

TINJAUAN TULANGAN PLAT BETON PADA JEMBATAN BETON SEI SARAF DATUK BANDAR KOTA TANJUNG BALAI

Amir Hamzah
Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Asahan

ABSTRAK

Plat lantai merupakan bagian dari suatu konstruksi jembatan yang letaknya dibagian atas jembatan. Adapun dalam membangun jembatan perlu kiranya juga direncanakan plat lantai agar didapat ukuran yang sesuai dan tahan terhadap beban-beban yang bekerja di atasnya, sehingga di dapat suatu plat lantai yang aman dan kokoh untuk jembatan tersebut. Dari hasil evaluasi plat lantai jembatan yang diperoleh, tebal plat berdasarkan perencanaan untuk menahan pons yang diperoleh adalah sebesar 200 mm atau sama dengan 20 cm. Untuk tulangan tumpuan dari hasil perhitungan didapat diameter tulangan $\varnothing 12 - 200 \text{ mm}$, sedangkan dilapangan menggunakan tulangan $\varnothing 12 - 200 \text{ mm}$, plat cukup aman. Untuk tulangan lapangan dari hasil perhitungan didapat $\varnothing 2 \times 12 - 300 \text{ mm}$ sedangkan dilapangan menggunakan tulangan $\varnothing 2 \times 12 - 300 \text{ mm}$, plat cukup aman. Selanjutnya untuk tulangan pembagi dari hasil perhitungan didapat $\varnothing 12 - 200 \text{ mm}$, sedangkan dilapangan menggunakan tulangan $\varnothing 12 - 200 \text{ mm}$, plat cukup aman.

Kata kunci : jembatan, plat lantai, konstruksi

1. PENDAHULUAN

Plat lantai merupakan bagian dari suatu konstruksi jembatan yang letaknya dibagian atas jembatan. Adapun dalam membangun jembatan perlu kiranya juga direncanakan plat lantai agar didapat ukuran yang sesuai dan tahan terhadap beban-beban yang bekerja di atasnya, sehingga dapat suatu plat lantai yang aman dan kokoh untuk jembatan tersebut.

Penulis melakukan suatu tinjauan plat lantai jembatan pada Jembatan Beton Sei Saraf Lingk. VI Kel. Selat Tanjung Medan Kec. Datuk Bandar Kota Tanjungbalai untuk membandingkan hasil perhitungan yang penulis lakukan dengan hasil yang ada dilapangan.

Plat lantai beton bertulang dianggap lantai dengan tulangan satu arah, direncanakan dengan mengikuti kaidah struktur, yaitu menghitung momen lentur dengan mengikuti sifat balok dengan banyak perletakan. Pembebanan yang diperhitungkan adalah berat sendiri lantai beton bertulang (beban mati), berat aspal, beban "T". Disamping akibat momen lentur, juga harus diperiksa adalah besar

pons pada plat lantai akibat tekanan roda kendaraan.

Perkembangan muatan atau beban kendaraan pada saat ini, menyebabkan pemerintah mengeluarkan suatu standar pembebanan untuk jembatan yang dituangkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI), Standar pembebanan untuk jembatan tertuang dalam RSNI T-02-2005, dimana standar pembebanan untuk jembatan ini melengkapi standar atau peraturan pembebanan yang telah ada.

Berdasarkan hal diatas, penulis mengevaluasi atau merencanakan kembali plat lantai Jembatan Beton Sei Saraf Lingk. VI Kel. Selat Tanjung Medan Kec. Datuk Bandar Kota Tanjungbalai berdasarkan peraturan yang ada pada RSNI T-02-2005, sehingga dari hasil evaluasi dapat dibandingkan hasil penulangan atau pembebanan berdasarkan peraturan RSNI T-02-2005 dengan hasil penulangan yang ada dilapangan.

2. PEMBAHASAN

Lantai kendaraan adalah jalur lalu lintas dan bagian-bagian pemikul yang

meneruskan beban pada konstruksi utama. Lantai kendaraan ini dapat terdiri dari plat baja atau beton. Pemilihan system lantai kendaraan ini dipengaruhi oleh faktor kualitas permukaan jalan, drainase, berat lantai, lamanya pembuatan dan termasuk pemeliharaannya.

Lantai kendaraan harus mempunyai drainase yang baik untuk meneruskan air secepat mungkin. Biasanya permukaan jalan diberi *crown* (kemiringan). Harus dijaga agar air dan drainase tidak merembes kebagian-bagian yang terbuat dari baja.

Lantai kendaraan umumnya dipikul gelagar-gelagar memanjang yang diletakkan searah dengan bentang jembatan. Gelagar memanjang ini dipikul oleh gelagar-gelagar melintang yang disambungkan atau diletakkan diatas gelagar utama. Adakalanya lantai kendaraan itu langsung dipikul oleh gelagar melintang tanpa memakai gelagar memanjang.

Jembatan dapat dibagi dalam dua bagian utama yaitu bangunan atas jembatan dan bangunan bawah jembatan.

Bangunan atas jembatan

Bangunan atas dari suatu jembatan adalah bagian atas jembatan yang menerima beban dan gaya yang ditimbulkan oleh lalu lintas yang lewat pada jembatan tersebut.

Bangunan atas terdiri dari :

a. Lantai Kendaraan

Lantai kendaraan adalah jalur lalu lintas dan bagian-bagian pemikul yang meneruskan beban pada konstruksi utama.

b. Trotoar

Untuk penghematan, papan trotoar diletakkan sampai plat sayap gelagar induk, (tipe lain, kadang-kadang trotoar dibuat dibagian bawah plat sayap gelagar induk, sehingga aman / terpisah dari lalu lintas namun lebih mahal).

c. Sandaran

Sandaran adalah konstruksi yang berfungsi sebagai pengamanan bagi kendaraan yang melintasnya, serta bagi pejalan kaki yang berjalan diatas trotoar.

Gelagar jembatan, pelat lantai, trotoar dan sandaran merupakan suatu

konstruksi yang kaku sehingga lalu lintas dapat melewati dengan aman.

Bangunan Bawah Jembatan

Bangunan bawah jembatan adalah bangunan yang terletak dibagian bawah jembatan. Bangunan bawah jembatan berguna untuk memikul semua beban yang diberikan oleh bangunan atas jembatan dan akan didistribusikan kebagian dasar pondasi jembatan dan kemudian akan disalurkan ke tanah dasar.

Pondasi jembatan terdiri dari dua macam yaitu : pondasi abutment yang ada di kedua pangkal jembatan, dan pondasi pilar ditengah sungai atau selat, terkadang pondasi pilar ada yang masih terletak didarat, tergantung situasi setempat.

Aksi dan Beban Tetap

a. Beban Mati

Adalah beban yang berasal dari beratsendiri sebagian jembatan yang di tinjau, termasuk segala unsur tambahan tetap, yang dianggap merupakan suatu kesatuan tetap dengannya.

b. Beban Hidup

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri dari atas beban jalur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan satu iring – iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri

Lajur lalu lintas rencana harus mempunyai lebar 2,75 m, disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagi lebar jembatan bisa dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 2.1 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur lalu lintas Rencana (n1)
Satu lajur	4,0-5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5-8,25 11,3-15,0	1 (3) 4
Banyak arah	8,25-11,25	3
	11,3-15,0	4
	15,1-18,75	5
	18,8-22,5	6

Catatan (1) : Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang

Catatan (2) : Lebar lajur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.

Catatan (3) : Lebar minimum yang aman untuk dua lajur kendaraan adalah 6,0 m lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyelinap.

Pembagian Kelas Muatan Jembatan.

a. Kelas Muatan Jembatan.

Jembatan dibagi dalam tiga kelas muatan jembatan yaitu sebagai berikut :

- a). Muatan jembatan kelas I
- b). Muatan jembatan kelas II
- c). Muatan jembatan kelas III

b. Muatan hidup berdasarkan kelas jembatan

Muatan hidup dari masing-masing kelas muatan jembatan diatur sebagai berikut:

- 1) Muatan jembatan kelas I : Dibe-bani dengan beban hidup 100% muatan “T” dan 100% muatan “D”.

- 2) Muatan jembatan kelas II : Dibe-bani dengan beban hidup 70% muatan “T” dan 70% muatan “D”.

- 3) Muatan jembatan kelas III : Dibe-bani dengan beban hidup 50% muatan “T” dan 50% muatan “D”.

c. Bidang kontak kendaraan terhadap Pelat Lantai Kendaraan.

Tabel 1.2. Bidang Kontak Roda Kendaraan Terhadap Lantai Kendaraan

o	Kelas Jembatan	1 = a2 (cm)	1 (cm)	2 (cm)
	Jembatan Kelas I	0	0	2,5
	Jembatan Kelas II	4	5	,75
	Jembatan Kelas III	0	5	,25

Sumber :SKBI 1987

Plat Lantai Kendaraan.

Untuk merencanakan pelat beton betulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan, tetapi juga ukuran dan syarat – syarat tumpuan pada tepi. Syarat – syarat tumpuan menentukan jenis peletakan dan jenis penghubung ditempat tumpuan. Bila plat dapat berotasi beban pada tumpuan, maka plat itu dikatakan “ *ditumpu bebas* “ yang menyatakan sebuah plat tertumpu oleh tembok bata. Bila tumpuan mencegah plat berotasi dan relative sangat kaku terhadap momen puntir, maka plat itu ‘terjepit penuh’ dimana plat itu adalah monolit (menyatu) dengan balok yang tebal.

Selain mencegah atau memungkinkan terjadinya rotasi, tumpuan mungkin dapat atau tidak mengijinkan lendutan. Bila tidak mungkin terjadi lendutan pada tumpuan, yaitu bila tumpuan merupakan sebuah dinding atau balok yang kaku, dikatakan bahwa plat itu “tertumpu kaku “.

Bentang Teoritis Suatu Plat

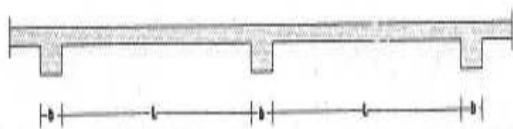
Dalam prehitungan perencanaan plat beton betulang digunakan pengertian bentang teoritis, yang dinyatakan dengan 1. Nilai ini dianggap sama dengan bentang bersih L antara kedua bidang permukaan

tumpuan ditambah dengan setengah panjang perletakan pada setiap ujung (lihat gambar 2.3).

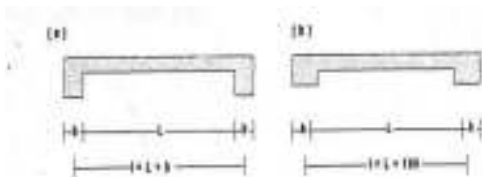
Bila plat terletak di atas komponen struktur yang lain, misalnya sebuah tembok, kekuatan bahan pendukung seperti bata merupakan salah satu faktor yang menentukan panjang perletakan yang diperlukan. Bila perletakan sebuah plat beton merupakan sebuah tembok yang menyatuh sebuah balok beton bertulang atau sebuah tembok yang menyatu (monolit) dengan plat, jelaslah bahwa panjang perletakan ini tidak perlu dihitung. Dalam hal demikian, panjang bentang teoritis 1 bergantung pada lebar balok atau dinding pendukung.

Bila lebar perletakan hampir mendekati, atau kurang dari dua kali tebal keseluruhan pelat bentang teoritis 1 dapat dianggap sama dengan jarak antara pusat kepusat balok – balok (lihat gambar 2.4).

Bila lebar balok lebih dari dua kali tebal keseluruhan plat, dianggap $l = L + 100$ mm (lihat gambar b). Jika perletakan plat beton bertulang dibuat dari bahan yang lain dengan beton bertulang, maka bentang teoritis dapat ditentukan dengan bantuan SKSNI, dimana untuk $l = L + h$ dengan L adalah bentang dan h tebal total pelat.



Gambar 1.1 bentang teoritis plat menerus



Gambar 1.2 bentang monolit

Perencanaan dan Penulangan Plat

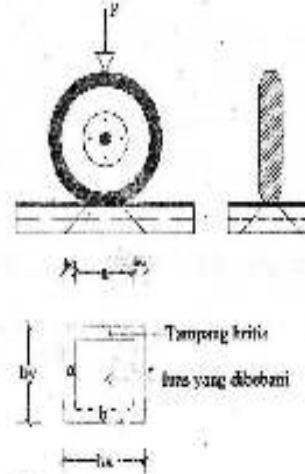
Beban yang bekerja pada plat lantai kendaraan akan menimbulkan gaya yang dapat merusak konstruksi tersebut, sehingga untuk melawan gaya yang bekerja pada plat tersebut direncanakan suatu konstruksi plat

dan penulangan yang dapat melawan gaya tersebut.

Maka hal yang diperlukan ditinjau yaitu :

Perencanaan Terhadap Pons

- a. Pendistribusian gaya akibat beban roda pada plat lantai kendaraan.



Gambar 1.3 Pendistribusian roda pada plat lantai kendaraan

- Ket : P = beban roda kendaraan (beban T)
h = tebal plat lantai kendaraan
a = bidang kontak roda pada lantai kendaraan arah ly
b = bidang kontak roda pada lantai kendaraan arah lx
ta = tebal perkerasan

Pendistribusian gaya akibat roda kendaraan ini adalah untuk memperhitungkan geser pons yang terjadi pada lantai kendaraan. Sebuah beban terpusat (P) pada suatu plat akan menyebabkan tegangan – tegangan geser pada suatu tampang disekitar beban. Pengaruh ini diterangkan sebagai geser pons. Dan besarnya tegangan geser yang diberikan sebagai berikut :

$$V_p = \frac{\phi \cdot T}{keliling_{geser} \cdot pons \cdot h / 2} \leq V_c$$

Dimana :

$$\text{Keliling pons} = 2 (bx + by)$$

$$A = a + h$$

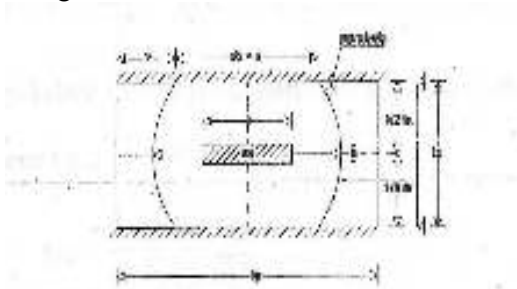
$$B = b + h$$

Peraturan SKSNI – T – 15 – 1991 – 03 menyatakan bahwa tegangan geser pons tidak boleh melampaui V_c ($V_p \leq V_c$).

Dimana : $V_c = 1/6 \cdot \sqrt{F_c}$

b. Lantai Jalur Kendaraan

Plat – plat yang menumpu pada kedua tepi yang sejajar memikul beban terpusat dapat dihitung dengan cara yang diuraikan dibawah ini pada gambar 2.6.



Gambar 1.4 plat yang mempunyai pada 2 tepi yang sejajar yang memikul beban terpusat

1) Pada beban yang berdiri ditengah – tengah antara kedua tepi yang tidak ditumpu :

Untuk $l_y \leq 3 r l_x$:
 $S_a = \frac{a+r \cdot l_x}{l_y+r \cdot l_x} l_y$

Untuk $l_y > 3 r l_x$:
 $S_a = \frac{3}{4} a + \frac{3}{4} r l_x$

2) Pada beban yang tidak berdiri ditengah diantara kedua tepi yang tidak ditumpu :

Untuk $l_y \leq r l_x$:
 $S_a = \frac{a+\frac{1}{3} r \cdot l_x}{l_y+\frac{1}{3} r l_x} l_y + V$

Untuk $l_y > r l_x$:
 $S_a = \frac{3}{4} a + \frac{1}{4} r l_x + V$

Maka luas parabola yang memikul beban menjadi :

$F = A + l_x + 2 (\frac{3}{4} l_x t)$

Dimana : $t = \frac{S_a - A}{2}$

Sehingga bidang roda pada plat lantai kendaraan dapat dianggap sebagai beban terbagi rata (q_{eq}).

$q_{eq} = \frac{P \cdot x \cdot A \cdot x_n}{F}$

Dimana : $n = 1,5$ (faktor keamanan)

Keterangan :

a = ukuran beban terpusat pada plat yang memikul dalam satu arah (arah l_x) diarah batang l_x

l_x = ukuran (bentang) terkecil plat.

l_y = ukuran (bentang) terbesar plat.

r = koefisien yang mempengaruhi lebar kerja plat pada beban terpusat, tergantung pada sifat – sifat tumpuan plat.

Didalam rumus – rumus diatas r adalah koefisien yang bergantung pada kondisi tumpuan plat dan diambil sebagai berikut :

$r = 1$ untuk plat yang terletak bebas pada kedua tumpuannya.

$r = \frac{1}{2}$ untuk plat yang terjepit pada kedua tumpuannya.

$r = \frac{2}{3}$ untuk keadaan – keadaan diantaranya.

Perhitungan Tulangan

Tulangan yang direncanakan harus mampu menahan tegangan – tegangan yang ditimbulkan oleh beban – beban yang bekerja terhadap konstruksi yang diberikan tulangan.

Setelah momen M_u pada sebuah penampang diketahui, kemudian diperkirakan ukuran penampang beton b dan h . Selanjutnya mutu beton dan baja ditentukan, maka jumlah tulangan yang diperlukan dapat dihitung.

Rasio, tulangan (ρ) untuk mencari luas tulangan yang dibutuhkan dicari dengan persamaan,

$\frac{M_U}{b d^2} = \rho \cdot 0,8 \cdot f_y (1 - 0,588 \rho \frac{f_y}{f'_c})$

Dimana :

M_u : Momen ultimat (kN/m^2).

B : Lebar plat (m)

d : Tinggi efektif plat (mm)

ρ : Rasio tulangan

f_y : Mutu Baja (Mpa) dan

f'_c = Mutu beton (Mpa)

Lalu lintas tersebut dibandingkan dengan rasio tulangan minimum (ρ_{min}) dan rasio tulangan maksimum (ρ_{maks}) dimana :

- $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{maks}$
- Bila $\rho_{min} > \rho_{perlu}$ dipakai ρ_{min}
- Bila $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{maks}$ dipakai ρ_{perlu}
- Bila $\rho_{perlu} > \rho_{maks}$ maka konstruksi memakai tulangan tekan

Setelah komponen – komponen diatas dapat ditentukan maka luas tulangan yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_s = \rho b d$$

Dimana :

$$A_s = \text{Luas tulangan (mm}^2\text{)}$$

ρ = Rasio tulangan

d = Tinggi efektif (mm)

Data Struktural Bangunan Atas Jembatan

Data dibawah ini adalah data struktural bangunan atas dari jembatan yang disebut diatas, adapun data tersebut adalah :

- Panjang bentang jembatan = 12,00 m
- Lebar jembatan = 4,00 m
- Tinggi sandaran = 1,20 m
- Lebar plat lantai kendaraan = 2,50 m
- Tebal plat lantai kendaraan = 0,20 m
- Tebal perkerasan = 0,05 m
- Lebar trotoar = 0,50 m
- Tebal trotoar = 0,25 m
- Jumlah gelagar memanjang = 3,00 buah
- Jarak dari gelagar ke gelagar = 1,50 m
- Jumlah diafragma = 8,00 buah
- Jarak dari diafragma ke diafragma = 1,75 m
- Mutu beton K 225 = 225 kg/cm²
- Mutu baja U 24 = 2080 kg/cm²

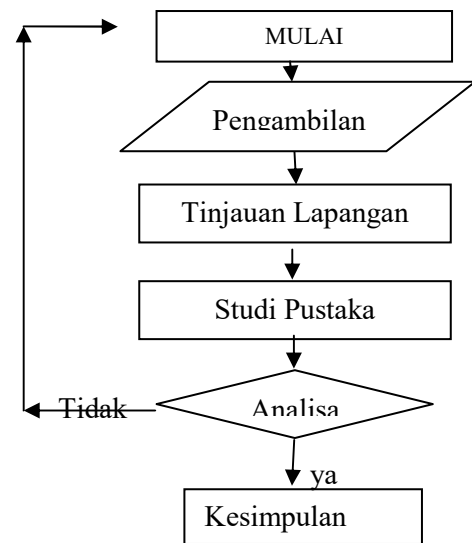
Diameter dan luas tulangan yang dipakai dilapangan dapat dilihat pada table 3.1

Tabel 3.1 Tulangan plat lantai kendaraan

Keterangan	Lapangan
	Ø Tulangan (mm)
Tulangan pokok	Ø 12
Tulangan bagi	Ø 12

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian tidak terlepas pada metode penulisan, agar lebih jelasnya penulis sajikan berupa *chart box* sebagai berikut :



Analisis dan Pembahasan

Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus yang diperoleh dari literatur yang relevan. Analisa yang dilakukan oleh penyusun dilakukan untuk mengevaluasi plat lantai pada jembatan tersebut sehingga diperoleh suatu kesimpulan bahwa plat lantai jembatan tersebut aman dan kokoh.

ANALISA PERHITUNGAN PLAT LANTAI JEMBATAN

Dalam evaluasi data plat lantai jembatan di Sei Saraf Linkungan VI Kel. Selat Tanjung Medan Kec. Datuk Bandar Kota Tanjungbalai, maka dalam hal ini agar penulis dapat mengevaluasi jembatan ini, maka penulis harus mengkonfirmasi data yang ada dalam lapangan, dimana :

Mutu beton : K225 = 225 kg/cm² menurut PBI 71. Maka menurut SKSNI '91

$$F'_c = \frac{225 \text{ kg/cm}^2}{10 \text{ kg/cm}^2} \cdot 1 \text{ Mpa} = 22,5 \text{ Mpa}$$

Mutu baja :

U 24 = 2080 kg / cm² menurut PBI 71.

Maka menurut SKSNI '91

$$F_y = \frac{2080 \text{ kg/cm}^2}{10 \text{ kg/cm}^2} \cdot 1 \text{ Mpa} = 208 \text{ Mpa}$$

Mutu baja yang dipakai fy = 240 Mpa

Evaluasi Plat Lantai Kendaraan

Diketahui :

- Mutu beton ($f'c$) = 225 kg/cm²
- Mutu baja (f_y) = 2400 kg/cm²
- Panjang lantai (L_y) = 12.00 m
- Jarak gelagar ke gelagar (L_x) = 1.50 m

Karena diafragma tidak melekat dengan plat lantai maka :

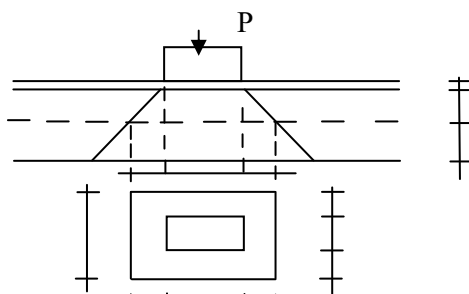
$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{12000 \text{ mm}}{1500 \text{ mm}} = 8.00 > 2. \text{ Maka dianggap plat satu arah.}$$

- Tebal Plat Menurut SKSNI 91
Pada kondisi diatas untuk mutu baja (f_y) = 240 Mpa
Maka $h_{min} = 1/37 \cdot L_x = 1/37 \cdot 1500 = 40.54 \text{ mm} = 41 \text{ mm}$
- Tebal Plat Menurut BMS 92
 $t_s \geq 200 \text{ mm}$ atau $t_x \geq 100 + 0,04 L \rightarrow L = L_x$
 $t_s \geq 100 + 0,04 (1500)$
 $t_s \geq 100 + 60$
 $t_s \geq 160 \text{ mm}$, ambil $t_x = 200 \text{ mm}$
Maka dari kedua persamaan diatas yang diambil adalah h_{min} terbesar yaitu = 200 mm

Mengontrol kembali Tebal Plat Berdasarkan Pons

Diketahui :

- Tebal aspal = 5cm
- Jembatan kelas II dengan beban $P = 70\% \cdot 10 \text{ ton} = 7 \text{ ton}$, $\phi = 1,8 \text{ t/m}$
- $a = 14 \text{ cm}$, $b = 35 \text{ cm}$



Gambar 1.5. Pendistribusian Roda Pada Lantai Kendaraan

$$\begin{aligned} A &= a + b = 14 + h \\ B &= b + h = 35 + h \\ \text{Keliling pons} &= 2 (A + B) \\ &= 2 (14 + h + 35 + h) \\ &= 2 (49 + 2h) \\ &= 98 + 4h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SKSNI 91} \rightarrow a \cdot V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \\ &= 1/6 \sqrt{22,5} \\ &= 0,791 \text{ Mpa} \\ &= 7,91 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

$$V_c \geq \frac{\text{Keliling geserpons} \cdot h/2}{1,8 \cdot 7000}$$

$$V_c \geq \frac{(98+4h) \cdot h/2}{1,8 \cdot 7000}$$

$$7,91 \geq \frac{12600}{(98+4h) \cdot h/2}$$

$$49h + 2h^2 \geq \frac{12600}{7,91}$$

$$49h + 2h^2 \geq 1592,92$$

$$h^2 + 24,5h - 796,46 = 0$$

$$h_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$h_{12} = \frac{-24,5 \pm \sqrt{(24,5^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-796,46))}}{2 \cdot 1}$$

$$h_1 = \frac{-24,5 + 61,53}{2} = 18,52 \text{ cm}$$

≈ 20 cm

$$h_2 = \frac{-24,5 - 61,53}{2} = -43,02$$

cm

Maka dari hasil perhitungan diambil nilai h terbesar yaitu : 20 cm

Lebar Kerja Plat

Lebar kerja plat yang ditinjau pada saat beban berdiri ditengah antara kedua tepi yang ditumpu, dipakai rumus dari persamaan (2.6) dan persamaan (2.7).

Untuk $l_y \leq 3rl_x$:

$$S_a = \frac{a+r \cdot l_x}{l_y+r \cdot l_x} l_y$$

Untuk $l_y > 3rl_x$:

$$S_a = \frac{3}{4} a + \frac{3}{4} r l_x$$

Dimana : r adalah koefisien yang tergantung pada sifat tumpuan

$r = 1$ untuk plat yang terletak bebas pada kedua tumpuannya

$r = 1/2$ untuk plat yang terjepit pada kedua tumpuannya

$r = 2/3$ untuk keadaan - keadaan diantaranya

Maka dipakai $r = 1/2$ (karena plat monolit)
 $L_y = 12,00 \text{ m}$ dan $l_x = 1,50 \text{ m}$
Maka lebar kerja maksimum (S_a) dapat dihitung

$$\begin{aligned} S_a &= \frac{3}{4} a + \frac{3}{4} r \cdot l_x \\ S_a &= \frac{3}{4} (0,34) + \frac{3}{4} (0,5) \cdot (1,50) \\ S_a &= 0,82 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka luas parabola yang memikul beban dapat dihitung dibawah ini :

$$F = a \cdot lx + 2 \left(\frac{3}{4} \cdot lx \cdot t \right)$$

Dan harga (t) dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$t = \frac{sa-a}{2} = \frac{0,82-0,34}{2} = 0,24 \text{ m}$$

$$F = a \cdot lx + 2 \left(\frac{3}{4} \cdot lx \cdot t \right)$$

$$F = 0,34 (1,50) + 2 \left(\frac{3}{4} \cdot 1,50 \cdot 0,24 \right) = 1,05 \text{ m}^2$$

Bidang tekan roda pada lantai dianggap sebagai beban terbagi rata yang dihitung dengan persamaan berikut :

$q_{eq} = \frac{P \cdot A \cdot n}{F} \rightarrow n =$ faktor keamanan (1,5)

$$q_{eq} = \frac{7 \text{ ton} \cdot 0,34 \text{ m} \cdot 1,5}{1,05 \text{ m}^2} = 3,40 \text{ t/m}^1$$

Maka beban bergeak pada lantai kendaraan adalah :

$$W_u = 1,8 \cdot q$$

$$W_u = 1,8 \cdot 3,40 \text{ t/m}^1$$

$$W_u = 6,12 \text{ t/m}^1$$

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jalan Raya SKBI 87 bahwa beban bergerak pada trotoar adalah $500 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 500 \text{ kg} / \text{m}^1$, sehingga didapat beban trotoar dalam satuan ton = $0,5 \text{ t} / \text{m}^1$.

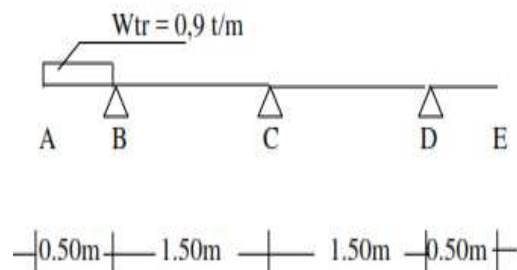
$$\text{Maka : } W_{tr} = 1,8 \cdot q_{tr}$$

$$W_{tr} = 1,8 \cdot 0,5$$

$$W_{tr} = 0,9 \text{ t} / \text{m}$$

Phitungan Momen Akibat Beban Hidup

- Beban bergerak pada lantai kendaraan $W_u = 6,12 \text{ t/m}$
- Beban bergerak pada trotoar $W_{tr} = 0,9 \text{ t/m}$
- Kombinasi I



Gambar 1.6 Pembebanan Beban Hidup Pada Plat Lantai Kendaraan

▪ Momen Primer

$$+M_{BA} = \frac{1}{2} W_{tr} \cdot l^2 = + \frac{1}{2} \cdot 0,9 \cdot 0,5^2 = + 0,112 \text{ tm}$$

$$+M_{BC} = +M_{CB} = -M_{CD} = +M_{DC} = -M_{DE} = 0$$

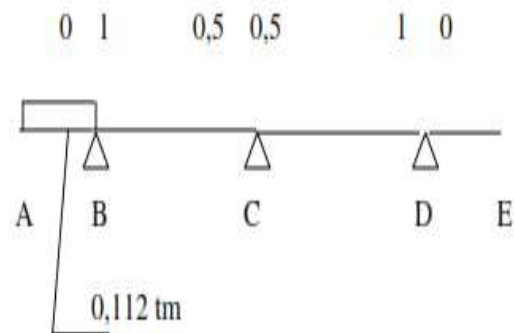
▪ Koefisien distribusi

$$\mu_{CB} : \mu_{CD} : \mu_{DC} : \mu_{DE} = \frac{4EI}{L} : \frac{4EI}{L} = 1 : 1$$

$$\mu_{CB} : \mu_{CD} = \frac{1}{1+1} = 0,5$$

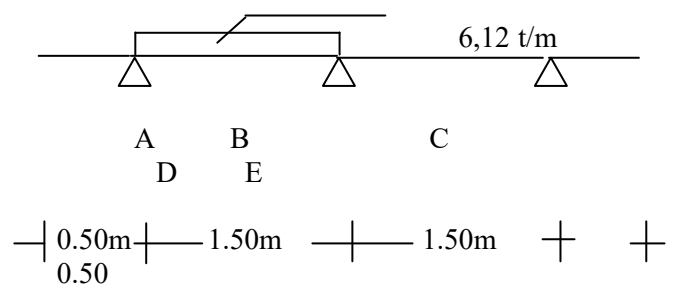
$$\mu_{DC} : \mu_{DE} = \frac{1}{1+1} = 0,5$$

Perhitungan Cross akibat beban hidup



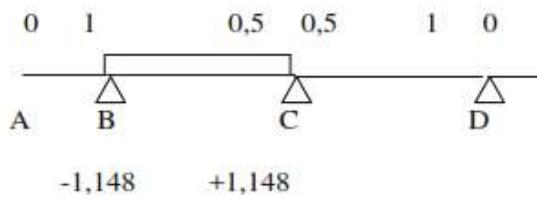
Joins	B		C		D	
Member	BA	BC	CB	CD	DC	DE
	0	1	1/2	1/2	1	0
		-0,112	-0,056			
		+0,014	+0,028	+0,028	+0,014	
		-0,014	-0,007	-0,007	-0,014	
		+0,002	+0,004	+0,004	+0,002	
		-0,002	-0,001	-0,001	-0,002	
Total momen	+0,112	-0,112	+0,024	-0,024	0	

▪ Kombinasi II



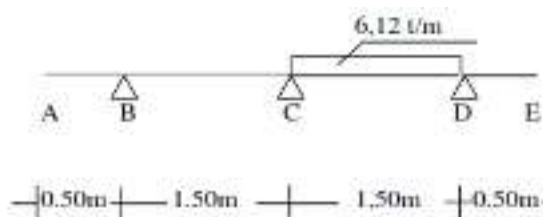
Gambar 1.7 Pembebanan Beban Hidup Pada Plat Lantai Kendaraan

- Momen primer
 $-MBC = +MBCB = + 1/12 \cdot W_u \cdot l_1^2$
 $= + 1/12 \cdot 6,12 \text{ t/m} \cdot (1,50\text{m})^2$
 $= + 1,148 \text{ tm}$
 $-MCD = +MDC = -MDE = +MED$
 $= 0$
 $-MEF = +MAB = 0$



Joints	B		C		D	
	BA	BC	CB	CD	DC	DE
Member	0	1	1/2	1/2	1	0
		+1,148	+0,574			
		-0,143	-0,287	-0,287	-0,143	
		+0,143	+0,071	+0,071	+0,143	
		-0,018	-0,036	-0,036	-0,018	
		+0,018	+0,009	+0,009	+0,018	
		-0,002	-0,004	-0,004	-0,002	
		+0,002	+0,001	+0,001	+0,002	
Total momen	0	0	+0,328	-0,328	0	0

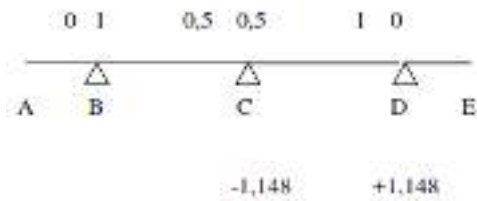
- Kombinasi III



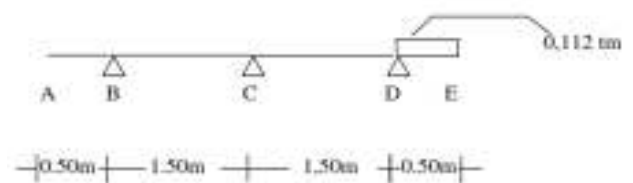
Gambar 1.8 Pembebanan Beban Hidup Pada Plat Lantai Kendaraan

- Momen primer
 $-MCD = +MDC = + 1/12 \cdot W_u$
 $\cdot l_1^2 = 1/12 \cdot 6,12 \text{ t/m} \cdot (1,50\text{m})^2$
 $= +1,148 \text{ tm}$

$-MBC = +MBC = 0$
 $-MDE = +MAB = 0$

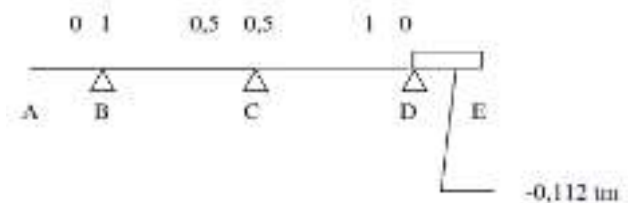


Joints	B		C		D	
	BA	BC	CB	CD	DC	DE
Member	0	1	1/2	1/2	1	0
				+0,574	+1,148	
		0,143	0,287	0,287	0,143	
		-0,072	-0,072	+0,072	+0,143	
		0,072	0,036	0,036	-0,036	
		-0,018	-0,018	+0,018	+0,036	
		-0,018	-0,009	-0,009	-0,018	
		-0,004	-0,004	0,004	+0,009	
		-0,004	-0,002	-0,002	-0,002	
		-0,001	-0,001	+0,001	+0,002	
		-0,001	0	0	0	
Total momen	0	0	-0,328	+0,328	0	0



Gambar 1.9 Pembebanan Beban Hidup Pada Plat Lantai Kendaraan

- Momen Primer
 $-MDE = 1/2 W_{tr} \cdot l_2^2 = - 1/2 \cdot 0,9 \cdot$
 $0,5^2 = - 0,112 \text{ tm}$
 $+ MBA = -MBC = + MCB = -$
 $MCD = + MDC = 0$
 $-MED = +MAB = 0$



Joins	B		C		D	
Member	BA	BC	CB	CD	DC	DE
	0	1	1/2	1/2	1	0
				+0,056	+0,112	
		-0,014	-0,028	-0,028	-0,014	
		+0,014	+0,007	+0,007	+0,014	
		-0,002	-0,004	-0,004	-0,002	
		+0,002	+0,002	+0,002	+0,002	
		-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	
		+0,001	0	0	+0,001	
Total momen	0	0	-0,024	+0,024	+0,112	-0,112

Joins	B		C		D	
Member	BA	BC	CB	CD	DC	DE
I	+0,112	-0,112	-0,024	+0,024	0	0
II	0	0	+0,328	-0,328	0	0
III	0	0	-0,335	+0,335	0	0
IV	0	0	+0,024	-0,024	+0,112	-0,112
Momen (+)	+0,112	0	+0,352	-0,350	+0,112	0
Momen (-)	0	-0,112	-0,350	-0,352	0	-0,112

Perhitungan Momen Akibat Beban Mati

Ditinjau lantai selebar 1 m pada arah memanjang jembatan, l = 1 m

erat plat lantai, tebal 0,2 m = hp . l . γb

= 0,48

t/m¹

erat aspal, tebal 0,05 m = ta . l . γa = 0,1t/m¹

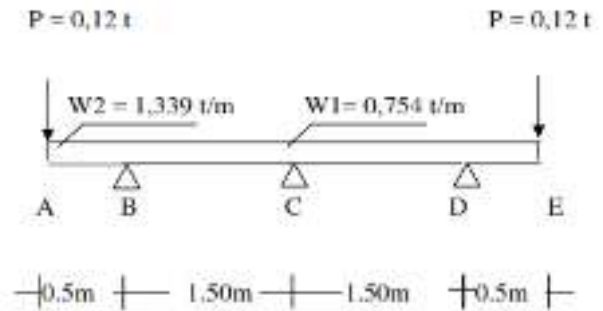
erat trotoar, tebal 0,25 m = ht . l . γb = 0,55t/m¹

erat sandaran = 0,2 m . 0,2 m . 1 m . 2,4 t/m³ = 0,096

W1 = (Brt plat lantai + Brt aspal). Koef. bbn mati = (0,48 + 0,1) . 1,3 t/m = 0,754 t/m

W2 = (Brt plat lantai + Brt trotoar). Koef. beban mati = (0,48 + 0,55) . 1,3 t/m = 1,339 t/m

P = (Berat sandaran . Koefisien beban mati) = 0,096 . 1,3 t/m = 0,12 t



Gambar 1.10 Pembebanan Beban Hidup Pada Plat Lantai Kendaraan

▪ Momen primer

MBA = + 1/2 W2 . l² + P . l = + 1/2 . 1,339 . (0,5²) + 0,12 . 0,5 = 0,227 tm

MEF = - 0,227 tm

MBC = MCD = MDE = - 1/12 . W1 . l¹² = - 1/12 . 0,754 . 1,50² = - 0,141 tm

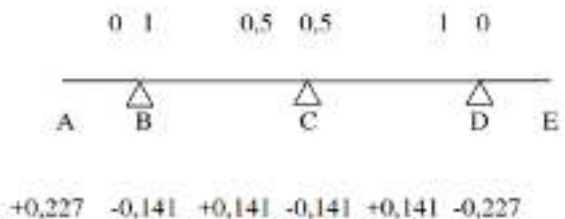
MCB = MDC = MED = + 1/12 . w1 . l¹² = + 1/12 . 0,754 . 1,50² = + 0,141 tm

▪ Koefisien distribusi

μ CB : μ CD = 4 EI / L : 4 EI / L = 1 ; 1
μ CB : μ CD = 1 / 2 : 1 / 2 = 0,5

Perhitungan Cross akibat Beban Mati

= 0,25 m . 1 m . 2,2 t/m³

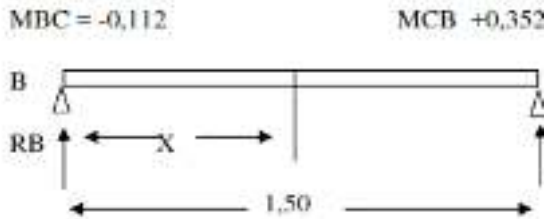


Joins	B		C		D	
Member	BA	BC	CB	CD	DC	DE
	0	1	1/2	1/2	1	0
		-0,086	-0,043			
		+0,010	+0,021	+0,021	+0,010	

• Momen Lapangan

Wubg = 6,120 t/m
Wubm = 0,754 t/m
+ = 6,874 t/m
Batang BC = CB = DE = ED

Wtot = 6,874



$$\sum M_C = 0 \quad RB \cdot 1 - W_{tot} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} - MBC + MCB = 0$$

$$RB \cdot 1,50 - 6,874 \cdot 1,50 \cdot 0,75 - 0,112 + 0,352$$

$$RB = \frac{7,493}{1,50} = +4,995 \text{ T}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$RC \cdot 1 + W_{tot} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} - MBC + MCB = 0$$

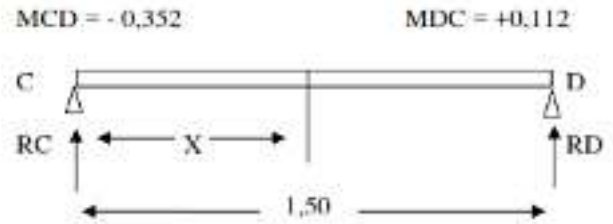
$$RC \cdot 1,50 + 6,874 \cdot 1,50 \cdot 0,75 - 0,112 + 0,352$$

$$RC = \frac{7,973}{1,50} = +5,315 \text{ T}$$

Kontrol $\sum v = 0$
 $RB + RC - W_{tot} \cdot 1 = 0$
 $4,995 + 5,315 - 6,874 \cdot 1,50 = 0$
 $10,31 - 10,31 = 0 \quad \text{Ok}$

Mmax lap = $RB \cdot x - w_{tot} \cdot \frac{1}{2} x - MBC$
 $= 4,995 x - 6,874 x \cdot \frac{1}{2} x - 0,112$
 $= 4,995 x - 3,437 m^2 - 0,112$
 $\frac{dMX}{dx} = 0 \rightarrow 4,995 - 6,874 x = 0$
 $x = \frac{4,995}{6,874} = 0,727 \text{ m}$
 $M_{max \text{ lap}} = 4,995 \text{ T} \cdot (0,727 \text{ m}) - 3,437 \text{ T/m} \cdot (0,727 \text{ m})^2 - 0,112$
 $= 3,631 \text{ tm} - 1,816 \text{ tm} - 0,112 \text{ tm}$
 $= 1,037 \text{ tm}$

Batang CD = DC
Wtot = 6,874



$$\sum M_D = 0 \quad RC \cdot 1 - W_{tot} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} - MCD + MDC = 0$$

$$RC \cdot 1,50 - 6,874 \cdot 1,50 \cdot 0,75 - 0,352 + 0,112$$

$$RC = \frac{7,973}{1,50} = 5,315 \text{ T}$$

$$\sum M_C = 0$$

$$RD \cdot 1 + W_{tot} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} - MBC + MCB = 0$$

$$RD \cdot 1,50 + 6,874 \cdot 1,50 \cdot 0,75 - 0,352 + 0,112$$

$$RD = \frac{7,493}{1,50} = 4,995 \text{ T}$$

Kontrol $v = 0$
 $RC + RD - W_{tot} \cdot 1 = 0$
 $5,315 + 4,995 - 6,874 \cdot 1,50 = 0$
 $10,31 - 10,31 = 0$
 $M_{max \text{ lap}} = RC \cdot x - w_{tot} \cdot \frac{1}{2} x - MCD$
 $= 5,315 x - 6,874 x \cdot \frac{1}{2} x - 0,352$
 $= 5,315 x - 3,437 m^2 - 0,352$
 $\frac{dMX}{dx} = 0$
 $5,315 - 6,874 x = 0$
 $x = \frac{5,315}{6,874} = 0,773 \text{ m} \dots \text{ok}$
 $M_{max \text{ lap}} = 5,315 \text{ T} \cdot (0,773 \text{ m}) - 3,437 \text{ T/m} \cdot (0,773 \text{ m})^2 - 0,352$
 $= 4,108 \text{ tm} - 2,054 \text{ tm} - 0,352 \text{ tm}$
 $= 1,702 \text{ tm}$

Tabel 4.2 Tabel momen lapangan akibat beban hidup dan mati

A	C	B	D	C	E
	,037	,037	,702	,702	

Dari hasil perhitungan didapat ;

- Momen tumpuan maksimum = 0,352 Tm = 3,52 KNm
- Momen lapangan maksimum = 1,702 Tm = 17,02 KNm

Perhitungan Tulangan Tumpuan

Diketahui :
Tebal Plat (h) = 0,20 m
Mutu Beton (f'c) = 22,5 Mpa
Mutu Baja (fy) = 240 Mpa
Direncanakan ;
Diameter Tulangan Utama (Ø tul utama) = 12 mm
Diameter Tulangan Bagi (Ø tul bagi) = 12 mm
Penutup Beton = 40 mm
Didapat $d_{efektif} = h - p - \frac{1}{2} \text{Ø tul utama}$
= 200 - 40 - $\frac{1}{2}$ (12) = 154 mm

Tabel 4.3 Interpolasi ρ min

Mutu Baja (fy) Mpa	Mutu Beton (F'c)		
	20 Mpa	22,5 Mpa	25 Mpa
240	0,0029	0,00305	0,0032

Tabel 4.4. Interpolasi ρ maks

Mutu Baja (fy) Mpa	Mutu Beton (F'c)		
	20 Mpa	22,5 Mpa	25 Mpa
240	0,0323	0,03635	0,0401

Maka $\frac{Mu}{bd^2} = \frac{3,52}{1,0 \cdot (0,154)^2}$
148,423 Kn/m²

Dari persamaan (2.13) ratio tulangan analisa :

$$\frac{Mu}{bd^2} = \rho \cdot 0,8 \cdot fy \left(1 - 0,588\rho \frac{fy}{f'c} \right) \cdot 10^3$$

$$148,423 = \rho \cdot 0,8 \cdot 240 \left(1 - 0,588\rho \frac{240}{22,5} \right) \cdot 10^3$$

$$148,423 = 192 \rho \cdot 10^3 - 1204,244 \rho^2 \cdot 10^3$$

$$1204,244 \rho^2 \cdot 10^3 - 192 \rho \cdot 10^3 + 148,423 = 0$$

$$\rho^2 - 0,15943613\rho + 0,0001232 = 0$$

$$\rho_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$\rho_{12} = \frac{-(-0,15943613) \pm \sqrt{(0,15943613)^2 - 4 \cdot 1 \cdot 0,0001232}}{2 \cdot 1}$$

$$\rho_{12} = \frac{0,15943613 \pm 0,15788312}{2}$$

$$\rho_1 = \frac{0,15943613 + 0,15788312}{2} = 0,159$$

$$\rho_2 = \frac{0,15943613 - 0,15788312}{2} = 0,0008$$

Maka didapat :

$$\rho_{perlu} = \rho_2 = 0,0008$$

Dari table 4.3. nilai – nilai ρ_{min} dan table 4.4. nilai – nilai ρ_{maks} untuk mutu baja fy = 240 Mpa dan mutu beton f'c = 22,5 Mpa maka didapat :

$$\rho_{min} = 0,00305 \text{ dan } \rho_{maks} = 0,03635$$

Dengan syarat $\rho_{maks} > \rho_{perlu} > \rho_{min}$
0,03635 > 0,0008 > 0,00305

Karena $\rho_{min} \geq \rho_{perlu}$ maka dipakai $\rho_{min} = 0,00305$

$$\text{As perlu} = \rho_{min} \cdot b \cdot d \cdot 10^6$$

$$= (0,00305) \cdot (1,0) \cdot (0,154) \cdot 10^6 = 469,7 \text{ mm}^2$$

Didapat tulangan tumpuan ρ 12 – 200 mm = 678,85 mm² > 469,7 mm² plat cukup aman.

Tulangan bagi $\frac{0,25 \cdot b \cdot d}{100}$
 $\frac{0,25 \cdot (1,0) \cdot (200)}{100} = 500 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan bagi Ø 12 – 200 mm = 678,85 mm² > 500 mm² plat cukup aman.

Perhitungan Tulangan Lapangan

Maka $\frac{Mu}{bd^2} = \frac{17,02}{1,0 \cdot (0,154)^2}$
717,66 Kn/m²

Dari persamaan 2.13 ratio tulangan analisa :

$$\frac{Mu}{bd^2} = \rho \cdot 0,8 \cdot fy \left(1 - 0,588\rho \frac{fy}{f'c} \right) \cdot 10^3$$

$$717,66 = \rho \cdot 0,8 \cdot 240 \left(1 - 0,588\rho \frac{240}{22,5} \right) \cdot 10^3$$

$$717,66 = 192 \rho \cdot 10^3 - 1204,244 \rho^2 \cdot 10^3$$

$$1204,244 \rho^2 \cdot 10^3 - 192 \rho \cdot 10^3 + 717,66 = 0$$

$$\rho^2 - 0,15943613\rho + 0,00059594 = 0$$

$$\rho_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$\rho_{12} = \frac{-(-0,15943613) \pm \sqrt{(0,15943613)^2 - 4 \cdot 1 \cdot (0,00059594)}}{2 \cdot 1}$$

$$\rho_{12} = \frac{0,15943613 \pm 0,15177654}{2}$$

$$\rho_1 = \frac{0,15943613 + 0,15177654}{2} = 0,1556$$

$$\rho_2 = \frac{0,15943613 - 0,15177654}{2} = 0,00383$$

Maka didapat :

$$\rho_{perlu} = \rho = 0,00383$$

Dari table 4.3. nilai – nilai ρ_{min} dan table 4.4. nilai – nilai ρ_{maks} untuk mutu baja $f_y = 240$ Mpa dan mutu beton $f'_c = 22,5$ Mpa maka didapat :

$$\rho_{min} = 0,00305 \text{ dan } \rho_{maks} = 0,03635$$

$$\begin{aligned} \text{Dengan syarat } \rho_{maks} > \rho_{perlu} > \rho_{min} \\ 0,03635 > 0,00383 > 0,00305 \end{aligned}$$

Karena:

$$\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \text{ maka dipakai } \rho_{perlu} = 0,00383$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{perlu} \cdot b \cdot d \cdot 10^6 \\ &= (0,00383) \cdot (1,0) \cdot (0,154) \cdot 10^6 = 589,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Didapat tulangan tumpuan $\rho 2x12 - 300 \text{ mm} = 678,85 \text{ mm}^2 > 589,82 \text{ mm}^2$ plat cukup aman.

$$\text{Tulangan bagi } = \frac{0,25 \cdot b \cdot d}{100} = \frac{0,25 \cdot (1,0) \cdot (200)}{100} = 500 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan bagi $\rho 2x12 - 300 \text{ mm} = 678,24 \text{ mm}^2 > 500 \text{ mm}^2$ plat cukup aman

3. KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi plat lantai jembatan yang penulis lakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Tebal plat berdasarkan perencanaan untuk menahan pons yang diperoleh adalah sebesar 200 mm atau sama dengan 20 cm
2. Untuk tulangan tumpuan dari hasil perhitungan didapat $\rho 12 - 200 \text{ mm}$ sedangkan dilapangan menggunakan tulangan $\rho 12 - 200 \text{ mm}$, plat cukup aman.
3. Untuk tulangan lapangan dari hasil perhitungan didapat $\rho 2x12 - 300 \text{ mm}$ sedangkan dilapangan menggunakan tulangan $\rho 2x12 - 300 \text{ mm}$, plat cukup aman.
4. Untuk tulangan pembagi dari hasil perhitungan didapat $\rho 12 - 200 \text{ mm}$ sedangkan dilapangan menggunakan

tulangan $\rho 12 - 200 \text{ mm}$, plat cukup aman.

DAFTAR PUSTAKA

1. "Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya", Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jederal Bina Marga
2. Anonim, 1989. *Spesifikasi Jembatan Tipe Balok Bentang s/d 25 m untuk Beban BM 100*. Departemen Pekerjaan Umum.
3. Daniel de MATTEIS, dkk., *Steel – Concrete Composite Bridge, Sustainable Design Guide*.
4. RSNI T-12-2004, *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*.
5. RSNI T-02-2005 *Pembebanan Untuk Jembatan*.
6. *Perkuatan Struktur dan Lantai Jembatan Rangka Baja*, Departemen Pekerjaan Umum.
7. Supriyadi, B, 2005, *Jembatan*, Yogyakarta : Beta Offset's
8. Soemono, Prof.,Ir., *ILMU GAYA*, Penerbit Jembatan, Djakarta, 1971

