

## **TUGAS AKHIR**

# **EVALUASI METODE STRUKTUR JALAN BERKONSOL YANG DIGUNAKAN UNTUK PELEBARAN JALAN DI DAERAH TEBING CADAS DI CADAS PANGERAN BANDUNG**



DISUSUN OLEH

1. Nama : Wahyu Dani  
No. Mhs : 92 310 192  
NIRM : 920051013114120192
  
2. Nama : M. A. Fikri  
No. Mhs : 92 310 274  
NIRM : 920051013114120274

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
1998**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR


EVALUASI METODE STRUKTUR JALAN BERKONSOL YANG  
DIGUNAKAN UNTUK PELEBARAN JALAN DI DAERAH  
TEBING CADAS DI CADAS PANGERAN BANDUNG

DISUSUN OLEH


1. Nama : Wahyu Dani  
No. Mhs : 92 310 192  
NIRM : 920051013114120192
2. Nama : M. A. Fikri  
No. Mhs : 92 310 274  
NIRM : 920051013114120274

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING II

  
( Ir. H. Susastrawan, MS )  
15/8/20

PEMBIMBING I

  
( Ir. Sukarno, SU )  
6/9/20

## KATA PENGANTAR



*Assalamu' alaikum.Wr. Wb.*

Penulis memanjatkan puji syukur kepada Allah SWT, karena hanya berkat rahmat dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam proses penyelesaian dan penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini, dengan kerendahan dan ketulusan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak *Ir. Widodo, MSCE, PhD*, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
2. Bapak *Ir. H. Tadjuddin BMA, MS*, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
3. Bapak *Ir. Sukarno, SU*, selaku dosen Pembimbing I, yang telah banyak memberikan bimbingan dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak *Ir. H. Susastrawan, MS*, selaku dosen Pembimbing II, yang telah banyak memberikan bimbingan dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Seluruh Staf dan Direksi kantor DPU Bina Marga Prop. Jawa Barat atas bantuan dan data yang diberikan.

## ABSTRAK

Dalam rangka pelayanan prasarana transportasi jalan yang sesuai dengan pertumbuhan perekonomian dan penduduk Indonesia, diperlukan lebar jalan yang memadai. Sedangkan untuk melebarkan suatu ruas jalan, kadang-kadang terbentur oleh kendala teknis yang disebabkan oleh kondisi alam setempat seperti yang terjadi pada ruas jalan Cadas Pangeran sepanjang 1,7 km. Ruas jalan ini mengitari tebing terjal di satu sisi, dan jurang yang curam di sisi lainnya.

Jika dilakukan pelebaran kearah tebing maka akan timbul masalah, karena harus menggali batuan yang berakibat lalu lintas banyak terganggu, perlu membuang bekas galian dan mengganggu stabilitas lereng tebing. Oleh karena itu DPU Bina Marga Prop. Jawa Barat memperkenalkan suatu metode pelebaran jalan kearah jurang dengan menggunakan struktur plat beton bertumpu pada balok memanjang dan balok itu ditumpu oleh balok melintang jalan, selanjutnya balok melintang akan ditumpu oleh kolom pada titik luar perkerasan dengan sedikit di beri konsol. Metode ini diberi nama *Metode Struktur Jalan Berkonsol*.

Dalam perhitungannya, DPU Bina Marga menggunakan program komputer untuk mendapatkan dimensi maupun tulangnya, sedangkan penulis menghitung dengan cara manual yang berpedoman pada SK SNI T-15-1991-03 dan Pembebanan Jembatan SNI 1987.

Dari hasil perbandingan kedua cara perhitungan diatas, disimpulkan bahwa perhitungan cara manual secara umum lebih ekonomis dibandingkan dengan perhitungan yang dilakukan oleh DPU Bina Marga Prop. Jawa Barat.

## DAFTAR ISI

	Hal
Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Abstrak .....	v
Daftar Isi .....	vi
Daftar Gambar .....	ix
Daftar Tabel .....	x
Daftar Notasi .....	xi
Daftar Lampiran .....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Tujuan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Penerapan Metode Struktur Jalan Berkonsol .....	4
2.1.1 Umum .....	4
2.1.2 Analisis Pembebanan .....	5
2.1.3 Perencanaan Plat Lantai .....	9

2.1.4 Perencanaan Balok .....	13
2.1.5 Perencanaan Kolom .....	20
2.1.6 Perencanaan Pondasi .....	24
<b>BAB III. ANALISIS DAN PERENCANAAN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Data Perencanaan .....	27
3.2 Perencanaan Plat Lantai Kendaraan .....	27
3.2.1 Analisis Pembebanan .....	27
3.2.2 Perhitungan Penulangan .....	29
3.2.3 Perencanaan Tiang Sandaran .....	38
3.2.4 Perencanaan Kerb Jembatan .....	39
3.2.5 Perencanaan Lantai Trotoar .....	40
3.2.6 Perencanaan Plat Kantilever .....	41
3.3 Perencanaan Gelagar Memanjang .....	42
3.3.1 Perhitungan Mekanika Gelagar Memanjang .....	43
3.3.2 Perhitungan Dimensi Gelagar Memanjang .....	48
3.3.3 Kontrol Terhadap Kombinasi Beban .....	70
3.4 Perencanaan Gelagar Melintang Dan Kolom .....	81
3.4.1 Perhitungan Mekanika Gelagar Melintang Dan Kolom .....	82
3.4.2 Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang .....	84
3.4.3 Perhitungan Dimensi Kolom .....	91
3.5 Perencanaan Pondasi .....	95

3.6 Perbandingan Dengan Analisis DPU Bina Marga .....	98
BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN .....	100
4.1 Kesimpulan .....	100
4.2 Saran .....	100
PENUTUP .....	101
DAFTAR PUSTAKA .....	102
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

	hal
Gambar 1.1 Potongan melintang struktur jalan berkonsol .....	2
Gambar 2.1 Beban “ T ” .....	6
Gambar 2.2 Beban “ D “ .....	6
Gambar 2.3 Diagram tegangan dan regangan plat .....	11
Gambar 2.4 Diagram tegangan dan regangan balok.....	13
Gambar 2.5 Analisis geser pondasi telapak .....	25
Gambar 2.6 Analisis momen lentur pondasi .....	25
Gambar 3.1 Kedudukan dan ukuran pembebanan .....	28
Gambar 3.2 Posisi-posisi pembebanan .....	29
Gambar 3.3 Letak tiang sandaran dan beban horisontal .....	38
Gambar 3.4 Struktur plat kantilever .....	41
Gambar 3.5 Letak gelagar memanjang .....	43
Gambar 3.6 Diagram tulangan geser gelagar memanjang (1) .....	53
Gambar 3.7 Diagram tulangan geser gelagar memanjang (2) .....	60
Gambar 3.8 Diagram tulangan geser gelagar memanjang (3) .....	68
Gambar 3.9 Struktur portal dan posisi pembebanannya .....	81



## DAFTAR TABEL

	hal
Tabel 2.2 Kombinasi pembebanan dan gaya .....	9
Tabel 3.1 Kombinasi pembebanan dan gaya gelagar (1) .....	73
Tabel 3.2 Kombinasi pembebanan dan gaya gelagar (2) .....	77
Tabel 3.3 Kombinasi pembebanan dan gaya gelagar (3) .....	81
Tabel 3.4 Perbandingan hasil perhitungan .....	98

## DAFTAR NOTASI

$A_s$	=	luas tulangan tarik non-pratekan, $\text{mm}^2$
$A_s'$	=	luas tulangan tekan, $\text{mm}^2$
$A_{s_{\min}}$	=	luas tulangan minimum, $\text{mm}^2$
$b$	=	lebar dari muka tekan komponen struktur, mm
$d$	=	jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
$d'$	=	jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
$p_b$	=	penutup beton
$f_c'$	=	kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa
$f_y$	=	tegangan leleh yang disyaratkan dari tulangan non-pratekan, MPa
$f_s'$	=	tegangan leleh tulangan tekan dari tulangan non-pratekan, MPa
$q_u$	=	kekuatan yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau dan gaya dalam yang berhubungan dengannya.
$q_d$	=	Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala tambahan, penyelesaian mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut.
$q_l$	=	beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat pemakaian penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan atau beban akibat air hujan pada atap.
$M_u$	=	Momen terfaktor pada penampang
$M_n$	=	Momen nominal pada penampang
$L_x$	=	panjang sisi terpendek dari pelat
$\rho$	=	rasio tulangan tarik non-pratekan
$\rho'$	=	rasio tulangan tekan non-pratekan
$\rho_b$	=	rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang.
$\beta_1$	=	faktor kekuatan beton
$\Phi$	=	faktor reduksi kekuatan
$a$	=	tinggi balok tegangan persegi ekuivalen.
$V_u$	=	gaya geser terfaktor pada penampang

$V_c$	=	kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton.
$V_n$	=	kuat geser nominal
$V_s$	=	kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser.
$A_v$	=	luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik
$T_u$	=	momen torsi terfaktor pada penampang
$T_n$	=	kuat momen torsi nominal
$T_c$	=	kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton
$x$	=	dimensi pendek dari bagian berbentuk persegi dari penampang
$y$	=	dimensi panjang dari bagian berbentuk persegi dari penampang
$T_s$	=	kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tulangan torsi
$\alpha_t$	=	sudut antara tulangan geser -friksi dengan bidang geser
$A_t$	=	luas satu kaki dari sengkang tertutup dalam daerah sejarak $s$ yang menahan torsi, $\text{mm}^2$
$s$	=	spasi dari tulangan geser
$X_1$	=	dimensi pusat ke pusat yang pendek dari sengkang persegi tertutup
$Y_1$	=	dimensi pusat ke pusat yang panjang dari sengkang persegi tertutup

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data dan hasil perhitungan microfeaf untuk perencanaan plat

Lampiran 2 Data dan hasil perhitungan microfeaf untuk perencanaan  
gelagar memanjang

Lampiran 3 Data dan hasil perhitungan microfeaf untuk perencanaan  
gelagar melintang dan kolom

Lampiran 4 Perhitungan alinyemen horisontal dan gambar penulangan

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Sesuai dengan laju pertumbuhan perekonomian dan penduduk Indonesia, arus manusia dan barang akan meningkat. Hal ini berpengaruh terhadap perkembangan arus lalu lintas, sehingga harus diimbangi dengan pelayanan prasarana transportasi jalan yang memadai, yaitu dengan meningkatkan daya dukung struktur, kapasitas dan perbaikan geometri dari jalan tersebut.

Untuk meningkatkan kapasitas dan perbaikan geometri pada segmen tertentu di suatu ruas jalan, kadang-kadang dihadapkan pada kendala teknis yang disebabkan oleh kondisi alam setempat.

Kondisi alam setempat tersebut antara lain adalah suatu segmen jalan yang berada di lereng bukit dengan keadaan:

1. tebing yang tinggi di satu sisi
2. jurang yang terjal dan dalam di sisi lain
3. struktur tanah batuan keras
4. kontur alinyemen horisontal berbelok-belok dengan tikungan yang tajam

Yang menjadi kendala teknis dalam peningkatan kapasitas dan perbaikan geometrik dengan kondisi alam seperti tersebut diatas, adalah pelebaran kearah tebing harus menggali batuan yang menimbulkan masalah antara lain:

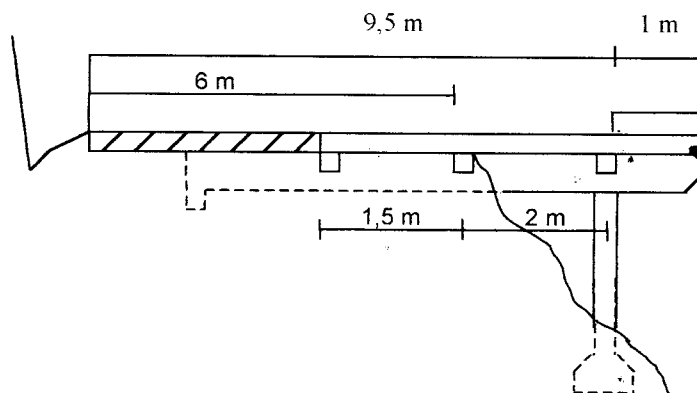
1. Lalu lintas banyak terganggu dan mungkin perlu dihentikan total
2. Perlu membuang dan tempat buangan bekas galian

### 3. Mengganggu stabilitas lereng tebing

Salah satu cara penanganan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan *Metode Struktur Jalan Berkonsol*, yaitu menambah lajur jalan ditepi atau di luar perkerasan yang ada ke arah jurang seperti pada gambar 1.1.

Metode ini diperkenalkan oleh DPU Bina Marga Prop. Jawa Barat dan telah dilaksanakan pada tiga lokasi, diantaranya di Cadas Pangeran. Dalam perencanaannya, DPU Bina Marga menggunakan program komputer untuk mendapatkan hasil-hasil perhitungan baik dimensi maupun tulangnya.

Oleh karena itu penulis akan mencoba menghitung dengan cara manual, yang hasilnya nanti akan dibandingkan dengan hasil perhitungan DPU Bina Marga, sehingga diketahui hasil perhitungan yang lebih ekonomis.



Gambar 1.1. Potongan melintang struktur jalan berkonsol

## 1.2 Tujuan

Adapun yang menjadi tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mempelajari tentang *Metode Struktur Jalan Berkonsol* untuk pelebaran jalan di daerah tebing cadas.

2. Mengevaluasi perhitungan yang dilakukan oleh DPU Bina Marga, termasuk di dalamnya cara menganalisis struktur, serta hitungan-hitungan yang diperlukan oleh struktur tersebut.
3. Membandingkan hasil perhitungan dengan menggunakan simulasi komputer yang dilakukan oleh DPU Bina Marga Prop. Jawa Barat dengan cara manual yang dilakukan penulis.

### **1.3 Batasan Masalah**

Metode jalan berkonsol ini telah diterapkan pada tiga lokasi, diantaranya adalah di Cadas Pangeran pada ruas jalan nasional Bandung – Sumedang dengan hasil cukup memuaskan.

Batasan-batasan yang diterapkan antara lain:

1. Struktur tanahnya keras atau cadas sampai batuan keras.
2. Beban lalu lintas yang dipakai adalah mengacu pada pedoman perencanaan pembebanan jembatan jalan raya 1987.
3. Jarak balok melintang yang digunakan  $\geq 5\text{m}$ , dengan jumlah balok memanjang bervariasi.
4. Asumsi titik perletakan menggunakan perletakan sendi-sendi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penerapan *Metode Struktur Jalan Berkonsol***

##### **2.1.1 Umum**

Pada prinsipnya *Metode Struktur Jalan Berkonsol* adalah pelebaran jalan ke arah jurang dengan menambah lajur jalan diluar perkerasan yang ada, dengan Struktur plat beton bertumpu pada balok memanjang jalan. Balok memanjang tersebut bertumpu pada balok melintang jalan yang ditanam pada perkerasan yang ada. Selanjutnya balok melintang tersebut ditumpu oleh kolom pada titik di luar perkerasan (yang letaknya tergantung situasi di lapangan), dengan sedikit diberi konsol.

*Metode Struktur Jalan Berkonsol* telah digunakan di Indonesia sejak tahun 1993 yang diterapkan di ruas jalan Kuningan-Cikajang sepanjang lebih kurang 70 m. Tahun 1995 juga dilaksanakan di ruas jalan Garut-Tasikmalaya sepanjang lebih kurang 40 m. Sedangkan pada tahun 1996 mengerjakan ruas jalan Cadas Pangeran dengan panjang Struktur lebih kurang 1,7 km. Badan jalan yang semula hanya berukuran lebih kurang 6 meter, saat ini berukuran 10,5 meter.

*Metode Struktur Jalan Berkonsol* digunakan untuk meningkatkan kapasitas dan perbaikan geometrik jalan, memiliki beberapa keuntungan antara lain:

1. Tidak berdampak negatif terhadap lingkungan



2. Tidak menggali tebing, berarti:
  - tidak banyak mengganggu lalu lintas
  - tidak perlu membuang bekas galian
  - tidak mengganggu kestabilan lereng yang ada di arah bukit
3. Mencegah kemungkinan tergerusnya tebing jurang oleh air permukaan
4. Memberikan nilai tambah obyek wisata dimana orang dapat beristirahat sambil menikmati pemandangan jurang dibawahnya
5. Dapat memperbaiki alinyemen horisontal jalan
6. Pelaksanaan Struktur dapat dilaksanakan tanpa perlu menutup lalu lintas secara total.

### **2.1.2 Analisis Pembebanan**

Beban -beban lalu-lintas yang diperhitungkan pada *metode Struktur jalan berkonsol* ini disesuaikan dengan pedoman perencanaan pembebanan jembatan jalan raya tahun 1987.

#### **1. Beban primer**

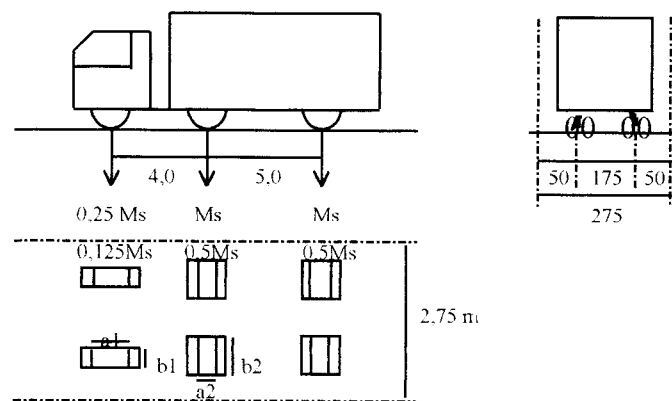
##### **a. Beban mati (M)**

Dalam menentukan besarnya beban mati, harus digunakan nilai berat isi dari bahan-bahan bangunan yang dipergunakan (sesuai dengan PPPJIR-1987).

##### **b. Beban hidup (H)**

Beban hidup yang harus ditinjau dinyatakan dalam dua macam, yaitu beban "T" yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban "D" yang merupakan beban jalur untuk

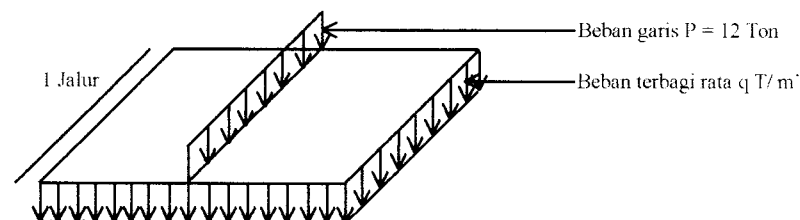
gelagar. Untuk perhitungan kekuatan lantai kendaraan atau sistem lantai kendaraan harus digunakan beban “T”. Beban “T” adalah merupakan beban kendaraan truck yang mempunyai beban roda ganda (dual wheel load) sebesar 10 ton dengan ukuran-ukuran serta kedudukan seperti gambar 2.1.



Keterangan:  $a_1 = a_2 = 30,0 \text{ cm}$   
 $b_1 = 12,5 \text{ cm}$   
 $b_2 = 50,0 \text{ cm}$   
 $M_s = \text{muatan rencana sumbu} = 20 \text{ Ton}$

Gambar 2.1. Beban “T”

Untuk perhitungan kekuatan gelagar-gelagar harus digunakan beban “D” yang merupakan susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “q” ton / m / jalur, dan beban garis “P” ton/ jalur lalu lintas, seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Beban “D”

Besar “q” ditentukan sebagai berikut:

$$q = 1,1 ( 1 + 30/ L) \longrightarrow t / m \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana: L = panjang dalam meter

t / m = ton/meter panjang/jalur

Ketentuan penggunaan beban “D” pada balok melintang adalah:

- 1). Untuk lebar lantai kendaraan sama atau lebih kecil dari 5,5 meter, beban “D” sepenuhnya harus dibebankan pada seluruh lebar lantai kendaraan.
- 2). Untuk lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,5 meter, beban “D” sepenuhnya dibebankan pada lebar jalur 5,5 meter sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh beban “D”.

Dalam menentukan beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) perlu diperhatikan ketentuan bahwa :

- a). Panjang balok memanjang untuk muatan terbagi rata adalah dengan memperhitungkan pengaruh-pengaruh getaran dan pengaruh-pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akibat beban garis “P” harus dikalikan dengan koefisien kejut yang akan memberikan hasil maksimum, dengan rumus :

$$K = 1+20/(50+L) \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana : K = Koefisien kejut

L = Panjang balok dalam meter

sedangkan beban merata “q” dan beban “T” tidak dikalikan dengan koefisien kejut.

b). Beban hidup per meter balok melintang menjadi sebagai berikut :

$$\text{Beban terbagi rata} = \frac{q \text{ t/m}}{2,75 \text{ m}} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{Beban garis} = \frac{P \text{ ton}}{2,75 \text{ m}} \dots\dots\dots(2.4)$$

selain itu dalam perhitungan kekuatan gelagar karena pengaruh beban hidup sebesar 500 kg/m<sup>2</sup> pada trotoir, diperhitungkan beban sebesar 60% beban hidup trotoir.

2. Beban sekunder

a. Gaya rem dan traksi (Rm)

Diperhitungkan sebesar 5 % dari beban “D”, tanpa koefisien kejut. Gaya ini dianggap bekerja horisontal dengan titik tangkap setinggi 1,8 meter diatas lantai kerja.

b. Gaya akibat perbedaan suhu ( Tm )

Pada umumnya pengaruh perbedaan suhu maksimum-minimum untuk bangunan beton diperhitungkan sebesar 15°C.

c. Gaya rangkai dan susut (SR)

Besarnya gaya rangkai dan susut dianggap sama dengan gaya yang bekerja akibat perbedaan suhu 15°C.

d. Gaya akibat gempa bumi (Gh)

Gaya gempa diperhitungkan berdasarkan tegangan tanah dan daerah gempa, dengan rumus :

$$K = E . G \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan: K = Beban gempa

E = Koefisien gempa

G = Beban mati konstruksi

### 3. Beban khusus

Yang dimaksud beban khusus disini adalah gaya sentrifugal (S) akibat tikungan pada konstruksi jembatan yang dianggap bekerja pada tinggi 1,80 meter di atas lantai kendaraan. Gaya ini dinyatakan dalam prosen terhadap beban "D" yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas tanpa dikalikan koefisien kejut.

Tabel 2.1. Kombinasi pembebanan dan gaya

No	Kombinasi pembebanan dan gaya	Tegangan yang digunakan dalam % terhadap tegangan ijin
1	M+(H+K)	100 % $\bar{\sigma} > \sigma_{maks}$
2	M+SR+Tm	125 % $\bar{\sigma} > \sigma_{maks}$
3	M+(H+K)+Rm+SR+Tm+S	140 % $\bar{\sigma} > \sigma_{maks}$
4	M+Gh	150 % $\bar{\sigma} > \sigma_{maks}$
5	M+(H+K)+S	150 % $\bar{\sigma} > \sigma_{maks}$

( PPPJJR edisi revisi 1987 hal 21 )

### 2.1.3 Perencanaan Plat Lantai

#### 1. Penentuan Syarat Batas

##### a. Spesifikasi bahan

1). Mutu beton K-350  $\longrightarrow$   $f'c = 35 \text{ Mpa}$

2). Mutu baja U-32  $\longrightarrow$   $f_y = 320 \text{ Mpa}$

##### b. Spasi atau jarak tulangan (SK - SNI sub bab 3.16.6)

1). Jarak bersih antara tulangan sejajar  $> D$ -batang tulangan

atau 25 mm

2). Jarak bersih antara tulangan sejajar < 3 kali tebal plat atau 500 mm

c. Spasi atau jarak tulangan susut (SK - SNI sub bab 3.16.12)

Jarak bersih tulangan pembagi < lima kali tebal plat atau 500 mm

d. Pelindung beton untuk tulangan (SK - SNI sub bab 3.16.7)

Untuk Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca, tebal selimut beton yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1). Batang D-19 hingga D-56 tebal selimut minimum 50 mm

2). Batang D-16, kawat W-31 atau D-31 dan yang lebih kecil tebal selimut minimum 40 mm

e. Distribusi gaya untuk plat yang ditumpu dua arah atau pada keempat sisinya adalah merupakan struktur statis tak tentu.

Pemakaian koefisien momen lentur yang bekerja pada arah X dan Y harus menggunakan beban terbagi rata. Panjang bentang ditentukan dari as ke as.

Momen kerja:

$$Mu = \frac{1}{8} \times Wu \times Lx^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan:

$Lx$  = panjang bentang arah X (m)

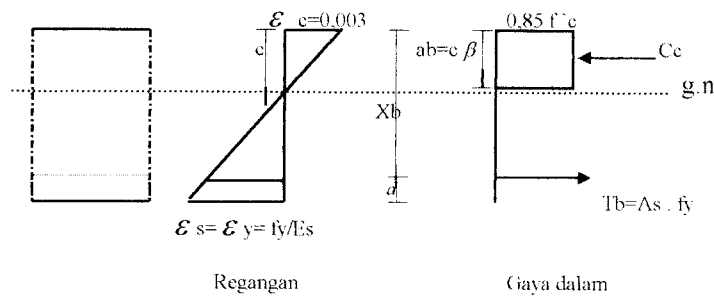
$Wu$  = beban terfaktor per unit luas plat

Mu = momen terfaktor per unit luas plat

Mn = kuat momen nominal pada suatu penampang (N m)

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan

2. Analisis Tampang



Gambar 2.3. Diagram tegangan dan regangan

Dari diagram regangan:

$$\frac{xb}{d} = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c + \epsilon_y} = \frac{0,003}{\left\{0,003 + \left(\frac{fy}{200.000}\right)\right\}} = \frac{600}{(600 + fy)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dari diagram gaya dalam:

$$Cc = 0,85 \times f'c \times ab \times b \dots\dots\dots(2.9)$$

$$= 0,85 \times f'c \times xb \times \beta_1 \times b$$

Jika:

$$f'c < 30MPa \rightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f'c > 30MPa \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008(f'c - 30) \dots\dots\dots(2.10)$$

$$Tb = As \times fy = \rho b \times b \times d \times fy \dots\dots\dots(2.11)$$

Persamaan kesetimbangan:  $\sum H = 0$

$$Cc = Tb \dots\dots\dots(2.12)$$

$$0,85 \times f'c \times Xb \times \beta_1 \times b = \rho b \times b \times d \times fy$$

$$\rho_b = \frac{(0,85 \times f'c \times \beta_1)}{f_y} \times \frac{X_b}{d}$$

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

Menurut SK-SNI T-15-1991-03 sub bab 3.3.5

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b \dots\dots\dots(2.14)$$

$$m = f_y / (0,85 \times f'c) \dots\dots\dots(2.15)$$

$$R_n = \frac{M_{\max}}{(b \times d^2)} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{(2 \times m \times R_n)}{f_y}} \right] \dots\dots\dots(2.17)$$

→ syarat  $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$

### 3. Perhitungan tulangan pokok

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\text{Jarak tulangan} = (A\phi \times 100) / A_s \dots\dots\dots(2.19)$$

### 4. Perhitungan tulangan susut

Menurut SK-SNI T-15-1991-03 sub bab 3.16.12

$$A_s = (0,0018 \times 400 \times b \times h) / f_y \dots\dots\dots(2.20)$$

$$\text{Jarak tulangan} = (A\phi \times 100) / A_s \dots\dots\dots(2.21)$$

### 5. Perhitungan tulangan bagi

$$A_s = 20\% \text{ Apokok} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\text{Jarak tulangan} = (A\phi \times 100) / A_s \dots\dots\dots(2.23)$$



### 2.1.4 Perencanaan Balok

Dalam perencanaan Struktur ini balok direncanakan terdiri dari dua macam, yaitu balok melintang dan balok memanjang. Dimana dalam perhitungan perencanaannya menggunakan asumsi balok "T".

Menurut SK-SNI T-15-1991-03 sub bab 3.3.10, lebar efektif sayap (flens) balok "T", ditetapkan sebagai berikut :

1. Untuk balok tepi

$$\begin{aligned} b_f &\leq b_w + L/12 \\ &\leq b_w + (16 \cdot h_f) \\ &\leq b_w + S/2 \end{aligned}$$

2. Untuk balok tengah

$$\begin{aligned} b_f &\leq L/4 \\ &\leq b_w + (16 \cdot h_f) \\ &\leq S \end{aligned}$$

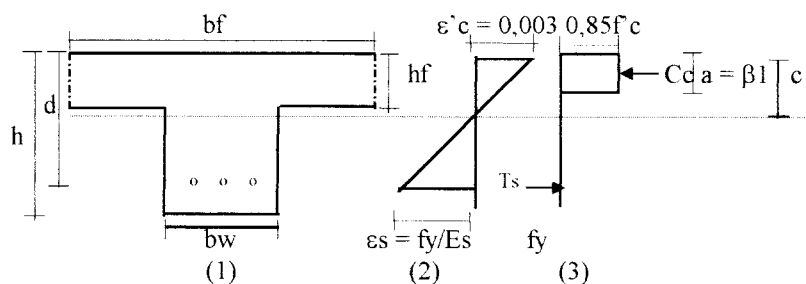
Dengan :  $b_f$  = Lebar sayap efektif

$b_w$  = Lebar balok

$h_f$  = Tebal plat lantai

$L$  = Panjang balok

$S$  = Jarak bersih antar balok



Gambar 2.4. Diagram tegangan dan regangan

- (1) Penampang balok "T" dalam keadaan tarik
- (2) Diagram Regangan
- (3) Diagram Tegangan

Keterangan:

- a. Bila  $c < hf$ , maka balok boleh diperhitungkan sebagai balok “T” yang berarti seluruh daerah tekan akan terjadi di sayap dengan lebar balok menjadi  $b_f$  sebagai pengganti  $b_w$  dan tinggi efektif  $d$  ( $b_f \cdot d$ ). Penampang balok di bawah garis netral dianggap retak sehingga diabaikan.
- b. Bila  $c > hf$ , maka daerah tekan tidak hanya terbatas pada sayap saja sehingga diperhitungkan kapasitas tampang dengan ukuran  $b_w - h$ .

#### 1. Penentuan syarat batas

##### a. spesifikasi bahan

- 1). Mutu beton K-350  $\longrightarrow f'_c = 35 \text{ Mpa}$
- 2). Mutu baja U-32  $\longrightarrow f_y = 320 \text{ Mpa}$

##### b. Spasi tulangan (SK SNI T-15-1991-03 sub bab 3.16.6)

Jarak bersih antara tulangan sejajar  $>D$ -batang tulangan atau 25 mm

#### 2. Penentuan tinggi minimum

Menurut SK-SNI T-15-1991-03 tabel 3.2.5, tinggi minimum balok dapat ditentukan dengan:  $h_{min} = L/18,8 (0,4 + (f_y/700)) < \text{tinggi balok}$

#### 3. Kontrol dimensi

Pada umumnya suatu perencanaan struktur, terlebih dahulu kita tentukan dimensinya, sehingga dimensi tersebut harus kita kontrol untuk mengetahui kelaikannya.

##### a. Kontrol geser (SK-SNI sub bab 3.4.12)

$V_{u \max} \rightarrow$  dari hasil analisis struktur

$$V_c = \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d/6 \dots\dots\dots(2.24)$$

$$V_{s1} = \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d/3 \dots\dots\dots(2.25)$$

$$V_{s2} = 2 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d/3 \dots\dots\dots(2.26)$$

$$\text{Syarat: } V_{\text{max}} \leq \phi (V_c + V_s)$$

b. Kontrol torsi → jika terjadi torsi (SK-SNI 3.3.4 (12))

$T_{\text{max}}$  → dari hasil analisis struktur, dipilih yang terbesar yang paling menentukan.

$$\sum x^2y = (bw^2 \cdot h) + (bf - bw)^2 \cdot hf \rightarrow \text{balok tepi} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$= (bw^2 \cdot h) + 2 (bf - bw)^2 \cdot hf \rightarrow \text{balok tengah} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$C_t = (bw \cdot d) / (\sum x^2y) \dots\dots\dots(2.29)$$

Jika penampang yang ditinjau juga terjadi gaya lintang dan ini umumnya terjadi, maka perlu ditinjau terjadinya gaya lintang ditengah bentang sejauh  $bt + d$  ke kiri dan ke kanan diambil yang terbesar.

$$bt = bw - 2P_b - 2D_s$$

$$d = h - 2P_b - 2D_s - 1/2D$$

Hitung  $T_c$  jika terjadi gaya lintang

$$T_c = \frac{\sqrt{f'c} \cdot \sum x^2y}{15 \sqrt{\left[1 + \left[\frac{0,4 V_u}{C_t \cdot T_u}\right]^2\right]}} \dots\dots\dots(2.30)$$

Hitungan  $T_c$  jika torsi murni ( $V_u = 0$ )

$$T_c = \sqrt{f'c} \cdot \sum x^2y / 15 \dots\dots\dots(2.31)$$

$$T_s = (T_u / \phi) - T_c \dots\dots\dots(2.32)$$

→ Syarat:  $T_s < 4 T_c$

#### 4. Menentukan beban rencana

$M_d$  = momen akibat beban mati

$M_l$  = momen akibat beban hidup

$$M_u = 1,2 M_d + 1,6 M_l \dots\dots\dots(2.33)$$

$$M_n = M_u / \phi \dots\dots\dots(2.34)$$

Kontrol kapasitas tampang:

$$M_n \text{ total} = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot hf (d - \frac{1}{2} hf) > M_n \dots\dots\dots(2.35)$$

#### 5. Perencanaan tulangan pokok

Dalam perencanaan tulangan pokok, untuk memperoleh nilai  $\rho_b$ ,  $\rho_{min}$ ,  $\rho_{max}$ ,  $m$ ,  $R_n$ ,  $\rho_{perlu}$ , dan  $A_s$  perlu, dapat dilihat pada rumus (2.12) sampai dengan (2.18).

$N = A_s / A_\phi \rightarrow$  dibulatkan ke atas

$$A_{sb} = N \cdot A_\phi > A_s$$

$$d \text{ aktual} = h - P_b - D_s - \frac{1}{2}D$$

$$\rho \text{ aktual} = A_{sb} / (b_w \cdot d \text{ aktual}) < \rho_{max} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$\text{Jarak vertikal: } X = \frac{(b_w - 2P_b - 2D_s - ND)}{(N - 1)} > 2,5 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak horisontal: } Y = (h - 2P_b - 2D_s - ND) < 30 \text{ cm}$$

$$\text{Kontrol kapasitas: } C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot a \dots\dots\dots(2.37)$$

$$T_s = A_{sb} \cdot f_y \dots\dots\dots(2.38)$$

Syarat:  $C_c = T_s$  ..... diperoleh a

$$M_n \text{ total} = T_s (d - a/2) > M_n \rightarrow \text{tulangan desak diabaikan}$$

Kontrol:  $c = \frac{a}{\beta_1} < hf \rightarrow$  pemisalan benar sebagai balok "T"

$> hf \rightarrow$  pemisalan salah maka bw diganti bf

Jika  $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}} \rightarrow$  tulangan rangkap

Ada 2 alternatif penyelesaian:

a. sesuaikan ukuran penampang balok (diperbesar)

b. bila tidak memungkinkan, maka dipasang tulangan rangkap sehingga tulangan desak diperhitungkan

$$As_1 = \rho_{\text{max}} \cdot bw \cdot d$$

$$\text{Hitung : } Rn' = \frac{1}{2} \cdot fy \cdot \rho_{\text{max}} (2 - m \cdot \rho_{\text{max}}) \dots \dots \dots (2.39)$$

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

$$Mn_1 = Rn' \cdot bw \cdot d^2$$

$$Mn_2 = Mn - Mn_1 \rightarrow \text{ditahan tulangan desak}$$

$$As_1' = \frac{Mn_2}{fy (d - d')}$$

Kontrol  $\bar{\sigma}'_s$  :

$$Cu = \frac{\epsilon'_{cu} \cdot d}{\epsilon_s (1 + \epsilon'_{cu}/\epsilon_s)} \quad \begin{array}{l} \epsilon'_{cu} = 0,003 \\ \epsilon_s = fy / Es \end{array}$$

$$\epsilon'_{cs} = \frac{\epsilon'_{cu} (Cu - d')}{Cu}$$

$$\sigma'_{cs} = \epsilon'_{cs} \cdot Es < fy \rightarrow \text{jumlah tulangan harus dikoreksi}$$

$$As_2' = \frac{fy}{\bar{\sigma}'_s} \cdot As_1'$$

sehingga tulangan yang berlaku adalah:

$$As = As_1 + As_2'$$

$$A's = As_2'$$

## 6. Perencanaan tulangan torsi dan geser

Dalam prakteknya torsi murni hampir tidak pernah terjadi. Umumnya penampang harus menyalurkan torsi maupun gaya lintang.

Persyaratan:

a. Pengaruh torsi harus diperhitungkan bersama geser dan lentur

$$\text{bila } T_u > 0,6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \Sigma x^2 y / 24$$

b. Bila momen torsi berfaktor ( $T_u$ ) yang bekerja lebih besar dari

$$0,6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \Sigma x^2 y / 24, \text{ maka luas tulangan tertutup minimum harus dihitung sebesar } A_v + 2 A_t = (b_w \cdot S) / (3 \cdot f_y)$$

c. Spasi sengkang terhadap torsi tidak boleh lebih dari nilai yang

paling kecil antara  $\frac{1}{4} (x_1 + y_1)$  atau 300 mm

$$x_1 = b_w - 2P_b - D_s \rightarrow \text{jarak ke pusat sengkang}$$

$$y_1 = h_k - 2P_b - D_s \rightarrow \text{jarak ke pusat sengkang}$$

Perhitungan penulangan:

a. Kontrol  $T_u > 0,6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \Sigma x^2 y / 24$  ..... (2.40)

b. Kontrol terhadap geser  $V_c = \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d}{6 \cdot \sqrt{[1 + (2,5 \cdot C_t \cdot T_u / V_u)^2]}}$  ..... (2.41)

Jika  $V_u < \phi V_c \rightarrow$  tidak perlu tulangan geser

Jika  $V_u > \phi V_c \rightarrow$  perlu tulangan geser, maka:

$$V_s = (A_v \cdot f_y \cdot d) / S \rightarrow A_v / S = V_s / (f_y \cdot d) \text{ ..... (2.42)}$$

c. Kontrol terhadap torsi:

$T_c$  dapat dilihat pada rumus (2.30)

Jika  $T_u < \phi T_c \rightarrow$  tidak perlu tulangan torsi

Jika  $T_u > \phi T_c \rightarrow$  perlu tulangan torsi, maka:

$$T_s = (A_t \cdot q_t \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot f_y) / S \dots\dots\dots (2.43)$$

$$q_t = (2 + (y_1/x_1)) / 3 < 1,5 \dots\dots\dots (2.44)$$

$$A_t / S = T_s / (q_t \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot f_y) = (T_u / \phi - T_c) / (q_t \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot f_y) \dots\dots (2.45)$$

d. Spasi tulangan sengkang

$$S_x = (A_v / S + (2 \cdot A_t / S)) > S_{x\min} = bw / (3 \cdot f_y) \dots\dots\dots (2.46)$$

spasi:  $(2 \cdot A_s \phi) / S_x < 1/4 (x_1 + y_1)$  atau 300 mm dengan,

$$A_s \phi = 1/4 \cdot \pi \cdot D_s^2$$

## 7. Perencanaan geser murni

Perencanaan ini dilakukan bila balok yang ditinjau tidak terdapat torsi, hanya geser murni saja.

$V_u \rightarrow$  dari hasil analisis struktur

$$\phi V_c = \phi \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d / 6$$

Jika  $V_u > \phi V_c \rightarrow$  harus diberi tulangan geser

Kontrol lebar retak:

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c < 2/3 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$A_v = A_s = 2 (1/4 \cdot \pi \cdot d^2)$$

$$\text{Spasi sengkang } S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Untuk daerah tulangan geser minimum spasi sengkang:

$$S = \frac{3 A_v \cdot f_y}{bw} \leq d/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

## 8. Analisis kapasitas tampang geser dan torsi

$$(A_v / S + (2 \cdot A_t / S))_{\text{aktual}} = (2 \cdot \phi A_s) / S_x$$

$$(A_v/S)^* = \frac{(A_v/S) \cdot (A_v/S + (2 \cdot A_t/S))_{\text{aktual}}}{(A_v/S + (2 \cdot A_t/S))}$$

$$V_s = (A_v/S)^* \cdot f_y \cdot d$$

$$\phi(V_c + V_s) > V_u \rightarrow \text{aman}$$

### 2.1.5 Perancangan Kolom

#### 1. Penentuan syarat batas

Untuk penentuan syarat batas pada perencanaan kolom sama seperti penentuan syarat batas pada perencanaan balok.

#### 2. Penentuan spesifikasi

##### a. Menentukan beban kerja kolom

$M_{1b}$  = Momen ujung atas kolom yang karena beban vertikal

$M_{2b}$  = Momen ujung bawah kolom yang karena beban vertikal

$M_{1s}$  = Momen atas kolom yang karena beban horisontal

$M_{2s}$  = Momen bawah kolom yang karena beban horisontal

$P_u$  = Gaya aksial ultimit

$\sum P_u$  = Jumlah gaya aksial ultimit yang terjadi

$\sum P_c$  = Jumlah gaya aksial kritis

$$\beta d = \text{Faktor reduksi beban} = \frac{(1,2 \times D)}{((1,2 \times D) + (1,6 \times L))}$$

$\phi$  = Faktor reduksi kolom

##### b. Menentukan ukuran balok dan kolom lainnya

1). Lebar balok ( $B_b$ )

2). Tinggi balok ( $h_b$ )

3). Lebar kolom ( $B_k$ )

4). Tinggi kolom ( $h_k$ )



5). Panjang kolom ( $L_k$ )

6). Panjang balok ( $L_b$ )

### 3. Perhitungan

a. Tentukan inersia

$$1). I_b = \frac{(Bb \times hb^3)}{12} \dots\dots\dots(2.47)$$

$$2). I_k = \frac{(Bk \times hk^3)}{12} \dots\dots\dots(2.48)$$

b. Tentukan kekakuan kolom

$$1). E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c} \dots\dots\dots \text{Mpa} \dots\dots\dots(2.49)$$

$$2). EI_b = \frac{(E_c \times I_b)}{\{5 \times (1 + \beta d)\}} \dots\dots\dots(2.50)$$

$$3). EI_k = \frac{(E_c \times I_k)}{\{2,5 \times (1 + \beta d)\}} \dots\dots\dots(2.51)$$

c. Menentukan kekakuan relatif

$$U_m = \frac{\sum \left( \frac{EI_k}{L_k} \right)}{\sum \left( \frac{EI_b}{L_b} \right)} \dots\dots\dots(2.52)$$

$$\text{Jika } U_m < 2 \rightarrow k = \left( \frac{20 - U_m}{20} \right) \times \sqrt{(1 + U_m)}$$

$$\text{Jika } U_m > 2 \rightarrow k = 0,90 \times \sqrt{(1 + U_m)}$$

d. Menentukan kelangsingan kolom

$$r = 0,3 \times hk$$

$$\text{Jika } \frac{(k \times L_k)}{r} < 22 \rightarrow \text{kolom tidak langsing}$$

$$\text{Jika } 22 < \frac{(k \times L_k)}{r} < 100 \rightarrow \text{kolom langsing, maka ada faktor pembesaran momen}$$

Menentukan dulu:

$$1). P_c = \frac{\pi^2 \times (E_c \times I_k)}{(k \times L_k)^2} \dots\dots\dots(2.53)$$

$$2). \delta b = \frac{1}{\left\{1 - \left(\frac{P_u}{\phi \times P_c}\right)\right\}} > 1 \dots\dots\dots (2.54)$$

$$3). \delta s = \frac{1}{\left\{1 - \left(\frac{\sum P_u}{\phi \times \sum P_c}\right)\right\}} > 1 \dots\dots\dots (2.55)$$

$$4). M_c = (\delta b \times M_{2b}) + (\delta s \times M_{2s}) \dots\dots\dots (2.56)$$

$$5). M_n = \frac{M_c}{\phi} \dots\dots\dots (2.57)$$

$$6). e = \frac{M_n}{P_u} > (15 + 0,3hk) \dots\dots\dots (2.58)$$

Jika  $\frac{(k \times l k)}{r} > 100 \rightarrow$  Perbaiki dimensi betonnya

#### e. Menentukan jumlah tulangan

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \times d} = 0,01$$

$$A_s = A_s' = 0,01 \times b \times d$$

$$N = \frac{A_s}{A_1 \phi}$$

$$A_s b = N \times A \phi \quad \rightarrow N \text{ untuk 1 sisi}$$

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

Syarat  $0,01 < \rho b < 0,04 \rightarrow$  Jika  $\rho b < 0,01$  maka perbanyak jml tulangan

#### f. Menentukan kapasitas tampang

$$C_b = \frac{\epsilon_c}{(\epsilon_c + \epsilon_y)} = \frac{0,003}{\left\{0,003 + \left(\frac{f_y}{200.000}\right)\right\}} = \frac{600}{(600 + f_y) \times d} \dots\dots\dots (2.59)$$

$$a b = \beta_1 \times C_b$$

$$f' s b = \frac{600 \times (C_b - d')}{C_b} \dots\dots\dots (2.60)$$

1). Jika  $f' s b < f_y$ , maka :

$$M_n b = (0,85 \times f' c \times a b \times b (\frac{1}{2} h + \frac{1}{2} a b)) + (A' s \times f' s b \times (\frac{1}{2} h - d')) + (A_s \times f_y \times (d - \frac{1}{2} h))$$

$$P_n b = (0,85 \times f' c \times a b \times b) + (A' s \times f' s b) - (A_s \times f_y)$$

2). Jika  $f'sb > fy$ , maka :

$$Mnb = (0,85 \times f'c \times ab \times b \times (\frac{1}{2}h + \frac{1}{2}ab)) + (A's \times fy \times (\frac{1}{2}h - d')) \\ + (As \times fy \times (d - \frac{1}{2}h))$$

$$Pnb = (0,85 \times f'c \times ab \times b) + (A's \times fy) - (As \times fy)$$

$$\text{Menentukan } eb = \frac{Mnb}{Pnb} \dots\dots\dots (2.61)$$

g. Menentukan jenis keruntuhan dengan rumus Whitney

1) Jika  $e > eb \rightarrow$  Keruntuhan tarik

$$m = \frac{fs}{(0,85 \cdot f'c)}$$

$$pn = 0,85 \times f'c \times b \times d \left[ \frac{h - 2e}{2d} + \sqrt{\left[ \left( \frac{h - 2e}{2d} \right)^2 + 2 \times m \times \rho b \left[ 1 - \frac{d'}{d} \right] \right]} \right]$$

$$a = \frac{pn}{0,85 \times f'c \times b \times d}$$

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

$$f'sb = 600(c - d')/c > fy$$

2). Jika  $e < eb \rightarrow$  keruntuhan desak

$$pn = \left[ \frac{As' \times fy}{\frac{e}{d - d'} + 0,5} \right] + \left[ \frac{b \times h \times f'c}{\frac{3h \times e}{d^2} + 1,18} \right]$$

$\emptyset pn > pu \rightarrow$  Jika  $\emptyset pn < pu$ , maka perbanyak jumlah tulangan

4. Kontrol tulangan

a. Kontrol jarak vertikal

$$Y = hk - 2Pb - 2Ds - 2D < 30 \text{ cm}$$

b. Kontrol jarak horisontal

$$X = \frac{(b - 2Pb - 2Ds - (N \times D))}{(N - 1)} > 2,5 \text{ cm}$$

5. Desain sengkang

$$\begin{array}{l} X_1 = hk \\ X_2 = 16D \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} X_1 \\ X_2 \end{array}} \right\} \rightarrow \text{dipakai jarak yang terkecil}$$

### 2.1.6 Perencanaan Pondasi

Pondasi yang digunakan adalah pondasi telapak, karena permukaan tanah baiknya tidak begitu dalam dari permukaan tanah dasar.

Beban-beban yang bekerja pada pondasi telapak diperhitungkan dari beban kolom yang dipikul ditambah berat sendiri pondasi dan tanah di atasnya. Tebal pondasi di atas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm.

1. Perencanaan dimensi plat

$q = \text{berat tanah} + \text{berat pondasi}$

$\sigma_{\text{netto}} = \sigma \cdot q \rightarrow \sigma = \text{daya dukung tanah}$

$$\sigma_{\text{netto}} \geq \frac{P}{A} \rightarrow A = b^2$$

Kontrol daya dukung:

$$\sigma \geq \frac{P}{A} + q \rightarrow P = \text{gaya aksial kolom}$$

2. Perencanaan tebal plat

$$Vu = \phi Vc$$

$$= \phi \times \frac{\sqrt{f'c} \times b \times d}{6} \rightarrow \text{dalam fungsi d}$$

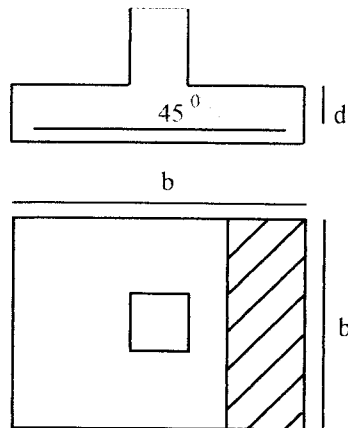
$$Vc = \sigma_{\text{netto}}(x - d) \times b$$

dengan  $x = \text{tebal taksiran} - 1,5D$

Dari persamaan diatas diperoleh  $d > d_{\text{min}} = 150 \text{ mm}$

### 3. Kontrol terhadap kuat geser

#### a. Geser satu arah



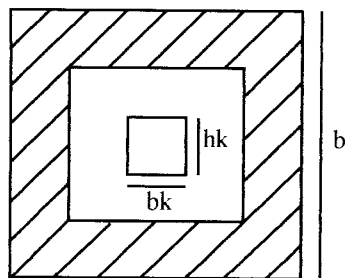
$$d = t - D - Pb$$

$$V_u = (P/A) \times A_{\text{arsiran}}$$

$$V_c = \sqrt{f'_c} \times b \times d / 6$$

$$\text{Syarat: } \phi V_c \geq V_u$$

#### b. Geser dua arah (geser pondasi)



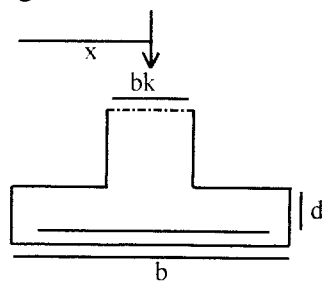
Gambar2.5. Analisis geser pondasi telapak

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{\sqrt{f'_c} \times b \times d}{6}\right) \rightarrow \beta_c = \frac{hk}{bk}$$

$$V_u = \sigma_{\text{netto}} \times A_{\text{arsir}}$$

$$\text{Syarat: } \phi V_c \geq V_u$$

### 4. Perencanaan penulangan berdasarkan momen lentur



Gambar 2.6. Analisis momen lentur pondasi

$$x = \frac{1}{2}(b - bk)$$

$$Mu = \frac{1}{2} \left( \frac{P}{A} \right) \times b \times x^2 \dots\dots\dots (2.62)$$

Dalam perencanaan penulangan berdasarkan momen lentur, untuk memperoleh nilai  $\rho_b$ ,  $\rho_{min}$ ,  $\rho_{max}$ ,  $m$ ,  $R_n$ ,  $\rho_{perlu}$ , dan  $A_s$  perlu, dapat dilihat pada rumus (2.12) sampai dengan (2.18).

$$\text{Jarak tulangan} = (0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 100) / A_s$$

**BAB III**  
**ANALISIS DAN PERENCANAAN**

**3.1 Data Perencanaan**

1. Jarak gelagar memanjang : 1.5 m dan 2.0 m
2. jarak gelagar melintang : 5.0 m
3. Mutu beton : K-350
4. Tegangan ijin beton : 35 Mpa
5. Mutu baja : U-32
6. Tegangan leleh baja : 320 Mpa
7. Tebal plat beton : 25 cm
8. Tebal aspal : 3 cm
9. Genangan air hujan : 5 cm
10. Berat jenis beton : 2,5 t/m<sup>3</sup>
11. Berat jenis aspal : 2,3 t/m<sup>3</sup>
12. Berat jenis air : 1,0 t/m<sup>3</sup>

**3.2 Perencanaan Plat Lantai Kendaraan**

**3.2.1 Analisis Pembebanan**

1. Beban mati (untuk lebar 1 meter)

Beban aspal :  $0,03 \cdot 1 \cdot 2,3 = 0,069 \text{ t/m}$

Beban slab beton :  $0,25 \cdot 1 \cdot 2,5 = 0,625 \text{ t/m}$

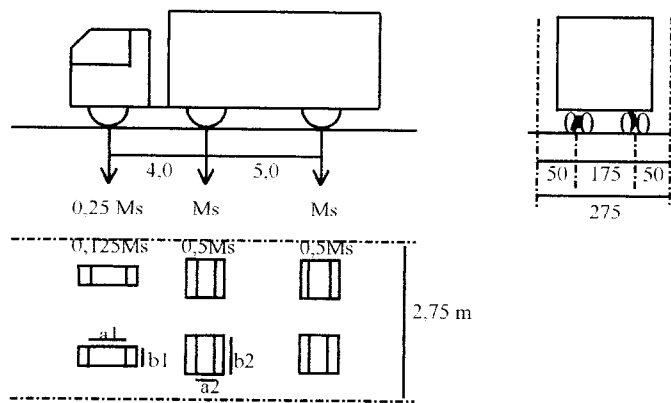
Beban air hujan :  $0,05 \cdot 1 \cdot 1,0 = 0,05 \text{ t/m}$  +

$q_d = 0,744 \text{ t/m}$

## 2. Beban hidup

untuk perhitungan kekuatan lantai kendaraan menggunakan beban “T”.

Beban “T” adalah merupakan beban kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda (dual wheel load ) sebesar 10 ton dengan ukuran-ukuran serta kedudukan seperti pada gambar 3.1.



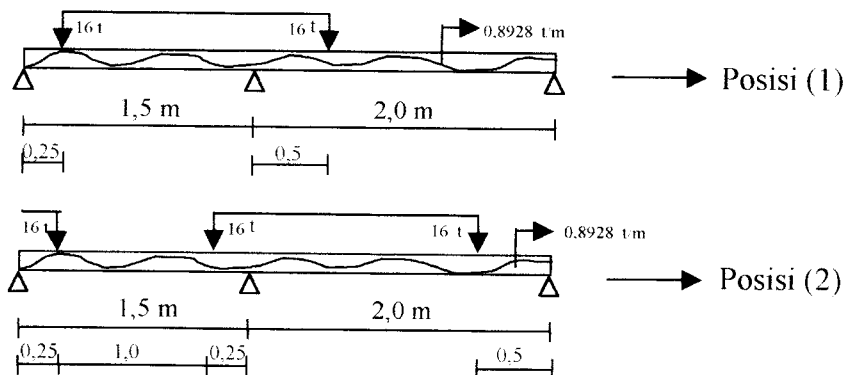
Keterangan:  $a_1 = a_2 = 30,0 \text{ cm}$   
 $b_1 = 12,5 \text{ cm}$   
 $b_2 = 50,0 \text{ cm}$   
 $M_s = \text{muatan rencana sumbu} = 20 \text{ Ton}$

Gambar 3.1. Kedudukan dan ukuran-ukuran pembebanan

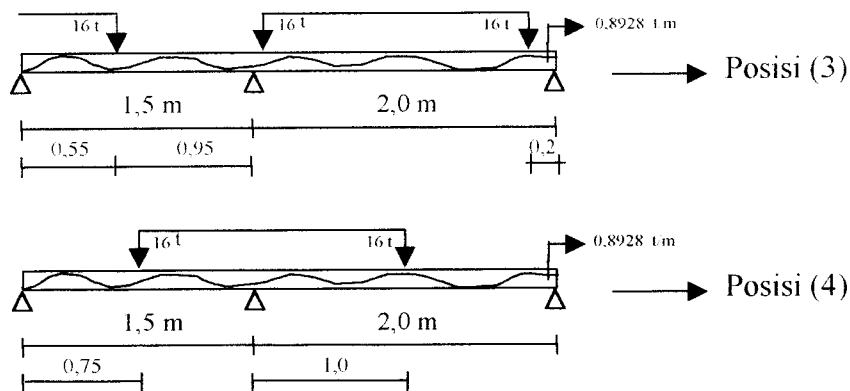
$$\text{Jadi } q_{d \text{ ult}} = 1,2 \cdot 0,744 = 0,8928 \text{ t/m}$$

$$q_{l \text{ ult}} = 1,6 \cdot 10 = 16 \text{ t}$$

## 3. Posisi-posisi pembebanan







Gambar 3.2. Posisi-posisi pembebanan

Untuk menghitung momen maksimum ( baik momen lapangan maupun momen tumpuan dan reaksi-reaksi yang terjadi digunakan program “Microfeaf” yang dapat dilihat pada lampiran 1.

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastisitas} &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \sqrt{35} = 2,8 \cdot 10^4 \text{ MPa} \\ &= 2,8 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Inersia plat} &= 1/12 \cdot b \cdot h^3 \\ &= 1/12 \cdot 100 \cdot 25^3 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

### 3.2.2 Perhitungan Penulangan

#### 1. Penulangan daerah lapangan

##### a. Arah X

$$\begin{aligned} d &= ht - pb - \frac{1}{2} D \\ &= 250 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 202 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Mu = 5,5865 \text{ tm}$$

$$Mn = Mu/\phi = 5,5865 / 0,8 = 69,831 \text{ KNm}$$

Rasio penulangan ( $\rho$ )

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

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,008 (f_c - 30) \\ &= 0,85 - 0,008 (35 - 30) = 0,81 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81}{320} \left( \frac{600}{600 + 320} \right) = 0,049$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,049 = 0,037$$

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 320 = 0,0044$$

$$m = f_y / (0,85 \cdot f_c) = 320 / (0,85 \cdot 35) = 10,756$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2) = 69,831 \cdot 10^6 / (1000 \cdot 202^2) = 1,711 \text{ N/m}^2$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{10,756} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,756 \cdot 1,711}{320}} \right)$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{perlu}$$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0055 \cdot 1000 \cdot 202 = 1111 \text{ mm}^2$$

$$A_1 \emptyset_{16} = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan } S &\leq \frac{A_1 \emptyset_{16} \cdot b}{A_{s_{perlu}}} \\ &= \frac{201,062 \cdot 1000}{1111} \\ &= 180,97 \text{ mm} \end{aligned}$$

dipakai  $\emptyset_{16-180}$

$$\text{Jumlah tulangan permeter (n)} = 1000 / 180 = 5,6 \cong 6 \text{ buah}$$

Kontrol kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 1000 \cdot a = 29750 a \text{ N/mm}$$

$$T_s = A_s \cdot \sigma_s \cdot n \cdot f_y$$

$$= 201,062 \cdot 6 \cdot 320 = 386039,04 \text{ N}$$

$$C_c = T_s$$

$$29750 a = 386039,04$$

$$a = 12,98 \text{ mm}$$

$$M_{n_{total}} = T_s (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 386039,04 (202 - (\frac{1}{2} \cdot 12,98)) \cdot 10^{-6}$$

$$= 75,4745 \text{ KNm} > M_n = 69,831 \text{ KNm} \longrightarrow \text{Aman}$$

b. Arah Y

$$d = h_t - p_b - \frac{1}{2} D$$

$$= 250 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 12 = 204 \text{ mm}$$

$$M_u = 5,5865 \text{ tm}$$

$$M_n = M_u / \phi = 5,5865 / 0,8 = 69,831 \text{ KNm}$$

Rasio penulangan ( $\rho$ )

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

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c - 30)$$

$$= 0,85 - 0,008 (35 - 30) = 0,81$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81}{320} \left( \frac{600}{600 + 320} \right) = 0,049$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot 0,049 = 0,037$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 1,4 / 320 = 0,0044$$

$$m = f_y / (0,85 \cdot f'_c) = 320 / (0,85 \cdot 35) = 10,756$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2) = 69,831 \cdot 10^6 / (1000 \cdot 204^2) = 1,678 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{10,756} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,756 \cdot 1,678}{320}} \right) = 0,0054$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0054 \cdot 1000 \cdot 204 = 1101,6 \text{ mm}^2$$

$$A_1 \varnothing_{12} = 113,098 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan } S &\leq \frac{A_1 \varnothing_{12} \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} \\ &= \frac{113,098 \cdot 1000}{1101,6} \\ &= 102,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{dipakai } \varnothing_{12-100}$$

$$\text{Jumlah tulangan permeter (n)} = 1000 / 100 = 10 \text{ buah}$$

Kontrol kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 1000 \cdot a = 29750 a \text{ N/mm}$$

$$T_s = A_1 \varnothing \cdot n \cdot f_y$$

$$= 113,098 \cdot 10 \cdot 320 = 361913,6 \text{ N}$$

$$C_c = T_s$$

$$29750 a = 361913,6$$

$$a = 12,165 \text{ mm}$$

$$M_{n_{\text{total}}} = T_s (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 361913,6 (204 - (\frac{1}{2} \cdot 12,165)) \cdot 10^{-6}$$

$$= 71,63 \text{ KNm} > M_n = 69,831 \text{ KNm} \longrightarrow \text{Aman}$$

## 2. Penulangan daerah tumpuan

### a. Arah X

$$d = h_t - p_b - \frac{1}{2} D$$

$$= 250 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 202 \text{ mm}$$

$$M_u = 5,7198 \text{ tm}$$

$$M_n = M_u / \phi = 5,7198 / 0,8 = 71,9458 \text{ KNm}$$

Rasio penulangan (  $\rho$  )

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

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 ( f'_c - 30 )$$

$$= 0,85 - 0,008 ( 35 - 30 ) = 0,81$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81}{320} \left( \frac{600}{600 + 320} \right) = 0,049$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot 0,049 = 0,037$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 1,4 / 320 = 0,0044$$

$$m = f_y / (0,85 \cdot f'_c) = 320 / (0,85 \cdot 35) = 10,756$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2) = 71,1498 \cdot 10^6 / (1000 \cdot 202^2) = 1,752 \text{ N/m}^2$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{10,756} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,756 \cdot 1,752}{320}} \right) = 0,00565$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00565 \cdot 1000 \cdot 202 = 1141,3 \text{ mm}^2$$

$$A_1 \varnothing_{16} = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan } S &\leq \frac{A_1 \varnothing_{16} \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} \\ &= \frac{201,062 \cdot 1000}{1141,3} \\ &= 176,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

dipakai  $\varnothing_{16-170}$

$$\text{Jumlah tulangan permeter (n)} = 1000 / 170 = 5,88 \cong 6 \text{ buah}$$

Kontrol kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 1000 \cdot a = 29750 a \text{ N/mm}$$

$$T_s = A_1 \varnothing \cdot n \cdot f_y$$

$$= 201,062 \cdot 6 \cdot 320 = 386039,04 \text{ N}$$

$$C_c = T_s$$

$$29750 a = 386039,04$$

$$a = 12,98 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n_{\text{total}}} &= T_s (d - \frac{1}{2} a) \\
 &= 386039,04 (202 - (\frac{1}{2} \cdot 12,98)) \cdot 10^{-6} \\
 &= 75,4745 \text{ KNm} > M_n = 71,1498 \text{ KNm} \longrightarrow \text{Aman}
 \end{aligned}$$

b. Arah Y

$$\begin{aligned}
 d &= h_t - p_b - \frac{1}{2} D \\
 &= 250 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 12 = 204 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$M_u = 5,7198 \text{ tm}$$

$$M_n = M_u / \phi = 5,7198 / 0,8 = 71,1498 \text{ KNm}$$

Rasio penulangan ( $\rho$ )

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

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - 0,008 (f_c - 30) \\
 &= 0,85 - 0,008 (35 - 30) = 0,81
 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81}{320} \left( \frac{600}{600 + 320} \right) = 0,049$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot 0,049 = 0,037$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 1,4 / 320 = 0,0044$$

$$m = f_y / (0,85 \cdot f_c) = 320 / (0,85 \cdot 35) = 10,756$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2) = 71,1498 \cdot 10^6 / (1000 \cdot 204^2) = 1,718 \text{ N/m}^2$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{10,756} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,756 \cdot 1,718}{320}} \right) = 0,00553$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00553 \cdot 1000 \cdot 204 = 1128,82 \text{ mm}^2$$

$$A_1 \varnothing_{12} = 113,098 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan  $S \leq \frac{A_1 \varnothing_{12} \cdot b}{A_{s_{perlu}}}$

$$= \frac{113,098 \cdot 1000}{1128,82}$$

$$= 100,191 \text{ mm}$$

dipakai  $\varnothing_{12-100}$

Jumlah tulangan permeter (n) =  $1000 / 100 = 10$  buah

Kontrol kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 1000 \cdot a = 29750 a \text{ N/mm}$$

$$T_s = A_1 \varnothing \cdot n \cdot f_y$$

$$= 113,098 \cdot 10 \cdot 320 = 361913,6 \text{ N}$$

$$C_c = T_s$$

$$29750 a = 361913,6$$

$$a = 12,165 \text{ mm}$$

$$Mn_{total} = T_s (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 361913,6 (204 - (\frac{1}{2} \cdot 12,165)) \cdot 10^{-6}$$

$$= 71,63 \text{ KNm} > Mn = 71,1498 \text{ KNm} \longrightarrow \text{Aman}$$



## 3. Perhitungan tulangan susut

$$A_s = \frac{0,0018 \cdot 400 \cdot b \cdot ht}{f_y}$$

$$= \frac{0,0018 \cdot 400 \cdot 1000 \cdot 250}{320} = 562,5 \text{ mm}^2$$

$$A_1 \emptyset_{12} = 113,098 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan } S \leq \frac{A_1 \emptyset_{12} \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}}$$

$$= \frac{113,098 \cdot 1000}{562,5}$$

$$= 201,06 \text{ mm}$$

dipakai  $\emptyset_{12} - 200$

Jumlah tulangan permeter (n) =  $1000 / 200 = 5$  buah

## 4. Perhitungan tulangan bagi

$$A_s = 20 \% \cdot A_{\text{pokok}}$$

$$= 20 \% \cdot 1128,82 = 225,764 \text{ mm}^2$$

$$A_1 \emptyset_{12} = 113,098 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan } S \leq \frac{A_1 \emptyset_{12} \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}}$$

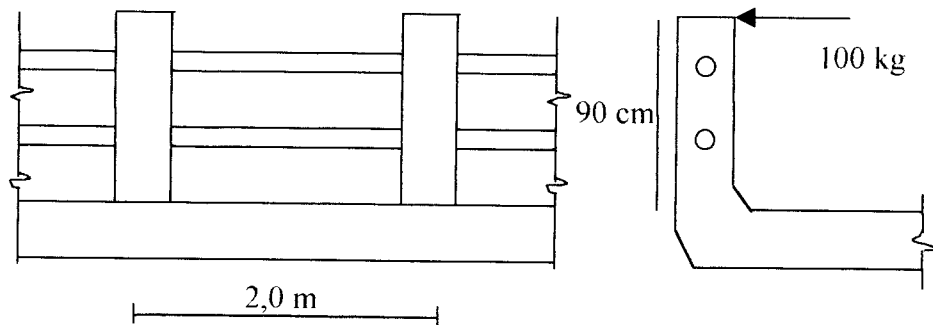
$$= \frac{113,098 \cdot 1000}{225,764}$$

$$= 500,95 \text{ mm}$$

dipakai  $\emptyset_{12} - 250$

Jumlah tulangan permeter (n) =  $1000 / 250 = 4$  buah

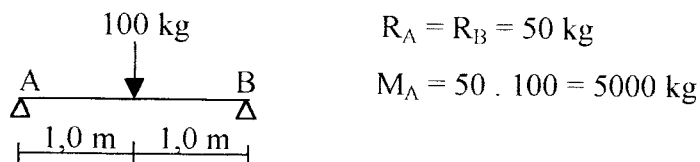
### 3.2.3 Perencanaan Tiang Sandaran



Gambar 3.3. Letak tiang sandaran dan beban horisontal

Tiang sandaran pada setiap tepi trotoar harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horisontal sebesar 100 kg/m yang bekerja pada tiang setinggi 90 cm di atas lantai trotoar ( PPPJJR edisi revisi 1987, hal 10 ).

#### 1. Pipa sandaran



Dipakai pipa baja  $\varnothing$  76,3 mm, tebal 2.8 mm diperoleh  $W_x = 11,5 \text{ cm}^3$

( Tabel profil konstruksi baja, Ir.Rudi Gunawan hal 64 ).

$$\begin{aligned} \text{Tegangan yang terjadi } (\sigma) &= M / W_x \\ &= 5000 / 11,5 = 434,78 \text{ kg/cm}^2 < f_y \end{aligned}$$

#### 2. Tiang sandaran

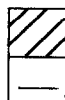
Dipakai ukuran :

$$H_t = 20 \text{ cm}$$

$$D' = 3 \text{ cm}$$

$$D = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$$

$$M = 100 \cdot 90 = 9000 \text{ kg cm}$$



$$\rho_{\min} = 0,0044$$

$$\text{Asumsi : } (D - a/2) = \gamma \cdot D = 0,9 D = 0,9 \cdot 17 = 15,3 \text{ cm}$$

$$A_s = M / (f_y \cdot (D - a/2)) = 9000 / (3200 \cdot 15,3) = 0,18 \text{ cm}^2$$

$$\text{Cek } \rho \rightarrow \rho = A_s / (b \cdot d) = 0,18 / (17 \cdot 15) = 0,0007 < \rho_{\min}$$

Dipakai  $\rho_{\min}$

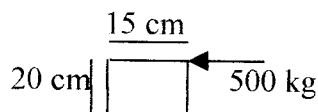
$$A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0044 \cdot 17 \cdot 15 = 1,122 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan pokok } 2\varnothing_{10} = 157 \text{ mm}^2 > A_s = 112,2 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan sengkang minimum  $\varnothing_{6-200}$

### 3.2.4 Perencanaan Kerb Jembatan

Kerb yang terdapat di tepi-tepi lantai kendaraan harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horisontal kearah melintang jembatan sebesar 500 kg/m yang bekerja pada puncak kerb yang bersangkutan atau pada tinggi 25 cm di atas permukaan lantai kendaraan apabila kerb yang bersangkutan lebih tinggi dari 25 cm ( PPPJJR edisi revisi 1987 hal 10 ).



dipakai  $H_t = 15 \text{ cm}$ ,  $D' = 5 \text{ cm}$

$$D = 15 - 5 = 10 \text{ cm}$$

$$M = 500 \cdot 10 = 5000 \text{ kg cm}$$

$$\rho_{\min} = 0,0044$$

$$\text{Asumsi: } (D - a/2) = \gamma \cdot D = 0,9 D = 0,9 \cdot 10 = 9 \text{ cm}$$

$$A_s = M / (f_y \cdot (D - a/2)) = 5000 / (3200 \cdot 9) = 0,174 \text{ cm}^2$$

$$\text{Cek } \rho \rightarrow \rho = A_s / (b \cdot d) = 0,174 / (20 \cdot 10) = 0,00087 < \rho_{\min}$$

Dipakai  $\rho_{\min}$

$$A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0044 \cdot 20 \cdot 10 = 0,88 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan (S)} \leq \frac{113,1 \cdot 1000}{\rho_{\min}} = 1285 \text{ mm}$$

Dipakai jarak tulangan maksimum = 250 mm

Dipakai tulangan pokok  $\varnothing_{12-250} = 452,4 \text{ mm}^2 > A_s = 88 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan bagi  $5\varnothing_{10} = 392,7 \text{ mm}^2 > 20 \% A_s$

### 3.2.5 Perencanaan Lantai Trotoar

Konstruksi lantai trotoar diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar 500 kg/m ( PPPJJR edisi revisi 1987 hal 10 ).

Dipakai tebal trotoar 10 cm

Berat sendiri =  $0,1 \cdot 1,0 \cdot 2,5 = 0,25 \text{ t/m}^2 = 250 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup =  $500 \text{ kg/m}^2$

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

$= (1,2 \cdot 250) + (1,6 \cdot 500) = 1100 \text{ kg/m}^2$

$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 = 1/8 \cdot 1100 \cdot 1^2 = 137,5 \text{ kg m} = 13750 \text{ kg cm}$

$\rho_{\min} = 0,0044$

Asumsi:  $(D - a/2) = \gamma \cdot D = 0,9 D = 0,9 \cdot 8 = 7,2 \text{ cm}$

$A_s = M / (f_y \cdot (D - a/2)) = 13750 / (3200 \cdot 7,2) = 0,597 \text{ cm}^2$

Cek  $\rho \rightarrow \rho = A_s / (b \cdot d) = 0,597 / (100 \cdot 8) = 0,00075 < \rho_{\min}$

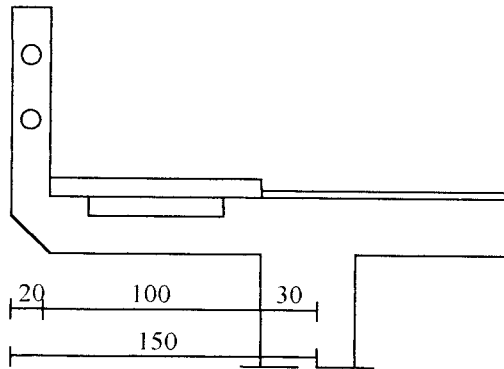
Dipakai  $\rho_{\min}$

$A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0044 \cdot 100 \cdot 8 = 3,52 \text{ cm}^2$

Dipakai tulangan pokok  $\varnothing_{12-250} = 452,4 \text{ mm}^2 > A_s = 352 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan bagi  $\varnothing_{10-250} = 314 \text{ mm}^2 > 20 \% A_s$

### 3.2.6 Perencanaan Plat Kantilever



Gambar 3.4. Struktur plat kantilever

Ditentukan :

$$\text{Berat pipa sandaran} = 5,08 \text{ kg/m}$$

( Tabel profil baja Ir. Rudi Gunawan hal 64 )

$$\text{Berat jenis beton} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat jenis aspal} = 2300 \text{ kg/m}^3$$

Ditinjau 1 m tegak lurus bidang gambar :

$$\text{Berat pipa sandaran} = 2 \cdot 5,08 \cdot 2,0 = 20,32 \text{ kg}$$

$$\text{Berat tiang sandaran} = (0,15 \cdot 0,20) \cdot 0,9 \cdot 2500 = 67,5 \text{ kg}$$

$$M_1 = (20,32 + 67,5) \cdot 1,5 = 131,73 \text{ kgm}$$

$$\text{Berat lantai trotoar} = 0,5 \cdot 1100 \cdot 1,0 = 550 \text{ kg}$$

$$\text{Berat pejalan (asumsi)} = 200 \cdot 1,0 = 200 \text{ kg}$$

$$M_2 = (550 + 200) \cdot (1,5 - 0,2 - 0,5) = 600 \text{ kgm}$$

$$\text{Berat kerb} = 0,15 \cdot 0,20 \cdot 2500 = 75 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat aspal} = 0,03 \cdot 0,3 \cdot 2300 = 20,7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat plat} = 0,25 \cdot 1,5 \cdot 2500 = 937,5 \text{ kg/m}$$

$$M_3 = 0,5 \cdot (75 + 20,7 + 937,5) \cdot 1,5^2 = 1162,35 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{total}} = M_1 + M_2 + M_3$$

$$= 131,73 + 600 + 1162,35 = 1894,08 \text{ kgm}$$

Dipandang 1 meter tegak lurus bidang gambar

$$h_t = 25 \text{ cm} \quad ; \quad d' = 3 \text{ cm}$$

$$d = 25 - 3 = 22 \text{ cm}$$

$$\text{Asumsi: } (D - a/2) = \gamma \cdot D = 0,9 \cdot D = 0,9 \cdot 22 = 19,8 \text{ cm}$$

$$A_s = M_t / (f_y \cdot (D - a/2)) = (1894,08 \cdot 10^2) / (3200 \cdot 19,8) = 2,989 \text{ cm}^2$$

$$\text{Cek } \rho \longrightarrow \rho = A_s / (b \cdot d) = 2,989 / (100 \cdot 22) = 0,0014 < \rho_{\text{min}}$$

Dipakai  $\rho_{\text{min}}$

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,0044 \cdot 100 \cdot 22 = 9,68 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan } (S) \leq \frac{201,06 \cdot 1000}{968} = 207,7 \text{ mm}$$

Dipakai jarak tulangan = 200 mm

$$\text{Dipakai tulangan pokok } \emptyset_{16-200} = 1005,3 \text{ mm}^2 > A_s = 968 \text{ mm}^2$$

$$20 \% A_s = 0,2 \cdot 968 = 193,6 \text{ mm}^2$$

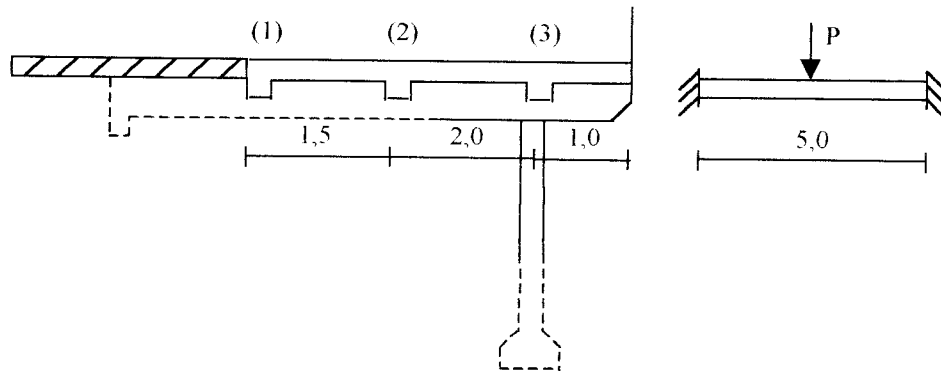
$$\text{Jarak tulangan } (S) \leq \frac{113,1 \cdot 1000}{193,6} = 584,2 \text{ mm}$$

Dipakai jarak tulangan maksimum = 250 mm

$$\text{Dipakai tulangan bagi } \emptyset_{12-250} = 452,4 \text{ mm}^2 > 20 \% A_s = 193,6 \text{ mm}^2$$

### 3.3 Perencanaan Gelagar Memanjang

Perencanaan gelagar memanjang ini, dirancang sebagai balok dengan asumsi tumpuan jepit-jepit, seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Letak gelagar memanjang

### 3.3.1 Perhitungan Mekanika Gelagar Memanjang

#### 1. Gelagar memanjang (1)

##### a. Beban mati

$$\text{Berat aspal} = 0,03 \cdot 0,75 \cdot 2,3 = 0,0518 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat air} = 0,05 \cdot 0,75 \cdot 1,0 = 0,0375 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat slab beton} &= 0,25 \cdot 0,75 \cdot 2,5 = 0,4688 \text{ t/m} \\ q_d &= 0,5580 \text{ t/m} \end{aligned}$$

##### b. Beban hidup

Beban hidup diambil sesuai dengan ketentuan dalam PPPJJR 1987 hal 7.

$$\text{Beban garis (P)} = 12 \text{ t}$$

$$\text{Panjang bentang (L)} = 5\text{m} \text{ ( } L < 30\text{m } \text{), maka } q = 2,2 \text{ t/m}$$

$$\text{Faktor kejut (K)} = 1 + \frac{20}{50 + L} = 1 + \frac{20}{50 + L} = 1,364$$

$$\text{Beban hidup (ql)} = \frac{2,2 \cdot 0,75}{2,75} = 0,6 \text{ t/m}$$

$$\text{Beban garis (pl)} = \frac{12 \cdot 0,75}{2,75} \cdot 1,364 = 4,464 \text{ t}$$

$$q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$= 1,2 \cdot 0,558 + 1,6 \cdot 0,6 = 1,6296 \text{ t/m}$$

$$p_u = 1,6 p_l$$

$$= 1,6 \cdot 4,464 = 7,1424 \text{ t}$$

### c. Dimensi balok

Tinggi minimum balok menurut SK- SNI tabel 3.25

$$h_{\min} = (L / 18,5) (0,4 + (f_y / 700))$$

$$= (5000/18,5) \cdot (0,4 + (320/700)) = 231,66 \text{ mm}$$

diambil:  $h_t = 40 \text{ cm}$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$q_{\text{balok}} = b (h_{\text{balok}} - h_{\text{plat}}) \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0,2 (0,40 - 0,25) 2500 = 75 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{balok}} = 1,2 \cdot 75 = 90 \text{ kg/m} = 0,09 \text{ t/m}$$

$$q_{\text{total}} = 1,6296 + 0,09 = 1,7196 \text{ t/m}$$

## 2. Gelagar memanjang (2)

### a. Beban mati

$$\text{Berat aspal} = 0,03 \cdot 1,75 \cdot 2,3 = 0,1208 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat air} = 0,05 \cdot 1,75 \cdot 1,0 = 0,2188 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat slab beton} = 0,25 \cdot 1,75 \cdot 2,5 = \underline{1,0938 \text{ t/m}} +$$

$$q_d = 1,4334 \text{ t/m}$$

### b. Beban hidup

Beban hidup diambil sesuai dengan ketentuan dalam PPPJRR 1987

hal 7.



$$\text{Beban garis (P)} = 12 \text{ t}$$

$$\text{Panjang bentang (L)} = 5 \text{ m } ( L < 30 \text{ m } ), \text{ maka } q = 2,2 \text{ t/m}$$

$$\text{Faktor kejut (K)} = 1 + \frac{20}{50 + L} = 1 + \frac{20}{50 + L} = 1,364$$

$$\text{Beban hidup (ql)} = \frac{2,2 \cdot 1,75}{2,75} = 1,4 \text{ t/m}$$

$$\text{Beban garis (pl)} = \frac{12 \cdot 1,75}{2,75} \cdot 1,364 = 10,416 \text{ t}$$

$$q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$= 1,2 \cdot 1,4334 + 1,6 \cdot 1,4 = 3,9601 \text{ t/m}$$

$$p_u = 1,6 p_l$$

$$= 1,6 \cdot 10,416 = 16,6656 \text{ t}$$

### c. Dimensi balok

Tinggi minimum balok menurut SK- SNI tabel 3.25

$$h_{\min} = (L / 18,5) (0,4 + (f_y / 700))$$

$$= (5000/18,5) \cdot (0,4 + (320/700)) = 231,66 \text{ mm}$$

diambil:  $h_t = 40 \text{ cm}$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$q_{\text{balok}} = b (h_{t_{\text{balok}}} - h_{t_{\text{plat}}}) \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0,3 (0,40 - 0,25) 2500 = 112,5 \text{ kg/m}$$

$$q_{u_{\text{balok}}} = 1,2 \cdot 112,5 = 135 \text{ kg/m} = 0,135 \text{ t/m}$$

$$q_{u_{\text{total}}} = 3,9601 + 0,135 = 4,0951 \text{ t/m}$$





## c. Dimensi balok

Tinggi minimum balok menurut SK- SNI tabel 3.25

$$h_{\min} = (L / 18,5) (0,4 + (f_y / 700))$$

$$= (5000/18,5) \cdot (0,4 + (320/700)) = 231,66 \text{ mm}$$

diambil:  $h_t = 40 \text{ cm}$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$q_{\text{balok}} = b (h_{t_{\text{balok}}} - h_{t_{\text{plat}}}) \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0,3 (0,40 - 0,25) 2500 = 112,5 \text{ kg/m}$$

$$q_{u_{\text{balok}}} = 1,2 \cdot 112,5 = 135 \text{ kg/m} = 0,135 \text{ t/m}$$

$$q_{u_{\text{total}}} = 5,1354 + 0,135 = 5,2704 \text{ t/m}$$

Untuk menghitung momen maksimum ( baik momen lapangan maupun momen tumpuan dan reaksi-reaksi yang terjadi digunakan program “Microfeaf“ yang dapat dilihat pada lampiran 2.

$$\text{Modulus elastisitas} = 4700 \sqrt{f_c}$$

$$= 4700 \sqrt{35} = 2,8 \cdot 10^4 \text{ MPa}$$

$$= 2,8 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Inersia gelagar (1)} = 1/12 \cdot b \cdot h^3$$

$$= 1/12 \cdot 200 \cdot 400^3 = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$\text{Inersia gelagar (2) dan (3)} = 1/12 \cdot b \cdot h^3$$

$$= 1/12 \cdot 300 \cdot 400^3 = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

### 3.3.2 Perhitungan Dimensi Gelagar Memanjang

#### 1. Gelagar memanjang (1)

##### a. Perencanaan dimensi gelagar

$$h = 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$$

$$b = 20 \text{ cm} = 200 \text{ mm}$$

digunakan: penutup beton ( $P_b$ ) = 40 mm

tulangan berdiameter 19 mm

senggang berdiameter 10 mm

$$d = h - P_b - D_s - \frac{1}{2} D = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 340,5 \text{ mm}$$

$$d' = P_b + D_s + \frac{1}{2} D = 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 19 = 59,5 \text{ mm}$$

##### b. Kontrol terhadap geser

$$V_{maks} = 7,8702 \text{ t} \longrightarrow \text{microfeap}$$

$$V_c = \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \cdot \frac{1}{6} = \sqrt{35} \cdot 200 \cdot 340,5 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{6} = 6,715 \text{ t}$$

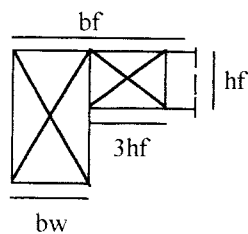
$$V_{s1} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 200 \cdot 340,5 \cdot 10^{-4} = 13,4295 \text{ t}$$

$$\phi (V_c + V_{s1}) = 0,6 (6,715 + 13,4295) = 12,0867 \text{ t} > V_{maks} \rightarrow \text{O.K}$$

##### c. Kontrol terhadap torsi

$$T_{maks} = 1,1921 \cdot 10^{-4} \text{ tm} \longrightarrow \text{microfeap}$$

Karena  $T_{maks}$  mendekati 0 maka torsi boleh diabaikan.



$$\begin{array}{ll} hf = 250 \text{ mm} & ; P_b = 40 \text{ mm} \\ bw = 200 \text{ mm} & ; 3hf = 750 \text{ mm} \\ h = 400 \text{ mm} & ; L = S = 5000 \text{ mm} \end{array}$$

$$bf \leq \frac{1}{12} L + bw = \frac{1}{12} \cdot 5000 + 200 = 616,67 \text{ mm}$$

$$\leq bw + 16hf = 200 + 16 \cdot 250 = 4200 \text{ mm}$$

$$\leq bw + \frac{S}{2} = 200 + \frac{5000}{2} = 2700 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai } bf = 616,67 \text{ mm}$$

d. Perencanaan tulangan tumpuan ( $M^-$ )

$$Mu^- = 8,0465 \text{ tm} \rightarrow \text{microfeap}$$

$$Mn = \frac{Mu^-}{\phi} = \frac{8,0465}{0,8} = 10,0581 \text{ tm}$$

1) Kontrol kapasitas total

$$\begin{aligned} M_{ntotal} &= 0,85 \cdot f_c \cdot bw \cdot Hf (d - \frac{1}{2} hf) \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 200 \cdot 250 (340,5 - \frac{1}{2} \cdot 250) 10^{-7} \\ &= 32,0556 \text{ tm} > Mn \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

2) Perencanaan tulangan pokok

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 600}{f_y (600 + f_y)} \rightarrow \beta = 0,85 - 0,008 (f_c - 30) \\ &= 0,85 - 0,008 (35 - 30) = 0,81 \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 600}{320 (600 + 320)} = 0,049 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,049 = 0,037$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y = 1,4/320 = 0,0044$$

$$m = f_y/0,85f_c = 320/(0,85 \cdot 35) = 10,756$$

$$Rn = Mn/(bw \cdot d^2) = \frac{(10,0581 \cdot 10^7)}{(200 \cdot 340,5^2)} = 4,3376 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{10,756} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,756 \cdot 4,3376}{320}} \right] = 0,0147 \end{aligned}$$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \rightarrow$  dipakai tulangan sebelah

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b_w \cdot d = 0,0147 \cdot 200 \cdot 340,5 = 1001,07 \text{ mm}^2$$

$$A_{\emptyset_{19}} = \frac{1}{4} \pi 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$N = A_s / A_{\emptyset_{19}} = 1001,07 / 283,53 = 3,53 \cong 4 \text{ buah}$$

$$A_{sb} = N \cdot A_{\emptyset_{19}} = 4 \cdot 283,53 = 1134,12 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{aktual}} &= A_{sb} / (b_w \cdot d) = 1134,12 / (200 \cdot 340,5) \\ &= 0,0167 < \rho_{\text{maks}} \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

### 3) Kontrol kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot a = 0,85 \cdot 35 \cdot 200 \cdot a = 5950 a$$

$$T_s = f_y \cdot A_{sb} = 320 \cdot 1134,12 = 362918,4$$

Syarat:  $C_c = T_s$

$$5950 a = 362918,4 \rightarrow a = 362918,4 / 5950 = 60,9947 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{ntotal}} &= A_{sb} \cdot f_y (d - \frac{a}{2}) = 1134,12 \cdot 320 (340,5 - \frac{60,9947}{2}) 10^{-7} \\ &= 11,2506 \text{ tm} > M_n \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

$$c = a / \beta = 60,9947 / 0,81 = 75,3021 \text{ mm} < h_f$$

$\rightarrow$  pemisalan benar sebagai balok "T"

### 4) Kontrol jarak tulangan

$$\begin{aligned} Y &= h - 2P_b - 2D_s - 2D = 400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19) \\ &= 262 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= (b_w - 2P_b - 2D_s - N \cdot D) / (N - 1) \\ &= (200 - 80 - 20 - (4 \cdot 19)) / (4 - 1) = 8 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$\rightarrow$  dipakai jarak minimum = 25 mm

e. Perencanaan tulangan lapangan ( $M^+$ )

$$Mu^+ = 6,2552 \text{ tm} \longrightarrow \text{microfeap}$$

$$Mn = \frac{Mu^-}{\phi} = \frac{6,2552}{0,8} = 7,819 \text{ tm}$$

1) Kontrol kapasitas total

$$\begin{aligned} M_{ntotal} &= 0,85 \cdot f_c \cdot bw \cdot H_f (d - \frac{1}{2} hf) \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 200 \cdot 250 (340,5 - \frac{1}{2} \cdot 250) 10^{-7} \\ &= 32,0556 \text{ tm} > Mn \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

2) Perencanaan tulangan pokok

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 600}{f_y (600 + f_y)} \rightarrow \beta = 0,85 - 0,008 (f_c - 30) = 0,85 - 0,008 (35 - 30) = 0,81$$

$$= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 600}{320 (600 + 320)} = 0,049$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,049 = 0,037$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y = 1,4/320 = 0,0044$$

$$m = f_y/0,85f_c = 320/(0,85 \cdot 35) = 10,756$$

$$R_n = Mn/(bw \cdot d^2) = \frac{(7,819 \cdot 10^7)}{(200 \cdot 340,5^2)} = 3,372 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{10,756} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,756 \cdot 3,372}{320}} \right] = 0,0112 \end{aligned}$$

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks} \rightarrow$  dipakai tulangan sebelah

$$A_s = \rho_{perlu} \cdot bw \cdot d = 0,0112 \cdot 200 \cdot 340,5 = 763,658 \text{ mm}^2$$

$$A_{\emptyset 19} = \frac{1}{4} \pi 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$N = A_s / A_{\emptyset 19} = 763,658 / 283,53 = 2,69 \cong 3 \text{ buah}$$

$$A_{sb} = N \cdot A_{\emptyset 19} = 3 \cdot 283,53 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{aktual}} &= A_{sb} / (b_w \cdot d) = 850,59 / (200 \cdot 340,5) \\ &= 0,0125 < \rho_{\text{maks}} \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

### 3) Kontrol kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot a = 0,85 \cdot 35 \cdot 200 \cdot a = 5950 a$$

$$T_s = f_y \cdot A_{sb} = 320 \cdot 850,59 = 272188,8$$

$$\text{Syarat: } C_c = T_s$$

$$5950 a = 272188,8 \rightarrow a = 272188,8 / 5950 = 45,746 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{ntotal}} &= A_{sb} \cdot f_y (d - a/2) = 850,59 \cdot 320 (340,5 - 45,746/2) 10^{-7} \\ &= 8,6454 \text{ tm} > M_n \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

$$c = a/\beta = 45,746 / 0,81 = 56,4765 \text{ mm} < hf$$

→ pemisalan benar sebagai balok "T"

### 4) Kontrol jarak tulangan

$$\begin{aligned} Y &= h - 2P_b - 2D_s - 2D = 400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19) \\ &= 262 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= (b_w - 2P_b - 2D_s - N \cdot D) / (N - 1) \\ &= (200 - 80 - 20 - (3 \cdot 19)) / (3 - 1) = 21,5 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \\ &\rightarrow \text{dipakai jarak minimum} = 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

### f. Perencanaan tulangan geser murni

$$V_{\text{maks}} = 7,8702 \text{ t} \longrightarrow \text{microfeap}$$

$$V_c = \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \cdot 1/6 = \sqrt{35} \cdot 200 \cdot 340,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1/6 = 6,715 \text{ t}$$



$$\phi V_c = 4,0288 \text{ t} < V_{\text{maks}} < \phi (V_c + V_{s1}) \rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

Pada daerah dimana  $V_{\text{maks}} > \phi V_c$  spasi sengkang maksimum  $\frac{d}{2}$  atau 600 mm, maka dicari titik dimana gaya geser =  $\phi V_c = 4,0288 \text{ t}$

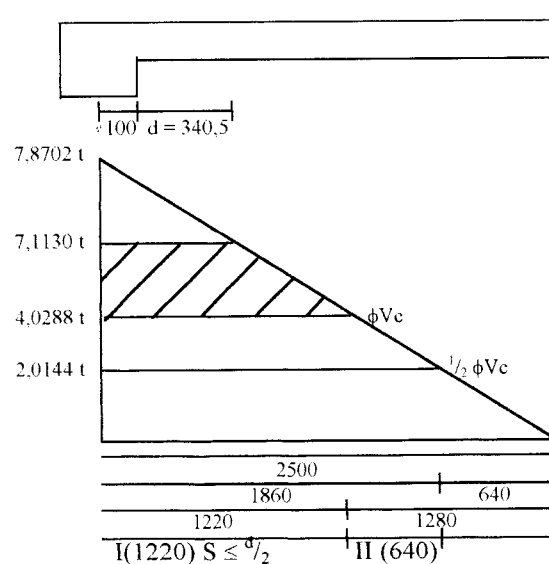
$$x_1 = (4,0288 / 7,8702) \cdot 2500 = 1280 \text{ mm dari tengah bentang,}$$

titik dimana gaya geser =  $\frac{1}{2} \phi V_c = 2,0144 \text{ t}$ :

$$x_2 = (2,0144 / 7,8702) \cdot 2500 = 640 \text{ mm dari tengah bentang,}$$

gaya geser pada penampang kritis, sejauh  $d$  dari perletakan:

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{\frac{1}{2}L - (d - \frac{1}{2}bw)}{\frac{1}{2}L} \cdot V_{\text{maks}} \\ &= \frac{2500 - (340,5 - 100)}{2500} \cdot 7,8702 = 7,113 \text{ t} \end{aligned}$$



Gambar 3.6. Diagram tulangan geser

$$S \leq \frac{d}{2} = \frac{340,5}{2} = 170,25 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan sengkang } \emptyset_{10} \rightarrow A_s = 2(\frac{1}{4} \pi 10^2) = 157,08 \text{ mm}^2$$

Daerah I:

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 7,113 - 4,0288 = 3,0842 \text{ t}$$

$$V_s = 3,0842/0,6 = 5,1403 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak sengkang } S &= \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{157,08 \cdot 320 \cdot 340,5}{5,1403 \cdot 10^4} = 332,97 \text{ mm} > 170,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

dipakai sengkang  $\varnothing_{10-170 \text{ mm}}$

Daerah II:

Yaitu daerah tulangan geser minimum.

$$\begin{aligned} \text{Jarak sengkang } S &= \frac{3 A_s \cdot f_y}{b_w} \\ &= \frac{3 \cdot 157,08 \cdot 320}{200} = 753,984 \text{ mm} > 170,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

dipakai sengkang  $\varnothing_{10-170 \text{ mm}}$

## 2. Gelagar memanjang (2)

### a. Perencanaan dimensi gelagar

$$h = 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$$

$$b = 30 \text{ cm} = 300 \text{ mm}$$

digunakan: penutup beton (Pb) = 40 mm

tulangan berdiameter 19 mm

sengkang berdiameter 10 mm

$$d = h - P_b - D_s - \frac{1}{2} D = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 340,5 \text{ mm}$$

$$d' = P_b + D_s + \frac{1}{2} D = 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 19 = 59,5 \text{ mm}$$

### b. Kontrol terhadap geser

$$V_{\text{maks}} = 18,517 \text{ t} \longrightarrow \text{microfeap}$$

$$V_c = \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \cdot \frac{1}{6} = \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 340,5 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{6} = 10,0721 \text{ t}$$

$$V_{S1} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 340,5 \cdot 10^{-4} = 20,1442 \text{ t}$$

$$\phi (V_c + V_{S1}) = 0,6(10,0721 + 20,1442)$$

$$= 18,1298 \text{ t} < V_{\text{maks}} \rightarrow \text{Not O.K}$$

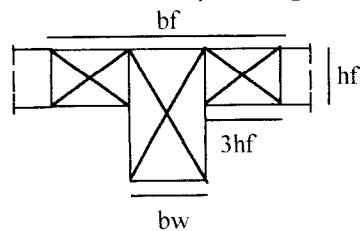
$$V_{S2} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 340,5 \cdot 10^{-4} = 40,2885 \text{ t}$$

$$\phi (V_c + V_{S2}) = 0,6(10,0721 + 40,2885)$$

$$= 30,2164 \text{ t} > V_{\text{maks}} \rightarrow \text{O.K}$$

### c. Kontrol terhadap torsi

$$T_{\text{maks}} = M_{tx1} - M_{tx2} = 2,627 - 1,8519 = 0,7751 \text{ tm} \rightarrow \text{microfeap}$$



$$\begin{array}{ll} hf = 250 \text{ mm} & ; Pb = 40 \text{ mm} \\ bw = 300 \text{ mm} & ; 3hf = 750 \text{ mm} \\ h = 400 \text{ mm} & ; L = S = 5000 \text{ mm} \end{array}$$

$$bf \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 5000 = 1250 \text{ mm}$$

$$\leq bw + 16hf = 300 + 16 \cdot 250 = 4300 \text{ mm}$$

$$\leq S = 5000 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai } bf = 1250 \text{ mm}$$

### d. Perencanaan tulangan tumpuan ( $M^-$ )

$$Mu^- = 18,947 \text{ tm} \rightarrow \text{microfeap}$$

$$M_n = \frac{Mu^-}{\phi} = \frac{18,947}{0,8} = 23,6837 \text{ tm}$$

#### 1) Kontrol kapasitas total

$$\begin{aligned} M_{\text{ntotal}} &= 0,85 \cdot f_c \cdot bw \cdot hf (d - \frac{1}{2} hf) \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 250 (340,5 - \frac{1}{2} \cdot 250) 10^{-7} \\ &= 48,0834 \text{ tm} > M_n \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

## 2) Perencanaan tulangan pokok

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 600}{f_y (600 + f_y)} \rightarrow \beta = 0,85 - 0,008 (f_c - 30)$$

$$= 0,85 - 0,008 (35 - 30) = 0,81$$

$$= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 600}{320 (600 + 320)} = 0,049$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,049 = 0,037$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y = 1,4/320 = 0,0044$$

$$m = f_y/0,85f_c = 320/(0,85 \cdot 35) = 10,756$$

$$R_n = M_n/(b_w \cdot d^2) = \frac{(23,6837 \cdot 10^7)}{(300 \cdot 340,5^2)} = 6,8092 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{10,756} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,756 \cdot 6,8092}{320}} \right] = 0,0245$$

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks} \rightarrow$  dipakai tulangan sebelah

$$A_s = \rho_{perlu} \cdot b_w \cdot d = 0,0245 \cdot 300 \cdot 340,5 = 2503,6238 \text{ mm}^2$$

$$A_{\emptyset 19} = \frac{1}{4} \pi 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$N = A_s/A_{\emptyset 19} = 2503,6238/283,53 = 8,83 \cong 9 \text{ buah}$$

$$A_{sb} = N \cdot A_{\emptyset 19} = 9 \cdot 283,53 = 2551,77 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{aktual} = A_{sb}/(b_w \cdot d) = 2551,77/(300 \cdot 340,5)$$

$$= 0,025 < \rho_{maks} \rightarrow \text{O.K}$$

## 3) Kontrol kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot b_w \cdot a = 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot a = 8925 a$$

$$T_s = f_y \cdot A_{sb} = 320 \cdot 2551,77 = 816566,4$$

Syarat:  $C_c = T_s$

$$8925 a = 816566,4 \rightarrow a = 816566,4/8925 = 91,492 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{ntotal} &= A_s b \cdot f_y (d - a/2) = 2552,77 \cdot 320 (340,5 - 91,492/2) 10^{-7} \\ &= 24,0686 \text{ tm} > M_n \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

$$c = a/\beta = 91,492/0,81 = 112,953 \text{ mm} < hf$$

→ pemisalan benar sebagai balok "T"

#### 4) Kontrol jarak tulangan

$$\begin{aligned} Y &= h - 2P_b - 2D_s - 2D = 400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19) \\ &= 262 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= (b_w - 2P_b - 2D_s - N \cdot D)/(N - 1) \\ &= (300 - 80 - 20 - (9 \cdot 19))/(9 - 1) = 3,625 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

→ dipakai jarak minimum = 25 mm

#### e. Perencanaan tulangan lapangan ( $M^+$ )

$$M_u^+ = 14,682 \text{ tm} \rightarrow \text{microfeap}$$

$$M_n = \frac{M_u^-}{\phi} = \frac{14,682}{0,8} = 18,3525 \text{ tm}$$

#### 1) Kontrol kapasitas total

$$\begin{aligned} M_{ntotal} &= 0,85 \cdot f_c \cdot b_w \cdot H_f (d - 1/2 hf) \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 250 (340,5 - 1/2 \cdot 250) 10^{-7} \\ &= 48,0834 \text{ tm} > M_n \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

#### 2) Perencanaan tulangan pokok

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 600}{f_y (600 + f_y)} \rightarrow \beta = 0,85 - 0,008 (f_c - 30) \\ &= 0,85 - 0,008 (35 - 30) = 0,81 \end{aligned}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 600}{320 (600 + 320)} = 0,049$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,049 = 0,037$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/f_y = 1,4/320 = 0,0044$$

$$m = f_y/0,85f'_c = 320/(0,85 \cdot 35) = 10,756$$

$$R_n = M_n/(b_w \cdot d^2) = \frac{(18,3525 \cdot 10^7)}{(300 \cdot 340,5^2)} = 5,2764 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{10,756} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,756 \cdot 5,2764}{320}} \right] = 0,0183 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \rightarrow$  dipakai tulangan sebelah

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b_w \cdot d = 0,0183 \cdot 300 \cdot 340,5 = 1869,345 \text{ mm}^2$$

$$A_{\emptyset 19} = \frac{1}{4} \pi 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$N = A_s/A_{\emptyset 19} = 1869,345/283,53 = 6,59 \cong 7 \text{ buah}$$

$$A_{sb} = N \cdot A_{\emptyset 19} = 7 \cdot 283,53 = 1984,71 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\text{aktual}} = A_{sb}/(b_w \cdot d) = 1984,71/(300 \cdot 340,5)$$

$$= 0,0194 < \rho_{\text{maks}} \rightarrow \text{O.K}$$

### 3) Kontrol kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot a = 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot a = 8925 a$$

$$T_s = f_y \cdot A_{sb} = 320 \cdot 1984,71 = 635107,2$$

Syarat:  $C_c = T_s$

$$8925 a = 635107,2 \rightarrow a = 635107,2/8925 = 71,1605 \text{ mm}$$

$$M_{ntotal} = A_s b \cdot f_y (d - a/2) = 1984,71 \cdot 320 (340,5 - 71,1605/2) 10^{-7}$$

$$= 19,3657 \text{ tm} > M_n \rightarrow \text{O.K}$$

$$c = a/\beta = 71,1605/0,81 = 87,8525 \text{ mm} < hf$$

→ pemisalan benar sebagai balok "T"

#### 4) Kontrol jarak tulangan

$$Y = h - 2P_b - 2D_s - 2D = 400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19)$$

$$= 262 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K}$$

$$X = (b_w - 2P_b - 2D_s - N \cdot D) / (N - 1)$$

$$= (300 - 80 - 20 - (7 \cdot 19)) / (7 - 1) = 11,17 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$$

→ dipakai jarak minimum = 25 mm

#### f. Perencanaan tulangan geser murni

$$V_{umaks} = 18,571 \text{ t} \longrightarrow \text{microfeap}$$

$$V_c = \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \cdot 1/6 = \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 340,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1/6 = 10,0721 \text{ t}$$

$$\text{Ternyata: } \phi V_c = 6,0433 \text{ t} < V_{umaks}$$

$\phi (V_c + V_{s1}) < V_{umaks} < \phi (V_c + V_{s2})$ , berarti ukuran penampang dapat dipakai, tetap perlu tulangan geser.

Pada daerah dimana  $V_{umaks} > \phi (V_c + V_{s1})$  spasi sengkang maksimum  $d/4$  atau 300 mm, maka dicari titik dimana  $V_{umaks} = \phi (V_c + V_{s1}) = 18,1298 \text{ t}$

$$x_1 = (18,1298/18,571) \cdot 2500 = 2441 \text{ mm dari tengah bentang,}$$

sedang didaerah dimana  $V_u > \phi V_c$  spasi sengkang maksimum  $d/2$  atau 600 mm, maka dicari titik dimana  $V_{umaks} = \phi V_c = 6,0433 \text{ t}$

$x_2 = (6,0433/18,571) \cdot 2500 = 814$  mm dari tengah bentang,

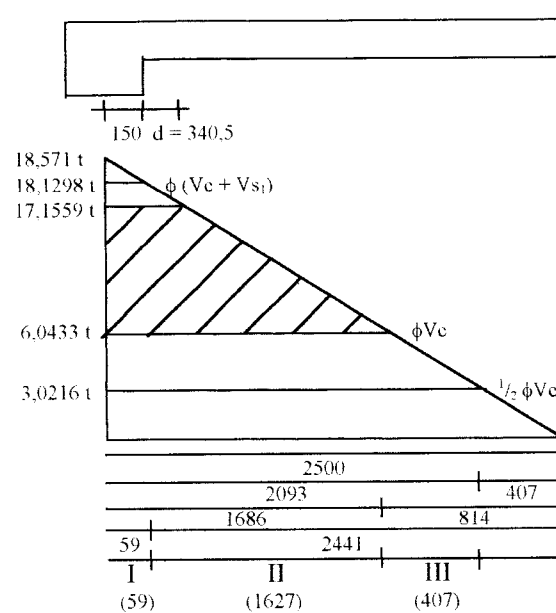
titik dimana gaya geser =  $\frac{1}{2} \phi V_c = 3,0216$  t

$x_3 = (3,0216/18,571) \cdot 2500 = 407$  mm dari tengah bentang,

gaya geser pada penampang kritis, sejauh d dari perletakan:

$$V_u = ((\frac{1}{2}L - (d - \frac{1}{2}bw)) / \frac{1}{2}L) \cdot V_{umaks}$$

$$= ((2500 - (340,5 - 150)) / 2500) \cdot 18,571 = 17,1559 \text{ t}$$



Gambar 3.7. Diagram tulangan geser

$$S \leq \frac{d}{4} = \frac{340,5}{4} = 85,125 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$S \leq \frac{d}{2} = \frac{340,5}{2} = 170,25 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang  $\emptyset_{10} \rightarrow A_s = 2(\frac{1}{4} \pi 10^2) = 157,08 \text{ mm}^2$

Daerah I:

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 17,1559 - 6,0433 = 11,1126 \text{ t}$$

$$V_s = 11,1126 / 0,6 = 18,521 \text{ t}$$

$$\text{Jarak sengkang } S = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$



$$= \frac{157,08 \cdot 320 \cdot 340,5}{18,521 \cdot 10^4} = 92,411 \text{ mm} > 85,125 \text{ mm}$$

dipakai sengkang  $\emptyset_{10-85 \text{ mm}}$

### Daerah II:

Dibagi menjadi dua bagian dengan lebar daerah 800 dan 827 mm.

Daerah Iia, lebar 800 mm dengan  $V_u = 17,1559 \text{ t}$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 17,1559 - 6,0433 = 11,1126 \text{ t}$$

$$V_s = 11,1126 / 0,6 = 18,521 \text{ t}$$

$$\text{Jarak sengkang } S = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{157,08 \cdot 320 \cdot 340,5}{18,521 \cdot 10^4} = 92,411 \text{ mm} < 170,25 \text{ mm}$$

dipakai sengkang  $\emptyset_{10-90 \text{ mm}}$

$$\text{Daerah Iib, lebar 827 mm dengan } V_u = \frac{2500 - (59 + 800) \cdot 18,571}{2500}$$

$$= 12,19 \text{ t}$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 12,19 - 6,0433 = 6,1467 \text{ t}$$

$$V_s = 6,1467 / 0,6 = 10,2445 \text{ t}$$

$$\text{Jarak sengkang } S = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{157,08 \cdot 320 \cdot 340,5}{10,2445 \cdot 10^4} = 167,1 \text{ mm} < 170,25 \text{ mm}$$

dipakai sengkang  $\emptyset_{10-165 \text{ mm}}$

### Daerah III:

Yaitu daerah tulangan geser minimum.

$$\text{Jarak sengkang } S = \frac{3 A_s \cdot f_y}{b_w}$$

$$= \frac{3 \cdot 157,08 \cdot 320}{300} = 502,656 \text{ mm} > 170,25 \text{ mm}$$

dipakai sengkang  $\varnothing_{10-170 \text{ mm}}$

### 3. Gelagar memanjang (3)

#### a. Perencanaan dimensi gelagar

$$h = 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$$

$$b = 30 \text{ cm} = 300 \text{ mm}$$

digunakan: penutup beton ( $P_b$ ) = 40 mm

tulangan berdiameter 19 mm

sengkang berdiameter 10 mm

$$d = h - P_b - D_s - \frac{1}{2} D = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 340,5 \text{ mm}$$

$$d' = P_b + D_s + \frac{1}{2} D = 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 19 = 59,5 \text{ mm}$$

#### b. Kontrol terhadap geser

$$V_{\text{maks}} = 23,002 \text{ t} \longrightarrow \text{microfeap}$$

$$V_c = \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \cdot \frac{1}{6} = \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 340,5 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{6} = 10,0721 \text{ t}$$

$$V_{s1} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 340,5 \cdot 10^{-4} = 20,1442 \text{ t}$$

$$\phi (V_c + V_{s1}) = 0,6(10,0721 + 20,1442)$$

$$= 18,1298 \text{ t} < V_{\text{maks}} \rightarrow \text{Not O.K}$$

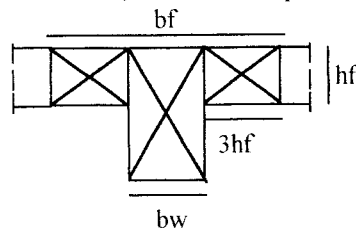
$$V_{s2} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 340,5 \cdot 10^{-4} = 40,2885 \text{ t}$$

$$\phi (V_c + V_{s2}) = 0,6(10,0721 + 40,2885)$$

$$= 30,2164 \text{ t} > V_{\text{maks}} \rightarrow \text{O.K}$$

## c. Kontrol terhadap torsi

Tumaks = 1,8941 tm → perencanaan plat cantilever



$$\begin{aligned} hf &= 250 \text{ mm} & ; Pb &= 40 \text{ mm} \\ bw &= 300 \text{ mm} & ; 3hf &= 750 \text{ mm} \\ h &= 400 \text{ mm} & ; L = S &= 5000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$bf \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 5000 = 1250 \text{ mm}$$

$$\leq bw + 16hf = 300 + 16 \cdot 250 = 4300 \text{ mm}$$

$$\leq S = 5000 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai } bf = 1250 \text{ mm}$$

$$\Sigma x^2 y = 300^2 \cdot 400 + 2 \cdot 250^2 \cdot 750 = 129750000 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} \frac{\phi \cdot \sqrt{f'c} \cdot \Sigma x^2 y}{20} &= \frac{0,6 \cdot \sqrt{35} \cdot 129750000 \cdot 10^{-7}}{20} \\ &= 2,3028 \text{ tm} > \text{Tumaks} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\phi \cdot \sqrt{f'c} \cdot \Sigma x^2 y}{24} &= \frac{0,6 \cdot \sqrt{35} \cdot 129750000 \cdot 10^{-7}}{24} \\ &= 1,919 \text{ tm} > \text{Tumaks} \end{aligned}$$

→ tidak perlu tulangan torsi

d. Perencanaan tulangan tumpuan ( $M^-$ )

$$Mu^- = 23,137 \text{ tm} \rightarrow \text{microfeap}$$

$$Mn = \frac{Mu^-}{\phi} = \frac{23,137}{0,8} = 28,9212 \text{ tm}$$

## 1) Kontrol kapasitas total

$$\begin{aligned} M_{ntotal} &= 0,85 \cdot f'c \cdot bw \cdot hf (d - \frac{1}{2} hf) \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 250 (340,5 - \frac{1}{2} \cdot 250) 10^{-7} \\ &= 48,0834 \text{ tm} > Mn \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

## 2) Perencanaan tulangan pokok

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta \cdot 600}{fy (600 + fy)} \rightarrow \beta = 0,85 - 0,008 (f'c - 30) \\ &= 0,85 - 0,008 (35 - 30) = 0,81 \end{aligned}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 600}{320 (600 + 320)} = 0,049$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,049 = 0,037$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/f_y = 1,4/320 = 0,0044$$

$$m = f_y/0,85f'_c = 320/(0,85 \cdot 35) = 10,756$$

$$R_n = M_n/(b_w \cdot d^2) = \frac{(28,9212 \cdot 10^7)}{(300 \cdot 340,5^2)} = 8,315 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{10,756} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,756 \cdot 8,315}{320}} \right] = 0,0312 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \rightarrow$  dipakai tulangan sebelah

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b_w \cdot d = 0,0312 \cdot 300 \cdot 340,5 = 3187,08 \text{ mm}^2$$

$$A_{\emptyset 19} = \frac{1}{4} \pi 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$N = A_s/A_{\emptyset 19} = 3187,08/283,53 = 11,24 \cong 12 \text{ buah}$$

$$A_{sb} = N \cdot A_{\emptyset 19} = 12 \cdot 283,53 = 3402,36 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\text{aktual}} = A_{sb}/(b_w \cdot d) = 3402,36/(300 \cdot 340,5)$$

$$= 0,0333 < \rho_{\text{maks}} \rightarrow \text{O.K}$$

### 3) Kontrol kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot a = 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot a = 8925 a$$

$$T_s = f_y \cdot A_{sb} = 320 \cdot 3402,36 = 1088755,2$$

Syarat:  $C_c = T_s$

$$8925 a = 1088755,2 \rightarrow a = 1088755,2/8925$$

$$= 121,9894 \text{ mm}$$

$$M_{ntotal} = A_s b \cdot f_y (d - a/2) = 3402,36 \cdot 320 (340,5 - \frac{121,9894}{2}) 10^{-7}$$

$$= 30,4313 \text{ tm} > M_n \rightarrow \text{O.K}$$

$$c = a/\beta = 121,9894/0,81 = 150,604 \text{ mm} < h_f$$

→ pemisalan benar sebagai balok "T"

#### 4) Kontrol jarak tulangan

$$Y = h - 2P_b - 2D_s - 2D = 400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19)$$

$$= 262 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K}$$

$$X = (b_w - 2P_b - 2D_s - N \cdot D) / (N - 1)$$

$$= (300 - 80 - 20 - (12 \cdot 19)) / (12 - 1) = -2,54 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$$

→ dipakai jarak minimum = 25 mm

#### e. Perencanaan tulangan lapangan ( $M^+$ )

$$M_u^+ = 17,52 \text{ tm} \rightarrow \text{microfeap}$$

$$M_n = \frac{M_u^-}{\phi} = \frac{17,52}{0,8} = 21,9 \text{ tm}$$

#### 1) Kontrol kapasitas total

$$M_{ntotal} = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot H_f (d - \frac{1}{2} h_f)$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot 250 (340,5 - \frac{1}{2} \cdot 250) 10^{-7}$$

$$= 48,0834 \text{ tm} > M_n \rightarrow \text{O.K}$$

#### 2) Perencanaan tulangan pokok

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta \cdot 600}{f_y (600 + f_y)} \rightarrow \beta = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30)$$

$$= 0,85 - 0,008 (35 - 30) = 0,81$$

$$= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 600}{320 (600 + 320)} = 0,049$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,049 = 0,037$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/320 = 0,0044$$

$$m = f_y/0,85f'_c = 320/(0,85 \cdot 35) = 10,756$$

$$R_n = M_n/(b_w \cdot d^2) = \frac{(21,9 \cdot 10^7)}{(300 \cdot 340,5^2)} = 6,2963 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{10,756} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,756 \cdot 6,2963}{320}} \right] = 0,0224 \end{aligned}$$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \rightarrow$  dipakai tulangan sebelah

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b_w \cdot d = 0,0224 \cdot 300 \cdot 340,5 = 2284,74 \text{ mm}^2$$

$$A_{\emptyset 19} = \frac{1}{4} \pi 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$N = A_s/A_{\emptyset 19} = 2284,74/283,53 = 8,06 \cong 9 \text{ buah}$$

$$A_{sb} = N \cdot A_{\emptyset 19} = 9 \cdot 283,53 = 2551,77 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\text{aktual}} = A_{sb}/(b_w \cdot d) = 2551,77/(300 \cdot 340,5)$$

$$= 0,025 < \rho_{\text{maks}} \rightarrow \text{O.K}$$

### 3) Kontrol kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot a = 0,85 \cdot 35 \cdot 300 \cdot a = 8925 a$$

$$T_s = f_y \cdot A_{sb} = 320 \cdot 2551,77 = 816566,4$$

Syarat:  $C_c = T_s$

$$8925 a = 816566,4 \rightarrow a = 816566,4/8925 = 91,492 \text{ mm}$$

$$M_{\text{ntotal}} = A_{sb} \cdot f_y (d - a/2) = 2551,77 \cdot 320 (340,5 - \frac{91,492}{2}) 10^{-7}$$

$$= 24,0686 \text{ tm} > M_n \rightarrow \text{O.K}$$

$$c = a/\beta = 91,492/0,81 = 112,953 \text{ mm} < hf$$

$\rightarrow$  pemisalan benar sebagai balok "T"

## 4) Kontrol jarak tulangan

$$Y = h - 2Pb - 2Ds - 2D = 400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 19) \\ = 262 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K}$$

$$X = (bw - 2Pb - 2Ds - N.D)/(N - 1) \\ = (300 - 80 - 20 - (9 \cdot 19))/(9 - 1) = 3,625 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \\ \rightarrow \text{dipakai jarak minimum} = 25 \text{ mm}$$

## f. Perencanaan tulangan geser murni

$$V_{maks} = 23,002 \text{ t} \longrightarrow \text{microfeap}$$

$$V_c = \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \cdot \frac{1}{6} = \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 340,5 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{6} = 10,0721 \text{ t}$$

$$\text{Ternyata: } \phi V_c = 6,0433 \text{ t} < V_{maks}$$

$\phi (V_c + V_{s1}) < V_{maks} < \phi (V_c + V_{s2})$ , berarti ukuran penampang dapat dipakai, tetap perlu tulangan geser.

Pada daerah dimana  $V_{maks} > \phi (V_c + V_{s1})$  spasi sengkang maksimum  $\frac{d}{4}$  atau 300 mm, maka dicari titik dimana :

$$V_{maks} = \phi (V_c + V_{s1}) = 18,1298 \text{ t}$$

$$x_1 = (18,1298/23,002) \cdot 2500 = 1971 \text{ mm dari tengah bentang,}$$

sedang didaerah dimana  $V_u > \phi V_c$  spasi sengkang maksimum  $\frac{d}{2}$  atau 600 mm, maka dicari titik dimana  $V_{maks} = \phi V_c = 6,0433 \text{ t}$

$$x_2 = (6,0433/23,002) \cdot 2500 = 657 \text{ mm dari tengah bentang,}$$

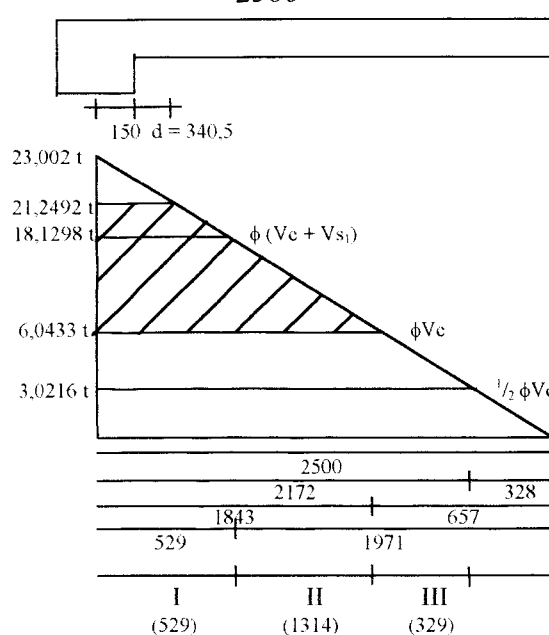
$$\text{titik dimana gaya geser} = \frac{1}{2} \phi V_c = 3,0216 \text{ t}$$

$$x_3 = (3,0216/23,002) \cdot 2500 = 328 \text{ mm dari tengah bentang,}$$

gaya geser pada penampang kritis, sejauh d dari perletakan:

$$V_u = \frac{1/2 L - (d - 1/2 b_w)}{1/2 L} \cdot V_{\text{maks}}$$

$$= 2500 - \frac{(340,5 - 150) \cdot 23,002}{2500} = 21,2492 \text{ t}$$



Gambar 3.8. Diagram tulangan geser

$$S \leq \frac{d}{4} = \frac{340,5}{4} = 85,125 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$S \leq \frac{d}{2} = \frac{340,5}{2} = 170,25 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan sengkang } \emptyset_{10} \rightarrow A_s = 2 \left( \frac{1}{4} \pi 10^2 \right) = 157,08 \text{ mm}^2$$

Daerah I:

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 21,2492 - 6,0433 = 15,2059 \text{ t}$$

$$V_s = 15,2059 / 0,6 = 25,3432 \text{ t}$$

$$\text{Jarak sengkang } S = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{157,08 \cdot 320 \cdot 340,5}{25,3432 \cdot 10^4} = 67,53 \text{ mm} < 85,125 \text{ mm}$$

dipakai sengkang  $\emptyset_{10-65 \text{ mm}}$



Daerah II:

Dibagi menjadi dua bagian dengan lebar daerah 650 dan 664 mm.

Daerah Iia, lebar 650 mm dengan  $V_u = 21,2492$  t

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 21,2492 - 6,0433 = 15,2059 \text{ t}$$

$$V_s = 15,2059/0,6 = 25,3432 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak sengkang } S &= \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{157,08 \cdot 320 \cdot 340,5}{25,3432 \cdot 10^4} = 67,53 \text{ mm} < 170,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

dipakai sengkang  $\emptyset_{10-65 \text{ mm}}$

$$\begin{aligned} \text{Daerah Iib, lebar 664 mm dengan } V_u &= \frac{2500 - (529+650)}{2500} \cdot 23,002 \\ &= 12,1543 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 12,1543 - 6,0433 = 6,111 \text{ t}$$

$$V_s = 6,111/0,6 = 10,1849 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak sengkang } S &= \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{157,08 \cdot 320 \cdot 340,5}{10,1849 \cdot 10^4} = 168,05 \text{ mm} < 170,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

dipakai sengkang  $\emptyset_{10-165 \text{ mm}}$

Daerah III:

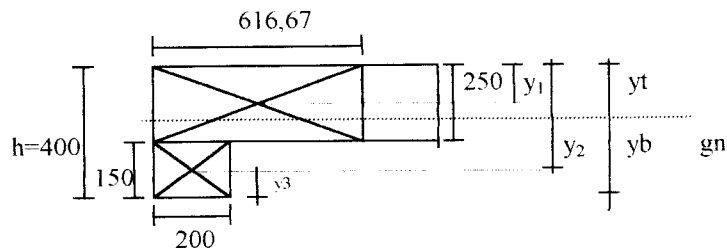
Yaitu daerah tulangan geser minimum.

$$\begin{aligned} \text{Jarak sengkang } S &= \frac{3 A_s \cdot f_y}{b_w} \\ &= \frac{3 \cdot 157,08 \cdot 320}{300} = 502,656 \text{ mm} > 170,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

dipakai sengkang  $\emptyset_{10-170 \text{ mm}}$

### 3.3.3 Kontrol Terhadap Kombinasi Beban

#### 1. Gelagar memanjang (1)



Statis momen terhadap sisi atas

$$A_I = 250 \cdot 616,67 = 154.167,5 \text{ mm}^2 \quad Y_1 = 125 \text{ mm}$$

$$A_{II} = 200 \cdot 150 = 30.000 \text{ mm}^2 \quad Y_2 = 325 \text{ mm}$$

$$A_{\text{tot}} = A_I + A_{II} = 184.167,5 \text{ mm}^2 \quad Y_3 = 75 \text{ mm}$$

$$Y_t = \frac{(A_I \cdot Y_1) + (A_{II} \cdot Y_2)}{A_{\text{tot}}} = \frac{(154.167,5 \cdot 125) + (30.000 \cdot 325)}{184.167,5} = 157,6 \text{ mm}$$

$$Y_b = h - Y_t = 400 - 157,6 = 242,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I &= (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_I \cdot (Y_t - Y_1)^2) + (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_{II} \cdot (Y_b - Y_3)^2) \\ &= (1/12 \cdot 616,67 \cdot 250^3 + 154.167,5 \cdot (32,6)^2) \\ &\quad + (1/12 \cdot 200 \cdot 150^3 + 30.000 \cdot (167,4)^2) = 0,0019 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$S_b = I/Y_b = 0,0019/0,2424 = 0,0077 \text{ m}^3$$

Menentukan tegangan ijin yang terjadi :

$$\bar{\sigma} = E \cdot \varepsilon \longrightarrow \text{dengan : } \bar{\sigma} = \text{tegangan ijin}$$

$E$  = modulus elastisitas

$\varepsilon$  = regangan

$$= 2,8 \cdot 10^6 \cdot 0,003 = 8400 \text{ t/m}^2$$

a. Beban mati (M)

$$q_d = 0,558 \text{ t/m} \quad ; \quad L = 5 \text{ m}$$

$$M = 1/12 \cdot q_d \cdot L^2 = 1/12 \cdot 0,558 \cdot 5^2 = 1,1625 \text{ tm}$$

$$\sigma = M/S = 1,1625/0,0077 = 151,2 \text{ t/m}^2$$

b. Beban hidup (H + K)

$$q_{LL} = 0,6 \text{ t/m} \quad ; \quad p_{LL} = 4,464 \text{ t}$$

$$M = 1/12 \cdot q_{LL} \cdot L^2 + p \cdot a \cdot b^2/L^2$$

$$= 1/12 \cdot 0,6 \cdot 5^2 + 4,464 \cdot 2,5 \cdot 2,5^2/5^2$$

$$= 4,04 \text{ tm}$$

$$\sigma = M/S = 4,04/0,0077 = 525,449 \text{ t/m}^2$$

c. Gaya rem dan traksi (Rm)

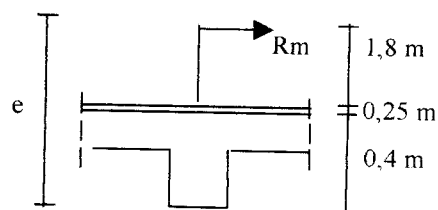
Pengaruh gaya rem dan traksi sebesar 5 % dari beban "D" tanpa koefisien kejut.

$$D = P_{LL} + q_{LL}$$

$$= \frac{12 \cdot 0,75}{2,75} + \frac{1,364 \cdot 0,75}{2,75} = 3,873 \text{ t}$$

$$R_m = 5 \% \cdot D$$

$$= 5 \% \cdot 3,873 = 0,1936 \text{ t}$$



$$e = 1,8 + 0,25 + 0,4 = 2,45 \text{ m}$$

$$M = R \cdot e = 0,1936 \cdot 2,45 = 0,4744 \text{ tm}$$

$$\sigma = M/S = 0,4744/0,0077 = 61,701 \text{ t/m}^2$$

d. Gaya akibat perbedaan suhu ( $T_m$ )

$$T_m = E \cdot \varepsilon \cdot t \longrightarrow \text{dengan : } E = 2,8 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$$

$$\varepsilon = 10 \cdot 10^{-6}$$

$$t = 15^\circ$$

(Dari tabel IV PMJJR 1987 hal 14)

$$T_m = 2,8 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 15^\circ = 420 \text{ t/m}^2$$

e. Gaya rangkak atau susut (SR)

Besarnya gaya rangkak dan susut dianggap sama dengan gaya yang timbul atau bekerja, akibat perbedaan suhu  $15^\circ$ .

( Dari PMJJR 1987 hal 14 )

$$SR = 420 \text{ t/m}^2$$

f. Gaya akibat gempa bumi (Gh)

$$K = E \cdot G \longrightarrow \text{dengan : } E = 0,05 \text{ ( Bandung Termasuk daerah gempa III )}$$

$$G = L (qd)$$

$$= 5 ( 0,558 ) = 2,79 \text{ t}$$

$$K = 0,05 \cdot 2,79 = 0,1395 \text{ t}$$

$$Mg = \frac{1}{4} \cdot K \cdot L = \frac{1}{4} \cdot 0,1395 \cdot 5 = 0,1744 \text{ tm}$$

$$\sigma = Mg / S = 0,1744 / 0,007 = 22,6461 \text{ t/m}^2$$

g. Gaya sentrifugal

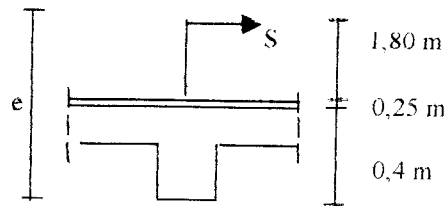
$$K_s = 0,79 \cdot V_r^2 / R \longrightarrow \text{dengan : } V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$R = 250 \text{ m}$$

$$K_s = 0,79 \cdot 80^2 / 250 = 20,224 \%$$

$$S = K_s \cdot D$$

$$= 20,224 \% \cdot 3,873 = 0,7833 \text{ t}$$



$$e = 1,8 + 0,25 + 0,4 = 2,45 \text{ m}$$

$$M_s = S \cdot e$$

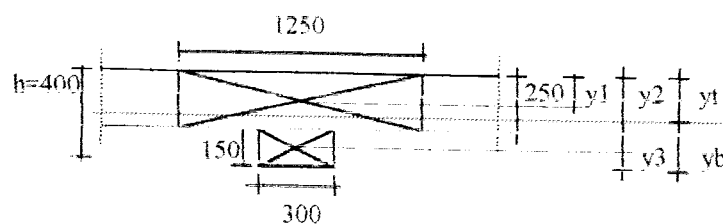
$$= 0,7833 \cdot 2,45 = 1,919 \text{ tm}$$

$$\sigma = M_s/S = 1,919/0,0077 = 249,22 \text{ t/m}^2$$

Tabel 3.1. Kombinasi pembebanan dan gaya gelagar (1)

No	Kombinasi pembebanan dan gaya	Tegangan yang terjadi ( $\text{t/m}^2$ )
I	$M + (H + K)$	$151,2 + 525,49 = 676,649$ $< 100 \% \bar{\sigma} = 8400$
II	$M + SR + T_m$	$151,2 + 420 + 420 = 991,2$ $< 125 \% \bar{\sigma} = 10500$
III	$M + (H + K) + R_m + SR + T_m + S$	$151,2 + 525,449 + 61,701 + 420$ $+ 420 + 249,22 = 1827,57$ $< 140 \% \sigma = 11760$
IV	$(M + Gh)$	$151,2 + 22,6461 = 173,8461$ $< 150 \% \bar{\sigma} = 12600$
V	$M + (H + K) + S$	$151,2 + 525,49 + 249,22$ $= 925,869$ $< 150 \% \bar{\sigma} = 12600$

## 2. Gelagar memanjang (2)



Statis momen terhadap sisi atas

$$A_I = 1250 \cdot 250 = 312.500 \text{ mm}^2 \quad Y_1 = 125 \text{ mm}$$

$$A_{II} = 150 \cdot 300 = 45.000 \text{ mm}^2 \quad Y_2 = 325 \text{ mm}$$

$$A_{\text{tot}} = A_I + A_{II} = 357.500 \text{ mm}^2 \quad Y_3 = 75 \text{ mm}$$

$$Y_t = \frac{(A_I \cdot Y_1) + (A_{II} \cdot Y_2)}{A_{\text{tot}}} = \frac{(312.500 \cdot 125) + (45.000 \cdot 325)}{357.000} = 150,175 \text{ mm}$$

$$Y_b = h - Y_t = 400 - 150,175 = 249,825 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I &= (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_I \cdot (Y_t - Y_1)^2) + (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_{II} \cdot (Y_b - Y_3)^2) \\ &= (1/12 \cdot 1250 \cdot 250^3 + 312.500 \cdot (25,175)^2) \\ &\quad + (1/12 \cdot 300 \cdot 150^3 + 45.000 \cdot (174,825)^2) = 0,0033 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$S_b = I/Y_b = 0,0033/0,2498 = 0,01315 \text{ m}^3$$

Menentukan tegangan ijin yang terjadi :

$$\bar{\sigma} = E \cdot \varepsilon \longrightarrow \text{dengan : } \bar{\sigma} = \text{tegangan ijin}$$

$E$  = modulus elastisitas

$\varepsilon$  = regangan

$$= 2,8 \cdot 10^6 \cdot 0,003 = 8400 \text{ t/m}^2$$

a. Beban mati (M)

$$q_d = 1,4334 \text{ t/m} \quad ; \quad L = 5 \text{ m}$$

$$M = 1/12 \cdot q_d \cdot L^2 = 1/12 \cdot 1,4334 \cdot 5^2 = 2,98625 \text{ tm}$$

$$\sigma = M/S = 2,98625/0,01315 = 227,091 \text{ t/m}^2$$

b. Beban hidup (H + K)

$$q_{LL} = 1,4 \text{ t/m} \quad ; \quad p_{LL} = 10,416 \text{ t}$$

$$M = 1/12 \cdot q_{LL} \cdot L^2 + p_{LL} \cdot a \cdot b^2/L^2$$

$$= 1/12 \cdot 1,4 \cdot 5^2 + 10,416 \cdot 2,5 \cdot 2,5^2/5^2$$

$$= 9,4267 \text{ tm}$$

$$\sigma = M/S = 9,4267/0,01315 = 716,8568 \text{ t/m}^2$$

c. Gaya rem dan traksi (Rm)

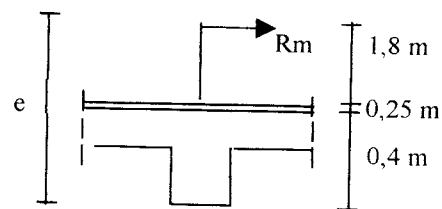
Pengaruh gaya rem dan traksi sebesar 5 % dari beban "D" tanpa koefisien kejut.

$$D = P_{LL} + q_{LL}$$

$$= \frac{12 \cdot 1,75}{2,75} + \frac{1,364 \cdot 1,75}{2,75} = 9,0364 \text{ t}$$

$$R_m = 5 \% \cdot D$$

$$= 5 \% \cdot 9,0364 = 0,4518 \text{ t}$$



$$e = 1,8 + 0,25 + 0,4 = 2,45 \text{ m}$$

$$M = R \cdot e = 0,4518 \cdot 2,45 = 1,107 \text{ tm}$$

$$\sigma = M/S = 1,107/0,01315 = 84,1825 \text{ t/m}^2$$

d. Gaya akibat perbedaan suhu (Tm)

$$T_m = E \cdot \varepsilon \cdot t \quad \longrightarrow \quad \text{dengan : } E = 2,8 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$$

$$\varepsilon = 10 \cdot 10^{-6}$$

$$t = 15^\circ$$

(Dari tabel IV PMJJR 1987 hal 14)

$$T_m = 2,8 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 15^\circ = 420 \text{ t/m}^2$$

## e. Gaya rangkai atau susut (SR)

Besarnya gaya rangkai dan susut dianggap sama dengan gaya yang timbul atau bekerja, akibat perbedaan suhu  $15^\circ$ .

( Dari PMJJR 1987 hal 14 )

$$SR = 420 \text{ t/m}^2$$

## f. Gaya akibat gempa bumi (Gh)

$K = E \cdot G \longrightarrow$  dengan :  $E = 0,05$  ( Bandung Termasuk daerah gempa III )

$$G = L (qd)$$

$$= 5 ( 1,4334 ) = 7,167 \text{ t}$$

$$K = 0,05 \cdot 7,167 = 0,3583 \text{ t}$$

$$Mg = \frac{1}{4} \cdot K \cdot L = \frac{1}{4} \cdot 0,3583 \cdot 5 = 0,4479 \text{ tm}$$

$$\sigma = Mg/S = 0,4479/0,01315 = 34,0589 \text{ t/m}^2$$

## g. Gaya sentrifugal

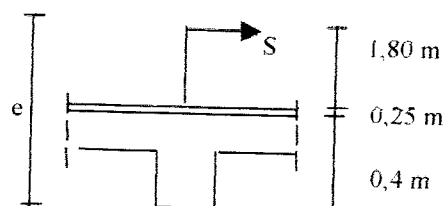
$Ks = 0,79 \text{ Vr}^2/R \longrightarrow$  dengan :  $Vr = 80 \text{ km/jam}$

$$R = 250 \text{ m}$$

$$Ks = 0,79 \cdot 80^2/250 = 20,224 \%$$

$$S = Ks \cdot D$$

$$= 20,224 \% \cdot 9,0364 = 1,8275 \text{ t}$$



$$e = 1,8 + 0,25 + 0,4 = 2,45 \text{ m}$$



$$M_s = S \cdot e$$

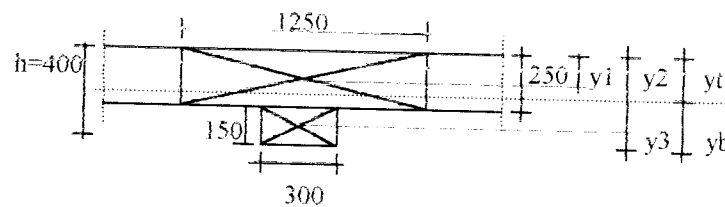
$$= 1,8275 \cdot 2,45 = 4,4774 \text{ tm}$$

$$\sigma = M_s/S = 4,4774/0,01315 = 340,489 \text{ t/m}^2$$

Tabel 3.2. Kombinasi pembebanan dan gaya gelagar (2)

No	Kombinasi pembebanan dan gaya	Tegangan yang terjadi ( $\text{t/m}^2$ )
I	M + (H + K)	$227,091 + 716,8568 = 943,9478$ $< 100 \% \bar{\sigma} = 8400$
II	M + SR + Tm	$227,091 + 420 + 420 = 1067,091$ $< 125 \% \bar{\sigma} = 10500$
III	M + (H + K) + R <sub>III</sub> + SR + Tm + S	$227,091 + 716,8568 + 84,1825$ $+ 420 + 420 + 340,489 = 2208,6193$ $< 140 \% \bar{\sigma} = 11760$
IV	(M + Gh)	$227,091 + 34,0589 = 261,1499$ $< 150 \% \bar{\sigma} = 12600$
V	M + (H + K) + S	$227,091 + 716,8568 + 340,489$ $= 1284,4368$ $< 150 \% \bar{\sigma} = 12600$

## 3. Gelagar memanjang (3)



Statis momen terhadap sisi atas

$$A_I = 1250 \cdot 250 = 312.500 \text{ mm}^2 \quad Y_1 = 125 \text{ mm}$$

$$A_{II} = 150 \cdot 300 = 45.000 \text{ mm}^2 \quad Y_2 = 325 \text{ mm}$$

$$A_{\text{tot}} = A_I + A_{II} = 357.500 \text{ mm}^2 \quad Y_3 = 75 \text{ mm}$$

$$Y_t = \frac{(A_I \cdot Y_1) + (A_{II} \cdot Y_2)}{A_{\text{tot}}} = \frac{(312.500 \cdot 125) + (45.000 \cdot 325)}{357.000} = 150,175 \text{ mm}$$

$$Y_b = h - Y_t = 400 - 150,175 = 249,825 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 I &= (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_1 \cdot (Y_1 - Y_1)^2) + (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_{II} \cdot (Y_b - Y_3)^2) \\
 &= (1/12 \cdot 1250 \cdot 250^3 + 312.500 \cdot (25,175)^2) \\
 &\quad + (1/12 \cdot 300 \cdot 150^3 + 45.000 \cdot (174,825)^2) = 0,0033 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

$$S_b = I / Y_b = 0,0033 / 0,2498 = 0,01315 \text{ m}^3$$

Menentukan tegangan ijin yang terjadi :

$$\bar{\sigma} = E \cdot \varepsilon \longrightarrow \text{dengan : } \bar{\sigma} = \text{tegangan ijin}$$

$E$  = modulus elastisitas

$\varepsilon$  = regangan

$$= 2,8 \cdot 10^6 \cdot 0,003 = 8400 \text{ t/m}^2$$

a. Beban mati (M)

$$q_d = 2,2472 \text{ t/m} \quad ; \quad L = 5 \text{ m}$$

$$M = 1/12 \cdot q_d \cdot L^2 = 1/12 \cdot 2,2472 \cdot 5^2 = 4,6817 \text{ tm}$$

$$\sigma = M/S = 4,6817/0,01315 = 356,0203 \text{ t/m}^2$$

b. Beban hidup (H + K)

$$q_{LL} = 1,6 \text{ t/m} \quad ; \quad p_{LL} = 11,904 \text{ t}$$

$$M = 1/12 \cdot q_{LL} \cdot L^2 + p_{LL} \cdot a \cdot b^2/L^2$$

$$= 1/12 \cdot 1,6 \cdot 5^2 + 11,904 \cdot 2,5 \cdot 2,5^2/5^2$$

$$= 10,7733 \text{ tm}$$

$$\sigma = M/S = 10,7733/0,01315 = 819,2649 \text{ t/m}^2$$

c. Gaya rem dan traksi (Rm)

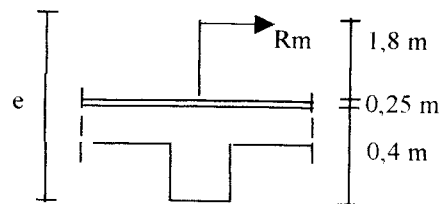
Pengaruh gaya rem dan traksi sebesar 5 % dari beban "D" tanpa koefisien kejut.

$$D = P_{1.L} + q_{1.L}$$

$$= \frac{12 \cdot 2,00}{2,75} + \frac{1,364 \cdot 2,00}{2,75} = 10,3273 \text{ t}$$

$$R_m = 5 \% \cdot D$$

$$= 5 \% \cdot 10,3273 = 0,5164 \text{ t}$$



$$e = 1,8 + 0,25 + 0,4 = 2,45 \text{ m}$$

$$M = R \cdot e = 0,5164 \cdot 2,45 = 1,2651 \text{ tm}$$

$$\sigma = M/S = 1,2651/0,01315 = 96,2053 \text{ t/m}^2$$

d. Gaya akibat perbedaan suhu ( $T_m$ )

$$T_m = E \cdot \varepsilon \cdot t \quad \longrightarrow \quad \text{dengan : } E = 2,8 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$$

$$\varepsilon = 10 \cdot 10^{-6}$$

$$t = 15^\circ$$

(Dari tabel IV PMJJR 1987 hal 14 )

$$T_m = 2,8 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 15^\circ = 420 \text{ t/m}^2$$

e. Gaya rangkai atau susut (SR)

Besarnya gaya rangkai dan susut dianggap sama dengan gaya yang timbul atau bekerja, akibat perbedaan suhu  $15^\circ$ .

( Dari PMJJR 1987 hal 14 )

$$SR = 420 \text{ t/m}^2$$

f. Gaya akibat gempa bumi (Gh)

$$K = E \cdot G \longrightarrow \text{dengan : } E = 0,05 \text{ ( Bandung Termasuk daerah gempa III )}$$

$$G = L (qd)$$

$$= 5 ( 2,2472 ) = 11,236 \text{ t}$$

$$K = 0,05 \cdot 11,236 = 0,5618 \text{ t}$$

$$Mg = \frac{1}{4} \cdot K \cdot L = \frac{1}{4} \cdot 0,5618 \cdot 5 = 0,70225 \text{ tm}$$

$$\sigma = Mg/S = 0,70225/0,01315 = 53,4030 \text{ t/m}^2$$

g. Gaya sentrifugal

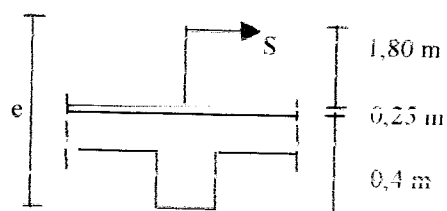
$$Ks = 0,79 \cdot Vr^2/R \longrightarrow \text{dengan : } Vr = 80 \text{ km/jam}$$

$$R = 250 \text{ m}$$

$$Ks = 0,79 \cdot 80^2/250 = 20,224 \%$$

$$S = Ks \cdot D$$

$$= 20,224 \% \cdot 10,3273 = 2,0886 \text{ t}$$



$$e = 1,8 + 0,25 + 0,4 = 2,45 \text{ m}$$

$$Ms = S \cdot e$$

$$= 2,0886 \cdot 2,45 = 5,1171 \text{ tm}$$

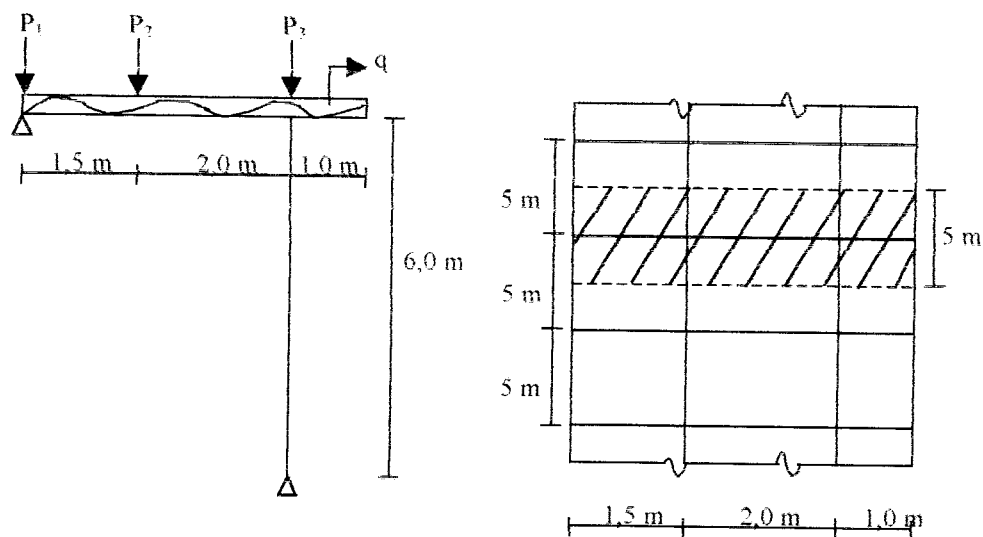
$$\sigma = Ms/S = 5,1171/0,01315 = 389,1295 \text{ t/m}^2$$

Tabel 3.3. Kombinasi pembebanan dan gaya gelagar (3)

No	Kombinasi pembebanan dan gaya	Tegangan yang terjadi ( $t/m^2$ )
I	$M + (H + K)$	$356,0203 + 819,2649 = 1125,2852$ $< 100\% \bar{\sigma} = 8400$
II	$M + SR + Tm$	$356,0203 + 420 + 420 = 1196,0203$ $< 125\% \bar{\sigma} = 10500$
III	$M + (H + K) + Rm + SR + Tm + S$	$356,0203 + 819,2649 + 96,205$ $+ 420 + 420 + 389,130 = 2111,491$ $< 140\% \bar{\sigma} = 11760$
IV	$(M + Gh)$	$356,0203 + 53,4030 = 409,4233$ $< 150\% \bar{\sigma} = 12600$ $= 1609,5742$
V	$M + (H + K) + S$	$356,0203 + 819,2649 + 389,130$ $< 150\% \bar{\sigma} = 12600$

### 3.4 Perencanaan Gelagar Melintang dan Kolom

Perencanaan gelagar melintang dan kolom ini, dirancang sebagai konstruksi portal dengan tumpuan sendi-sendi dan beban-beban yang bekerja seperti yang terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Struktur portal dan posisi pembebanannya

### 3.4.1 Perhitungan Mekanika Gelagar Melintang dan Kolom

#### 1. Gelagar melintang

##### a. Beban-beban yang terjadi pada gelagar ( $P_1$ )

$$q_d = 0,558 \text{ t/m}$$

$$q_l = 0,6 \text{ t/m}$$

$$p_l = 4,464 \text{ t}$$

##### 1) Beban mati

$$P_1 = q_d \cdot L = 0,558 \cdot 5 = 2,79 \text{ t}$$

##### 2) Beban hidup

$$P_1 = p_l + (q_l \cdot L) = 4,464 + (0,6 \cdot 5) = 7,464 \text{ t}$$

$$P_{1 \text{ total}} = 2,79 + 7,464 = 10,254 \text{ t}$$

##### b. Beban-beban yang terjadi pada gelagar ( $P_2$ )

$$q_d = 1,4334 \text{ t/m}$$

$$q_l = 1,4 \text{ t/m}$$

$$p_l = 10,416 \text{ t}$$

##### 1) Beban mati

$$P_2 = q_d \cdot L = 1,4334 \cdot 5 = 7,167 \text{ t}$$

##### 2) Beban hidup

$$P_2 = p_l + (q_l \cdot L) = 10,416 + (1,4 \cdot 5) = 17,416 \text{ t}$$

$$P_{2 \text{ total}} = 7,167 + 17,416 = 24,583 \text{ t}$$

##### c. Beban-beban yang terjadi pada gelagar ( $P_3$ )

$$q_d = 2,1462 \text{ t/m}$$

$$q_l = 1,6 \text{ t/m}$$

$$p_l = 11,904 \text{ t}$$

1) Beban mati

$$P_3 = q_d \cdot L = 2,1462 \cdot 5 = 10,731 \text{ t}$$

2) Beban hidup

$$P_3 = p_l + (q_l \cdot L) = 11,904 + (1,6 \cdot 5) = 19,904 \text{ t}$$

$$P_{3 \text{ total}} = 10,731 + 19,904 = 30,635 \text{ t}$$

d. Dimensi balok

Tinggi minimum balok menurut SK- SNI tabel 3.25

$$h_{\min} = (L / 18,5) (0,4 + (f_y / 700))$$

$$= (4500/18,5) \cdot (0,4 + (320/700)) = 208,5 \text{ mm}$$

diambil:  $h_t = 50 \text{ cm}$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$q_{\text{balok}} = b (h_{t_{\text{balok}}} - h_{t_{\text{plat}}}) \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0,4 (0,50 - 0,25) 2500 = 250 \text{ kg/m}$$

$$q_u_{\text{balok}} = 1,2 \cdot 250 = 300 \text{ kg/m} = 0,3 \text{ t/m}$$

2. Dimensi kolom

Beban yang terjadi pada kolom:

$$q_{\text{balok}} = (1,7 + 1,0) \cdot 0,25 = 0,6875 \text{ t}$$

$$P_2 = 0,5 \cdot 24,583 = 12,2915 \text{ t}$$

$$P_3 = \frac{= 30,6350 \text{ t} +}{N = 43,6140 \text{ t}}$$

$$\text{Luas yang diperlukan (Ag)} = N/f_c = (43,614 \cdot 10^4)/35 = 12461,14 \text{ mm}^2$$

Dipakai  $b = 400 \text{ mm}$ , maka:

$$h = Ag/b = 12461,14/400 = 31,1529 \text{ mm}$$

—► dipakai dimensi kolom  $h = 500 \text{ mm}$  dan  $b = 400 \text{ mm}$

Untuk menghitung momen maksimum ( baik momen lapangan maupun momen tumpuan dan reaksi-reaksi yang terjadi digunakan program “Microfeaf“ yang dapat dilihat pada lampiran 3.

$$\text{Modulus elastisitas} = 4700 \sqrt{f_c}$$

$$= 4700 \sqrt{35} = 2,8 \cdot 10^4 \text{ MPa}$$

$$= 2,8 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Inersia balok dan kolom} = 1/12 \cdot b \cdot h^3$$

$$= 1/12 \cdot 400 \cdot 500^3 = 4,17 \cdot 10^3 \text{ m}^4$$

### 3.4.2 Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang

#### 1. Perencanaan dimensi gelagar

$$h = 50 \text{ cm} = 500 \text{ mm}$$

$$b = 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan : penutup beton (pb)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{diameter tulangan (D)} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{diameter sengkang (Ds)} = 10 \text{ mm}$$

$$d = h - pb - Ds - 1/2D = 439 \text{ mm}$$

$$d' = pb + Ds + 1/2D = 61 \text{ mm}$$

#### 2. Kontrol terhadap geser

$$V_{u \text{ maks}} = 43,214 \text{ t} \text{ —► microfeaf}$$



$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 439 \cdot 10^{-4} = 17,3144 \text{ t}$$

$$V_{s1} = 1/3 \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 439 \cdot 10^{-4} = 34,6288 \text{ t}$$

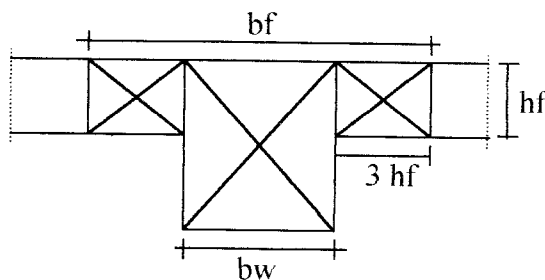
$$\phi(V_c + V_{s1}) = 0,6 (17,3144 + 34,6288) = 31,1659 \text{ t} < V_{u \text{ maks}}$$

$$V_{s2} = 2/3 \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 439 \cdot 10^{-4} = 69,2576 \text{ t}$$

$$\phi(V_c + V_{s2}) = 0,6 (17,3144 + 69,2576) = 51,9432 \text{ t} > V_{u \text{ maks}} \rightarrow \text{o.k}$$

### 3. Kontrol terhadap torsi

$$T_{u \text{ maks}} = M_{tx1 \text{ maks}} - M_{tx2 \text{ maks}} = 5,3146 - 0,15 = 5,1646 \text{ tm (microfeaf)}$$



$$\begin{aligned} hf &= 250 \text{ mm} & pb &= 40 \text{ mm} \\ bw &= 400 \text{ mm} & 3 hf &= 750 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} & L = S &= 4500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$bf \leq 1/4 L = 1/4 \cdot 4500 = 1125 \text{ mm}$$

$$\leq bw + 16 hf = 400 + 16 \cdot 250 = 4400 \text{ mm}$$

$$\leq S = 4500 \text{ mm} \longrightarrow \text{dipakai } bf = 1125 \text{ mm}$$

$$\Sigma x^2 y = 400^2 \cdot 500 + 2 \cdot 250^2 \cdot 750 = 173.750.000 \text{ mm}^3$$

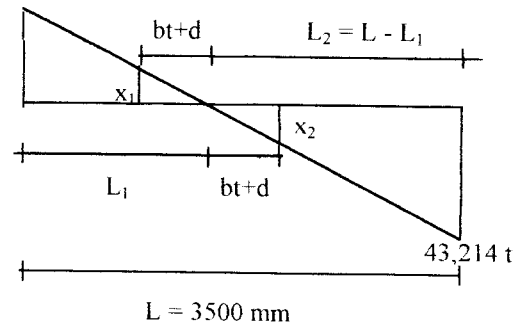
$$\frac{\phi \cdot \sqrt{f'c} \cdot \Sigma x^2 y}{20} = \frac{0,6 \cdot \sqrt{35} \cdot 173.750.000 \cdot 10^{-7}}{20} = 3,0838 \text{ tm} < T_{u \text{ maks}}$$

$$C_t = (bw \cdot d) / \Sigma x^2 y = (400 \cdot 439) / 173.750.000 = 1,011 \cdot 10^{-3} / \text{mm}$$

$$b_t = bw - 2pb - 2Ds = 400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 = 300 \text{ mm}$$

$$b_t + d = 300 + 439 = 739 \text{ mm}$$

23,308 t



$$\begin{aligned} 23,308 / L_1 &= 43,214 / 3500 - L_1 \\ L_1 &= 1226,3 \text{ mm} \\ L_2 &= 3500 - 1226 = 2273,7 \text{ mm} \\ x_1 &= (739 / 1226,3) \cdot 23,308 \\ &= 14,046 \text{ t} \\ x_2 &= (739 / 2273,7) \cdot 43,214 \\ &= 14,045 \text{ t} \end{aligned}$$

$$V_{u \text{ maks}} = 14,046 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} T_c &= \frac{\sqrt{f_c} \cdot \Sigma x^2 y}{15 \cdot \sqrt{(1 + (0,4 V_u / C_t \cdot T_u)^2)}} \\ &= \frac{\sqrt{35} \cdot 173.750.000 \cdot 10^{-4}}{15 \sqrt{(1 + (0,4 \cdot 14,046 / 1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 5,1646)^2)}} = 4,665 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$T_s = (T_u / \phi) - T_c = (5,1646 / 0,6) - 4,665 = 3,9427 \text{ tm}$$

$$4T_c = 4 \cdot 4,665 = 18,66 \text{ tm} > T_s = 3,9427 \text{ tm} \longrightarrow \text{o.k}$$

#### 4. Perencanaan tulangan tumpuan ( $M^-$ )

$$M_n^- = 5,3146 \text{ tm}$$

$$M_n = M_n^- / \phi = 5,3146 / 0,8 = 6,6432 \text{ tm}$$

##### a. Kontrol kapasitas total

$$\begin{aligned} M_{n \text{ tot}} &= 0,85 \cdot f_c \cdot b_w \cdot h_f \cdot (d - \frac{1}{2} h_f) \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 250 \cdot (439 - \frac{1}{2} 250) \cdot 10^{-7} \\ &= 93,415 \text{ tm} > M_n = 6,6432 \text{ tm} \longrightarrow \text{o.k} \end{aligned}$$

##### b. Perencanaan tulangan pokok

$$\rho_b = 0,049 ; \rho_{\text{maks}} = 0,037 ; \rho_{\text{min}} = 0,0044 ; m = 10,756$$

$$R_n = M_n / b_w \cdot d^2 = 6,6432 \cdot 10^7 / 400 \cdot 439^2 = 0,8618 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{10,756} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,8618 \cdot 10,256}{320}} \right] = 0,0027$$

$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} \longrightarrow$  dipakai  $\rho_{\text{min}}$  (tulangan sebelah)

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b_w \cdot d = 0,0044 \cdot 400 \cdot 439 = 772,64 \text{ mm}^2$$

$$A_{\emptyset 22} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 = 380,13 \text{ mm}^2$$

$$N = A_s / A_{\emptyset 22} = 2,03 \approx 3 \text{ buah}$$

$$A_{sb} = N \cdot A_{\emptyset 22} = 3 \cdot 380,13 = 1140,39 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\text{aktual}} = A_{sb} / b_w \cdot d = 1140,39 / 400 \cdot 439$$

$$= 0,0065 < \rho_{\text{maks}} = 0,037 \longrightarrow \text{o.k}$$

c. Kontrol kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot a = 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot a = 11.900 a$$

$$T_s = f_y \cdot A_{sb} = 320 \cdot 1140,39 = 364.924,8 \text{ N}$$

$$\text{Syarat : } C_c = T_s$$

$$11.900 a = 364.924,8 \longrightarrow a = 30,666 \text{ mm}$$

$$M_{n \text{ tot}} = A_{sb} \cdot f_y \cdot (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 1140,39 \cdot 320 \cdot (439 - \frac{1}{2} 30,666) \cdot 10^{-7}$$

$$= 15,4607 \text{ tm} > M_n = 6,6432 \text{ tm} \longrightarrow \text{o.k}$$

$$c = a / \beta_1 = 30,666 / 0,81 = 37.8593 \text{ mm} < h_f = 250 \text{ mm}$$

$\longrightarrow$  Asumsi sebagai balok "T" benar

d. Kontrol jarak tulangan

$$Y = h - 2p_b - 2D_s - 2D$$

$$= 500 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 22 = 356 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

$$X = bw - 2pb - 2Ds - ND / (N-1)$$

$$= 400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 3 \cdot 22 / 2 = 117 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

5. Perencanaan tulangan lapangan ( $M^+$ )

$$Mn^+ = 16,239 \text{ tm}$$

$$Mn = Mn^+ / \phi = 16,239 / 0,8 = 20,2987 \text{ tm}$$

a. Kontrol kapasitas total

$$Mn_{tot} = 0,85 \cdot f_c \cdot bw \cdot hf \cdot (d - \frac{1}{2} hf)$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 250 \cdot (439 - \frac{1}{2} 250) \cdot 10^{-7}$$

$$= 93,415 \text{ tm} > Mn = 20,2987 \text{ tm} \longrightarrow \text{o.k}$$

b. Perencanaan tulangan pokok

$$\rho_b = 0,049 ; \quad \rho_{maks} = 0,037 ; \quad \rho_{min} = 0,0044 ; \quad m = 10,756$$

$$Rn = Mn / bw \cdot d^2 = 20,2987 \cdot 10^7 / 400 \cdot 439^2 = 2,6332 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{10,756} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,6332 \cdot 10,256}{320}} \right] = 0,0086$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks} \longrightarrow \text{dipakai tulangan sebelah}$$

$$As = \rho_{perlu} \cdot bw \cdot d = 0,0086 \cdot 400 \cdot 439 = 1515,27 \text{ mm}^2$$

$$A\phi_{22} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 = 380,13 \text{ mm}^2$$

$$N = As / A\phi_{22} = 1515,27 / 380,13 = 3,99 \approx 4 \text{ buah}$$

$$Asb = N \cdot A\phi_{22} = 4 \cdot 380,13 = 1520,52 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{aktual} = Asb / bw \cdot d = 1520,52 / 400 \cdot 439$$

$$= 0,0087 < \rho_{maks} = 0,037 \longrightarrow \text{o.k}$$

c. Kontrol kapasitas

$$Cc = 0,85 \cdot f_c \cdot bw \cdot a = 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot a = 11.900 a$$

$$T_s = f_y \cdot A_{sb} = 320 \cdot 1520,52 = 486.566,4 \text{ N}$$

$$\text{Syarat : } C_c = T_s$$

$$11.900 a = 486.566,4 \longrightarrow a = 40,8879 \text{ mm}$$

$$Mn_{\text{tot}} = A_{sb} \cdot f_y \cdot (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 1520,52 \cdot 320 \cdot (439 - \frac{1}{2} 40,8879) \cdot 10^{-7}$$

$$= 20,3655 \text{ tm} > Mn = 20,2987 \text{ tm} \longrightarrow \text{o.k}$$

$$c = a / \beta_1 = 40,8879 / 0,81 = 50,479 \text{ mm} < hf = 250 \text{ mm}$$

$\longrightarrow$  Asumsi sebagai balok "T" benar

d. Kontrol jarak tulangan

$$Y = h - 2pb - 2Ds - 2D = 500 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 22$$

$$= 356 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

$$X = bw - 2pb - 2Ds - ND / (N-1)$$

$$= 400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 4 \cdot 22 / 3 = 70,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

6. Perencanaan tulangan geser dan torsi

$$Tu_{\text{maks}} = 5,1646 \text{ tm}$$

$$\frac{\phi \cdot \sqrt{f_c} \cdot \Sigma x^2 y}{24} = \frac{0,6 \cdot \sqrt{35} \cdot 173.750.000 \cdot 10^{-7}}{24} = 2,5698 \text{ tm} < Tu_{\text{maks}}$$

Luas tulangan tertutup minimal, harus dihitung sebesar :

$$A_v + 2 \cdot A_t = (bw \cdot 5) / (3 \cdot f_y)$$

Syarat spasi tulangan :

$$X_1 = b - 2pb - Ds = 400 - 2 \cdot 40 - 10 = 310 \text{ mm}$$

$$Y_1 = h - 2pb - Ds = 500 - 2 \cdot 40 - 10 = 410 \text{ mm}$$

$$S_1 = \frac{1}{4} (X_1 + Y_1) = \frac{1}{4} (310 + 410) = 180 \text{ mm}$$

$$S_2 = 300 \text{ mm} \longrightarrow \text{dipakai } S_{\text{min}} = 180 \text{ mm}$$

a. Kontrol terhadap geser torsi

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

$$= \frac{\sqrt{35} \cdot 400 \cdot 439 \cdot 10^{-4}}{6 \sqrt{(1 + (2,5 \cdot 1,011 \cdot 10^{-3} \cdot 5,1646 \cdot 10^3 / 14,046)^2)}}$$

$$= 12,683 \text{ t}$$

$$\emptyset V_c = 0,6 \cdot 12,683 = 7,6098 \text{ t} < V_{u \text{ maks}} = 14,046 \text{ tm}$$

————> perlu tulangan geser

$$V_s = (A_v \cdot f_y \cdot d) / s \quad \longrightarrow \quad A_v / s = V_s / f_y \cdot d$$

$$A_v / s = ((V_u / \emptyset) - V_c) / f_y \cdot d$$

$$= ((14,046 / 0,6) - 12,683) / 320 \cdot 439 \cdot 10^{-4}$$

$$= 0,7636 \text{ mm}$$

b. kontrol terhadap torsi

$$T_c = 4,665 \text{ tm}$$

$$\emptyset T_c = 0,6 \cdot 4,665 = 2,799 \text{ tm} < T_{u \text{ maks}} = 5,1646 \text{ tm}$$

————> perlu tulangan torsi

$$T_s = (A_t \cdot \alpha_t \cdot X_1 \cdot Y_1 \cdot f_y) / S \quad ; \text{ dengan :}$$

$$\alpha_t = 1/3 (2 + Y_1 / X_1)$$

$$= 1/3 (2 + 410 / 310)$$

$$= 1,11 < 1,5$$

$$A_t / s = T_s / \alpha_t \cdot X_1 \cdot Y_1 \cdot f_y = (T_u / \emptyset - T_c) / \alpha_t \cdot X_1 \cdot Y_1 \cdot f_y$$

$$= ((5,1646 / 0,6) - 4,665) \cdot 10^7 / 1,11 \cdot 310 \cdot 410 \cdot 320$$

$$= 0,8733 \text{ mm}$$

Spasi sengkang :

$$S_x = (A_v / S) + (2 \cdot A_t / S) = 0,7636 + 2 \cdot 0,8733 \text{ mm} = 2,5102 \text{ mm}$$

$$S_{x_{\min}} = b / 3 \cdot f_y = 400 / 3 \cdot 320 = 0,4167 \text{ mm}$$

————> dipakai  $S_x = 2,5102 \text{ mm}$

Digunakan sengkang D10 —————>  $A_{\emptyset 10} = 78,54 \text{ mm}^2$

$$S = (A_v + 2 \cdot A_t) / S_x = (2 \cdot A_{\emptyset 10}) / S_x$$

$$= 2 \cdot 78,54 / 2,5102 = 62,58 \text{ mm} < S_{\min} = 180 \text{ mm}$$

————> dipakai sengkang tertutup  $\emptyset_{10-180}$

c. Analisis geser dan torsi

$$((A_v / S) + (2 \cdot A_t / S))_{\text{aktual}} = 2 \cdot 78,54 / 180$$

$$= 0,873 \text{ mm} < S_x = 2,5102 \text{ mm}$$

dipakai  $S = 2,5102 \text{ mm}$

$$A_v' / S_x = (A_v / S) \cdot S / S_x = 0,7636 \cdot 320 \cdot 439 \cdot 10^{-4} = 10,7271 \text{ t}$$

$$\emptyset (V_c + V_s) = 0,6 (12,683 + 10,7271)$$

$$= 14,0463 \text{ t} > V_{u_{\text{maks}}} = 14,046 \text{ tm} \text{ —————> O.K}$$

### 3.4.3 Perhitungan Dimensi Kolom

1. Beban-beban yang bekerja

$$N_{\text{melintang}} = 43,514 \text{ t} \text{ —————> mikrofeaf}$$

$$\text{Berat sendiri kolom} = 0,5 \cdot 0,4 \cdot 2,5 \cdot 6 = 3 \text{ t}$$

$$N_{\text{total}} = 43,514 + 3 = 46,514 \text{ t}$$

Kolom dianggap jepit-sendi

$$K = 0,9 ; l_k = 6,0 \text{ m}$$

M melintang = 5,1646 tm  $\longrightarrow$  microfeaf

ht = 40 cm ; b = 50 cm

digunakan: penutup beton (Pb) 40 mm

diameter tulangan 25 mm

diameter sengkang 10 mm

$$d = ht - Pb - Ds - 0,5 D = 400 - 40 - 10 - 0,5 \cdot 25 = 337,5 \text{ mm}$$

$$d' = Pb + Ds + 0,5 \cdot D = 40 + 10 + 0,5 \cdot 25 = 62,5 \text{ mm}$$

$$A_k = 0,4 \cdot 0,5 = 0,2 \text{ m}^2$$

$$I_k = 1/12 \cdot 0,5 \cdot 0,4^3 = 2,67 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$r = \sqrt{I_k / A_k} = \sqrt{2,67 \cdot 10^{-3} / 0,2} = 0,1155$$

$$K \cdot I_k / r = 0,9 \cdot 0,6 / 0,1155 = 46,7654 < 100 \longrightarrow \text{kolom langsing}$$

## 2. Pembesaran momen

$$P_c = \frac{\pi^2 (E_c \cdot I_k)}{(K \cdot l_k)^2} = \frac{\pi^2 (4700 \cdot \sqrt{35} \cdot 2,67 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{12})}{(0,9 \cdot 6 \cdot 10^3)^2} = 2512,7852 \text{ t}$$

$$\delta_b = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{P_u}{\phi P_c}\right)\right]} = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{46,514}{0,8 \cdot 2512,7852}\right)\right]} = 1,0237$$

$$M_c = \delta_b \cdot M_u = 1,0237 \cdot 5,1646 = 5,2869 \text{ tm}$$

$$M_n = M_c / \phi = 5,2869 / 0,8 = 6,6087 \text{ tm}$$

$$e = M_n / P_n = 6,6087 / (46,514 / 0,8) = 0,1137 \text{ m} = 113,7 \text{ mm}$$

## 3. Perencanaan tulangan

$$\rho = \rho' = A_s / (b \cdot d) = 0,01$$

$$A_s = A_s' = 0,01 \cdot 500 \cdot 337,5 = 1687,5 \text{ mm}^2$$



Dicoba dengan 4D<sub>25</sub> pada masing-masing sisi kolom ( $A_s = A_s' = 1963,5 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_b = A_{sb}/(b \cdot d) = 1963,5/(500 \cdot 337,5) = 0,0116 > 0,01 \longrightarrow \text{O.K}$$

#### 4. Kontrol kapasitas tampang

$$C_b = \frac{\epsilon_c}{(\epsilon_c/\epsilon_y)} = \frac{600d}{(600 + f_y)} = \frac{600 \cdot 337,5}{(600 + 320)} = 220,1087 \text{ mm}$$

$$ab = \beta_1 \cdot C_b = 0,81 \cdot 220,1087 = 178,288 \text{ mm}$$

$$f'_{sb} = \frac{600(C_b - d')}{C_b} = \frac{600(220,1087 - 62,5)}{220,1087} = 429,6296 \text{ Mpa} > f_y$$

Maka digunakan  $f'_{sb} = f_y$

$$P_{nb} = (0,85 \cdot f'_c \cdot ab \cdot b) + (A_s' \cdot f_y) - (A_s \cdot f_y) \longrightarrow A_s = A_s'$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 178,288 \cdot 500 \cdot 10^{-4} = 265,2034 \text{ t}$$

$$M_{nb} = 0,85 \cdot f'_c \cdot ab \cdot b(\frac{1}{2}h + \frac{1}{2}ab) + A_s' \cdot f_y(\frac{1}{2}h - d) - A_s \cdot f_y(d - \frac{1}{2}h)$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 178,288 \cdot 500(\frac{1}{2} \cdot 400 + \frac{1}{2} \cdot 178,288) + 1963,5 \cdot 320(\frac{1}{2} \cdot 400 - 337,5) - 1963,5 \cdot 320(337,5 - \frac{1}{2} \cdot 400)10^{-7}$$

$$= 59,4032 \text{ tm}$$

$$eb = M_{nb}/P_{nb} = (59,4032 \cdot 10^3)/265,2034 = 223,991 \text{ mm} > e$$

$\longrightarrow$  kolom akan mengalami hancur dengan diawali luluhnya tulangan desak.

#### 5. Kontrol akibat patah desak dengan rumus Whitney

$$P_n = \left( \frac{A_s' \cdot f_y}{\left( \frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} \right) + \left( \frac{b \cdot h \cdot f'_c}{\left( \frac{3h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18} \right)$$

$$P_n = \left( \frac{1963,5 \cdot 320}{\left( \frac{113,7}{337,5 - 62,5} \right) + 0,5} \right) + \left( \frac{500 \cdot 400 \cdot 35}{\left( \frac{3 \cdot 400 \cdot 113,7}{337,5^2} \right) + 1,18} \right) = 363,171 \text{ t}$$

$$\phi P_n = 0,8 \cdot 363,171 = 290,537 \text{ t} > P_u = 46,514 \text{ t} \longrightarrow \text{O.K}$$

$$a = P_n / (0,85 \cdot f'_c \cdot b) = (363,171 \cdot 10^4) / (0,85 \cdot 35 \cdot 500) = 244,1489 \text{ mm}$$

$$c = a / \beta_1 = 244,1489 / 0,81 = 301,4183 \text{ mm}$$

$$f'_s b = (600(c - d')) / c = (600(301,4183 - 62,5)) / 301,4183$$

$$= 475,5883 \text{ Mpa} > f_y = 320 \text{ Mpa} \longrightarrow \text{O.K}$$

#### 6. Kontrol jarak tulangan

$$Y = h - 2P_b - 2D_s - 2D = 400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 25)$$

$$= 250 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K}$$

$$X = (b_w - 2P_b - 2D_s - N \cdot D) / (N - 1)$$

$$= (500 - 80 - 20 - (4 \cdot 25)) / (4 - 1) = 100 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K}$$

#### 7. Perencanaan sengkang

Dengan diameter tulangan 10 mm, jarak spasi sengkang ditentukan dari nilai terkecil ketentuan berikut ini:

- a.  $16D$  (tulangan pokok  $D_{25}$ ) = 400 mm
- b.  $48D_s$  (tulangan sengkang  $D_{10}$ ) = 480 mm
- c. Dimensi terkecil kolom = 400 mm

$\longrightarrow$  Digunakan tulangan sengkang  $D_{10-400}$

### 3.5 Perencanaan Pondasi

#### 1. Pembebanan

$$\text{Berat kolom} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2,5 \cdot 6 = 3 \text{ t}$$

$$\text{Reaksi kolom (dari microfeap)} = \frac{43,514 \text{ t} +}{\text{Pu} = 46,514 \text{ t}}$$

$$\text{Daya dukung tanah } (\sigma) = 4 \text{ kg/cm}^2 = 40 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Berat jenis tanah} = 2,0 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Ditaksir tebal pondasi} = 300 \text{ mm}$$

$$q_u = \text{berat tanah} + \text{berat pondasi}$$

$$= (0,0 \cdot 2,0) + (0,3 \cdot 2,5) = 0,75 \text{ t/m}^2$$

#### 2. Menentukan lebar pondasi

$$\sigma_{\text{netto}} = \sigma - q_u \geq \text{Pu}/A$$

$$= 40 - 0,75 \geq 46,514/A \longrightarrow A \geq 46,514/39,25 = 1,18 \text{ m}^2$$

$$A \text{ rencana} = 1,5 \text{ m}^2$$

$$B = 1,225 \text{ m} \longrightarrow \text{dipakai } B = 1,5 \text{ m}$$

$$\sigma = (P/A) + q_u$$

$$= (46,514/1,5^2) + 0,75 = 21,423 \text{ t/m}^2 < \sigma_{\text{netto}} = 39,25 \text{ t/m}^2$$

#### 3. Menentukan tebal plat

$$\begin{aligned} V_u &= \phi \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d/6 = 0,6 \cdot \sqrt{35} \cdot 1500 \cdot 10^{-4} \cdot d/6 \\ &= 0,0887 d \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

$$V_c = \sigma (x - d) b$$

$$= 21,423 \cdot 10^{-6} (300 - d) 1500 = 0,032 (300 - d) \dots\dots\dots(2)$$

Dari kedua persamaan didapat:

$$0,0887 d = 0,032 (300 - d)$$

$$d = 9,64 / (0,0887 + 0,032) = 79,87 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

dipakai  $t = 300 \text{ mm}$ , maka  $d = 300 - 40 - (16 \cdot 1,5) = 236 \text{ mm}$

#### 4. Kontrol kuat geser

##### a. Gaya lintang

$$d = 236 \text{ mm}$$

$$a = \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}bk - d$$

$$= (\frac{1}{2} \cdot 1500) - (\frac{1}{2} \cdot 400) - 236$$

$$= 314 \text{ mm}$$

$$U_u = (P/A) \cdot A_{arsir}$$

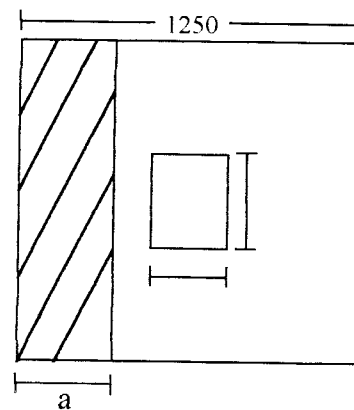
$$= 20,673 \cdot 0,314 \cdot 1,5$$

$$= 9,737 \text{ t}$$

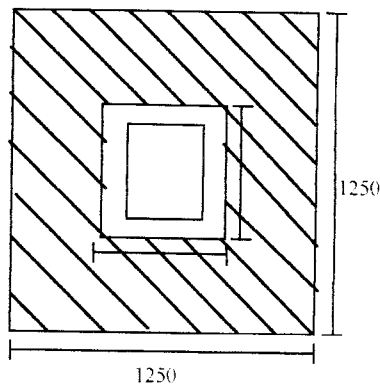
$$U_c = \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d / 6$$

$$= \sqrt{35} \cdot 1500 \cdot 236 \cdot 10^{-4} / 6 = 34,905 \text{ t}$$

$$\phi U_c = 0,6 \cdot 34,905 = 20,943 \text{ t} > U_u$$



##### b. Gaya geser pondasi



$$\beta = \frac{500}{400} = 1,25$$

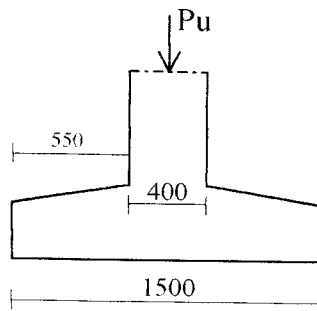
$$\begin{aligned} U_c &= (1 + \frac{2}{\beta}) \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d / 6 \\ &= (1 + \frac{2}{1,25}) \sqrt{35} \cdot 1500 \cdot 236 / 6 \\ &= 907526,6 \cdot 10^{-4} = 90,7527 \text{ t} \end{aligned}$$

$$U_u = (P/A) \cdot A_{\text{arsir}}$$

$$= 20,673 (1,5^2 - (0,43 \cdot 0,53)) = 41,803 \text{ t}$$

$$\phi U_c = 0,6 \cdot 90,753 = 54,452 \text{ t} > U_u$$

### 5. Perencanaan penulangan



$$x = \frac{1}{2} (b - b_k)$$

$$= \frac{1}{2} (1500 - 400) = 550 \text{ mm}$$

$$M_u = \frac{1}{2} (P_u/A) b \cdot x^2$$

$$= \frac{1}{2} 20,673 \cdot 1,5 \cdot 0,55^2 = 4,69 \text{ tm}$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 1,25}{320} \cdot \frac{600}{600 + 320} = 0,0758$$

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

$$= 0,75 \cdot 0,0758 = 0,0568$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/f_y = 1,4/320 = 0,0044$$

$$m = f_y / (0,85 \cdot f'_c) = 320 / (0,85 \cdot 35) = 10,7563$$

$$R_n = M_u / (\phi b \cdot d^2)$$

$$= (4,96 \cdot 10^7) / (0,6 \cdot 1500 \cdot 236^2) = 0,9895$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n \cdot m}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{10,7563} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,9895 \cdot 10,7563}{320}} \right] = 0,003145$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,0044$$

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,0044 \cdot 1500 \cdot 236 = 1557,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{1557,6} = 129,08 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  $D_{16-125 \text{ mm}}$

### 3.6 Perbandingan Dengan Analisis DPU Bina Marga

Dari analisis dan perencanaan di atas didapatkan hasil-hasil perhitungan yang akan dibandingkan dengan hasil perhitungan oleh DPU Bina Marga Prop. Jawa Barat yang menggunakan program komputer.

Perbandingan hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4. Perbandingan hasil perhitungan

No	Hasil perhitungan penulis	Hasil perhitungan dari PU
1	Pelat - Daerah lapangan a. Arah x $D_{16-180}$ b. Arah y $D_{10-100}$ - Daerah tumpuan a. Arah x $D_{16-170}$ b. Arah y $D_{12-100}$ Kerb jembatan - Tulangan pokok $D_{12-250}$ - Tulangan bagi $5D_{10}$ Lantai trotoar - Tulangan pokok $D_{12-250}$ - Tulangan bagi $D_{10-250}$ Plat kantilever - Tulangan pokok $D_{16-200}$ - Tulangan bagi $D_{12-250}$	Pelat - Daerah lapangan a. Arah x $D_{16-150}$ b. Arah y $D_{12-125}$ - Daerah tumpuan a. Arah x $D_{16-300}$ b. Arah y $D_{12-125}$ Kerb jembatan - Tulangan pokok $D_{12-200}$ - Tulangan bagi $5D_{10}$ Lantai trotoar - Tulangan pokok $D_{12-150}$ - Tulangan bagi $D_{10-200}$ Plat kantilever - Tulangan pokok $D_{16-300}$ - Tulangan bagi $D_{12-150}$
2	Gelagar memanjang a. Gelagar 1 - Dimensi 40/20 - Tul. Tumpuan $4D_{19}$ - Tul. Lapangan $3D_{19}$ - Tul. Sengkang $D_{10-170}$ b. Gelagar 2 - Dimensi 40/30 - Tul. Tumpuan $9D_{19}$ - Tul. Lapangan $7D_{19}$ - Tul. Sengkang $D_{10-85}$ c. Gelagar 3 - Dimensi 40/30 - Tul. Tumpuan $12D_{19}$ - Tul. Lapangan $9D_{19}$	Gelagar memanjang a. Gelagar 1 - Dimensi 50/20 - Tul. Tumpuan $5D_{19}$ - Tul. Lapangan $4D_{19}$ - Tul. Sengkang $D_{10-150}$ c. Gelagar 2 - Dimensi 50/30 - Tul. Tumpuan $14D_{19}$ - Tul. Lapangan $10D_{19}$ - Tul. Sengkang $D_{10-150}$ b. Gelagar 3 - Dimensi 50/30 - Tul. Tumpuan $14D_{19}$ - Tul. Lapangan $10D_{19}$

	- Tul. Sengkang D <sub>10-65</sub>	- Tul. Sengkang D <sub>10-150</sub>
3	Gelagar melintang - Dimensi 50/40 - Tul. Tumpuan 3D <sub>22</sub> - Tul. Lapangan 4D <sub>22</sub> - Tul. Sengkang tertutup D <sub>10-180</sub>	Gelagar melintang - Dimensi 50/30 - Tul. Tumpuan 8D <sub>22</sub> - Tul. Lapangan 12D <sub>22</sub> - Tul. Sengkang tertutup D <sub>10-150</sub>
4	Kolom - Dimensi 50/40 - Tul. Pokok 4D <sub>25</sub> - Tul. Sengkang D <sub>10-400</sub>	Kolom - Dimensi 60/50 - Tul. Pokok 5D <sub>25</sub> - Tul. Sengkang D <sub>10-150</sub>
5	Pondasi - Dimensi b = 1500 mm t = 300 mm - Tulangan D <sub>16-125</sub>	Pondasi - Dimensi b = 1500 mm t = 300 mm - Tulangan D <sub>16-150</sub>

Perhitungan dari DPU Bina Marga mengenai gelagar memanjang (2) dan (3) menjadi satu hitungan dipakai faktor beban yang terbesar, sedangkan perhitungan penulis sendiri-sendiri.

Dari hasil perbandingan di atas diperoleh perbedaan-perbedaan hasil perhitungan, hal ini dapat dikarenakan perbedaan pada asumsi pembebanan dan faktor teknik pelaksanaan di lapangan.

## **BAB IV**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **4.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil penulis dari tugas akhir ini adalah:

1. Metode Struktur Jalan Berkonsol sangat cocok untuk pelebaran jalan di daerah tebing cadas.
2. Hasil perhitungan DPU Bina Marga berbeda dengan hasil perhitungan penulis, hal ini dapat dikarenakan perbedaan asumsi pembebanan dan faktor teknik pelaksanaan di lapangan.
3. Secara umum hasil perhitungan manual yang dilakukan oleh penulis lebih ekonomis dibandingkan dengan hasil perhitungan yang dilakukan oleh DPU Bina Marga Prop. Jawa Barat yang menggunakan program komputer.

#### **4.2 Saran**

Saran-saran yang dapat dikemukakan sehubungan dengan penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Menarik untuk diteliti lebih lanjut mengenai gaya perlawanan dari tanah pada bagian gelagar melintang yang berada di atas tanah.
2. Untuk pondasi dangkal sebaiknya menggunakan titik perletakan sendi-sendi, karena pondasi dangkal dianggap tidak dapat menahan momen.
3. Dengan adanya Metode Struktur Jalan Berkonsol ini, diharapkan dapat dikembangkan dan diterapkan di seluruh Indonesia, khususnya di daerah tebing.



## PENUTUP

Alhamdulillah wa syukurulillah, hanya dengan Rahmat dan Hidayah Allah SWT penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Pelebaran Jalan Di Daerah Tebing Cadas Dengan Menggunakan Metode Struktur Jalan Berkonsol ini dengan baik dan penuh perjuangan.

Masih banyak lagi hal-hal yang harus dibahas dan diketahui, bukan hanya disiplin ilmu teknik sipil saja, tetapi juga dari berbagai disiplin ilmu lain yang memerlukan kerja sama antar berbagai disiplin ilmu. Tugas akhir ini hanya terbatas pada hal-hal yang penyusun ketahui, sehingga sangat disadari bahwa tugas akhir ini jauh dari sempurna seperti yang diharapkan.

Kritik dan saran sangat penyusun harapkan demi menuju kesempurnaan. Penyusun berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya khususnya bagi penyusun sendiri.

Akhir kata tidak lupa penyusun mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan ini. Semoga segala amal baiknya mendapat balasan yang setara dari Allah SWT, Amien.

Shodakallahuladzim.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dept. PU, 1991, ***SK – SNI T – 15 – 1991 – 03***, Yayasan penerbit PU.
- Dept. PU, 1987, ***PEDOMAN PERENCANAAN PEMBEBANAN JEMBATAN JALAN RAYA***, Yayasan penerbit PU.
- Direktorat Jendral Bina Marga, Maret 1976, ***PERATURAN PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN RAYA No.13/1970***, Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Eno Sumarna A, 1997, ***KONSTRUKSI JALAN BERKONSOL***, Sub. Din. Bina Program DPU Bina Marga Prop. Jawa Barat.
- Istimawan D, 1994, ***STRUKTUR BETON BERTULANG***, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kadir Aboe, 1997, ***BAHAN KULIAH STRUKTUR BETON I***, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- L. Wahyudi & Syahril A. Rahim, 1997, ***STRUKTUR BETON BERTULANG STANDART BARU SNI – T – 15 – 1991 – 03***, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Murdiati Munandar, ***PENGANTAR STUDY GEMPA***, Perpustakaan Teknik Sipil UII, Yogyakarta.
- Soemadiono, September 1967, ***MEKANIKA TEKNIK KONSTRUKSI STATIS TAK TENTU JILID I***, Penerbit Dept. Pendidikan Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

W. C. Vis & R. Sagel, 1987, **PERHITUNGAN PERENCANAAN SEDERHANA UNTUK BETON BERTULANG**, Penerbit STUVO/VNC, 'S-Hertogenbosch, Nederland.

\_\_\_\_\_, April 1997, **KONSTRUKSI JALAN BERKONSOL JAWABAN BAGI CADAS PANGERAN**, Majalah Konstruksi.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Jl. Kalitirang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

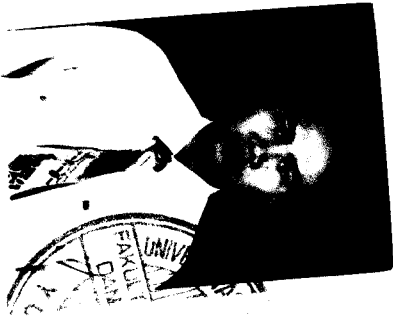
**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi

Dosen Pembimbing I  
Dosen Pembimbing II

1

2



Yogyakarta,  
D e k a n.

*[Handwritten signature]*

25/8/21

# CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
1	16-3-98 20-3-98	1	Informasi mengenai Persepsi Persepsi: Partikel, Partikel, Langgitan, ace. prokate. Persepsi: NO 98, ant red, signatur, bus, anis, lerkant	Sus Sus K. Sus
2	27-5-98	1		K. Sus
3	11-4-98	2		K. Sus
4	13-6-98			K. Sus
5	15-7-98			Sus Ace setelah pendudukan
6	22-7-98		Ace dapat diturunkan ke Pambuking I	Sus
7	27-7-98	2	Informasi mengenai Persepsi: Partikel, Partikel, Langgitan, ace. prokate. Persepsi: NO 98, ant red, signatur, bus, anis, lerkant	Sus Ace setelah pendudukan
8	1-8-98	3	Informasi mengenai Persepsi: Partikel, Partikel, Langgitan, ace. prokate. Persepsi: NO 98, ant red, signatur, bus, anis, lerkant	Sus Ace setelah pendudukan

## **LAMPIRAN 1**

MICROFEAP-P1

DATE: 07-21-1998

<DATA> P.1

PROJECT : tugas akhir

FILENAME: POSISI1

AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

ENGINEER: IR. FIKRI

```

*****
*
*  STRUCTURE DATA  *
*
*****

```

**COORDINATE DATA (M)**			**BOUNDARY DATA**		
NODE	1-COOR	2-COOR	1-B	2-B	3-B
1	0.00	0.00	L	L	F
2	1.50	0.00	L	L	F
3	3.50	0.00	L	L	F

**ELEMENT DATA**				
ELEM	1-NODE	2-NODE	HINGE	MATERIAL
1	1	2		1
2	2	3		1

**MATERIAL DATA**			
MATE	E-MODULUS (TON/M <sup>2</sup> )	AXIAL-AREA (M <sup>2</sup> )	INERTIA (M <sup>4</sup> )
1	2.800D+08	3.500D-01	1.300E-08

LOAD CASE #1 : BEBAN MERATA DAN BEBAN TITIK

**CONCENTRATED LOAD DATA**			
ELEM	1-POINT L. (TON)	2-POINT L. (TON)	DISTANCE (M)
1	0.000D+00	-1.600D+01	2.500D-01
2	0.000D+00	-1.600D+01	5.000D-01

LOAD CASE #1 : BEBAN MERATA DAN BEBAN TITIK

**UNIFORM LOAD DATA**		
ELEM	1-UNIFORM (TON/M)	2-UNIFORM (TON/M)
1	0.000D+00	-8.928D-01
2	0.000D+00	-8.928D-01

**MICROFEAP - P1**

DATE: 07-21-1998

<COMB> P.1

PROJECT : tugas akhir

FILENAME: POSIS11

AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

ENGINEER: IR. FIKRI

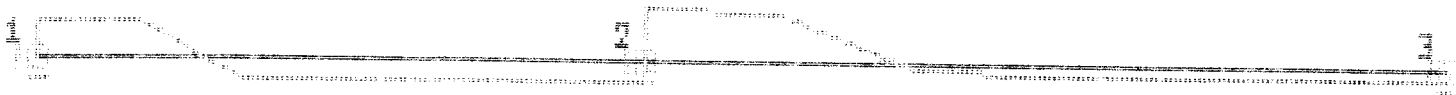
\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* COMBINATION \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

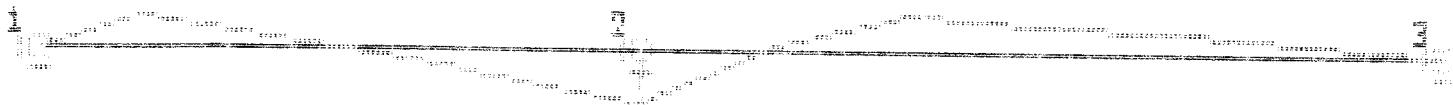
LOAD FACTOR : 1

ELEM	MA	HINGE SECTION (M)	AXIAL F. (TON)	SHEAR (TON)	MOMENT (TON-M)
1	1	0.00	0.0000D+00	1.1200D+01	-1.1921D-07
		0.25	0.0000D+00	1.0982D+01	3.7735D+00
		0.50	0.0000D+00	-5.2408D+00	1.4912D+00
		0.75	0.0000D+00	-5.4640D+00	1.5308D-01
		1.00	0.0000D+00	-5.6273D+00	-1.2408D+00
		1.25	0.0000D+00	-5.9104D+00	-2.8905D+00
		1.50	0.0000D+00	-6.1386D+00	-4.1960D+00 ✓
2	1	0.00	0.0000D+00	1.4951D+01	-4.1960D+00
		0.33	0.0000D+00	1.4698D+01	7.5131D-01
		0.67	0.0000D+00	-1.6044D+00	2.9825D+00 ✓
		1.00	0.0000D+00	-1.9026D+00	3.3484D+00
		1.33	0.0000D+00	-2.1996D+00	1.6648D+00
		1.67	0.0000D+00	-2.4972D+00	8.3199D-01
		2.00	0.0000D+00	-2.7948D+00	-6.9407D-06





SHEAR FORCE (k) = 2.12E+010



MOMENT (k) = 6.94E+000

MICROFEAP-P1

DATE: 07-21-1998

<DATA> P.1

PROJECT : TUGAS AKHIR

FILENAME: posisi2

AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

ENGINEER: IR.WAHYU

\*\*\*\*\*
\*
\* STRUCTURE DATA \*
\*
\*\*\*\*\*

\*\*COORDINATE DATA (M)\*\* \*\*BOUNDARY DATA\*\*
NODE 1-COOR 2-COOR 1-B 2-B 3-B
1 0.00 0.00 L L F
2 1.50 0.00 L L F
3 3.50 0.00 L L F

\*\*ELEMENT DATA\*\*
ELEM 1-NODE 2-NODE HINGE MATERIAL
1 1 2 1
2 2 3 1

\*\*MATERIAL DATA\*\*
MATE E-MODULUS AXIAL-AREA INERTIA
(TON/M^2) (M^2) (M^4)
1 0.800D+06 2.500E-01 1.000D-06

LOAD CASE #1 : BEBAN MERATA DAN BEBAN TITIK
\*\*CONCENTRATED LOAD DATA\*\*
ELEM 1-POINT L. 2-POINT L. DISTANCE
(TON) (TON) (M)
1 0.000D+00 -1.500E+01 1.500D-01
1 0.000E+00 -1.000E+01 1.250E+00
2 0.000E+00 -1.000E+01 1.500E+00

LOAD CASE #1 : BEBAN MERATA DAN BEBAN TITIK
\*\*UNIFORM LOAD DATA\*\*
ELEM 1-UNIFORM 2-UNIFORM
(TON/M) (TON/M)
1 0.000E+00 -8.928E-01
2 0.000E+00 -8.928E-01

MICROFEAP-P1

DATE: 07-21-1988

<COMB> P.1

PROJECT : TUGAS AKHIR

FILENAME: posisi2

AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

ENGINEER: IR.WAHYU

```

*****
*
* COMBINATION *
*
*****

```

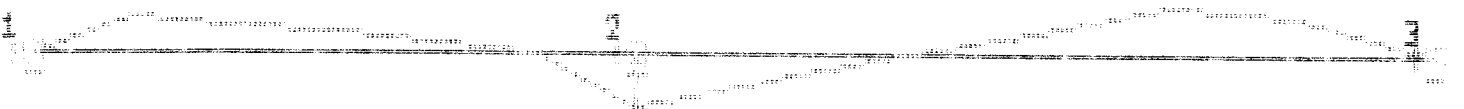
STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (M)	AXIAL F. (TON)	SHEAR (TON)	MOMENT (TON-M)
1	1		0.00	0.0000E+00	1.8571D+01	0.0000D+00
			0.25	0.0000E+00	1.8847D+01	3.5648E+00
			0.50	0.0000E+00	-3.8757D+00	2.8737D+00
			0.75	0.0000E+00	-3.9888D+00	1.9089D+00
			1.00	0.0000E+00	-3.8011D+00	1.1248D+00
			1.25	0.0000E+00	-1.3548E+01	2.8500D+01
			1.50	0.0000E+00	-1.3788E+01	-4.6484D+00
2	1		0.00	0.0000E+00	7.2170D+00	-4.6484D+00 ✓
			0.33	0.0000E+00	8.9194D+00	-2.2903D+00
			0.67	0.0000E+00	8.6018D+00	-3.5476D+00
			1.00	0.0000E+00	8.3242D+00	2.1225D+00
			1.33	0.0000E+00	8.0288D+00	-4.1807D+00 ✓
			1.67	0.0000E+00	-1.0271D+01	3.4738D+00
			2.00	0.0000E+00	-1.0563D+01	2.6800D+00



SHEAR FORCE (  $1 = 2.80E+01$  )



MOMENT (  $1 = 6.48E+00$  )

**MICROFEAP - P1**  
 PROJECT : TUGAS AKHIR  
 AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

DATE: 07-21-1998

<DATA> P.1  
 FILENAME: posisi  
 ENGINEER: VIK&DANI

\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* **STRUCTURE DATA** \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

**COORDINATE DATA (M)**			**BOUNDARY DATA**		
NODE	1-COOR	2-COOR	1-B	2-B	3-B
1	0.00	0.00	L	L	F
2	1.50	0.00	L	L	F
3	3.50	0.00	L	L	F

**ELEMENT DATA**				
ELEM	1-NODE	2-NODE	HINGE	MATERIAL
1	1	2		1
2	2	3		1

**MATERIAL DATA**			
MATE	E-MODULUS (TON/M <sup>2</sup> )	AXIAL-AREA (M <sup>2</sup> )	INERTIA (M <sup>4</sup> )
1	2.300E+06	2.500E-01	1.800E-08

LOAD CASE #1 : BEBAN MERATA DAN BEBAN TITIK

**CONCENTRATED LOAD DATA**			
ELEM	1-POINT L. (TON)	2-POINT L. (TON)	DISTANCE (M)
1	0.000E+00	-1.800E+01	5.500E-01
2	0.000E+00	-1.600E+01	5.000E-02
3	0.000E+00	-1.200E+01	1.800E+00

LOAD CASE #1 : BEBAN MERATA DAN BEBAN TITIK

**UNIFORM LOAD DATA**		
ELEM	1-UNIFORM (TON/M)	2-UNIFORM (TON/M)
ALL	0.000E+00	-8.328E-01

**MICROFEAP - P1**  
 PROJECT : TUGAS AKHIR  
 AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

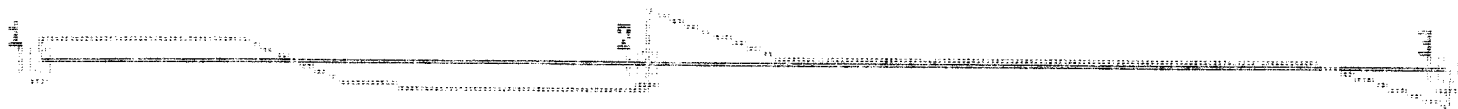
DATE: 07-21-1998

<COMB> P.1  
 FILENAME: posisi  
 ENGINEER: VIK&DANI

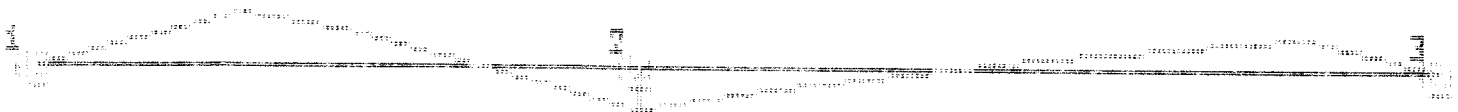
\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* **COMBINATION** \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>  
 LOAD FACTOR : 1

ELEM	MA	HINGE SECTION (M)	AXIAL F. (TON)	SHEAR (TON)	MOMENT (TON-M)
1	1	0.00	0.0000D+00	8.5781D+00	-1.1931D-07
		0.25	0.0000D+00	8.8529D+00	2.1161E+00
		0.50	0.0000D+00	8.1297D+00	4.1765D+00 ✓
		0.75	0.0000D+00	-8.0985D+00	2.9810D+00
		1.00	0.0000D+00	-8.3187D+00	9.2975D-01
		1.25	0.0000D+00	-8.8899D+00	-1.1773D+00
		1.50	0.0000D+00	-8.7631D+00	-8.8402D+00
2	1	0.00	0.0000D+00	1.9783D+01	-8.8402D+00 ✓
		0.33	0.0000D+00	8.4853D+00	-1.3355D+00
		0.67	0.0000D+00	8.1277D+00	-2.3998D-01
		1.00	0.0000D+00	2.8701D+00	7.7631D-01
		1.33	0.0000D+00	2.5725D+00	1.6834D+00
		1.67	0.0000D+00	2.2743D+00	2.4913D+00
		2.00	0.0000D+00	-1.4025D+01	4.6566D-08



SHEAR FORCE (L) = 2.80E+01



MOMENT (L) = 5.91E+00

MICROFEAP-P1

DATE: 07-21-1998

<DATA> P.1

PROJECT : TUGAS AKHIR

FILENAME: posisi4

AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

ENGINEER: VIK & WAHYU

\*\*\*\*\*
\*
\* STRUCTURE DATA \*
\*
\*\*\*\*\*

\*\*COORDINATE DATA (M)\*\* \*\*BOUNDARY DATA\*\*
NODE 1-COOR 2-COOR 1-B 2-B 3-B
1 0.00 0.00 L L F
2 1.50 0.00 L L F
3 3.50 0.00 L L F

\*\*ELEMENT DATA\*\*
ELEM 1-NODE 2-NODE HINGE MATERIAL
1 1 2 1
2 2 3 1

\*\*MATERIAL DATA\*\*
MATE E-MODULUS AXIAL-AREA INERTIA
(TON/M^2) (M^2) (M^4)
1 2.800D+06 2.500D-01 1.300D-03

LOAD CASE #1 : BEBAN MERATA DAN BEBAN TITIK
\*\*CONCENTRATED LOAD DATA\*\*
ELEM 1-POINT L. 2-POINT L. DISTANCE
(TON) (TON) (M)
1 0.000D+00 -1.800D+01 7.500D-01
2 0.000D+00 -1.800D+01 1.000D+00

LOAD CASE #1 : BEBAN MERATA DAN BEBAN TITIK
\*\*UNIFORM LOAD DATA\*\*
ELEM 1-UNIFORM 2-UNIFORM
(TON/M) (TON/M)
1 0.000D+00 -8.928D-01
2 0.000D+00 -8.928D-01



**MICROFEAP-P1**  
 PROJECT : TUGAS AKHIR  
 AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

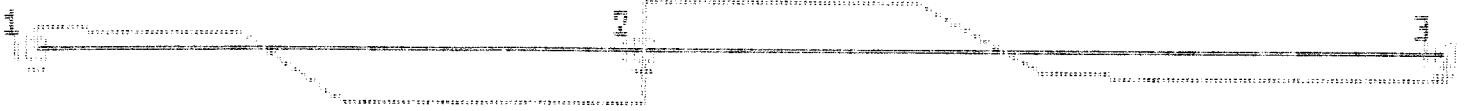
DATE: 07-21-1998

<COMB> P.1  
 FILENAME: posisi4  
 ENGINEER: VIK & WAHYU

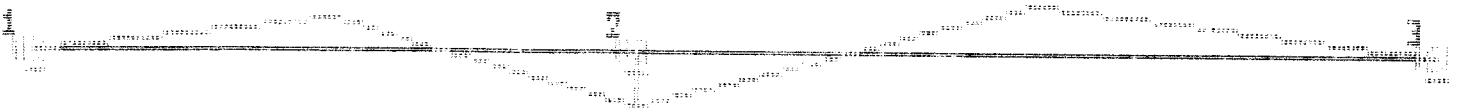
\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* **COMBINATION** \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>  
 LOAD FACTOR : 1

ELEM	MA	HINGE SECTION (M)	AXIAL F. (TON)	SHEAR (TON)	MOMENT (TON-M)
1	1	0.00	0.0000D+00	4.8584D+00	-1.1921D-07
		0.25	0.0000D+00	4.8382D+00	1.1863D+00
		0.50	0.0000D+00	4.4100D+00	2.3166D+00
		0.75	0.0000D+00	-1.1816D+01	3.3912D+00
		1.00	0.0000D+00	-1.2038D+01	4.0997D-01
		1.25	0.0000D+00	-1.2280D+01	-2.6270D+00
		1.50	0.0000D+00	-1.2483D+01	-5.7198D+00
2	1	0.00	0.0000D+00	1.1738D+01	-5.7198D+00
		0.33	0.0000D+00	1.1455D+01	-1.3519D+00
		0.67	0.0000D+00	1.1158D+01	1.9169D+00
		1.00	0.0000D+00	-5.1401D+00	5.5865D+00
		1.33	0.0000D+00	-5.4877D+00	3.8235D+00
		1.67	0.0000D+00	-5.7853D+00	1.9614D+00
		2.00	0.0000D+00	-6.0829D+00	-2.0562D-07



SHEAR FORCE ( $L = 1.77E+01$ )



MOMENT ( $L = 8.10E+00$ )

## **LAMPIRAN 2**

=====

**MICROFEAP-P1**

PROJECT : TUGAS AKHIR

AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

=====

DATE: 06-28-1978

<DATA> P.1

FILENAME: qelagar

ENGINEER: IR.WAHYU

=====

\*\*\*\*\*

\*  
\* **STRUCTURE DATA** \*  
\*  
\*\*\*\*\*

**\*\*COORDINATE DATA (M)\*\***                      **\*\*BOUNDARY DATA\*\***

NODE	1-COOR	2-COOR	1-B	2-B	3-B
1	0.00	0.00	L	L	L
2	5.00	0.00	L	L	L

**\*\*ELEMENT DATA\*\***

ELEM	1-NODE	2-NODE	HINGE	MATERIAL
1	1	2		1

**\*\*MATERIAL DATA\*\***

MATE	E-MODULUS (TON/M <sup>2</sup> )	AXIAL-AREA (M <sup>2</sup> )	INERTIA (M <sup>4</sup> )
1	2.800D+06	8.000D-02	1.067D-07

LOAD CASE #1 : BEBAN ULTIMIT TOTAL - 1

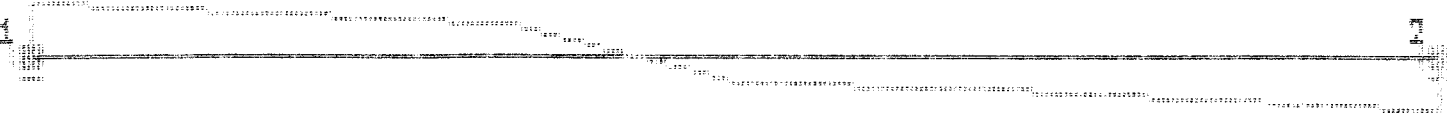
**\*\*CONCENTRATED LOAD DATA\*\***

ELEM	1-POINT L. (TON)	2-POINT L. (TON)	DISTANCE (M)
1	0.000D+00	-7.142D+00	2.500D+00

LOAD CASE #1 : BEBAN ULTIMIT TOTAL - 1

**\*\*UNIFORM LOAD DATA\*\***

ELEM	1-UNIFORM (TON/M)	2-UNIFORM (TON/M)
1	0.000D+00	-1.720D+00



SHEAR FORCE (L) = 1.11E+01



MOMENT (L) = 1.14E+01

```

=====
MICROFEAP-P1                DATE: 06-28-1998                <DATA> P.1
PROJECT : TUGAS AKHIR                FILENAME: geladar2
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986                ENGINEER: IR.WAHYU
=====

```

```

*****
*
*  STRUCTURE DATA  *
*
*****

```

```

**COORDINATE DATA (M)**                **BOUNDARY DATA**
NODE      1-COOR      2-COOR      1-B      2-B      3-B
-----
1          0.00          0.00          L          L          L
2          5.00          0.00          L          L          L

```

```

**ELEMENT DATA**
ELFM      1-NODE      2-NODE      HINGE      MATERIAL
-----
1          1          2          1          1

```

```

**MATERIAL DATA**
MATE      E-MODULUS AXIAL AREA      INERTIA
          (TON/M^2)      (M^2)      (M^4)
-----
1      1.800D+08      1.200D-01      1.800D-07

```

```


LOAD CASE #1 : BEBAN ULTIMIT TOTAL - 2
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM      1-POINT L.      2-POINT L.      DISTANCE
          (TON)      (TON)      (M)
-----
1      0.000D+00      -1.587D+01      2.500D+00

```

```

LOAD CASE #1 : BEBAN ULTIMIT TOTAL - 2
**UNIFORM LOAD DATA**
ELFM      1-UNIFORM      2-UNIFORM
          (TON/M)      (TON/M)
-----
1      0.000D+00      -4.095D+00

```



SHEAR FORCE (k) = 2.63E+01



MOMENT (k) = 2.68E+01

```

=====
MICROFEAP-P1                      DATE: 06-28-1998                      <DATA> P.1
PROJECT : TUGAS AKHIR
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986          ENGINEER: IR.WAHYU
=====

```

```

*****
*
*  STRUCTURE DATA  *
*
*****

```

\*\*COORDINATE DATA (M)\*\*                      \*\*BOUNDARY DATA\*\*

NODE	1-COOR	2-COOR	1-B	2-B	3-B
1	0.00	0.00	L	L	L
2	5.00	0.00	L	L	L

\*\*ELEMENT DATA\*\*

ELFM	1-NODE	2-NODE	HINGE	MATERIAL
1	1	2		1

\*\*MATERIAL DATA\*\*

MAT#	E-MODULUS (TON/M <sup>2</sup> )	AXIAL-AREA (M <sup>2</sup> )	INERTIA (M <sup>4</sup> )
1	2.800D+06	1.200D-01	1.600D-03

LOAD CASE #1 : BEBAN ULTIMIT TOTAL - 3

\*\*CONCENTRATED LOAD DATA\*\*

ELEM	1-POINT L. (TON)	2-POINT L. (TON)	DISTANCE (M)
1	0.000D+00	-1.905D+01	2.500D+00

LOAD CASE #1 : BEBAN ULTIMIT TOTAL - 3

\*\*UNIFORM LOAD DATA\*\*

ELFM	1-UNIFORM (TON/M)	2-UNIFORM (TON/M)
1	0.000D+00	-5.382D+00



```

=====
MICROFEAP-P1                DATE: 06-28-1998                <COMB> P.1
PROJECT : TUGAS AKHIR                FILENAME: gelaqar1
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986                ENGINEER: IR.WAHYU
=====

```

```

*****
*
* COMBINATION *
*
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 1

ELEM	MA HINGE	SFCTION (M)	AXIAL F. (TON)	SHEAR (TON)	MOMENT (TON-M)
1	1	0.00	0.00000D+00	7.8702D+00 ✓	-8.0465D+00 ✓
		0.87	0.00000D+00	6.4072D+00	-2.0851D+00
		1.67	0.00000D+00	5.0042D+00	2.6822D+00
		2.50	0.00000D+00	-3.5713D+00	6.2552D+00 ✓
		3.33	0.00000D+00	-5.0042D+00	2.6822D+00
		4.17	0.00000D+00	-6.4072D+00	-2.0851D+00
		5.00	0.00000D+00	-7.8702D+00	-8.0465D+00

```

=====
MICROFEAP-P1                DATE: 06-28-1998                <COMB> P.1
PROJECT : TUGAS AKHIR                FILENAME: gelaqar2
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986                ENGINEER: IR.WAHYU
=====

```

```

*****
*
* COMBINATION *
*
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 1

ELEM	MA HINGE	SFCTION (M)	AXIAL F. (TON)	SHEAR (TON)	MOMENT (TON-M)
1	1	0.00	0.00000D+00	1.8571D+01 ✓	-1.8947D+01 ✓
		0.87	0.00000D+00	1.5158E+01	-4.8739D+00
		1.67	0.00000D+00	1.1745D+01	6.3158D+00
		2.50	0.00000D+00	-8.3028D+00	1.4662D+01 ✓
		3.33	0.00000D+00	-1.1745D+01	6.3158D+00
		4.17	0.00000D+00	-1.5158D+01	-4.8739D+00
		5.00	0.00000D+00	-1.8571D+01	-1.8947D+01

```

=====
MICROFEAP-P1                DATE: 06-28-1998                <COMB> P.1
PROJECT : TUGAS AKHIR                FILENAME: gelagar3
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986                ENGINEER: IR.WAHYU
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION                 *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>  
LOAD FACTOR : 1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (M)	AXIAL F. (TON)	SHEAR (TON)	MOMENT (TON-M)
1	1		0.00	0.00000D+00	2.3002D+01	-2.3137D+01
			0.83	0.00000D+00	1.8509D+01	-5.8401D+00
			1.67	0.00000D+00	1.4016D+01	7.7122D+00
			2.50	0.00000D+00	-9.5232D+00	1.7520D+01
			3.33	0.00000D+00	-1.4016D+01	7.7122D+00
			4.17	0.00000D+00	-1.8509D+01	-5.8401D+00
			5.00	0.00000D+00	-2.3002D+01	-2.3137D+01

## **LAMPIRAN 3**

```

=====
MICROFEAP--P1                DATE: 07-21-1998                <DATA> P.1
PROJECT : portal melintang    FILENAME: portal
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986    ENGINEER: vic&dany
=====

```

```

*****
*                               *
*   STRUCTURE DATA   *
*                               *
*****

```

```

**COORDINATE DATA (m)**          **BOUNDARY DATA**
NODE      1-COOR      2-COOR      1-B      2-B      3-B
-----
1         0.00        8.00        L        L        F
2         3.50        8.00
3         4.50        8.00
4         3.50        0.00        L        L        F

```

```

**ELEMENT DATA**
ELEM      1-NODE      2-NODE      HINGE      MATERIAL
-----
1         1           2           1           1
2         2           3           1           1
3         2           4           1           1

```

```

**MATERIAL DATA**
MATE      E-MODULUS      AXIAL-AREA      INERTIA
          (ton/m^2)      (m^2)          (m^4)
-----
1      2.800D+06      2.000E-01      4.170D-03

```

```

LOAD CASE #1 : beban tetap
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM      1-POINT L.      2-POINT L.      DISTANCE
          (ton)          (ton)          (m)
-----
1      0.000D+00      -1.025D-01      0.000D+00
1      0.000D+00      -2.458D+01      1.500D+00
1      0.000D+00      -3.084D+01      3.500D+00

```

```

LOAD CASE #1 : beban tetap
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM      1-UNIFORM      2-UNIFORM
          (ton/m)      (ton/m)
-----
1      0.000D+00      -3.000E-01
2      0.000D+00      -3.000E-01

```

**MICROFEAP-P1**  
 PROJECT : portal melintang  
 AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

DATE: 07-21-1998

<COMB> P.1  
 FILENAME: portal  
 ENGINEER: vic&danv

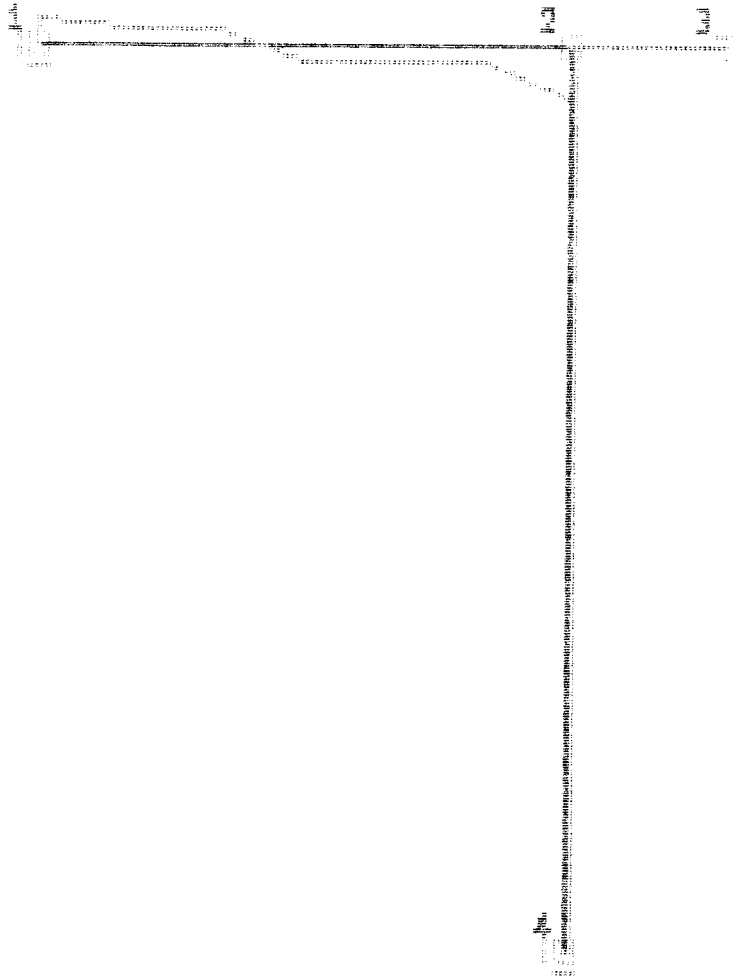
\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* **COMBINATION** \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 1

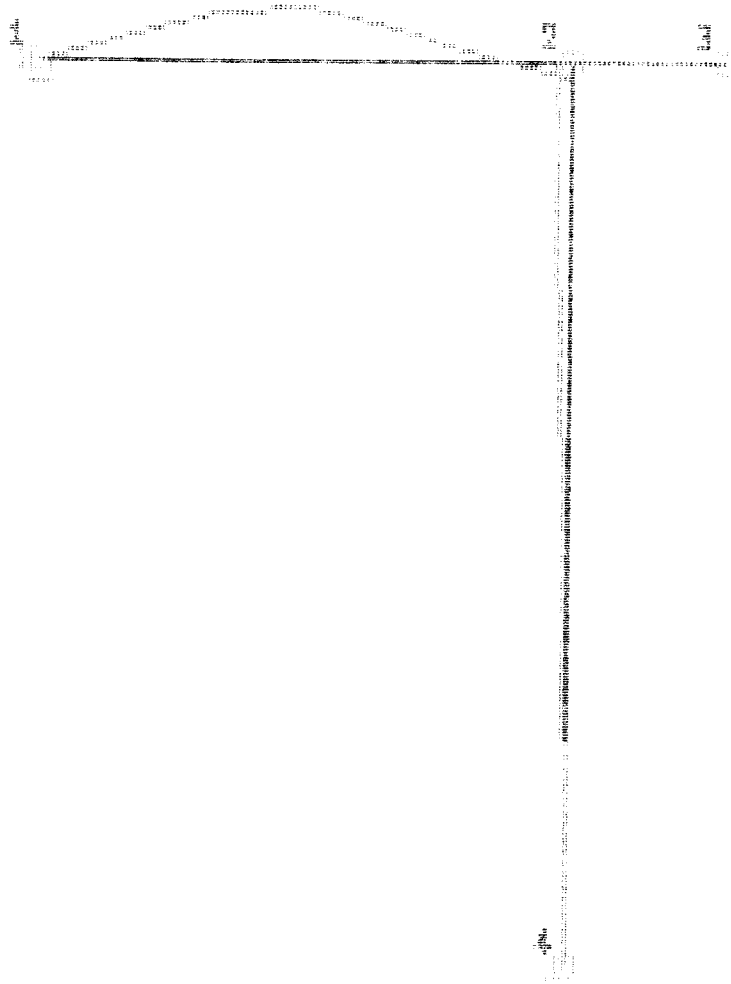
ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	AXIAL F. (ton)	SHEAR (ton)	MOMENT (ton-m)
1	1		0.00	-8.6076D-01	2.3308D+01	5.6624D-07
			0.58	-8.6076D-01	1.2879D+01	7.5038D+00
			1.17	-8.6076D-01	1.2704D+01	1.5025D+01
			1.75	-8.6076D-01	-1.2064D+01	1.6239D+01
			2.33	-8.6076D-01	-1.3229D+01	9.1568D+00
			2.92	-8.6076D-01	-1.2404D+01	1.3722D+00
			3.50	-8.6076D-01	-4.3214D+01	-5.3148D+00
2	1		0.00	0.0000D+00	3.0000D-01	-1.5000D-01
			0.17	0.0000D+00	2.5000D-01	-1.0417D-01
			0.33	0.0000D+00	2.0000D-01	-6.6666D-02
			0.50	0.0000D+00	1.5000D-01	-3.7500D-02
			0.67	0.0000D+00	9.9998D-02	-1.6668D-02
			0.83	0.0000D+00	4.9998D-02	-4.1668D-03
			1.00	0.0000D+00	-2.2946D-06	-2.2892D-06
3	1		0.00	-4.3514D+01	8.6076D-01	-5.1648D+00
			1.00	-4.3514D+01	8.6076D-01	-4.3038D+00
			2.00	-4.3514D+01	8.6076D-01	-3.4430D+00
			3.00	-4.3514D+01	8.6076D-01	-2.5823D+00
			4.00	-4.3514D+01	8.6076D-01	-1.7215D+00
			5.00	-4.3514D+01	8.6076D-01	-8.6076D-01
			6.00	-4.3514D+01	8.6076D-01	0.0000D+00

SHEAR FORCE  $V = 0.12E + 0.10$



MOMENT

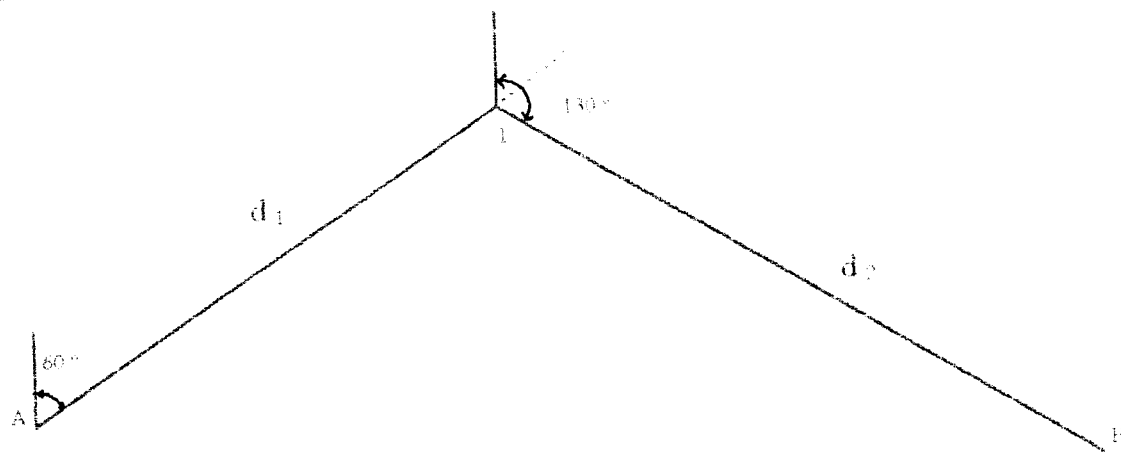
CL = 2.38E+01



## **LAMPIRAN 4**



## Rencana Trase Lengkung horisontal



### Perhitungan Koordinat

Diketahui : - koordinat titik A ( 750 , 450 )

$$- d_1 = 270 \text{ m} \quad \alpha_{AI} = 70^\circ$$

$$- d_2 = 360 \text{ m} \quad \alpha_{IB} = 130^\circ$$

Titik I

$$X_I = X_A + d_1 \sin \alpha_{AI}$$

$$= 750 + 270 \sin 70^\circ = 958,951$$

$$Y_I = Y_A + d_1 \cos \alpha_{AI}$$

$$= 450 + 270 \cos 70^\circ = 620,996$$

Titik B

$$X_B = X_I + d_2 \sin \alpha_{IB}$$

$$= 958,951 + 360 \sin 130^\circ = 624,113$$

$$Y_B = Y_I + d_2 \cos \alpha_{IB}$$

$$= 620,996 + 360 \cos 130^\circ = 488,771$$

### Stasioning Titik - Titik Penting

1. Titik A  $\longrightarrow$  Sta = 24 + 000
2. Titik TS  $\longrightarrow$  Sta = Sta A +  $d_1$  - Tt  
 $= 24 + 000 + 270 - 184,92 = 24 + 85,08$
3. Titik SC  $\longrightarrow$  Sta = TS + LS  
 $= 24 + 85,08 + 80 = 24 + 165,08$
4. Titik CS  $\longrightarrow$  Sta = SC + LC  
 $= 24 + 165,08 + 181,71 = 24 + 346,79$
5. Titik ST  $\longrightarrow$  Sta = CS + LS  
 $= 24 + 346,79 + 80 = 24 + 426,79$
6. Titik B  $\longrightarrow$  Sta = ST +  $d_2$  - Tt  
 $= 24 + 426,79 + 360 - 184,92 = 24 + 601,87$

### Perhitungan Tikungan

Data tikungan :  $\Delta = 60^\circ$

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$R_{\text{min}} = 210 \text{ m}, \text{ dipakai } R = 250 \text{ m}$$

$$L_{s_{\text{min}}} = 70 \text{ m}$$

$$f_m = 0,14$$

$$e + f_m = \frac{V^2}{127 R}$$

$$e + 0,14 = \frac{80^2}{127 \cdot 250} \longrightarrow e = 0,0615$$

Cek pada rumus Modified Short Formula :

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{C \cdot R} - 2,727 \frac{V \cdot e}{C}$$

$$L_s = 0,022 \frac{80^3}{0,4 \cdot 250} - 2,727 \frac{80 \cdot 0,0615}{0,4} = 79,098 \text{ m} \approx 80 \text{ m}$$

Jadi  $L_s > L_{s_{\text{min}}} = 70 \text{ m}$ , maka dipakai  $L_s = 80 \text{ m}$

$$\theta_s = \frac{28,648}{R} \cdot L_s = \frac{28,648}{250} \cdot 80 = 9,1674 = 9^\circ 10' 2,64''$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s = 60 - 2 \cdot 9^\circ 10' 2,64'' = 41^\circ 39' 54''$$

$$L_c = \frac{2\pi \cdot \Delta_c \cdot R}{360} = \frac{2\pi \cdot 41^\circ 39' 54'' \cdot 250}{360} = 181,71 \text{ m}$$

Karena  $L_c > 20 \text{ m}$ , maka dipakai lengkung **Spiral – Circle – Spiral**

$$D = \frac{1432,2}{R} = \frac{1432,2}{250} = 5,7296^\circ$$

$$L = 2L_s + L_c = 2 \cdot 80 + 181,71 = 341,71 \text{ m}$$

$$P = \frac{L_s^3}{6R} = R(1 - \cos \theta_s)$$

$$P = \frac{80^3}{6 \cdot 250} = 250(1 - \cos 9^\circ 10' 2,64'') = 1,0657 \text{ m}$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R^2} = R \sin \theta_s$$

$$k = 80 - \frac{80^3}{40 \cdot 250^2} = 250 \sin 9^\circ 10' 2,64'' = 39,9659 \text{ m}$$

$$Tt = (R + P) \operatorname{Tg} \frac{1}{2} \Delta + K$$

$$Tt = (250 + 1,0657) \operatorname{Tg} 30^\circ + 39,9659 = 184,91875 \text{ m}$$

$$Et = \frac{(R + P)}{\operatorname{Cos} \frac{1}{2} \Delta} = R$$

$$Et = \frac{(250 + 1,0657)}{\operatorname{Cos} \frac{1}{2} 60} = 250 = 39,906 \text{ m}$$

Kontrol  $L_s < Tt$  \_\_\_\_\_,  $80 \text{ m} < 184,91875 \text{ m}$  (ok)