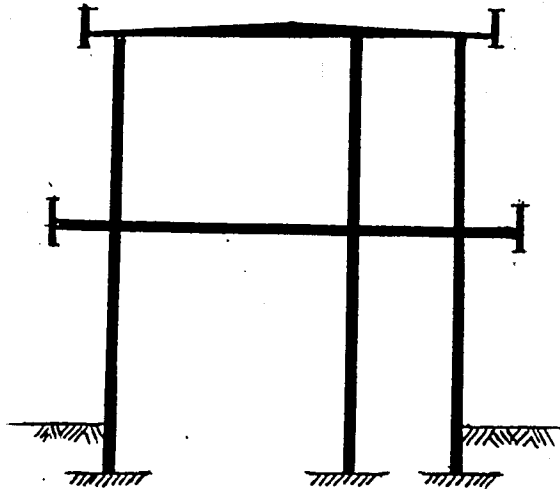


**KONSTRUKSI RANGKA BETON  
PENULANGAN KONSTRUKSI ATAP  
BETON BERTULANG**



Oleh :  
Drs. Nurhasan Syah

MILIK UPT PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DATE RECEIVED	12 Mar 1993
BY	H. J. Leonardo
NO. INVENTARIS	KFS
CALL NO	209/110/193 - R0124
	693 841 20

**FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI  
DAN KEJURUAN IKIP PADANG  
1991**

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
IKIP PADANG

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* rabbil'alamin, dengan ijin dan rahmatNya jualah penulis dapat merampungkan penulisan buku Konstruksi Rangka Beton ini.

Cukup banyak buku-buku mengenai beton yang ditulis oleh penulis lain yang sudah beredar di pasaran ataupun di perpustakaan, akan tetapi kebanyakan buku-buku tersebut membahas secara teoretis, maka untuk itulah penulis menyajikan buku ini dalam bentuk aplikasi Perencanaan Penulangan Konstruksi Atap Beton Bertulang. Kehadiran buku ini diharapkan dapat melengkapi perbendaharaan buku-buku beton, terutama konstruksi beton bertulang.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian buku ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuan dan sumbang saran yang telah diberikan. Selanjutnya kritik dan saran sangat penulis harapkan dalam rangka perbaikan, semoga dalam edisi mendatang dapat disajikan lebih sempurna.

Padang, September 1991.

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR. . . . .	ii
DAFTAR ISI. . . . .	iii
DAFTAR TABEL. . . . .	v
DAFTAR GAMBAR . . . . .	vi
I. PENDAHULUAN. . . . .	1
A. Pengertian. . . . .	1
B. Perencanaan Konstruksi Beton Bertulang. . . . .	3
II. DASAR-DASAR PERENCANAAN. . . . .	5
A. Hubungan Tegangan dan Regangan. . . . .	5
1. Beton. . . . .	5
2. Baja Tulangan. . . . .	7
B. Penyusutan dan Rayapan. . . . .	7
C. Beban . . . . .	9
D. Faktor Keamanan . . . . .	10
E. Mutu dan Tegangan Beton . . . . .	12
III. PERHITUNGAN KONSTRUKSI ATAP BETON BERTULANG. . . . .	17
A. Gambar Rencana Konstruksi . . . . .	17
B. Dasar Perhitungan . . . . .	18
1. Beton. . . . .	18
2. Baja . . . . .	18
3. Syarat-syarat Konstruksi . . . . .	18
4. Berat Bahan Bangunan . . . . .	19
C. Perencanaan Konstruksi Listplank dan Luifel. . . . .	19
1. Perhitungan Listplank. . . . .	19
2. Perhitungan Plat Luifel. . . . .	21
D. Perhitungan Plat Atap . . . . .	23
1. Denah Plat Atap. . . . .	23
2. Ditentukan Ukuran. . . . .	23
3. Beban yang Bekerja . . . . .	24

4. Plat Type A. . . . .	24
5. Plat Type B. . . . .	26
6. Plat Type C. . . . .	29
7. Plat Type D. . . . .	31
8. Plat Type E. . . . .	33
9. Plat Type F. . . . .	35
E. Perhitungan Balok Atap. . . . .	38
1. Gambar Rencana Balok Atap. . . . .	38
2. Balok Anak . . . . .	38
3. Balok Induk. . . . .	44
4. Balok Memanjang. . . . .	56
DAFTAR BACAAN. . . . .	78

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Koefisien Pemakaian Beton . . . . .	10
2. Koefisien Bahan untuk Beton . . . . .	11
3. Kelas dan Mutu Beton. . . . .	12
4. Jenis Kekuatan Beton. . . . .	14
5. Daftar Tegangan Ijin Beton untuk $\phi = 1$ . . . . .	15
6. Kontrol terhadap h.min. setiap Momen. . . . .	25
7. Mencari harga w berdasarkan $\alpha$ yang ditemukan	26
8. Luas Tulangan Pokok dan Tulangan Bagi . . . . .	26
9. Kontrol terhadap h.min. setiap Momen. . . . .	28
10. Mencari harga w berdasarkan $\alpha$ yang ditemukan	28
11. Luas Tulangan Pokok dan Tulangan Bagi . . . . .	28
12. Kontrol terhadap h.min. setiap Momen. . . . .	30
13. Mencari harga w berdasarkan $\alpha$ yang ditemukan	30
14. Luas Tulangan Pokok dan Tulangan Bagi . . . . .	31
15. Kontrol terhadap h.min. setiap Momen. . . . .	32
16. Mencari harga w berdasarkan $\alpha$ yang ditemukan	33
17. Luas Tulangan Pokok dan Tulangan Bagi . . . . .	33
18. Kontrol terhadap h.min. setiap Momen. . . . .	34
19. Mencari harga w berdasarkan $\alpha$ yang ditemukan	35
20. Luas Tulangan Pokok dan Tulangan Bagi . . . . .	35
21. Kontrol terhadap h.min. setiap Momen. . . . .	37
22. Mencari harga w berdasarkan $\alpha$ yang ditemukan	37
23. Luas Tulangan Pokok dan Tulangan Bagi . . . . .	37
24. Distribusi Gaya pada Balok. . . . .	45
25. Distribusi Gaya yang Bekerja pada Balok . . . . .	49
26. Distribusi Gaya pada Balok. . . . .	53
27. Distribusi Gaya pada Setiap Batang. . . . .	65
28. Distribusi Gaya pada Setiap Batang. . . . .	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Tegangan dan Regangan Beton. . . . .	5
2. Diagram Ideal Tegangan-Regangan Beton. . . . .	6
3. Diagram Ideal Tegangan-Regangan Baja. . . . .	7
4. Diagram Hubungan Rayapan dan Hari Pembebanan	8
5. Rencana Konstruksi Bangunan Rangka Beton . . .	17
6. Penampang Listplank. . . . .	19
7. Plat Luifel. . . . .	21
8. Denah Plat Atap. . . . .	23
9. Plat Type A. . . . .	24
10. Plat Type B. . . . .	26
11. Plat Type C. . . . .	29
12. Plat Type D. . . . .	31
13. Plat Type E. . . . .	33
14. Plat Type F. . . . .	35
15. Denah Balok. . . . .	38
16. Balok Anak Jalur I-I . . . . .	38
17. Balok Anak Jalur II-II . . . . .	40
18. Balok Anak Jalur III-III . . . . .	42
19. Balok Anak Jalur IV-IV . . . . .	44
20. Gaya yang Bekerja pada Balok . . . . .	45
21. Gaya Lintang . . . . .	46
22. Balok Induk Jalur V-V. . . . .	48
23. Gaya Lintang . . . . .	49
24. Balok Induk Jalur VI-VI. . . . .	51
25. Momen yang Bekerja pada Balok. . . . .	52
26. Gaya Lintang . . . . .	53
27. Balok Memanjang Jalur A-A. . . . .	56
28. Momen dan Gaya Lintang Akibat Beban. . . . .	57
29. Balok Memanjang Jalur B-B. . . . .	62
30. Momen dan Gaya Lintang Akibat Beban. . . . .	63
31. Bidang Momen . . . . .	66
32. Balok Memanjang Jalur C-C. . . . .	71
33. Momen dan Gaya Lintang Akibat Beban. . . . .	72
34. Gaya Lintang Yang Bekerja pada Balok . . . . .	74

## BAB. I PENDAHULUAN

### A. Pengertian

Pada konstruksi bangunan umumnya bahan yang digunakan adalah kayu, baja, beton dan beton bertulang. Untuk konstruksi bangunan yang ringan penggunaan alumunium dan plastik sudah mulai dikembangkan. Dari macam-macam bahan di atas hanya konstruksi beton bertulang yang bahannya terdiri dari dua jenis, yakni beton dan baja tulangan, yang masing-masingnya mempunyai sifat yang berlainan. Beton lebih tahan menerima tekanan/desakan dari pada tarikan, sedangkan baja tulangan tahan baik menerima tekanan maupun tarikan. Dari keadaan sifat-sifat dasar inilah selanjutnya dipakai sebagai dasar pemikiran perencanaan dan perhitungan konstruksi beton bertulang. Untuk pemahaman lebih lanjut perlu kiranya diberi pemahaman/batasan tentang beton bertulang.

Beton adalah kesatuan campuran yang terdiri dari semen, pasir, dan krikil (batu pecahan) ditambah air, selanjutnya dituangkan ke dalam suatu cetakan dan didiamkan sampai mengeras. Beton mempunyai sifat hampir seperti batu, antara lain berat, keras, getas dan kekuatan tariknya kecil. Sifat-sifat tersebut tergantung dari kualitas dan perbandingan dari unsur-unsur campurannya. Warna akhir beton dapat bervariasi sesuai dengan keinginan, hal ini dapat dilakukan dengan memakai variasi sifat warna bahan yang digunakan.

Beton yang tidak diberi tulangan akan mempunyai kekuatan yang tinggi terhadap tekanan tetapi lemah dalam menerima tarikan dan besarnya perbandingan di

atas berkisar antara 1:10 sampai 1:15. Dengan rendahnya daya tahan beton terhadap tarikan berarti beton lemah dalam menahan lenturan, geseran dan puntiran. Kekuatan beton disamping kecil bahkan diragukan adanya. Beton dapat hancur/retak akibat konstruksi-konstruksi yang tahan terhadap tekanan tanpa atau dengan sejumlah kecil tarikan, misalnya dasar pondasi (lantai kerja), dinding pelabuhan (dock), bendungan, dam, dan bangunan lainnya yang sejenis.

Beton bertulang adalah kesatuan antara beton dan baja tulangan dimana baja tulangan diletakkan sedemikian rupa sehingga kesatuan kedua jenis material itu dapat bekerja sama untuk mendukung beban tekan maupun tarik sesuai dengan yang diharapkan. Dari itu jelaslah bahwa beton bertulang disamping mampu menahan tarikan juga mampu menahan lenturan, geseran maupun puntiran. Tulangan pada beton juga mampu meningkatkan daya dukung terhadap bahaya penyusutan akibat perubahan suhu.

Di samping sifat-sifat di atas, beton bertulang juga mempunyai kelebihan bila dibandingkan dengan jenis konstruksi lainnya, misalnya terhadap konstruksi kayu, dan konstruksi baja, antara lain:

1. Tahan terhadap kelapukan (dibandingkan terhadap konstruksi kayu).
2. Tahan terhadap korosi (dibandingkan terhadap konstruksi baja).
3. Tahan terhadap kebakaran maupun pengaruh air (dibandingkan terhadap konstruksi kayu dan baja).
4. Tidak membutuhkan pemeliharaan yang rutin dan mahal, misalnya pengecatan (dibandingkan terhadap konstruksi kayu dan baja).
5. Dapat dibentuk menurut ukuran dan bentuk yang dikehendaki.



Namun demikian konstruksi beton bertulang ini juga mempunyai beberapa kelemahan, antara lain:

1. Umumnya warnanya kurang cerah/mengkilat.
2. Ukuran penampang relatif lebih besar.
3. Konstruksi tidak dapat dipindah-pindahkan.
4. Bila dibongkar, maka bahan bongkarannya tidak dapat dipakai lagi untuk konstruksi.
5. Pengawasan di lapangan perlu banyak perhatian.

## B. Perencanaan Konstruksi Beton Bertulang

Konstruksi beton bertulang merupakan bahan bangunan yang komposit terdiri dari campuran beton ditambah baja sebagai tulangnya, sehingga dari kesatuan bahan tersebut dapat menahan beban tekan dan beban tarik yang bekerja padanya.

Berdasarkan sifat-sifat istimewa dari beton dan baja tulangan, disamping dapat menahan beban yang cukup besar juga tahan terhadap perubahan temperatur, sehingga meringankan pemeliharannya, maka konstruksi beton bertulang tercatat sebagai bahan utama untuk konstruksi bangunan. Hal lain yang mendorong penggunaan beton adalah karena semakin langka dan sulitnya bahan bangunan konvensional seperti kayu, batu, bata merah, dan lainnya di kota-kota besar, juga harga beton bertulang itupun dapat ditekan sesuai rencana.

Untuk mengoptimalkan pemakaian beton bertulang diperlukan perencanaan yang cukup matang, sehingga dapat mendirikan bangunan yang cukup kokoh, terutama dalam mengantisipasi perubahan beban, baik beban hidup maupun beban mati.

Perencanaan konstruksi beton bertulang diupayakan untuk membuat konstruksi yang kokoh dengan penggunaan bahan seefisien mungkin. Perencanaan tersebut meliputi pendimensian dan perencanaan penulangan.

Untuk menentukan bentuk dan ukuran beton bertulang (pendimensian) tersebut dibutuhkan data tentang keadaan bahan yang digunakan dan beban yang akan didukungnya. Ukuran beton bertulang dibuat dengan cukup besar memang dapat menahan beban yang cukup besar pula, namun apakah artinya konstruksi yang dapat menahan beban yang cukup besar apabila penggunaan bahan yang cukup banyak pula (pemborosan).

Untuk konstruksi-konstruksi yang banyak menerima beban tarik sangat dibutuhkan baja tulangan untuk menahan beban tersebut, maka untuk penempatan dan banyak baja tulangan yang akan digunakan diperlukan perhitungan yang cukup akurat. Tulangan tidak akan berfungsi sebagai penahan beban tarik jika tidak ditempatkan pada daerah yang tertarik.

Buku ini menyajikan dua bagian utama, yaitu dasar-dasar perencanaan konstruksi beton bertulang, dan aplikasi perhitungan penulangan konstruksi atap bangunan rangka beton bertulang.

Pada bab II dijelaskan dasar-dasar perencanaan beton bertulang yang meliputi uraian mengenai hubungan tegangan dan regangan antara beton dan baja tulangan, faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya penyusutan dan rayapan dari suatu konstruksi beton bertulang, konsep pembebanan pada konstruksi beton bertulang, faktor keamanan dalam perhitungan dan penentuan kelas, mutu, serta tegangan ijin beton.

Pada bab III, menampilkan contoh perencanaan suatu konstruksi atap beton bertulang, yang meliputi perhitungan plat atap, dan perhitungan balok atap, sehingga menghasilkan dimensi konstruksi, jumlah dan ukuran baja tulangan yang akan digunakan.

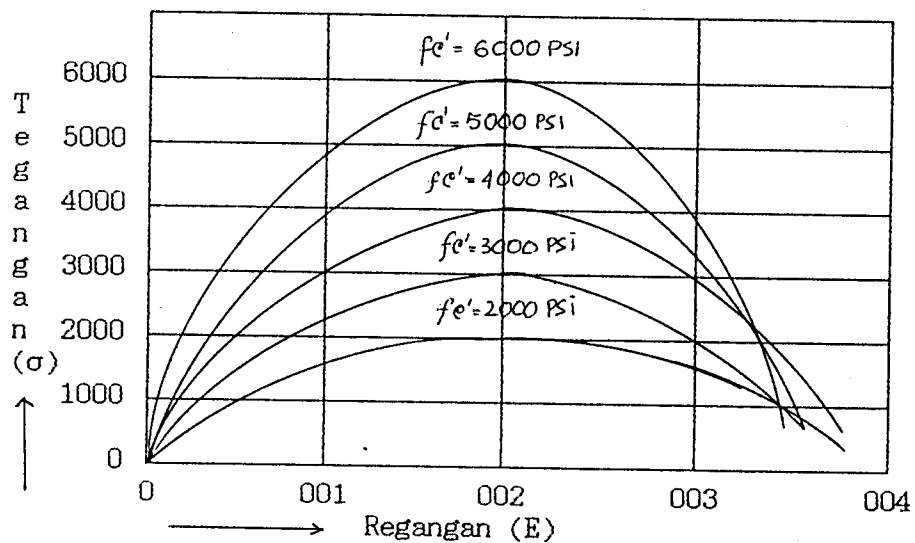
## BAB. II

### DASAR-DASAR PERENCANAAN

#### A. Hubungan Tegangan dan Regangan

##### 1. Beton

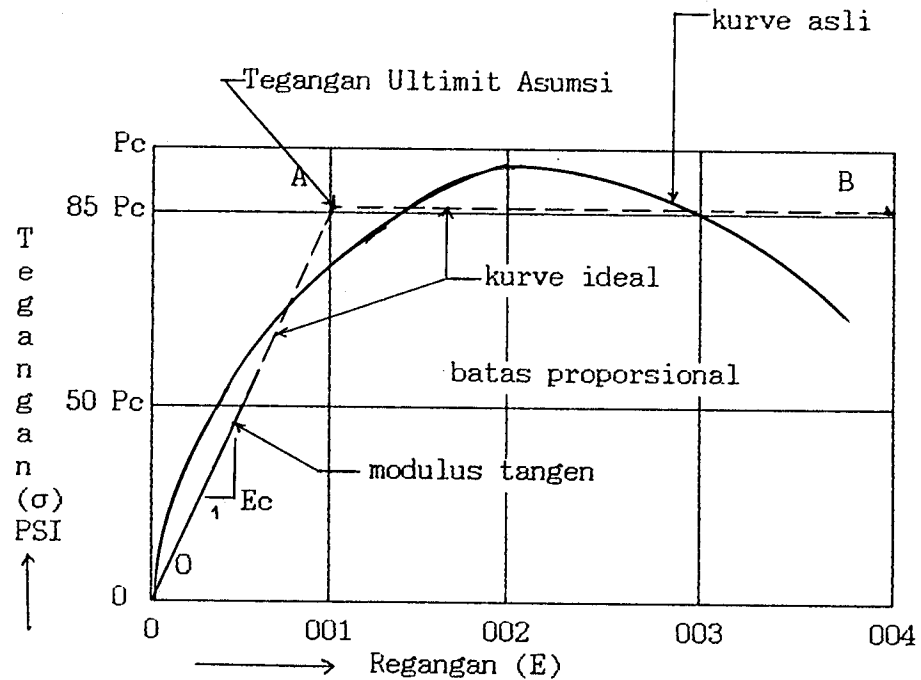
Hubungan tegangan dan regangan beton dari berbagai kelas menurut ACI (American Concrete Institute, 1986) seperti gambar berikut:



Gambar 1. Diagram Tegangan dan Regangan Beton  
(Sumber: Sutarto, 1988 hal. 10)

Tegangan tekan beton ultimit (maksimum) ditandai dengan  $f_c'$ . Dalam Gambar 1 dijelaskan variasi regangan untuk tiap tegangan beton.

Bila suatu bahan disebut elastik maka seandainya diberi beban dan dibuat diagram harus berupa garis lurus sampai mencapai titik maksimumnya. Seperti Gambar 2, dijelaskan bahwa garis penuh adalah kurve asli, sedangkan garis putus-putus adalah kurve asumsi hubungan tegangan regangan.



catatan : OA = Daerah Elastis  
AB = Daerah Plastis

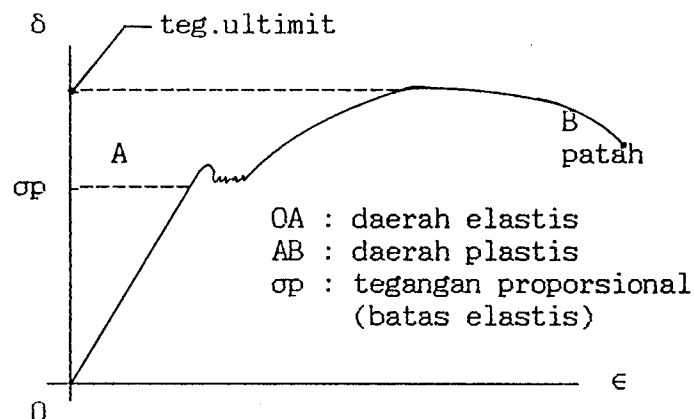
**Gambar 2. Diagram Ideal Tegangan-Regangan Beton**  
(Sumber: Sutarto, 1988 hal. 11)

Kemiringan atau modulus tangen disebut juga modulus sekan, yakni harga tegangan dibagi regangan di sembarang titik, atau  $E = \sigma/e$ . Dari rumus tersebut dapat disimpulkan bahwa harga modulus sekan-akan naik bila tegangan dinaikan. Menurut PBI (Peraturan Beton Indonesia, 1971), modulus sekan beton ( $E_b$ ) =  $6.400 \sqrt{f_{cbk}}$  kg/cm<sup>2</sup> untuk beban tetap dan  $E_b = 9.600 \sqrt{f_{cbk}}$  kg/cm<sup>2</sup> untuk beban sementara. Adapun  $f_{cbk}$  adalah kuat desak karakteristik beton (lihat sub. E).

Karena bentuk kurve asli kurang menentu atau sulit dipakai sebagai pedoman, maka dipakailah kurve asumsi (garis putus-putus O-A-B), dengan tegangan rancana diambil 0,85 tegangan maksimal. Kurve asumsi inilah yang dipakai sebagai pemikiran dasar (philosophy) perencanaan baik dalam hitungan cara elastis maupun cara ultimit.

## 2. Baja Tulangan

Hubungan tegangan-regangan untuk baja tulangan sebagai tergambar di bawah ini:



Gambar 3. Diagram Ideal Tegangan Regangan Baja  
(Sumber: Sutarto, 1988 hal. 12)

Dari Gambar 3 di atas O-A adalah daerah elastis, sedang A-B adalah daerah plastis. Modulus elastis baja ( $E_a$ ) diambil dari harga bagi antara, tegangan-regangan sembarang titik di daerah elastik ( $E_a = \sigma_a / \epsilon_a$ ). Umumnya harga  $E_a$  diambil  $2,1 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup> untuk semua baja tulangan.

### B. Penyusutan dan Rayapan

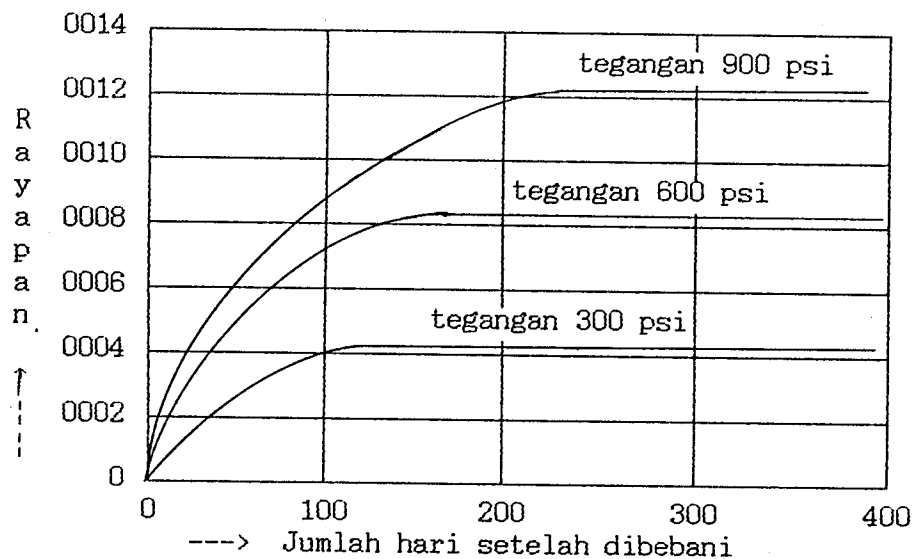
Penyusutan (shrinkage) yaitu berkurangnya ukuran beton setelah beton mengeras. Penyusutan itu dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu penyusutan platis (plastic shrinkage) dan penyusutan kering (drying shrinkage).

Penyusutan platis terjadi ketika terlalu banyaknya jumlah semen yang ada atau kurang tercampurnya semen dengan air (tidak tercampur rata). Besarnya penyusutan ini tergantung dari banyaknya jumlah air dan semen, makin tinggi jumlah air dan semen maka makin tinggi harga penyusutan plastiknya.

Penyusutan kering terjadi karena terlalu banyaknya jumlah air yang hilang dalam proses pengerasan beton tersebut. Untuk mengatasi kedua penyusutan tersebut maka harus dibuat rancangan campuran dan faktor air semen yang tepat, masa pemeliharaannya yang baik (cukup lembab, tidak terkena langsung sinar matahari) selama beton dalam proses pengerasan.

Rayap (creep) yakni berkurangnya ukuran beton setelah proses pengerasan karena beban yang diterima untuk jangka waktu yang lama. Sebagai ilustrasi Gambar 4 menunjukkan hubungan antara besarnya rayapan dengan lamanya/jumlah hari pembebanan.

Dari Gambar 4 secara kasar dapat disimpulkan setelah beberapa bulan pertama besarnya rayapan untuk tegangan 600 psi kira-kira dua kali lipat besarnya tegangan 300 psi. Juga dapat disimpulkan rayapan akan terjadi walaupun beban yang bekerja kecil. Namun setelah 3 bulan rayapan relatif kecil dan untuk lebih dari 2 tahun pembebanan besarnya rayapan dapat diabaikan.



**Gambar 4. Diagram Hubungan Rayapan dengan Hari Pembebanan**

(Sumber: Sutarto, 1988 hal. 13)

Sifat atau adanya penyusutan dan rayapan akan mempengaruhi atau mengubah kurve garis lurus (daerah elastis) pada Gambar 2 dan ini merupakan kelemahan dari perhitungan atau perencanaan cara elastis.

Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya penyusutan dan rayapan antara lain ketebalan/ketinggian ukuran konstruksi beton, keadaan lingkungan konstruksi (perubahan cuaca, kelembaban) dan kualitas beton itu sendiri.

### C. Beban

Beban-beban yang bekerja pada konstruksi beton bertulang dapat dibedakan menjadi:

1. Beban mati diberi notasi a,
2. Beban hidup diberi notasi b,
3. Beban angin diberi notasi c,
4. Beban gempa diberi notasi d,
5. Beban oleh pengaruh khusus diberi notasi e.

Dalam kenyataan beban-beban di atas tidak bekerja sendiri-sendiri, maka untuk memudahkan perhitungan dipakai cara pengkombinasian beban sebagai berikut:

1. Kombinasi A, terdiri dari beban a+b,
2. Kombinasi B, terdiri dari beban a+b+c atau a+b+d,
3. Kombinasi C, terdiri dari beban A+e atau B+e.

#### Catatan:

1. Setiap kombinasi pembebanan tanpa beban angin dan beban gempa disebut *beban tetap*,
2. Setiap kombinasi pembebanan dengan beban angin atau beban gempa disebut *beban sementara*,
3. Pada beban sementara ditentukan bahwa pada waktu ada beban angin tidak ada beban gempa dan sebaliknya,
4. Berat sendiri beton bertulang harus diambil paling sedikit 2400 kg/cm<sup>3</sup>,

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
MIP PADANG

5. Di dalam perhitungan beban hidup harus ditempatkan sedemikian rupa di atas konstruksi sehingga menimbulkan pengaruh yang paling berbahaya pada bagian kostruksi yang dihitung.

#### D. Faktor Keamanan

Tujuan perencanaan bangunan tentunya agar indah, murah dan nyaman. Salah satu unsur kenyamanan tentunya kepercayaan penghuni atau pemakai bahwa konstruksi yang ditempati/dihuni kuat atau aman terhadap beban yang diterimanya. Untuk mencapai hal di atas maka dalam perencanaan perlu diperhitungkan adanya faktor keamananan, yang diperoleh dari:

1. Koefisien pemakaian ( $\tau_p$ ) untuk memperhitungkan kemunduran kekuatan bahan akibat pemakai konstruksi.
  - a. Koefisien pemakaian beton ( $\tau_{pb}$ ), menurut PBI (1971) ditentukan sebagai Tabel 1.
  - b. Koefisien pemakaian untuk baja tulangan ( $\tau_{pa}$ ), untuk semua hitungan selalu diambil = 1.

Tabel 1. Koefisien Pemakaian untuk Beton

	pada pembebanan tetap ( $\tau_{pb,t}$ )	pada pembebanan sementara ( $\tau_{pb,s}$ )
Lentur tanpa/dengan gaya normal:		
tegangan tekan	1,2	1,0
tegangan tarik	1,0	1,0
Gaya aksial:		
tegangan tekan	1,2	1,0
tegangan tarik	1,0	1,0
Lentur/puntir		
tegangan geser	1,1	1,0
Pons:		
tegangan geser	1,1	1,0

Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia (NI-2) 1971, hal 98



2. Koefisien bahan/material ( $\tau_m$ ) untuk memperhitungkan kemunduran kekutatan bahan akibat penyimpangan-penyimpangan dalam pelaksanaannya.
- a. Untuk beton, koefisien bahan ditentukan dengan:  
 $(\tau_{mb}) = 1,4/\phi$ , dimana  $\phi$  adalah koefisien yang harus diambil berdasarkan Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Koefisien Bahan untuk Beton

U r a i a n	$\phi$
1. Untuk beton yang dibuat di pabrik dengan pengawasan yang baik, dicor dalam lapis-lapis horizontal atau dengan kemiringan maksimum 30°	1,08
2. Untuk beton yang dibuat di tempat kerja, dengan pengawasan normal, dicor dalam lapis-lapis horizontal atau dengan kemiringan maksimum 30° atau untuk beton yang dibuat di pabrik, dicor dalam lapis-papis vertikal atau dengan kemiringan lebih dari 30°	1,00
3. Untuk beton yang dibuat di tempat kerja, dengan pengawasan normal, dicor dalam lapis-lapis vertikal atau dengan kemiringan 30°	0,93
4. Untuk beton yang dibuat di tempat kerja dengan pengawasan kurang, dicor dalam lapis-lapis horizontal atau dengan kemiringan maksimum 30°	0,90
5. Untuk beton yang dibuat di tempat kerja dengan pengawasan kurang, dicor dalam lapis-lapis vertikal atau dengan kemiringan lebih dari 30°	0,87

Sumber: Peraturan Beton Bertulang (PBI-71), hal. 99

- b. Untuk baja tulangan, koefisien bahan ditentukan  
 $\tau_{ma} = 1,15$ .
3. Koefisien beban ( $\tau_s$ ) untuk memperhitungkan kemungkinan-kemungkinan pengaruh beban kerja yang meningkat sampai beban batas yang menyebabkan keruntuhan konstruksi.

Koefisien beban baik untuk beton maupun untuk baja tulangan senantiasa diambil sebagai berikut:

- a. Untuk beban tetap ( $\tau_{st}$ ) = 1,5
- b. Untuk beban sementara ( $\tau_{ss}$ ) = 1,05.

#### E. Mutu dan Tegangan Beton

Menurut FBI (1971) kelas dan mutu beton ditentukan berdasarkan Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	$\sigma'_{bk}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'_{bm}$ dg. s=46 (kg/cm <sup>2</sup> )	Tujuan	Pengawasan thd.	
					mutu	tekan
I	Bo	-	-	non-struk	ringan	tanpa
II	B1	-	-	struktur	sedang	tanpa
	K-125	125	200	struktur	ketat	kontinu
	K-175	175	250	struktur	ketat	kontinu
	K-225	225	300	struktur	ketat	kontinu
III	K>225	>225	>300	struktur	ketat	kontinu

Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-71), hal. 34

1. Beton kelas satu adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non-struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu-mutu bahan, sedangkan terhadap kuat tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutut beton kelas I dinyatakan dengan Bo.
2. Beton kelas dua adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan

di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar: B1, K-125, K-175, dan K-225. Pada mutu B1 pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan sedang terhadap mutu-mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K-125, K-175, dan K-225, pengawasan mutu terdiri dari pengawasan yang ketat terhadap mutu bahan dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu.

3. Beton kelas tiga adalah beton untuk pekerjaan struktural di mana dipakai mutu beton dengan kuatantekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm<sup>2</sup>. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap yang dilayani oleh tenaga ahli, yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.
4.  $\sigma'_{bk}$  adalah tegangan tekan beton karakteristik, yakni kekuatan tekan di mana dari jumlah benda uji hanya 5% yang kurang memenuhi syarat.

Besarnya  $\sigma'_{bk}$  dicari menurut rumus:

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1,64.s \dots\dots\dots (1)$$

Dengan rumus deviasi standar (s) adalah:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{1}^N (\sigma'_{b} - \sigma'_{bm})^2}{N - 1}} \dots\dots\dots (2)$$

Di mana:

$\sigma'_{b}$  = kekuatan tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji.

$\sigma'_{bm}$  = kekuatan tekan beton rata-rata, menurut rumus:

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_{1}^N \sigma'_{b}}{N} \dots\dots\dots (3)$$

$N$  = jumlah seluruh benda uji, minimal 20 buah. Adapun ukuran benda uji adalah:

kubus 15x15x15 cm

kubus 20x20x20 cm

silinder 15x30 cm

5. Tegangan tekan beton yang diijinkan ( $\sigma'b$ ) diperoleh dari :

$$\frac{\text{kekuatan bahan}}{\text{faktor keamanan}} = \frac{\text{kekuatan bahan}}{\tau_p \cdot \tau_m \cdot \tau_s} \dots\dots(4)$$

Untuk kuat bahan dari beton digunakan kuat desak karakteristik. Jenis kekuatan beton diambil dengan mengalikan kuat desak karakteristik dengan satu faktor. Besarnya jenis-jenis kekuatan beton seperti tercantum dalam Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Jenis Kekuatan Beton

Jenis Kekuatan	Rumus ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
Tekan lentur Tarik lentur	$\sigma'_{bu} = 0,83 \sigma'_{bk}$ $\sigma'_{bu} = \sqrt{\sigma'_{bk}}$
Tekan sentris Tarik sentris	$\sigma'_{bs,u} = 0,83 \sigma'_{bk}$ $\sigma'_{bs,u} = 0,75 \sqrt{\sigma'_{bk}}$
Geser lentur atau puntir tanpa tulangan dengan tulangan	$\tau_{bu} = \sqrt{\sigma'_{bk}}$ $\tau_{bm,u} = 2,5 \sqrt{\sigma'_{bk}}$
Geser lentur dgn. puntir tanpa tulangan dengan tulangan	$\tau_{bu} = 1,25 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ $\tau_{bm,u} = 3,12 \sqrt{\sigma'_{bk}}$
Geser pons pd: penampang kritis: tanpa tulangan dengan tulangan	$\tau_{bp,u} = 1,5 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ $\tau_{bpm,u} = 3,0 \sqrt{\sigma'_{bk}}$

Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-71), hal. 100

6. Selanjutnya dapat dihitung besarnya tegangan ijin desak lentur beton sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Pada beban tetap: } \sigma' b &= \frac{\sigma' bu}{\tau_{pb} \cdot \tau_{mb} \cdot \tau_{st}} \\ &= \frac{0,83 \sigma' bk}{1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,5} \\ &= 0,33 \sigma' bk \end{aligned}$$

(perhatikan kolom 7, baris 3. Tabel 5).....(5)

$$\begin{aligned} \text{Pada beban sementara: } \sigma' b &= \frac{\sigma' bu}{\tau_{pb,s} \cdot \tau_{mb} \cdot \tau_{ss}} \\ &= \frac{0,83 \sigma' bk}{1 \cdot 1,4 \cdot 1,05} \\ &= 0,56 \sigma' bk \end{aligned}$$

(perhatikan kolom 12, baris 3. Tabel 5).....(6)

7. Hasil perhitungan menurut PBI besarnya tegangan ijin beton untuk koefisien cara pelaksanaan ( $\phi$ ) = 1 baik untuk beban tetap, maupun beban sementara tercantum dalam Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Daftar Tegangan Ijin Beton untuk  $\phi = 1$

M U T U	Notasi	Tegangan yang diijinkan (kg/cm <sup>2</sup> )									
		Pada Pembebanan Tetap					Pada Pembebanan Sementara				
Kekuatan Tekan Beton Karakteristik	$\sigma' bk$	R1 100	K 125 125	K 175 175	K 225 225	Umum $\sigma' bk$	R1 100	K 125 125	K 175 175	K 225 225	Umum $\sigma' bk$
Lentur tanpa dan/atau dengan gaya normal:											
Tekan	$\sigma' b$	35	40	60	75	0,33 $\sigma' bk$	55	70	100	125	0,56 $\sigma' bk$
Tarik	$\sigma' b$	5	5,5	6,5	7	0,48 $\sigma' bk$	7	7,5	9	10	0,63 $\sigma' bk$

bersambung....

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
WIP PADANG

sambungan...

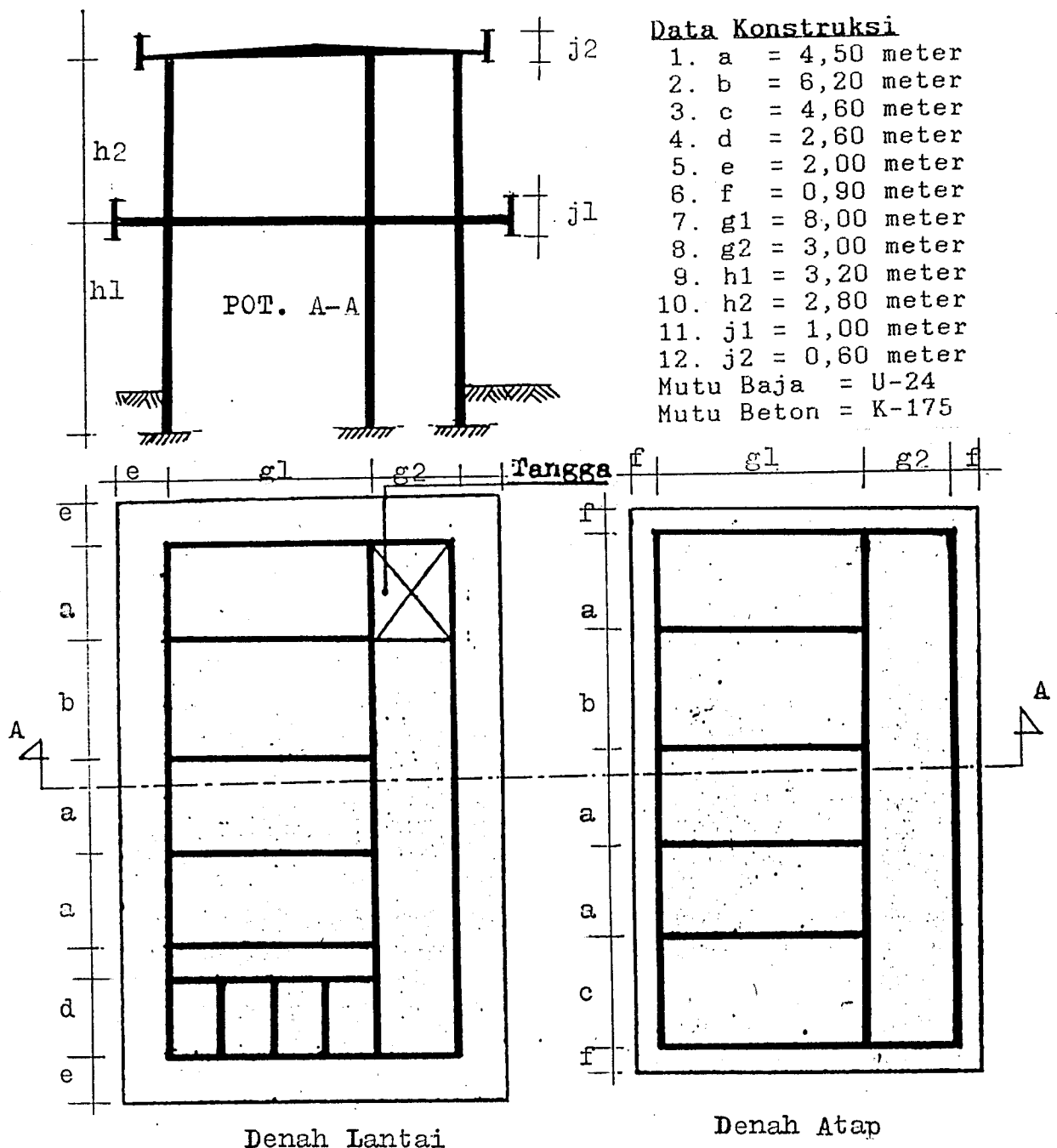
MUTU	Notasi	Tegangan yang diijinkan (kg/cm <sup>2</sup> )									
		Pada Pembebanan Tetap					Pada Pembebanan Sementara				
Gaya Aksial : Tekan Tarik	$\sigma'_{bs}$	35	40	60	75	0,33 $\sigma'_{bk}$	55	70	100	125	0,56 $\sigma'_{bk}$
	$\sigma_{bs}$	4	4	5	5,5	0,364 $\sigma'_{bk}$	5	5,5	6,5	7,5	0,514 $\sigma'_{bk}$
Geser oleh Lentur atau Puntir: Tanpa tulangan geser Dengan tulangan geser	$\tau_b$	4,5	5	5,5	6,5	0,43 $\sigma'_{bk}$	7	7,5	9	10	0,68 $\sigma'_{bk}$
	$\tau_{bm}$	11	12	14	16	1,084 $\sigma'_{bk}$	17	19	22	25	1,704 $\sigma'_{bk}$
Geser oleh Lentur dan Puntir : Tanpa tulangan geser Dengan tulangan geser	$\tau_b$	5,5	6	7	8	0,54 $\sigma'_{bk}$	8,5	9,5	11	13	0,85 $\sigma'_{bk}$
	$\tau_{bm}$	14	15	18	20	1,354 $\sigma'_{bk}$	21	24	28	32	2,124 $\sigma'_{bk}$
Geser pons pada penampang kritis : Tanpa tulangan geser Dengan tulangan geser	$\tau_{bp}$	6,5	7,5	8,5	10	0,65 $\sigma'_{bk}$	10	11	13	15	1,02 $\sigma'_{bk}$
	$\tau_{bpm}$	13	15	17	20	1,304 $\sigma'_{bk}$	20	22	26	30	2,044 $\sigma'_{bk}$

Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-71), hal. 105.

693  
84  
h1

BAB III  
PERHITUNGAN KONSTRUKSI ATAP  
BETON BERTULANG

A. Gambar Rencana Konstruksi



Gambar 5. Rencana Konstruksi Bangunan Rangka Beton

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
IKIP PADANG

## B. Dasar Perhitungan

### 1. Beton

Mutu Beton: K-175

Pada pembebanan tetap:

$b = 60 \text{ kg/cm}^2$  ----- lentur tanpa atau dengan gaya normal tekan

$b = 6,5 \text{ kg/cm}^2$  ---- lentur tanpa atau dengan gaya normal tarik

$b = 5,5 \text{ kg/cm}^2$  ---- geser oleh lentur atau puntir tanpa tulangan geser

$b_m = 14 \text{ kg/cm}^2$  ---- geser oleh lentur atau puntir tanpa tulangan geser

$b = 7 \text{ kg/cm}^2$  ----- geser oleh lentur atau puntir tanpa tulangan geser

$b_m = 18 \text{ kg/cm}^2$  ----- geser oleh lentur atau puntir tanpa tulangan geser

### 2. Baja

Mutu Baja: U-24

$\bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}_a = 1400 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\sigma}_{au} = \bar{\sigma}_{au} = 2080 \text{ kg/cm}^2$

Angka ekuivalensi maksimum (n)

K-175, U-24 ----  $n = 24$

= 0,2813 (pembebanan tetap)

= 0,3395 (pembebanan sementara)

### 3. Syarat-syarat Konstruksi

- a. Plat:
- Jarak tulangan maksimum = 20 cm
  - Tebal plat atap minimum = 7 cm
  - Tebal plat lantai minimum = 12 cm
  - Luas min. tulangan pembagi 0,2% dari tulangan pokok
  - Diameter tulangan minimum:
    - tulangan pokok = 8 mm
    - tulangan pembagi = 6 mm



## b. Balok:

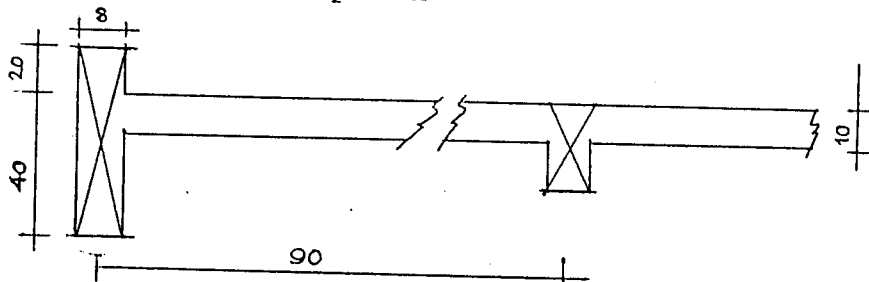
- Lebar balok minimum =  $1/50 \cdot 600 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$
- Tulangan tarik minimum =  $12/2080 \times (b \cdot h)$
- Diameter tulangan balok minimum = 12 mm
- Jarak sengkang maksimum = 30 cm.

## 4. Berat Bahan Bangunan:

- a. pasir urug tiap cm tebal = 18 kg/m<sup>2</sup>
- b. berat sendiri dengan berat jenis = 2,4 t/m<sup>2</sup>
- c. plafon dan eternit = 18 kg/cm<sup>2</sup>
- d. penutup lantai/ubin tiap cm = 24 kg/m<sup>2</sup>
- e. batu bata pasangan ½ batu = 250 kg/m<sup>2</sup>
- f. batu bata pasangan satu batu = 450 kg/m<sup>2</sup>
- g. muatan atap = 100 kg/m<sup>2</sup>
- h. muatan lantai = 250 kg/m<sup>2</sup>
- i. beban hidup pada atap = 100 kg/m<sup>2</sup>
- j. muatan angin pada daerah pantai = 40 kg/m<sup>2</sup>

## C. Perencanaan Konstruksi Listplank dan Luifel

## 1. Perhitungan Listplank



Gambar 6. Penampang Listplank

## a. Terhadap muatan air

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{1}{2} \tau_{\text{air}} \cdot h^2 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1,0 \cdot 0,15 \\
 &= 0,0013
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{1}{3} \cdot 0,15P \cdot 0,0013 \\
 &= 0,0006 \text{ tm.} \\
 &= 0,5650 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$ht = 8 \text{ cm} ; d = 2 \text{ cm}$$

$$h = 8 - 2 = 6 \text{ cm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

Penulangan terhadap momen lentur

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M/b}} = \frac{6}{\sqrt{0,565/1}} = 7,9823 > \alpha_0 = 0,5273 \text{ cm}^2$$

$$\sigma' b = 26 \text{ kg/cm}^2$$

$$w = 0,2863$$

$$A = w \cdot b \cdot h$$

$$= 0,2863 \cdot 1 \cdot 6$$

$$= 1,7178 \text{ cm}^2$$

b. Terhadap muai dan susut

$$A = 0,25\% \cdot b \cdot h$$

$$= 0,25\% \cdot 100 \cdot 6$$

$$= 1,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas satu tulangan} = 0,25 \pi \cdot d^2$$

$$= 0,7854 \text{ cm}^2$$

Jarak tulangan pokok:

$$A = \frac{A_1 \cdot \phi 100}{20}$$

$$= \frac{0,7854 \cdot 100}{20}$$

$$= 3,927 \text{ cm}^2$$

Maka dipakai tulangan pokok:  $\phi 10 - 20 \text{ cm}$

$$[3,927 \text{ cm}^2 > 1,5 \text{ cm}^2]$$

A tulangan bagi = 20% . tulangan pokok

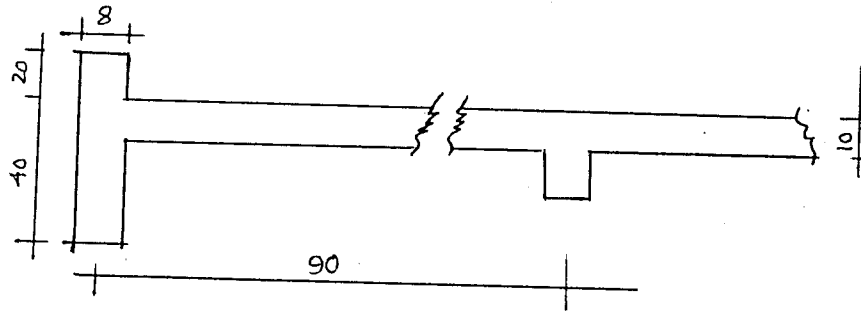
$$= 20\% \cdot 1,5$$

$$= 0,3 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan bagi  $\phi 6 - 20 \text{ cm}$

$$[1,4137 > 0,3 \text{ cm}^2] \text{ Aman !.}$$

## 2. Perhitungan Plat Luifel



Gambar 7. Plat Luifel

$$\begin{aligned} Q \text{ berat sendiri} &= 0,1 \cdot 2,4 \cdot 1 = 0,288 \text{ t/m} \\ Q \text{ beban atap} &= 0,1 \text{ t/m} \end{aligned}$$

---


$$Q = 0,388 \text{ t/m}$$

Beban terpusat:

$$\begin{aligned} P \text{ listplank} &= 0,6 \cdot 0,08 \cdot 2,4 = 0,1152 \text{ t/m} \\ P \text{ pemadam kebakaran} &= 0,1 \text{ t/m} \end{aligned}$$

---


$$P = 0,2152 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{2} \cdot Q \cdot l^2 + P \cdot l \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,388 (0,9-0,04)^2 + 0,2152 \cdot 0,9 \\ &= 0,3372 \text{ tm} = 337,2 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \alpha \sqrt[3]{M/b} \\ &= 0,2813 \sqrt[3]{337,2 / 1} \\ &= 6,1675 \text{ -----} \rightarrow h = 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt[3]{M/b}} = \frac{8}{\sqrt[3]{337,2 / 1}} = 0,4357$$

$$w = 0,4279$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h \\ &= 0,4279 \cdot 1 \cdot 8 \\ &= 3,4232 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
MIP PADANG

Terhadap susut

$$\begin{aligned} A_{\min} &= 0,25\% \cdot A_{\text{beton}} \cdot \epsilon_0 \\ &= 0,0025 \cdot 10 \cdot 100 \\ &= 2,5 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Dipakai tulangan pokok  $\phi 10 = \frac{1}{4} \pi d^2 = 0,7854 \text{ cm}^2$ .

Jarak tulangan pokok:

$$\alpha = \frac{A_1 \cdot \phi \cdot 100}{A} = \frac{0,7854 \cdot 100}{3,4232} = 22,9435 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan pokok  $\phi 10 - 10$

$$A = \frac{A_1 \cdot \phi \cdot 100}{A} = 7,854 \text{ cm}^2 > 3,4232 \text{ cm}^2.$$

$$\begin{aligned} A \text{ tulangan bagi} &= 20\% \cdot 3,4232 \\ &= 0,6846 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Dipakai tulangan  $\phi 6 \text{ mm}$

Luas satu tulangan =  $\frac{1}{4} \pi d^2 = 0,2827 \text{ cm}^2$ .

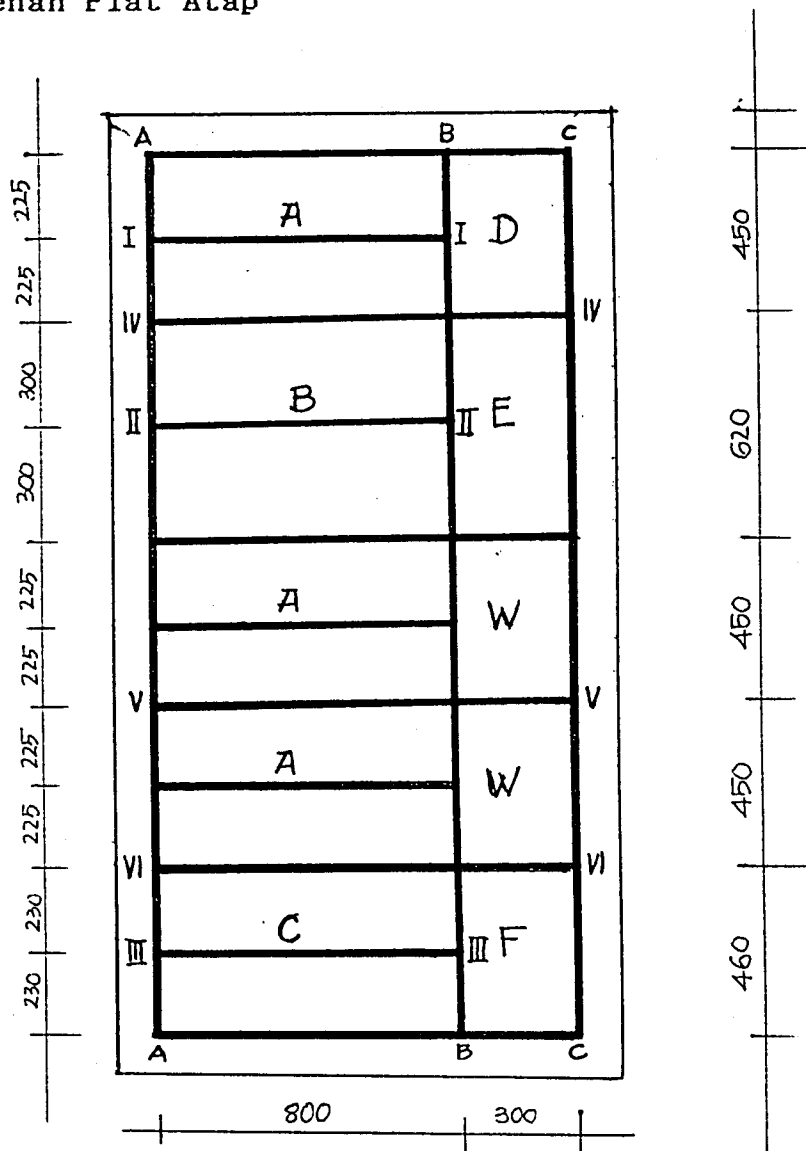
$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan} &= \frac{A_1 \cdot \phi \cdot 100}{A} = \frac{0,2827 \cdot 100}{A} \\ &= 41,2942 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan bagi  $\phi 6 - 20 \text{ cm}$

[ $A = 1,4135 \text{ cm}^2 > 0,6846 \text{ cm}^2$ ].

## D. Perhitungan Plat Atap

## 1. Denah Plat Atap



Gambar 8. Denah Plat Atap

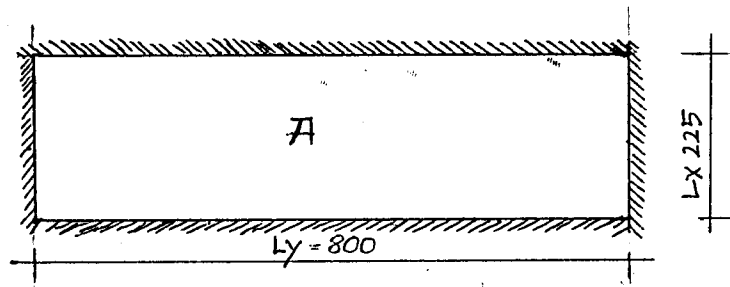
## 2. Ditentukan ukuran:

Tebal plat atap (ht)	=	12,0 cm
Tebal penutup beton	=	1,5 cm
Diameter ( $\phi$ ) tulangan	=	8,0 mm
h arah X	=	8,1 cm
h arah Y	=	7,3 cm

## 3. Beban yang bekerja:

Q berat sendiri	= 0,1 . 2,4 . 1	= 0,240 t/m <sup>2</sup>
Q berguna	= 0,1 . 1	= 0,100 t/m <sup>2</sup>
Q pemadam kebakaran		= 0,100 t/m <sup>2</sup>
Plafon dan penggantung		= 0,018 t/m <sup>2</sup>
<hr/>		
Q Total		= 0,458 t/m <sup>2</sup>
		= 458 kg/m <sup>2</sup>

## 4. Plat type A:



Gambar 9. Plat Type A.

$$l_y = 8,000 \text{ m}$$

$$l_x = 2,250 \text{ m}$$

$$l_y/l_x = 3,555 \text{ m}$$

## a. Persamaan momen:

$$M_{lx} = 0,042 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,042 \cdot 458 \cdot (2,25)^2 = 97,3823 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,008 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,008 \cdot 458 \cdot (2,25)^2 = 18,5490 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = 0,083 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,083 \cdot 458 \cdot (2,25)^2 = 192,4459 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = 0,057 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,057 \cdot 458 \cdot (2,25)^2 = 132,1616 \text{ kgm}$$

## b. Kontrol terhadap h min.

$$b = 1 \text{ m} ; \alpha = 0,2813 ; M_{lx} = 97,3823 \text{ kgm}$$

$$h_{\text{min.}} = \alpha \sqrt{M_{lx}/b}$$

$$= 0,2813 \cdot \sqrt{97,3823/1}$$

$$= 2,7759 \text{ cm} < 8,1 \text{ cm}$$

[konstruksi aman]

c. Mencari luas tulangan:

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M_{lx}/b}} = \frac{8,1}{\sqrt{97,3823/1}} = 0,8208$$

$$\alpha = 0,8208 \implies w = 0,2863$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h \\ &= 0,2863 \cdot 1 \cdot 8,1 \\ &= 2,3190 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Dipakai tulangan  $\phi 8-10 = 5,03 \text{ cm}^2 > 2,3190 \text{ cm}^2$

Kontrol terhadap  $h_{min}$ . dengan mengambil  $b = 1$  dan  $\alpha = 0,2813$ , untuk seluruh momen (nomor a). Dengan menggunakan cara dan rumus yang sama dengan nomor b didapatkan Tabel berikut:

Tabel 6. Kontrol terhadap  $h_{min}$ . setiap Momen

Momen (kg m)	$h_{min}(\text{cm})$	$h (\text{cm})$	Kesimpulan
$M_{lx} = 97,3825$	2,7759	8,1	konstruksi aman
$M_{tx} = 192,4459$	3,9023	8,1	konstruksi aman
$M_{ly} = 18,5490$	1,2115	7,3	konstruksi aman
$M_{ty} = 132,1616$	3,2339	7,3	konstruksi aman

Mencari luas tulangan pokok dan tulangan bagi untuk setiap momen yang bekerja, dapat dilakukan dengan cara dan rumus yang sama dengan nomor c.

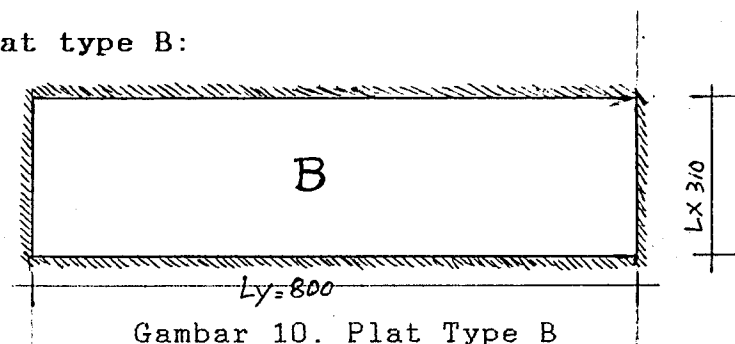
Tabel 7. Mencari harga  $w$  berdasarkan  $\alpha$  yang ditemukan

Momen (kg m)	$h$ (cm)	$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M/b}}$	$w$
$M_{lx} = 97,3825$	8,1	0,8208	0,2863
$M_{tx} = 192,4459$	8,1	0,5839	0,2863
$M_{ly} = 18,5490$	7,3	1,8807	0,2863
$M_{ty} = 132,1616$	7,3	0,7046	0,2863

Tabel 8. Luas tulangan pokok dan tulangan bagi dengan menggunakan rumus  $= w \cdot b \cdot h$

Momen (kg m)	Tulangan Pokok			Tulangan Bagi		
	$A$ (cm <sup>2</sup> )	$\phi$ B -Jarak	$A$ (cm <sup>2</sup> )tab	$A$ (cm <sup>2</sup> )	$\phi$ 6-Jarak	$A$ (cm <sup>2</sup> )
$M_{lx} = 97,3825$	2,3190	10 cm	5,03	0,4638	10 cm	2,83
$M_{tx} = 192,4459$	2,3190	10 cm	5,03	0,4638	10 cm	2,83
$M_{ly} = 18,5490$	2,3190	10 cm	5,03	0,4180	10 cm	2,83
$M_{ty} = 132,1616$	2,3190	10 cm	5,03	0,4180	10 cm	2,83

5. Plat type B:



Gambar 10. Plat Type B

$$\begin{aligned}
 l_y &= 8,000 \text{ m} \\
 l_x &= 3,100 \text{ m} \\
 l_y/l_x &= 2,580 \text{ m}
 \end{aligned}$$





a. Persamaan momen:

$$M_{lx} = 0,042 \cdot Q \cdot lx^2 = 0,042 \cdot 458 \cdot (3,10)^2 = 184,8580 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,008 \cdot Q \cdot lx^2 = 0,008 \cdot 458 \cdot (3,10)^2 = 35,2110 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = 0,083 \cdot Q \cdot lx^2 = 0,083 \cdot 458 \cdot (3,10)^2 = 365,3145 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = 0,057 \cdot Q \cdot lx^2 = 0,057 \cdot 458 \cdot (3,10)^2 = 250,8787 \text{ kgm}$$

b. Kontrol terhadap  $h_{\min}$ .

$$b = 1 \text{ m} ; \alpha = 0,2813 ; M_{lx} = 184,8580 \text{ kgm}$$

$$h_{\min} = \alpha \sqrt{M_{lx}/b}$$

$$= 0,2813 \cdot \sqrt{184,8580/1}$$

$$= 3,8246 \text{ cm} < 8,1 \text{ cm}$$

[konstruksi aman]

c. Mencari luas tulangan:

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M_{lx}/b}} = \frac{8,1}{\sqrt{184,8580/1}} = 0,5958$$

$$\alpha = 0,5958 \implies w = 0,2863$$

$$A = w \cdot b \cdot h$$

$$= 0,2863 \cdot 1 \cdot 8,1$$

$$= 2,3190 \text{ cm}^2.$$

Dipakai tulangan  $\phi 8 - 10 = 5,03 \text{ cm}^2 > 2,3190 \text{ cm}^2$

Kontrol terhadap  $h_{\min}$  dengan mengambil  $b = 1$ , dan  $\alpha = 0,2813$ , untuk seluruh momen (nomor a).

Dengan menggunakan cara dan rumus yang sama dengan nomor b) didapatkan Tabel 9 berikut:

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
KIP PADANG

Tabel 9. Kontrol terhadap h min. pada setiap Momen

Momen (kg m)	h min (cm)	h (cm)	Kesimpulan
Mlx = 184,8580	3,8246	8,1	konstruksi aman
Mtx = 365,3145	5,3765	8,1	konstruksi aman
Mly = 35,2110	1,6692	7,3	konstruksi aman
Mty = 250,8787	4,4556	7,3	konstruksi aman

Mencari luas tulangan pokok dan tulangan bagi untuk setiap momen yang bekerja, dapat dilakukan dengan cara dan rumus yang sama dengan nomor c.

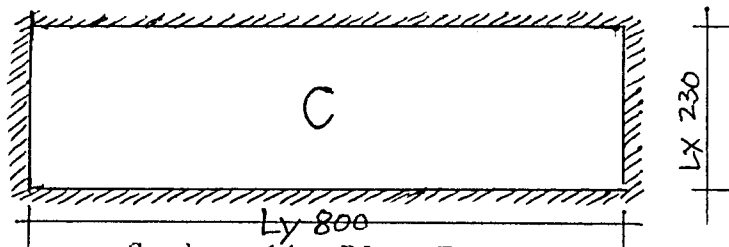
Tabel 10. Mencari harga w berdasarkan  $\alpha$  yang ditemukan

Momen (kg m)	h (cm)	$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M/b}}$	w
Mlx = 184,8580	8,1	0,5958	0,2863
Mtx = 365,3145	8,1	0,4238	0,4538
Mly = 35,2110	7,3	1,2300	0,2863
Mty = 250,8787	7,3	0,4609	0,3801

Tabel 11. Luas tulangan pokok dan tulangan bagi menggunakan rumus = w.b.h

Momen (kg m)	Tulangan Pokok			Tulangan Bagi		
	A (cm <sup>2</sup> )	Ø8 -Jarak	A(cm <sup>2</sup> )tab	A (cm <sup>2</sup> )	Ø6 -Jarak	A(cm <sup>2</sup> )tab
Mlx = 184,8580	2,3190	10 cm	5,03	0,4638	10 cm	2,83
Mtx = 365,3145	3,6758	10 cm	5,03	0,7352	10 cm	2,83
Mly = 35,2110	3,0900	10 cm	5,03	0,4180	10 cm	2,83
Mty = 250,8787	2,7742	10 cm	5,03	0,5549	10 cm	2,83

## 6. Plat type C:



Gambar 11. Plat Type C.

$$l_y = 8,000 \text{ m}$$

$$l_x = 2,300 \text{ m}$$

$$l_y/l_x = 3,478 \text{ m}$$

## a. Persamaan momen:

$$M_{lx} = 0,042 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,042 \cdot 458 \cdot (2,30)^2 = 101,7584 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,008 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,008 \cdot 458 \cdot (2,30)^2 = 19,3826 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = 0,083 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,083 \cdot 458 \cdot (2,30)^2 = 201,0941 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = 0,057 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,057 \cdot 458 \cdot (2,30)^2 = 138,1007 \text{ kgm}$$

## b. Kontrol terhadap h min.

$$b = 1 \text{ m} ; \alpha = 0,2813 ; M_{lx} = 101,7584 \text{ kgm}$$

$$h_{\text{min.}} = \alpha \sqrt{M_{lx}/b}$$

$$= 0,2813 \cdot \sqrt{101,7584/1}$$

$$= 2,8376 \text{ cm} < 8,1 \text{ cm}$$

[konstruksi aman]

## c. Mencari luas tulangan:

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M_{lx}/b}} = \frac{8,1}{\sqrt{101,7584/1}} = 0,8030$$

$$\alpha = 0,8030 \implies w = 0,2863$$

$$A_s = w \cdot b \cdot h$$

$$= 0,2863 \cdot 1 \cdot 8,1$$

$$= 2,3190 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } \phi 8-10 = 5,03 \text{ cm}^2 > 2,3190 \text{ cm}^2$$

Kontrol terhadap  $h$  min. dengan mengambil  $b = 1$ , dan  $\alpha = 0,2813$ , untuk seluruh momen (nomor a). Dengan menggunakan cara dan rumus yang sama dengan nomor b didapatkan Tabel 12 berikut:

Tabel 12. Kontrol terhadap  $h$  min. pada setiap momen

Momen (kg m)	$h$ min (cm)	$h$ (cm)	Kesimpulan
$M_{lx} = 101,7584$	2,8376	8,1	konstruksi aman
$M_{tx} = 201,0941$	3,9890	8,1	konstruksi aman
$M_{ly} = 19,3826$	1,2384	7,3	konstruksi aman
$M_{ty} = 138,1007$	3,3057	7,3	konstruksi aman

Mencari luas tulangan pokok dan tulangan bagi untuk setiap momen yang bekerja, dapat dilakukan dengan cara dan rumus yang sama dengan nomor c.

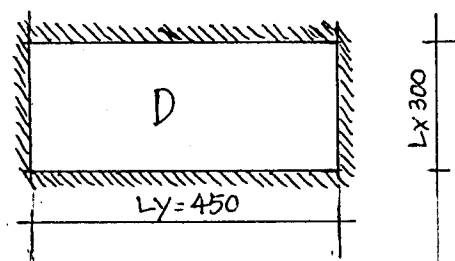
Tabel 13. Mencari harga  $w$  berdasarkan  $\alpha$  yang ditemukan

Momen (kg m)	$h$ (cm)	$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M/b}}$	$w$	Ket.
$M_{lx} = 101,7584$	8,1	0,8030	0,2863	
$M_{tx} = 201,0941$	8,1	0,5712	0,2863	
$M_{ly} = 19,3826$	7,3	1,6581	0,2863	
$M_{ty} = 138,1007$	7,3	0,6212	0,2863	

Tabel 14. Luas tulangan pokok dan tulangan bagi dengan menggunakan rumus  $= w \cdot b \cdot h$

Momen (kg m)	Tulangan Pokok			Tulangan Bagi		
	A (cm <sup>2</sup> )	∅B -Jarak	A(cm <sup>2</sup> )tab	A (cm <sup>2</sup> )	∅6 -Jarak	A(cm <sup>2</sup> )tab
M <sub>lx</sub> = 101,7584	2,3190	10 cm	5,03	0,4638	10 cm	2,83
M <sub>tx</sub> = 201,0941	2,3190	10 cm	5,03	0,4638	10 cm	2,83
M <sub>ly</sub> = 19,3826	2,0900	10 cm	5,03	0,4180	10 cm	2,83
M <sub>ty</sub> = 138,1007	2,0900	10 cm	5,03	0,4180	10 cm	2,83

7. Plat type D:



Gambar 12. Plat Type D

$$\begin{aligned}
 l_y &= 4,500 \text{ m} \\
 l_x &= 3,000 \text{ m} \\
 l_y/l_x &= 1,500 \text{ m}
 \end{aligned}$$

a. Persamaan momen:

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,036 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,036 \cdot 458 \cdot (3,00)^2 = 148,3920 \text{ kgm} \\
 M_{ly} &= 0,017 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,017 \cdot 458 \cdot (3,00)^2 = 70,0740 \text{ kgm} \\
 M_{tx} &= 0,076 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,076 \cdot 458 \cdot (3,00)^2 = 313,2720 \text{ kgm} \\
 M_{ty} &= 0,057 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,057 \cdot 458 \cdot (3,00)^2 = 234,9540 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

b. Kontrol terhadap h min.

$$\begin{aligned}
 b &= 1 \text{ m} \quad ; \quad \alpha = 0,2813 \quad ; \quad M_{lx} = 148,3920 \text{ kgm} \\
 h_{\text{min.}} &= \alpha \sqrt{M_{lx}/b} \\
 &= 0,2813 \cdot \sqrt{148,3920/1} \\
 &= 3,4267 \text{ cm} < 8,1 \text{ cm} \Rightarrow \text{[konstruksi aman]}
 \end{aligned}$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
MKIP PADANG

c. Mencari luas tulangan:

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{Mlx/b}} = \frac{8,1}{\sqrt{148,3920/1}} = 0,6649$$

$$\alpha = 0,6649 \implies w = 0,2863$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h \\ &= 0,2863 \cdot 1 \cdot 8,1 \\ &= 2,3190 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Dipakai tulangan  $\phi 8 - 10 = 5,03 \text{ cm}^2 > 2,3190 \text{ cm}^2$

Kontrol terhadap h min. dengan mengambil  $b = 1$ , dan  $\alpha = 0,2813$ , untuk seluruh momen (nomor a). Dengan menggunakan cara dan rumus yang sama dengan nomor b didapatkan Tabel berikut:

Tabel 15. Kontrol terhadap h min. pada setiap momen

Momen (kg m)	h min (cm)	h (cm)	Kesimpulan
$M_{lx} = 148,3920$	3,4267	8,1	konstruksi aman
$M_{tx} = 70,0740$	4,9789	8,1	konstruksi aman
$M_{ly} = 313,2720$	2,3548	7,3	konstruksi aman
$M_{ty} = 234,9540$	4,3118	7,3	konstruksi aman

Mencari luas tulangan pokok dan tulangan bagi untuk setiap momen yang bekerja, dapat dilakukan dengan cara dan rumus yang sama dengan nomor c.

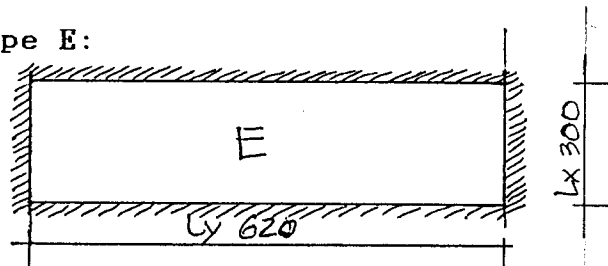
Tabel 16. Mencari harga  $w$  berdasarkan  $\alpha$  yang ditemukan

Momen (kg m)	$h$ (cm)	$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M/b}}$	$w$	Ket.
$M_{lx} = 148,3920$	8,1	0,6649	0,2863	
$M_{tx} = 70,0740$	8,1	0,4576	0,3859	
$M_{ly} = 313,2720$	7,3	0,8721	0,2863	
$M_{ty} = 234,9540$	7,3	0,4762	0,3550	

Tabel 17. Luas tulangan pokok dan tulangan bagi dengan menggunakan rumus  $= w \cdot b \cdot h$ 

Momen (kg m)	Tulangan Pokok			Tulangan Bagi		
	$A$ (cm <sup>2</sup> )	$\phi 8$ -Jarak	$A$ (cm <sup>2</sup> )tab	$A$ (cm <sup>2</sup> )	$\phi 6$ -Jarak	$A$ (cm <sup>2</sup> )tab
$M_{lx} = 148,3920$	2,3190	10 cm	5,03	0,4638	10 cm	2,83
$M_{tx} = 70,0740$	3,1258	10 cm	5,03	0,6252	10 cm	2,83
$M_{ly} = 313,2720$	2,0900	10 cm	5,03	0,4180	10 cm	2,83
$M_{ty} = 234,9540$	2,5915	10 cm	5,03	0,5183	10 cm	2,83

## 7. Plat type E:



Gambar 13. Plat Type E

$$l_y = 6,200 \text{ m}$$

$$l_x = 3,000 \text{ m}$$

$$l_y/l_x = 2,066 \text{ m}$$



a. Persamaan momen:

$$M_{lx} = 0,041.Q.lx^2 = 0,042.458.(3,00)^2 = 169,0020 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,083.Q.lx^2 = 0,008.458.(3,00)^2 = 342,1260 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = 0,011.Q.lx^2 = 0,083.458.(3,00)^2 = 48,2274 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = 0,057.Q.lx^2 = 0,057.458.(3,00)^2 = 234,9540 \text{ kgm}$$

b. Kontrol terhadap h min.

$$b = 1 \text{ m} ; \alpha = 0,2813 ; M_{lx} = 169,0020 \text{ kgm}$$

$$h \text{ min.} = \alpha \sqrt{M_{lx}/b}$$

$$= 0,2813 \cdot \sqrt{169,0020/1}$$

$$= 3,6569 \text{ cm} < 8,1 \text{ cm}$$

[konstruksi aman]

c. Mencari luas tulangan:

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M_{lx}/b}} = \frac{8,1}{\sqrt{169,0020/1}} = 0,6231$$

$$\alpha = 0,6231 \implies w = 0,2863$$

$$A = w \cdot b \cdot h$$

$$= 0,2863 \cdot 1 \cdot 8,1$$

$$= 2,3190 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Dipakai tulangan } \phi 8-10 = 5,03 \text{ cm}^2 > 2,3190 \text{ cm}^2$$

Kontrol terhadap h min. dengan mengambil  $b = 1$ ,

dan  $\alpha = 0,2813$ , untuk seluruh momen (nomor a).

Dengan menggunakan cara dan rumus yang sama dengan

nomor b didapatkan Tabel 18 berikut:

Tabel 18. Kontrol terhadap h min. setiap momen

Momen (kg m)	h min (cm)	h (cm)	Kesimpulan
$M_{lx} = 169,0020$	3,6569	8,1	konstruksi aman
$M_{tx} = 342,1260$	5,2031	8,1	konstruksi aman
$M_{ly} = 48,2274$	1,9535	7,3	konstruksi aman
$M_{ty} = 234,9540$	4,3118	7,3	konstruksi aman

Mencari luas tulangan pokok dan tulangan bagi untuk setiap momen yang bekerja, dapat dilakukan dengan cara dan rumus yang sama dengan nomor c.

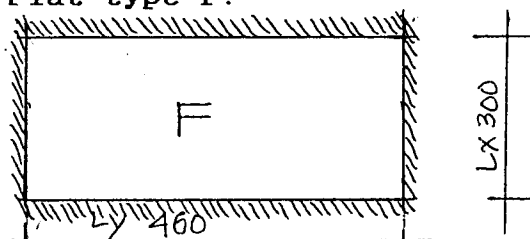
Tabel 19. Mencari harga  $w$  berdasarkan  $\alpha$  yang ditemukan

Momen (kg m)	$h$ (cm)	$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M/b}}$	$w$	Ket.
$M_{lx} = 169,0020$	8,1	0,6231	0,2863	
$M_{tx} = 342,1260$	8,1	0,4379	0,4234	
$M_{ly} = 48,2274$	7,3	1,0512	0,3863	
$M_{ty} = 234,9540$	7,3	0,4762	0,3550	

Tabel 20. Luas tulangan pokok dan tulangan bagi dengan menggunakan rumus  $= w \cdot b \cdot h$

Momen (kg m)	Tulangan Pokok			Tulangan Bagi		
	$A$ (cm <sup>2</sup> )	$\phi 8$ -Jarak	$A$ (cm <sup>2</sup> )tab	$A$ (cm <sup>2</sup> )	$\phi 6$ -Jarak	$A$ (cm <sup>2</sup> )tab
$M_{lx} = 169,0020$	2,3190	10 cm	5,03	0,4638	10 cm	2,83
$M_{tx} = 342,1260$	3,4295	10 cm	5,03	0,6859	10 cm	2,83
$M_{ly} = 48,2274$	2,0900	10 cm	5,03	0,4180	10 cm	2,83
$M_{ty} = 234,9540$	2,5915	10 cm	5,03	0,5183	10 cm	2,83

### 9. Plat type F:



Gambar 14. Plat Type F

$$\begin{aligned} l_y &= 4,600 \text{ m} \\ l_x &= 3,000 \text{ m} \\ l_y/l_x &= 1,533 \text{ m} \end{aligned}$$

a. **Persamaan momen:**

$$M_{lx} = 0,036 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,036 \cdot 458 \cdot (3,00)^2 = 149,6286 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,016 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,016 \cdot 458 \cdot (3,00)^2 = 68,8374 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = 0,076 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,076 \cdot 458 \cdot (3,00)^2 = 316,1574 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = 0,057 \cdot Q \cdot l_x^2 = 0,057 \cdot 458 \cdot (3,00)^2 = 234,9540 \text{ kgm}$$

b. **Kontrol terhadap h min.**

$$b = 1 \text{ m} ; \alpha = 0,2813 ; M_{lx} = 149,6286 \text{ kgm}$$

$$h_{\text{min.}} = \alpha \sqrt{M_{lx}/b}$$

$$= 0,2813 \cdot \sqrt{149,6286/1}$$

$$= 3,4409 \text{ cm} < 8,1 \text{ cm}$$

[konstruksi aman]

c. **Mencari luas tulangan:**

$$\alpha = \frac{h}{8,1} = \frac{8,1}{\sqrt{M_{lx}/b}} = 0,6621$$

$$\alpha = 0,6621 \implies w = 0,2863$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h \\ &= 0,2863 \cdot 1 \cdot 8,1 \\ &= 2,3190 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 8-10 = 5,03 \text{ cm}^2 > 2,3190 \text{ cm}^2$

Kontrol terhadap h min. dengan mengambil  $b = 1$ , dan  $\alpha = 0,2813$ , untuk seluruh momen (nomor a). Dengan menggunakan cara dan rumus yang sama dengan nomor b didapatkan Tabel berikut:

Tabel 21. Kontrol terhadap h min. setiap momen

Momen (kg m)	h min (cm)	h (cm)	Kesimpulan
M <sub>lx</sub> = 149,6286	3,4409	8,1	konstruksi aman
M <sub>tx</sub> = 68,8374	2,3339	8,1	konstruksi aman
M <sub>ly</sub> = 316,1574	5,0017	7,3	konstruksi aman
M <sub>ty</sub> = 234,9540	4,3118	7,3	konstruksi aman

Mencari luas tulangan pokok dan tulangan bagi untuk setiap momen yang bekerja, dapat dilakukan dengan cara dan rumus yang sama dengan nomor c.

Tabel 22. Mencari harga w berdasarkan  $\alpha$  yang ditemukan

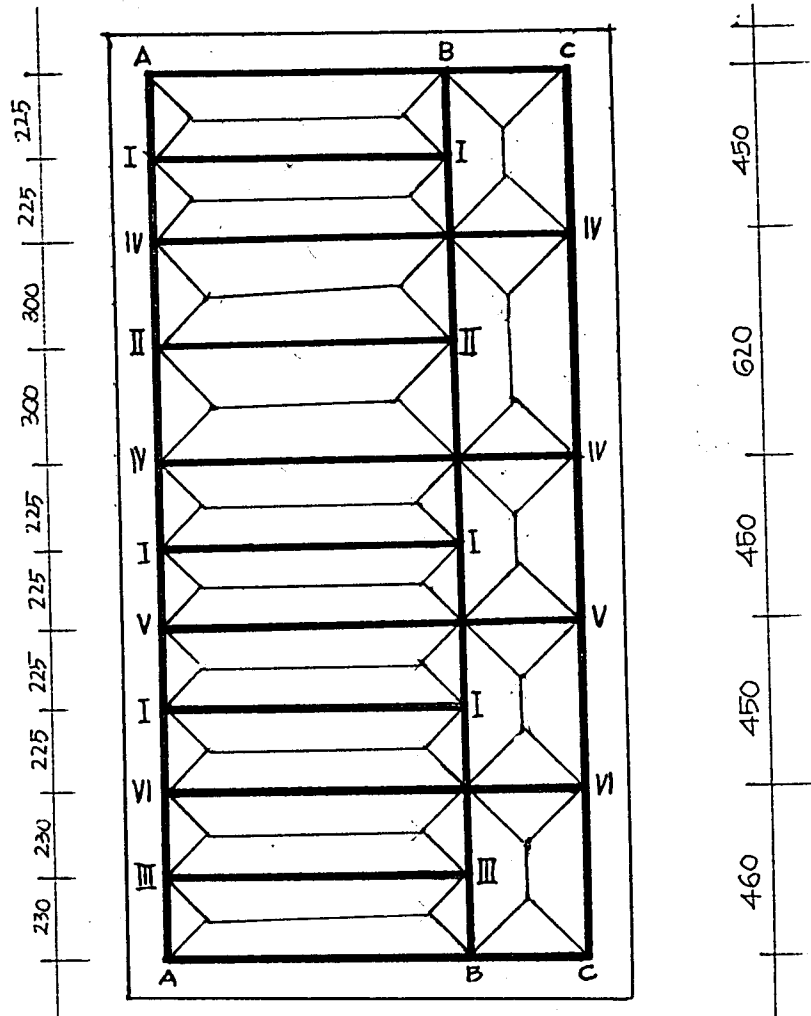
Momen (kg m)	h (cm)	$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M/b}}$	w	Ket.
M <sub>lx</sub> = 149,6286	8,1	0,6622	0,2863	
M <sub>tx</sub> = 68,8374	8,1	0,8799	0,2863	
M <sub>ly</sub> = 316,1574	7,3	0,4555	0,3897	
M <sub>ty</sub> = 234,9540	7,3	0,4762	0,3550	

Tabel 23. Luas tulangan pokok dan tulangan bagi dengan menggunakan rumus  $= w \cdot b \cdot h$ 

Momen (kg m)	Tulangan Pokok			Tulangan Bagi		
	A (cm <sup>2</sup> )	∅8 -Jarak	A(cm <sup>2</sup> )tab	A (cm <sup>2</sup> )	∅6 -Jarak	A(cm <sup>2</sup> )tab
M <sub>lx</sub> = 149,6286	2,3190	10 cm	5,03	0,4638	10 cm	2,83
M <sub>tx</sub> = 68,8374	2,0900	10 cm	5,03	0,4180	10 cm	2,83
M <sub>ly</sub> = 316,1574	3,1566	10 cm	5,03	0,6313	10 cm	2,83
M <sub>ty</sub> = 234,9540	2,5915	10 cm	5,03	0,5183	10 cm	2,83

## E. Perhitungan Balok Atap

### 1. Gambar Rencana Balok Atap



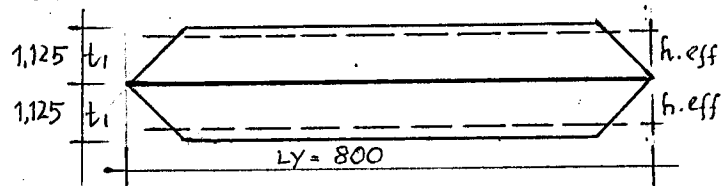
Gambar 15. Denah Balok

### 2. Balok Anak

Direncanakan : Lebar balok = 35 cm = 0,35 m

Tinggi balok = 50 cm = 0,50 m

#### a. Balok Anak Jalur I-I



Gambar 16. Balok Anak Jalur I-I

$$\begin{aligned}
 h_{\text{eff.}} &= t_1 - 4 (t_1)^3 / 3 (ly)^2 \\
 &= 1,125 - 4 (1,125)^3 / 3 (8)^2 \\
 &= 1,0953 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Beban-beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = 2 \cdot 1,0953 \cdot 458 = 1003,2948 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sdr.} = 0,35 \cdot 0,4 \cdot 2400 = 336 \text{ kg/m}$$

---


$$Q_{\text{Total}} = 1339,2948 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 M^+ &= 1/11 \cdot Q \cdot l^2 = 1/11 \cdot 1339,2948 \cdot (8)^2 \\
 &= 7792,2607 \text{ kg m.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M^- &= 1/16 \cdot Q \cdot l^2 = 1/16 \cdot 1339,2948 \cdot (8)^2 \\
 &= 5357,1792 \text{ kg m.}
 \end{aligned}$$

Untuk Momen (M+) = 7792,2607 kg m

$$\begin{aligned}
 h &= h_t - d \\
 &= 50 - 3 = 47 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{h}{\sqrt{M^+/b}} = \frac{47}{\sqrt{7792,2607 / 0,35}} \\
 &= 0,3150 \implies w = 0,8526
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= w \cdot b \cdot h = 0,8526 \cdot 0,35 \cdot 47 \\
 &= 14,0253 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 4  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
 [15,205 cm<sup>2</sup> > 14,0253 cm<sup>2</sup>].

Untuk Momen (M-) = 5357,1792 kg m

$$h = 47 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{h}{\sqrt{M^-/b}} = \frac{47}{\sqrt{5357,1792 / 0,35}} \\
 &= 0,3799 \implies w = 0,5722
 \end{aligned}$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,5722 \cdot 0,35 \cdot 47 \\ = 9,4127 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 3  $\phi$  22 (Tabel baja)  
 $[11,404 \text{ cm}^2 > 9,4127 \text{ cm}^2]$ .

Check gaya geser karena lentur dan puntir  
 Karena gaya lintang

$$Q = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 458 \cdot 8 \\ = 1832 \text{ kg}$$

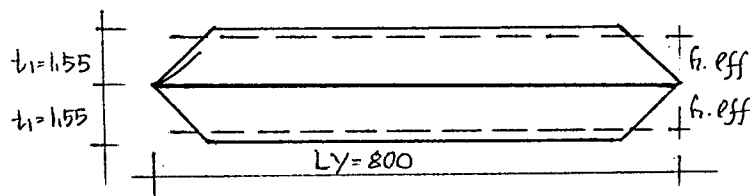
$$\Gamma_b = \frac{Q}{7/8 b \cdot h} = \frac{1832}{7/8 \cdot 35 \cdot 47} \\ = 1,2728 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\Gamma_b < \Gamma_b = 6,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Gamma_b < \Gamma_{bm} = 14 \text{ kg/cm}^2.$$

Kesimpulan: Tidak perlu tulangan geser, hanya  
 memerlukan sengkang.  $\phi 8 - 30 \text{ cm}$ .

#### b. Balok Anak Jalur II-II



Gambar 17. Balok Anak Jalur II-II

$$h_{\text{eff.}} = t_1 - \frac{4 (t_1)^3}{3 (l_y)^2} \\ = 1,55 - \frac{4 (1,55)^3}{3 (8)^2} \\ = 1,4724 \text{ m}$$

Beban-beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = 2 \cdot 1,4724 \cdot 458 = 1348,7184 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sdr.} = 0,35 \cdot 0,4 \cdot 2400 = 336 \text{ kg/m}$$

---


$$Q_{\text{Total}} = 1684,7184 \text{ kg/m}$$

$$M+ = 1/11 \cdot Q \cdot l^2 = 1/11 \cdot 1684,7184 \cdot (8)^2 \\ = 9801,998 \text{ kg m.}$$

$$M- = 1/16 \cdot Q \cdot l^2 = 1/16 \cdot 1684,7184 \cdot (8)^2 \\ = 6738,8736 \text{ kg m.}$$

Untuk Momen (M+) = 9801,998 kg m

$$h = ht - d$$

$$= 50 - 3 = 47 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M+/b}} = \frac{47}{\sqrt{9801,998 / 0,35}} \\ = 0,2814 \implies w = 1,0857$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 1,0857 \cdot 0,35 \cdot 47 \\ = 17,8598 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 5  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
[19,007 cm<sup>2</sup> > 17,8598 cm<sup>2</sup>].

Untuk Momen (M-) = 6738,8736 kg m

$$h = 47 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M-/b}} = \frac{47}{\sqrt{6738,8736 / 0,35}} \\ = 0,3387 \implies w = 0,7304$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,7304 \cdot 0,35 \cdot 47 \\ = 12,0151 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 4  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
[15,205 cm<sup>2</sup> > 12,0151 cm<sup>2</sup>].

Check gaya geser karena lentur dan puntir

Karena gaya lintang .

$$Q = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 458 \cdot 8 \\ = 1832 \text{ kg}$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
IKIP PADANG



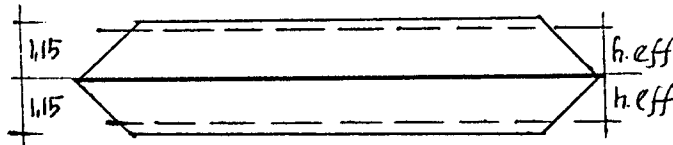
$$\Gamma_b = \frac{Q}{7/8 b \cdot h} = \frac{1832}{7/8 \cdot 35 \cdot 47} = 1,2728 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\Gamma_b < \Gamma_b = 6,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Gamma_b < \Gamma_{bm} = 14 \text{ kg/cm}^2.$$

Kesimpulan: Tidak perlu tulangan geser, hanya memerlukan sengkang  $\phi 8 - 30 \text{ cm}$ .

c. Balok Anak Jalur III-III



Gambar 18. Balok Anak Jalur III-III

$$\begin{aligned} h_{\text{eff.}} &= t_1 - 4 (t_1)^3 / 3 (l_y)^2 \\ &= 1,15 - 4 (1,15)^3 / 3 (8)^2 \\ &= 1,1183 \text{ m} \end{aligned}$$

Beban-beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = 2 \cdot 1,1183 \cdot 458 = 1024,3628 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sdr.} = 0,35 \cdot 0,4 \cdot 2400 = 336 \text{ kg/m}$$

---


$$Q \text{ Total} = 1360,3628 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M+ &= 1/11 \cdot Q \cdot l^2 = 1/11 \cdot 1360,3628 \cdot (8)^2 \\ &= 7914,8381 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M- &= 1/16 \cdot Q \cdot l^2 = 1/16 \cdot 1360,3628 \cdot (8)^2 \\ &= 5441,4512 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

Untuk Momen (M+) = 7914,8381 kg m

$$h = h_t - d$$

$$= 50 - 3 = 47 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M^+/b}} = \frac{47}{\sqrt{7914,8381 / 0,35}}$$

$$= 0,3125 \implies w = 0,8675$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,8675 \cdot 0,35 \cdot 47$$

$$= 14,2704 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 4  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
 [15,205 cm<sup>2</sup> > 14,2704 cm<sup>2</sup>].

Untuk Momen (M-) = 5441,4512 kg m

$$h = 47 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M^-/b}} = \frac{47}{\sqrt{5441,4512 / 0,35}}$$

$$= 0,3769 \implies w = 0,5811$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,5811 \cdot 0,35 \cdot 47$$

$$= 9,5591 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 3  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
 [11,404 cm<sup>2</sup> > 9,5591 cm<sup>2</sup>].

Check gaya geser karena lentur dan puntir  
 Karena gaya lintang

$$Q = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 458 \cdot 8$$

$$= 1832 \text{ kg}$$

$$\Gamma_b = \frac{Q}{7/8 b \cdot h} = \frac{1832}{7/8 \cdot 35 \cdot 47}$$

$$= 1,2728 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\Gamma_b < \Gamma_b = 6,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Gamma_b < \Gamma_{bm} = 14 \text{ kg/cm}^2.$$

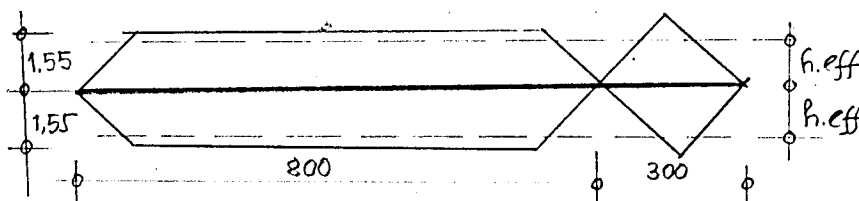
Kesimpulan: Tidak perlu tulangan geser, hanya  
 memerlukan sengkang  $\emptyset$ 8 - 30 cm.

### 3. Balok Induk

Direncanakan:

- Untuk bentang = 8 m
  - Lebar balok = 35 cm = 0,35 m
  - Tinggi balok = 50 cm = 0,50 m
- Untuk bentang = 3 m
  - Lebar balok = 25 cm = 0,25 m
  - Tinggi balok = 35 cm = 0,35 m
- Untuk bentang = 19,8 m
  - Lebar balok = 40 cm = 0,40 m
  - Tinggi balok = 60 cm = 0,60 m

#### a. Balok Jalur IV-IV



Gambar 19. Balok Induk Jalur IV-IV

Untuk muatan trapesium:

$$\begin{aligned} h_{eff_1} &= t_1 - 4 (t_1)^3 / 3 (ly)^2 \\ &= 1,125 - 4 (1,125)^3 / 3 (8)^2 \\ &= 1,0953 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{eff_2} &= t_1 - 4 (t_1)^3 / 3 (ly)^2 \\ &= 1,55 - 4 (1,55)^3 / 3 (8)^2 \\ &= 1,4724 \text{ m} \end{aligned}$$

Beban-beban yang bekerja:

$$\begin{aligned} \text{Berat plat} &= (1,0953 + 1,4724) \cdot 458 = 1176,0066 \text{ kg/m} \\ \text{Berat sdr.} &= 0,35 \cdot 0,4 \cdot 2400 = 336 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

---


$$Q_1 = 1512,0066 \text{ kg/m}$$

Untuk muatan segitiga:

$$h_{eff.} = 2/3 \cdot 1,5 = 1 \text{ m}$$

Beban-beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = 2 \cdot 1 \cdot 458 = 916 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sdr.} = 0,25 \cdot 0,25 \cdot 2400 = 150 \text{ kg/m}$$

$$Q_2 = 1066 \text{ kg/m}$$

Metode Cross:

Mencari momen primer;

$$\begin{aligned} M_1 = -M_2 &= 1/12 \cdot Q_1 \cdot l^2 \\ &= 1/12 \cdot 1512 \cdot 0066 \cdot (8)^2 \\ &= 8064,0352 \text{ kg m} \end{aligned}$$

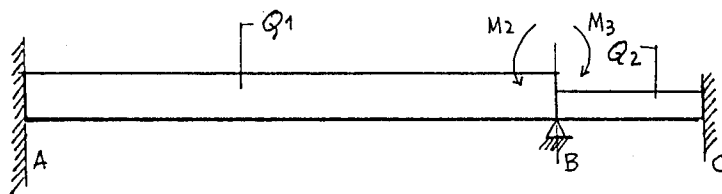
$$\begin{aligned} M_3 = -M_4 &= 1/12 \cdot Q_2 \cdot l^2 \\ &= 1/12 \cdot 1066 \cdot (3)^2 \\ &= 799,5 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

Mencari angka kekakuan dan angka distribusi:

$$K_{BA} = 1/8 \quad ; \quad K_{BC} = 1/3$$

$$B : BA = K_{BA}/K_{BA} + K_{BC} = 0,2727$$

$$BC = K_{BC}/K_{BA} + K_{BC} = 0,7273$$



Gambar 20. Gaya yang bekerja pada Balok

Tabel 24. Distribusi Gaya pada Balok

A	B		C
AB	BA	BC	CB
---	0,2727	0,7273	---
8064,0352	-8064,0352	799,5000	-799,5000
990,5194	1981,0387	5283,4965	2641,7482
9054,5546	-6082,9965	6082,9965	1842,2482

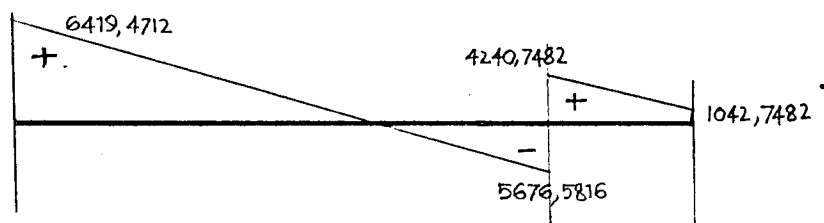
S . F . D.

$$\begin{aligned} \text{RA} &= \frac{1}{2} \cdot 1512,0066 \cdot 8 + (9054,5546 - 6082,9965 / 8) \\ &= 6419,4712 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RB ki} &= \frac{1}{2} \cdot 1512,0066 \cdot 8 + (6082,9965 - 9054,5546 / 8) \\ &= 5676,5816 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RB ka} &= \frac{1}{2} \cdot 1066 \cdot 3 + (6082,9965 - 1842,2482 / 3) \\ &= 4240,7482 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RC} &= \frac{1}{2} \cdot 1066 \cdot 3 + (1842,2482 - 6082,9965 / 3) \\ &= -1042,7482 \text{ kg.} \end{aligned}$$



Gambar 21. Gaya Lintang

$$\begin{aligned} X1 / (8 - X1) &= 6419,4712 / 5676,5816 \\ X1 &= 4,2457 \text{ m} \end{aligned}$$

B . M . D.

$$\begin{aligned} \text{Batang AB : M max} &= -9054,5546 + 6419,4712 \cdot 4,2457 - \\ &\quad \frac{1}{2} \cdot 1512,0066 \cdot 4,2457^2 \\ &= 4572,9026 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

Tinjauan Batang AB:

$$M+ = 4572,9026 \text{ kg m}$$

$$\alpha = \frac{47}{4572,9026 / 0,35}$$

$$= 0,4112 \implies w = 0,4838$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h \\ &= 0,4838 \cdot 0,35 \cdot 47 \\ &= 7,9585 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 3  $\phi$ 22 mm  
 [11,404 cm<sup>2</sup> > 7,9585 cm<sup>2</sup>]

$$M- = 9054,5546 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{47}{9054,5546 / 0,35}$$

$$= 0,2922 \text{ =====> } w = 1,0011$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h. \\ &= 1,0011 \cdot 0,35 \cdot 47 \\ &= 16,4681 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 5  $\phi$ 22 mm  
[19,007  $\text{cm}^2 > 16,4681 \text{ cm}^2$ ]

$$M- = 6082,9965 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{47}{6082,9962 / 0,35}$$

$$= 0,3565 \text{ =====> } w = 0,6549$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h. \\ &= 0,6549 \cdot 0,35 \cdot 47 \\ &= 10,7731 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 2  $\phi$ 22 mm.  
[7,603  $\text{cm}^2 > 4,7096 \text{ cm}^2$ ].

$$M+ = 1842,2482 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{47}{1842,2482 / 0,35}$$

$$= 0,6478 \text{ =====> } w = 0,2863$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h. \\ &= 0,2863 \cdot 0,35 \cdot 47 \\ &= 4,7096 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 2  $\phi$ 22 mm.  
[7,603  $\text{cm}^2 > 4,7096 \text{ cm}^2$ ]

Check Muatan/Gaya Geser karena Lentur dan Puntir

$$Q = \frac{1}{2} \cdot 1512,0066 \cdot 8$$

$$= 6048,0264 \text{ kg.}$$

$$\Gamma_b = \frac{Q}{7/8 b \cdot h} = \frac{6048,0264}{7/8 \cdot 35 \cdot 47}$$

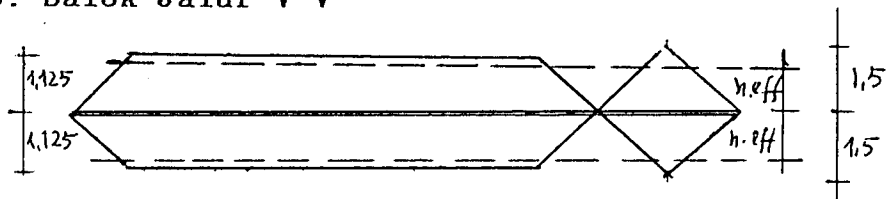
$$= 4,2018 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\Gamma_b < \Gamma_b = 6,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Gamma_b < \Gamma_{bm} = 14 \text{ kg/cm}^2.$$

Kesimpulan: Tidak perlu tulangan geser, hanya memerlukan sengkang  $\phi 8 - 30 \text{ cm}$ .

b. Balok Jalur V-V



Gambar 22. Balok Induk Jalur V-V

Untuk muatan trapesium:

$$\begin{aligned} h_{eff_1} &= t_1 - 4 (t_1)^3 / 3 (l_y)^2 \\ &= 1,125 - 4 (1,125)^3 / 3 (8)^2 \\ &= 1,0953 \text{ m} \end{aligned}$$

Beban-beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = 2 \cdot 1,0953 \cdot 458 = 1003,2948 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sdr.} = 0,35 \cdot 0,4 \cdot 2400 = 336 \text{ kg/m}$$

---


$$Q_1 = 1339,0066 \text{ kg/m}$$

Untuk muatan segitiga:

$$h_{eff.} = 2/3 \cdot 1,5 = 1 \text{ m}$$

Beban-beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = 2 \cdot 1 \cdot 458 = 916 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sdr.} = 0,25 \cdot 0,25 \cdot 2400 = 150 \text{ kg/m}$$

---


$$Q_2 = 1066 \text{ kg/m}$$

Metode Cross:

Mencari momen primer;

$$\begin{aligned} M_1 = -M_2 &= 1/12 \cdot Q_1 \cdot l^2 \\ &= 1/12 \cdot 1339.0066 \cdot (8)^2 \\ &= 7142,9056 \text{ kg m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_3 = -M_4 &= 1/12 \cdot Q_2 \cdot l^2 \\ &= 1/12 \cdot 1066 \cdot (3)^2 \\ &= 799,5 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

Mencari angka kekakuan dan angka distribusi:

$$K_{BA} = 1/8 \quad ; \quad K_{BC} = 1/3$$

$$B : BA = K_{BA}/K_{BA} + K_{BC} = 0,2727$$

$$BC = K_{BC}/K_{BA} + K_{BC} = 0,7273$$

Tabel 25. Distribusi Gaya yang Bekerja pada Balok

A	B		C
AB	BA	BC	CB
---	0,2727	0,7273	---
7142,9056	-7142,9056	799,5000	-799,5000
864,9234	1729,8467	4613,5589	2306,7794
8007,8290	-5413,0589	5413,0589	1507,2794

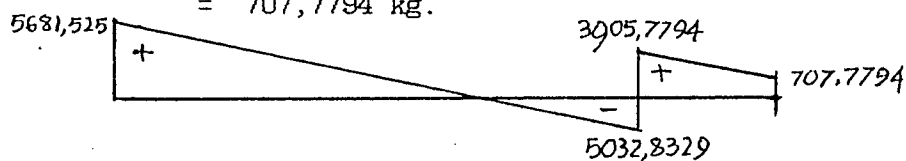
S . F . D.

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{1}{2} \cdot 1339,2948 \cdot 8 + (8007,8290 - 5413,0589) / 8 \\ &= 5681,5255 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{B \text{ ki}} &= \frac{1}{2} \cdot 1339,2948 \cdot 8 + (5413,0589 - 8007,8290) / 8 \\ &= 5032,8329 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{B \text{ ka}} &= \frac{1}{2} \cdot 1066 \cdot 3 + (5413,0589 + 1507,2794) / 3 \\ &= 3905,7794 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_C &= \frac{1}{2} \cdot 1066 \cdot 3 - (1507,2794 + 5413,0589) / 3 \\ &= 707,7794 \text{ kg.} \end{aligned}$$



Gambar 23. Gaya Lintang



$$X1 / (8 - X1) = 5681,5255 / 5032,8329$$

$$X1 = 4,2422 \text{ m}$$

B . M . D.

$$\begin{aligned} \text{Batang AB : } M_{\text{max}} &= -8007,8290 + 5681,5255 \cdot 4,2922 - \\ &\quad \frac{1}{2} \cdot 1339,2948 \cdot 4,2457^2 . \\ &= 4043,1892 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

Tinjauan Batang AB:

$$M+ = 4043,1892 \text{ kg m}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{47}{4043,1892 / 0,35} \\ &= 0,4373 \text{ =====> } w = 0,4246 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h . \\ &= 0,4246 \cdot 0,35 \cdot 47 \\ &= 6,9848 \text{ cm}^2 . \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 2  $\phi$ 22 mm  
[7,603 cm<sup>2</sup> > 6,9848 cm<sup>2</sup>]

$$M- = 8007,8290 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{47}{8007,8290 / 0,35} \\ &= 0,3107 \text{ =====> } w = 0,8734 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h . \\ &= 0,8734 \cdot 0,35 \cdot 47 \\ &= 14,3674 \text{ cm}^2 . \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 4  $\phi$ 22 mm  
[15,205 cm<sup>2</sup> > 14,3674 cm<sup>2</sup>]

$$M- = 5413,0589 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{47}{5413,0589 / 0,35} \\ &= 0,3779 \text{ =====> } w = 0,5785 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= w \cdot b \cdot h \\
 &= 0,5785 \cdot 0,35 \cdot 47 \\
 &= 9,5163 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 3  $\phi$ 22 mm.  
 [11,404 cm<sup>2</sup> > 9,5163 cm<sup>2</sup>].

$$M+ = 1507,2794 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{47}{1507,2794 / 0,35} \\
 &= 0,7162 \implies w = 0,2863
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= w \cdot b \cdot h \\
 &= 0,2863 \cdot 0,35 \cdot 47 \\
 &= 4,7096 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 2  $\phi$ 22 mm.  
 [7,603 cm<sup>2</sup> > 4,7096 cm<sup>2</sup>]

Check Muatan/Gaya Geser karena Lentur dan Puntir

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{1}{2} \cdot 1339,2948 \cdot 8 \\
 &= 5357,1792 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

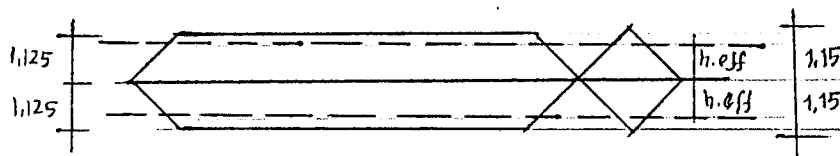
$$\begin{aligned}
 \Gamma_b &= \frac{Q}{7/8 \cdot b \cdot h} = \frac{5357,1792}{7/8 \cdot 35 \cdot 47} \\
 &= 3,7219 \text{ kg/cm}^2.
 \end{aligned}$$

$$\Gamma_b < \Gamma_b = 6,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Gamma_b < \Gamma_{bm} = 14 \text{ kg/cm}^2.$$

Kesimpulan: Tidak perlu tulangan geser, hanya memerlukan sengkang  $\phi$ 8 - 30 cm.

### c. Balok Jalur VI-VI



Gambar 24. Balok Induk Jalur VI-VI

Untuk muatan trapesium:

$$\begin{aligned} h_{\text{eff}_1} &= t_1 - 4 (t_1)^3 / 3 (ly)^2 \\ &= 1,125 - 4 (1,125)^3 / 3 (8)^2 \\ &= 1,0953 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\text{eff}_2} &= t_1 - 4 (t_1)^3 / 3 (ly)^2 \\ &= 1,15 - 4 (1,15)^3 / 3 (8)^2 \\ &= 1,1183 \text{ m} \end{aligned}$$

Beban-beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = (1,0953 + 1,1183) \cdot 458 = 1013,8288 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sdr.} = 0,35 \cdot 0,4 \cdot 2400 = 336 \text{ kg/m}$$

---


$$Q_1 = 1349,8288 \text{ kg/m}$$

Untuk muatan segitiga:

$$h_{\text{eff.}} = 2/3 \cdot 1,5 = 1 \text{ m}$$

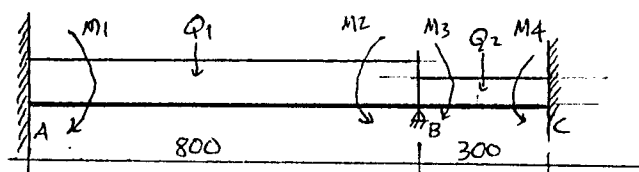
Beban-beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = 2 \cdot 1 \cdot 458 = 916 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sdr.} = 0,25 \cdot 0,25 \cdot 2400 = 150 \text{ kg/m}$$

---


$$Q_2 = 1066 \text{ kg/m}$$



Gambar 25. Momen yang Bekerja pada Balok

Metode Cross:

Mencari momen primer;

$$\begin{aligned} M_1 = -M_2 &= 1/12 \cdot Q_1 \cdot l^2 \\ &= 1/12 \cdot 1349,8288 \cdot (8)^2 \\ &= 7199,0869 \text{ kg m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 M_3 = -M_4 &= 1/12 \cdot Q_2 \cdot l^2 \\
 &= 1/12 \cdot 1066 \cdot (3)^2 \\
 &= 799,5 \text{ kg m.}
 \end{aligned}$$

Mencari angka kekakuan dan angka distribusi:

$$K_{BA} = 1/8 \quad ; \quad K_{BC} = 1/3$$

$$B : BA = K_{BA}/K_{BA} + K_{BC} = 0,2727$$

$$BC = K_{BC}/K_{BA} + K_{BC} = 0,7273$$

Tabel 26. Distribusi Gaya pada Balok

A	B		C
AB	BA	BC	CB
---	0,2727	0,7273	---
7199,0869 872,5837 8071,6706	-7199,0869 1745,1673 -5453,9196	799,5000 4654,4196 5453,9196	-799,5000 2327,2098 1527,7098

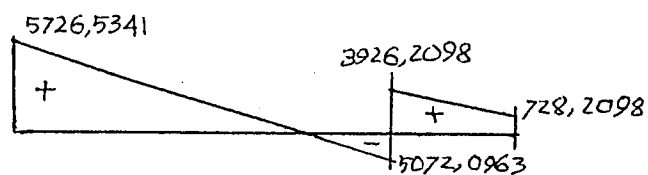
S . F . D.

$$\begin{aligned}
 RA &= \frac{1}{2} \cdot 1349,8288 \cdot 8 + (8071,6706 - 5453,9186) / 8 \\
 &= 5726,5341 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RB_{ki} &= \frac{1}{2} \cdot 1349,8288 \cdot 8 + (5453,9186 - 8071,6706) / 8 \\
 &= 5072,0963 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RB_{ka} &= \frac{1}{2} \cdot 1066 \cdot 3 + (5453,9186 + 1527,7098) / 3 \\
 &= 3926,2098 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RC &= \frac{1}{2} \cdot 1066 \cdot 3 - (1527,7098 + 5453,9186) / 3 \\
 &= 728,2098 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$



Gambar 26. Gaya Lintang

$$X_1 / (8 - X_1) = 5726,5341 / 5072,0963$$

$$X_1 = 4,2424 \text{ m}$$

B . M . D.

$$\begin{aligned} \text{Batang AB : } M \text{ max} &= -8071,6706 + 5726,5341 \cdot 4,2424 - \\ &\quad \frac{1}{2} \cdot 1349,8288 \cdot 4,2424^2 . \\ &= 4075,4968 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

Tinjauan Batang AB:

$$M+ = 4075,4968 \text{ kg m}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{47}{4075,4968 / 0,35} \\ &= 0,4356 \text{ =====> } w = 0,4281 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h. \\ &= 0,4281 \cdot 0,35 \cdot 47 \\ &= 7,0423 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 2  $\phi$ 22 mm  
[7,603 cm<sup>2</sup> > 7,0423 cm<sup>2</sup>]

$$M- = 8071,6706 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{47}{8071,6706 / 0,35} \\ &= 0,3095 \text{ =====> } w = 0,8857 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h. \\ &= 0,8857 \cdot 0,35 \cdot 47 \\ &= 14,5698 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 4  $\phi$ 22 mm  
[15,205 cm<sup>2</sup> > 14,5698 cm<sup>2</sup>]

$$M- = 5453,9196 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{47}{5453,9196 / 0,35} \\ &= 0,3765 \text{ =====> } w = 0,5812 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= w \cdot b \cdot h \\
 &= 0,5812 \cdot 0,35 \cdot 47 \\
 &= 9,5607 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 3  $\phi$ 22 mm.  
 [11,404 cm<sup>2</sup> > 9,5607 cm<sup>2</sup>].

$$M+ = 1527,7098 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{47}{1527,7098 / 0,35} \\
 &= 0,7114 \text{ =====> } w = 0,2863
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= w \cdot b \cdot h \\
 &= 0,2863 \cdot 0,35 \cdot 47 \\
 &= 4,7096 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan: 2  $\phi$ 22 mm.  
 [7,603 cm<sup>2</sup> > 4,7096 cm<sup>2</sup>]

Check Muatan/Gaya Geser karena Lentur dan Puntir

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{1}{2} \cdot Q \cdot l \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1349,8288 \cdot 8 \\
 &= 5399,3152 \text{ kg/cm}^2.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Gamma_b &= \frac{Q}{7/8 \cdot b \cdot h} = \frac{5399,3152}{7/8 \cdot 35 \cdot 47} \\
 &= 3,7512 \text{ kg/cm}^2.
 \end{aligned}$$

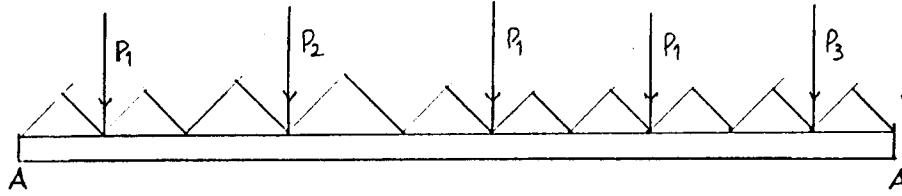
$$\Gamma_b < \Gamma_b = 6,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Gamma_b < \Gamma_{bm} = 14 \text{ kg/cm}^2.$$

Kesimpulan: Tidak perlu tulangan geser, hanya  
 memerlukan sengkang  $\phi$ 8 - 30 cm.

## 4. Balok Memanjang

## a. Balok Jalur: A-A



Gambar 27. Balok Memanjang Jalur A-A

Untuk bentang: 2,25 m

$$h \text{ eff.} = \frac{2}{3} \cdot 1,125 = 0,75 \text{ m}$$

Beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = 0,75 \cdot 458 = 343,500 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat luifel} = 0,9 \cdot 388 = 349,200 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 480,000 \text{ kg/m}$$

---


$$Q \text{ Total}_1 = 1172,700 \text{ kg/m}$$

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot Q(\text{balok jalur I-I}) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 1339,2948 \cdot 8 = 5357,1792 \text{ kg.}$$

Untuk bentang: 3,10 m

$$h \text{ eff.} = \frac{2}{3} \cdot 1,55 = 1,0333 \text{ m}$$

Beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = 1,0333 \cdot 458 = 473,2514 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat luifel} = 0,9 \cdot 388 = 349,2000 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 480,0000 \text{ kg/m}$$

---


$$Q \text{ Total}_2 = 1302,4514 \text{ kg/m}$$

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot Q(\text{balok jlr II-II}) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 1684,7148 \cdot 8 = 6738,8736 \text{ kg.}$$



Untuk bentang: 2,30 m

$$h_{\text{eff.}} = 2/3 \cdot 1,15 = 0,7667 \text{ m}$$

Beban yang bekerja:

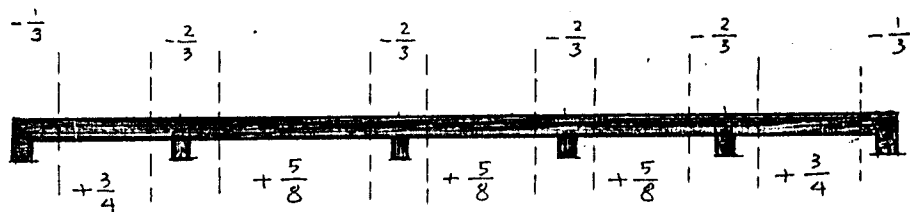
$$\text{Berat plat} = 0,7667 \cdot 458 = 351,1486 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat luifel} = 0,9 \cdot 388 = 349,2000 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 480,0000 \text{ kg/m}$$

---


$$Q_{\text{Total}_3} = 1180,3486 \text{ kg/m}$$



Gambar 28. Momen dan Gaya Lintang Akibat Beban

Batang AB:

$$\begin{aligned} M_0 = M_{\text{max.}} &= 1/8 \cdot Q \cdot l^2 + 1/4 \cdot P \cdot l \\ &= 1/8 \cdot 1172,7 \cdot (4,5)^2 + 1/4 \cdot 4357 \cdot 4,5 \\ &= 8995,2235 \text{ kg m} \end{aligned}$$

$$M_+ = 3/4 \cdot 8995,2235 = 6746,4176 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{h}{\sqrt{M_+/b}} = \frac{57}{\sqrt{6746,4176 / 0,40}} \\ &= 0,6584 \implies w = 0,2863 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h = 0,2863 \cdot 0,40 \cdot 57 \\ &= 9,1861 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 3  $\phi$  22 (Tabel baja)  
 $[11,404 \text{ cm}^2 > 9,1861 \text{ cm}^2]$ .

$$M^- = 1/3 \cdot 8995,2235 = 2998,4078 \text{ kg m}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M^+/b}} = \frac{57}{\sqrt{2998,4078 / 0,40}}$$

$$= 0,6584 \implies w = 0,2863$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,2863 \cdot 0,40 \cdot 57$$

$$= 6,5276 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 2  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
 $[7,603 \text{ cm}^2 > 6,5276 \text{ cm}^2]$ .

$$M^- = 2/3 \cdot 8995,2235 = 5996,8157 \text{ kg m}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M^+/b}} = \frac{57}{\sqrt{5996,8157 / 0,40}}$$

$$= 0,4655 \implies w = 0,3791$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,3791 \cdot 0,40 \cdot 57$$

$$= 8,6435 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 3  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
 $[11,404 \text{ cm}^2 > 8,6435 \text{ cm}^2]$ .

Batang BC:

$$M_o = M \text{ max.} = 1/8 \cdot Q \cdot l^2 + \frac{1}{4} \cdot P \cdot l$$

$$= 1/8 \cdot 1308,4514 \cdot (6,2)^2 +$$

$$\frac{1}{4} \cdot 6738,8736 \cdot 6,2$$

$$= 16703,5331 \text{ kg m}$$

$$M^+ = 5/8 \cdot 16703,5331 = 10439,7082 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M^+/b}} = \frac{57}{\sqrt{10439,7082 / 0,40}}$$

$$= 0,3528 \implies w = 0,6739$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,6739 \cdot 0,40 \cdot 57 \\ = 15,3649 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 5  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
[19,007 cm<sup>2</sup> > 15,3649 cm<sup>2</sup>].

$$M^- = 2/3 \cdot 16703,5331 = 11135,6887 \text{ kg m}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M^+/b}} = \frac{57}{\sqrt{11135,6887 / 0,40}} \\ = 0,3416 \implies w = 0,7215$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,7215 \cdot 0,40 \cdot 57 \\ = 16,4502 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 5  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
[19,007 cm<sup>2</sup> > 16,4502 cm<sup>2</sup>].

Batang CD dan Batang DE:

$$M_o = M \text{ max.} = M_o \text{ (batang AB)} = 8995,2235 \text{ kg m.}$$

$$M^+ = 5/8 \cdot 8995,2235 = 5622,0147 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M^+/b}} = \frac{57}{\sqrt{5622,0147 / 0,40}} \\ = 0,4808 \implies w = 0,3577$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,3577 \cdot 0,40 \cdot 57 \\ = 8,1556 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 3  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
[11,404 cm<sup>2</sup> > 8,1556 cm<sup>2</sup>].

$$M^- = 2/3 \cdot 8995,2235 = 5996,8157 \text{ kg m}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M+/b}} = \frac{57}{\sqrt{5996,8157 / 0,40}}$$

$$= 0,4655 \implies w = 0,3791$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,3791 \cdot 0,40 \cdot 57$$

$$= 8,6435 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 3  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
 [11,404 cm<sup>2</sup> > 8,6435 cm<sup>2</sup>].

Batang EF:

$$M_o = M \text{ max.} = 1/8 \cdot Q \cdot l^2 + 1/4 \cdot P \cdot l$$

$$= 1/8 \cdot 1180,3486 \cdot (4,6)^2 +$$

$$1/4 \cdot 5441,5312 \cdot 4,6$$

$$= 9379,7829 \text{ kg m}$$

$$M+ = 3/4 \cdot 9379,7829 = 7034,8372 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M+/b}} = \frac{57}{\sqrt{7034,8372 / 0,40}}$$

$$= 0,4298 \implies w = 0,4449$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,4449 \cdot 0,40 \cdot 57$$

$$= 10,1437 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 3  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
 [11,404 cm<sup>2</sup> > 10,1437 cm<sup>2</sup>].

$$M- = 2/3 \cdot 9379,7829 = 6253,1886 \text{ kg m}$$

$$\alpha = \frac{h}{\sqrt{M+/b}} = \frac{57}{\sqrt{6253,1886 / 0,40}}$$

$$= 0,4559 \implies w = 0,3903$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,3903 \cdot 0,40 \cdot 57 \\ = 8,8988 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 3  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
 $[11,404 \text{ cm}^2 > 8,8988 \text{ cm}^2]$ .

$$M^- = 1/3 \cdot 9379,7829 = 3126,5943 \text{ kg m}$$

$$\alpha = \frac{h}{f M^+/b} = \frac{57}{f 3126,5943 / 0,40} \\ = 0,6447 \implies w = 0,2863$$

$$A = w \cdot b \cdot h = 0,2863 \cdot 0,40 \cdot 57 \\ = 6,5276 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan 2  $\emptyset$  22 (Tabel baja)  
 $[7,603 \text{ cm}^2 > 6,5276 \text{ cm}^2]$ .

Check Muatan/Gaya Geser karena Lentur dan Puntir  
 Karena gaya lintang:

$$Q = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot l + \frac{1}{2} \cdot P \\ = \frac{1}{2} \cdot 1302,4515 \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 6738,8736 \\ = 7407,0361 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\Gamma_b = \frac{Q}{7/8 b \cdot h} = \frac{7407,0361}{7/8 \cdot 35 \cdot 47} \\ = 3,7128 \text{ kg/cm}^2.$$

Karena puntir:

$$M_t = \frac{1}{2} \cdot l (3 \cdot M_{ty} \text{ plat A} - M \text{ luifel}) \\ = 183,7829 \text{ kg m} = 18378,29 \text{ kg cm.}$$

$$= 3 + 2,6/(0,45 + ht/b) \\ = 3 + 2,6/(0,45 + 60/40) \\ = 4,3333$$

$$\Gamma b' = 4,3333 \cdot \frac{18378,29}{(40)^2 \cdot 60} = 0,8296 \text{ kg/cm}^2$$

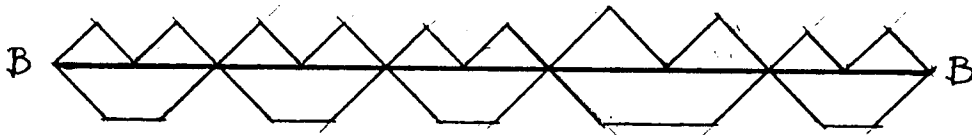
$$\Gamma b + \Gamma b' = 3,7128 + 0,8296 = 4,5424 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Gamma b + \Gamma b' < \Gamma b = 6,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Gamma b + \Gamma b' < \Gamma b_m = 14 \text{ kg/cm}^2.$$

Kesimpulan: Tidak perlu tulangan geser, hanya memerlukan sengkang  $\phi 8 - 30 \text{ cm}$ .

b. Balok Jalur: B-B



Gambar 29. Balok Memanjang Jalur B-B

Untuk bentang: 4,5 m

Muatan trapesium:

$$h \text{ eff.} = 1,5 - [4 \cdot (1,5)^3 / 2 \cdot (4,5)^2] \\ = 1,1667 \text{ m}$$

Muatan segitiga:

$$h \text{ eff.} = 2/3 \cdot 1,125 = 0,75 \text{ m}$$

Beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = (1,1667 + 2 \cdot 0,75) \cdot 458 = 1221,3486 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 480,0000 \text{ kg/m}$$

---


$$Q \text{ Total}_1 = 1701,3486 \text{ kg/m}$$

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot Q(\text{balok jalur I-I}) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 1339,2948 \cdot 8 \\ = 5357,1792 \text{ kg.}$$

Untuk bentang: 6,20 m

Muatan trapesium:

$$h \text{ eff.} = 1,5 - [4 \cdot (1,5)^3 / 2 \cdot (6,2)^2] \\ = 1,3244 \text{ m}$$

Muatan segitiga

$$h \text{ eff.} = 2/3 \cdot 1,55 = 1,0333 \text{ m}$$

Beban yang bekerja:

$$\text{Berat plat} = (1,3244 + 2 \cdot 1,0333) \cdot 458 = 1553,078 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 480,000 \text{ kg/m}$$

---


$$Q \text{ Total}_2 = 2033,078 \text{ kg/m}$$

$$P_2 = \frac{1}{2} \cdot Q(\text{balok jlr II-II}) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 1684,7148 \cdot 8 \\ = 6738,8736 \text{ kg.}$$

Untuk bentang: 4,60 m

Muatan trapesium:

$$h \text{ eff.} = 1,5 - [4 \cdot (1,5)^3 / 2 \cdot (4,6)^2] \\ = 1,181 \text{ m}$$

Muatan segitiga:

$$h \text{ eff.} = 2/3 \cdot 1,15 = 0,7667 \text{ m}$$

Beban yang bekerja:

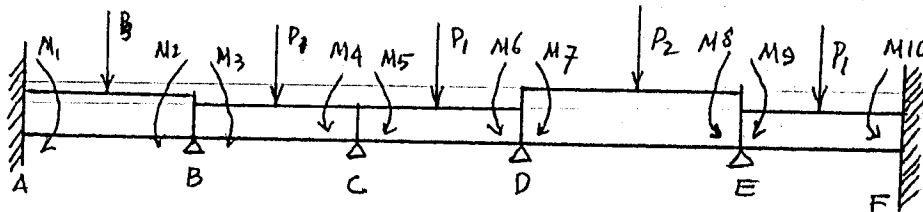
$$\text{Berat plat} = (1,181 + 2 \cdot 0,7667) \cdot 458 = 1243,1952 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 480,0000 \text{ kg/m}$$

---


$$Q \text{ Total}_3 = 1723,1952 \text{ kg/m}$$

$$P_3 = \frac{1}{2} \cdot Q(\text{balok jlr III-III}) \cdot l \\ = \frac{1}{2} \cdot 1360,3824 \cdot 8 \\ = 5441,5312 \text{ kg.}$$



Gambar\_30. Momen dan Gaya Lintang Akibat Beban

**Metode Cross:**

Mencari momen primer:

$$\begin{aligned}
 M1 &= -M2 = M5 = -M6 = M7 = -M8 \\
 &= 1/12 \cdot 1701,3886 \cdot (4,5)^2 + 1/8 \cdot 5357,1792 \cdot 4,5 \\
 &= 5884,4391 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M3 &= -M4 \\
 &= 1/12 \cdot 2033,078 \cdot (6,2)^2 + 1/8 \cdot 6738,8736 \cdot 6,2 \\
 &= 11735,2536 \text{ kg m.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M9 &= -M10 \\
 &= 1/12 \cdot 1723,1952 \cdot (4,6)^2 + 1/8 \cdot 5441,5312 \cdot 4,6 \\
 &= 6167,448 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

Mencari angka distribusi dan angka kekakuan:

$$K_{BA} = I/4,5 \quad ; \quad K_{BC} = I/6,2$$

$$K_{CB} = I/6,2 \quad ; \quad K_{CD} = I/4,5$$

$$K_{DC} = I/4,5 \quad ; \quad K_{DE} = I/4,5$$

$$K_{ED} = I/4,5 \quad ; \quad K_{EF} = I/4,6$$

$$\begin{aligned}
 B \implies BA &= K_{BA} / (K_{BA} + K_{BC}) = 0,5794 \\
 BC &= K_{BC} / (K_{BC} + K_{BA}) = 0,4206
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C \implies CB &= K_{CB} / (K_{CB} + K_{CD}) = 0,4206 \\
 CD &= K_{CD} / (K_{CD} + K_{CB}) = 0,5794
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D \implies DC &= K_{DC} / (K_{DC} + K_{DE}) = 0,5000 \\
 DE &= K_{DE} / (K_{DE} + K_{DC}) = 0,5000
 \end{aligned}$$

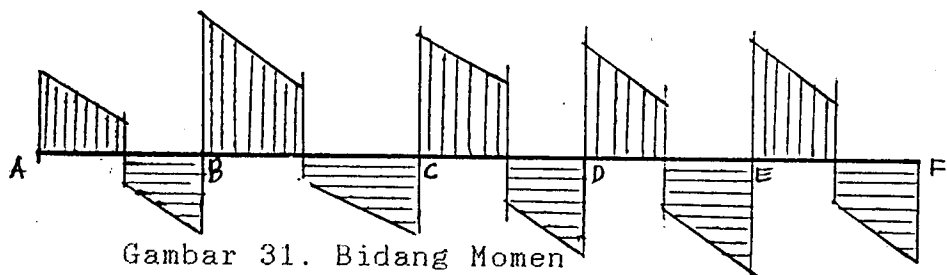
$$\begin{aligned}
 E \implies ED &= K_{ED} / (K_{ED} + K_{EF}) = 0,5055 \\
 EF &= K_{EF} / (K_{EF} + K_{ED}) = 0,4945
 \end{aligned}$$



Tabel 27. Distribusi Gaya pada Setiap Batang  
(Tabel Cross)

A	B		C			D			E		F
	BA	BC	CB	CD	DC	DE	ED	EF	FE		
---	0,5794	0,4206	0,4206	0,5794	0,5000	0,5000	0,5055	0,4945	---	---	
5884,4391	-5884,4391	11735,2536	-11735,2536	5884,4391	-5884,4391	5884,4391	-5884,4391	6167,4460	-6167,4460	-6167,4460	
-2051,4350	-4102,8709	1230,4263	2460,8526	3389,9619	1694,9810	-847,4905	-847,4905	69,5941	34,7971	34,7971	
-121,7578	-243,5156	402,2872	-402,2872	1108,3517	-1108,3517	35,5711	35,5711	4,3975	2,1987	2,1987	
-5,0998	-11,3920	19,6618	-19,6618	54,1705	-54,1705	-17,7855	-17,7855	4,4953	2,2477	2,2477	
-0,6587	-1,3174	2,6356	-2,6356	7,3333	-7,3333	-14,6665	-14,6665	3,6263	1,8132	1,8132	
-0,1094	-0,2195	0,4378	-0,4378	1,0943	-1,0943	0,5471	0,5471	1,1344	0,5672	0,5672	
3704,7419	-10243,8345	10243,8345	-10003,2765	10003,2765	-4487,3311	4487,3311	-6246,3365	6246,3365	-6128,0037	-6128,0037	

$$\begin{aligned}
 RA &= \frac{1}{2} \cdot 1701,3486 \cdot 4,5 + \frac{1}{2} \cdot 5357,1792 + \\
 &\quad (3704,7419 - 10243,8345)/4,5 = 5053,4923 \text{ kg} \\
 RB_{ki} &= \frac{1}{2} \cdot 1701,3486 \cdot 4,5 + \frac{1}{2} \cdot 5357,1792 + \\
 &\quad (10243,8345 - 3704,7419)/4,5 = 7959,7556 \text{ kg} \\
 RB_{ka} &= \frac{1}{2} \cdot 2033,078 \cdot 6,2 + \frac{1}{2} \cdot 6738,8736 + \\
 &\quad (10243,8345 - 10243,8345)/6,2 = 9710,7783 \text{ kg} \\
 RC_{ki} &= \frac{1}{2} \cdot 2033,078 \cdot 6,2 + \frac{1}{2} \cdot 6738,8736 + \\
 &\quad (10003,2765 - 10243,8345)/6,2 = 9366,1789 \text{ kg} \\
 RC_{ka} &= \frac{1}{2} \cdot 1701,3486 \cdot 4,5 + \frac{1}{2} \cdot 5357,1792 + \\
 &\quad (10003,2765 - 4487,3311)/4,5 = 7732,3896 \text{ kg} \\
 RD_{ki} &= \frac{1}{2} \cdot 1701,3486 \cdot 4,5 + \frac{1}{2} \cdot 5357,1792 + \\
 &\quad (4487,3311 - 10003,2765)/4,5 = 5280,8583 \text{ kg} \\
 RD_{ka} &= \frac{1}{2} \cdot 1701,3486 \cdot 4,5 + \frac{1}{2} \cdot 5357,1792 + \\
 &\quad (4487,3311 - 6246,3365)/4,5 = 6897,514 \text{ kg} \\
 RE_{ki} &= \frac{1}{2} \cdot 1701,3486 \cdot 4,5 + \frac{1}{2} \cdot 5357,1792 + \\
 &\quad (6246,3365 - 4487,3311)/4,5 = 6115,7339 \text{ kg} \\
 RE_{ka} &= \frac{1}{2} \cdot 1723,1952 \cdot 4,6 + \frac{1}{2} \cdot 5441,5312 + \\
 &\quad (6246,3365 - 6128,0037)/4,6 = 6709,8391 \text{ kg} \\
 RF &= \frac{1}{2} \cdot 1723,1952 \cdot 4,6 + \frac{1}{2} \cdot 5441,5312 + \\
 &\quad (6128,0037 - 6246,3365)/4,6 = 9710,7783 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



BMD :

$$\begin{aligned}
 \text{Batang AB} = M_{\max} &= -3704,7419 + 5053,4923 \cdot 2,25 \\
 &\quad - \frac{1}{2} \cdot 1701,3486 \cdot 2,25^2 \\
 &= 3359,0771 \text{ kg m.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batang BC} = M_{\max} &= -10243,8345 + 9710,7783 \cdot 3,10 \\
 &\quad - \frac{1}{2} \cdot 2033,078 \cdot 3,10^2 \\
 &= 10090,6384 \text{ kg m.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batang CD} = M_{\max} &= -10003,2765 + 7732,3896 \cdot 2,25 \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot 1701,3486 \cdot 2,25^2 \\ &= 3088,0615 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batang DE} = M_{\max} &= -4487,3311 + 6897,5140 \cdot 2,25 \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot 1701,3486 \cdot 2,25^2 \\ &= 6725,5368 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batang EF} = M_{\max} &= -6246,3365 + 6709,8391 \cdot 2,30 \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot 1723,1952 \cdot 2,30^2 \\ &= 4628,4421 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

Tinjauan Batang AB:

$$M+ = 3359,0771 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{57}{3359,0771 / 0,4}$$

$$= 0,6220 \text{ =====> } w = 0,2863$$

$$A = w \cdot b \cdot h.$$

$$= 0,2863 \cdot 0,4 \cdot 57$$

$$= 6,5276 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan = 2  $\phi$  22 mm

$$[A = 7,603 \text{ cm}^2 > 6,5276 \text{ cm}^2]$$

$$M- = 3704,7419 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{57}{3704,7419 / 0,4}$$

$$= 0,5923 \text{ =====> } w = 0,2863$$

$$A = w \cdot b \cdot h.$$

$$= 0,2863 \cdot 0,4 \cdot 57$$

$$= 6,5276 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan = 2  $\phi$  22 mm

$$[A = 7,603 \text{ cm}^2 > 6,5276 \text{ cm}^2]$$

$$M- = 10243,8345 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{57}{10243,8345 / 0,4}$$

$$= 0,3569 \text{ =====> } w = 0,6518$$

$$A = w \cdot b \cdot h.$$

$$= 0,6518 \cdot 0,4 \cdot 57$$

$$= 14,8610 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan = 4  $\phi$  22 mm  
 [A = 15,205 cm<sup>2</sup> > 14,8610 cm<sup>2</sup>]

#### Tinjauan Batang BC:

$$M+ = 10090,6384 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{57}{10090,6384 / 0,4}$$

$$= 0,3589 \text{ =====> } w = 0,6457$$

$$A = w \cdot b \cdot h.$$

$$= 0,6457 \cdot 0,4 \cdot 57$$

$$= 14,7220 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan = 4  $\phi$  22 mm  
 [A = 15,205 cm<sup>2</sup> > 14,7220 cm<sup>2</sup>]

$$M- = 10003,2765 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{57}{10003,2765 / 0,4}$$

$$= 0,3604 \text{ =====> } w = 0,6400$$

$$A = w \cdot b \cdot h.$$

$$= 0,6400 \cdot 0,4 \cdot 57$$

$$= 14,592 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan = 4  $\phi$  22 mm  
 [A = 15,205 cm<sup>2</sup> > 14,592 cm<sup>2</sup>]

Tinjauan Batang CD:

$$M+ = 3088,0615 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{57}{3088,0615 / 0,4}$$

$$= 0,6487 \text{ =====> } w = 0,2863$$

$$A = w \cdot b \cdot h.$$

$$= 0,2863 \cdot 0,4 \cdot 57$$

$$= 6,5276 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan = 2  $\emptyset$  22 mm  
 [A = 7,603 cm<sup>2</sup> > 6,5276 cm<sup>2</sup>]

$$M- = 4487,3311 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{57}{4487,3311 / 0,4}$$

$$= 0,5382 \text{ =====> } w = 0,2863$$

$$A = w \cdot b \cdot h.$$

$$= 0,2863 \cdot 0,4 \cdot 57$$

$$= 6,5276 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan = 2  $\emptyset$  22 mm  
 [A = 7,603 cm<sup>2</sup> > 6,5276 cm<sup>2</sup>]

Tinjauan Batang DE:

$$M+ = 6725,5368 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{57}{6725,5368 / 0,4}$$

$$= 0,4396 \text{ =====> } w = 0,4201$$

$$\begin{aligned}
 A &= w \cdot b \cdot h. \\
 &= 0,4201 \cdot 0,4 \cdot 57 \\
 &= 9,5783 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan = 3  $\emptyset$  22 mm  
 [A = 11,404 cm<sup>2</sup> > 9,5783 cm<sup>2</sup>]

$$\begin{aligned}
 M^- &= 6246,3365 \text{ kg m.} \\
 a &= \frac{57}{6246,3365 / 0,4} \\
 &= 0,4561 \text{ =====> } w = 0,3886
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= w \cdot b \cdot h. \\
 &= 0,3886 \cdot 0,4 \cdot 57 \\
 &= 8,8601 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan = 3  $\emptyset$  22 mm  
 [A = 11,404 cm<sup>2</sup> > 8,8601 cm<sup>2</sup>]

#### Tinjauan Batang EF:

$$\begin{aligned}
 M^+ &= 4628,4421 \text{ kg m.} \\
 a &= \frac{57}{4628,4421 / 0,4} \\
 &= 0,5399 \text{ =====> } w = 0,2863
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= w \cdot b \cdot h. \\
 &= 0,2863 \cdot 0,4 \cdot 57 \\
 &= 6,5276 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan = 2  $\emptyset$  22 mm  
 [A = 7,603 cm<sup>2</sup> > 6,5276 cm<sup>2</sup>]

$$M- = 6128,0037 \text{ kg m.}$$

$$\alpha = \frac{57}{6128,0037 / 0,4}$$

$$= 0,4605 \text{ =====> } w = 0,3808$$

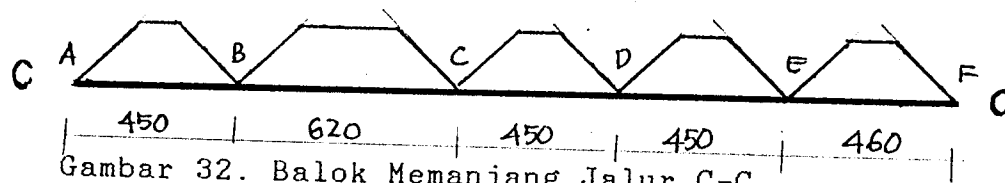
$$A = w \cdot b \cdot h.$$

$$= 0,3808 \cdot 0,4 \cdot 57$$

$$= 8,6822 \text{ cm}^2.$$

Maka dipakai tulangan = 3  $\phi$  22 mm  
 [A = 11,603 cm<sup>2</sup> > 8,6822 cm<sup>2</sup>]

c. Balok Jalur : C-C



Gambar 32. Balok Memanjang Jalur C-C

Untuk Bentang : 4,5 m

$$h \text{ eff.} = 1,5 - 4 \cdot 1,5^3 / 2 \cdot 4,5^2 = 1,1667 \text{ m}$$

Beban-beban yang bekerja:

$$\text{Berat Plat} = 1,1667 \cdot 458 = 534,3486 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Luifel} = 0,9 \cdot 388 = 304,2000 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Sendiri} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 480,0000 \text{ kg/m}$$

---


$$Q 1 = 1318,5486 \text{ kg/m}$$

Untuk Bentang : 6,2 m

$$h \text{ eff.} = 1,5 - 4 \cdot 1,5^3 / 2 \cdot 6,2^2 = 1,3244 \text{ m}$$

Beban-beban yang bekerja:

$$\text{Berat Plat} = 1,3244 \cdot 458 = 606,5752 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Luifel} = 0,9 \cdot 388 = 304,2000 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Sendiri} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 480,0000 \text{ kg/m}$$

---


$$Q 2 = 1390,5752 \text{ kg/m}$$

Untuk Bentang : 4,6 m

$$h_{\text{eff.}} = 1,5 - 4 \cdot 1,5^3/2 \cdot 4,6^2 = 1,1810 \text{ m}$$

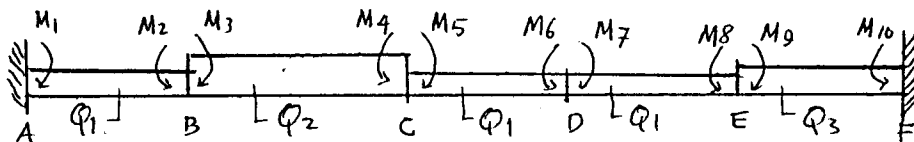
Beban-beban yang bekerja:

$$\text{Berat Plat} = 1,1810 \cdot 458 = 540,8980 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Luifel} = 0,9 \cdot 388 = 304,2000 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Sendiri} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 480,0000 \text{ kg/m}$$

$$Q_3 = 1325,0980 \text{ kg/m}$$



Gambar 33. Momen dan Gaya Lintang Akibat Beban

$$M_1 = -M_2 = M_5 = M_7 = -M_6 = -M_8 = 1/12 \cdot 1318,5486 \cdot 4,5^2 \\ = 2225,0508 \text{ kg m.}$$

$$M_3 = -M_4 = 1/12 \cdot 1390,7752 \cdot 6,2^2 \\ = 4455,1166 \text{ kg m.}$$

$$M_9 = -M_{10} = 1/12 \cdot 1325,0980 \cdot 4,6^2 \\ = 2336,5895 \text{ kg m.}$$

Mencari angka kekakuan dan angka distribusi :

$$K_{BA} = I/4,5 \quad ; \quad K_{BC} = I/6,2$$

$$K_{CB} = I/6,2 \quad ; \quad K_{CD} = I/4,5$$

$$K_{DC} = I/4,5 \quad ; \quad K_{DE} = I/4,5$$

$$K_{ED} = I/4,5 \quad ; \quad K_{EF} = I/4,6$$

$$B \Rightarrow BA = K_{BA} / (K_{BA} + K_{BC}) = 0,5794$$

$$BC = K_{BC} / (K_{BC} + K_{BA}) = 0,4206$$

$$C \Rightarrow CB = K_{CB} / (K_{CB} + K_{CD}) = 0,4206$$

$$CD = K_{CD} / (K_{CD} + K_{CB}) = 0,5794$$

$$D \Rightarrow DC = K_{DC} / (K_{DC} + K_{DE}) = 0,5000$$

$$DE = K_{DE} / (K_{DE} + K_{DC}) = 0,5000$$

$$E \Rightarrow ED = K_{ED} / (K_{ED} + K_{EF}) = 0,5055$$

$$EF = K_{EF} / (K_{EF} + K_{ED}) = 0,4945$$



Tabel 28. Distribusi Gaya pada Setiap Batang  
(Tabel Cross)

A	B		C			D			E		F
	BA	BC	CB	CD	DC	DE	ED	EF	FE		
---	0,5794	0,4206	0,4206	0,5794	0,5000	0,5000	0,5055	0,4945	---		
2225,0508	-2225,0508	4455,1166	-4455,1166	2225,0508	-2225,0508	2225,0508	-2225,0508	2336,5895	2336,5895	2336,5895	
-781,9144	1563,8288	468,9628	937,9657	1292,1001	646,0501	-323,0251	-161,5125				
-44,4218	-88,842	-1135,2198	567,6099	-161,5125	323,0251	12,6309	25,2618	24,7120	12,3560		
-5,3741	-10,7483	153,3344	306,6689	422,4535	211,2268	-111,9289	-55,9644				
-0,8423	-1,6847	-64,4724	32,2462	-55,9644	-111,9289	14,1450	28,2900	27,6744	13,8272		
-0,1315	-0,2729	18,5507	37,1014	51,1092	25,5546	-19,6498	-9,9249				
		-7,8024	-3,9012	-9,9249	-19,6498	2,5085	5,0170	4,9079	2,4539		
		2,9076	5,8153	8,0108	4,0054	-3,2570	-1,6285				
		-1,2229	-0,6115	-1,6286	-3,2570	0,4115	0,8232	0,8053	0,4026		
		0,4711	0,9421	1,2979	0,6489	-0,5303	-0,2651				
		-0,1981	-0,0991	-0,2651	-0,5303	0,0670	0,1340				
		0,0766	0,1532	0,2110	0,1055						
1392,3625	-3670,4275	3690,4275	-3770,9379	3770,9379	-1796,0506	1796,0506	-2394,8202	2394,8202	2365,6948		

SPD:

$$RA = \frac{1}{2} \cdot 1318,5486 \cdot 4,5 + (1392,3625 - 3890,4275) / 4,5$$

$$= 2411,6088 \text{ kg}$$

$$RB_{ki} = \frac{1}{2} \cdot 1318,5486 \cdot 4,5 + (3890,4275 - 1397,3625) / 4,5$$

$$= 3521,8599 \text{ kg}$$

$$RB_{ka} = \frac{1}{2} \cdot 1390,7752 \cdot 6,2 + (3890,4275 - 3770,9379) / 6,2$$

$$= 4330,6756 \text{ kg}$$

$$RC_{ki} = \frac{1}{2} \cdot 1390,7752 \cdot 6,2 + (3770,9379 - 1796,4275) / 6,2$$

$$= 4292,1306 \text{ kg}$$

$$RC_{ka} = \frac{1}{2} \cdot 1318,5486 \cdot 4,5 + (3770,9379 - 1796,0506) / 4,5$$

$$= 3405,5982 \text{ kg}$$

$$RD_{ki} = \frac{1}{2} \cdot 1318,5486 \cdot 4,5 + (1796,0506 - 3770,9379) / 4,5$$

$$= 2527,8705 \text{ kg}$$

$$RD_{ka} = \frac{1}{2} \cdot 1318,5486 \cdot 4,5 + (1796,0506 - 2394,8202) / 4,5$$

$$= 2833,6744 \text{ kg}$$

$$RE_{ki} = \frac{1}{2} \cdot 1318,5486 \cdot 4,5 + (2394,8202 - 1796,0506) / 4,5$$

$$= 3099,7943 \text{ kg}$$

$$RE_{ka} = \frac{1}{2} \cdot 1325,0980 \cdot 4,6 + (2394,8202 - 2365,6948) / 4,6$$

$$= 3054,0570 \text{ kg}$$

$$RF = \frac{1}{2} \cdot 1325,0980 \cdot 4,6 + (2365,6948 - 2394,8202) / 4,6$$

$$= 3041,3938 \text{ kg}$$

$$X1/4,5 - X1 = 2411,6088 / 3521,8599$$

$$X1 = 1,829 \text{ m}$$

$$X2/6,2 - X2 = 4330,6756 / 4292,1306$$

$$X2 = 3,1139 \text{ m}$$

$$X3/4,5 - X3 = 3405,5982 / 2527,8705$$

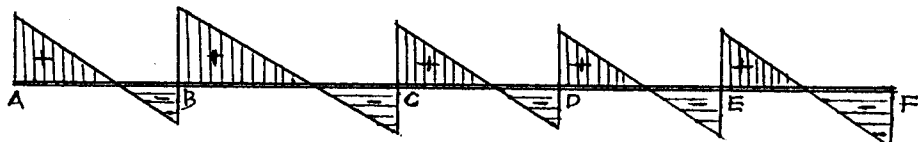
$$X3 = 2,5828 \text{ m}$$

$$X4/4,5 - X4 = 2833,6744 / 3059,7943$$

$$X4 = 2,1637 \text{ m}$$

$$X5/4,6 - X5 = 3054,0570 / 3041,3938$$

$$X5 = 2,3048 \text{ m}$$



Gambar 34. Gaya Lintang yang Bekerja pada Balok

BMD :

$$\begin{aligned} \text{Batang AB} = M_{\max} &= -1392,3625 + 2411,6088 \cdot 1,829 \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot 1318,5486 \cdot 1,829^2 \\ &= 813,0386 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batang BC} = M_{\max} &= -3890,4275 + 4330,6756 \cdot 3,1139 \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot 1390,7752 \cdot 3,1139^2 \\ &= 2852,1256 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batang CD} = M_{\max} &= -3770,9379 + 3405,5982 \cdot 2,5828 \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot 1318,5486 \cdot 2,5828^2 \\ &= 627,1173 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batang DE} = M_{\max} &= -1796,0506 + 2833,6744 \cdot 2,1637 \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot 1318,5486 \cdot 2,1637^2 \\ &= 1248,7137 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batang EF} = M_{\max} &= -2394,8202 + 3054,0570 \cdot 2,3048 \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot 1325,0980 \cdot 2,3048^2 \\ &= 1124,6418 \text{ kg m.} \end{aligned}$$

Tinjauan Batang AB:

$$M^+ = 813,0386 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{57}{813,0386 / 0,4} \\ &= 1,0425 \text{ =====> } w = 0,2863 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= w \cdot b \cdot h \\ &= 0,2863 \cdot 0,4 \cdot 57 \\ &= 6,5276 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan = 2  $\phi$  22 mm  
 [A = 7,603 cm<sup>2</sup> > 6,5276 cm<sup>2</sup>]

$$M^- = 1392,3625 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{57}{1392,3625 / 0,4} \\ &= 0,9661 \text{ =====> } w = 0,2863 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= w \cdot b \cdot h. \\
 &= 0,2863 \cdot 0,4 \cdot 57 \\
 &= 6,5276 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan = 2  $\phi$  22 mm  
 [A = 7,603 cm<sup>2</sup> > 6,5276 cm<sup>2</sup>]

$$M^- = 3890,4275 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{57}{3890,4275 / 0,4} \\
 &= 0,5780 \text{ =====> } w = 0,2863
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= w \cdot b \cdot h. \\
 &= 0,2863 \cdot 0,4 \cdot 57 \\
 &= 6,5276 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan = 2  $\phi$  22 mm  
 [A = 7,603 cm<sup>2</sup> > 6,5276 cm<sup>2</sup>]

#### Tinjauan Batang BC:

$$M^+ = 2852,1256 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{57}{2852,1256 / 0,4} \\
 &= 0,6750 \text{ =====> } w = 0,2863
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= w \cdot b \cdot h. \\
 &= 0,2863 \cdot 0,4 \cdot 57 \\
 &= 6,5276 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan = 2  $\phi$  22 mm  
 [A = 7,603 cm<sup>2</sup> > 6,5276 cm<sup>2</sup>]

$$M^- = 2365,6948 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{57}{2365,6948 / 0,4} \\
 &= 0,7412 \text{ =====> } w = 0,2863
 \end{aligned}$$