRAM G R I D. GD. UNTUK ANALISIS "
1250 PRINT TAB(20)"      BALOK GRILLAGES"
1260 PRINT TAB(20)"-----"
1310 REM
COLOR 14
1320 IF LEN(FILE$) <> 0 THEN GOTO 1350
1330 PRINT
1340 LOCATE 8,20:INPUT "NAMA DATA YANG AKAN DIPROSES = ", FILE$
1350 OPEN "I", #1, FILE$
1360 PRINT
1370 PRINT TAB(8)" DATA MASUKAN "
1380 GOSUB 1620
1400 REM -PRINT DATA
1410 GOSUB 2040
1420 PRINT
1430 PRINT TAB(8)"GENERATING THE FREEDOM VECTOR"
1440 GOSUB 2720
1450 PRINT
1460 PRINT TAB(8)"GENERATING THE STRUCTURE STIFFNESS MATRIX"
1470 GOSUB 3040
1480 PRINT
1490 PRINT TAB(8)"GENERATED THE LOADING VECTOR"
1500 GOSUB 3930
      PRINT
1510 PRINT TAB(8)"SOLVING EQUATION - NO.OF EQUATIONS =", NDOF
1520 PRINT TAB(8)"SEMI - BANDWIDTHH          =", BAND
1540 GOSUB 4600
REM DISPLACEMENT
GOSUB 5200

```

```

1550 REM HASIL GAYA BATANG DAN REAKSI
1600 GOSUB 5450
CALL BACAENTER
  GOSUB 7000
1610 END SUB
1620 REM *****
1630 REM * SUBROUTINE BACA DATA DARI INPUT DATA *
1640 REM *****
1680 INPUT #1, TITLES$
1690 INPUT #1, PTYPE, NCORD, NPROP, NNODE, NMEMB, NREST, NNLOD, NMLOD
  IF PTYPE = 4 THEN GOTO 1750
  PRINT : PRINT TAB(20)"FILE BUKAN BERBENTUK GRILLAGE ="
  CALL BACAENTER: END
  REM --- MASUKAN COORDINAT TITIK
1750 FOR I = 1 TO NNODE
  INPUT #1, NODE(I, 1), NODE(I, 2)
  NEXT I
  REM--- MASUKAN DATA BATANG
  FOR I = 1 TO NMEMB
  INPUT #1, MEMB(I, 1), MEMB(I, 2), MEMB(I, 3), MEMB(I, 4), MEMB(I, 5), MEMB(I, 6)
  NEXT I
  REM ----- MASUKAN DATA RESTRAINT
  FOR I = 1 TO NREST
  INPUT #1, REST(I, 1), REST(I, 2)
  REST(I, 3) = 0
  NEXT I
  REM ---- MASUKAN BEBAN TITIK
  FOR I = 1 TO NNLOD
  INPUT #1, NLOD(I, 1), NLOD(I, 2), NLOD(I, 3)
  NEXT I
  REM - MASUKAN BEBAN BATANG
  FOR I = 1 TO NMLOD
  INPUT #1, MLOD(I, 1), MLOD(I, 2), MLOD(I, 3), MLOD(I, 4), MLOD(I, 5)
  NEXT I
  RETURN
2040 REM -----
  REM - SUBROUTINE MENCETAK DATA -
  REM -----
  PRINT
  PRINT TAB(8)"*****"
  PRINT TAB(8)"* NAMA FILE * : "; TITLES$
  PRINT TAB(8)"*****"
  PRINT
  PRINT TAB(8)"*****"
  PRINT TAB(8)" TITIK COORDINATES "
  PRINT TAB(8)"*****"
  PRINT
  PRINT TAB(8)"NODE X Y"
  PRINT TAB(8)"NOMOR"
  FOR I = 1 TO NNODE
  PRINT TAB(8) USING " ###.### "; I, NODE(I, 1), NODE(I, 2),
  NEXT I
  PRINT:CALL BACAENTER
  PRINT TAB(8)"*****"

```

```

REM
REM--- GENERATE THE UPPER TRIANGLE OF THE ELEMENT STIFFNESS MATRIX
REM
A2 = MEMB(K, 3)
J2 = MEMB(K, 4)
G = MEMB(K, 5)
E = MEMB(K, 6)
L = MEMB(K, 7)
C = MEMB(K, 8)
S = MEMB(K, 9)
ESTIFF(1, 1) = 12 * E * A2 / L ^ 3
ESTIFF(1, 2) = 6 * E * A2 * S / L ^ 2
ESTIFF(1, 3) = -6 * E * A2 * C / L ^ 2
ESTIFF(1, 4) = -ESTIFF(1, 1)
ESTIFF(1, 5) = ESTIFF(1, 2)
ESTIFF(1, 6) = ESTIFF(1, 3)
ESTIFF(2, 2) = 4 * E * A2 * S * S / L + G * J2 * C * C / L
ESTIFF(2, 3) = -(4 * E * A2 - G * J2) * S * C / L
ESTIFF(2, 4) = -ESTIFF(1, 2)
ESTIFF(2, 5) = (2 * E * A2 * S * S / L + G * J2 * C * C) / L
ESTIFF(2, 6) = -(2 * E * A2 + G * J2) * S * C / L
ESTIFF(3, 3) = (4 * E * A2 * C * C + G * J2 * S * S) / L
ESTIFF(3, 4) = -ESTIFF(1, 3)
ESTIFF(3, 5) = ESTIFF(2, 6)
ESTIFF(3, 6) = (2 * E * A2 * C * C - G * J2 * S * S) / L
ESTIFF(4, 4) = ESTIFF(1, 1)
ESTIFF(4, 5) = -ESTIFF(1, 2)
ESTIFF(4, 6) = -ESTIFF(1, 3)
ESTIFF(5, 5) = ESTIFF(2, 2)
ESTIFF(5, 6) = ESTIFF(2, 3)
ESTIFF(6, 6) = ESTIFF(3, 3)

REM ---- SET UP THE ELEMENT CODE NUMBER
EFREE(1) = FREE(3 * IN - 2)
EFREE(2) = FREE(3 * IN - 1)
EFREE(3) = FREE(3 * IN)
EFREE(4) = FREE(3 * JN - 2)
EFREE(5) = FREE(3 * JN - 1)
EFREE(6) = FREE(3 * JN)
REM ---- MENCETAK KEKAKUAN LOKAL
PRINT TAB(8)"MATIKS KEKAKUAN LOKAL"
COLOR 7
FOR II = 1 TO 6
FOR JJ = 1 TO 6
PRINT USING "#####.##";ESTIFF(II,JJ);
NEXT JJ
NEXT II
CALL BACAENTER:PRINT:PRINT
REM ADD THE ELEMENT STIFFNESS TERMS
FOR I = 1 TO 6
IF EFREE(I) = 0 THEN GOTO 3890
FOR J = 1 TO 6
IF EFREE(J) = 0 THEN GOTO 3880
L = EFREE(I)

```

```

M = EFREE(J) - L + 1
IF M > BAND THEN BAND = M
FSTIFF(L, M) = FSTIFF(L, M) + ESTIFF(I, J)
3880 NEXT J
3890 NEXT I
COLOR 14
PRINT TAB(8)"MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL"
FOR KK = 1 TO 3
FOR LL = 1 TO 3
PRINT USING "#####.###";ESTIFF(KK,LL);
NEXT LL
NEXT KK
CALL BACAENTER:PRINT:PRINT
NEXT K
COLOR 9
PRINT TAB(8)"ASEMBLING"
PRINT
FOR III= 1 TO 3
FOR JJJ = 1 TO 3
PRINT USING "#####.###";FSTIFF(III,JJJ);
NEXT JJJ
NEXT III
CALL BACAENTER
RETURN
3930 REM *****
REM * SUBROUTINE MENCARI BEBAN LUAR *
REM *****
REM --- ADD NODAL LOADS TO THE LOADING VECTOR
IF NNLOD = 0 THEN GOTO 4100
FOR I = 1 TO NNLOD
J = 3 * NLOD(I, 1) - 3 + NLOD(I, 2)
J = FREE(J)
LOD(J) = NLOD(I, 3)
NEXT I
REM ---- ADD MEMEBER LOADS TO THE LOADING VECTOR
4100 IF NMLOD = 0 THEN GOTO 4590
FOR I = 1 TO NMLOD
IN = MLOD(I, 1)
JN = MLOD(I, 2)
FOR K = 1 TO NMEMB
IF MEMB(K, 1) <> IN THEN GOTO 4170
IF MEMB(K, 2) = JN THEN GOTO 4180
4170 NEXT K
4180 W = MLOD(I, 4)
L = MEMB(K, 7)
X = MLOD(I, 5)
Y = L - X
C = MEMB(K, 8)
S = MEMB(K, 9)
REM ----- CALC, AND STORE F.E.F
REM ----- UNIFORMALY DISTRIBUTED LOAD
ON MLOD(I,3) GOTO 4310, 4390
4310 MLOD(I, 6) = -W * L / 2
MLOD(I, 7) = W * L ^ 2 / 12

```

```

MLOD(I, 8) = MLOD(I, 6)
MLOD(I, 9) = -MLOD(I, 7)
GOTO 4460
REM - POINT LOAD
4390 MLOD(I, 6) = -W * (Y / L) ^ 2 * (1 + 2 * X / L)
MLOD(I, 7) = W * X * Y ^ 2 / L ^ 2
MLOD(I, 8) = -W * (X / L) ^ 2 * (1 + 2 * Y / L)
MLOD(I, 9) = -W * X ^ 2 * Y / L ^ 2
REM - ADD EQUIVALENT JOINT FORCES TO THE LOADING VECTOR
4460 J = FREE(3 * IN - 2)
IF J < 0 THEN LOD(J) = LOD(J) - MLOD(I, 6)
J = FREE(3 * IN - 1)
IF J < 0 THEN LOD(J) = LOD(J) + MLOD(I, 7) * S
J = FREE(3 * IN)
IF J < 0 THEN LOD(J) = LOD(J) - MLOD(I, 7) * C
J = FREE(3 * JN - 2)
IF J < 0 THEN LOD(J) = LOD(J) - MLOD(I, 8)
J = FREE(3 * JN - 1)
IF J < 0 THEN LOD(J) = LOD(J) + MLOD(I, 9) * S
J = FREE(3 * JN)
IF J < 0 THEN LOD(J) = LOD(J) - MLOD(I, 9) * C
NEXT I
COLOR 14
PRINT
PRINT TAB(8)" BEBAN LUAR YANG TERJADI"
PRINT TAB(15)LOD(1)
PRINT TAB(15)LOD(2)
PRINT TAB(15)LOD(3)
CALL BACAENTER
4590 RETURN
4600 REM -*****
REM * SUBROUTINE TO SOLVE LINEAR SIMULTANEOUS EQUATIONS BY *
REM * GAUSS ELEMINATION WITH NO ROW INTERCHANGE *
REM *****
REM --- LOOP FOR ALL PIVOTS
BB = BAND
PRINT TAB(8)"USING PIVOT :";
FOR I = 1 TO NDOF
PRINT I;
REM ----- CEK IF IN THE UNSED TRIANGLE
IF I > NDOF - BAND + 1 THEN BB = NDOF - I + 1
PIVOT = FSTIFF(I, I)
PRINT "PIVOT=", PIVOT
CALL BACAENTER
REM --- NORMALISE
FOR J = 1 TO BB
FSTIFF(I, J) = FSTIFF(I, J) / PIVOT
NEXT J
LOD(I) = LOD(I) / PIVOT
REM ---- CEK IF LAST ROW
IF BB = 1 THEN GOTO 5070
REM --- ELIMINATED FOR ALL ROWS ABOVE PIVOT
FOR K = 2 TO BB
REM - CALCULATE ROW NUMBER THEN EVALUATED MULTIPLIER

```

```

L = I + K - 1
MULT = FSTIFF(I, K) * PIVOT
REM -- LOOP FOR ELEMENTS IN THE ELEMENATION ROW
FOR J = K TO BB
M = J - K + 1
FSTIFF(L, M) = FSTIFF(L, M) - MULT * FSTIFF(I, J)
NEXT J
LOD(L) = LOD(L) - MULT * LOD(I)
NEXT K
5070 NEXT I
PRINT
REM - BACK SUBTITUSE
FOR I = 1 TO NDOF - 1
BB = I
IF I > BAND - 1 THEN BB = BAND - 1
FOR J = 1 TO BB
LOD(NDOF - I) = LOD(NDOF - I) - FSTIFF(NDOF - I, J + 1) * LOD(NDOF - I + J)
NEXT J
NEXT I
RETURN
5200 REM *****
REM * SUBROUTINE TO OUTPUT THE DISPLACEMENT *
REM *****
PRINT : PRINT
PRINT TAB(8)"***** "
PRINT TAB(8)" DISPLACEMENT * "
PRINT TAB(8)"***** "
PRINT
PRINT TAB(8)" NODE Z-DISPLACEMENT X ROTATION YROTATION"
PRINT
FOR I = 1 TO NNODE
PRINT USING " ## "; 1;
FOR J = 1 TO 3
K = FREE(3 * I + J - 3)
IF K = 0 THEN GOTO 5400
PRINT USING" ###.##^"; LOD(K);
GOTO 5410
5400
5410 NEXT J
PRINT
NEXT I
CALL BACAENTER
RETURN
5450 REM *****
REM * SUBROUTINE TO CALCULATE AND OUTPUT THE MEMBER END FORCES *
REM *****
FOR I = 1 TO NREST
REST(I, 3) = 0
NEXT I
FOR K = 1 TO NMEMB
A2 = MEMB(K, 3)
J2 = MEMB(K, 4)
G = MEMB(K, 5)
E = MEMB(K, 6)

```



```

L = MEMB(K, 7)
C = MEMB(K, 8)
S = MEMB(K, 9)
I = 3 * MEMB(K, 1) - 3
REM --- EXTRACT THE NODAL DISPLACEMENT - STORE TEMP (1) -(6)
FOR M = 1 TO 6
J = FREE(I + M)
IF J = 0 THEN TEMP(M) = 0 ELSE TEMP(M) = LOD(J)
IF M = 3 THEN I = 3 * MEMB(K, 2) - 6
NEXT M
REM --- calc member end forces - store temp(7) - (12)
REM
TEMP(7) = TEMP(2) * S - TEMP(3) * C + TEMP(5) * S - TEMP(6) * C
TEMP(7) = 6 * E * A2 * (2 * (TEMP(1) - TEMP(4)) / L + TEMP(7)) / L ^ 2
TEMP(8) = G * J2 * (TEMP(2) * C + TEMP(3) * S - TEMP(5) * C - TEMP(6) * S) / L
TEMP(9) = -2 * TEMP(2) * S + 2 * TEMP(3) * C - TEMP(5) * S + TEMP(6) * C
TEMP(9) = 2 * E * A2 * (3 * (TEMP(4) - TEMP(1)) / L + TEMP(9)) / L
TEMP(10) = -TEMP(7)
TEMP(11) = -TEMP(8)
TEMP(12) = -L * TEMP(7) - TEMP(9)
REM ---- ADD FIXED END FORCES
IF NMLOD = 0 THEN GOTO 5950
FOR I = 1 TO NMLOD
IF MEMB(K, 1) <> MLOD(I, 1) THEN GOTO 5940
IF MEMB(K, 2) <> MLOD(I, 2) THEN GOTO 5940
TEMP(7) = TEMP(7) + MLOD(I, 6)
TEMP(9) = TEMP(9) + MLOD(I, 7)
TEMP(10) = TEMP(10) + MLOD(I, 8)
TEMP(12) = TEMP(12) + MLOD(I, 9)
5940 NEXT I
5950 PRINT : PRINT
PRINT TAB(8) " ***** "
PRINT USING " * ELEMENT ## ## *"; MEMB(K, 1); MEMB(K, 2)
PRINT TAB(8) " ***** "
PRINT
PRINT TAB(8) " SHEAR TORSION BENDING"
PRINT TAB(8) " FORCE MOMENT MOMENT"
PRINT USING " NODE ##"; MEMB(K, 1);
PRINT USING " #####^"; TEMP(7); TEMP(8); TEMP(9)
PRINT USING " NODE ##"; MEMB(K, 2);
PRINT USING " #####^"; TEMP(10); TEMP(11); TEMP(12)
CALL BACAENTER
REM --- ADD ANY CONTRUBUTION FROM THE MEMBER FORCES TO THE REACTIONS.
FOR I = 1 TO NREST
J = 7
IF MEMB(K, 1) = REST(I, 1) THEN GOTO 6140
J = 10
IF MEMB(K, 2) <> REST(I, 1) THEN GOTO 6170
6140 REST(I, 3) = REST(I, 3) + TEMP(J)
REST(I, 4) = REST(I, 4) + C * TEMP(J + 1) - S * TEMP(J + 2)
REST(I, 5) = REST(I, 5) + S * TEMP(J + 1) - C * TEMP(J + 2)
6170 NEXT I
NEXT K
REM -- ADD ANY APPLIED LOADS

```

```

REM --- ADD ANY CONTRUBUTION FROM THE MEMBER FORCES TO THE REACTIONS
FOR I = 1 TO NREST
  J = 7
  IF MEMB(K, 1) = REST(I, 1) THEN GOTO 7700
  J = 10
  IF MEMB(K, 2) <> REST(I, 1) THEN GOTO 7800
7700 REST(I, 3) = REST(I, 3) + TEMP(J)
  REST(I, 4) = REST(I, 4) + C * TEMP(J + 1) - S * TEMP(J + 2)
  REST(I, 5) = REST(I, 5) + S * TEMP(J + 1) - C * TEMP(J + 2)
7800 NEXT I
NEXT K
REM -- ADD ANY APPLIED LOADS
FOR I = 1 TO NREST
  FOR J = 1 TO NNLOD
  IF REST(I, 1) <> NLOD(J, 1) THEN GOTO 7900
  K = NLOD(J, 2)
  REST(I, 2 + K) = REST(I, 2 + K) - NLOD(J, 3)
7900 NEXT J
NEXT I
REM --- OUTPUT THE REACTIONS
LPRINT : LPRINT
LPRINT TAB(8)"*****"
LPRINT TAB(8)" REACTIONS "
LPRINT TAB(8)"*****"
LPRINT
LPRINT TAB(20)" GAYA ARAH Z    MOMENT GLOBAL  MOMENT GLOBAL"
LPRINT TAB(20)"          ARAH X-AXIS    ARAH Y-AXIS"
LPRINT
FOR I = 1 TO NREST
LPRINT USING "  NODE ##"; REST(I, 1);
LPRINT USING "  ###.###^~~~~"; REST(I, 3); REST(I, 4); REST(I, 5)
NEXT I
8000 RETURN

```

## INPUT DATA PADA CONTOH DATA MANUAL GRID

Bakti

4,2,6,4,3,3,0,1

9000 , -10000

9000 , 0

0 , 0

9000 , 12000

1,2,0.800E+11,0.400E+11,0.600E+01,0.150E+02

2,3,0.800E+11,0.400E+11,0.600E+01,0.150E+02

2,4,0.800E+11,0.400E+11,0.600E+01,0.150E+02

1,123

3,123

4,123

2,3,1,-0.80E-1,9000

\*\*\*\*\*  
\* NAMA FILE \*  
\*\*\*\*\*

: Bakti

\*\*\*\*\*  
TITIK COORDINATES  
\*\*\*\*\*

NODE NOMOR	X	Y
1.000	%9000	%-10000
2.000	%9000	0.000
3.000	0.000	0.000
4.000	%9000	%12000

\*\*\*\*\*  
MEMBER PROPERTIES  
\*\*\*\*\*

MEMBER	I	J	G	E
1.00 2.00	8.000E+10	4.000E+10	6.000E+00	1.500E+01
2.00 3.00	8.000E+10	4.000E+10	6.000E+00	1.500E+01
2.00 4.00	8.000E+10	4.000E+10	6.000E+00	1.500E+01

\*\*\*\*\*  
RESTRAINT  
\*\*\*\*\*

NODE NUMBER	ARAH
1	123
3	123
4	123

\*\*\*\*\*  
BEBAN BATANG - VOL=1 POINT LOAD=2  
\*\*\*\*\*

BATANG	TYPE BEBAN	BESAR BEBAN ARAH BEBAN	JARAK DARI i SEPANJANG BATANG
2 3	1	-80.000E-03	

\*\*\*\*\*  
 DISPLACEMENT \*  
 \*\*\*\*\*

NODE	Z-DISPLACEMENT	X ROTATION	YROTATION
1			
2	-979.45E-02	-237.66E-06	572.67E-06
3			
4			

\*\*\*\*\*  
 1 ELEMENT 2  
 \*\*\*\*\*

NODE	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
1	1.239290E+02	-1.374404E+04	-6.481641E+05
2	-1.239290E+02	1.374404E+04	-5.911258E+05

\*\*\*\*\*  
 2 ELEMENT 3  
 \*\*\*\*\*

NODE	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
2	2.174326E+02	6.337605E+03	2.519731E+04
3	5.025674E+02	-6.337605E+03	1.257909E+06

\*\*\*\*\*  
 2 ELEMENT 4  
 \*\*\*\*\*

NODE	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
2	-9.350368E+01	1.145337E+04	5.847881E+05
4	9.350368E+01	-1.145337E+04	5.372561E+05

\*\*\*\*\*  
 REACTIONS  
 \*\*\*\*\*

NODE	GAYA ARAH Z	MOMENT GLOBAL ARAH X-AXIS	MOMENT GLOBAL ARAH Y-AXIS
1	1239.290E-01	1296.328E+03	-1145.337E+01
3	5025.674E-01	1267.521E+01	7001.996E-03
4	9350.368E-02	-1074.512E+03	4000.125E-03

## Input Balok Grid 7 x 7 m

GRID7M

4,2,6,5,4,4,0,4

0,0

0,3.5

0,-3.5

3.5,0

-3.5,0

1,2,1.519E-3,6.075E-3,1.180E+7,2.35E+7

1,3,1.519E-3,6.075E-3,1.180E+7,2.35E+7

1,4,1.519E-3,6.075E-3,1.180E+7,2.35E+7

1,5,1.519E-3,6.075E-3,1.180E+7,2.35E+7

2,123

3,123

4,123

5,123

1,2,1,-24.897,3.5

1,3,1,-24.897,3.5

1,4,1,-24.897,3.5

1,5,1,-24.897,3.5

\*\*\*\*\*  
 \* NAMA FILE \* : GRID7M  
 \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
 TITIK COORDINATES  
 \*\*\*\*\*

NODE NOMOR	X	Y
1.000	0.000	0.000
2.000	0.000	3.500
3.000	0.000	-3.500
4.000	3.500	0.000
5.000	-3.500	0.000

\*\*\*\*\*  
 MEMBER PROPERTIES  
 \*\*\*\*\*

MEMBER	I	J	G	E
1.00 2.00	1.519E-03	6.075E-03	1.180E+07	2.350E+07
1.00 3.00	1.519E-03	6.075E-03	1.180E+07	2.350E+07
1.00 4.00	1.519E-03	6.075E-03	1.180E+07	2.350E+07
1.00 5.00	1.519E-03	6.075E-03	1.180E+07	2.350E+07

\*\*\*\*\*  
 RESTRAINT  
 \*\*\*\*\*

NODE NUMBER	ARAH
2	123
3	123
4	123
5	123

\*\*\*\*\*  
 BEBAN BATANG - VOL=1 POINT LOAD=2  
 \*\*\*\*\*

BATANG	TYPE BEBAN	BESAR BEBAN ARAH BEBAN	JARAK DARI i
1 2	1	-24.897E+00	SEPANJANG BATANG
1 3	1	-24.897E+00	SEPANJANG BATANG
1 4	1	-24.897E+00	SEPANJANG BATANG
1 5	1	-24.897E+00	SEPANJANG BATANG

\*\*\*\*\*  
 DISPLACEMENT \*  
 \*\*\*\*\*

NODE	Z-DISPLACEMENT	X ROTATION	YROTATION
1	-436.10E-05	601.61E-02	601.61E-02
2			
3			
4			
5			

\*\*\*\*\*  
 1 ELEMENT 2  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 1	0.000000E+00	0.000000E+00	5.083137E+01
NODE 2	8.713950E+01	0.000000E+00	1.016628E+02

\*\*\*\*\*  
 1 ELEMENT 3  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 1	0.000000E+00	0.000000E+00	5.083137E+01
NODE 3	8.713950E+01	0.000000E+00	1.016628E+02

\*\*\*\*\*  
 1 ELEMENT 4  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 1	0.000000E+00	0.000000E+00	5.083137E+01
NODE 4	8.713950E+01	0.000000E+00	1.016628E+02

\*\*\*\*\*  
 1 ELEMENT 5  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 1	0.000000E+00	0.000000E+00	5.083137E+01
NODE 5	8.713950E+01	0.000000E+00	1.016628E+02

\*\*\*\*\* j  
 REACTIONS  
 \*\*\*\*\*

	GAYA ARAH Z	MOMENT GLOBAL ARAH X-AXIS	MOMENT GLOBAL ARAH Y-AXIS
NODE 2	8713.950E-02	-2033.255E-01	1016.628E-01
NODE 3	8713.950E-02	2033.255E-01	3000.004E-03
NODE 4	8713.950E-02	3001.584E-03	3001.584E-03
NODE 5	8713.950E-02	3001.584E-03	3001.584E-03



## Input Balok Grid 8 x 8 m

GRID8M

4,2,6,12,12,8,0,12

0,0

2.6667,0

-2.6667,2.6667

0,2.6667

2.6667,2.6667

5.3334,2.6667

-2.6667,5.3334

0,5.3334

2.6667,5.3334

5.3334,5.3334

0,8

2.6667,8

1,4,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

2,5,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

3,4,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

4,5,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

5,6,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

4,8,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

5,9,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

7,8,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

8,9,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

9,10,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

8,11,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

9,12,2.083E-3,8.330E-3,1.180E+7,2.35E+7

1,123

2,123

3,123

6,123

7,123

10,123

11,123

12,123

1,4,1,-17.417,2.6667

2,5,1,-17.417,2.6667

3,4,1,-17.417,2.6667

4,5,1,-17.417,2.6667

5,6,1,-17.417,2.6667

4,8,1,-17.417,2.6667

5,9,1,-17.417,2.6667

7,8,1,-17.417,2.6667

8,9,1,-17.417,2.6667

9,10,1,-17.417,2.6667

8,11,1,-17.417,2.6667

9,12,1,-17.417,2.6667

4

\*\*\*\*\*

\* NAMA FILE \* : GRID8M

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

TITIK COORDINATES

\*\*\*\*\*

NODE NOMOR	X	Y
1.000	0.000	0.000
2.000	2.667	0.000
3.000	-2.667	2.667
4.000	0.000	2.667
5.000	2.667	2.667
6.000	5.333	2.667
7.000	-2.667	5.333
8.000	0.000	5.333
9.000	2.667	5.333
10.000	5.333	5.333
11.000	0.000	8.000
12.000	2.667	8.000

\*\*\*\*\*

MEMBER PROPERTIES

\*\*\*\*\*

MEMBER	I	J	G	E
1.00	4.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07
2.00	5.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07
3.00	4.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07
4.00	5.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07
5.00	6.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07
4.00	8.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07
5.00	9.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07
7.00	8.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07
8.00	9.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07
9.00	10.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07
8.00	11.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07
9.00	12.00	2.083E-03	8.330E-03	1.180E+07

\*\*\*\*\*

RESTRAINT

\*\*\*\*\*

NODE NUMBER	ARAH
1	123
2	123
3	123
6	123
7	123
10	123
11	123
12	123

\*\*\*\*\*

BEBAN BATANG - VOL=1

POINT LOAD=2

\*\*\*\*\*

BATANG		TYPE BEBAN	BESAR BEBAN ARAH BEBAN	JARAK DARI i
1	4	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG
2	5	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG
3	4	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG
4	5	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG
5	6	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG
4	8	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG
5	9	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG
7	8	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG
8	9	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG
9	10	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG
8	11	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG
9	12	1	-17.417E+00	SEPANJANG BATANG

\*\*\*\*\*  
DISPLACEMENT \*  
\*\*\*\*\*

NODE	Z-DISPLACEMENT	X ROTATION	YROTATION
1			
2			
3			
4	-214.30E-05	-363.23E-06	602.10E-06
5	-214.30E-05	-363.23E-06	-602.10E-06
6			
7			
8	-214.29E-05	363.26E-06	602.08E-06
9	-214.29E-05	363.26E-06	-602.08E-06
10			
11			
12			

\*\*\*\*\*  
1 ELEMENT 4  
\*\*\*\*\*

NODE	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
1	7.460125E+01	-2.219332E+01	-8.549419E+01
4	-2.815534E+01	2.219332E+01	-5.151629E+01

\*\*\*\*\*  
2 ELEMENT 5  
\*\*\*\*\*

NODE	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
2	7.460124E+01	2.219333E+01	-8.549419E+01
5	-2.815533E+01	-2.219333E+01	-5.151629E+01

\*\*\*\*\*  
3 ELEMENT 4  
\*\*\*\*\*

NODE	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
3	6.473560E+01	1.338854E+01	-7.672462E+01
4	-1.828969E+01	-1.338854E+01	-3.397714E+01

\*\*\*\*\*  
 4 ELEMENT 5  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 4	2.322295E+01	-1.072761E-06	1.178316E+01
NODE 5	2.322296E+01	1.072761E-06	-1.178314E+01

\*\*\*\*\*  
 5 ELEMENT 6  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 5	-1.828968E+01	-1.338854E+01	3.397713E+01
NODE 6	6.473559E+01	1.338854E+01	7.672461E+01

\*\*\*\*\*  
 4 ELEMENT 8  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 4	2.322205E+01	6.608208E-04	3.015418E+00
NODE 8	2.322386E+01	-6.608208E-04	-3.013014E+00

\*\*\*\*\*  
 5 ELEMENT 9  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 5	2.322206E+01	-6.608208E-04	3.015407E+00
NODE 9	2.322385E+01	6.608208E-04	-3.013025E+00

\*\*\*\*\*  
 7 ELEMENT 8  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 7	6.473399E+01	-1.338984E+01	-7.672214E+01
NODE 8	-1.828808E+01	1.338984E+01	-3.397533E+01

\*\*\*\*\*  
 8 ELEMENT 9  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 8	2.322296E+01	0.000000E+00	1.178249E+01
NODE 9	2.322295E+01	0.000000E+00	-1.178249E+01

\*\*\*\*\*  
 9 ELEMENT 10  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 9	-1.828807E+01	1.338984E+01	3.397532E+01
NODE 10	6.473399E+01	-1.338984E+01	7.672214E+01

\*\*\*\*\*  
 8 ELEMENT 11  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 8	-2.815786E+01	2.219349E+01	5.151620E+01
NODE 11	7.460377E+01	-2.219349E+01	8.549589E+01

\*\*\*\*\*  
 9 ELEMENT 12  
 \*\*\*\*\*

	SHEAR FORCE	TORSION MOMENT	BENDING MOMENT
NODE 9	-2.815786E+01	-2.219349E+01	5.151620E+01
NODE 12	7.460377E+01	2.219349E+01	8.549589E+01

\*\*\*\*\*  
 REACTIONS  
 \*\*\*\*\*

	GAYA ARAH Z	MOMENT GLOBAL ARAH X-AXIS	MOMENT GLOBAL ARAH Y-AXIS
NODE 1	7460.125E-02	1709.884E-01	2219.349E-02
NODE 2	7460.124E-02	1709.884E-01	9001.728E-03
NODE 3	6473.560E-02	2677.709E-02	7001.816E-03
NODE 6	6473.559E-02	2677.709E-02	7001.625E-03
NODE 7	6473.399E-02	-2677.967E-02	7000.453E-03
NODE 10	6473.399E-02	-2677.967E-02	7000.453E-03
NODE 11	7460.377E-02	-1709.918E-01	9001.755E-03
NODE 12	7460.377E-02	-1709.918E-01	9001.755E-03

Tabel Sifat - sifat dan Konstanta Beton

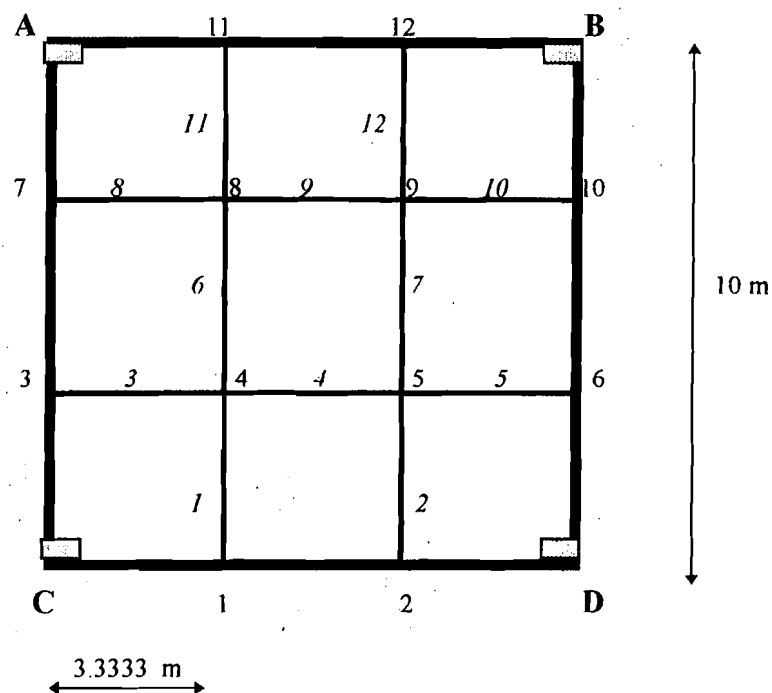
	$f_c'$					
	17 Mpa	20 Mpa	25 Mpa	30 Mpa	35 Mpa	40 Mpa
$E_c$ (Mpa)	19500	21000	23500	25700	27800	29700
$n$ (Mpa)	10	9	9	8	7	6
$\sqrt{f_c'}$ (Mpa)	4.123	4.472	5.000	5.477	5.916	6.325

## Komparasi Struktur Balok Grid Dan Balok Konvensional pada dimensi yang berbeda

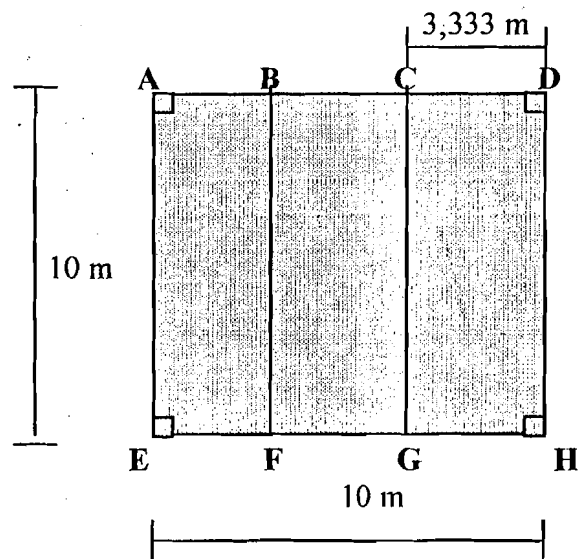
Komparasi disini dititik beratkan pada bentuk untuk memperkecil dimensi pada balok grid dengan prosentasi sebesar 50% dari dimensi balok konvensional. Dengan pertimbangan jumlah volume balok grid secara total akan sama dengan jumlah total balok konvensional .

Untuk dimensi balok konvesional digunakan ukuran 300 / 550 dan untuk dimensi balok Grid digunakan ukuran 200 / 400, sedang type struktur seperti dibawah ini :

### A. Struktur Balok Grid Bentang 10 x 10 m



B. Pelat lantai 10 m x 10 m



Dengan menggunakan komputer didapatkan hasil penulangan pada balok grid sebagai berikut :

No	Balok	Tul.	As Tarik Tul. Sebelah	As Tarik Tul. Rangkap	As Desak Tul. Rangkap
1	1-4-8-11	Lap	-	1192,3028	151,902
	2-5-9-12	Lap	-	1192,3028	151,902
2	1-4-8-11	Tum	-	2213,391	1172,991
	2-5-9-12	Tum	-	2213,391	1172,991
3	3-4-5-6	Tum	-	1944,5234	1040,40
	7-8-9-10	Tum	-	1944,5234	1040,40
4	3-4-5-6	Lap	858,2737	-	-
	7-8-9-10	Lap	858,2737	-	-



Sedang Untuk Hasil perhitungan pada balok konvensional didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\text{Tumpuan} = 3694,038$$

$$\text{Lapangan} = 6135,918$$

Dari hasil penulangan dan dimensi didapatkan hasil total :

- Luas Total Tulangan Tumpuan :

$$2 \times (2213,391 + 1172,991) = 6772,764 \text{ mm}^2$$

$$2 \times (1944,523 + 1040,40) = 5969,846 \text{ mm}^2$$

---


$$12742,61 \text{ mm}^2$$

- Luas Total Tulangan Lapangan :

$$2 \times (1192,3028 + 151,902) = 2688,4096 \text{ mm}^2$$

$$2 \times 858,27374 = 1716,547 \text{ mm}^2$$

---


$$4404,956 \text{ mm}^2$$

- Volume Dimensi Balok Konvensional kotor:

$$0,3 \times 0,55 \times 2 \times 10 = 3,3 \text{ m}^3$$

- Volume Dimensi Balok Grid kotor :

$$0,2 \times 0,4 \times 4 \times 10 = 3,2 \text{ m}^3$$

- Volume Total Tulangan Balok Grid :

$$12,743 \text{ E-3} \times 2 \times 2,5 = 0,063715 \text{ m}^3$$

$$4,4849 \text{ E-3} \times 5 = 0,02240 \text{ m}^3$$

---


$$0,08614 \text{ m}^3$$

- Volume Total Tulangan Balok Konvensional :

$$3,694 \text{ E-3} \times 5 = 0,01847$$

$$6,136 \text{ E-3} \times 5 = \underline{0,03068}$$

$$0,04915 \text{ m}^3$$

- Volume Beton balok Grid :

$$3,2 - 0,08614 = 3,11386 \text{ m}^3$$

- Volume Beton Balok konvensional :

$$3,3 - 0,04915 = 3,25085 \text{ m}^3$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan :

- Dengan memperkecil luas tampang dimensi balok grid sebesar 50 % dari balok konvensional didapatkan hasil bahwa volume kotor beton balok grid sama dengan volume kotor beton balok konvensional dan untuk volume beton bersih balok grid lebih sedikit dibandingkan dengan balok konvensional.
- Sedang untuk volume tulangan balok grid lebih banyak dibandingkan dengan balok konvensional.
- Perlu diperhatikan juga tentang rasio dimensi yang terjadi.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

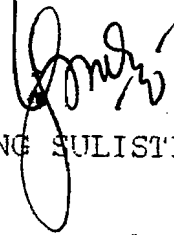
No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	HENKRY PRADOTO	91310063		KONSTRUKSI
2.	BAKTI SETIYADI	91310049		KONSTRUKSI

Dosen Pembimbing I : : IR. H. SUSASTRAWAN, MS  
Dosen Pembimbing II : : IR. ILMAN NOOR, MSCE  
1 2



Yogyakarta,  
Dekan, 13 JUNI 1996

AN.  
KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL.

  
IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE

CATATAN-KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
1		✓	- perencanaan balok pondasi yg dapat dipukul semesta bentuk (bentuk persegi)	ZE
2	17/7-96	2	- ace proposal	ZE
3	18-96	3	lanjutan	ZE
4	27/8-96	4	-	ZE
5	23/9-96	5	lanjutan	ZE
6	14/10-96	6	cek manual balok bentuk coran	ZE
7	17/10-96	7	hit. vol.	ZE
8	21/10-96	8	pub. para-an	ZE
9	21/10-96	9	ACE lanjut ke pond I 23/10 ACE Susasi 23/10	ZE