

# SKRIPSI

## STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG MALL BLITAR DENGAN BALOK GRID



*Disusun oleh :*

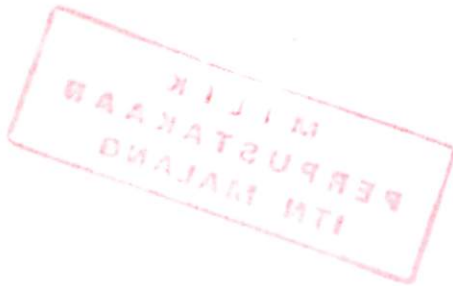
**FARIZ SOELAIMAN**

**03.21.125**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2010**

SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDEKUNG MALI  
BILTAN DENGAN BALOK GRID



Disusun oleh :

WALYATI SARI

09.11.09

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER

MALANG

2010

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG MALL BLITAR  
DENGAN BALOK GRID**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S – 1  
Institut Teknologi Nasional Malang*

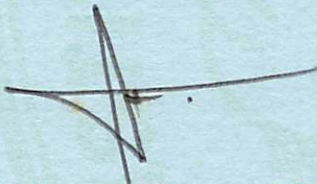
*Oleh :*

**FARIZ SOELAIMAN**

**N.I.M : 03.21.125**

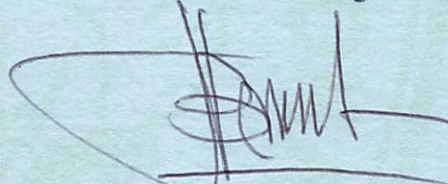
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



**Ir. A. Agus Santoso, MT**  
NIP.P: 101 87 00155

Dosen Pembimbing II



**Ir. Bambang Wedyantadji, MT**  
NIP.Y: 101 85 00093

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



**Ir. H. Hirijanto, MT**  
NIP : 101 88 00182

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG MALL BLITAR DENGAN  
BALOK GRID**

**SKRIPSI**

*Dipertahankan Di hadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi*

*Jenjang Strata Satu (S-1)*

*Pada Hari : Senin*

*Tanggal : 23 Agustus 2010*

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan*

*Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik,*

**Disusun Oleh :**

**FARIZ SOELAIMAN**

**03.21.125**

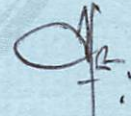
**Disahkan Oleh :**

**Ketua**



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

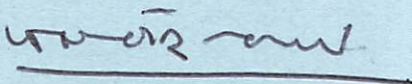
**Sekretaris**



**(Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT)**

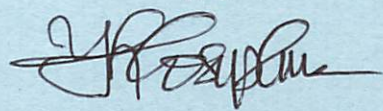
**Anggota Penguji :**

**Penguji I**



**(Ir. Sudirman Indra, Msc)**

**Penguji II**



**(Yosimson P Manaha, ST, MT)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2010**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

**Nama** : FARIZ SOELAIMAN

**Nim** : 03.21.125

**Program Studi** : Teknik Sipil S-1

**Fakultas** : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi dengan judul :

### STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG MALL BLITAR DENGAN BALOK GRID

Adalah hasil karya sendiri, bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, September 2010

Yang Pembuat Pernyataan

METERAI  
TEMPEL  
PAJAK NEGARA MONTON MALANG  
TGL 20  
4746AAAF259488234  
ENAM RIBU RUPIAH  
6000  
BJP  
  
(Fariz Soelaiman)

## **ABSTRAKSI**

Fariz Soelaiman (03.21.125), 2010,” **STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG MALL BLITAR DENGAN BALOK GRID**”, Pembimbing I: Ir. A. Agus Santosa, MT, Pembimbing II: Ir. Bambang Wedyantadji, MT.

Awal mula studi ini disebabkan karena saya pribadi sebagai mahasiswa mempunyai keinginan untuk lebih memahami studi tentang struktur, dan balok grid merupakan pilihan saya untuk mempelajari studi tentang struktur. Hal ini disebabkan karena balok grid adalah suatu bagian struktur yang masih jarang dipelajari dan terdapat nilai keindahan dalam menunjang struktur tersebut.

Dalam metodologi perencanaan balok grid SNI 03 – 2847 – 2002 serta PCI design handbook adalah sebagai acuan dalam pengerjaan. Karena didalam SNI 03 – 2847 – 2002 serta PCI design handbook sudah ada ketentuan yang cukup jelas agar kita yang nantinya sebagai perencana mengerti tentang batasan – batasan tersebut.

Dari proses perencanaan tersebut dihasilkan bahwa balok grid mempunyai kekakuan struktur, hal ini disebabkan karena jarak antar balok grid yang cukup dekat yaitu 1 (satu) meter dan h (tinggi balok) yang cukup besar sehingga mampu menahan struktur yang memiliki bentang yang cukup lebar.

Pada akhir studi ini didapatkan hasil bahwa pada bagian plat terdapat tulangan pokok  $\emptyset$  8 – 10 cm,  $\emptyset$  6 – 10 cm dengan ketebalan 8 cm. Pada bagian balok grid terdapat lantai 2 – 4 tulangan tumpu atas 6 D 25, bawah 2 D 25, untuk tulangan geser digunakan  $\emptyset$  6 – 15cm pada bagian tumpuan, untuk sejauh L-2000 digunakan  $\emptyset$  6 – 20 cm. Untuk selimut beton pada plat digunakan spasi 15 mm, pada bagian balok grid digunakan spasi 50 mm.

**Kata kunci : Balok grid, Plat, Tulangan geser, Selimut beton**

## **KATA PENGANTAR**

**Assalamualaikum Wr. Wb.**

**Dengan mengucapkan puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa dan atas berkat, rahmat dan hidayahNya, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Skripsi ini.**

**Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat menempuh jenjang Strata Satu ( S-1 ) di Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.**

**Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian laporan ini, yakni :**

- 1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.**
- 2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.**
- 3. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1.**
- 4. Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT, selaku Sekertaris Jurusan Teknik Sipil S-1.**
- 5. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT, selaku Dosen Pembimbing I.**
- 6. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT, selaku Dosen Pembimbing II.**
- 7. Kedua Orang tua dan Keluargaku atas segala doa dan support yang telah diberikan.**

8. Teman-teman teknik sipil '03 yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyelesaian Skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Harapan penulis semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Malang, September 2010

Penyusun



## **DAFTAR ISI**

**LEMBAR JUDUL**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

**ABSTRAKSI**

**KATA PENGANTAR**

**DAFTAR ISI**

**DAFTAR GAMBAR**

**DAFTAR TABEL**

**BAB I        PENDAHULUAN**

<b>1.1</b>	<b>Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Rumusan Masalah .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3</b>	<b>Maksud dan Tujuan.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4</b>	<b>Batasan Pembahasan .....</b>	<b>2</b>
<b>1.5</b>	<b>Buku – buku Pedoman . .....</b>	<b>2</b>

**BAB II        LANDASAN TEORI**

<b>2.1</b>	<b>Terminologi Strukturs sebagai grid .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Perencanaan balok grid .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Prinsip – prinsip balok grid.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Analisis balok grid .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Asumsi – asumsi balok grid .....</b>	<b>10</b>

<b>2.3</b>	<b>Keuntungan dan Kekurangan Balok Grid .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>Bentuk Balok Grid.....</b>	<b>12</b>
<b>a.</b>	<b>Sistem balok grid persegi.....</b>	<b>12</b>
<b>b.</b>	<b>Sistem balok grid miring / diagonal.....</b>	<b>12</b>
<b>c.</b>	<b>Sistem balok grid majemuk.....</b>	<b>13</b>
<b>2.5</b>	<b>Pembebanan Struktur .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Beban Mati .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Beban Hidup .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Beban Gempa .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Kombinasi Pembebanan .....</b>	<b>14</b>
<b>2.6</b>	<b>Dasar Teori Perencanaan Plat .....</b>	<b>15</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Plat Satu Arah .....</b>	<b>15</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Plat Dua Arah .....</b>	<b>16</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Perencanaan Penulangan Plat .....</b>	<b>18</b>
<b>2.7</b>	<b>Perencanaan Balok .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7.1</b>	<b>Perencanaan Balok T dan L .....</b>	<b>22</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Perencanaan Tulangan Geser Balok.....</b>	<b>28</b>

### **BAB III      ANALISA STRUKTUR UTAMA**

<b>3.1</b>	<b>Data Perencanaan .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Spesifikasi dan parameter perencanaan .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Denah bangunan perkantoran .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2</b>	<b>Perhitungan Penentuan Dimensi .....</b>	<b>36</b>

3.2.1	Dimensi Balok .....	36
3.2.2	Dimensi Balok Grid .....	37
3.2.3	Dimensi Kolom .....	37
3.2.4	Dimensi Plat .....	37
3.3	Pembebanan .....	44
3.3.1	Pembebanan Plat .....	46
3.3.2	Perhitungan Plat Lantai .....	50
3.3.3	Perataan Beban Plat .....	60
3.3.4	Pembebanan Portal Memanjang .....	68

## **BAB IV DESAIN PENULANGAN STRUKTUR**

4.1	Perhitungan Penulangan Plat pd Balok grid .....	83
4.1.1	Penulangan Plat .....	83
4.1.1.1	Data Perencanaan .....	83
4.1.2	Pembebanan Plat .....	84
4.1.3	Perhitungan Plat Lantai .....	85
4.1.4	Penulangan Plat Lantai .....	87
4.2	Penulangan Lentur Balok Grid .....	96
4.1.1	Perhit Penulangan Tumpuan Tepi .....	96
4.1.2	Perhit Penulangan Lapangan Tengah .....	108
4.3	Penulangan Geser Balok Grid .....	120
4.3.1	Perhit Penulangan Geser Lantai 4 .....	120
4.4	Kontrol Lendutan .....	123

**V PENUTUP**

<b>1.1 Kesimpulan .....</b>	<b>126</b>
<b>1.2 Saran .....</b>	<b>127</b>

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>GAMBAR</b>	<b>JUDUL</b>	<b>HALAMAN</b>
Gambar 2.1	Gambar balok grid -----	4
Gambar 2.2	Gambar dimensi balok grid -----	4
Gambar 2.3	Gambar balok grid sederhana -----	5
Gambar 2.4	Gambar balok grid satu arah -----	6
Gambar 2.5	Gambar balok grid dua arah -----	7
Gambar 2.6	Gambar Analisa balok grid sederhana -----	8
Gambar 2.7	Gambar penampang balok grid -----	11
Gambar 2.8a	Gambar system balok grid persegi -----	12
Gambar 2.8b	Gambar system balok grid diagonal -----	13
Gambar 2.8c	Gambar system balok grid majemuk -----	13
Gambar 2.9.a	Denah portal -----	17
Gambar 2.9.b	Gambar tampak portal -----	17
Gambar 2.9.c	Gambar penampang -----	17
Gambar 2.10	Momen Inersia penampang dan flens -----	18
Gambar 2.11	Penampang balok L dan balok T -----	22
Gambar 2.12	Gambar Balok T dengan $a \leq hf$ -----	23
Gambar 2.13	Gambar Balok T dengan $a > hf$ -----	26
Gambar 2.14	Diagram geser -----	30
Gambar 3.1a	Denah bangunan lantai 1 -----	31
Gambar 3.1b	Denah bangunan lantai 2 – atap -----	32
Gambar 3.2a	Gambar portal memanjang -----	33
Gambar 3.2b	Gambar portal melintang -----	33

Gambar 3.3a	Dimensi balok dan kolom lantai 1 -----	40
Gambar 3.3b	Dimensi balok dan kolom lantai 2 – atap -----	41
Gambar 3.4a	Gambar pembagian beban plat pada lantai 1 -----	42
Gambar 3.4b	Pembagian beban plat pada lantai 2 – atap -----	43
Gambar 3.5a	Pembebanan balok anak melintang lantai 1-5 -----	67
Gambar 3.5b	Pembebanan balok anak melintang lantai atap -----	67
Gambar 3.6a	Pembebanan balok anak memanjang lantai 1-5 -----	69
Gambar 3.6b	Pembebanan balok anak memanjang lantai atap -----	69
Gambar 4.1	Dimensi plat dan balok grid -----	70
Gambar 4.2	Gambar penampang balok grid -----	83
Gambar 4.3	Gambar penampang balok grid -----	84
Gambar 4.4	Lebar flens efektif pada balok grid -----	85
Gambar 4.5	Gambar penampang balok grid -----	87
Gambar 4.6	Diagram tegangan balok grid Mn negative -----	88
Gambar 4.7	Diagram tegangan balok grid Mn positive -----	91
Gambar 4.8	Gambar penampang balok grid -----	95
Gambar 4.9	Gambar penampang balok grid -----	96
Gambar 4.10	Lebar flens efektif pada balok grid -----	97
Gambar 4.11	Gambar penampang balok grid -----	99
Gambar 4.12	Diagram tegangan balok grid Mn positive -----	100
Gambar 4.13	Diagram tegangan balok grid Mn negative -----	104
Gambar 4.14	Penulangan Geser pada balok grid -----	109

## **DAFTAR TABEL**

<b>TABEL</b>	<b>JUDUL</b>	<b>HALAMAN</b>
Table 2.1	Geometrical Detail of AS – Built PCI and AASHTO section-----	11

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Dalam abad 20 ini banyak sekali kebutuhan-kebutuhan hidup yang harus dipenuhi, sehingga ini yang menjadi motivasi para ilmuwan untuk menghasilkan temuan-temuan yang bisa memenuhi kebutuhan tersebut, khususnya dalam bidang teknologi yang sedemikian pesat. Saat ini saya pribadi melihat kemajuan dalam bidang teknik sipil sungguh sangat mengesankan sehingga saya mencoba untuk mempelajari struktur atas dalam teknik sipil.

Pada proses pembangunan saat ini khususnya konstruksi gedung banyak sekali faktor-faktor yang harus dihadapi. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kebutuhan maka semakin banyak permintaan yang harus dipenuhi, dan dalam bidang teknik sipil terdapat alternatif-alternatif serta solusi untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu contoh tersebut adalah grid merupakan suatu solusi untuk konstruksi gedung dengan kebutuhan ruangan yang cukup luas tanpa diijinkan adanya kolom pendukung pada jarak yang cukup lebar. Disisi lain grid juga dapat difungsikan sebagai elemen penunjang keindahan interior pada ruangan tersebut.

### **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Bagaimanakah balok grid mampu dijadikan salah satu solusi untuk mengatasi suatu gedung yang berfungsi sebagai hall yang bentang antar kolom cukup lebar.



### **1.3 MAKSUD DAN TUJUAN**

Maksud penulisan ini adalah untuk merencanakan struktur gedung mall yang sebenarnya direncanakan dengan balok konvensional, direncanakan ulang dengan menggunakan balok grid dengan alasan perubahan fungsi pada bagian gedung. Dimana fungsi gedung yang didalamnya tidak terdapat hall disini ditambahkan adanya hall pada gedung tersebut, yang mana hall membutuhkan bentang antar kolom cukup lebar.

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk mengetahui proses perencanaan tersebut balok grid sebagai solusi untuk mengatasi bentang antar kolom yang cukup lebar.

### **1.4 BATASAN PEMBAHASAN**

Agar pembahas tidak terlalu meluas maka perlu ada batasan dalam pembahasan skripsi ini yang meliputi sebagai berikut:

Perencanaan plat

Perencanaan balok grid

Gambar tulangan dan detail

### **1.5 Buku-buku pedoman yang dipakai adalah :**

1. Standar Nasional Indonesia ( SNI ) 03-2847-2002, Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung.
2. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.

Untuk perhitungan Analisa Struktur yang dipakai dalam penyusunan skripsi ini adalah program Staad Pro 2004.

## **BAB II**

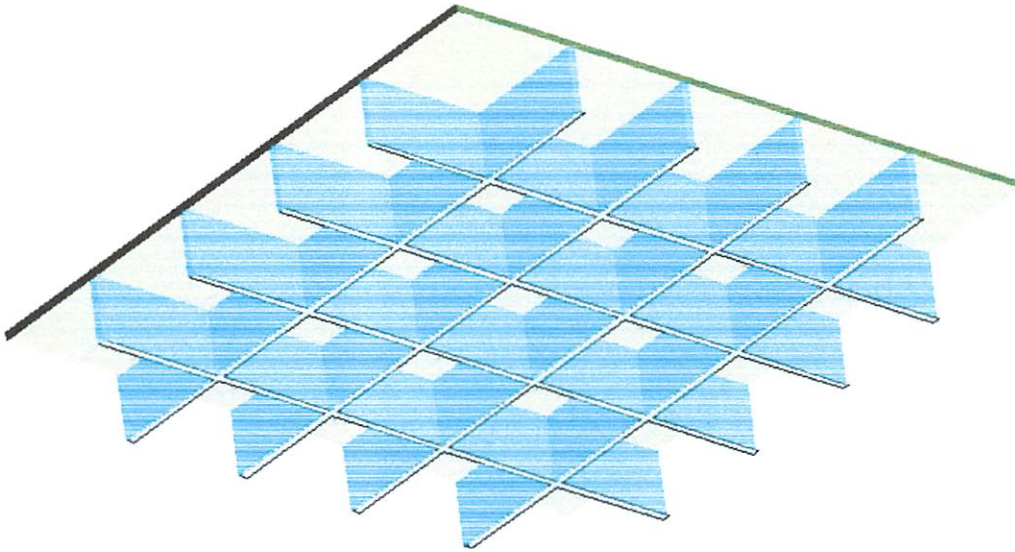
### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Terminologi Struktur sebagai Grid**

Studi mengenai gedung yang telah ada memperlihatkan fakta yang cukup jelas bahwa pada umumnya ada hubungan yang erat antara susunan fungsional gedung dan system structural yang digunakan. Karena alasan inilah proses mendesain elemen struktur secara implisit berkaitan juga dengan proses mendesain struktur secara keseluruhan. Salah satu proses ini tidak akan ada tanpa ada proses yang lainnya.

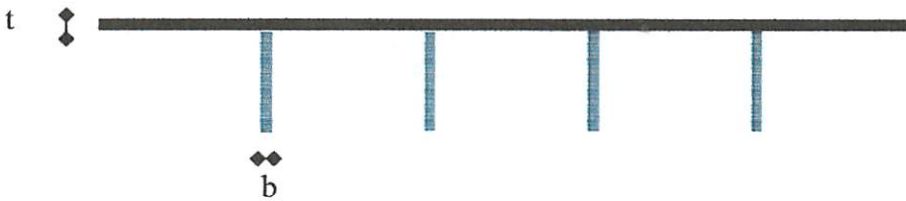
Pada beberapa jenis pola structural pada gedung sesuai tinjauan diatas menghasilkan struktur dengan bentang yang besar dan beban yang besar pula, maka hal ini merupakan suatu masalah yang harus diselesaikan dengan mencoba mencari kecocokan berbagai jenis pola struktur umum dengan gedung yang akan dibangun. Yang merupakan masalah dasar disini adalah bahwa struktur harus terorganisir sedemikian rupa sehingga mempunyai mekanisme pemikul beban lateral yang cukup. Untuk mengatasi persoalan tersebut ada beberapa metode yang bisa di gunakan yaitu dengan cara mempertebal plat, memperbesar dimensi balok dan kolom, atau dengan cara menggunakan grid serta cara – cara yang lainnya.

Berdasarkan studi yang saya ambil yaitu untuk meminimalisasi dimensi balok akibat bentang yang cukup besar dan tebal plat dengan menggunakan modelisasi plat sebagai grid, seperti pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2.1** Balok Grid

Fungsi grid diatas adalah untuk memperkecil lendutan yang disebabkan oleh bentang yang cukup besar dengan cara memperbesar inersia plat dengan modeling grid tersebut.



**Gambar 2.2** Dimensi Balok Grid

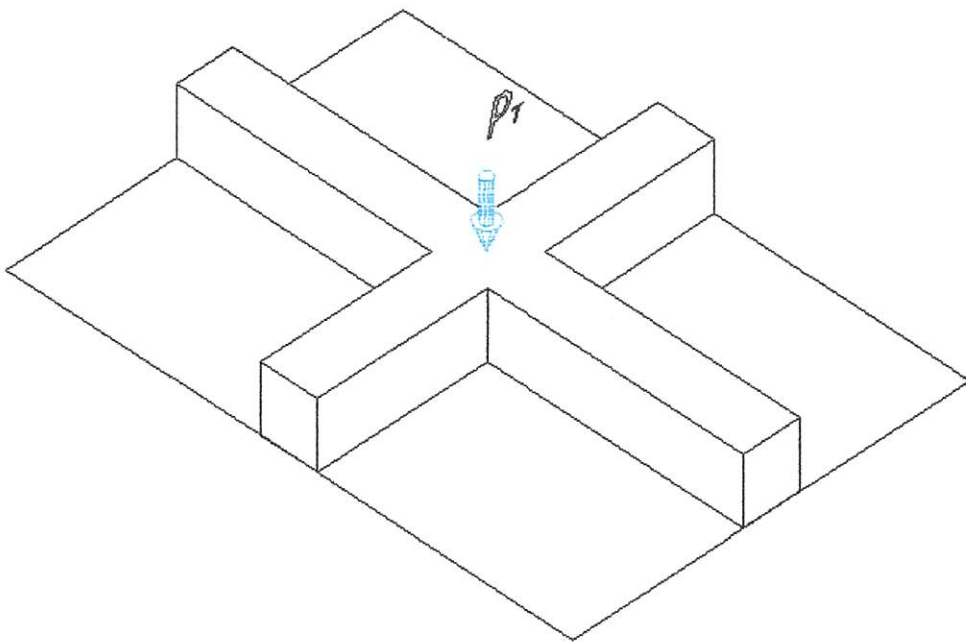
Adapun system struktur grid hampir sama dengan system yang ada pada plat yaitu system satu arah dan system dua arah yang sangat dipengaruhi oleh dimensi bentang panjang atau lebar plat.

## 2.2 Perencanaan Balok Grid

Dalam perencanaan balok grid mempunyai kemiripan dengan plat, hal ini disebabkan karena balok grid juga mempunyai system yang sama yaitu system satu arah dan system dua arah, tetapi secara prinsip balok grid dengan plat berbeda karena balok grid cenderung menahan beban terpusat sedangkan plat cenderung menahan beban merata.

### 2.2.1 Prinsip – prinsip balok grid

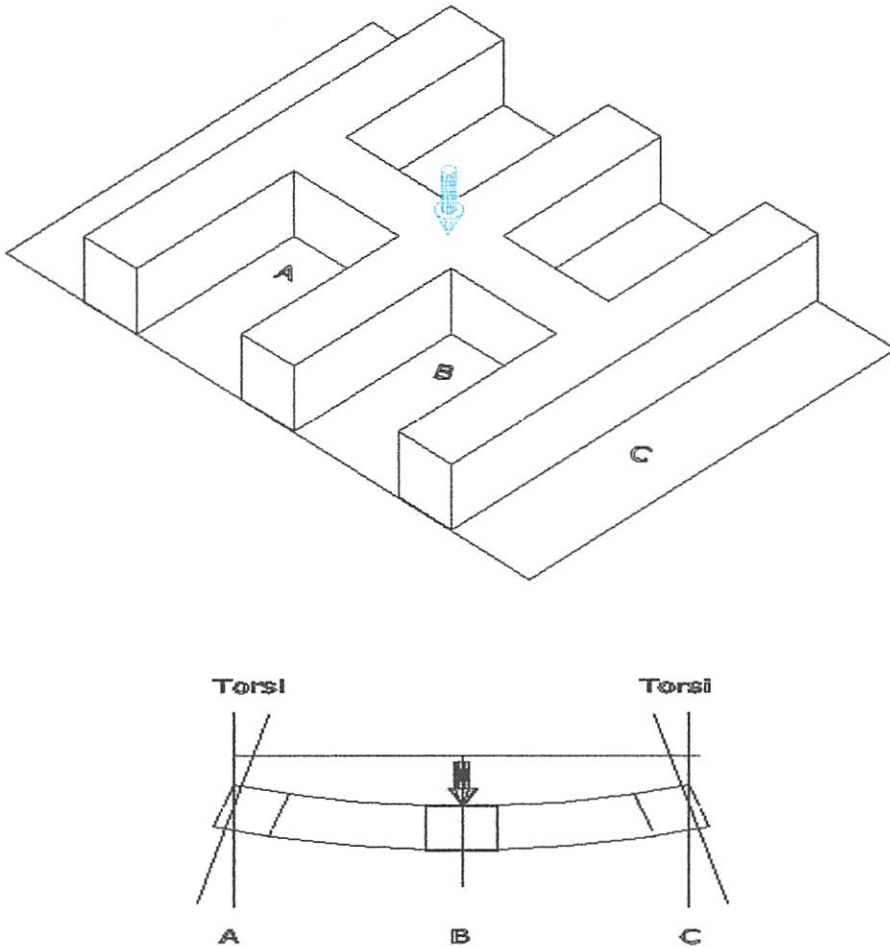
Prinsip – prinsip umum balok grid dengan terlebih dahulu meninjau balok grid secara sederhana, sebagai contoh pada gambar yang saya tampilkan pada berikut ini.



**Gambar 2.3** Balok grid sederhana

Pada balok tersebut jika benar - benar identik, setiap balok akan memikul setengah dari beban total. Apabila balok tidak identik atau panjangnya tidak sama, maka bagian besar dari beban akan dipikul oleh balok yang lebih pendek

dibandingkan dengan balok yang lebih panjang karena balok ini lebih kaku. Hal ini disebabkan karena kedua balok tersebut akan mengalami defleksi yang sama pada titik pertemuannya karena kedua balok dihubungkan pada titik tersebut.

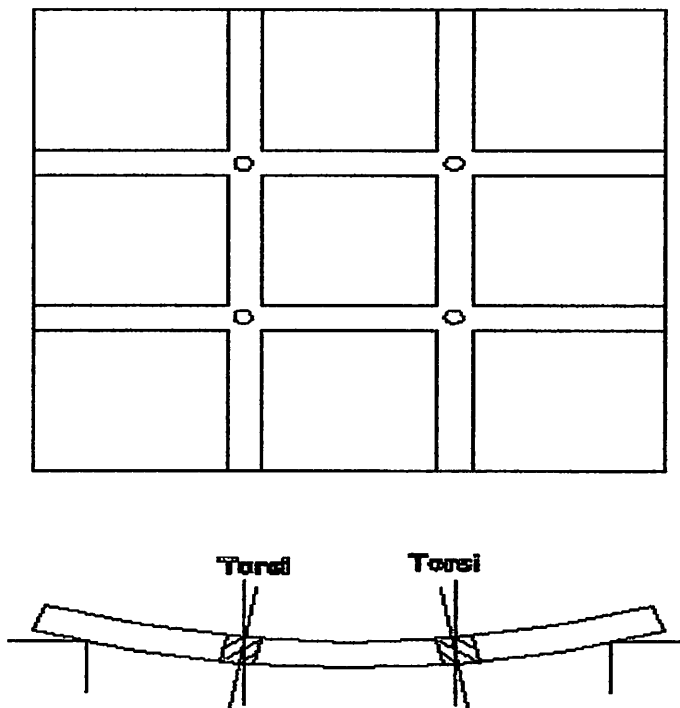


**Gambar 2.4** Balok grid satu arah

Pada balok grid tersebut merupakan contoh balok grid satu arah. Pada saat balok tersebut mengalami defleksi akibat beban yang berkerja padanya, balok transversal meneruskan beban tersebut ke elemen longitudinal lainnya. Dengan hanya meninjau geometri bentuk balok terdefleksi, kita akan dengan mudah dapat melihat bahwa elemen struktur longitudinal tengah memikul bagian lebih besar dari beban dibandingkan dengan balok lainnya. Pada balok sederhana, hanya

balok yang dibebani langsung saja yang memikul beban, kalau balok grid berbeda semua elemen balok grid memikul beban.

Aspek lain yang menarik mengenai balok grid satu arah adalah terjadinya torsi pada elemen struktur yang diberikan oleh elemen struktur transversal. Karena elemen transversal mengalami defleksi, maka ujung – ujungnya akan berotasi. Kecenderungan berotasi ini akan menyebabkan terjadinya torsi pada elemen struktur eksterior. Pada saat yang sama, elemen struktur tersebut memberikan tahanan torsional terhadap rotasi ujung elemen transversal. Sebagai akibatnya, elemen transversal itu menjadi diperkaku oleh efek tahanan torsional elemen eksterior, yang berarti mengurangi defleksi. Dengan demikian, efek akhir yang terjadi ialah adanya bagian beban yang dipikul oleh elemen eksterior sebagai aksi torsi. Jadi partisipasi elemen balok grid akan lebih besar dengan adanya aksi torsi tersebut. Kekakuan balok grid secara menyeluruh juga meningkat.

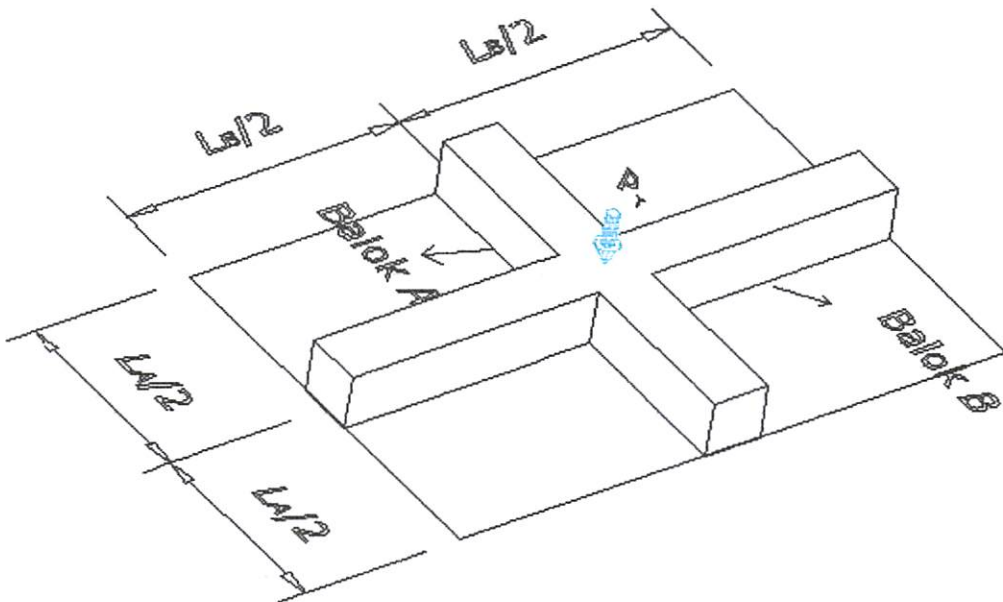


**Gambar 2.5** Balok grid dua arah

Pada balok grid dua arah yang lebih kompleks, apabila terjadi aksi dua arah maupun torsi terjadi. Semua elemen berpartisipasi dengan memikul beban dengan memberikan kombinasi kekuatan lentur dan kekuatan torsinya. Jika diperhatikan apabila balok – balok tersebut terletak sederhana dan tidak saling berhubungan secara kaku, rotasi lentur satu elemen tidak akan menimbulkan torsi pada elemen struktur lainnya. Sebagai akibatnya, tidak ada penambahan kekakuan menyeluruh yang dapat diberikan dengan aksi torsi. Maka jelas bahwa defleksi pada struktur balok grid yang terhubung secara kaku akan lebih kecil dibandingkan dengan pada balok yang terhubung secara sederhana.

### 2.2.2 Analisis Balok Grid

Dalam menganalisis balok grid yang perlu diingat bahwa hubungan pada system balok menyilang, keserasaian defleksi harus dapat terjadi. Seperti pada penjelasan diatas tentang balok grid sederhana dan diulustrasikan berikut ini.



Gambar 2.6 Analisa balok grid sederhana

Dengan menganggap bahwa balok grid tersebut dihubungkan secara kaku, maka kedua balok tersebut mengalami defleksi yang sama akibat beban. Dengan menyamakan kedua ekspresi defleksi masing – masing balok grid, kita dapat menentukan persentase relatif beban yang dipikul masing – masing balok. Dengan menggunakan permissalan  $P_A$  adalah presentasi dari berat total ( $P_T$ ) yang dipikul oleh  $A$  serta dipikul oleh  $B$ . Dengan menyamakan kedua ekspresi defleksi untuk kedua balok tersebut agar keserasian defleksi terpenuhi, dapat diperoleh:

$$\Delta_A = \Delta_B$$

$$\frac{P_A L_A^3}{48 E_A I_A} = \frac{P_B L_B^3}{48 E_B I_B}$$

$$\frac{P_A}{P_B} = \left( \frac{L_B}{L_A} \right)^3 \left( \frac{E_A I_A}{E_B I_B} \right)$$

Apabila kedua balok itu identik dalam segala hal kecuali panjangnya, maka hasil

diatas diperoleh: 
$$\frac{P_A}{P_B} = \left( \frac{L_B}{L_A} \right)^3$$

Apabila kedua balok juga sama panjang, jelas bahwa  $P_A = P_B = P_T / 2$  . Apabila

$$L_B = 2L_A \text{ maka: } \frac{P_A}{P_B} = \left( \frac{2L_B}{L_A} \right)^3 = 8$$

$$P_A = 8P_B$$

Maka, balok yang lebih pendek pasti lebih kaku serta memikul beban delapan kali lebih besar daripada balok yang panjang. Dengan mengingat bahwa  $P_A = P_B = P_T$  , jelas bahwa  $P_A = 8P_T / 9$  dan  $P_B = P_T / 9$  . Akibat beban tersebut, momen pada



balok adalah  $M_A = 4P_T L_A / 18$  dan  $M_B = P_T L_B / 18$ . Jadi momen pada balok berbentang pendek adalah empat kali lebih besar daripada momen pada balok bentang panjang.

Analisa grid yang lebih kompleks mempunyai balok lebih banyak dapat dilakukan dengan cara serupa dengan yang telah dibahas diatas. Defleksi di pertemuan balok harus memenuhi syarat keserasian. Akan tetapi, dititik pertemuan tersebut ada banyak balok, maka ada kesulitan analitis. Untuk balok grid kompleks selalu terdapat persamaan yang harus diselesaikan secara simultan yang diselesaikan dengan bantuan program komputer.

### **2.2.3 Asumsi – asumsi Balok Grid.**

- a) Dalam proses pengerjaan balok grid secara umum sama dengan balok pada umumnya, tetapi dalam balok grid kekakuan balok tersebut lebih diutamakan sehingga lebih kuat menahan beban dengan bentang yang besar.
- b) Dari segi keindahan balok grid nilai jual untuk diekspose hal ini disebabkan karena dimensi yang lebih ramping dan seragam serta mempunyai variasi yang banyak.
- c) Proses pendistribusian beban dan momen balok grid membagi secara merata kepada kedua bentangnya.

## **2.3 Keuntungan dan Kerugian Balok Grid**

Keuntungan :

- Untuk mengatasi bentang antar kolom yang lebar.

- Balok grid juga dapat berfungsi sebagai keindahan interior pada ruangan sehingga ruangan tersebut tidak perlu menggunakan plafond.

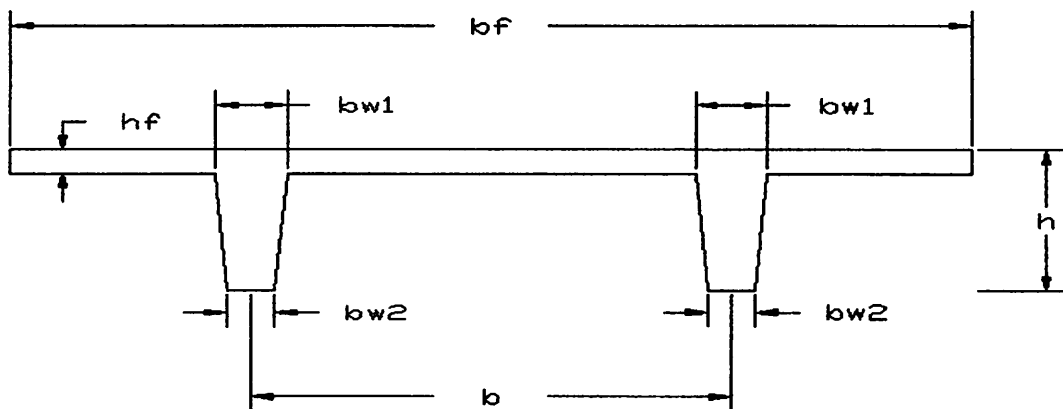
Kerugian :

- Dalam proses pengerjaan begesting cukup rumit karena dimensi balok grid berbeda dengan dimensi balok biasa.

**Aturan – aturan Pemakaian Balok Grid**

**Table 2.1 Geometrical Details of AS – BUILT PCI and AASHTO section**

Keterangan	$b_f$ (cm)	$h_f$ (cm)	$b_{w1}$ (cm)	$b_{w2}$ (cm)	$h$ (cm)	$b$ (cm)
8DT12	240	5	14.375	9.375	30	120
8DT14	240	5	14.375	9.375	35	120
8DT16	240	5	14.375	9.375	40	120
8DT18	240	5	14.375	9.375	45	120
8DT20	240	5	14.375	9.375	50	120
8DT24	240	5	14.375	9.375	60	120
8DT32	240	5	19.375	11.875	80	120
8DT32	300	5	19.375	11.875	80	150



**Gambar 2.7**

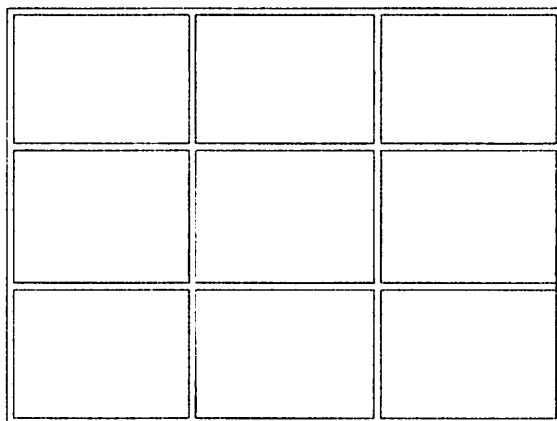
## 2.4 Bentuk Balok Grid

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

- a. Sistem balok grid persegi
- b. Sistem balok grid miring / diagonal
- c. Sistem balok grid majemuk

### a. Sistem balok grid persegi

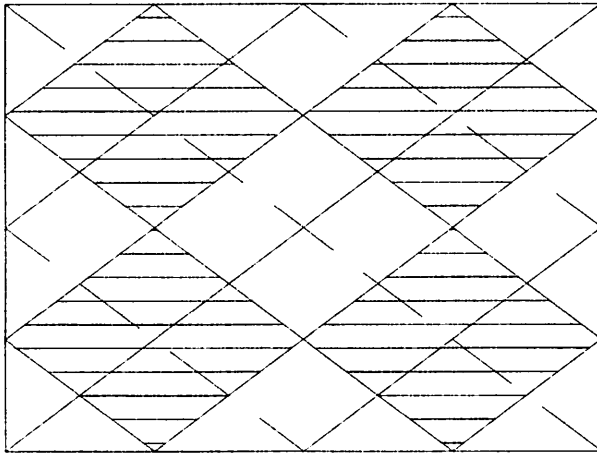
Sistem balok grid persegi dibentuk oleh dua buah balok yang saling bersilang tegak lurus satu terhadap yang lain. Dapat terdiri dari hanya satu balok atau beberapa balok, yang mempunyai sifat utama mendistribusikan beban dalam dua arah atau lebih. Bentuknya dapat dilihat sebagai berikut.



**Gambar 2.8a**

### b. Sistem Balok Grid miring / diagonal

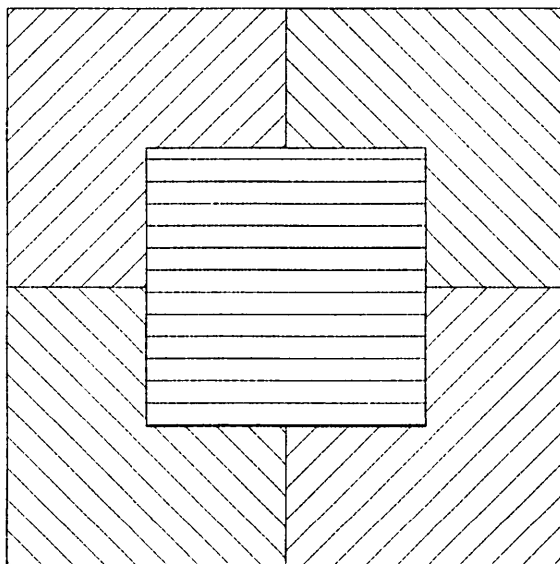
Pada sistem ini arah balok miring sehingga membentuk diagonal yang saling berpotongan. Bentuk balok dapat dilihat sebagai berikut.



**Gambar 2.8b**

**c. Sistem balok grid majemuk**

Pada sistem ini adalah gabungan antara sistem balok grid persegi dengan sistem balok grid miring / diagonal. Bentuk balok grid dapat dilihat sebagai berikut.



**Gambar 2.8c**

## **2.5 Pembebanan Struktur**

Jenis Pembebanan yang dipakai dalam perencanaan gedung ini adalah :

### **1. Beban Mati**

Beban yang berasal dari berat sendiri semua bagian dari gedung yang bersifat tetap, termasuk dinding dan sekat pemisah, kolom, balok, lantai, atap, penyelesaian, mesin dan peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung, yang nilai seluruhnya adalah sedemikian rupa sehingga probabilitas untuk dilampauinya dalam kurun waktu tertentu terbatas pada suatu persentase tertentu.

### **2. Beban Hidup**

Beban yang terjadi akibat penghuni atau penggunaan gedung tersebut, baik akibat beban yang berasal dari orang maupun dari barang yang dapat berpindah atau mesin dan peralatan serta komponen yang tidak merupakan bagian yang tetap dari gedung.

### **3. Beban Gempa**

Beban yang nilainya ditentukan oleh 3 hal, yaitu oleh besarnya probabilitas beban itu dilampaui dalam kurun waktu tertentu, oleh tingkat daktilitas struktur yang mengalaminya dan oleh kekuatan lebih yang terkandung didalam struktur tersebut.

### **4. Kombinasi Pembebanan**

Sesuai dengan ketentuan yang tertera dalam SNI 03-2847-2002, agar struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai

kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi dan gaya terfaktor.

- Kuat perlu  $U$  untuk menahan beban mati  $D$  paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,4 D$$

- Kuat perlu  $U$  untuk menahan beban mati  $D$ , beban hidup  $L$ , dan juga beban atap  $A$  atau beban hujan  $R$ , paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 ( A \text{ atau } R )$$

- Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa  $E$  harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu  $U$  harus diambil sebagai

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$$

Atau

$$U = 0,9 D \pm 1,0 E$$

## 2.6 Dasar Teori Pelat

Pelat dapat di bedakan menjadi 2, yaitu :

### 2.6.1 Pelat satu arah

Pada SNI 03-2847-2002 Tabel 8 tercantum tebal minimum sebagai fungsi terhadap bentang. Nilai-nilai pada tabel tersebut berlaku untuk struktur yang tidak mendukung serta sulit berdeformasi atau berpengaruh terhadap struktur yang mudah rusak akibat lendutan yang besar. Nilai kelangsingan yang diberikan itu berlaku untuk beton normal dan tulangan dengan  $f_y = 400 \text{ Mpa}$ .

Berikut tebal minimum ( $h$ ) pada pelat satu arah untuk  $f_y = 400 \text{ Mpa}$  :

❖ Dua tumpuan

$$: \frac{\lambda}{20}$$



❖ Satu ujung menerus :  $\frac{\lambda}{24}$



❖ Kedua ujung menerus :  $\frac{\lambda}{28}$



❖ Kantilever :  $\frac{\lambda}{10}$



Untuk  $f_y \neq 400$  Mpa nilai tersebut dikalikan dengan  $\left(0,40 + \frac{f_y}{700}\right)$

### 2.6.2 Pelat dua arah

Pelat yang menahan pada dua arah, dijelaskan pada pasal 11.5.3 SNI 03-2847-2002. Tebal minimum (h) pada pelat dua arah adalah :

- Untuk  $0,2 < \alpha_m < 2,0$ , ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\lambda_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta[\alpha_m - 0,2]} \dots\dots\dots \text{SNI 03-2847-2002, hal 65}$$

tetapi tidak boleh kurang dari 120 mm.

- Untuk  $\alpha_m > 2,0$ , harus memenuhi :

$$h = \frac{\lambda_n \left(0,8 - \frac{f_y}{1500}\right)}{36 - 9\beta} \dots\dots\dots \text{SNI 03-2847-2002, hal 66}$$

tetapi tidak boleh kurang dari 90 mm.

dimana :  $\lambda_n$  = panjang bentang arah memanjang yang diukur dari muka-ke-muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka-ke-muka balok atau tumpuan lain pada kasus lain.

$\beta$  = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah.

$\alpha_m$  = nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu

panel.

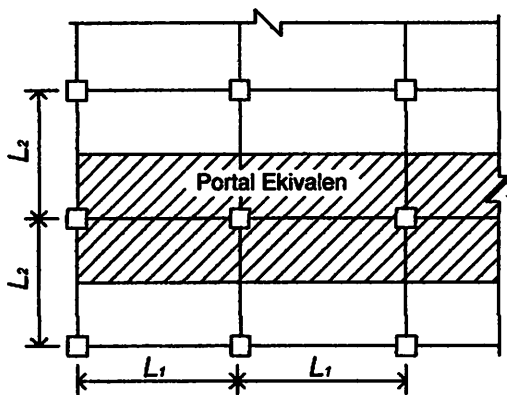
$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha}{n}, \text{ dimana } n \text{ jumlah balok pada tepi suatu panel}$$

$\alpha$  = adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok.

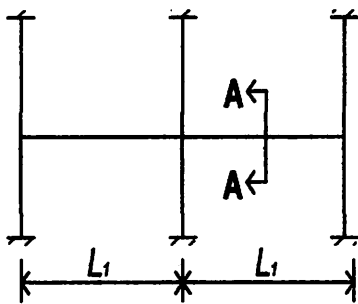
$$\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cp} \cdot I_p} \dots\dots\dots \text{SNI 03-2847-2002, hal 138}$$

dimana :  $I_b$  = Momen Inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto balok.

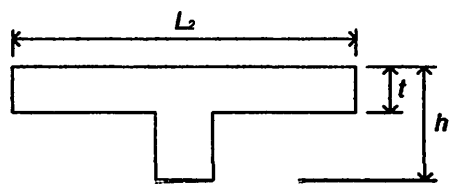
$I_p$  = Momen Inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto pelat.



**Gambar 2.9.a Denah**



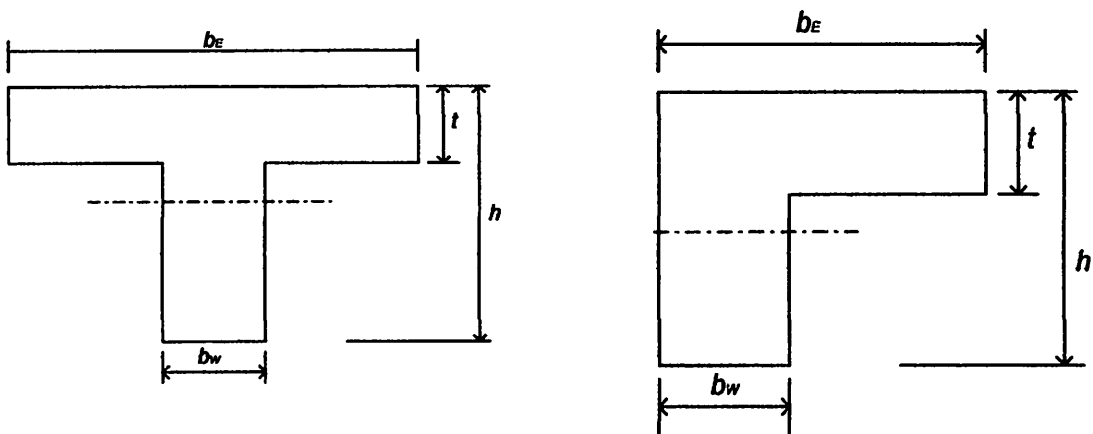
**Gambar 2.9.b Tampak**



**Gambar 2.9.c Penampang A - A**



**Gambar 2.8 Denah, tampak dan penampang portal ekuivalen dalam system pelat dua arah**



**Gambar 2.10 Momen Inersia penampang dengan flens**

### 2.6.3 Perencanaan Penulangan Plat

Pada perhitungan penulangan plat data yang diperlukan adalah :

- Tebal plat ( h ) (SNI 03-2847-2002 pasal 11.5 butir 3 sub butir 3)
- Penutup Beton (SNI 03-2847-2002 pasal 9.7 hal. 40)
- Diameter tulangan utama yang diperkirakan dalam arah sumbu x dan sumbu y.
- $M_u$  adalah momen terfaktor, yang diperoleh dari perhitungan statika momen lentur.
- Momen Nominal adalah momen terfaktor dibagi dengan faktor reduksi kekuatan  $\phi$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

dimana :

$M_n$  = Momen Nominal (KNm)

$M_u$  = Momen terfaktor (KNm)

$\phi$  = Faktor reduksi kekuatan untuk plat = 0,80

□ Tinggi Efektif ( d )

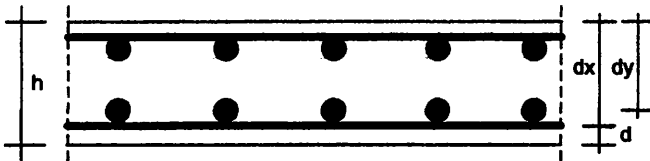
Adalah jarak antara titik berat tulangan bidang tarik kesisi luar bidang tekan :

○ Tinggi efektif d dalam arah x adalah :

$$dx = \text{tebal plat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan}$$

○ Tinggi efektif d dalam arah y adalah :

$$dy = \text{tebal plat} - \text{selimut beton} - \varnothing \text{ tulangan } x - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan } y$$



□ Koefisien tahanan ( Coefficien Resisiten)

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} \quad \text{dimana :}$$

Rn = Koefisien tahanan (Mpa)

Mn = Momen nominal (Nmm)

b = Besar peninjauan plat (mm)

d = Tinggi efektif plat sesuai arah tulangan (mm)

□ Perbandingan Tegangan

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc} \quad \text{dimana :}$$

m = perbandingan tegangan

fy = Mutu baja tulangan

fc' = Mutu beton

□ Rasio tulangan tarik yang diperlukan pada suatu penampang plat

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

dimana :  $\rho$  = Rasio tulangan tarik yang diperlukan

$m$  = Perbandingan tegangan

$R_n$  = Koefisien tahanan

$f_y$  = Mutu baja tulangan

- Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang

$$\rho = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

dimana :  $\beta_1 = 0,85$  untuk  $f_c' \leq 30$  Mpa

untuk beton dengan nilai kuat tekan diatas 30 Mpa, nilai  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 Mpa diatas 30 Mpa, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh diambil kurang dari 0,65 (SNI 03-2847-2002 pasal 12.2 butir 7)

- Batas rasio penulangan

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b$$

dimana :

$\rho_{\text{maks}}$  = rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan maksimum.

$\rho_b$  = rasio tulangan yang diberikan kondisi regangan seimbang.

- Batas rasio penulangan minimum

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \quad \text{dimana :}$$

$\rho_{\text{min}}$  = rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan minimum.

$f_y$  = Mutu baja tulangan.

□ Luas penampang tulangan tarik yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Dimana :  $A_s$  = luas tulangan tarik yang dibutuhkan ( $\text{mm}^2$ )

$\rho$  = rasio tulangan tarik yang diperlukan.

$b$  = lebar plat (mm)

$d$  = tinggi efektif plat sesuai arah tulangan (mm)

## 2.7 Perencanaan Balok

Metoda perkiraan yang digunakan baik untuk balok T murni maupun persegi pada pelaksanaannya dilakukan dengan memperkirakan nilai  $z$  yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai  $A_s$ . Cara tersebut dapat digunakan untuk berbagai macam bentuk balok karena bagaimanapun perkiraan rencana tersebut selalu diikuti dan diperiksa dengan proses analisis. Tetapi secara khusus metoda tersebut bekerja dengan baik untuk perencanaan balok- T yang bentuk dasarnya sedemikian sehingga titik pusat balok tegangan tekan berlokasi di tempat yang tidak jauh dari tengah-tengah flens sehingga mudah untuk memperkirakan nilai  $z$ .

(Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang hal: 83 )

Dalam skripsi ini balok didesain dengan menggunakan balok T. Adapun beban-beban yang bekerja pada balok tersebut berdasarkan pada peraturan pembebanan yaitu PPIUG 1983 yang dimodelkan dalam suatu mekanika pembebanan.

### • Dimensi Balok

Dimensi balok ditaksir :

$$\text{- Tinggi balok ( } h \text{ )} = \frac{1}{10}l - \frac{1}{15}l$$

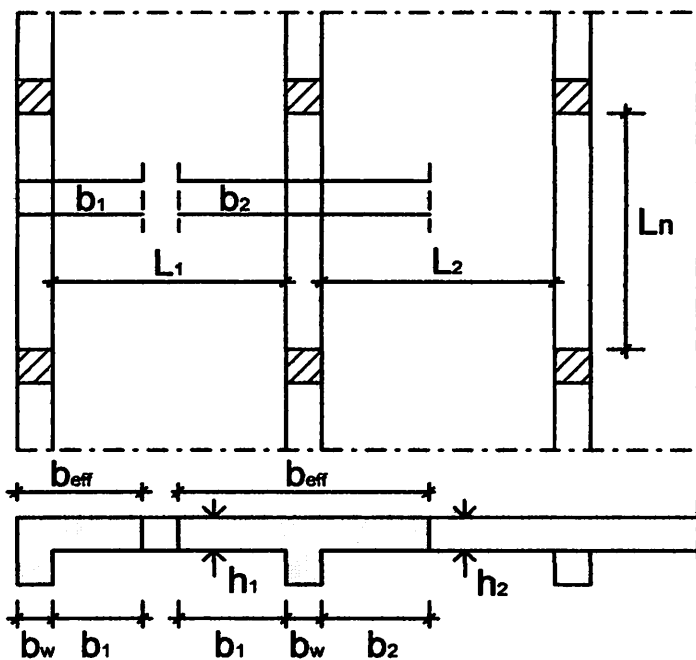
- Lebar balok ( $b$ )  $= \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h$

- Tinggi efektif balok ( $d$ )  $d = \text{tinggi balok} - \text{selimut balok} - 1/2\phi$

(sumber Ir. Gideon H. Kusuma M. Eng, Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang hal: 104)

### 2.7.1. Perencanaan Balok T dan Balok L

Balok T dan L yang cor menjadi satu kesatuan monolit dengan plat lantai atau atap, didasarkan pada anggapan bahwa plat dan balok terjadi interaksi saat menahan momen lentur positif yang bekerja pada balok. Interaksi antara pelat dan balok tersebut membentuk huruf T sehingga disebut balok T. Plat akan berlaku sebagai sayap (flens) dan balok akan berlaku sebagai badan (web).



**Gambar 2.11 Penampang Balok L dan Balok T**

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 10.10 memberikan batasan lebar flens efektif ( $b_{eff}$ ) balok T dan balok L seperti pada gambar 2.6 adalah sebagai berikut:

1. Balok T :

Lebar pelat efektif sebagai bagian dari sayap balok T tidak boleh melebihi dari :

➤  $b_{\text{eff}} = b_w + b_1 + b_2 \leq \frac{1}{4} L_n$

Lebar efektif sayap dari masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi dari :

➤  $b_{\text{eff}} = b_w + 8 h_1 + 8 h_2$

➤  $b_{\text{eff}} = b_w + \frac{1}{2} L_1 + \frac{1}{2} L_2$

2. Balok L :

Untuk balok yang mempunyai pelat hanya pada satu sisi, lebar efektif sayap dari sisi badan tidak boleh lebih dari :

➤  $b_e = b_w + \frac{1}{12} L_n$

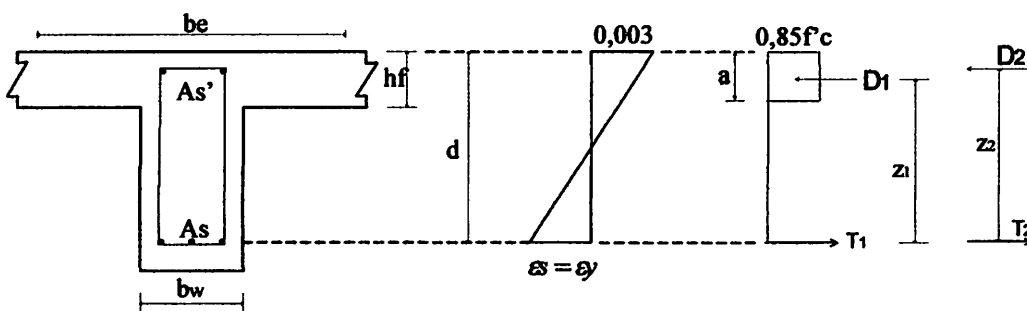
➤  $b_e = b_w + 6 h_1$

➤  $b_e = b_w + \frac{1}{2} L_1$

Apabila  $M_R > M_u$ , balok akan berperilaku sebagai balok T persegi dengan lebar  $b$  dan apabila  $M_R < M_u$ , balok berperilaku sebagai balok T murni.

❖ Analisis Balok T

$a \leq h_f$  (balok T persegi)



Gambar. 2.12 Balok T dengan  $a \leq h_f$

Dengan demikian analisis momen kapasitas sesuai dengan gambar

2.11 dapat dijelaskan sebagai berikut :

Rasio penulangan adalah berkisar antara harga dibawah ini :

$$\frac{1,4}{f_y} < \rho < 0,75 \rho_b$$

Gaya tarik  $T$  pada keadaan batas dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$T_1 = A s_1 \cdot f_y$$

$$T_2 = A s_2 \cdot f_y$$

$$A s = A s_1 + A s_2$$

Gaya  $D$  harus seimbang dengan gaya  $T$  sehingga :

$$D_1 = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_e$$

$$D_2 = A s' \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_e + A s' \cdot f_y = A s \cdot f_y$$

$$a = \frac{(A s - A s') \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b_e} = \frac{A s_1 \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b_e}$$

$$a = \frac{\rho \cdot b_e \cdot d \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b_e} = \frac{\rho \cdot d \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c} \rightarrow \omega = \frac{\rho \cdot f_y}{f'c} \rightarrow \rho = \frac{\omega \cdot f'c}{f_y}$$

$$a = \omega \frac{d}{0,85}$$

$$k = f'c \cdot \omega (1 - 0,59 \omega)$$

Menghitung  $k_{perlu}$ ,  $k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$ , dan  $k$  adalah koefisien tahanan, setelah nilai

$k$  diketahui maka dapat dicari nilai  $\omega$  yang kemudian dapat ditentukan nilai

$\rho$ , nilai  $\rho$  dapat juga dicari dengan melihat tabel apendiks A (Struktur

Beton Bertulang, Istimawan D.)

Luas tulangan

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

Kontrol  $\rho$

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

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{As}{b_w \cdot d}$$

$\rho_{\text{aktual}}$  harus lebih besar dari  $\rho_{\min}$

Momen kapasitas dalam nominal dapat ditentukan :

$$Mn_1 = As_1 \cdot f_y \cdot (d - 0,5a)$$

$$Mn_2 = As_2 \cdot f_y \cdot (d - d')$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2$$

Dengan demikian momen kapasitas  $M_R$  adalah :

$$M_R = \phi Mn$$

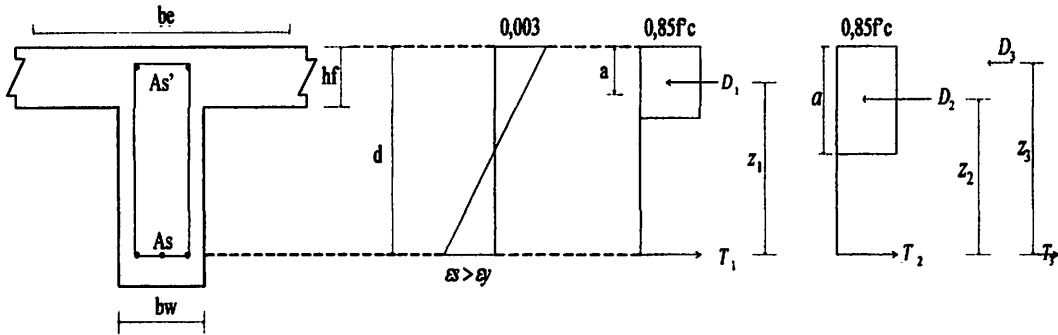
Periksa Persyaratan Daktilitas

$$As_{(maks)} = 0,0319 \cdot hf \left\{ b + b_w \left( \frac{0,150 \cdot d}{h_f} - 1 \right) \right\}$$

$As_{(maks)}$  harus lebih besar dari  $As_{perlu}$ .

**b.  $a > hf$  (balok T murni)**





**Gambar 2.13 Balok T dengan  $a > h_f$**

Analisis momen kapasitas total dapat dijelaskan berdasarkan gambar

2.12 adalah sebagai berikut :

Sayap :  $D_1 = 0,85 \cdot f'c \cdot hf (b_e - b_w)$

$$T_1 = As_1 \cdot fy$$

Dengan  $D_1 = T_1$

Maka :  $As_1 \cdot fy = 0,85 \cdot f'c \cdot hf (b_e - b_w)$

$$As_1 = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot hf (b_e - b_w)}{fy}$$

$$Mn_1 = T_1 \cdot Z_1 = As_1 \cdot fy \cdot (d - 0,5a)$$

Badan :

$$D_2 = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot bw$$

$$T_2 = As_2 \cdot fy$$

$$Mn_2 = T_2 \cdot Z_2 = As_2 \cdot fy \cdot (d - 0,5a)$$

Tulangan :  $D_3 = As' \cdot fy$

$$T_3 = As_3 \cdot fy$$

$$Mn_3 = T_3 \cdot Z_3 = As_3 \cdot fy (d - d')$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 + Mn_3$$

Maka  $M_R = \phi Mn$

Dengan menganggap seluruh flens tertekan maka, letak batas tepi bawah blok tekan di daerah badan di bawah flens

$$N_T - N_D = (0,85 f'c') b_w (a - h_f)$$

$$a = \frac{N_T - N_D}{(0,85 \cdot f'c') b_w} + h_f$$

dimana :

$N_T$  = gaya tarik total dimana tulangan baja tarik dianggap telah meluluh.

$$= A_s \cdot f_y$$

$N_D$  = gaya tekan yang ada dimana seluruh flens dianggap sebagai daerah tekan.

$$= 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot h_f + A_s' \cdot f_y$$

$b_w$  = Lebar badan

$h_f$  = Tebal plat

Periksa  $\rho_{\min}$

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

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$$

$\rho_{\text{aktual}}$  harus lebih besar dari  $\rho_{\min}$ .

Letak titik pusat daerah tekan total

$$Y = \frac{\sum(Ay)}{\sum A}$$

dimana :

$Y$  = Letak titik pusat daerah tekan (mm)

$A = \text{Luas daerah tekan (mm}^2\text{)}$

Perkiraan jarak dengan lengan kopel dalam

$$z = d - \frac{1}{2} h_f = d - y$$

dimana :

$d = \text{Kedalaman efektif (mm)}$

$h_f = \text{Tebal pelat (mm)}$

Periksa Persyaratan Daktilitas

$$A_{S(maks)} = 0,0319 \cdot h_f \left\{ b + b_w \left( \frac{0,150 \cdot d}{h_f} - 1 \right) \right\}$$

$A_{S(maks)}$  harus lebih besar dari  $A_{S(perlu)}$ .

$$A_{S(perlu)} = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot z}$$

dimana :

$M_u = \text{Momen Ultimit}$

$\phi = \text{Faktor reduksi kekuatan}$

$z = \text{Perkiraan jarak dengan lengan kopel dalam}$

( Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang, hal 75 )

### 2.7.2 Perencanaan Tulangan Geser

Komponen struktur yang mengalami lentur akan mengalami juga kehancuran geser, selain kehancuran tarik / tekan. Sehingga dalam perencanaan struktur yang mengalami lentur selain direncanakan tulangan lentur, juga harus direncanakan tulangan geser.

Kuat geser pada struktur yang mengalami lentur SNI 2002 Pasal 13.1.1 adalah:

$$\phi V_u \geq V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

$V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada penampang yang ditinjau

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan pada penampang yang ditinjau

$V_n$  = kuat geser nominal pada penampang yang ditinjau

Gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) ditinjau pada penampang sejarak ( $d$ ) dari muka tumpuan dan untuk penampang yang jaraknya kurang dari  $d$  dapat direncanakan sama dengan pada penampang yang sejarak  $d$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton sesuai dengan SNI 2002 Pasal 13.3.1 adalah :

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana :

$b_w$  = lebar badan balok

$d$  = jarak dari serat terkan terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal

Ada dua keadaan :

Bila  $V_u > 1/2 \emptyset V_c$ , maka harus dipasang tulangan geser minimum dengan luas tulangan :

$$A_v = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$$

Dan bila  $V_u > \emptyset V_c$ , maka harus dipasang tulangan geser, sedangkan besar gaya geser yang disumbangkan oleh tulangan adalah :

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

Dimana :

$A_v$  = luas tulangan geser dalam daerah sejarak  $s$

$$A_v = 2.1/4 \cdot \pi \cdot d^2$$

$S$  = spasi tulangan geser dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal

Sedangkan untuk spasi sengkang adalah :

$$S \leq 1/2 d$$

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

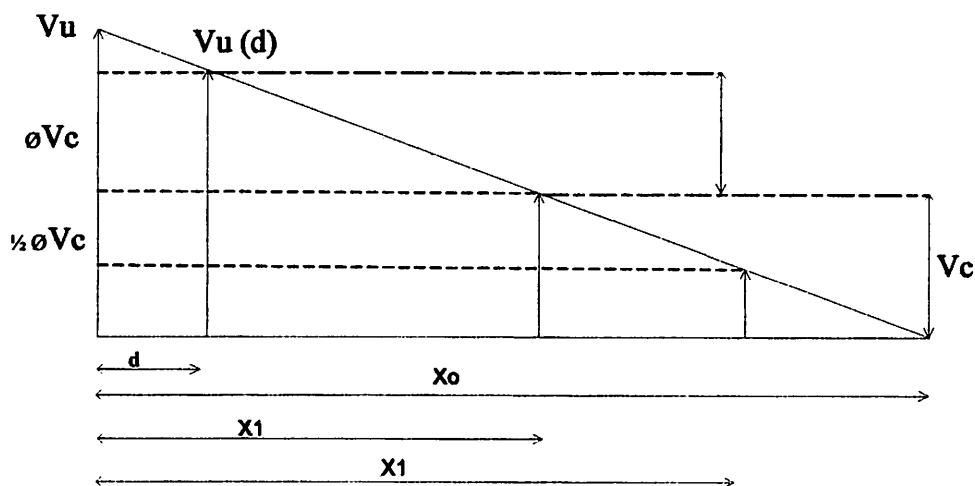
Sedangkan bila  $V_s > \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{3}\right) b_w d$ , maka spasi tulangan adalah :

$$S \leq 1/4 d$$

$$S \leq 300 \text{ mm}$$

Dalam hal ini  $V_s$  tidak boleh lebih besar dari  $\left(\frac{2}{3}\right)\sqrt{f_c'} b_w d$

$$V_s \leq \left(\frac{2}{3}\right)\sqrt{f_c'} b_w d$$



Gambar 2.14. Diagram Geser

**$X_0 = \frac{1}{2}$  bentang atau jarak dari perletakan kesuatu titik dimana  $V_u = 0$**

**$X_1 =$  daerah yang harus dipasang tulangan geser yang diperlukan**

**$X_2 =$  daerah yang harus dipasang tulangan geser**

## **BAB III**

### **ANALISA STRUKTUR UTAMA**

#### **3.1. Data Perencanaan**

##### **3.1.1. Spesifikasi dan Parameter Perencanaan**

###### **a. Spesifikasi Umum**

1. Fungsi Bangunan = Gedung Mall Blitar
2. Jumlah Lantai = 5 Lantai
3. Lantai Tingkat = Portal Beton Bertulang
4. Konstruksi atap = Plat Beton bertulang
5. Panjang Bangunan = 60,00 m (yang ditinjau)
6. Lebar Bangunan = 38,00 m (yang ditinjau)
7. Tinggi Bangunan = 24,00 m (yang ditinjau)

###### **b. Spesifikasi parameter dasar**

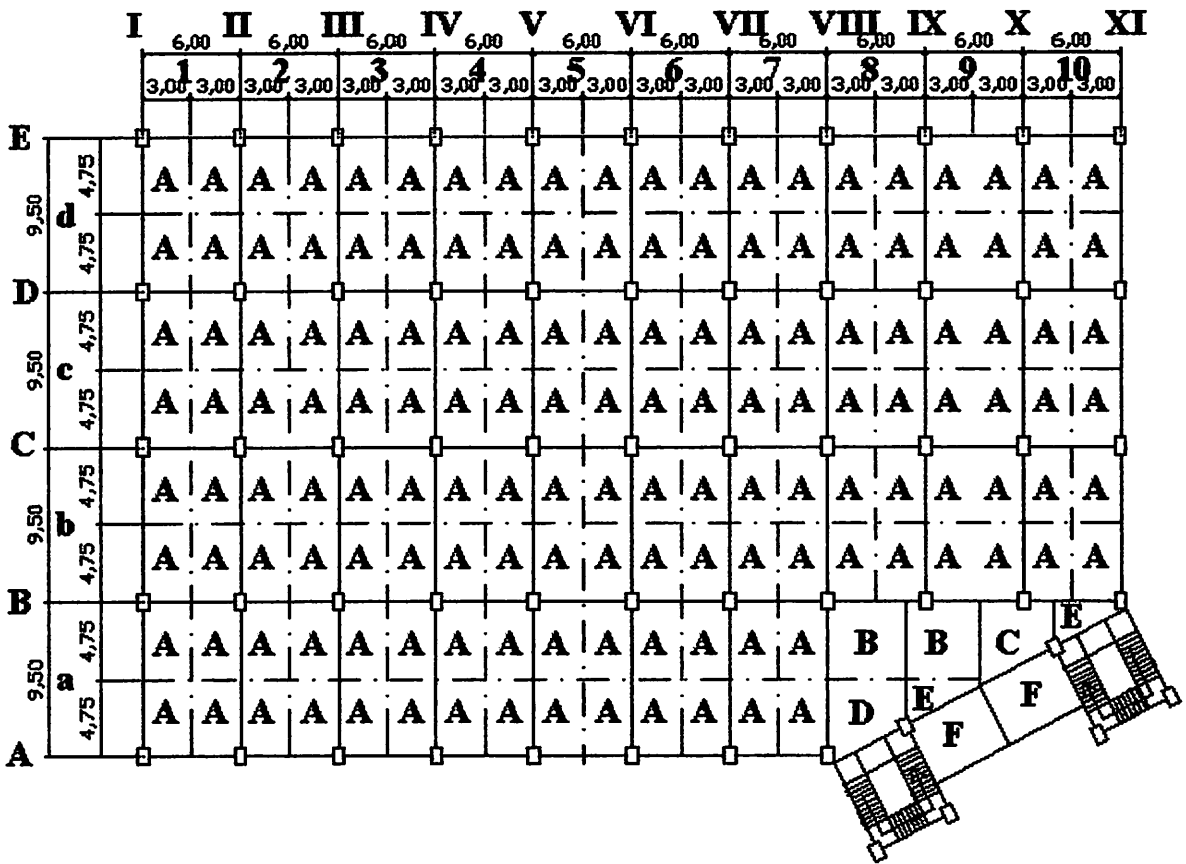
###### **1. Peraturan Perencanaan Dasar**

- a. Standart beton SNI 03-2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung).
- b. Perhitungan Pembebanan menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.
- c. Grafik dan tabel perhitungan yang digunakan dalam perencanaan bangunan dengan struktur beton bertulang.

###### **2. Perencanaan mutu beton dan mutu baja**

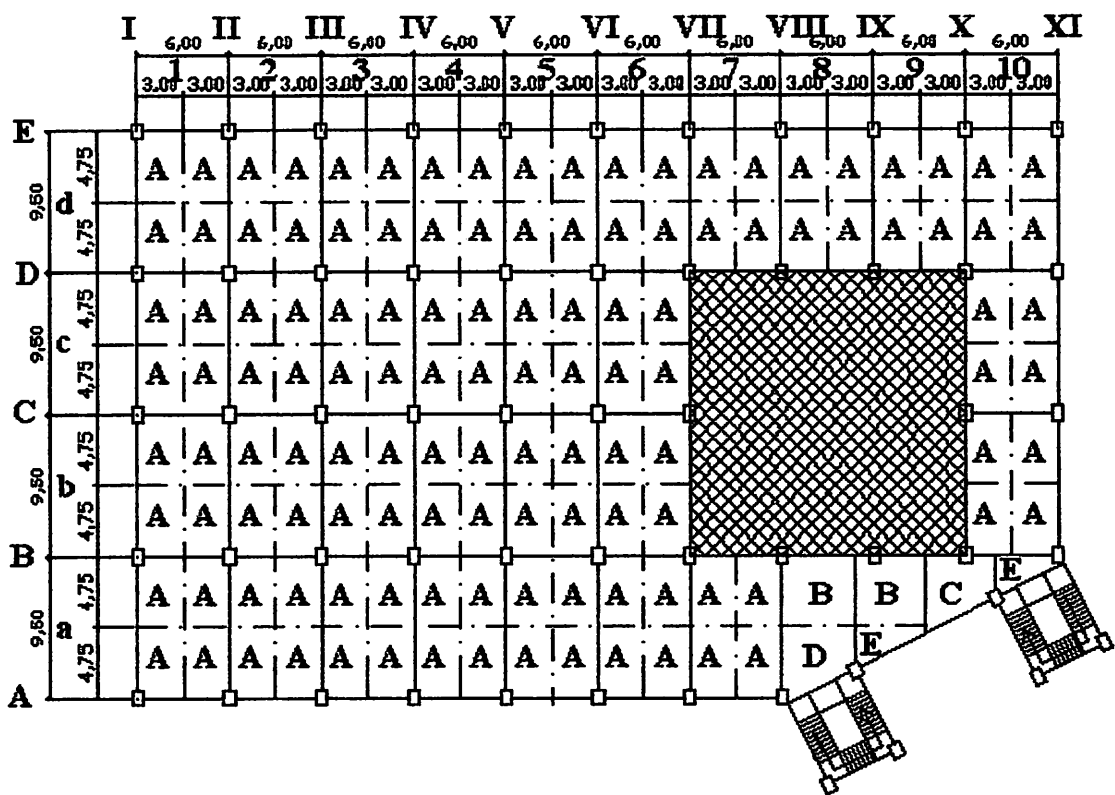
- a. Tegangan mutu beton (  $f'c$  ) = 30 Mpa
- b. Modulus Elastisitas ( E )  
 $= 4700 \times \sqrt{f'c}$   
 $= 4700 \times \sqrt{30}$   
 $= 25742,9602 \text{ Mpa}$   
(1 Mpa = 10 kg/cm<sup>2</sup>)  $= 2,57429602 \text{ kg/m}^2$
- c. Tegangan Leleh baja tulangan (  $f_y$  ) :
  - Untuk tulangan polos = 240 MPa
  - Untuk tulangan ulir = 340 MPa

**3.1.2. Denah Bangunan Perkantoran**

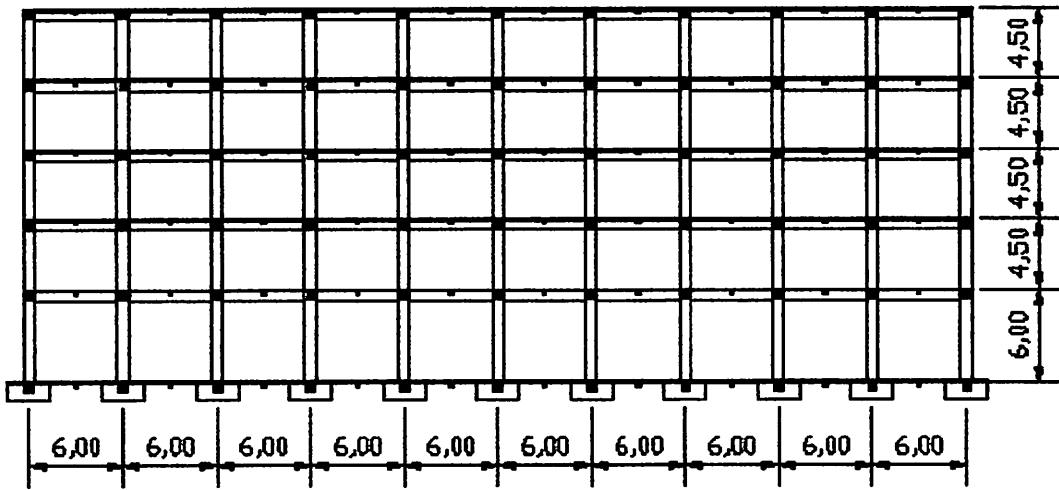


**Gambar 3 – 1a Denah Bangunan Lantai 1**

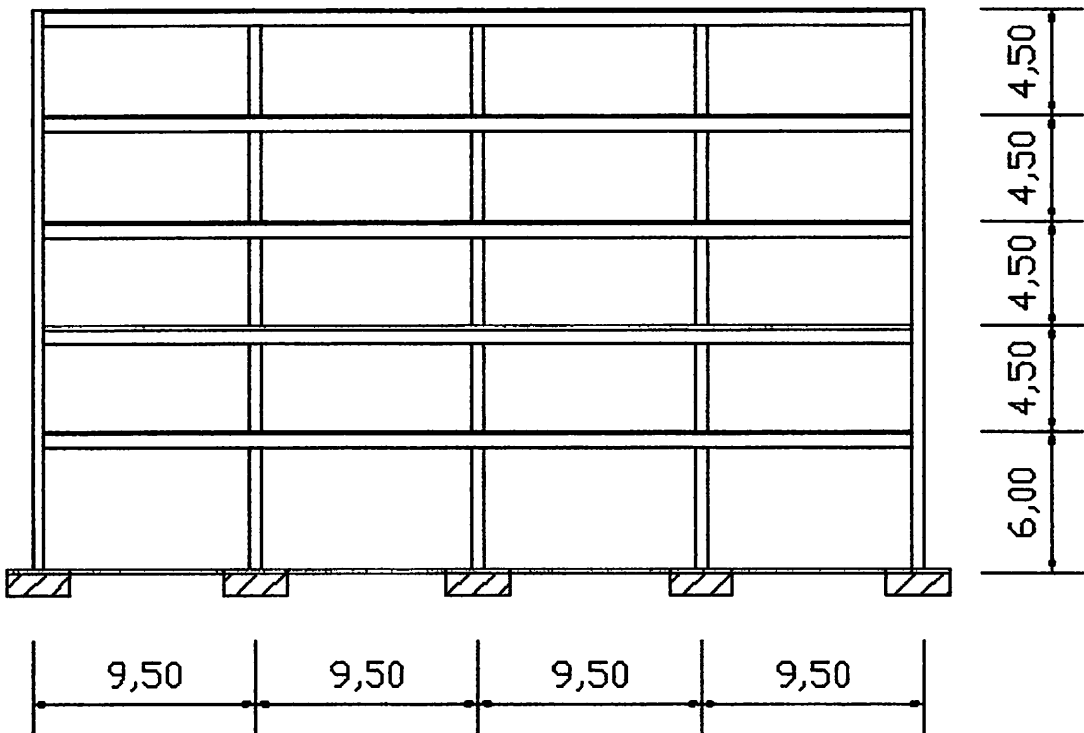




Gambar 3 – 1b Denah Bangunan Lantai 2 - Atap



**Gambar 3 – 2a Portal Memanjang**



**Gambar 3 – 2b Portal Melintang**

## 3.2. Perhitungan Penentuan Dimensi

### 3.2.1. Dimensi Balok

#### □ Dimensi Balok Induk

$$L_2 = 9,5 \text{ m} = 950 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} h &= \frac{1}{12} \times 950 \text{ s/d } \frac{1}{15} \times 950 \\ &= 79,17 \text{ cm s/d } 63,33 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } h = 70 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{2} \times 70 \text{ s/d } \frac{2}{3} \times 70 \\ &= 35,0 \text{ cm s/d } 46,67 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil } \frac{b}{h} = \frac{40}{70}$$

$$L_2 = 6 \text{ m} = 600 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} h &= \frac{1}{12} \times 600 \text{ s/d } \frac{1}{15} \times 600 \\ &= 50 \text{ cm s/d } 40 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } h = 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{2} \times 50 \text{ s/d } \frac{2}{3} \times 50 \\ &= 25,0 \text{ cm s/d } 33,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil } \frac{b}{h} = \frac{30}{50}$$

#### □ Dimensi Balok Anak

$$L_1 = 4,75 \text{ m} = 475 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} h &= \frac{1}{12} \times 475 \text{ s/d } \frac{1}{15} \times 475 \\ &= 39,58 \text{ cm s/d } 31,67 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } h = 35 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{2} \times 35 \text{ s/d } \frac{2}{3} \times 35 \\ &= 17,50 \text{ cm s/d } 23,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil } \frac{b}{h} = \frac{25}{35}$$

**3.2.2. Dimensi Balok Grid**

$L = 1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$

$h = \frac{1}{12} \times 100 \text{ s/d } \frac{1}{15} \times 100$

$= 8,33 \text{ cm s/d } 6,67 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } h = 63 \text{ cm}$

$b = \frac{1}{2} \times 50 \text{ s/d } \frac{2}{3} \times 50$

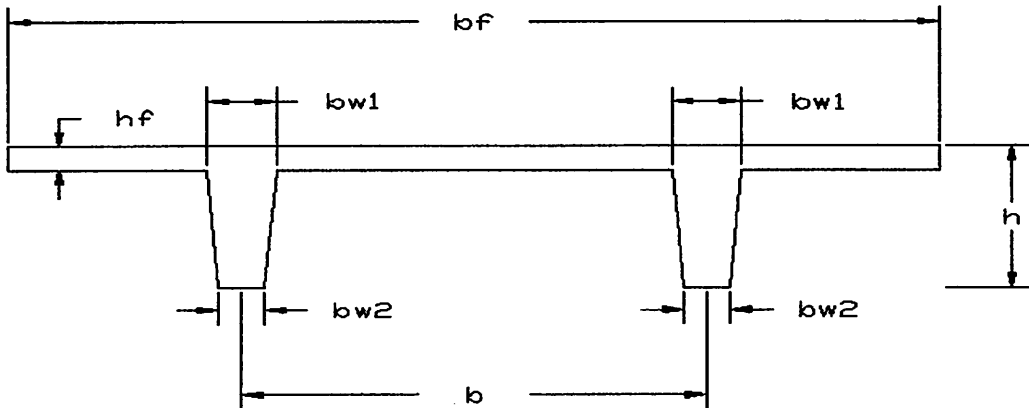
$= 25,0 \text{ cm s/d } 33,33 \text{ cm}$

diambil  $\frac{b}{h} = \frac{9,5}{63}$

sesuai dalam aturan – aturan pemakaian balok grid yang terdapat dalam table 2.1 Geometrical Details of AS – BUILT PCI and AASHTO section mendapatkan dimensi balok grid serta plat sebagai berikut :

$b_f = 240 \text{ cm} \quad h_f = 8 \text{ cm} \quad b_{w1} = 14,5 \text{ cm}$

$b_{w2} = 9,5 \text{ cm} \quad h = 60 \text{ cm} \quad b = 120 \text{ cm}$



**3.2.3. Dimensi Kolom**

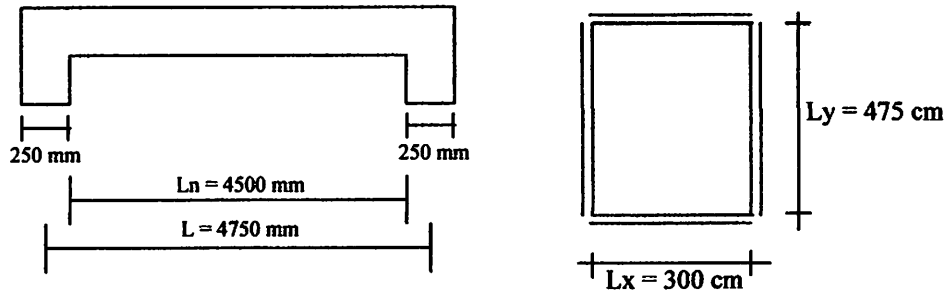
Direncanakan dimensi kolom  $\frac{b}{h} = \frac{75}{75}$  (Lantai 1 s/d 5)

**3.2.4. Dimensi Plat**

Data Perencanaan

- Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 30 MPa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 240 MPa
- Balok Induk = 40/70
- Balok Anak = 25/35

□ **Plat A**



$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{475}{300} = 1,6 \leq 2 \text{ ,maka digunakan pelat 2 arah}$$

dimana  $\beta$  = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau muka tumpuan (SNI 03-2847-2002 hal 254)

tebal plat  $h$  tidak boleh kurang dari nilai yang didapat dari :

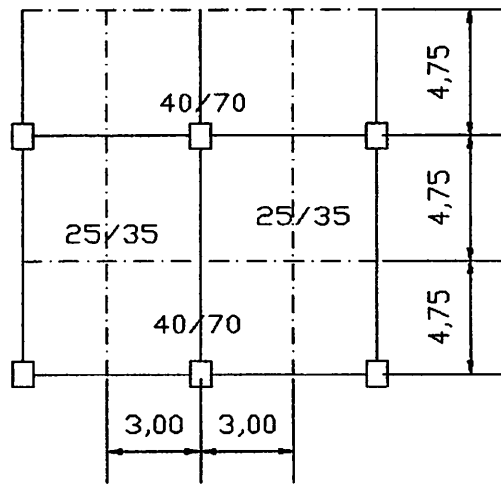
$$h = \frac{\lambda_n \cdot \left( 0,8 + \left( \frac{f_y}{1500} \right) \right)}{36 + 5 \cdot \beta \cdot (\alpha_m - 0,2)} \dots\dots\dots \text{SNI 03-2847-2002 pasal}$$

11.5

$\alpha_m$  = nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel. dimana  $\alpha$  adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok.

Menentukan nilai  $\alpha$  pada keempat sisi dari plat

Asumsi tebal awal plat ( $t$ ) = 160 mm

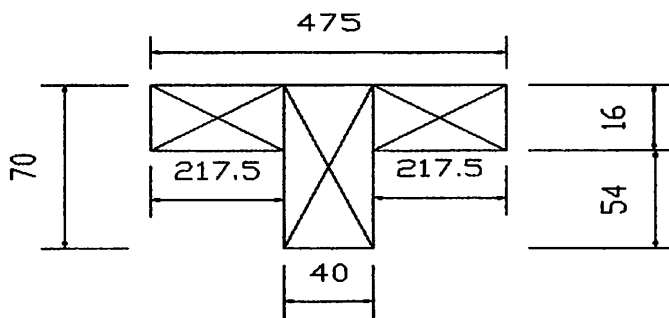


**Balok dimensi 40/70**

Sesuai SNI 03-2847-2002 hal 254 lebar flens diperhitungkan adalah lebar yang dibatasi dalam arah lateral oleh sumbu dari panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok :

b untuk arah memanjang bangunan = 4750 mm

b untuk arah melebar bangunan = 3000 mm



$$\begin{aligned}
 I_b &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 700^3 \\
 &= 114,33 \cdot 10^8 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

untuk arah melebar bangunan :

$$I_{s1} = I_{s2} = \left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3\right) = 2 \times \left[\frac{1}{12} \cdot 2175 \cdot 160^3\right]$$
$$= 14,848 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$E_{cb} = E_{cs}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_{s1}} = \frac{114,33 \cdot 10^8}{14,848 \cdot 10^8} = 7,7$$

dimana :

$I_b$  = Momen Inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto balok.

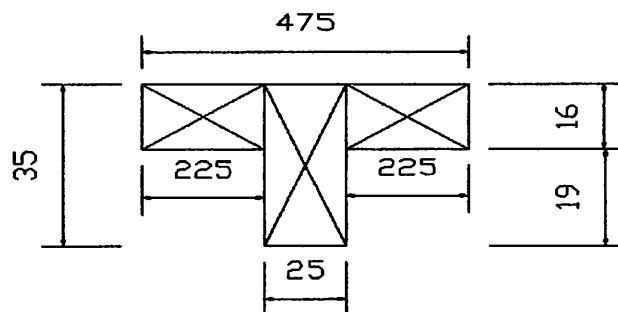
$I_s$  = Momen Inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto pelat.

### Balok dimensi 25/35

Sesuai SNI 03-2847-2002 hal 254 lebar flens diperhitungkan adalah lebar yang dibatasi dalam arah lateral oleh sumbu dari panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok :

b untuk arah memanjang bangunan = 4750 mm

b untuk arah melebar bangunan = 3000 mm



$$I_b = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 250 \cdot 350^3$$
$$= 8,932 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

untuk arah memanjang bangunan :

$$I_{s3} = I_{s4} = 2 \times \left( \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \right) = 2 \times \left[ \frac{1}{12} \cdot 2250 \cdot 160^3 \right]$$

$$= 15,36 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

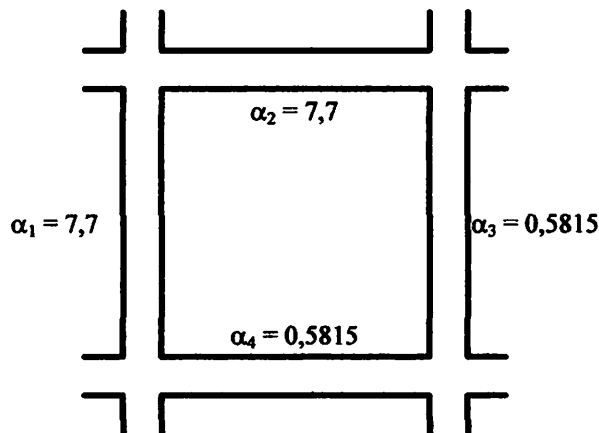
$$E_{cb} = E_{cs}$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_{s3}} = \frac{8,932 \cdot 10^8}{15,36 \cdot 10^8} = 0,5815$$

dimana :

$I_b$  = Momen Inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto balok.

$I_{s3}$  = Momen Inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto pelat.



$$\alpha_m = \frac{7,7 + 7,7 + 0,5815 + 0,5815}{4} = 4,14$$

Menurut ketentuan SNI 03-2847-2002 pasal 11.5 butir 3.3c untuk nilai  $\alpha_m$  yang lebih besar dari 2,0 ketebalan plat minimum tidak boleh kurang dari :

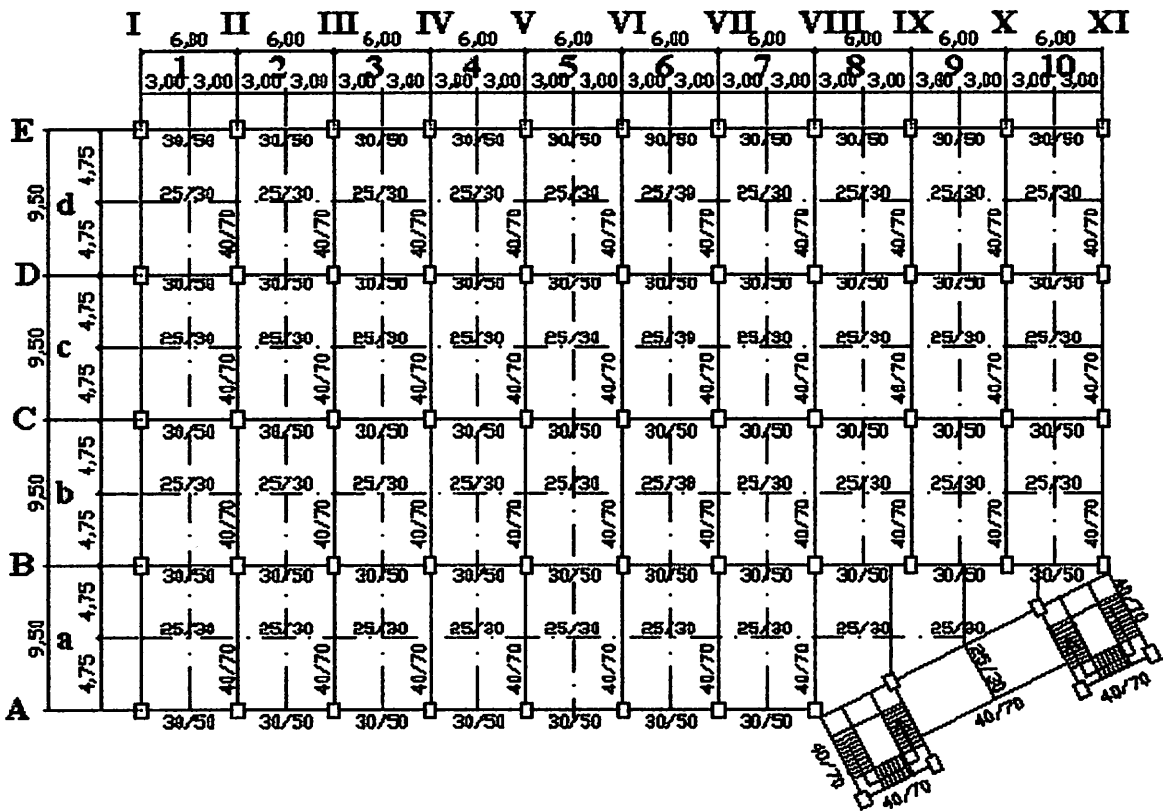
$$h = \frac{\lambda_n \cdot \left( 0,8 - \left( \frac{f_y}{1500} \right) \right)}{36 - 9 \cdot \beta} = \frac{4500 \cdot \left( 0,8 - \left( \frac{240}{1500} \right) \right)}{36 - 9 \cdot 1,6}$$

$$= 133,33 \text{ mm}$$

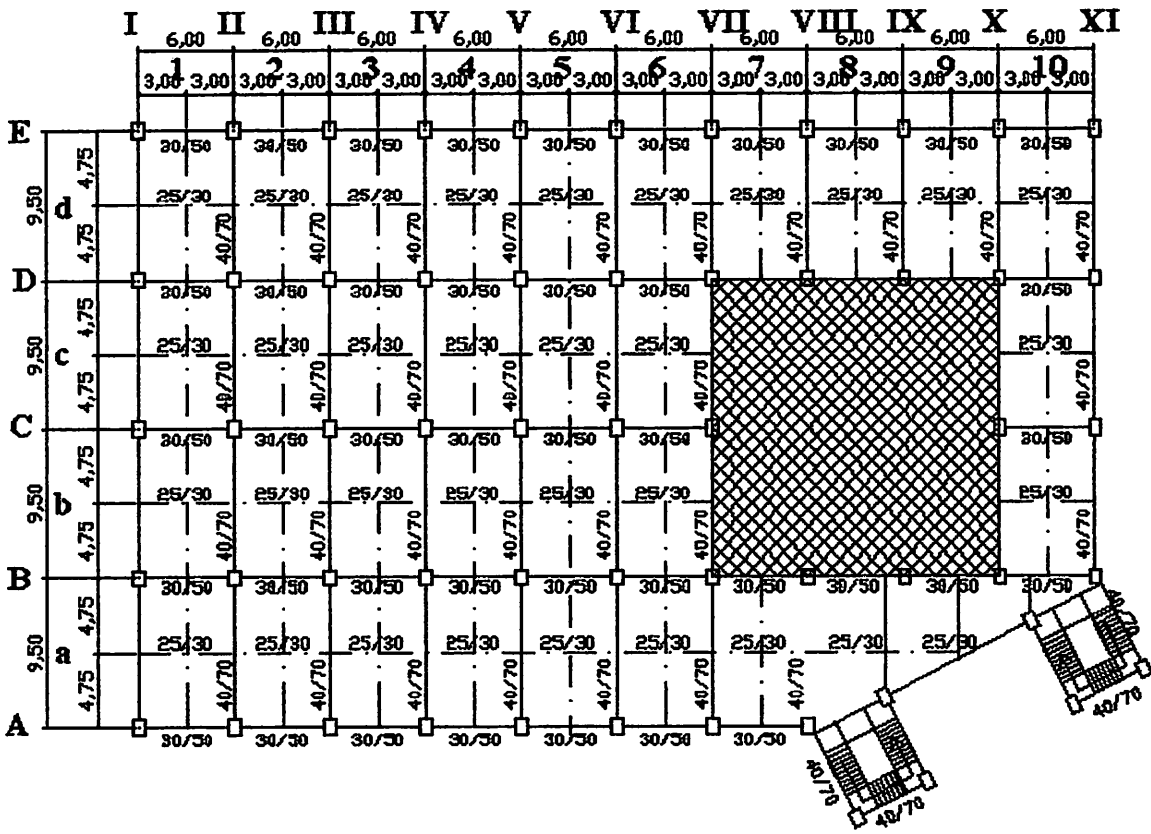


untuk  $\alpha_m > 2 \rightarrow$  tebal plat tidak boleh kurang dari 90 mm (SNI 03-2847-2002, hal 66)

dari perhitungan diatas maka tebal plat yang dipakai 150 mm.

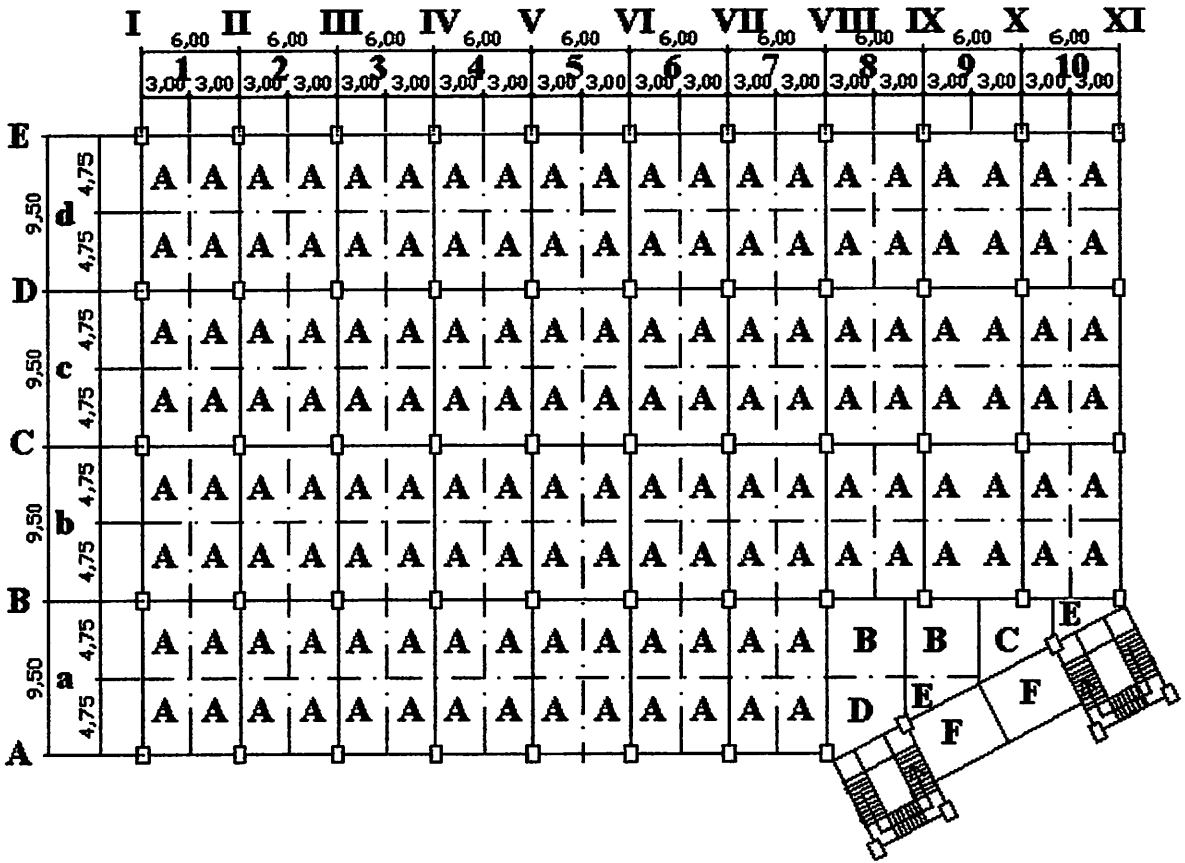


Gambar 3 – 3a Dimensi Balok dan Kolom lantai 1

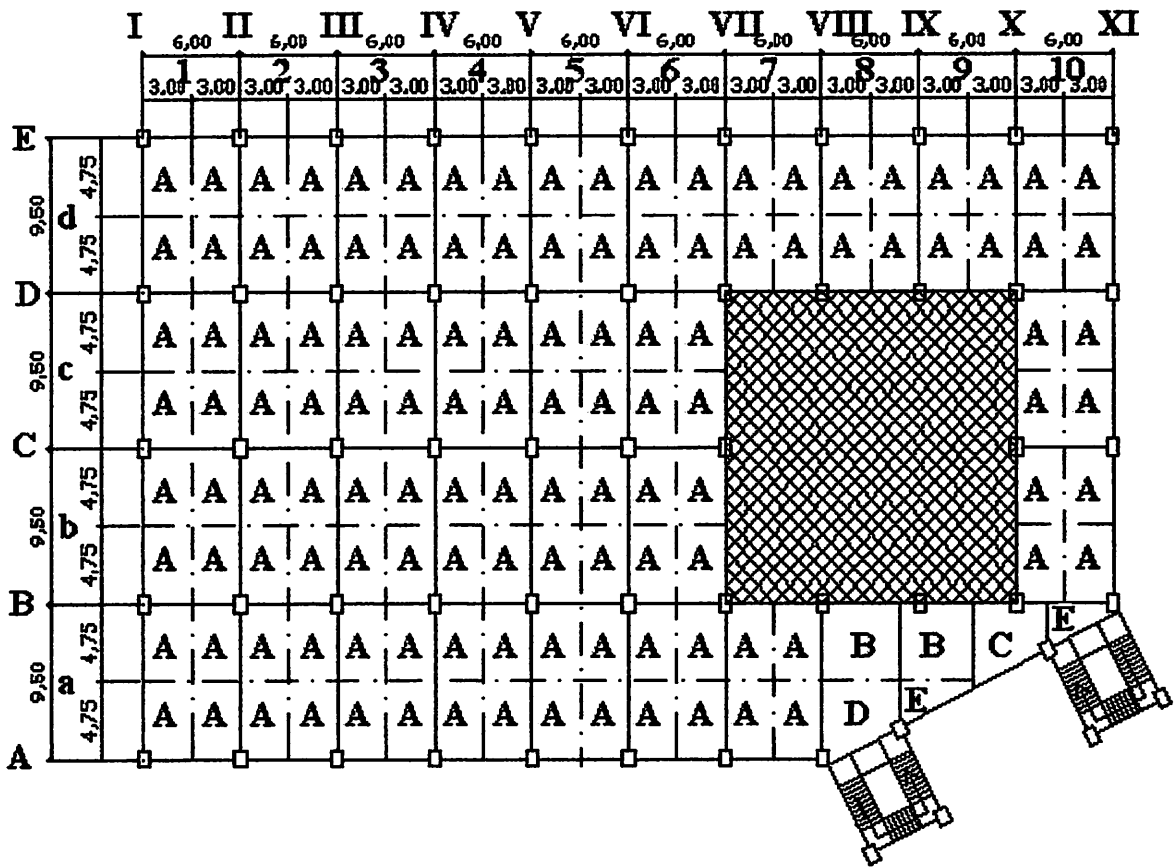


Gambar 3 – 3b Dimensi Balok dan Kolom Lantai 2 - Atap

### 3.3. Pembebanan



Gambar 3 – 4a Pembagian beban plat pada lantai 1



Gambar 3 – 4b Pembagian beban plat pada lantai 2 - Atap

### 3.3.1. Pembebanan Plat

□ Perhitungan pembebanan plat lantai 1 s/d 5

▪ Beban Mati (qd)

▪ Berat sendiri plat =  $0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$

▪ Berat tegel =  $2 \times 24 = 48 \text{ kg/m}^2$

▪ Berat Spesi =  $3 \times 21 = 63 \text{ kg/m}^2$

▪ Berat plafon + penggantung =  $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$

---

qd =  $489 \text{ kg/m}^2$  +

▪ Beban hidup (ql) → untuk perkantoran

ql =  $250 \text{ kg/m}^2$

□ Perhitungan pembebanan plat lantai parkir

▪ Beban Mati (qd)

▪ Berat sendiri plat =  $0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$

▪ Berat Spesi =  $3 \times 21 = 63 \text{ kg/m}^2$

---

qd =  $423 \text{ kg/m}^2$  +

▪ Beban hidup (ql) → untuk parkir lantai bawah

ql =  $800 \text{ kg/m}^2$

□ Perhitungan pembebanan plat lantai Atap

▪ Beban Mati (qd)

▪ Berat sendiri plat =  $0,15 \times 1 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$

▪ Berat Spesi =  $3 \times 21 = 63 \text{ kg/m}^2$

▪ Berat plafon + penggantung =  $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$

---

qd =  $441 \text{ kg/m}^2$  +

▪ Beban hidup (ql) → untuk atap

▪ Beban hidup yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang

ql =  $100 \text{ kg/m}^2$

▪ Beban hidup yang berasal dari air hujan

ql = berat jenis air x tinggi air

=  $1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,05 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 &= 50 \text{ kg/m}^2 \\
 q_l &= 100 + 50 \\
 &= 150 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

### 3.3.2. Perhitungan Plat Lantai

Beban terfaktor ( $q_u$ ) → Plat lantai 1 s/d 5

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\
 &= (1,2 \times 489) + (1,6 \times 250) \\
 &= 986,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban terfaktor ( $q_u$ ) → Plat lantai parkir

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\
 &= (1,2 \times 423) + (1,6 \times 800) \\
 &= 1787,6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban terfaktor ( $q_u$ ) → Plat lantai Atap

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\
 &= (1,2 \times 441) + (1,6 \times 150) \\
 &= 769,2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



- Tinggi efektif plat lantai 1 s/d 5 dan plat lantai atap

$$\begin{aligned}
 dx &= \text{tebal plat } (h_f) - \text{sel. Beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok} \\
 &= 150 - 20 - (\frac{1}{2} \times 10) \\
 &= 125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= \text{tebal plat } (h_f) - \text{sel. Beton} - \emptyset \text{ tul pokok} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok} \\
 &= 150 - 20 - 10 - (\frac{1}{2} \times 10) \\
 &= 115 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Tinggi efektif plat lantai parkir

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal plat } (h_f) - \text{sel. Beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok} \\ &= 150 - 20 - (\frac{1}{2} \times 12) \\ &= 124 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal plat } (h_f) - \text{sel. Beton} - \emptyset \text{ tul pokok} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok} \\ &= 150 - 20 - 12 - (\frac{1}{2} \times 12) \\ &= 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Perhitungan momen-momen yang terjadi pada plat

- a. Lantai 1 s/d 5 ( Plat A)

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{475}{300} = 1,58$$

Berdasarkan tabel gideon (*grafik dan tabel beton bertulang*), didapat nilai :

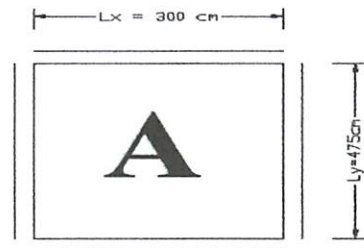
$$Clx = 105$$

$$Cly = 45$$

$$Ctx = 126$$

$$Cty = 64$$

Momen yang terjadi



$$Mu = 0,001 \times qu \times Lx^2 \times C$$

$$Mlx = 0,001 \times 986,8 \times 3,0^2 \times 105,00 = 932,260 \text{ kgm}$$

$$Mly = 0,001 \times 986,8 \times 3,0^2 \times 45,00 = 399,654 \text{ kgm}$$

$$Mtx = -0,001 \times 986,8 \times 3,0^2 \times 126,00 = -1,119,031 \text{ kgm}$$

$$Mty = -0,001 \times 986,8 \times 3,0^2 \times 64,00 = -568,397 \text{ kgm}$$

b. Lantai parkir (Plat A)

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{475}{300} = 1,58$$

Berdasarkan table gideon (*grafik dan tabel beton bertulang*), didapat nilai :

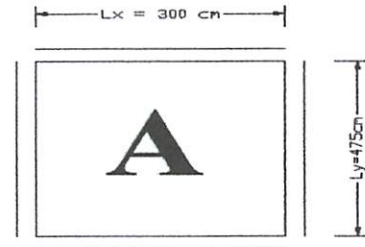
$$Cl_x = 105$$

$$Cl_y = 45$$

$$C_{tx} = 126$$

$$C_{ty} = 64$$

Momen yang terjadi



$$Mu = 0,001 \times qu \times Lx^2 \times C$$

$$M_{lx} = 0,001 \times 1787,6 \times 3,0^2 \times 105,00 = 1689,282 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 1787,6 \times 3,0^2 \times 45,00 = 723,978 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \times 1787,6 \times 3,0^2 \times 126,00 = -2027,138 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 1787,6 \times 3,0^2 \times 64,00 = -1029,658 \text{ kgm}$$

c. Lantai Atap (Plat A)

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{475}{300} = 1,58$$

Berdasarkan tabel gideon (*grafik dan tabel beton bertulang*), didapat nilai :

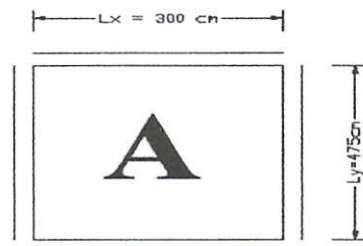
$$Cl_x = 105$$

$$Cl_y = 45$$

$$C_{tx} = 126$$

$$C_{ty} = 64$$

Momen yang terjadi



$$Mu = 0,001 \times qu \times Lx^2 \times C$$

$$M_{lx} = 0,001 \times 769,2 \times 3,0^2 \times 105,00 = 726,894 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 769,2 \times 3,0^2 \times 45,00 = 311,526 \text{ kgm}$$



$$M_{tx} = -0,001 \times 769,2 \times 3,0^2 \times 126,00 = -872,273 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 769,2 \times 3,0^2 \times 64,00 = -443,059 \text{ kgm}$$

□ Penulangan Plat Lantai

a. Penulangan Plat lantai 1 s/d 5

▪ Penulangan Tumpuan arah X

$$M_u = 1.119,031 \text{ kgm}$$

$$= 1.119,031 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1119,031 \times 10^4}{0,8} = 1398,789 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{1398,789 \times 10^4}{1000 \times 125^2} = 0,8952 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,412 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 240}$$

$$= 0,0645$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0645$$

$$= 0,0484$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,412} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,412 \times 0,8952}{240}} \right)$$

$$= 0,00349$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d x$$

$$= 0,00349 \times 1000 \times 125$$

$$= 436,25 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{As } \emptyset 10 \text{ mm} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 10^2 \\
 &= 78,540 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As } \phi 10 \text{ mm}} \\
 &= \frac{436,25}{78,540} \\
 &= 5,55 \approx 6 \text{ buah tulangan}
 \end{aligned}$$

Jarak tulangan ( s )

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{b}{n - 1} \\
 &= \frac{1000}{6 - 1} \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As ada} &= n \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= 6 \times \frac{1}{4} \pi 10^2 \\
 &= 471 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $\emptyset 10 - 20 \text{ cm}$ ,

Dengan As ada =  $471 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 436,25 \text{ mm}^2 \dots \text{ Ok!}$

Tulangan bagi untuk tumpuan X

Diameter tulangan bagi =  $\emptyset 6 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 \text{As bagi} &= 20 \% \times \text{As perlu} \\
 &= 20 \% \times 436,25 \\
 &= 87,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As } \emptyset 6 \text{ mm} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 6^2
 \end{aligned}$$

$$= 28,26 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$\begin{aligned} n &= \frac{As \text{ bagi}}{As \phi 6 \text{ mm}} \\ &= \frac{87,25}{28,26} \\ &= 3,087 \approx 4 \text{ buah tulangan} \end{aligned}$$

Jarak tulangan ( s )

$$\begin{aligned} s &= \frac{b}{n - 1} \\ &= \frac{1000}{4 - 1} \\ &= 333,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s \text{ maks} &= 2 h_f \\ &= 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka dipakai  $s = 250 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} As \text{ ada} &= \frac{b}{s} \times \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1000}{250} \times \frac{1}{4} \pi 6^2 \\ &= 113,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan bagi  $\phi 6 - 25 \text{ cm}$ ,

Dengan  $As \text{ ada} = 113,04 \text{ mm}^2 > As \text{ bagi} = 87,25 \text{ mm}^2 \dots\dots \text{Ok!}$

▪ Penulangan Lapangan arah X

$$\begin{aligned} Mu &= 932,260 \text{ kgm} \\ &= 932,260 \times 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{932,260 \times 10^4}{0,8} = 1165,325 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{1165,325 \times 10^4}{1000 \times 125^2} = 0,7458 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,412 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + fy} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 240} \\ &= 0,0645 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0645 \\ &= 0,0484 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{9,412} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,412 \times 0,7458}{240}} \right) \\ &= 0,00315 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,00315 \times 1000 \times 125 \\ &= 393,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As } \emptyset 10 \text{ mm} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 78,540 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As \text{ perlu}}{As \phi 10 \text{ mm}} \\
 &= \frac{393,75}{78,540} \\
 &= 5,013 \approx 6 \text{ buah tulangan}
 \end{aligned}$$

Jarak tulangan ( s )

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{b}{n - 1} \\
 &= \frac{1000}{6 - 1} \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As \text{ ada} &= n \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= 6 \times \frac{1}{4} \pi 10^2 \\
 &= 471 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $\emptyset 10 - 20 \text{ cm}$ ,

Dengan  $As \text{ ada} = 471 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 393,75 \text{ mm}^2 \dots \text{ Ok!}$

• Penulangan Tumpuan arah Y

$$\begin{aligned} Mu &= 568,397 \text{ kgm} \\ &= 568,397 \times 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{568,397 \times 10^4}{0,8} = 710,496 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dy^2} = \frac{710,496 \times 10^4}{1000 \times 115^2} = 0,5372 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,412 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + fy} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 240} \\ &= 0,0645 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0645 \\ &= 0,0484 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{9,412} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,412 \times 0,5372}{240}} \right) \\ &= 0,00226 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times dy \\ &= 0,00226 \times 1000 \times 115 \\ &= 259,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As min} &= 0,0020 \times b \times hf \\ &= 0,0020 \times 1000 \times 150 \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As perlu < As min, maka dipakai As min.

$$\begin{aligned}
 \text{As } \emptyset 10 \text{ mm} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 10^2 \\
 &= 78,540 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As min}}{\text{As } \phi 10 \text{ mm}} \\
 &= \frac{300}{78,540} \\
 &= 3,819 \approx 4 \text{ buah tulangan}
 \end{aligned}$$

Jarak tulangan ( s )

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{b}{n - 1} \\
 &= \frac{1000}{4 - 1} \\
 &= 333,33 \approx 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As ada} &= n \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= 4 \times \frac{1}{4} \pi 10^2 \\
 &= 314 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $\emptyset 10 - 30 \text{ cm}$ ,

Dengan As ada =  $314 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 300 \text{ mm}^2 \dots \text{ Ok!}$

Tulangan bagi untuk tumpuan X

Diameter tulangan bagi =  $\emptyset 6 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \text{As bagi} &= 20 \% \times \text{As perlu} \\
 &= 20 \% \times 300 \\
 &= 60 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As } \emptyset 6 \text{ mm} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 6^2
 \end{aligned}$$

$$= 28,26 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$\begin{aligned} n &= \frac{As \text{ bagi}}{As \phi 6 \text{ mm}} \\ &= \frac{60}{28,26} \\ &= 2,123 \approx 3 \text{ buah tulangan} \end{aligned}$$

Jarak tulangan ( s )

$$\begin{aligned} s &= \frac{b}{n - 1} \\ &= \frac{1000}{3 - 1} \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s \text{ maks} &= 2 h_f \\ &= 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka dipakai s = 250 mm

$$\begin{aligned} As \text{ ada} &= \frac{b}{s} \times \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1000}{250} \times \frac{1}{4} \pi 6^2 \\ &= 113,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan bagi  $\phi 6 - 25 \text{ cm}$ ,

Dengan  $As \text{ ada} = 113,04 \text{ mm}^2 > As \text{ bagi} = 60 \text{ mm}^2 \dots\dots \text{Ok!}$



▪ Penulangan Lapangan arah Y

$$\begin{aligned} \mu_u &= 399,654 \text{ kgm} \\ &= 399,654 \times 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{\mu_u}{\phi} = \frac{399,654 \times 10^4}{0,8} = 499,568 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{499,568 \times 10^4}{1000 \times 115^2} = 0,3778 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,412 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 240} \\ &= 0,0645 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0645 \\ &= 0,0484 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,412} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,412 \times 0,3778}{240}} \right) \\ &= 0,00158 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00158 \times 1000 \times 115 \\ &= 230 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \rho_{\min} \times b \times h_f \\ &= 0,0020 \times 1000 \times 150 \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As perlu < As min, maka dipakai As min.

$$\begin{aligned}
 \text{As } \emptyset 10 \text{ mm} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 10^2 \\
 &= 78,540 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As min}}{\text{As } \phi 10 \text{ mm}} \\
 &= \frac{300}{78,540} \\
 &= 3,819 \emptyset 4 \text{ buah tulangan}
 \end{aligned}$$

Jarak tulangan ( s )

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{b}{n - 1} \\
 &= \frac{1000}{4 - 1} \\
 &= 333,33 \approx 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

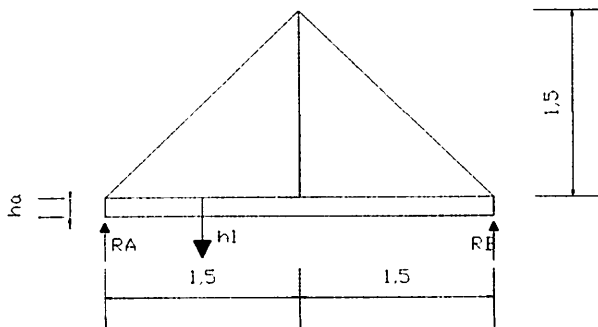
$$\begin{aligned}
 \text{As ada} &= n \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= 4 \times \frac{1}{4} \pi 10^2 \\
 &= 314 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $\emptyset 10 - 30 \text{ cm}$ ,

Dengan  $\text{As ada} = 314 \text{ mm}^2 > \text{As min} = 300 \text{ mm}^2 \dots \text{ Ok!}$

### 3.3.3. Perataan Beban Plat

#### □ Plat A



$$H_1 = \frac{1}{2} \times 1,5 \times 1,5 = 1,125 \text{ m}^2$$

$$R_A = R_B = H_1 = 1,125 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{\max I} &= R_A \times 1,5 - H_1 \left( \frac{1}{3} \times 1,5 \right) \\ &= 1,125 \times 1,5 - 1,125 \left( \frac{1}{3} \times 1,5 \right) \\ &= 1,125 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

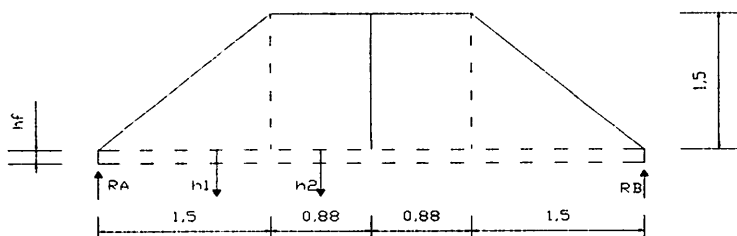
$$\begin{aligned} M_{\max II} &= \frac{1}{8} \times h_A \times l^2 \\ &= \frac{1}{8} \times h_A \times 3,0^2 \\ &= 1,125 h_A \end{aligned}$$

$$M_{\max I} = M_{\max II}$$

$$1,125 = 1,125 h_A$$

$$h_A = 1 \text{ m} < 1,5 \text{ m} \dots \text{Ok!}$$

#### □ Plat B

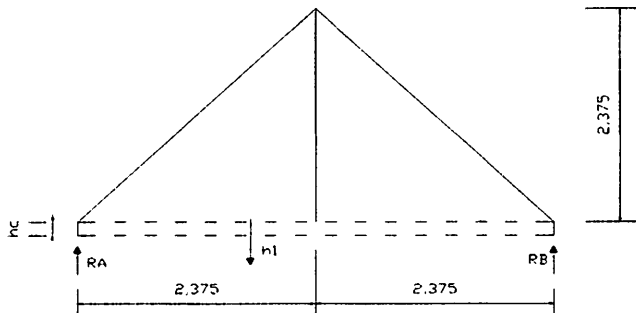


$$H_1 = \frac{1}{2} \times 1,5 \times 1,5 = 1,125 \text{ m}^2$$

$$H_2 = 0,88 \times 1,5 = 1,32 \text{ m}^2$$

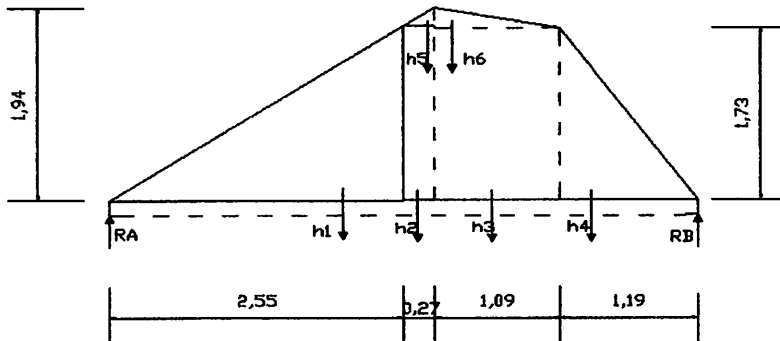
$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= H_1 + H_2 = 1,125 + 1,32 = 2,445 \text{ m}^2 \\
 M_{\max I} &= R_A \times 2,38 - H_1 (1/3 \times 1,5 + 0,88) - H_2 (1/2 \times 0,88) \\
 &= 2,445 \times 2,38 - 1,125 (1/3 \times 1,5 + 0,88) - 1,32 (1/2 \times 0,88) \\
 &= 3,6858 \text{ m}^2 \\
 M_{\max II} &= 1/8 \times h_B \times l_n^2 \\
 &= 1/8 \times h_B \times 4,75^2 \\
 &= 2,8203 h_B \\
 M_{\max I} &= M_{\max II} \\
 3,6858 &= 2,8203 h_B \\
 h_B &= 1,3069 \text{ m} < 1,5 \text{ m} \dots \text{ Ok!}
 \end{aligned}$$

□ **Plat C**



$$\begin{aligned}
 H_1 &= 1/2 \times 2,375 \times 2,375 = 2,82 \text{ m}^2 \\
 R_A = R_B &= H_1 = 2,82 \text{ m}^2 \\
 M_{\max I} &= R_A \times 2,375 - H_1 (1/3 \times 2,375) \\
 &= 2,82 \times 2,375 - 2,82 (1/3 \times 2,375) \\
 &= 4,465 \text{ m}^2 \\
 M_{\max II} &= 1/8 \times h_C \times l^2 \\
 &= 1/8 \times h_C \times 4,75^2 \\
 &= 2,8203 h_C \\
 M_{\max I} &= M_{\max II} \\
 4,465 &= 2,8203 h_C \\
 h_C &= 1,5832 \text{ m} < 2,375 \text{ m} \dots \text{ Ok!}
 \end{aligned}$$

□ **Plat D**



$$H_1 = \frac{1}{2} \times 2,55 \times 1,75 = 2,231 \text{ m}^2$$

$$H_2 = 0,27 \times 1,75 = 0,473 \text{ m}^2$$

$$H_3 = 1,09 \times 1,73 = 1,886 \text{ m}^2$$

$$H_4 = \frac{1}{2} \times 1,19 \times 1,73 = 1,029 \text{ m}^2$$

$$H_5 = \frac{1}{2} \times 0,27 \times 0,18 = 0,0243 \text{ m}^2$$

$$H_6 = \frac{1}{2} \times 1,09 \times 0,2 = 0,109 \text{ m}^2$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \times 5,1 - H_1(1/3 \times 2,55 + 2,55) - H_2(1/2 \times 0,27 + 2,28) - H_3(1/2 \times 1,09 + 1,19) - H_4(2/3 \times 1,19) - H_5(1/3 \times 0,27 + 2,28) - H_6(2/3 \times 1,09 + 1,19) = 0$$

$$R_A = 2,5652 \text{ m}^2$$

$$\sum M_A = 0$$

$$- R_B \times 5,1 + H_1(2/3 \times 2,55) + H_2(1/2 \times 0,27 + 2,55) + H_3(1/2 \times 1,09 + 2,82) + H_4(1/3 \times 1,19 + 3,91) + H_5(1/3 \times 0,27 + 2,55) + H_6(2/3 \times 1,09 + 2,82) = 0$$

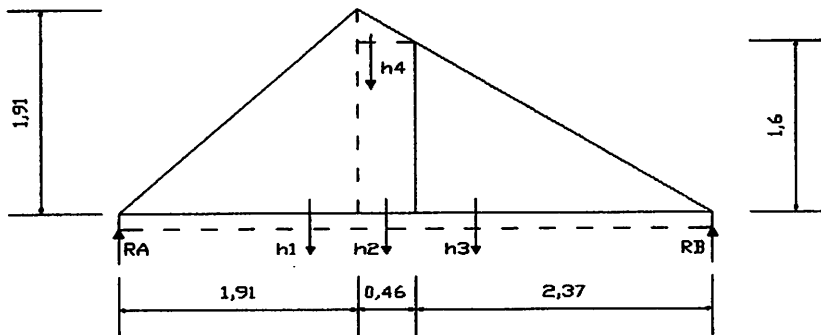
$$R_B = 3,1944 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{\max I} &= R_A \times 2,55 - H_1 ( 1/3 \times 2,55 ) \\ &= 2,5652 \times 2,55 - 2,231 ( 1/3 \times 2,55 ) \\ &= 6,54126 - 1,8964 = 4,6449 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max II} &= 1/8 \times h_D \times l^2 \\ &= 1/8 \times h_D \times 5,1^2 \\ &= 3,2513 h_D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max I} &= M_{\max II} \\
 4,6449 &= 3,2513 h_D \\
 h_D &= 1,4286 \text{ m} < 1,94 \dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

□ **Plat E**



$$H_1 = \frac{1}{2} \times 1,91 \times 1,91 = 1,824 \text{ m}^2$$

$$H_2 = 0,46 \times 1,6 = 0,736 \text{ m}^2$$

$$H_3 = \frac{1}{2} \times 2,37 \times 1,6 = 1,896 \text{ m}^2$$

$$H_4 = \frac{1}{2} \times 0,46 \times 0,31 = 0,0713 \text{ m}^2$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \times 4,74 - H_1(2/3 \times 1,91 + 2,83) - H_2(1/2 \times 0,46 + 2,37) - H_3(2/3 \times 2,37) - H_4(1/3 \times 0,46 + 1,91) = 0$$

$$R_A = 2,6458 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max I} &= R_A \times 2,37 - H_1(1/3 \times 1,91 + 0,46) - H_2(1/2 \times 0,46) \\
 &= 2,6458 \times 2,37 - 1,824(1/3 \times 1,91 + 0,46) - 0,736(1/2 \times 0,46) \\
 &= 4,1009 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

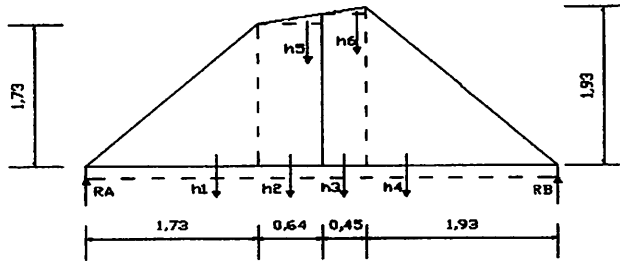
$$\begin{aligned}
 M_{\max II} &= 1/8 \times h_E \times l_n^2 \\
 &= 1/8 \times h_E \times 4,74^2 \\
 &= 2,80845 h_E
 \end{aligned}$$

$$M_{\max I} = M_{\max II}$$

$$4,1009 = 2,80845 h_E$$

$$h_E = 1,4602 \text{ m} < 1,91 \text{ m} \dots \text{Ok!}$$

□ **Plat F**



$$H_1 = \frac{1}{2} \times 1,73 \times 1,73 = 1,4965 \text{ m}^2$$

$$H_2 = 0,64 \times 1,73 = 1,1072 \text{ m}^2$$

$$H_3 = 0,45 \times 1,85 = 0,8325 \text{ m}^2$$

$$H_4 = \frac{1}{2} \times 1,93 \times 1,93 = 1,8625 \text{ m}^2$$

$$H_5 = \frac{1}{2} \times 0,64 \times 0,12 = 0,0384 \text{ m}^2$$

$$H_6 = \frac{1}{2} \times 0,45 \times 0,08 = 0,018 \text{ m}^2$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \times 4,75 - H_1 \left( \frac{1}{3} \times 1,73 + 3,02 \right) - H_2 \left( \frac{1}{2} \times 0,64 + 2,38 \right) - H_3 \left( \frac{1}{2} \times 0,45 + 1,93 \right) - H_4 \left( \frac{2}{3} \times 1,93 \right) - H_5 \left( \frac{1}{3} \times 0,64 + 2,38 \right) - H_6 \left( \frac{1}{3} \times 0,45 + 1,93 \right) = 0$$

$$R_A = 2,6735 \text{ m}^2$$

$$M_{\max I} = R_A \times 2,38 - H_1 \left( \frac{1}{3} \times 1,73 + 0,64 \right) - H_2 \left( \frac{1}{2} \times 0,64 \right) - H_5 \left( \frac{1}{3} \times 0,64 \right)$$

$$= 2,6735 \times 2,38 - 1,4965 \left( \frac{1}{3} \times 1,73 + 0,64 \right) - 1,1072 \left( \frac{1}{2} \times 0,64 \right) - 0,0384 \left( \frac{1}{3} \times 0,64 \right)$$

$$= 4,1797 \text{ m}^2$$

$$M_{\max II} = \frac{1}{8} \times h_F \times \ln^2$$

$$= \frac{1}{8} \times h_F \times 4,75^2$$

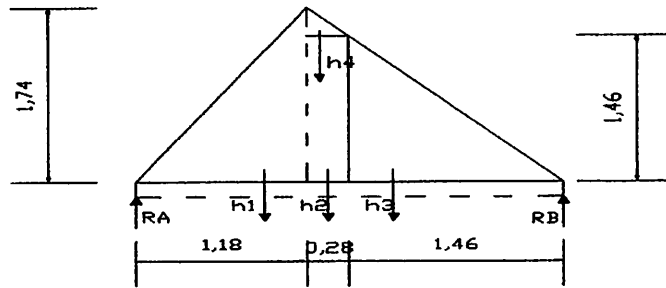
$$= 2,8203 h_F$$

$$M_{\max I} = M_{\max II}$$

$$4,1797 = 2,8203 h_F$$

$$h_F = 1,482 \text{ m} < 1,93 \text{ m} \dots \text{ Ok!}$$

□ Plat G



$$H_1 = \frac{1}{2} \times 1,18 \times 1,74 = 1,0266 \text{ m}^2$$

$$H_2 = 0,28 \times 1,46 = 0,4088 \text{ m}^2$$

$$H_3 = \frac{1}{2} \times 1,46 \times 1,46 = 1,0658 \text{ m}^2$$

$$H_4 = \frac{1}{2} \times 0,28 \times 0,28 = 0,0392 \text{ m}^2$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \times 2,92 - H_1 \left( \frac{1}{3} \times 1,18 + 1,74 \right) - H_2 \left( \frac{1}{2} \times 0,28 + 1,46 \right) - H_3 \left( \frac{2}{3} \times 1,46 \right) - H_4 \left( \frac{2}{3} \times 0,28 + 1,46 \right) = 0$$

$$R_A = 1,3514 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= R_A \times 1,46 - H_1 \left( \frac{1}{3} \times 1,18 + 0,28 \right) - H_2 \left( \frac{1}{2} \times 0,28 \right) - H_3 \left( \frac{1}{3} \times 0,28 \right) \\ &= 1,3514 \times 1,46 - 0,6912 - 0,0572 - 0,0995 \\ &= 1,1251 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= \frac{1}{8} \times h_g \times l_n^2 \\ &= \frac{1}{8} \times h_g \times 2,92^2 \\ &= 1,0658 h_g \end{aligned}$$

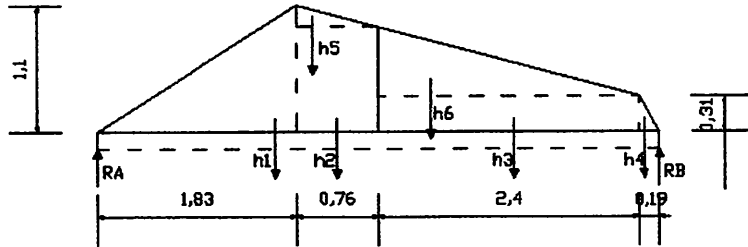
$$M_{\max 1} = M_{\max 2}$$

$$1,1251 = 1,0658 h_g$$

$$h_g = 1,0556 \text{ m}^2 < 1,74 \text{ m}^2 \dots \text{OK!}$$



□ Plat H



$$H_1 = \frac{1}{2} \times 1,83 \times 1,1 = 1,0065 \text{ m}^2$$

$$H_2 = 0,76 \times 0,91 = 0,6916 \text{ m}^2$$

$$H_3 = 2,4 \times 0,31 = 0,744 \text{ m}^2$$

$$H_4 = \frac{1}{2} \times 0,19 \times 0,31 = 0,0295 \text{ m}^2$$

$$H_5 = \frac{1}{2} \times 0,76 \times 0,19 = 0,0722 \text{ m}^2$$

$$H_6 = \frac{1}{2} \times 2,4 \times 0,6 = 0,72 \text{ m}^2$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \times 5,18 - H_1(1/3 \times 1,83 + 3,35) - H_2(1/2 \times 0,76 + 2,59) - H_3(1/2 \times 2,4 + 0,19) - H_4(2/3 \times 0,19) - H_5(2/3 \times 0,76 + 2,59) - H_6(2/3 \times 2,4 + 0,19) = 0$$

$$R_A = 1,6583 \text{ m}^2$$

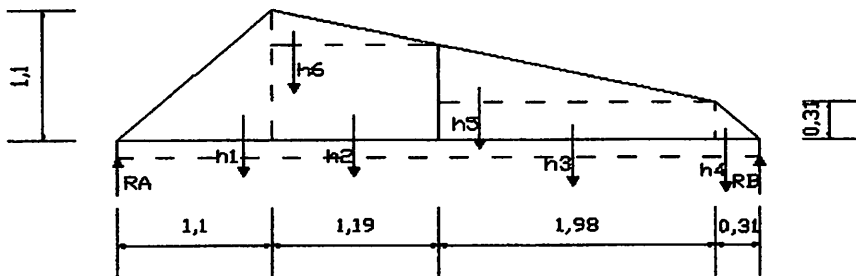
$$\begin{aligned} M_{\max I} &= R_A \times 2,59 - H_1(1/3 \times 1,83 + 0,76) - H_2(1/2 \times 0,76) - H_5(2/3 \times 0,76) \\ &= 1,6583 \times 2,59 - 1,0065(1/3 \times 1,83 + 0,76) - 0,6916(1/2 \times 0,76) - 0,0722(2/3 \times 0,76) \\ &= 2,6166 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max II} &= 1/8 \times h_F \times l_n^2 \\ &= 1/8 \times h_F \times 5,18^2 \\ &= 3,3541 h_F \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max I} &= M_{\max II} \\ 2,6166 &= 3,3541 h_F \end{aligned}$$

$$h_F = 0,7801 \text{ m} < 1,1 \text{ m} \dots \text{ Ok!}$$

□ **Plat F**



$$H_1 = \frac{1}{2} \times 1,1 \times 1,1 = 0,605 \text{ m}^2$$

$$H_2 = 1,19 \times 0,8 = 0,952 \text{ m}^2$$

$$H_3 = 1,98 \times 0,31 = 0,614 \text{ m}^2$$

$$H_4 = \frac{1}{2} \times 0,31 \times 0,31 = 0,048 \text{ m}^2$$

$$H_5 = \frac{1}{2} \times 1,98 \times 0,49 = 0,485 \text{ m}^2$$

$$H_6 = \frac{1}{2} \times 1,19 \times 0,3 = 0,179 \text{ m}^2$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \times 4,58 - H_1(1/3 \times 1,1 + 3,48) - H_2(1/2 \times 1,19 + 2,29) - H_3(1/2 \times 1,98 + 0,31) - H_4(2/3 \times 0,31) - H_5(2/3 \times 1,98 + 0,31) - H_6(2/3 \times 1,19 + 2,29) = 0$$

$$R_A = 0,9713 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{\max I} &= R_A \times 2,29 - H_1(1/3 \times 1,1 + 1,19) - H_2(1/2 \times 1,19) - H_6(2/3 \times 1,19) \\ &= 0,9713 \times 2,29 - 0,605(1/3 \times 1,1 + 1,19) - 0,952(1/2 \times 1,19) - 0,179(2/3 \times 1,19) \\ &= 1,054 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max II} &= 1/8 \times h_F \times l_n^2 \\ &= 1/8 \times h_F \times 4,58^2 \\ &= 2,622 h_F \end{aligned}$$

$$M_{\max I} = M_{\max II}$$

$$1,054 = 2,622 h_F$$

$$h_F = 0,402 \text{ m} < 1,1 \text{ m} \dots \text{ Ok!}$$

### 3.3.4. Pembebanan Portal Memanjang

#### 1. Pembebanan Portal Memanjang Line 1

##### A. Beban Mati Merata ( $q_d$ )

- Pembebanan pada lantai 1 s/d 5

Untuk  $L = 6,0$  m

$$\text{Berat balok 30/50} : 0,30 \times (0,50 - 0,15) \times 2400 = 252,000 \text{ kg/m}$$

Perataan beban plat :  $q_d \times h_c$

$$: 489 \times 1,5832 = 774,185 \text{ kg/m}$$

Berat dinding :  $b_j \times \text{tinggi dinding}$

$$: 250 \times (4,5 - 0,50) = 1000,000 \text{ kg/m}$$

$$q_{d1} = 2026,185 \text{ kg/m} +$$

- Pembebanan pada lantai atap

Untuk  $L = 6,0$  m

$$\text{Berat balok 30/50} : 0,30 \times (0,50 - 0,15) \times 2400 = 252,000 \text{ kg/m}$$

Perataan beban plat :  $q_d \times h_c$

$$: 441 \times 1,5832 = 698,191 \text{ kg/m}$$

$$q_{d2} = 950,191 \text{ kg/m}$$

##### B. Beban Hidup Merata ( $q_l$ )

- Pembebanan pada lantai 1 s/d 5 (koefisien reduksi untuk kantor = 0,60)

- Beban  $q_{l1}$

$$q_{l1} = q_{l_{\text{kantor}}} \times (h_c) \times \text{faktor reduksi}$$

$$= 250 \times (1,5832) \times 0,6$$

$$= 237,48 \text{ kg/m}$$

- Pembebanan pada lantai atap

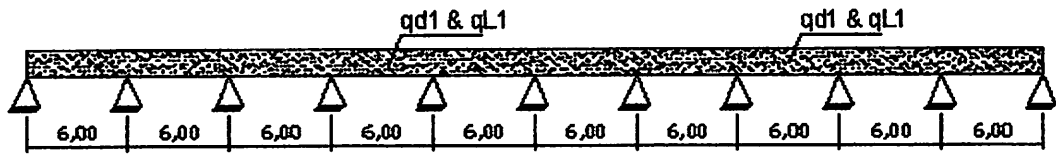
- Beban  $q_{l4}$

$$q_{l2} = q_{l_{\text{atap}}} \times (h_c) \times \text{faktor reduksi}$$

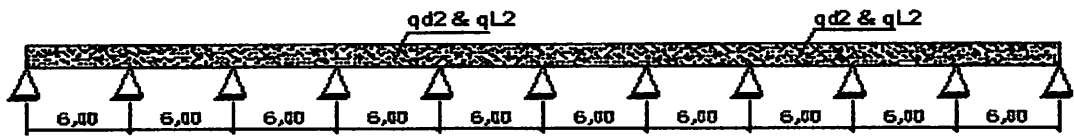
$$= 150 \times (1,5832) \times 0,6$$

$$= 142,488 \text{ kg/m}$$

## 2. Pembebanan Pada Balok Anak Melintang



**Gambar 3 – 5a** Beban Merata Pada Balok Anak Lantai 1 s/d 5



**Gambar 3 – 5b** Beban Merata Pada Balok Anak Lantai Atap

### A. Beban Mati Merata ( $qd$ )

- Pembebanan pada lantai 1

Untuk  $L = 9,5$  m

Berat balok 40/70 :  $0,40 \times (0,70 - 0,15) \times 2400 = 528,000$  kg/m

Perataan beban plat :  $qd \times h_A \times 2$

$$: 489 \times 1,5832 \times 2 = 1548,369 \text{ kg/m}$$

$$qd_1 = 2076,369 \text{ kg/m} +$$

Pembebanan pada lantai atap

Untuk  $L = 9,5$  m

Berat balok 40/70 :  $0,40 \times (0,70 - 0,15) \times 2400 = 528,000$  kg/m

Perataan beban plat :  $qd \times h_A \times 2$

$$: 441 \times 1,5832 \times 2 = 1396,382 \text{ kg/m}$$

$$qd_2 = 1924,382 \text{ kg/m}$$

**B. Beban Hidup Merata ( $q_l$ )**

- **Pembebanan pada lantai 1 s/d 5 (koefisien reduksi kantor = 0,60)**

- **Beban  $q_{l_1}$**

$$\begin{aligned}q_{l_1} &= q_{l_{kantor}} \times (2 \times h_A) \times \text{faktor reduksi} \\ &= 250 \times 2 \times 1,5832 \times 0,6 \\ &= 474,960 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

- **Pembebanan pada lantai atap**

- **Beban  $q_{l_2}$**

$$\begin{aligned}q_{l_2} &= q_{l_{atap}} \times (2 \times h_A) \times \text{faktor reduksi} \\ &= 150 \times (2 \times 1,5832) \times 0,6 \\ &= 284,976 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

**C. Beban terpusat pada balok anak 25/35**

- **Beban merata balok anak 25/35**

(beban mati =  $q_d$  & beban hidup =  $q_l$ )

**Lantai 1 s/d 5**

Berat balok 25/35 :  $0,25 \times (0,35 - 0,15) \times 2400 = 120,000 \text{ kg/m}$

Perataan beban plat :  $q_d \times h_A \times 2$

$$\begin{aligned}&: 489 \times 1,5832 \times 2 &= 1548,369 \text{ kg/m} \\ & & \underline{\hspace{1.5cm}} + \\ & & q_{d_{1 \text{ s/d } 5}} = 1668,369 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$q_{l_{1 \text{ s/d } 5}} = q_{l_{kantor}} \times (2 \times h_A) \times \text{faktor reduksi}$$

$$\begin{aligned}&= 250 \times (2 \times 1,5832) \times 0,6 \\ &= 474,960 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

**Lantai atap**

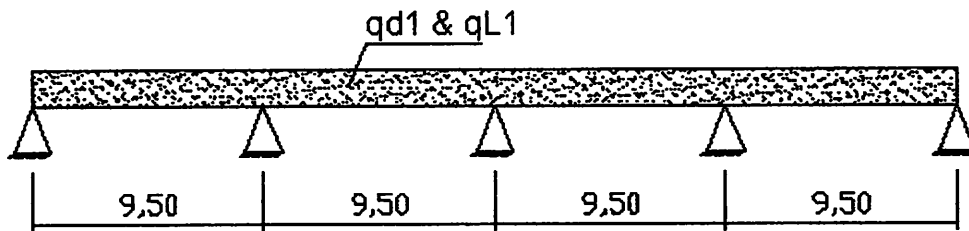
Berat balok 25/35 :  $0,25 \times (0,35 - 0,15) \times 2400 = 120,000 \text{ kg/m}$

Perataan beban plat :  $q_d \times h_A \times 2$

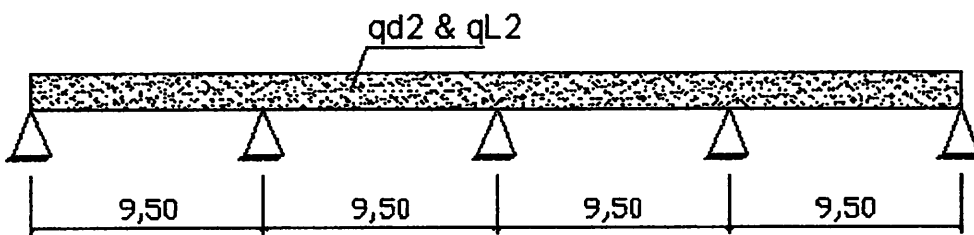
$$\begin{aligned}&: 441 \times 1,5832 \times 2 &= 1396,3824 \text{ kg/m} \\ & & \underline{\hspace{1.5cm}} + \\ & & q_{d_{atap}} = 1516,3824 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$q_{l_{atap}} = q_{l_{atap}} \times (2 \times h_A) \times \text{faktor reduksi}$$

$$\begin{aligned}&= 150 \times (2 \times 1,5832) \times 0,6 \\ &= 284,976 \text{ kg/m}\end{aligned}$$



**Gambar 3 – 6a** Beban Merata Pada Balok Anak Lantai 1 s/d 5



**Gambar 3 – 6b** Beban Merata Pada Balok Anak Lantai Atap

## Lantai 2 - 4

### 1. Pusat Massa Kolom

#### ► Beban Mati

- Berat Plat Lantai =  $q_d \times \text{Luas}$   
 $= 360 \times (4,75 \times 3) = 5130 \text{ kg}$
  - Balok Beton = ( balok  $^{40}/_{70} \times 4,75 ) +$   
( balok  $^{30}/_{50} \times 3 )$   
 $= (528,0 \times 4,75) + (252,0 \times 3) = 3264 \text{ kg}$
  - Berat Dinding = panjang x tinggi x berat  
 $= ((4,75) \times (4,5 + 4,5) / 2 \times 250) +$   
 $((3) \times (4,5 + 4,5) / 2 \times 250) = 7331,25 \text{ kg}$
  - Kolom Beton = berat beton x tinggi kolom  
 $= (0,75 \times 0,75 \times 2400) \times (4,5 + 4,5) / 2 = 6912 \text{ kg}$
- $W_m = 23239,65 \text{ kg}$

#### ► Beban Hidup

- $q_h$  gedung perkantoran =  $250 \text{ kg/m}^2$
- Koef reduksi beban hidup gedung kuliah = 0,50
- $W_h = \text{Luas} \times q_h \text{ gedung kuliah} \times \text{koef reduksi}$
- $= (4,75 \times 3) \times 250 \times 0,50$
- $= 1687,5 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} W_{\text{tot}} &= W_m + W_h \\ &= 23239,65 + 1687,5 \\ &= 24927,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t$$

$$= \frac{0,85 \cdot 1}{5,5} \cdot 24927,15$$

$$= 3852,378 \text{ kg}$$

## 2. Pusat Massa Kolom

### ► Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{- Berat Plat Lantai} &= qd \times \text{Luas} \\ &= 360 \times (9,5 \times 3) = 10260 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Balok Beton} &= (\text{balok } 40/70 \times 9,5) + \\ &\quad (\text{balok } 30/50 \times 3) \\ &= (528 \times 9,5) + (252 \times 3) = 5772 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Berat Dinding} &= \text{panjang} \times \text{tinggi} \times \text{berat} \\ &= ((9,5) \times (4,5 + 4,5) / 2 \times 250) + \\ &\quad ((3) \times (4,5 + 4,5) / 2 \times 250) = 11662,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Kolom Beton} &= \text{berat beton} \times \text{tinggi kolom} \\ &= (0,75 \times 0,75 \times 2400) \times (4,5 + 4,5) / 2 = \underline{6912 \text{ kg}} \end{aligned}$$

$$W_m = 35768,1 \text{ kg}$$

### ► Beban Hidup

$$\text{- } q_h \text{ gedung kuliah} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Koef reduksi beban hidup gedung kuliah} = 0,50$$

$$W_h = \text{Luas} \times q_h \text{ gedung kuliah} \times \text{koef reduksi}$$

$$= (9,5 \times 3) \times 250 \times 0,50$$

$$= 3375 \text{ kg}$$

$$W_{\text{tot}} = W_m + W_h$$

$$= 35768,1 + 3375$$

$$= 39143,1 \text{ kg}$$



$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t \\
 &= \frac{0,85 \cdot 1}{5,5} \cdot 39143,1 \\
 &= 6049,388 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## 6. Pusat Massa Kolom

### ► Beban Mati

- Berat Plat Lantai =  $q_d \times \text{Luas}$ 

$$= 360 \times (4,75 \times 6) = 10260 \text{ kg}$$
- Balok Beton =  $(\text{balok } 40/70 \times 4,75) +$   
 $(\text{balok } 30/50 \times 6)$ 

$$= (528 \times 4,75) + (252 \times 6) = 4125,6 \text{ kg}$$
- Berat Dinding =  $\text{panjang} \times \text{tinggi} \times \text{berat}$ 

$$= ((4,75) \times (4,5 + 4,5) / 2 \times 250) +$$

$$((6) \times (4,5 + 4,5) / 2 \times 250) = 10331,25 \text{ kg}$$
- Kolom Beton =  $\text{berat beton} \times \text{tinggi kolom}$ 

$$= (0,75 \times 0,75 \times 2400) \times (4,5 + 4,5) / 2 = 6912 \text{ kg}$$

$$W_m = 32708,85 \text{ kg}$$

### ► Beban Hidup

- $q_h \text{ gedung kuliah} = 250 \text{ kg/m}^2$
- Koef reduksi beban hidup gedung kuliah = 0,50
- $W_h = \text{Luas} \times q_h \text{ gedung kuliah} \times \text{koef reduksi}$ 

$$= (4,75 \times 6) \times 250 \times 0,50$$

$$= 3375 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{tot}} &= W_m + W_h \\
 &= 32708,85 + 3375 \\
 &= 36083,85 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t \\
 &= \frac{0,85 \cdot 1}{5,5} \cdot 36083,85 \\
 &= 5576,595 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## 8. Pusat Massa Kolom

### ► Beban Mati

- Berat Plat Lantai =  $q_d \times \text{Luas}$ 

$$= 360 \times (9,75 \times 6) = 21060 \text{ kg}$$
- Balok Beton =  $(\text{balok } 40/70 \times 9,75) + (\text{balok } 30/50 \times 6)$ 

$$= (528 \times 9,75) + (252 \times 6) = 6652,8 \text{ kg}$$
- Berat Dinding =  $\text{panjang} \times \text{tinggi} \times \text{berat}$ 

$$= ((9,75) \times (4,5+4,5)/2 \times 250) + ((6) \times (4,5+4,5)/2 \times 250) = 11662,5 \text{ kg}$$
- Kolom Beton =  $\text{berat beton} \times \text{tinggi kolom}$ 

$$= (0,75 \times 0,75 \times 2400) \times (4,5+4,5)/2 = \underline{6912 \text{ kg}}$$

$$W_m = 47907,3 \text{ kg}$$

### ► Beban Hidup

- $q_h$  gedung kuliah =  $250 \text{ kg/m}^2$

Koef reduksi beban hidup gedung kuliah = 0,50

$W_h = \text{Luas} \times q_h \text{ gedung kuliah} \times \text{koef reduksi}$

$$= (9,75 \times 6) \times 250 \times 0,50$$

$$= 6750 \quad \text{kg}$$

$W_{\text{tot}} = W_m + W_h$

$$= 47907,3 + 6750$$

$$= 54657,3 \quad \text{kg}$$

$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t$

$$= \frac{0,85 \cdot 1}{5,5} \cdot 54657,3$$

$$= 8447,037 \quad \text{kg}$$

## Atap

### 1. Pusat Massa Kolom

#### ► Beban Mati

- Berat Plat Lantai =  $q_d \times \text{Luas}$

$$= 360 \times (4,75 \times 3) = 5130 \quad \text{kg}$$

- Balok Beton = ( balok  $^{40}/_{70} \times 4,75 ) +$

$$( \text{ balok } ^{30}/_{50} \times 3 )$$

$$= (528 \times 4,75) + (252 \times 3) = 3326,4 \quad \text{kg}$$

- Berat Dinding = panjang x tinggi x berat

$$= ((4,75) \times (4,5)/2 \times 250) +$$

$$((3) \times (4,5)/2 \times 250) = 3665,63 \quad \text{kg}$$

- Kolom Beton = berat beton x tinggi kolom

$$= (0,75 \times 0,75 \times 2400) \times (4,5)/2 = 3456 \quad \text{kg}$$

$$W_m = 15470,03 \quad \text{kg}$$

► **Beban Hidup**

- qh gedung kuliah =  $150 \text{ kg/m}^2$

Koef reduksi beban hidup gedung kuliah = 0,50

$W_h = \text{Luas} \times \text{qh gedung kuliah} \times \text{koef reduksi}$

$= (4,75 \times 3) \times 150 \times 0,50$

$= 1012,5 \quad \text{kg}$

$W_{\text{tot}} = W_m + W_h$

$= 15470,03 + 1012,5$

$= 16482,53 \text{ kg}$

$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t$

$= \frac{0,85 \cdot 1}{5,5} \cdot 16482,53$

$= 2547,299 \text{ kg}$

2. **Pusat Massa Kolom**

► **Beban Mati**

- Berat Plat Lantai = qd x Luas

$= 360 \times (9,5 \times 3) = 10260 \quad \text{kg}$

- Balok Beton = ( balok  $^{40}_{/70} \times 9,5 ) +$

( balok  $^{30}_{/50} \times 3 )$

$= (528 \times 9,5) + (252 \times 3) = 5853,6 \quad \text{kg}$

- Berat Dinding = panjang x tinggi x berat

$= ((9,5) \times (4,5)/2 \times 250) +$

$((3) \times (4,5)/2 \times 250) = 5831,25 \quad \text{kg}$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Kolom Beton} &= \text{berat beton} \times \text{tinggi kolom} \\
 &= (0,75 \times 0,75 \times 2400) \times (4,5)/2 = \underline{3456} \text{ kg} \\
 W_m &= 25184,85 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

► **Beban Hidup**

$$\begin{aligned}
 - \text{ qh gedung kuliah} &= 150 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Koef reduksi beban hidup gedung kuliah} &= 0,50 \\
 W_h &= \text{Luas} \times \text{qh gedung kuliah} \times \text{koef reduksi} \\
 &= (9,5 \times 3) \times 150 \times 0,50 \\
 &= 2025 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{tot}} &= (W_m + W_h) \\
 &= 25184,85 + 2025 \\
 &= 27209,85 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t \\
 &= \frac{0,85 \cdot 1}{5,5} \cdot 27209,85 \\
 &= 4205,159 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## 6. Pusat Massa Kolom

► **Beban Mati**

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat Plat Lantai} &= q_d \times \text{Luas} \\
 &= 360 \times (4,75 \times 6) = 10260 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Balok Beton} &= (\text{balok } ^{40}/_{70} \times 4,75) + \\
 &\quad (\text{balok } ^{30}/_{50} \times 6) \\
 &= (528 \times 4,75) + (252 \times 6) = 4125,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$- \text{ Berat Dinding} = \text{panjang} \times \text{tinggi} \times \text{berat}$$

$$= ((4,75) \times (4,5)/2 \times 250) +$$

$$((6) \times (4,5)/2 \times 250) = 5165,63 \text{ kg}$$

- Kolom Beton = berat beton x tinggi kolom

$$= (0,75 \times 0,75 \times 2400) \times (4,5)/2 = \underline{3456} \text{ kg}$$

$$W_m = 22791,23 \text{ kg}$$

► **Beban Hidup**

- qh gedung kuliah =  $150 \text{ kg/m}^2$

Koef reduksi beban hidup gedung kuliah = 0,50

$W_h = \text{Luas} \times \text{qh gedung kuliah} \times \text{koef reduksi}$

$$= (4,75 \times 6) \times 150 \times 0,50$$

$$= 2025 \text{ kg}$$

$$W_{\text{tot}} = W_m + W_h$$

$$= 22791,23 + 2025$$

$$= 24816,23 \text{ kg}$$

$$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t$$

$$= \frac{0,85 \cdot 1}{5,5} \cdot 24816,23$$

$$= 3835,236 \text{ kg}$$

## 8. Pusat Massa Kolom

► **Beban Mati**

- Berat Plat Lantai = qd x Luas

$$= 360 \times (9,5 \times 6) = 20520 \text{ kg}$$

- Balok Beton = ( balok  $^{40}/_{70} \times 9,5 ) +$   
 ( balok  $^{30}/_{50} \times 6 )$

$$= (528 \times 9,5) + (252 \times 6) = 6652,8 \quad \text{kg}$$

- Berat Dinding = panjang x tinggi x berat

$$= ((9,5) \times (4,5)/2 \times 250) +$$

$$((6) \times (4,5)/2 \times 250) = 5831,25 \quad \text{kg}$$

- Kolom Beton = berat beton x tinggi kolom

$$= (0,75 \times 0,75 \times 2400) \times (4,5)/2 = \underline{3456} \quad \text{kg}$$

$$W_m = 36028,05 \quad \text{kg}$$

► **Beban Hidup**

- qh gedung kuliah =  $150 \text{ kg/m}^2$

Koef reduksi beban hidup gedung kuliah = 0,50

$W_h = \text{Luas} \times \text{qh gedung kuliah} \times \text{koef reduksi}$

$$= (9,5 \times 6) \times 150 \times 0,50$$

$$= 4050 \quad \text{kg}$$

$W_{\text{tot}} = W_m + W_h$

$$= 36028,05 + 4050$$

$$= 40078,85 \quad \text{kg}$$

$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t$

$$= \frac{0,85 \cdot 1}{5,5} \cdot 40078,85$$

$$= 6194,004 \quad \text{kg}$$

### 3.4. Kinerja Batas Layan ( $\Delta_s$ ) dan Kinerja Batas Ultimit ( $\Delta_m$ )

Menurut Ps. 8.1.2. untuk memenuhi syarat kinerja batas layan, jika drift  $\Delta_s$  antar tingkat tidak boleh lebih dari

$$\begin{aligned}\text{Drift } \Delta_s &= \frac{0,03}{R} \times h \\ &= \frac{0,03}{5,5} \times 4500 \\ &= 24,545 \text{ mm,} \quad \text{atau } 30 \text{ mm} \\ \text{Drift } \Delta_s \text{ antar tingkat ( atap )} &= 41,494 - 38,702 \\ &= 2,792 \text{ mm}\end{aligned}$$

( perhitungan selanjutnya ditabelkan )

Ps 8.2.1 membatasi terjadinya keruntuhan struktur yang akan membawa korban jiwa manusia dengan membatasi nilai drift  $\Delta_m$  antar tingkat tidak boleh melewati

$$\begin{aligned}\text{Drift } \Delta_m &= 0,02 \times h \\ &= 0,02 \times 4500 \\ &= 90 \text{ mm}\end{aligned}$$

Drift  $\Delta_m$  antar tingkat

$$\begin{aligned}\xi &= \frac{0,7.R}{\text{FaktorSkala}} \\ &= \frac{0,7.5,5}{1} \\ &= 3,85\end{aligned}$$

$$\text{Drift } \Delta_m \text{ antar tingkat ( atap )} = \xi . \Delta_s$$



$$= 3,85 \cdot 2,792$$

$$= 10,7492$$

Perhitungan pembatasan  $\Delta s$  dan  $\Delta m$  antar tingkat ditabelkan ;

#### Analisa $\Delta s$ akibat gempa

Lantai ke -	hx (m)	$\Delta s$ (mm)	drift $\Delta s$ antar tingkat (mm)	Syarat drift $\Delta s$ (mm)	Keterangan
5	27	41.494	2.792	24.54545	ok
4	22.5	38.702	4.835	24.54545	ok
3	18	33.867	6.998	24.54545	ok
2	13.5	26.869	8.656	24.54545	ok

#### Analisa $\Delta m$ akibat gempa

Lantai ke -	hx (m)	Drift $\Delta s$ antar tingkat (mm)	drift $\Delta m$ antar tingkat (mm)	Syarat drift $\Delta m$ (mm)	Keterangan
5	27	2.792	10.7492	90	ok
4	22.5	4.835	18.61475	90	ok
3	18	6.998	26.9423	90	ok
2	13.5	8.656	33.3256	90	ok

## BAB IV

### DESAIN PENULANGAN STRUKTUR

#### 4.1. Perhitungan Penulangan Plat Pada Balok Grid

##### 4.1.1 Penulangan Plat

##### 4.1.1.1. Data Perencanaan

- Mutu bahan

Kuat tekan beton  $f'_c = 30 \text{ MPa}$

Tegangan leleh tulangan ulir (D)  $f_y = 340 \text{ MPa}$

Tegangan leleh tulangan polos ( $\phi$ )  $f_y = 240 \text{ MPa}$

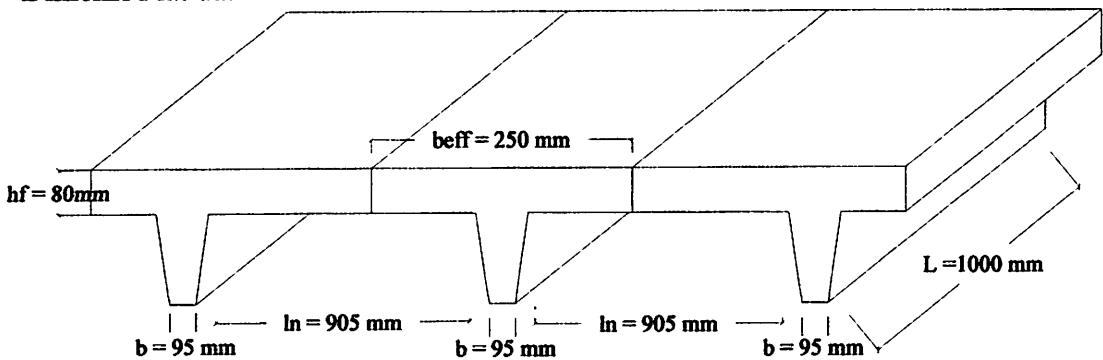
- Faktor reduksi kekuatan berdasarkan SNI 03-2847-2002 halaman 61 yaitu :

Lentur  $\phi = 0,80$

Geser  $\phi = 0,65$

Tumpuan  $\phi = 0,70$

#### Dimensi Plat dan Balok Grid.



**Gambar 4.1. Dimensi Plat dan Balok Grid.**

#### 4.1.2 Pembebanan Plat

□ Perhitungan pembebanan plat lantai 1 s/d 5

▪ Beban Mati (qd)

▪ Berat sendiri plat =  $0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$

▪ Berat tegel =  $2 \times 24 = 48 \text{ kg/m}^2$

▪ Berat Spesi =  $3 \times 21 = 63 \text{ kg/m}^2$

▪ Berat plafon + penggantung =  $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$

$$\underline{\hspace{10em}} +$$
$$qd = 321 \text{ kg/m}^2$$

▪ Beban hidup (ql) → untuk perkantoran

$ql = 250 \text{ kg/m}^2$

□ Perhitungan pembebanan plat lantai Atap

▪ Beban Mati (qd)

▪ Berat sendiri plat =  $0,08 \times 1 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$

▪ Berat Spesi =  $3 \times 21 = 63 \text{ kg/m}^2$

▪ Berat plafon + penggantung =  $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$

$$\underline{\hspace{10em}} +$$
$$qd = 273 \text{ kg/m}^2$$

▪ Beban hidup (ql) → untuk atap

▪ Beban hidup yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang

$ql = 100 \text{ kg/m}^2$

▪ Beban hidup yang berasal dari air hujan

$ql = \text{berat jenis air} \times \text{tinggi air}$

$= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,05 \text{ m}$

$= 50 \text{ kg/m}^2$

$ql = 100 + 50$

$= 150 \text{ kg/m}^2$

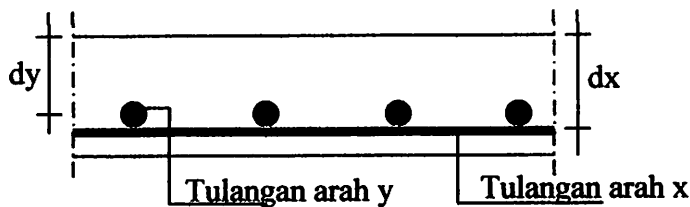
### 4.1.3. Perhitungan Plat Lantai

Beban terfaktor ( $q_u$ ) → Plat lantai 1 s/d 5

$$\begin{aligned}q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\&= (1,2 \times 321) + (1,6 \times 250) \\&= 785,2 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban terfaktor ( $q_u$ ) → Plat lantai Atap

$$\begin{aligned}q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\&= (1,2 \times 273) + (1,6 \times 150) \\&= 567,6 \text{ kg/m}\end{aligned}$$



- Tinggi efektif plat lantai 1 s/d 5 dan plat lantai atap

$$d_x = \text{tebal plat } (h_f) - \text{sel. Beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok}$$

$$= 80 - 15 - (\frac{1}{2} \times 8)$$

$$= 61 \text{ mm}$$

$$d_y = \text{tebal plat } (h_f) - \text{sel. Beton} - \emptyset \text{ tul pokok} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok}$$

$$= 80 - 15 - 8 - (\frac{1}{2} \times 8)$$

$$= 53 \text{ mm}$$

□ Perhitungan momen-momen yang terjadi pada plat

a. Lantai 1 s/d 5 ( Plat A)

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{1}{1} = 1$$

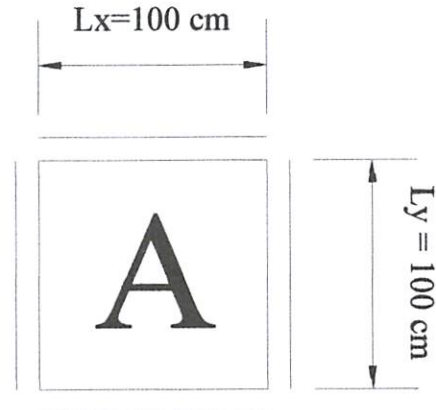
Berdasarkan tabel gideon (*grafik dan tabel beton bertulang*), didapat nilai :

$$C_{lx} = 25$$

$$C_{ly} = 25$$

$$C_{tx} = 51$$

$$C_{ty} = 51$$



Momen yang terjadi

$$M_u = 0,001 \times q_u \times L_x^2 \times C$$

$$M_{lx} = 0,001 \times 785,2 \times 1,0^2 \times 25 = 19,63 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 785,2 \times 1,0^2 \times 25 = 19,63 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \times 785,2 \times 1,0^2 \times 51 = -40,045 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 785,2 \times 1,0^2 \times 51 = -40,045 \text{ kgm}$$

b. Lantai Atap ( Plat A)

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{1}{1} = 1$$

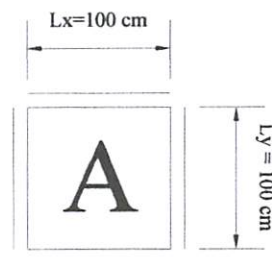
Berdasarkan tabel gideon (*grafik dan tabel beton bertulang*), didapat nilai :

$$C_{lx} = 25$$

$$C_{ly} = 25$$

$$C_{tx} = 51$$

$$C_{ty} = 51$$



Momen yang terjadi

$$\text{Mu} = 0,001 \times \text{qu} \times \text{Lx}^2 \times \text{C}$$

$$\text{Mlx} = 0,001 \times 567,6 \times 1,0^2 \times 25 = 14,19 \text{ kgm}$$

$$\text{Mly} = 0,001 \times 567,6 \times 1,0^2 \times 25 = 14,19 \text{ kgm}$$

$$\text{Mtx} = -0,001 \times 567,6 \times 1,0^2 \times 51 = -28,948 \text{ kgm}$$

$$\text{Mty} = -0,001 \times 567,6 \times 1,0^2 \times 51 = -28,948 \text{ kgm}$$

#### 4.1.4 Penulangan Plat Lantai

Penulangan Plat lantai 1 s/d 5

▪ **Penulangan Tumpuan arah X**

$$\text{Mu} = 40,045 \text{ kgm}$$

$$= 40,045 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\phi} = \frac{40,045 \times 10^4}{0,8} = 50,056 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \times dx^2} = \frac{50,056 \times 10^4}{1000 \times 61^2} = 0,13452 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,412 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \times \beta_1 \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + 240} = 0,0645 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0645 \\ &= 0,0484 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times \text{Rn}}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,412} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,412 \times 0,13452}{240}} \right) = 0,000562$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times dx$$

$$= 0,000544 \times 1000 \times 61$$

$$= 34,281 \text{ mm}^2$$

$$\text{As} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 8^2$$

$$= 50,24 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As}}$$

$$= \frac{34,281}{50,24} = 0,68 \Rightarrow \text{maka dipakai 4 buah tulangan}$$

Jarak tulangan ( s )

$$s = \frac{b}{n - 1}$$

$$= \frac{1000}{4 - 1} = 333,33 \text{ mm}$$

$$\text{As ada} = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $\emptyset$  8 – 10 cm,

Dengan As ada = 200,96 mm<sup>2</sup> > As perlu = 34,281 mm<sup>2</sup> ..... **Ok!**

Tulangan bagi untuk tumpuan X

Diameter tulangan bagi =  $\emptyset 6 \text{ mm}^2$

As bagi = 20 % x As perlu

$$= 20 \% \times 34,281$$

$$= 7,6 \text{ mm}^2$$

$$As = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 6^2 = 28,26 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$n = \frac{As \text{ bagi}}{As}$$

$$= \frac{7,6}{28,26} = 0,3 \Rightarrow \text{maka dipakai 2 buah tulangan}$$

Jarak tulangan ( s )

$$s = \frac{b}{n - 1}$$

$$= \frac{1000}{2 - 1} = 1000 \text{ mm}$$

s maks = 2 h<sub>f</sub>

$$= 2 \times 80 = 160 \text{ mm}$$

maka dipakai s = 100 mm

$$As \text{ ada} = \frac{b}{s} \times \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1000}{100} \times \frac{1}{4} \pi 6^2 = 282,6 \text{ mm}^2$$



Jadi dipakai tulangan bagi  $\emptyset$  6 – 10 cm,

Dengan As ada =  $282,6 \text{ mm}^2 > \text{As bagi} = 7,6 \text{ mm}^2 \dots\dots \text{Ok!}$

▪ **Penulangan Lapangan arah X**

$$M_u = 14,19 \quad \text{kgm}$$

$$= 14,19 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{14,19 \times 10^4}{0,8} = 17,738 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times dx^2} = \frac{17,738 \times 10^4}{1000 \times 61^2} = 0,0477 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,412 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \times \beta_1 \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + 240} = 0,0645 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0645 \\ &= 0,0484 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,412} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,412 \times 0,0477}{240}} \right) = 0,000199 \end{aligned}$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times dx$$

$$= 0,000199 \times 1000 \times 61$$

$$= 12,135 \text{ mm}^2$$

$$\text{As} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 8^2$$

$$= 50,24 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As}$$

$$= \frac{13,42}{50,24} = 0,17 \Rightarrow \text{maka dipakai 4 buah tulangan}$$

Jarak tulangan ( s )

$$s = \frac{b}{n - 1}$$

$$= \frac{1000}{4 - 1} = 333,33 \text{ mm}$$

$$As \text{ ada} = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $\emptyset$  8 – 10 cm,

Dengan  $As \text{ ada} = 200,96 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 13,42 \text{ mm}^2 \dots \text{ Ok!}$

▪ **Penulangan Tumpuan arah Y**

$$Mu = 40,045 \text{ kgm}$$

$$= 40,045 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{40,045 \times 10^4}{0,8} = 50,056 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times dy^2} = \frac{50,056 \times 10^4}{1000 \times 53^2} = 0,17819 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,412 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + 240} = 0,0645$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0645 \\ &= 0,0484 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{9,412} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,412 \times 0,17819}{240}} \right) = 0,000745 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times dy \\ &= 0,000745 \times 1000 \times 53 \\ &= 39,488 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 8^2 \\ &= 50,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} \\ &= \frac{39,488}{50,24} = 0,593 \Rightarrow \text{maka dipakai 4 buah tulangan} \end{aligned}$$

Jarak tulangan ( s )

$$\begin{aligned} s &= \frac{b}{n - 1} \\ &= \frac{1000}{4 - 1} = 333,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$As\ ada = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 200,96\ mm^2$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $\emptyset$  8 – 10 cm,

Dengan  $As\ ada = 200,96\ mm^2 > As\ perlu = 39,488\ mm^2 \dots Ok!$

Tulangan bagi untuk tumpuan Y

Diameter tulangan bagi =  $\emptyset$  6 mm<sup>2</sup>

$As\ bagi = 20\ \% \times As\ perlu$

$$= 20\ \% \times 39,488$$

$$= 9,314\ mm^2$$

$$As = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 6^2 = 28,26\ mm^2$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$n = \frac{As\ bagi}{As}$$

$$= \frac{9,314}{28,26} = 0,33 \Rightarrow \text{maka dipakai 2 buah tulangan}$$

Jarak tulangan ( s )

$$s = \frac{b}{n - 1}$$

$$= \frac{1000}{2 - 1} = 1000\ mm$$

$$s\ maks = 2\ h_f$$

$$= 2 \times 80 = 160 \text{ mm}$$

maka dipakai  $s = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} As \text{ ada} &= \frac{b}{s} \times \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1000}{100} \times \frac{1}{4} \pi 6^2 = 282,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan bagi  $\emptyset 6 - 10 \text{ cm}$ ,

Dengan  $As \text{ ada} = 282,6 \text{ mm}^2 > As \text{ bagi} = 9,314 \text{ mm}^2 \dots\dots \text{Ok!}$

▪ **Penulangan Lapangan arah Y**

$$Mu = 14,19 \quad \text{kgm}$$

$$= 14,19 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{14,19 \times 10^4}{0,8} = 17,738 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times dy^2} = \frac{17,738 \times 10^4}{1000 \times 53^2} = 0,06314 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,412 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \times \beta_1 \times \frac{600}{600 + fy} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + 240} = 0,0645 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0645$$

$$= 0,0484$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{9,412} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,412 \times 0,06314}{240}} \right) = 0,000263 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d_y \\
 &= 0,000263 \times 1000 \times 53 \\
 &= 13,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 8^2 \\
 &= 50,24 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan selebar plat ( n )

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} \\
 &= \frac{13,96}{50,24} = 0,2 \Rightarrow \text{maka dipakai 4 buah tulangan}
 \end{aligned}$$

Jarak tulangan ( s )

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{b}{n - 1} \\
 &= \frac{1000}{4 - 1} = 333,33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As ada} &= n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 200,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan pokok  $\emptyset$  8 – 10 cm,

Dengan As ada = 200,96 mm<sup>2</sup> > As perlu = 16,45 mm<sup>2</sup> ..... **Ok!**

## 4.2 Penulangan Lentur Balok Grid

### 4.2.1 Perhitungan Penulangan Tumpuan Tepi Kiri

$h$  ( tinggi balok ) = 600 mm

Tulangan lentur direncanakan D25

$b$  ( lebar balok ) = 95 mm

Tulangan sengkang dipakai  $\phi 6$

$h_f$  ( tebal flens ) = 80 mm

Selimut beton = 40 mm

#### Perhitungan $d$ dan $d'$ pada kondisi momen nominal positif

$$y_1 = 40 + 6 + 0,5 \times 25 = 58,5 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 6 + 25 + 50 + 0,5 \times 25 = 133,5 \text{ mm}$$

$$y = \frac{(As_1 \cdot y_1) + (As_2 \cdot y_2)}{(As_1 + As_2)} = \frac{(490,6 \times 58,5) + (490,6 \times 133,5)}{(490,6 + 490,6)}$$

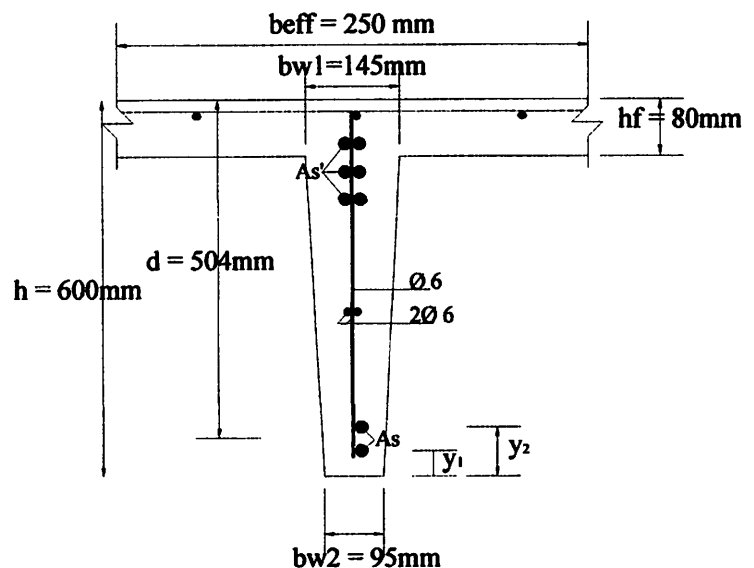
$$= 96 \text{ mm}$$

$$d = h - y$$

$$= 600 - 96$$

$$= 504 \text{ mm}$$

$$d' = 58,5 \text{ mm}$$



Gambar 4.2 Penampang Balok Grid

Perhitungan d dan d' pada kondisi momen nominal negatif

$$y_1 = 20 + 10 + 0,5 \times 6 = 33 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 6 + 0,5 \times 25 = 58,5 \text{ mm}$$

$$y_3 = 40 + 6 + 25 + 50 + 0,5 \times 25 = 133,5 \text{ mm}$$

$$y_4 = 40 + 6 + 25 + 50 + 25 + 50 + 0,5 \times 25 = 208,5 \text{ mm}$$

$$y = \frac{(A_{s_{plat}} \cdot y_1) + (A_{s1} \cdot y_2) + (A_{s2} \cdot y_3) + (A_{s3} \cdot y_4)}{(A_{s_{plat}} + A_{s1} + A_{s2} + A_{s3})}$$

$$= \frac{(84,78 \times 33) + (981,3 \times 58,5) + (981,3 \times 133,5) + (981,3 \times 208,5)}{(84,78 + 981,3 + 981,3 + 981,3)}$$

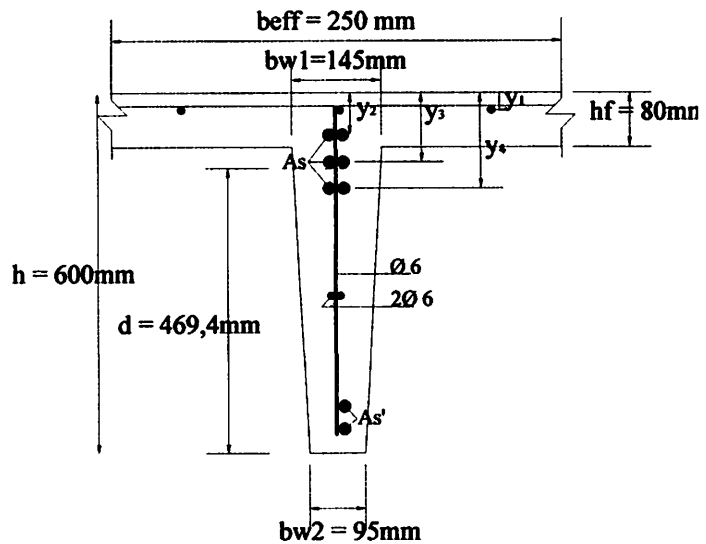
$$= 130,6 \text{ mm}$$

$$d = h - y$$

$$= 600 - 130,6$$

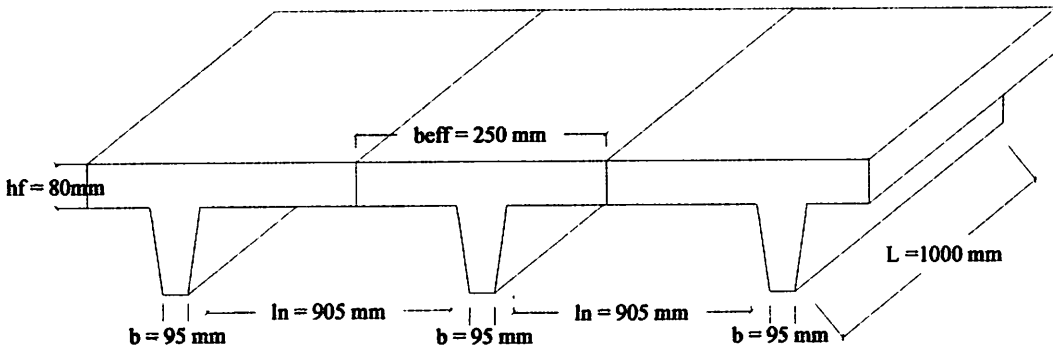
$$= 469,4 \text{ mm}$$

$$d' = 33 \text{ mm}$$



Gambar 4.3 Penampang Balok Grid





**Gambar 4.4. Lebar flens efektif pada balok grid**

◆ SNI 03-2847-2002 halaman 56 menetapkan batas dari lebar efektif flens  $b_{eff}$  untuk penampang T balok dalam sebagai yang terkecil daripada yang berikut

- $b_{eff} = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 1000 = 250 \text{ mm}$
- $b_{eff} = b_w + (8 \times h_f_{kiri}) + (8 \times h_f_{kanan}) = 95 + (8 \times 80) + (8 \times 80) = 1375 \text{ mm}$
- $b_{eff} = b_w + \frac{1}{2} L_{nkr} + \frac{1}{2} L_{nkn} = 95 + (\frac{1}{2} \cdot 905) + (\frac{1}{2} \cdot 905) = 1000 \text{ mm}$

dipakai nilai  $b_{eff}$  terkecil yaitu  $b_{eff} = 250 \text{ mm}$

◆ Untuk mengetahui besar luas tulangan tarik yang diizinkan ( $A_{s \text{ maks}}$ ) terdapat pada SNI 03 – 2847 – 2002 pada halaman 70 menyatakan

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_{bal}$$

$$\frac{A_{s \text{ maks}}}{b_w \cdot d} = 0,75 \cdot \frac{A_{s \text{ bal}}}{b_w \cdot d}$$

$$A_{s \text{ maks}} = 0,75 \cdot A_{s \text{ bal}}$$

$$A_{s \text{ maks}} = 0,75 \cdot \frac{T_{s \text{ bal}}}{f_y} = 0,75 \cdot \frac{C_c \text{ bal}}{f_y} \quad \text{dimana}$$

$$C_c \text{ bal} = 0,85 \cdot f_c' \cdot [b_{eff} h_f + b_w \cdot (a_{bal} - h_f)]$$

$$A_{s \text{ maks}} = \frac{0,75 \cdot (0,85 \cdot f_c')}{f_y} \cdot [b_{\text{eff}} h_f + b_w \cdot (a_{\text{bal}} - h_f)] \text{ dimana } a_{\text{bal}} = \frac{600 \cdot d}{f_y + 600}$$

$$A_{s \text{ maks}} = \frac{0,75 \cdot (0,85 \cdot f_c')}{f_y} \cdot \left[ b_{\text{eff}} h_f + b_w \cdot \left( \frac{600 \cdot d}{f_y + 600} - h_f \right) \right]$$

$$A_{s \text{ maks}} = \frac{0,75 \cdot (0,85 \cdot 30)}{340} \cdot \left[ 250 \cdot 80 + 95 \cdot \left( \frac{600 \cdot 469,4}{340 + 600} - 80 \right) \right]$$

$$A_{s \text{ maks}} = 2023,04 \text{ mm}^2$$

- ◆ Untuk menghindari terjadinya kehancuran getas pada balok, maka SNI-03-2847-2002 halaman 71-72 mengatur jumlah tulangan minimum yang harus terpasang yaitu

$$A_{s \text{ min}} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{\sqrt{30}}{4 \cdot 340} \cdot 95 \cdot 469,4 = 178,94 \text{ mm}^2$$

dan tidak lebih kecil dari

$$A_{s \text{ min}} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{1,4}{340} \cdot 95 \cdot 469,4 = 182,95 \text{ mm}^2$$

Dengan mengetahui batasan dari jumlah tulangan yang harus terpasang maka dapat direncanakan  $A_{s \text{ ada}}$  yang dibutuhkan oleh penampang untuk menahan momen yang terjadi pada struktur portal tahan gempa. Jadi, minimal dipakai tulangan 1 D 25 dengan  $A_s = 1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 = 490,6 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ min}} = 182,95 \text{ mm}^2$

◆ Direncanakan tulangan tarik D 25 dengan jumlah 6 buah,

$$\text{maka } A_s \text{ ada} = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 = 2943,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{kontrol : } bw_{\min} = (2 \times 20) + (2 \times 25)$$

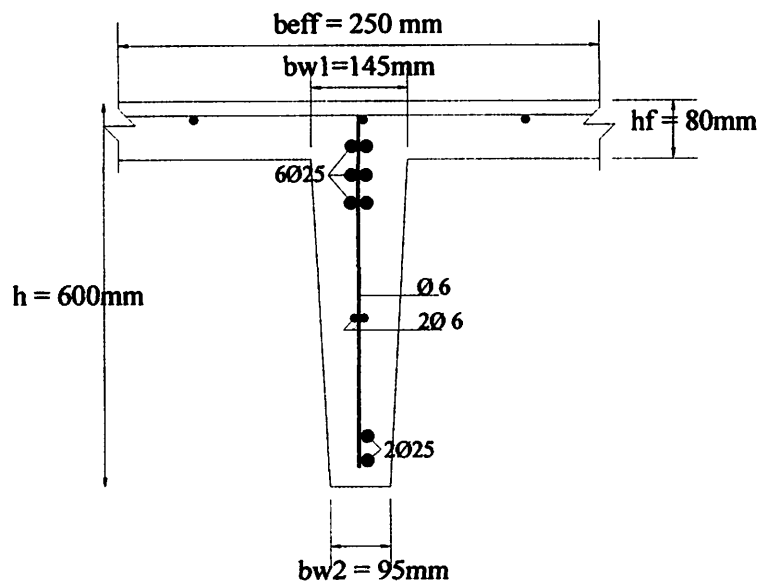
$$= 90 \text{ mm} < bw = 95 \text{ mm ---ok---}$$

◆ Direncanakan tulangan tekan D 25 dengan jumlah 2 buah,

$$\text{maka } A_s \text{ ada} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 = 981,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{kontrol : } bw_{\min} = (2 \times 20) + (1 \times 25)$$

$$= 65 \text{ mm} < bw = 95 \text{ mm ---ok---}$$



◆  $Mu^- = 303,550 \text{ KNm}$

$$= 303,550 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$Mu^+ = 13,610 \text{ KNm}$

$$= 13,610 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

Gambar 4.5 Penampang Balok Grid

### Kontrol Mn Negatif

Ini berarti tulangan tarik diatas dan tulangan tekan dibawah.

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 6 \text{ D } 25 = 2943,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 2 \text{ D } 25 = 981,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik pada plat} = 3 \text{ } \phi \text{ } 6 = 84,78 \text{ mm}^2$$

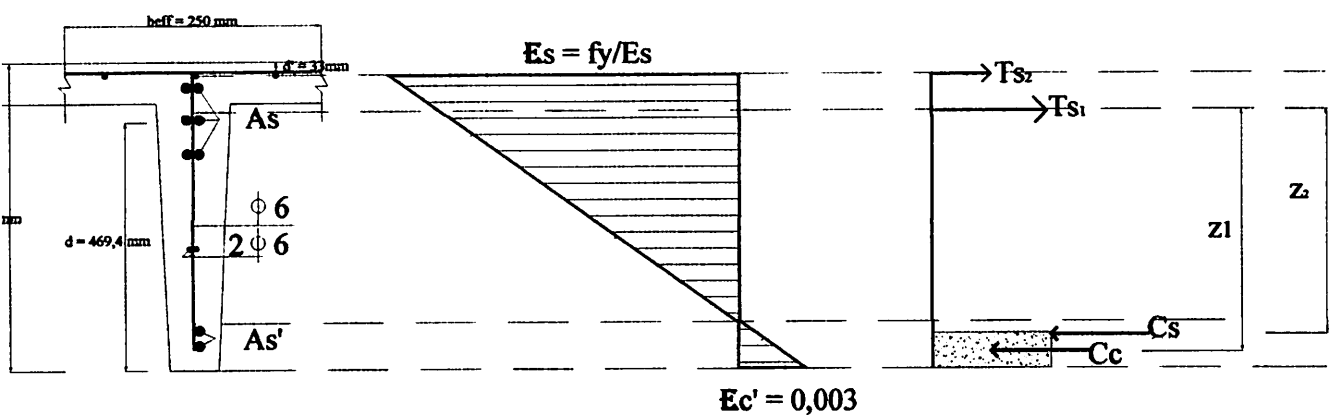
$$\text{Lebar efektif (beff)} = 250 \text{ mm} \quad f_c' = 30 \text{ MPa} \quad h \text{ (tinggi balok)} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm} \quad f_{y\text{ulir}} = 340 \text{ MPa} \quad b_w \text{ (lebar balok)} = 95 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter sengkang} = 10 \text{ mm} \quad f_{y\text{polos}} = 240 \text{ MPa}$$

$$d' = 33 \text{ mm} \quad y_1 = 33 \text{ mm}$$

$$d = 469,4 \text{ mm} \quad y = 130,6 \text{ mm}$$



Penampang Balok T

Diagram Regangan

Diagram Tegangan

**Gambar 4.6 Diagram Tegangan Balok Grid  
( Mn negatif )**

Misalkan tulangan tekan leleh:

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_{eff} = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 250 = 6375 a$$

$$C_s = A_s' \cdot f_y = 981,3 \cdot 340 = 333794 \text{ N}$$

$$T_{s_1} = A_s \cdot f_y = 2943,8 \cdot 340 = 1000892 \text{ N}$$

$$T_{s_2} = A_s \cdot f_y = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 \text{ N}$$

$$\Sigma H = 0 \Rightarrow C_c + C_s = T_{s_1} + T_{s_2}$$

$$6375 a + 333794 = 1000892 + 20347,2$$

$$6375 a = 687445,2$$

$$a = 107,834 \text{ mm}$$

$$c = 107,834 / 0,85$$

$$= 126,864 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f_{s'} &= \frac{c - d'}{c} \times 600 = \frac{c - 33}{c} \times 600 = 600 - \frac{19800}{c} \\ &= 600 - \frac{19800}{126,864} = 443,927 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Maka perhitungan digunakan  $f_y$ :

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_{eff} = 0,85 \cdot 30 \cdot 107,834 \cdot 250 = 687441,75 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \cdot f_y = 981,3 \cdot 340 = 333794 \text{ N}$$

$$T_{s_1} = A_s \cdot f_y = 2943,8 \cdot 340 = 1000892 \text{ N}$$

$$T_{s_2} = A_s \cdot f_y = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 \text{ N}$$

$$\Sigma H = 0 \Rightarrow Cc + Cs = Ts_1 + Ts_2$$

$$687441,75 + 333794 = 1000892 + 20347,2$$

$$1021235,75 \text{ N} = 1021239,2 \text{ N (ok)}$$

$$z_1 = d - a/2 = 465,4 - (107,834/2) = 411,483 \text{ mm}$$

$$z_2 = d - d' = 465,4 - 33 = 436,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= (Cc \cdot z_1 + Cs \cdot z_2) \\ &= (687441,75 \cdot 411,483 + 333794 \cdot 436,4) \\ &= 428538295,215 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mr &= \phi Mn \\ &= (0,8 \cdot 428538295,215) \\ &= 342830636,17 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen rencana negatif  $Mr \text{ neg} = 342,830 \text{ KNm} > M_T^- = 303,550 \text{ KNm}$  ---ok---

Hal ini menunjukkan bahwa tulangan yang dipasang pada balok tersebut telah memenuhi syarat dan cukup ekonomis.

### Kontrol Mn Positif

Ini berarti tulangan tarik dibawah dan tulangan tekan diatas.

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 2 \text{ D } 25 = 981,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 6 \text{ D } 25 = 2943,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan pada plat} = 3 \text{ } \phi 6 = 84,78 \text{ mm}^2$$

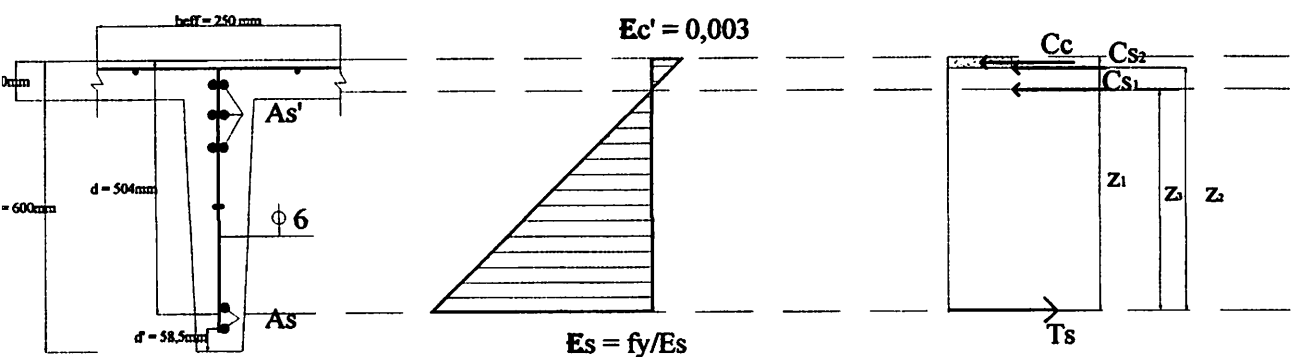
$$\text{Lebar efektif (beff)} = 250 \text{ mm} \quad f_c' = 30 \text{ MPa} \quad h \text{ (tinggi balok)} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm} \quad f_{y_{ulir}} = 340 \text{ MPa} \quad b_w \text{ (lebar balok)} = 95 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter sengkang} = 10 \text{ mm} \quad f_{y_{polos}} = 240 \text{ MPa}$$

$$d' = 33 \text{ mm} \quad y_1 = 58,5 \text{ mm}$$

$$d = 504 \text{ mm} \quad y_2 = 96 \text{ mm}$$



Penampang Balok T

Diagram Regangan

Diagram Tegangan

**Gambar 4.7 Diagram Tegangan Balok Grid  
( Mn positif )**

Misalkan tinggi blok tekan ekivalen ( $a = hf = 80 \text{ mm}$ ) dan tulangan tekan leleh maka :

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_{eff} = 0,85 \cdot 30 \cdot 80 \cdot 250 = 510000 \text{ N}$$

$$C_{s_1} = A_{s'} \cdot f_y = 2943,8 \cdot 340 = 1000892 \text{ N}$$

$$C_{s_2} = A_{s'} \cdot f_y = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 981,3 \cdot 340 = 333794,219 \text{ N}$$

$$C_c + C_{s_1} + C_{s_2} = 510000 + 1000892 + 20347,2 = 1531239,2 \text{ N}$$

$C_c + C_s > T_s$  maka letak  $a$  pada plat

Misalkan tulangan tekan leleh.

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_{eff} = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 250 = 6375 a$$

$$C_{s_1} = A_{s'} \cdot f_y = 2943,8 \cdot 340 = 1000892 \text{ N}$$

$$C_{s_2} = A_{s'} \cdot f_y = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 981,3 \cdot 340 = 333794,219 \text{ N}$$

$$\Sigma H = 0 \Rightarrow C_c + C_{s_1} + C_{s_2} = T_s$$

$$6375 a + 1000892 + 20347,2 = 333794,219$$

$$6375 a = -687444,981$$

$$a = -107,834 \text{ mm}$$

$$c = -107,834 / 0,85$$

$$= -126,864 \text{ mm}$$



Misalkan tulangan tekan belum leleh :

- $Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot beff = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 250 = 6375 a$   
 $= 6375 \cdot c \cdot 0,85 = 5418,75 c$

- $Cs_1 = As' \cdot fs' = 2943,8 \cdot fs'$

$$fs' = \frac{c - d'}{c} \times 600 = \frac{c - 58,5}{c} \times 600 = 600 - \frac{35100}{c}$$

$$Cs_1 = 2943,8 \times \left( 600 - \frac{35100}{c} \right) = 1766280 - \frac{103327380}{c}$$

- $Cs_2 = As' \cdot fy = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 N$

- $Ts = As \cdot fy = 981,3 \cdot 340 = 333794,219 N$

- $\Sigma H = 0 \Rightarrow Cc + Cs_1 + Cs_2 = Ts$

$$5418,75c + 1766280 - \frac{103327380}{c} + 20347,2 = 333794,219$$

$$5418,75 c^2 + 1786627,2 c - 103327380 = 333794,219 c$$

$$5418,75 c^2 + 1452832,981 c - 106355321 = 0$$

Dengan menggunakan rumus ABC :

maka didapat  $c = 58,963 \text{ mm}$

$$fs' = 600 - \frac{35100}{c} = 600 - \frac{35100}{58,963} = 4,715 \text{ Mpa} < fy = 340 \text{ Mpa (ok)}$$

Maka :

- $Cc = 5418,75 c = 5418,75 \times 58,963 = 319507,64 N$

- $Cs_1 = 1766280 - \frac{103327380}{c} = 1766280 - \frac{103327380}{58,963} = 13869,505 N$

- $Cs_2 = As' \cdot fy = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 N$

- $T_s \equiv A_s \cdot f_y = 981,3 \cdot 340 = 333794,219 \text{ N}$

- $\Sigma H = 0 \Rightarrow C_c + C_{s_1} + C_{s_2} = T_s$

$$319507,64 + 13869,505 + 20347,2 = 333794,219$$

$$333724,345 \approx 333794,219 \text{ (ok)}$$

$$z_1 = d - a/2 = 504 - (50,11/2) = 478,9 \text{ mm}$$

$$z_2 = d - d' = 504 - 33 = 471 \text{ mm}$$

$$z_3 = d - y = 504 - 130,6 = 373,4 \text{ mm}$$

$$M_n = C_c \cdot z_1 + C_{s_1} \cdot z_2 + C_{s_2} \cdot z_3$$

$$= (319507,64 \cdot 478,9) + (13869,505 \cdot 471) + (20347,2 \cdot 373,4)$$

$$= 167142390,131 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \phi M_n$$

$$= 0,8 \cdot 167142390,131$$

$$= 133713912,105 \text{ Nmm}$$

Momen rencana positif  $M_r \text{ pos} = + 133,713 \text{ KNm} > M_T^+ = + 13,610 \text{ KNm}$  ---ok---

Hal ini menunjukkan bahwa tulangan yang dipasang pada balok tersebut telah memenuhi syarat dan cukup ekonomis.

### 4.2.3 Perhitungan Penulangan Lapangan Tengah

$h$  ( tinggi balok ) = 600 mm

Tulangan lentur direncanakan D25

$b$  ( lebar balok ) = 95 mm

Tulangan sengkang dipakai  $\phi$  10

$h_f$  ( tebal flens ) = 80 mm

Selimut beton = 40 mm

#### Perhitungan $d$ dan $d'$ pada kondisi momen nominal positif

$$y_1 = 40 + 6 + 0,5 \times 25 = 58,5 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 6 + 25 + 50 + 0,5 \times 25 = 133,5 \text{ mm}$$

$$y = \frac{(A_{s1} \cdot y_1) + (A_{s2} \cdot y_2)}{(A_{s1} + A_{s2})} = \frac{(490,6 \times 58,5) + (490,6 \times 133,5)}{(490,6 + 490,6)}$$

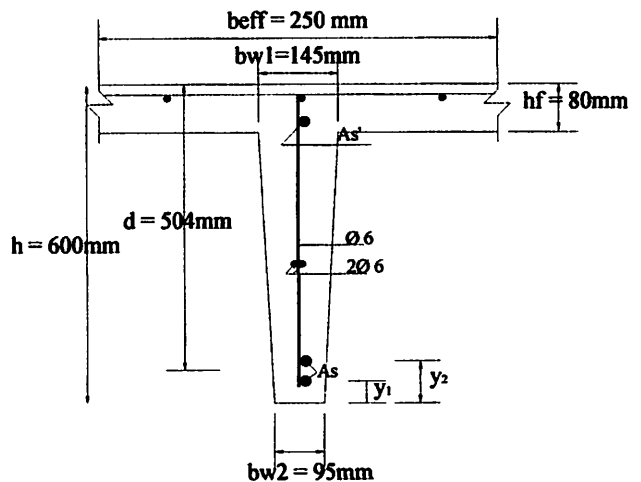
$$= 96 \text{ mm}$$

$$d = h - y$$

$$= 600 - 96$$

$$= 504 \text{ mm}$$

$$d' = 58,5 \text{ mm}$$



Gambar 4.8 Penampang Balok Grid

Perhitungan d dan d' pada kondisi momen nominal negatif

$$y_1 = 20 + 10 + 0,5 \times 6 = 33 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 10 + 0,5 \times 25 = 62,5 \text{ mm}$$

$$y = \frac{(A_{s_{plat}} \cdot y_1) + (A_{s1} \cdot y_2)}{(A_{s_{plat}} + A_{s1})}$$

$$= \frac{(84,78 \times 33) + (490,6 \times 62,5)}{(84,78 + 490,6)}$$

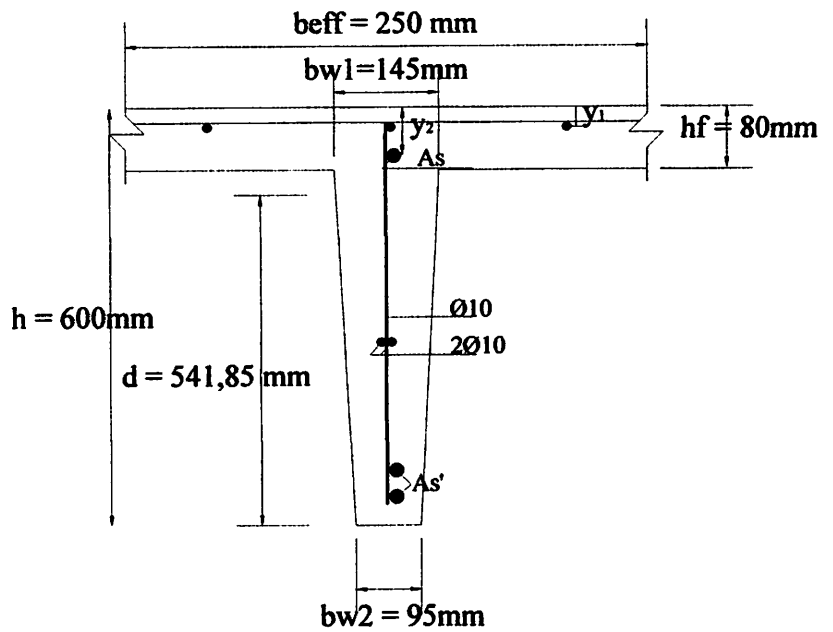
$$= 58,15 \text{ mm}$$

$$d = h - y$$

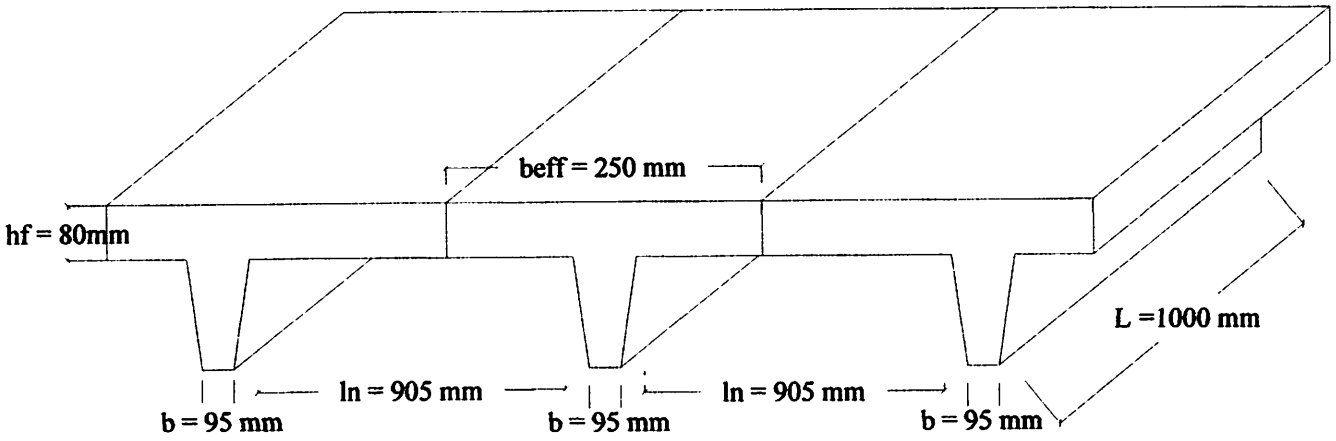
$$= 600 - 58,15$$

$$= 541,85 \text{ mm}$$

$$d' = 33 \text{ mm}$$



Gambar 4.9 Penampang Balok Grid



**Gambar 4.10. Lebar flens efektif pada balok grid**

- ◆ SNI 03-2847-2002 halaman 56 menetapkan batas dari lebar efektif flens  $beff$  untuk penampang T balok dalam sebagai yang terkecil daripada yang berikut

$$- beff = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 1000 = 250 \text{ mm}$$

$$- beff = bw + (8 \times hf_{kiri}) + (8 \times hf_{kanan}) = 95 + (8 \times 80) + (8 \times 80) = 1375 \text{ mm}$$

$$- beff = bw + \frac{1}{2} Ln_{kr} + \frac{1}{2} Ln_{kn} = 95 + (\frac{1}{2} \cdot 905) + (\frac{1}{2} \cdot 905) = 1000 \text{ mm}$$

dipakai nilai  $beff$  terkecil yaitu  $beff = 250 \text{ mm}$

- ◆ Untuk mengetahui besar luas tulangan tarik yang diizinkan ( $A_{s \text{ maks}}$ ) terdapat pada SNI 03 – 2847 – 2002 pada halaman 70 menyatakan

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_{bal}$$

$$\frac{As_{maks}}{bw \cdot d} = 0,75 \cdot \frac{As_{bal}}{bw \cdot d}$$

$$As_{maks} = 0,75 \cdot As_{bal}$$

$$A_{s_{maks}} = 0,75 \cdot \frac{T_{s_{bal}}}{f_y} = 0,75 \cdot \frac{C_{c_{bal}}}{f_y} \quad \text{dimana}$$

$$C_{c_{bal}} = 0,85 \cdot f_c' \cdot [b_{eff} h_f + b_w \cdot (a_{bal} - h_f)]$$

$$A_{s_{maks}} = \frac{0,75 \cdot (0,85 \cdot f_c')}{f_y} \cdot [b_{eff} h_f + b_w \cdot (a_{bal} - h_f)] \quad \text{dimana } a_{bal} = \frac{600 \cdot d}{f_y + 600}$$

$$A_{s_{maks}} = \frac{0,75 \cdot (0,85 \cdot f_c')}{f_y} \cdot \left[ b_{eff} h_f + b_w \cdot \left( \frac{600 \cdot d}{f_y + 600} - h_f \right) \right]$$

$$A_{s_{maks}} = \frac{0,75 \cdot (0,85 \cdot 30)}{340} \cdot \left[ 250 \cdot 80 + 95 \cdot \left( \frac{600 \cdot 500}{340 + 600} - 80 \right) \right]$$

$$A_{s_{maks}} = 2402,95 \text{ mm}^2$$

- ◆ Untuk menghindari terjadinya kehancuran getas pada balok, maka SNI-03-2847-2002 halaman 71-72 mengatur jumlah tulangan minimum yang harus terpasang yaitu

$$A_{s_{min}} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{\sqrt{30}}{4 \cdot 340} \cdot 95 \cdot 500 = 191,3 \text{ mm}^2$$

dan tidak lebih kecil dari

$$A_{s_{min}} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{1,4}{340} \cdot 95 \cdot 500 = 195,59 \text{ mm}^2$$

Dengan mengetahui batasan dari jumlah tulangan yang harus terpasang maka dapat direncanakan  $A_{s_{ada}}$  yang dibutuhkan oleh penampang untuk menahan momen yang terjadi pada struktur portal tahan gempa. Jadi, minimal dipakai tulangan 1 D 25 dengan  $A_s = 1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 = 490,6 \text{ mm}^2 > A_{s_{min}} = 182,95 \text{ mm}^2$

- ◆ Direncanakan tulangan tarik D 25 dengan jumlah 1 buah,

$$\text{maka } A_s \text{ ada} = 1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 = 490, \text{ mm}^2$$

$$\text{kontrol : } bw \text{ min} = (2 \times 20) + (1 \times 25)$$

$$= 65 \text{ mm} < bw = 95 \text{ mm} \text{ ---ok---}$$

- ◆ Direncanakan tulangan tekan D 25 dengan jumlah 2 buah,

$$\text{maka } A_s \text{ ada} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 = 981,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{kontrol : } bw \text{ min} = (2 \times 20) + (1 \times 25)$$

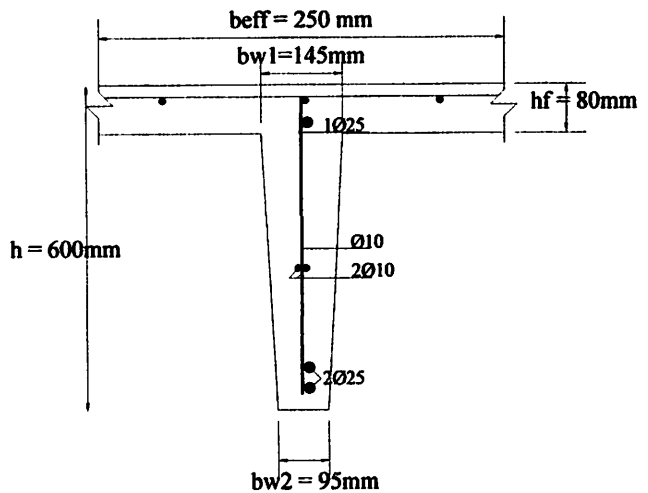
$$= 65 \text{ mm} < bw = 95 \text{ mm} \text{ ---ok---}$$

- ◆  $Mu^- = 0,750 \text{ KNm}$

$$= 0,750 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Mu^+ = 118,620 \text{ KNm}$$

$$= 118,620 \times 10^6 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.11 Penampang Balok Grid

**Kontrol Mn Positif**

Ini berarti tulangan tarik dibawah dan tulangan tekan diatas.

Tulangan tarik  $A_s = 2 \text{ D } 25 = 981,3 \text{ mm}^2$

Tulangan tekan  $A_s' = 1 \text{ D } 25 = 490,6 \text{ mm}^2$

Tulangan tekan pada plat =  $3 \text{ } \phi \text{ } 6 = 84,78 \text{ mm}^2$

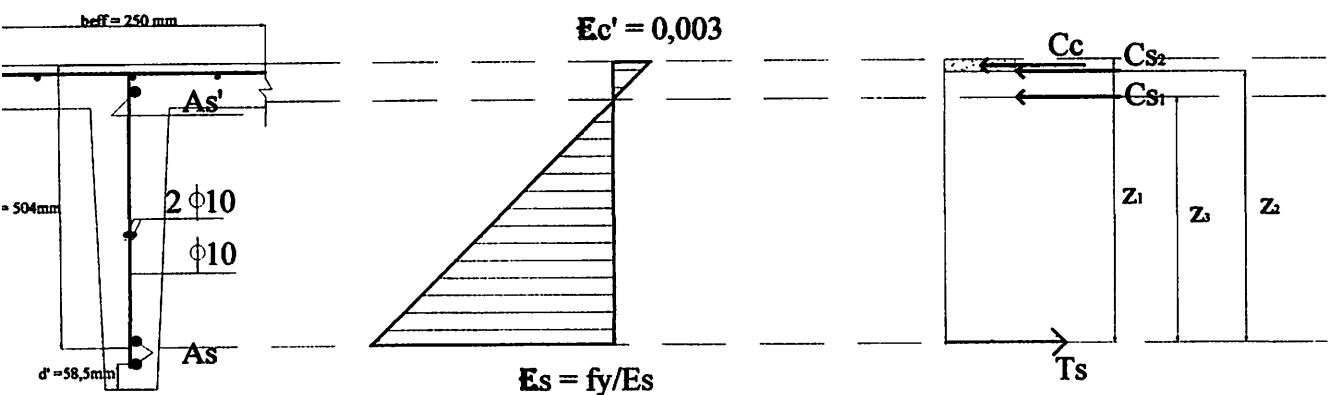
Lebar efektif ( $b_{eff}$ ) = 250 mm     $f_c' = 30 \text{ MPa}$      $h$  ( tinggi balok ) = 600 mm

Selimit beton = 40 mm     $f_{yulir} = 340 \text{ MPa}$      $b_w$  ( lebar balok ) = 95 mm

Diameter sengkang = 10 mm     $f_{y polos} = 240 \text{ MPa}$

$d' = 33 \text{ mm}$                        $y_1 = 58,5 \text{ mm}$

$d = 504 \text{ mm}$                        $y_2 = 96 \text{ mm}$



Penampang Balok T

Diagram Regangan

Diagram Tegangan

**Gambar 4.12 Diagram Tegangan Balok Grid  
( Mn positif )**



Misalkan tinggi blok tekan ekivalen ( $a = hf = 80 \text{ mm}$ ) dan tulangan tekan leleh maka :

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot e_{ff} = 0,85 \cdot 30 \cdot 80 \cdot 250 = 510000 \text{ N}$$

$$C_{s_1} = A_{s'} \cdot f_y = 490,6 \cdot 340 = 166804 \text{ N}$$

$$C_{s_2} = A_{s'} \cdot f_y = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 981,3 \cdot 340 = 333642 \text{ N}$$

$$C_c + C_{s_1} + C_{s_2} = 510000 + 166804 + 20347,2 = 697151,2 \text{ N}$$

$C_c + C_s > T_s$  maka letak  $a$  pada plat

Misalkan tulangan tekan leleh.

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot e_{ff} = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 250 = 6375 a$$

$$C_{s_1} = A_{s'} \cdot f_y = 490,6 \cdot 340 = 166804 \text{ N}$$

$$C_{s_2} = A_{s'} \cdot f_y = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 981,3 \cdot 340 = 333794,219 \text{ N}$$

$$\Sigma H = 0 \Rightarrow C_c + C_{s_1} + C_{s_2} = T_s$$

$$6375 a + 166804 + 20347,2 = 333794,219$$

$$6375 a = 146643,019$$

$$a = 23 \text{ mm}$$

$$c = 23 / 0,85$$

$$= 27 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{c - d'}{c} \times 600 = \frac{c - 58,5}{c} \times 600 = 600 - \frac{35100}{c}$$

$$= 600 - \frac{35100}{27} = -777,675 \text{ Mpa} < f_y = 340 \text{ Mpa}$$

Misalkan tulangan tekan belum leleh :

- $C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_{eff} = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 250 = 6375 a$

$$= 6375 \cdot c \cdot 0,85 = 5418,75 c$$

- $C_{s_1} = A_{s'} \cdot f_s' = 490,6 \cdot f_s'$

$$f_s' = \frac{c - d'}{c} \times 600 = \frac{c - 58,5}{c} \times 600 = 600 - \frac{35100}{c}$$

$$C_s = 490,6 \times \left( 600 - \frac{35100}{c} \right) = 294360 - \frac{17220060}{c}$$

- $C_{s_2} = A_{s'} \cdot f_y = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 \text{ N}$

- $T_s = A_s \cdot f_y = 981,3 \cdot 340 = 333794,219 \text{ N}$

- $\Sigma H = 0 \Rightarrow C_c + C_{s_1} + C_{s_2} = T_s$

$$5418,75c + 294360 - \frac{17220060}{c} + 20347,2 = 333794,219$$

$$5418,75 c^2 + 314707,2 c - 17220060 = 333794,219 c$$

$$5418,75 c^2 - 19087,019 c - 17220060 = 0$$

Dengan menggunakan rumus ABC :

maka didapat  $c = 60 \text{ mm}$

$$f_s' = 600 - \frac{35100}{c} = 600 - \frac{35100}{60} = 15,03 \text{ Mpa} < f_y = 340 \text{ Mpa (ok)}$$

Maka :

- $C_c = 5418,75 c = 5418,75 \times 60 = 325141,586 N$
- $C_{s1} = 294360 - \frac{17220060}{c} = 294360 - \frac{17220060}{60} = 7359 N$
- $C_{s2} = A_s' \cdot f_y = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 N$
- $T_s = A_s \cdot f_y = 981,3 \cdot 340 = 333794,219 N$
- $\Sigma H = 0 \Rightarrow C_c + C_{s1} + C_{s2} = T_s$

$$325141,586 + 7359 + 20347,2 = 333794,219$$

$$352847,786 N = 333794,219 N \text{ (ok)}$$

$$z_1 = d - a/2 = 504 - (51/2) = 478,49 \text{ mm}$$

$$z_2 = d - d' = 504 - 33 = 471 \text{ mm}$$

$$z_3 = d - y = 504 - 58,15 = 445,85 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot z_1 + C_{s1} \cdot z_2 + C_{s2} \cdot z_3 \\ &= (325141,586 \cdot 478,49) + (7359 \cdot 471) + (20347,2 \cdot 445,85) \\ &= 168114885,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \phi M_n \\ &= 0,8 \cdot 168114885,6 \\ &= 134491908,484 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen rencana positif  $M_r \text{ pos} = + 134,491 \text{ KNm} > M_T^+ = + 118,620 \text{ KNm}$ ---ok---

Hal ini menunjukkan bahwa tulangan yang dipasang pada balok tersebut telah memenuhi syarat dan cukup ekonomis.

**Kontrol Mn Negatif**

Ini berarti tulangan tarik diatas dan tulangan tekan dibawah.

Tulangan tarik  $A_s = 1 \text{ D } 25 = 490,6 \text{ mm}^2$

Tulangan tekan  $A_s' = 2 \text{ D } 25 = 981,3 \text{ mm}^2$

Tulangan tarik pada plat  $= 3 \text{ } \phi \text{ } 6 = 84,78 \text{ mm}^2$

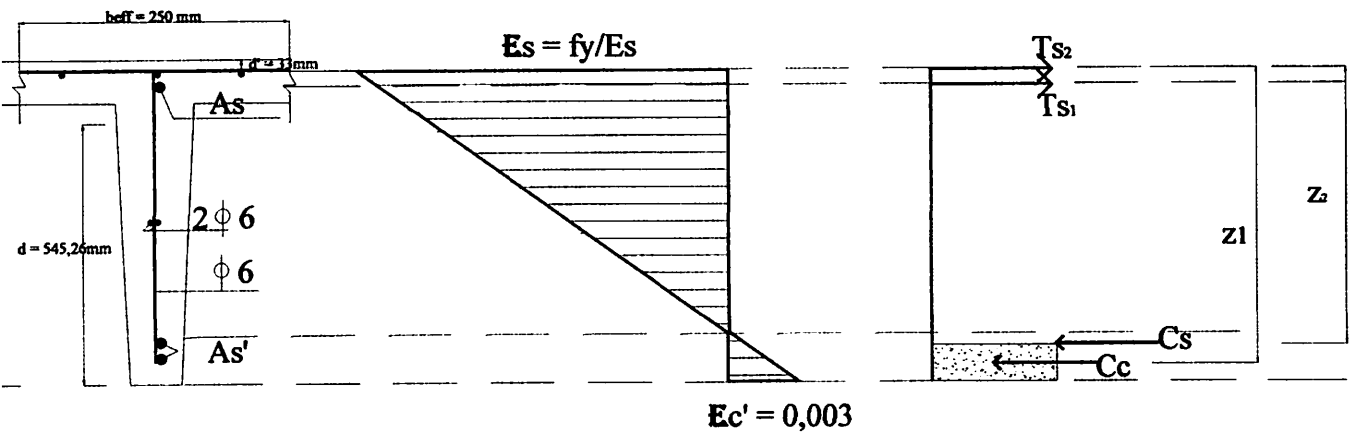
Lebar efektif ( $b_{eff}$ ) = 250 mm       $f_c' = 30 \text{ MPa}$        $h$  ( tinggi balok ) = 600 mm

Selimit beton = 40 mm       $f_{y_{ulir}} = 340 \text{ MPa}$        $b_w$  ( lebar balok ) = 95 mm

Diameter sengkang = 10 mm       $f_{y_{polos}} = 240 \text{ MPa}$

$d' = 33 \text{ mm}$        $y_1 = 33 \text{ mm}$

$d = 545,26 \text{ mm}$        $y = 54,74 \text{ mm}$



Penampang Balok T

Diagram Regangan

Diagram Tegangan

**Gambar 4.13 Diagram Tegangan Balok Grid  
( Mn negatif )**

Misalkan tulangan tekan leleh:

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_{eff} = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 250 = 6375 a$$

$$C_s = A_s' \cdot f_y = 981,3 \cdot 340 = 333794,219 N$$

$$T_{s_1} = A_s \cdot f_y = 490,6 \cdot 340 = 166804 N$$

$$T_{s_2} = A_s \cdot f_y = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 N$$

$$\Sigma H = 0 \Rightarrow C_c + C_s = T_{s_1} + T_{s_2}$$

$$6375 a + 333794,219 = 166804 + 20347,2$$

$$6375 a = -146643,019$$

$$a = -23 \text{ mm}$$

$$c = -23 / 0,85$$

$$= -27 \text{ mm}$$

Perhitungan tulangan tekan belum leleh:

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_{eff} = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 250 = 6375 a$$

$$= 6375 \times c \times \beta_1 = 6375 \times c \times 0,85 = 5418,75 c$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s' = 981,3 \cdot f_s'$$

$$f_s' = \frac{c - d'}{c} \times 600 = \frac{c - 33}{c} \times 600 = 600 - \frac{19800}{c}$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s' = 981,3 \cdot \left( 600 - \frac{19800}{c} \right) = 588780 - \frac{19429740}{c}$$

$$T_{s_1} = A_s \cdot f_y = 490,6 \cdot 340 = 166804 \text{ N}$$

$$T_{s_2} = A_s \cdot f_y = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 \text{ N}$$

$$\Sigma H = 0 \Rightarrow C_c + C_s = T_{s_1} + T_{s_2}$$

$$5418,75 c + 588780 - \frac{19429740}{c} = 166804 + 20347,2$$

$$5418,75 c^2 + 588780c - 19429740 = 187151,2c$$

$$5418,75 c^2 + 401628,8c - 19429740 = 0$$

Dengan menggunakan rumus ABC :

maka didapat  $c = 33,74 \text{ mm}$

Dimisalkan letak  $c > d'$ ,

$$f_{s'} = 600 - \frac{19800}{33,74} = 13,151 \text{ Mpa} < f_y = 340 \text{ Mpa (ok)}$$

Maka:

$$C_c = 5418,75 c = 5418,75 \times 33,7 = 182825,985 \text{ N}$$

$$C_s = A_{s'} \cdot f_{s'} = 981,3 \cdot 13,151 = 12910,945 \text{ N}$$

$$T_{s_1} = A_s \cdot f_y = 490,6 \cdot 340 = 166804 \text{ N}$$

$$T_{s_2} = A_s \cdot f_y = 84,78 \cdot 240 = 20347,2 \text{ N}$$

$$\Sigma H = 0 \Rightarrow C_c + C_s = T_{s_1} + T_{s_2}$$

$$182825,985 + 12910,945 = 166804 + 20347,2$$

$$195736,93 \text{ N} = 187151,2 \text{ N (ok)}$$

$$z_1 = d - a/2 = 545,26 - (28,67/2) = 530,921 \text{ mm}$$

$$z_2 = d - d' = 545,26 - 33 = 512,26 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (C_c \cdot z_1 + C_s \cdot z_2) \\ &= (182825,985 \cdot 530,921 + 12910,945 \cdot 512,26) \\ &= 107122888,106 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \phi M_n \\ &= (0,8 \cdot 107122888,106) \\ &= 85698310,485 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen rencana negatif  $M_r \text{ neg} = 85,698 \text{ KNm} > M_r^- = 0,750 \text{ KNm}$  ---ok---

Hal ini menunjukkan bahwa tulangan yang dipasang pada balok tersebut telah memenuhi syarat dan cukup ekonomis.

### 4.3. Penulangan Geser Balok Grid

#### 4.3.1 Perhitungan Penulangan Geser Lantai 4

$h$ (tinggi balok)	=	600 mm	Tulangan lentur direncanakan D 25
$b$ (lebar balok)	=	95 mm	Tulangan sengkang dipakai $\phi$ 6
$h_f$ (tebal flens)	=	80 mm	$d$ (tinggi efektif balok) = 465,4 mm
Geser $\phi$	=	0,65	$V_u = 12519,573 \text{ N}$
$L_n$ (bentang bersih)	=	1800 mm	

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 95 \times 465,4 = 4063,076 \text{ N}$$

Dipakai tulangan sengkang  $\emptyset 6$  ( 1 kaki )

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times 6^2 = 28,27 \text{ mm}^2$$

- Penulangan geser pada daerah sendi plastis  $V_c = 0$

$$V_{ud} = \frac{\left(\frac{Ln}{2} - d\right)}{\frac{Ln}{2}} \times \left(\frac{V_u}{\phi}\right)$$

$$V_{ud} = \frac{(9000 - 465,4)}{9000} \times (19260,88) = 18264,88 \text{ N}$$

Gaya geser yang harus ditahan oleh tulangan geser :

$$V_{s1 \text{ perlu}} = V_{ud} - V_c$$

$$V_{s1 \text{ perlu}} = 18264,88 - 0 = 18264,88 \text{ N}$$

Jarak sengkang perlu :

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{s1 \text{ perlu}}}$$
$$= \frac{28,27 \times 240 \times 465,4}{18264,88} = 172,9 \text{ mm}$$

Berdasarkan ketentuan pada SNI 03-2847-2002, jarak antar tulangan sengkang tidak

boleh melebihi  $\frac{d}{2} = 232,7 \text{ mm}$ .

Maka digunakan sengkang  $\emptyset 6 - 15\text{cm}$

$$V_{s1} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$
$$= \frac{28,27 \times 240 \times 465,4}{150} = 21054,2 \text{ N} > V_{s1 \text{ perlu}} = 18264,88 \text{ N (ok)}$$

Sengkang  $\emptyset 6 - 15 \text{ cm}$  dipasang 1000 mm dari tumpuan



- Untuk daerah diluar sendi plastis

$$Vu2 = \frac{(9000 - 1000)}{9000} \times 19260,88 = 17120,78 \text{ N}$$

Gaya geser yang harus ditahan oleh tulangan geser :

$$Vs2 \text{ perlu} = Vu2 - Vc$$

$$= 17120,78 - 4036,076 = 13084,7 \text{ N}$$

Jarak sengkang perlu :

$$s = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs2 \text{ perlu}}$$

$$= \frac{28,27 \times 240 \times 465,4}{13084,7} = 241,36 \text{ mm}$$

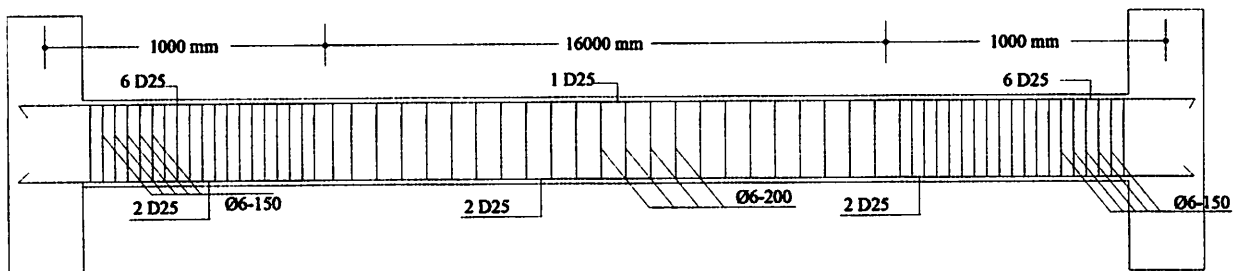
Berdasarkan ketentuan pada SNI 03-2847-2002, jarak antar tulangan sengkang tidak boleh melebihi  $\frac{d}{2} = 232,7 \text{ mm}$ .

Maka digunakan sengkang Ø 6 – 20 cm

$$Vs2 = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{s}$$

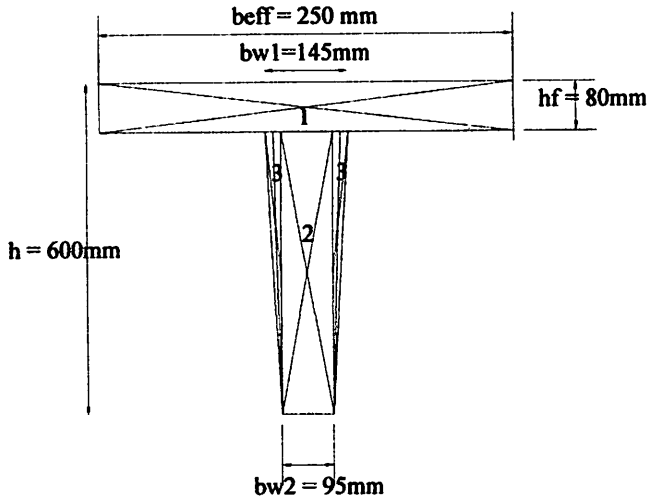
$$= \frac{28,27 \times 240 \times 465,4}{200} = 15790,65 \text{ N} > Vs2 \text{ perlu} = 13084,7 \text{ N (ok)}$$

Sengkang Ø 6 – 20 cm dipasang sejauh L-2000 = 16000 mm.



**Gambar 4.14. Pemasangan tulangan geser pada balok grid**

#### 4.4. Kontrol Lendutan



Gambar 4.15 Penampang Balok Grid

No	Luas Penampang (A) mm <sup>2</sup>	Jarak (Y) mm	A x Y
1	250 x 80 = 20000	560	11200000
2	95 x 520 = 49400	260	12844000
3	2 x ( $\frac{1}{2}$ x 25 x 520) = 13000	173,33	2253333,333
$\Sigma$	82400		26297333,333

$$Y_b = \frac{\sum AY}{\sum A} = \frac{26297333,333}{82400} = 319,14 \text{ mm}$$

$$Y_a = h - Y_b = 600 - 319,14 = 280,86 \text{ mm}$$

No	A	Jarak terhadap titik bawah (mm)	Momen Inersia (mm <sup>4</sup> )
1	20000	280,86 – 40 = 240,86	$\left(\frac{1}{12} \times 250 \times 80^3\right) + (20000 \times 240,86^2) =$ 1170937458,67
2	49400	319,14 – 260 = 59,14	$\left(\frac{1}{12} \times 95 \times 520^3\right) + (49400 \times 59,14^2) =$ 1285925122,907
3	13000	319,14 - 173,33 = 145,81	$\left(\frac{1}{12} \times 25 \times 173,33^3\right) + (13000 \times 145,81^2)$ = 287235986,102
$\Sigma$	82400		2744098567,679

Beban mati :

$$Q_{DL} = 489 \text{ kg/m}^2 = 0,0489 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 19 \text{ m} = 1900 \text{ cm}$$

$$E_c = 257429,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_{\text{tot}} = 274409,857 \text{ cm}^4$$

Lendutan max:

$$\delta_{\text{max}} = \frac{1}{480} \times L = \frac{1}{480} \times 1900 = 3,96 \text{ cm}$$

$$\delta_{DL} = \frac{Q \times L^4}{384 \times E_c \times I} = \frac{0,0489 \times 1900^4}{384 \times 257429,6 \times 274409,857} = 0,0235 \text{ cm}$$

Beban Hidup:

$$Q_{LL} = 250 \text{ kg/m}^2 = 0,025 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 19 \text{ m} = 1900 \text{ cm}$$

$$E_c = 257429,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_{\text{tot}} = 274409,857 \text{ cm}^4$$

$$\delta_{LL} = \frac{Q \times L^4}{384 \times E_c \times I} = \frac{0,025 \times 1900^4}{384 \times 257429,6 \times 274409,857} = 0.012 \text{ cm}$$

Total Lendutan:

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_{DL} + \delta_{LL} = 0.0235 + 0.012 = 0,0355 \text{ cm} < \delta_{\text{max}} = 3,96 \text{ cm} \dots \text{ok}$$

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Pada perhitungan perencanaan balok grid yang mengacu pada aturan – aturan beton bertulang yaitu SNI 03 – 5847 – 2002 serta PCI design handbook, sehingga menghasilkan dimensi serta tulangan – tulangan yang mampu menahan beban struktur dengan bentang yang cukup lebar.

Balok grid merupakan salah satu solusi yang cukup unik. Hal ini disebabkan dimensi balok grid yang cukup jarang ditemukan pada gedung – gedung sekitar kita. Tetapi dibalik itu semua ada nilai filosofis yang bisa saya ambil dari studi ini yaitu segala permasalahan pasti bisa diselesaikan meskipun semuanya pasti ada batasannya, asalkan kita bisa memikul bersama – sama. Hal ini adalah konsep dasar yang diambil dari balok grid, meskipun dengan dimensi yang cukup ramping namun mampu menahan berat struktur dengan bentang yang cukup lebar asalkan jarak antar balok grid tidak terlalu jauh serta diikat dengan kekakuan antar balok grid tersebut.

Dari hasil perencanaan balok grid pada laporan skripsi ini kami peroleh hasil diantaranya sebagai berikut:

- Pada penulangan plat balok grid lantai 2 – 5:
  - ✓ Ketebalan plat = 8 cm
  - ✓ Tulangan pokok =  $\emptyset$  8 – 10 cm
  - ✓ Tulangan bagi =  $\emptyset$  6 – 10 cm

➤ Pada penulangan balok grid lantai 2 – 4:

✓ Tulangan tumpuan kiri = atas 6 D 25, bawah 2 D 25

✓ Tulangan lapangan = atas 1 D 25, bawah 2 D 25

✓ Tulangan tumpuan kanan = atas 6 D 25, bawah 2 D 25

➤ Pada penulangan balok grid lantai 5:

✓ Tulangan tumpuan kiri = atas 6 D 22, bawah 2 D 22

✓ Tulangan lapangan = atas 1 D 22, bawah 3 D 22

✓ Tulangan tumpuan kanan = atas 6 D 22, bawah 2 D 22

## 5.2 Saran

Dengan kemajuan teknologi komputerisasi saat ini, perencanaan struktur gedung dapat kita menggunakan fasilitas program STAADPRO yang mampu menghasilkan penulangan dan hasil output STAADPRO secara langsung, tetapi tetap memperhatikan peraturan – peraturan yang ada akan lebih efisiensi dan dapat menghemat biaya pelaksanaan pekerjaan.

## DAFTAR PUSTAKA

**Anonim.**, 2002., *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI – 03 – 2847 – 2002., Bandung.

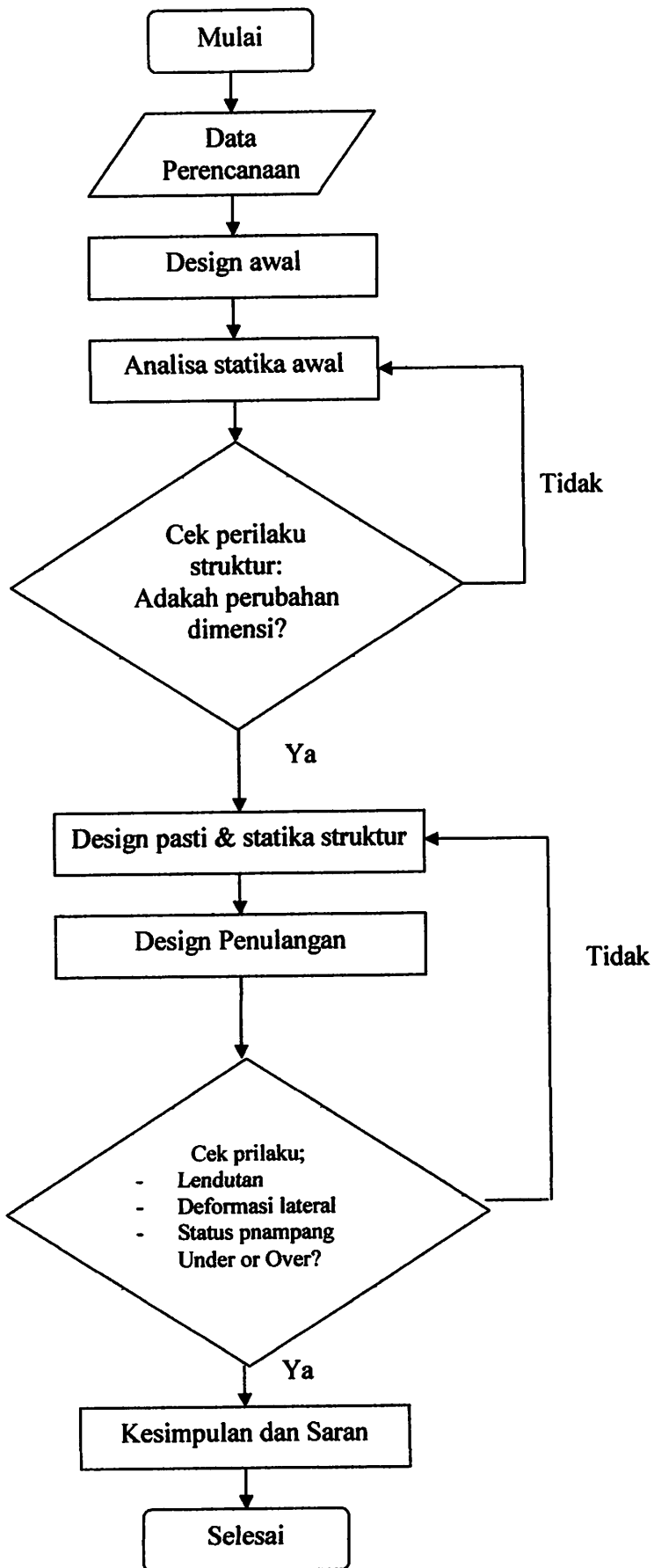
Navy, Edward G. *Beton Bertulang*. Bandung : Refika Aditama, 1998.

Navy, Edward G. *Prestressed Concrete*. Second Edition. Upper Saddle River, New Jersey, 1996.

Precast and Prestressed Concrete, *PCI design handbook*, Third Edition, 201 Nort Wells Street, Chicago, Illinois 60606, 1985.

Schodek, Daniel L. *Struktur*. Bandung : Eresco, 1995.

Vis, W C., Kusuma, Gideon H. *Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Jilid 1. Jakarta: Erlangga, 1993.



Gambar 2.10 : Flowchart Pengerjaan



**LAMPIRAN**

Momen Negatif	323.140	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	1030222.479
fc' (Mpa)	30	a	109.244
$\beta_1$	0.850	c	128.522
Tul Plat (3 $\phi$ 6)	3	fs'	445.941
Tul Atas (6 D 25)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	696428.260
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	333794.219
Selimut plat (mm)	20	Ts	1030222.479
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	1030222.479	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK!!	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2945.243	z1	410.778
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	z2	432.400
tul tarik tot	3030.068	Mn	430410150.481
b eff (mm)	250	Mr	344328120.385
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	344.328
Tebal plat (mm)	80	OK!!!	
d'	33.0		
d	465.4		
y1	33.0		
y	134.6		
misalkan tul tekan teleh:			

3.142

TUMPUAN TEPI KANAN BEAM : 15421 LT 2			
Momen Positif	18.790	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	1030222.479
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	-109.244
$\beta_1$	0.850	c	-128.522
Tul Plat (3 $\phi$ 6)	3	fs'	873.105
Tul Atas (6 D 25)	6	hisalkan tulangan tekan belum teleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	1030222.479
Selimut plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.963
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2945.243	Ts	333794.219
tul Tekan tot	3030.068	Cs	14286.579
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.963
Tebal plat (mm)	80	fs'	4.715
d'	58.5	OK!!!	
d	504.0	z1	478.941
y1	58.5	z2	33.441
y	96.0	Mr	160345347.604
misalkan tul tekan (teleh (a = 80 mm)):		Mr	128276278.083
		Mr	128.276
OK!!!			

Momen Negatif	5.920	cc	6375
fy (ullr) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	195736.930
fc' (Mpa)	30	a	-21.656
$\beta_1$	0.850	c	-25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	1377.150
Tul Atas (1 D 25)	1	ulang	
Tul Bawah (2 D 25)	2	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimum plat (mm)	20	Cs	333794.219
Selimum balok (mm)	40	Ts	195736.930
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	33.740
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	termasuk daerah tekan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	490.874	fs'	13.151
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	182825.985
tul tarik tot	575.697	Cs	12910.945
b eff (mm)	250	Ts	195736.930
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	195736.930
d'	33.00	OK!!!	
d	541.85	z1	527.511
y1	33.00	z2	508.850
y	58.15	Mr	106411398.850
misalkan tul tekan leleh:		Mr	85129119.080
		Mr	85.129
		OK!!!	

3.142

<b>LAPANGAN KANAN BEAM : 15379 LT 2</b>			
Momen Positif	98.560	cc	6375.000
fy (ullr) (Mpa)	340	CS	195736.930
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	21.656
$\beta_1$	0.850	c	25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	-177.150
Tul Atas (1 D 25)	1	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	195736.930
Selimum plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimum balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	44.805
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	490.874	Ts	333794.219
tul Tekan tot	575.697	Cs	91008.069
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	44.805
Tebal plat (mm)	80	fs'	158.083
d'	33.0	OK!!!	
d	465.4	z1	446.358
y1	33.0	z2	13.958
y	134.6	Mr	150261989.175
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	120209591.340
		Mr	120.210
		OK!!!	

Momen Negatif	1.540	cc	6375
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	195736.930
fc' (Mpa)	30	a	-21.656
$\beta_1$	0.850	c	-25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	1377.150
Tul Atas (1 D 25)	1	ulang	
Tul Bawah (2 D 25)	2	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimut plat (mm)	20	Cs	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Ts	195736.930
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	33.740
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	termasuk daerah tekan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	490.874	fs'	13.151
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	182825.985
tul tarik tot	575.697	Cs	12910.945
b eff (mm)	250	Ts	195736.930
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	195736.930
d'	33.00	OK!!!	
d	541.85	z1	527.511
y1	33.00	z2	508.850
y	58.15	Mr	106411398.850
misalkan tul tekan leleh:		Mr	85129119.080
		Mr	85.129
		OK!!!	

3.142

LAPANGAN TENGAH BEAM : 15376 LT 2			
Momen Positif	118.860	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	195736.930
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	21.656
$\beta_1$	0.850	c	25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	-177.150
Tul Atas (1 D 25)	1	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	195736.930
Selimut plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	44.805
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	490.874	Ts	333794.219
tul Tekan tot	575.697	Cs	91008.069
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	44.805
Tebal plat (mm)	80	fs'	158.083
d'	33.0	OK!!!	
d	465.4	z1	446.358
y1	33.0	z2	13.958
y	134.6	Mr	150261989.175
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	120209591.340
		Mr	120.210
		OK!!!	

Momen Negatif	7.630	cc	6375
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	195736.930
fc' (Mpa)	30	a	-21.656
$\beta 1$	0.850	c	-25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	1377.150
Tul Atas (1 D 25)	1	ulang	
Tul Bawah (2 D 25)	2	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimut plat (mm)	20	Cs	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Ts	195736.930
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	33.740
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	termasuk daerah tekan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	490.874	fs'	13.151
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	182825.985
tul tarik tot	575.697	Cs	12910.945
b eff (mm)	250	Ts	195736.930
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	195736.930
d'	33.0	OK!!!	
d	542	z1	451.061
y1	33.0	z2	432.400
y	58	Mr	90460268.763
misalkan tul tekan leleh:		Mr	72368215.010
		Mr	72.368
		OK!!!	

3.142

LAPANGAN KIRI BEAM : 15373 LT2			
Momen Positif	88.150	cc	510000.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	195736.930
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	Cc + Cs	705736.930
$\beta 1$	0.850	letak a pada plat	
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	misalkan tulangan tekan leleh	
Tul Atas (1 D 25)	1	Cc	5418.750
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cs	195736.930
Diam. sengkang (mm)	10	Ts	333794.219
Selimut plat (mm)	20	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Selimut balok (mm)	40	c	44.805
L (mm)	1000	termasuk daerah tekan	
B (mm)	600	perhitungan dilanjutkan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	Cc	5418.750
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Ts	333794.219
As tekan (mm <sup>2</sup> )	490.874	Cs	91008.069
tul Tekan tot	575.697	Kontrol $\Sigma H = 0$	
b eff (mm)	250	c	44.805
Tinggi Balok (mm)	600	fs'	158.083
Tebal plat (mm)	80	OK!!!	
d'	33.0	z1	522.808
d	465.4	z2	13.958
y1	33.0	Mr	175780557.255
y	134.6	Mr	140624445.804
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	140.624
		OK!!!	

Momen Negatif	304.190	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	CS	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	1030222.479
fc' (Mpa)	30	a	109.244
$\beta 1$	0.850	c	128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	445.941
Tul Atas (6 D 25)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	696428.260
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	333794.219
Selimut plat (mm)	20	Ts	1030222.479
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	1030222.479	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK II	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2945.243	z1	410.778
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	z2	432.400
tul tarik tot	3030.066	Mn	430410150.481
b eff (mm)	250	Mr	344328120.385
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	344.328
Tebal plat (mm)	80	OK III	
d'	33.0		
d	465.4		
y1	33.0		
y	134.6		
misalkan tul tekan leleh.			

3.142

TUMPUAN TEPI KIRI BEAM : 816 LT 2			
Momen Positif	25.220	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	CS	1030222.479
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	-109.244
$\beta 1$	0.850	c	-128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	873.105
Tul Atas (6 D 25)	6	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	1030222.479
Selimut plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.963
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2945.243	Ts	333794.219
tul Tekan tot	3030.066	Cs	14286.579
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.963
Tebal plat (mm)	80	fs'	4.715
d'	58.5	OK III	
d	504.0	z1	478.941
y1	58.5	z2	33.441
y	96.0	Mr	160345347.604
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm).		Mr	128276278.083
		Mr	128.276
OK III			

Momen Negatif	239.780	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	Cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	1030222.479
fc' (Mpa)	30	a	109.244
$\beta_1$	0.850	c	128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	445.941
Tul Atas (6 D 25)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	696428.260
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	333794.219
Selimut plat (mm)	20	Ts	1030222.479
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	1030222.479	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK!!	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2945.243	z1	410.778
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	z2	432.400
tul tarik tot	3030.066	Mn	430410150.481
b eff (mm)	250	Mr	344328120.385
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	344.328
Tebal plat (mm)	80	OK!!!	
d'	33.0		
d	465.4		
y1	33.0		
y	134.6		
misalkan tul tekan leleh:			

Momen Positif	23.670	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	Cs	1030222.479
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	-109.244
$\beta_1$	0.850	c	-128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	873.105
Tul Atas (6 D 25)	6	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	1030222.479
Selimut plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.963
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2945.243	Ts	333794.219
tul Tekan tot	3030.066	Cs	14286.579
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.963
Tebal plat (mm)	80	fs'	4.715
d'	58.5	OK!!!	
d	504.0	z1	478.941
y1	58.5	z2	33.441
y	96.0	Mr	160345347.604
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	128276278.083
		Mr	128.276
OK!!!			

Momen Negatif	302.490	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	1030222.479
fc' (Mpa)	30	a	109.244
$\beta_1$	0.850	c	128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	445.941
Tul Atas (6 D 25)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	696428.260
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	333794.219
Selimut plat (mm)	20	Ts	1030222.479
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	1030222.479	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK!!	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2945.243	z1	410.778
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	z2	432.400
tul tarik tot	3030.066	Mn	430410150.481
b eff (mm)	250	Mr	344328120.385
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	344.328
Tebal plat (mm)	80	OK!!!	
d'	33.0		
d	465.4		
y1	33.0		
y	134.6		
misalkan tul tekan leleh:			

3.142

TUMPUAN TEPI KANAN BEAM : 18247 LT 3			
Momen Positif	33.520	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	1030222.479
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	-109.244
$\beta_1$	0.850	c	-128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	873.105
Tul Atas (6 D 25)	6	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	1030222.479
Selimut plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.963
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2945.243	Ts	333794.219
tul Tekan tot	3030.066	Cs	14286.579
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.963
Tebal plat (mm)	80	fs'	4.715
d'	58.5	OK!!!	
d	504.0	z1	478.941
y1	58.5	z2	33.441
y	96.0	Mr	160345347.604
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):			
		Mr	128.276
		OK!!!	



Momen Negatif	4.470	cc	6375
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	195736.930
fc' (Mpa)	30	a	-21.656
$\beta_1$	0.850	c	-25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	1377.150
Tul Atas (1 D 25)	1	ulang	
Tul Bawah (2 D 25)	2	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimut plat (mm)	20	Cs	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Ts	195736.930
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	33.740
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	termasuk daerah tekan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	490.874	fs'	13.151
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	182825.985
tul tarik tot	575.697	Cs	12910.945
b eff (mm)	250	Ts	195736.930
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	195736.930
d'	33.00	OK!!!	
d	541.85	z1	527.511
y1	33.00	z2	508.850
y	58.15	Mr	106411398.850
misalkan tul tekan leleh:		Mr	85129119.080
		Mr	85.129
		OK!!!	

3.142

LAPANGAN KANAN BEAM : 16810 LT3			
Momen Positif	97.420	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	CS	195736.930
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	21.656
$\beta_1$	0.850	c	25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	-177.150
Tul Atas (1 D 25)	1	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	195736.930
Selimut plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	44.805
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	490.874	Ts	333794.219
tul Tekan tot	575.697	Cs	-599828.156
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	44.805
Tebal plat (mm)	80	fs'	158.083
d'	33.0	OK!!!	
d	465.4	z1	446.358
y1	33.0	z2	13.958
y	134.6	Mr	140619332.399
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	112495465.919
		Mr	112.495
		OK!!!	

Momen Negatif	1.060	cc	6375
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	195736.930
fc' (Mpa)	30	a	-21.656
$\beta_1$	0.850	c	-25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	1377.150
Tul Atas (1 D 25)	1	ulang	
Tul Bawah (2 D 25)	2	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimut plat (mm)	20	Cs	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Ts	195736.930
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	33.740
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	termasuk daerah tekan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	490.874	fs'	13.151
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	182825.985
tul tarik tot	575.697	Cs	12910.945
b eff (mm)	250	Ts	195736.930
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	195736.930
d'	33.00	OK!!!	
d	541.85	z1	527.511
y1	33.00	z2	508.850
y	58.15	Mr	106411398.850
misalkan tul tekan leleh:		Mr	85129119.080
		Mr	85.129
		OK!!!	

3.142

LAPANGAN TENGAH BEAM : 16177 LT 3			
Momen Positif	119.440	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	CS	195736.930
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	21.656
$\beta_1$	0.850	c	25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	-177.150
Tul Atas (1 D 25)	1	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	195736.930
Selimut plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	44.805
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	490.874	Ts	333794.219
tul Tekan tot	575.697	Cs	91008.069
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	44.805
Tebal plat (mm)	80	fs'	158.083
d'	33.0	OK!!!	
d	465.4	z1	446.358
y1	33.0	z2	13.958
y	134.6	Mr	150261989.175
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	120209591.340
		Mr	120.210
		OK!!!	

Momen Negatif	5.280	cc	6375
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	195736.930
fc' (Mpa)	30	a	-21.656
$\beta_1$	0.850	c	-25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	1377.150
Tul Atas (1 D 25)	1	ulang	
Tul Bawah (2 D 25)	2	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimut plat (mm)	20	Cs	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Ts	195736.930
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	33.740
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	termasuk daerah tekan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	490.874	fs'	13.151
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	182825.985
tul tarik tot	575.697	Cs	12910.945
b eff (mm)	250	Ts	195736.930
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	195736.930
d'	33.0	OK!!!	
d	542	z1	527.511
y1	33.0	z2	508.850
y	58.2	Mr	106411398.850
misalkan tul tekan leleh:		Mr	85129119.080
		Mr	85.129
		OK!!!	

3.142

LAPANGAN KIRI BEAM : 15976 LT 3			
Momen Positif	99.860	cc	510000.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	195736.930
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	Cc + Cs	705736.930
$\beta_1$	0.850	letak a pada plat	
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	misalkan tulangan tekan leleh	
Tul Atas (1 D 25)	1	Cc	5418.750
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cs	195736.930
Diam. sengkang (mm)	10	Ts	333794.219
Selimut plat (mm)	20	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Selimut balok (mm)	40	c	44.805
L (mm)	1000	termasuk daerah tekan	
B (mm)	600	perhitungan dilanjutkan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	Cc	5418.750
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Ts	333794.219
As tekan (mm <sup>2</sup> )	490.874	Cs	91008.069
tul Tekan tot	575.697	Kontrol $\Sigma H = 0$	
b eff (mm)	250	c	44.805
Tinggi Balok (mm)	600	fs'	158.083
Tebal plat (mm)	80	OK!!!	
d'	33.0	z1	446.358
d	465.4	z2	13.958
y1	33.0	Mr	150261989.175
y	134.6	Mr	120209591.340
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	120.210
		OK!!!	

Momen Negatif	303.440	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	CS	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	1030222.479
fc' (Mpa)	30	a	109.244
$\beta_1$	0.850	c	128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	445.941
Tul Atas (6 D 25)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	696428.260
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	333794.219
Selimum plat (mm)	20	Ts	1030222.479
Selimum balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	1030222.479	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK II	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2945.243	z1	410.778
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	z2	432.400
tul tarik tot	3030.066	Mn	430410150.481
b eff (mm)	250	Mr	344328120.385
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	344.328
Tebal plat (mm)	80	OK III	
d'	33.0		
d	465.4		
y1	33.0		
y	134.6		
misalkan tul tekan leleh.			

3.142

TUMPUAN TEPI KIRI BEAM : 15828 LT 3			
Momen Positif	19.800	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	CS	1030222.479
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	-109.244
$\beta_1$	0.850	c	-128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	873.105
Tul Atas (6 D 25)	6	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	1030222.479
Selimum plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimum balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.963
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2945.243	Ts	333794.219
tul Tekan tot	3030.066	Cs	14286.579
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.963
Tebal plat (mm)	80	fs'	4.715
d'	58.5	OK III	
d	504.0	z1	478.941
y1	58.5	z2	33.441
y	96.0	Mr	160345347.604
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	128276278.083
		Mr	128.276
OK III			

LAPANGAN TEPI KIRI BEAM : 16799 LT 3			
Momen Negatif	238.820	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	Cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	1030222.479
fc' (Mpa)	30	a	109.244
$\beta_1$	0.850	c	128.522
Tul Plat (3 $\phi$ 6)	3	fs'	445.941
Tul Atas (6 D 25)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	696428.260
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	333794.219
Selimut plat (mm)	20	Ts	1030222.479
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	1030222.479	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK!!	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2945.243	z1	410.778
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	z2	432.400
tul tarik tot	3030.066	Mn	430410150.481
b eff (mm)	250	Mr	344328120.385
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	344.328
Tebal plat (mm)	80	OK!!	
d'	33.0		
d	465.4		
y1	33.0		
y	134.6		
misalkan tul tekan leleh.			

LAPANGAN TEPI KIRI BEAM : 16799 LT 3			
Momen Positif	17.420	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	Cs	1030222.479
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	-109.244
$\beta_1$	0.850	c	-128.522
Tul Plat (3 $\phi$ 6)	3	fs'	873.105
Tul Atas (6 D 25)	6	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	1030222.479
Selimut plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.963
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2945.243	Ts	333794.219
tul Tekan tot	3030.066	Cs	14286.579
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.963
Tebal plat (mm)	80	fs'	4.715
d'	58.5	OK!!	
d	504.0	z1	478.941
y1	58.5	z2	33.441
y	96.0	Mr	160345347.604
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	128276278.083
		Mr	128.276
OK!!			

Momen Negatif	301.210	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	1030222.479
fc' (Mpa)	30	a	109.244
$\beta_1$	0.850	c	128.522
Tul Plat (3 $\phi$ 6)	3	fs'	445.941
Tul Atas (6 D 25)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	696428.260
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	333794.219
Selimum plat (mm)	20	Ts	1030222.479
Selimum balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	1030222.479	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK II	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2945.243	z1	414.778
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	z2	436.400
tul tarik tot	3030.068	Mn	434531040.397
b eff (mm)	250	Mr	347624832.318
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	347.625
Tebal plat (mm)	80	OK III	
d'	33.0		
d	469.4		
y1	33.0		
y	130.6		
misalkan tul tekan lebih:			

3.142

TUMPUAN TEPI KANAN BEAM : 18211 LT 4			
Momen Positif	22.400	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	1030222.479
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	-109.244
$\beta_1$	0.850	c	-128.522
Tul Plat (3 $\phi$ 6)	3	fs'	873.105
Tul Atas (6 D 25)	6	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	1030222.479
Selimum plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimum balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.963
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	319507.640
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2945.243	Ts1	333794.219
tul Tekan tot	3030.068	Ts2	14286.579
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.963
Tebal plat (mm)	80	fs'	4.715
d'	58.5	OK III	
d	504.0	z1	478.941
y1	58.5	z2	33.441
y	96.0	Mr	160345347.604
misalkan tul tekan lebih (a = 80 mm):		Mr	128276278.083
		Mr	128.276
OK III			

Momen Negatif	2.840	cc	6375
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	195736.930
fc' (Mpa)	30	a	-21.656
$\beta_1$	0.850	c	-25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	1377.150
Tul Atas (1 D 25)	1	ulang	
Tul Bawah (2 D 25)	2	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimut plat (mm)	20	Cs	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Ts	195736.930
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	33.740
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	termasuk daerah tekan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	490.874	fs'	13.151
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	182825.985
tul tarik tot	575.697	Cs	12910.945
b eff (mm)	250	Ts	195736.930
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	195736.930
d'	33.00	OK!!!	
d	545.26	z1	530.921
y1	33.00	z2	512.260
y	54.74	Mr	107122888.106
misalkan tul tekan leleh:		Mr	85698310.485
		Mr	85.698
		OK!!!	

3.142

LAPANGAN KANAN BEAM : 18205 LT 4			
Momen Positif	97.60	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	CS	195736.930
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	21.656
$\beta_1$	0.850	c	25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	-777.675
Tul Atas (1 D 25)	1	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	195736.930
Selimut plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	60.003
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	325141.586
As tekan (mm <sup>2</sup> )	490.874	Ts1	333794.219
tul Tekan tot	575.697	Ts2	8652.633
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	60.003
Tebal plat (mm)	80	fs'	15.030
d'	58.5	OK!!!	
d	504.0	z1	478.499
y1	58.5	z2	32.999
y	96.0	Mr	160005625.429
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	128004500.343
		Mr	128.005
		OK!!!	

Momen Negatif	0.750	cc	6375
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	195736.930
fc' (Mpa)	30	a	-21.656
$\beta_1$	0.850	c	-25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	1377.150
Tul Atas (1 D 25)	1	ulang	
Tul Bawah (2 D 25)	2	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimut plat (mm)	20	Cs	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Ts	195736.930
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	33.740
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	termasuk daerah tekan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	490.874	fs'	13.151
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	182825.985
tul tarik tot	575.697	Cs	12910.945
b eff (mm)	250	Ts	195736.930
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	195736.930
d'	33.00	OK!!!	
d	545.28	z1	530.921
y1	33.00	z2	512.260
y	54.74	Mn	107122888.106
misalkan tul tekan leleh:		Mr	85698310.485
		Mr	85.698
		OK!!!	

3.142

LAPANGAN TENGAH BEAM : 18202 LT 4			
Momen Positif	118.620	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	195736.930
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	21.656
$\beta_1$	0.850	c	25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	-777.675
Tul Atas (1 D 25)	1	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	195736.930
Selimut plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	60.003
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	325141.586
As tekan (mm <sup>2</sup> )	490.874	Ts1	333794.219
tul Tekan tot	575.697	Cs	8652.633
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	60.003
Tebal plat (mm)	80	fs'	15.030
d'	58.5	OK!!!	
d	504.0	z1	478.499
y1	58.5	z2	32.999
y	96.0	Mn	160005625.429
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	128004500.343
		Mr	128.005
		OK!!!	



Momen Negatif	3.050	cc	6375
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	195736.930
fc' (Mpa)	30	a	-21.656
$\beta_1$	0.850	c	-25.478
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	1377.150
Tul Atas (1 D 25)	1	ulang	
Tul Bawah (2 D 25)	2	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimut plat (mm)	20	Cs	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Ts	195736.930
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	33.740
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	termasuk daerah tekan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	490.874	fs'	13.151
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	182825.985
tul tarik tot	575.697	Cs	12910.945
b eff (mm)	250	Ts	195736.930
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	195736.930
d'	33.00	OK!!!	
d	545.26	z1	530.921
y1	33.00	z2	512.260
y	54.74	Mr	107122888.106
misalkan tul tekan leleh:		Mr	85698310.485
		Mr	85.698
		OK!!!	

3.142

LAPANGAN KIRI BEAM : 17371 LT4			
Momen Positif	97.480	cc	510000.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	195736.930
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	Cc + Cs	705736.930
$\beta_1$	0.850	letak a pada plat	
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	misalkan tulangan tekan leleh	
Tul Atas (1 D 25)	1	Cc	5418.750
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cs	195736.930
Diam. sengkang (mm)	10	Ts	333794.219
Selimut plat (mm)	20	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Selimut balok (mm)	40	c	60.003
L (mm)	1000	termasuk daerah tekan	
B (mm)	600	perhitungan dilanjutkan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	Cc	325141.586
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Ts1	333794.219
As tekan (mm <sup>2</sup> )	490.874	Ts2	8652.633
tul Tekan tot	575.697	Kontrol $\Sigma H = 0$	
b eff (mm)	250	c	60.003
Tinggi Balok (mm)	600	fs'	15.030
Tebal plat (mm)	80	OK!!!	
d'	58.5	z1	478.499
d	504.0	z2	32.999
y1	58.5	Mr	160005625.429
y	96.0	Mr	128004500.343
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	128.005
		OK!!!	

LANTAI 4			
Momen Negatif	303.550	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	Cs	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	1030222.479
fc' (Mpa)	30	a	109.244
$\beta_1$	0.850	c	128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	445.941
Tul Atas (6 D 25)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	696428.260
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	333794.219
Selimit plat (mm)	20	Ts	1030222.479
Selimit balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	1030222.479	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK II	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2945.243	z1	414.778
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	z2	436.400
tul tarik tot	3030.066	Mn	434531040.397
b eff (mm)	250	Mr	347624832.318
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	347.625
Tebal plat (mm)	80	OK III	
d'	33.0		
d	469.4		
y1	33.0		
y	130.6		
misalkan tul tekan leleh.			

3.142

TUMPUAN TEPI KIRI BEAM : 17223 LT 4			
Momen Positif	13.610	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	Cs	1030222.479
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	-109.244
$\beta_1$	0.850	c	-128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	873.105
Tul Atas (6 D 25)	6	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	1030222.479
Selimit plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimit balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.963
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	319507.640
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2945.243	Ts1	333794.219
tul Tekan tot	3030.066	Cs	14288.579
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.963
Tebal plat (mm)	80	fs'	4.715
d'	58.5	OK III	
d	504.0	z1	478.941
y1	58.5	z2	33.441
y	96.0	Mn	160345347.604
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm).		Mr	128276278.083
		Mr	128.276
OK III			

LAPANGAN TEPI KIRI BEAM : 18194 LT 4			
Momen Negatif	239.230	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	CS	333794.219
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	1030222.479
fc' (Mpa)	30	a	109.244
$\beta_1$	0.850	c	128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	445.941
Tul Atas (6 D 25)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	696428.260
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	333794.219
Selimut plat (mm)	20	Ts	1030222.479
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	1030222.479	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK!!	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2945.243	z1	414.778
As tekan (mm <sup>2</sup> )	981.748	z2	436.400
tul tarik tot	3030.066	Mn	434531040.397
b eff (mm)	250	Mr	347624832.318
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	347.625
Tebal plat (mm)	80	OK!!!	
d'	33.0		
d	469.4		
y1	33.0		
y	130.6		
misalkan tul tekan leleh.			

LAPANGAN TEPI KIRI BEAM : 18194 LT 4			
Momen Positif	11.970	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	CS	1030222.479
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	333794.219
fc' (Mpa)	30	a	-109.244
$\beta_1$	0.850	c	-128.522
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	873.105
Tul Atas (6 D 25)	6	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 25)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	1030222.479
Selimut plat (mm)	20	Ts	333794.219
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.963
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan dilanjutkan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	981.748	Cc	319507.640
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2945.243	Ts1	333794.219
tul Tekan tot	3030.066	Ts2	14286.579
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.963
Tebal plat (mm)	80	fs'	4.715
d'	58.5	OK!!!	
d	504.0	z1	478.941
y1	58.5	z2	33.441
y	96.0	Mr	160345347.604
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	128276278.083
		Mr	128.276
OK!!!			

Momen Negatif	251.180	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	258490.244
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	804310.551
fc' (Mpa)	30	a	85.619
$\beta_1$	0.850	c	100.728
Tul Plat (3 $\phi$ 6)	3	fs'	403.431
Tul Atas (6 D 22)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 22)	2	Cc	545820.308
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	258490.244
Selimut plat (mm)	20	Ts	804310.551
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	804310.551	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK!!	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2280.796	z1	434.069
As tekan (mm <sup>2</sup> )	760.265	z2	443.878
tul tarik tot	2385.619	Mn	351661822.051
b eff (mm)	250	Mr	281329457.641
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	281.329
Tebal plat (mm)	80	OK!!!	
d'	33.0		
d	476.9		
y1	33.0		
y	123.1		
misalkan tul tekan lebih:			

3.142

TUMPUAN TEPI KANAN BEAM : 19606 LT 5			
Momen Positif	14.220	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	804310.551
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	258490.244
fc' (Mpa)	30	a	-85.619
$\beta_1$	0.850	c	-100.728
Tul Plat (3 $\phi$ 6)	3	fs'	963.354
Tul Atas (6 D 22)	6	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 22)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	804310.551
Selimut plat (mm)	20	Ts	258490.244
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.570
B (mm)	600	tul atas termasuk daerah tarik	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan diulang	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	760.265	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2280.796	Ts1	258490.244
tul Tekan tot	2385.619	Ts2	58886.316
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.570
Tebal plat (mm)	80	fs'	24.893
d'	61.0	OK!!!	
d	503.0	z1	478.108
y1	61.0	z2	36.108
y	97.0	Mr	125712431.861
misalkan tul tekan lebih (a = 80 mm)		Mr	100569945.489
		Mr	100.570
OK!!!			

Momen Negatif	1.730	cc	6375
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	258490.244
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	158084.942
fc' (Mpa)	30	a	-15.750
$\beta_1$	0.850	c	-18.529
Tul Plat (3 $\phi$ 6)	3	fs'	1668.582
Tul Atas (1 D 22)	1	ulang	
Tul Bawah (2 D 22)	2	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimut plat (mm)	20	Cs	258490.244
Selimut balok (mm)	40	Ts	158084.942
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	31.947
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	tul atas termasuk daerah tarik	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	380.133	fs'	-19.769
As tekan (mm <sup>2</sup> )	760.265	Cc	173114.829
tul tarik tot	464.956	Cs	-15029.887
b eff (mm)	250	Ts	158084.942
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	158084.942
d'	33.00	OK!!!	
d	544.11	z1	530.530
y1	33.00	z2	511.108
y	55.89	Mr	72824682.837
misalkan tul tekan leleh:		Mr	58259746.270
		Mr	58.260
		OK!!!	

3.142

LAPANGAN KANAN BEAM : 19600 LT 5			
Momen Positif	83.540	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	158084.942
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	258490.244
fc' (Mpa)	30	a	15.750
$\beta_1$	0.850	c	18.529
Tul Plat (3 $\phi$ 6)	3	fs'	-1375.257
Tul Atas (1 D 22)	1	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 22)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	158084.942
Selimut plat (mm)	20	Ts	258490.244
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	54.182
B (mm)	600	tul atas termasuk daerah tarik	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan diulang	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	760.265	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	380.133	Ts1	258490.244
tul Tekan tot	464.956	Ts2	35106.630
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	54.182
Tebal plat (mm)	80	fs'	75.505
d'	61.0	OK!!!	
d	503.0	z1	479.973
y1	61.0	z2	37.973
y	97.0	Mr	125401381.324
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	100321105.059
		Mr	100.321

Momen Negatif	0.480	cc	6375
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	500691.329
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	195736.930
fc' (Mpa)	30	a	-47.836
$\beta_1$	0.850	c	-56.278
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	951.827
Tul Atas (1 D 22)	1	ulang	
Tul Bawah (3 D 22)	3	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimut plat (mm)	20	Cs	500691.329
Selimut balok (mm)	40	Ts	195736.930
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	33.533
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	termasuk daerah tekan	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	490.874	fs'	9.529
As tekan (mm <sup>2</sup> )	1472.622	Cc	181704.486
tul tarik tot	575.697	Cs	14032.444
b eff (mm)	250	Ts	195736.930
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	195736.930
d'	33.00	OK!!!	
d	544.11	z1	529.857
y1	33.00	z2	511.108
y	55.89	Mr	107477917.907
misalkan tul tekan leleh:		Mr	85982334.328
		Mr	85.982
		OK!!!	

3.142

LAPANGAN TENGAH BEAM : 19597 LT 5			
Momen Positif	101.150	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	158084.942
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	387735.365
fc' (Mpa)	30	a	36.024
$\beta_1$	0.850	c	42.381
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	-263.601
Tul Atas (6 D 22)	1	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (3 D 22)	3	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	158084.942
Selimut plat (mm)	20	Ts	387735.365
Selimut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	66.967
B (mm)	600	termasuk daerah tekan	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan diulang	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	1140.398	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	380.133	Ts1	387735.365
tul Tekan tot	464.956	Ts2	-24857.698
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	66.967
Tebal plat (mm)	80	fs'	-53.463
d'	61.0	OK!!!	
d	467.0	z1	438.539
y1	61.0	z2	32.539
y	133.0	Mr	169228237.103
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	135382589.683
		Mr	135.383
		OK!!!	

Momen Negatif	1.850	cc	6375
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	258490.244
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	158084.942
fc' (Mpa)	30	a	-15.750
$\beta 1$	0.850	c	-18.529
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	1668.582
Tul Atas (1 D 22)	1	ulang	
Tul Bawah (2 D 22)	2	tulangan tekan belum leleh	
Diam. sengkang (mm)	10	Cc	6375.000
Selimut plat (mm)	20	Cs	258490.244
Selimut balok (mm)	40	Ts	158084.942
L (mm)	1000	Kontrol $\Sigma H = 0$	
B (mm)	600	c	31.947
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	tul atas termasuk daerah tarik	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	380.133	fs'	-19.769
As tekan (mm <sup>2</sup> )	760.265	Cc	173114.829
tul tarik tot	464.956	Cs	-15029.887
b eff (mm)	250	Ts	158084.942
Tinggi Balok (mm)	600	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tebal plat (mm)	80	Cc + Cs	158084.942
d'	33.00	OK!!!	
d	544.11	z1	530.530
y1	33.00	z2	511.108
y	55.89	Mr	72824682.837
misalkan tul tekan leleh:		Mr	58259746.270
		Mr	58.260
		OK!!!	

3.142

LAPANGAN KIRI BEAM : 18766 LT 5			
Momen Positif	83.400	cc	510000.000
fy (ulir) (Mpa)	340	cs	158084.942
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	258490.244
fc' (Mpa)	30	Cc + Cs	668084.942
$\beta 1$	0.850	letak a pada plat	
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	misalkan tulangan tekan leleh	
Tul Atas (1 D 22)	1	Cc	5418.750
Tul Bawah (2 D 22)	2	Cs	158084.942
Diam. sengkang (mm)	10	Ts	258490.244
Selimut plat (mm)	20	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Selimut balok (mm)	40	c	54.182
L (mm)	1000	tul atas termasuk daerah tarik	
B (mm)	600	perhitungan diulang	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	Cc	5418.750
As tarik (mm <sup>2</sup> )	760.265	Ts1	258490.244
As tekan (mm <sup>2</sup> )	380.133	Ts2	35106.630
tul Tekan tot	464.956	Kontrol $\Sigma H = 0$	
b eff (mm)	250	c	54.182
Tinggi Balok (mm)	600	fs'	75.505
Tebal plat (mm)	80	OK!!!	
d'	61.0	z1	479.973
d	503	z2	37.973
y1	61.0	Mr	125401381.324
y	97	Mr	100321105.059
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	100.321
		OK!!!	

Momen Negatif	252.730	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	CS	258490.244
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	804310.551
fc' (Mpa)	30	a	85.619
$\beta_1$	0.850	c	100.728
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	403.431
Tul Atas (6 D 22)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 22)	2	Cc	545820.308
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	258490.244
Selmut plat (mm)	20	Ts	804310.551
Selmut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	804310.551	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK!!	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2280.796	z1	427.776
As tekan (mm <sup>2</sup> )	760.265	z2	437.586
tul tarik tot	2365.619	Mn	346600571.990
b eff (mm)	250	Mr	277280457.592
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	277.280
Tebal plat (mm)	80	OK!!!	
d'	33.0		
d	470.6		
y1	33.0		
y	129.4		
misalkan tul tekan leleh:			

3.142

TUMPUAN TEPI KIRI BEAM : 18618 LT 5			
Momen Positif	9.190	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	CS	804310.551
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	258490.244
fc' (Mpa)	30	a	-85.619
$\beta_1$	0.850	c	-100.728
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	963.354
Tul Atas (6 D 22)	6	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 22)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	804310.551
Selmut plat (mm)	20	Ts	258490.244
Selmut balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.570
B (mm)	600	tul atas termasuk daerah tarik	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan diulang	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	760.265	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2280.796	Ts1	258490.244
tul Tekan tot	2365.619	Ts2	58886.316
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.570
Tebal plat (mm)	80	fs'	24.893
d'	61.0	OK!!!	
d	503.0	z1	478.108
y1	61.0	z2	36.108
y	97.0	Mr	125712431.861
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm):		Mr	100569945.489
		Mr	100.570
OK!!!			



LAPANGAN TEPI KIRI BEAM : 19589 LT 5			
Momen Negatif	199.170	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	Cs	258490.244
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	804310.551
fc' (Mpa)	30	a	85.619
$\beta_1$	0.850	c	100.728
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	403.431
Tul Atas (6 D 22)	6	digunakan fy	
Tul Bawah (2 D 22)	2	Cc	545820.308
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	258490.244
Selimum plat (mm)	20	Ts	804310.551
Selimum balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	Cc + Cs	= Ts
B (mm)	600	804310.551	=1030222.5
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	OK !!	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	2280.796	z1	427.776
As tekan (mm <sup>2</sup> )	760.265	z2	437.586
tul tarik tot	2365.619	Mn	346600571.990
b eff (mm)	250	Mr	277280457.592
Tinggi Balok (mm)	600	Mr	277.280
Tebal plat (mm)	80	OK!!!	
d'	33.0		
d	470.6		
y1	33.0		
y	129.4		
misalkan tul tekan leleh.			

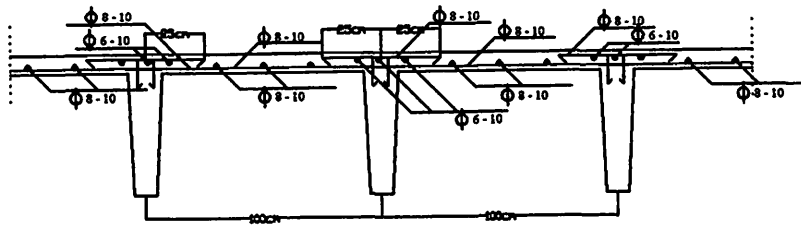
LAPANGAN TEPI KIRI BEAM : 19589 LT 5			
Momen Positif	8.420	cc	6375.000
fy (ulir) (Mpa)	340	Cs	804310.551
fy (polos) (Mpa)	240	Ts	258490.244
fc' (Mpa)	30	a	-85.619
$\beta_1$	0.850	c	-100.728
Tul Plat (3 $\Phi$ 6)	3	fs'	963.354
Tul Atas (6 D 22)	6	misalkan tulangan tekan belum leleh	
Tul Bawah (2 D 22)	2	Cc	5418.750
Diam. sengkang (mm)	10	Cs	804310.551
Selimum plat (mm)	20	Ts	258490.244
Selimum balok (mm)	40	Kontrol $\Sigma H = 0$	
L (mm)	1000	c	58.570
B (mm)	600	tul atas termasuk daerah tarik	
As plat (mm <sup>2</sup> )	84.823	perhitungan diulang	
As tarik (mm <sup>2</sup> )	760.265	Cc	5418.750
As tekan (mm <sup>2</sup> )	2280.796	Ts1	258490.244
tul Tekan tot	2365.619	Ts2	58886.316
b eff (mm)	250	Kontrol $\Sigma H = 0$	
Tinggi Balok (mm)	600	c	58.570
Tebal plat (mm)	80	fs'	24.893
d'	61.0	OK!!!	
d	503.0	z1	478.108
y1	61.0	z2	36.108
y	97.0	Mr	125712431.861
misalkan tul tekan leleh (a = 80 mm)		Mr	100569945.489
		Mr	100.570
OK!!!			

Perhitungan Gaya geser pada balok lantai 3			
Vu	10435.48	untuk jarak 3000 mm	
Vu/geser	16054.58462	Vu4	10703.05641
h	600	Vs4	6621.884347
b a	14.5	S	482.2519088
b	9.5	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
hf	8	untuk jarak 4000mm	
fc	30	Vu5	8919.213675
fy ulir	340	Vs5	4838.041612
fy polos	240	S	660.0638486
geser	0.65	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
tul lentur	22	untuk jarak 5000mm	
tul sengkang	6	Vu6	7135.37094
d	470.6	Vs6	3054.198877
Ln	1000	S	1045.582326
vc	4081.172063	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
1/2 vc	1326.38092	untuk jarak 6000mm	
dipakai tul sengkang 10 (1 kaki)		Vu7	5351.528205
Av	28.27433389	Vs7	1270.356142
Vu(d)	15215.10822	S	2513.79614
Vs1 perlu	15215.10822	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
s	209.8845647	untuk jarak 6000mm	
maka jarak yg digunakan = 150 mm			
untuk jarak 1000 mm			
Vu2	14270.74188		
Vs2 perlu	10189.56982		
s	313.4005089		
maka jarak yg digunakan = 200 mm			
untuk jarak 2000 mm			
Vu3	12486.89915		
Vs3	8405.727082		
s	379.9095944		
maka jarak yg digunakan = 200 mm			

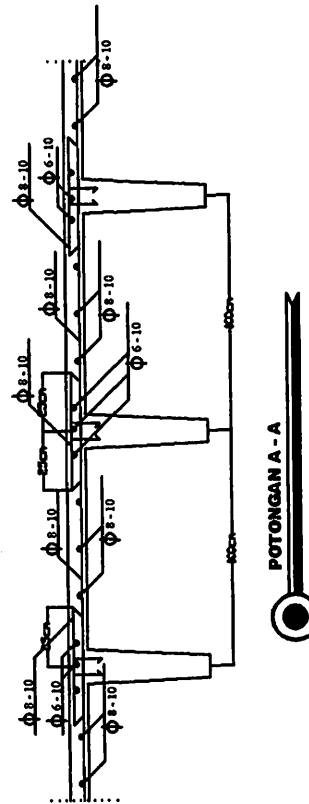
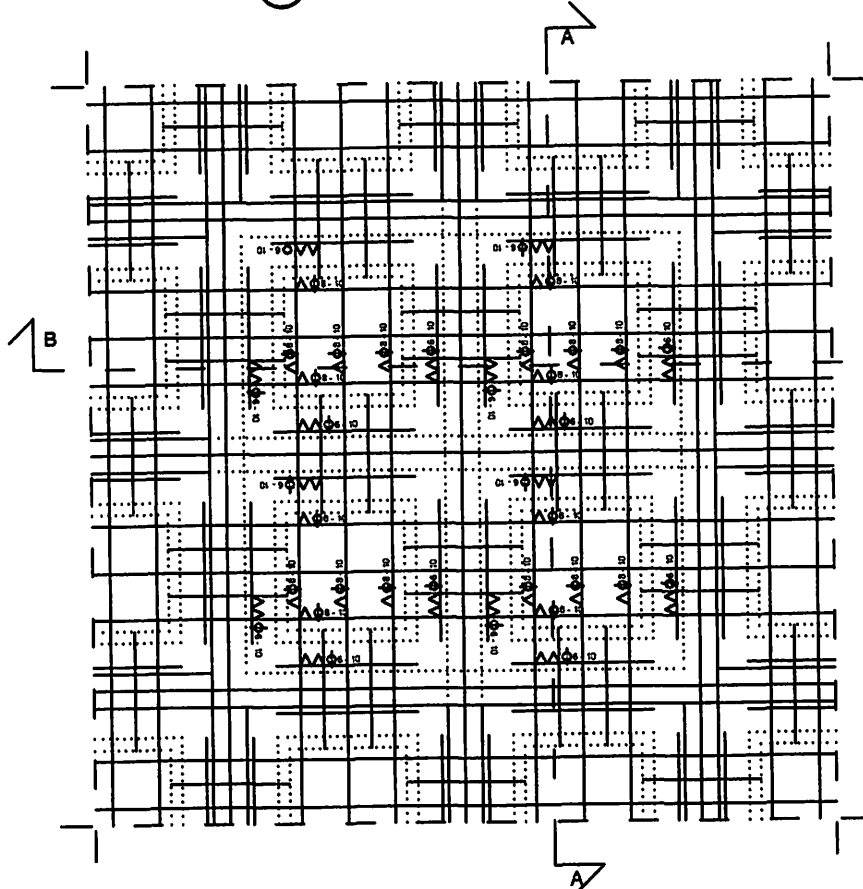
Perhitungan Gaya geser pada balok lantai 3			
Vu	12583.772	untuk jarak 3000 mm	
Vu/geser	19359.64923	Vu4	12906.43282
h	600	Vs4	8870.356581
b a	14.5	S	356.0319102
b	9.5	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
hf	8	untuk jarak 4000mm	
fc	30	Vu5	10755.36068
fy ulir	340	Vs5	6719.284445
fy polos	240	S	470.0098684
geser	0.65	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
tul lentur	25	untuk jarak 5000mm	
tul sengkang	6	Vu6	8604.288547
d	465.4	Vs6	4568.212308
Ln	1000	S	691.3273256
vc	4036.076239	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
1/2 vc	1311.724778	untuk jarak 6000mm	
dipakai tul sengkang 10 (1 kaki)		Vu7	6453.21641
Av	28.27433389	Vs7	2417.140171
Vu(d)	18358.54026	S	1306.556416
Vs1 perlu	18358.54026	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
s	172.0251149	untuk jarak 6000mm	
maka jarak yg digunakan = 150 mm			
untuk jarak 1000 mm			
Vu2	17208.57709		
Vs2 perlu	13172.50085		
s	239.7517398		
maka jarak yg digunakan = 200 mm			
untuk jarak 2000 mm			
Vu3	15057.50496		
Vs3	11021.42872		
s	286.5445196		
maka jarak yg digunakan = 200 mm			

Perhitungan Gaya geser pada balok lantai 2			
Vu	12539.142	untuk jarak 3000 mm	
Vu/geser	19290.98769	Vu4	12860.65846
h	600	Vs4	8824.582222
b a	14.5	S	357.8786982
b	9.5	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
hf	8	untuk jarak 4000mm	
fc	30	Vu5	10717.21538
fy ulir	340	Vs5	6681.139145
fy polos	240	S	472.693343
geser	0.65	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
tul lentur	25	untuk jarak 5000mm	
tul sengkang	6	Vu6	8573.772308
d	465.4	Vs6	4537.696069
Ln	1000	S	695.9765374
vc	4036.076239	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
1/2 vc	1311.724778	untuk jarak 6000mm	
dipakai tul sengkang 10 (1 kaki)		Vu7	6430.329231
Av	28.27433389	Vs7	2394.252992
Vu(d)	18293.42928	S	1319.046069
Vs1 perlu	18293.42928	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
s	172.6373961	untuk jarak 6000mm	
maka jarak yg digunakan = 150 mm			
untuk jarak 1000 mm			
Vu2	17147.54462		
Vs2 perlu	13111.46838		
s	240.8677584		
maka jarak yg digunakan = 200 mm			
untuk jarak 2000 mm			
Vu3	15004.10154		
Vs3	10968.0253		
s	287.9397076		
maka jarak yg digunakan = 200 mm			

Perhitungan Gaya geser pada balok lantai 4			
Vu	12519.573	untuk jarak 3200 mm	
Vu/geser	19260.88154	Vu4	12840.58769
h	600	Vs4	8804.511453
b a	14.5	S	358.6945187
b	9.5	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
hf	8	untuk jarak 4000mm	
fc	30	Vu5	10700.48974
fy ulir	340	Vs5	6664.413504
fy polos	240	S	473.8796588
geser	0.65	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
tul lentur	25	untuk jarak 5000mm	
tul sengkang	6	Vu6	8560.391795
d	465.4	Vs6	4524.315556
Ln	1200	S	698.0348649
vc	4036.076239	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
1/2 vc	1311.724778	untuk jarak 6000mm	
dipakai tul sengkang 10 (1 kaki)		Vu7	6420.293846
Av	28.27433389	Vs7	2384.217607
Vu(d)	18264.87995	S	1324.598052
Vs1 perlu	18264.87995	maka jarak yg digunakan = 200 mm	
s	172.9072409	untuk jarak 6000mm	
maka jarak yg digunakan = 150 mm			
untuk jarak 1200 mm			
Vu2	17120.78359		
Vs2 perlu	13084.70735		
s	241.3603845		
maka jarak yg digunakan = 200 mm			
untuk jarak 2200 mm			
Vu3	14980.68564		
Vs3	10944.6094		
s	288.5557521		
maka jarak yg digunakan = 200 mm			



**POTONGAN B - B**



**POTONGAN A - A**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

TUGAS AKHIR/SKRIPSI

BIDANG STRUKTUR BETON

JUDUL SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS  
MALL BLITAR DENGAN BALOK GRID

CATATAN

Ukuran dalam m

DIPERIKSA DAN DISETUJUI

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

N. A. ARIZ SANTOSO, ST

N. BAMBANG WEDYANTO, A. M. T.

DIRENCANAKAN & DIGAMBAR

03.21.128

FARIZ S OELAMMAN

JUDUL GAMBAR

S K A L A

DETAIL  
PENULANGAN  
PLAT PADA

1 : 100