

STRUKTUR BAJA II

MODUL 5

Perencanaan Lantai Kendaraan

Materi Pembelajaran :

WORKSHOP/PELATIHAN
PERENCANAAN LANTAI JEMBATAN

Tujuan Pembelajaran :

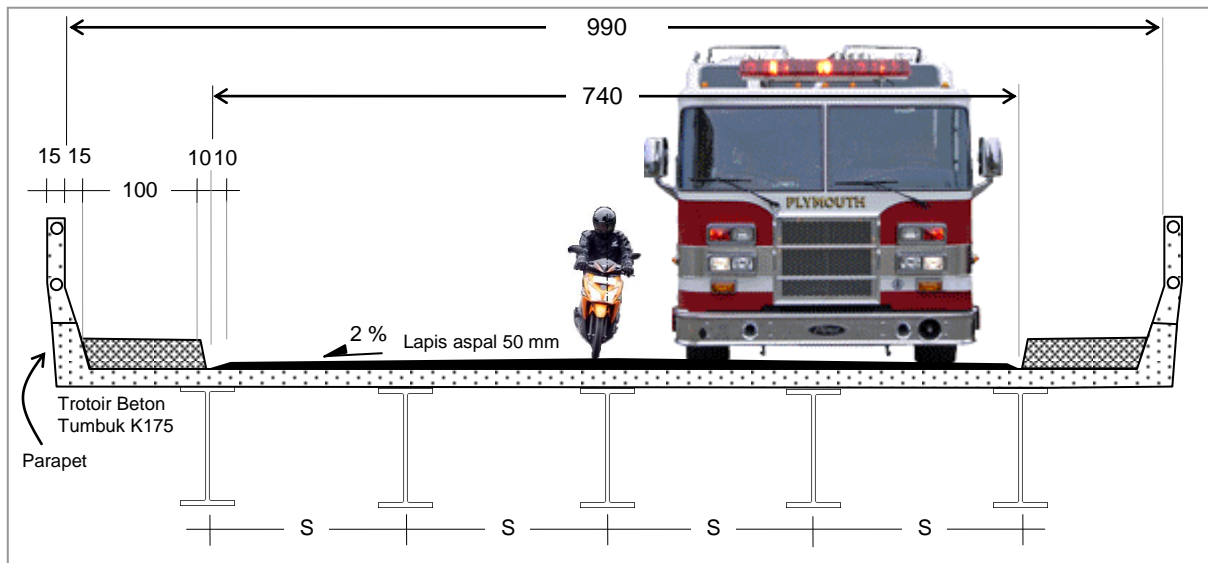
- *Mahasiswa dapat melakukan perencanaan lantai jembatan.*

DAFTAR PUSTAKA

- RSNI T-12-2004, *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan.*
- RSNI T-02-2005 *Pembebanan Untuk Jembatan.*
- Soemono, Prof., Ir., *ILMU GAYA*, Penerbit Jembatan, Djakarta, 1971.

WORKSHOP/PELATIHAN

Perencanaan Tulangan Lapangan Lantai Kendaraan



Gambar 1 : Penampang melintang jembatan.

Dengan data-data jembatan berikut ini, rencanakanlah *tulangan lapangan*, lakukanlah evaluasi terhadap *kapasitas lentur ultimit* dan *geser pons* lantai. Beban angin diabaikan.

A. DATA - DATA

1. DATA GEOMETRIS/BERAT JENIS JEMBATAN

NO STB	Jarak gelagar S mm	Tebal lantai (ts = h) cm	Tebal selimut beton cm	Tebal aspal (ta) cm	Air hujan (th) cm	BJ Beton kN/m ³	BJ Aspal kN/m ³	BJ Air hujan kN/m ³	Jarak tulangan mm	Mutu Beton	Baja tulang. fy. Mpa.
-1	1850	20	3,5	10	5	25	22	9,8	200	K250	390
0	1200	20	3,5	6	4	25	22	9,8	200	K255	300
1	1300	20	3,5	7	5	25	22	9,8	200	K260	310
2	1400	22	3,5	8	6	25	22	9,8	200	K275	320
3	1500	22	3,5	9	7	25	22	9,8	200	K280	330
4	1600	24	3,5	10	8	25	22	9,8	200	K285	340
5	1700	24	3,5	5	9	25	22	9,8	200	K290	350
6	1900	25	3,5	6	10	25	22	9,8	200	K300	360
7	2000	27	3,5	7	3	25	22	9,8	200	K305	370
8	2100	28	3,5	8	4	25	22	9,8	200	K310	380
9	2200	29	3,5	9	5	25	22	9,8	200	K320	390

2. DATA MATERIAL

a. BETON

Mutu beton, K-250	= 250 kg/cm ²
Kuat tekan beton, $f_c' = 0,83 \text{ K/10}$	= 20.8 MPa.
Modulus Elastis $E_c = 4700\sqrt{f_c'}$	= 21410 MPa.
Koefisien muai panjang untuk beton, α	= $10^{-5} / ^\circ \text{C} < 30 \text{ MPa.}$
Selimut beton	= 35 mm.

b. BAJA

Baja tulangan ulir

Tegangan leleh baja, $f_y = 390 \text{ MPa}$.

B. ANALISA STRUKTUR.

Ditinjau lantai selebar 1,00 meter pada arah memanjang jembatan.

B1. PEMBEBANAN.

1). BERAT SENDIRI (MS)

No.	Jenis Beban	Tebal m	Berat kN/m ³	Beban kN/m'
	Lantai jembatan	0.200	25.0	5.00
Berat sendiri			Q_{MS}	5.00

2). BEBAN MATI TAMBAHAN (MA)

No.	Jenis Beban	Tebal m	Berat kN/m ³	Beban kN/m'
1.	Lapisan aspal + overlay	0.100	22.0	2.200
2.	Air hujan	0.050	9.8	0.490
Beban mati tambahan			Q_{MA}	2.690

3). BEBAN TRUK "T" (TT)

Faktor beban dinamis = 30%

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh Truk (beban T), besarnya = 112,5 kN.

Beban Truk menjadi, $(1 + 0,30) \times 112,5 \text{ kN}$, $P_{TT} = 146,25 \text{ kN}$.

4). PENGARUH TEMPERATUR (ET)

Selisih temperatur	ΔT	=	25 °C
Kuat tekan beton	f_c'	=	20,8 Mpa
Koefisien muai akibat temp. untuk $f_c' < 30 \text{ Mpa}$	α	=	$10^{-5} / ^\circ\text{C}$
Modulus elastisitas untuk $f_c' < 30 \text{ Mpa}$	E_c	=	21410 MPa

B2. MOMEN PADA LANTAI JEMBATAN

1). Akibat berat sendiri, (Q_{MS}).

Berat sendiri, $Q_{MS} = 5 \text{ kN/m'}$.

Jarak gelagar, $S = 1,850 \text{ m}$

Momen lapangan maksimum, $M_{MS}^L = 1/24 Q_{MS} S^2 = 0,713021 \text{ kN.m'}$.

2). Akibat beban mati tambahan, (Q_{MA}).

Beban mati tambahan, $Q_{MA} = 2,690 \text{ kN/m'}$.

Jarak gelagar, $S = 1,850 \text{ m}$

Momen lapangan maksimum, $M_{MA}^L = 5/96 Q_{MA} S^2 = 0,479507 \text{ kN.m'}$.

3). Akibat beban truk T, (P_{TT}).

Beban truk T, $P_{TT} = 146,250 \text{ kN}$.

Jarak gelagar, $S = 1,850 \text{ m}$

Momen lapangan maksimum, $M_{TT}^L = 9/64 P_{TT} S = 38,047852 \text{ kN.m'}$.

4). Akibat pengaruh temperatur, (T).

Temperatur rata-rata minimum	$T_{min} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatur rata-rata maksimum	$T_{maks} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$
Selisih temperatur	$\Delta T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
Kuat tekan beton	$f_c' = 20,8\text{ Mpa}$
Tebal lantai,	$h = 200\text{ mm.}$
Koefisien muai akibat temp. untuk $f_c' < 30\text{ Mpa}$	$\alpha = 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}$
Modulus elastisitas untuk $f_c' < 30\text{ Mpa}$	$E_c = 21410\text{ MPa}$
Momen inertiya lantai beton,	

$$I = 1/12 b h^3 = 1/12 \cdot (1000\text{ mm}) \cdot (200\text{ mm})^3 \\ = 66666666,7\text{ mm}^4.$$

$$\text{Momen lapangan maksimum, } M_{ET}^L = 7/8 \Delta T \cdot \alpha \cdot EI/h = 15,611108\text{ kN.m'}$$

B3. KOMBINASI MOMEN.

Berikut rekapitulasi momen pada lapangan,

Tabel 1 : REKAPITULASI MOMEN

No.	Jenis beban	Faktor Beban	Daya Layan	Keadaan Ultimit	M Lapangan kN.m'.	
1.	Berat sendiri	K_{MS}		1,30	0.713021	
2.	B. Mati tambahan	K_{MA}		2,00	0.479507	
3.	Beban truk T	K_{TT}		1,80	38,047852	
4.	Pengaruh temp.	K_{ET}	1,00		15.611110	

Kombinasi momen dilakukan dengan merujuk pada tabel 40 RSNI T-02-2005, atau pada Modul 2 – Pembebanan Jembatan, tabel 20, halaman 24, seperti berikut,

1). KOMBINASI 1 – Momen Lapangan.

No.	Jenis beban	Faktor beban		M Lapangan kN.m'.		Aksi	Ultimit
		Layan	Ultimit				M_U Lapangan kN.m'.
1.	Berat sendiri		1,30	0.713021		X KBU	0,926927
2.	B. Mati tambahan		2,00	0.479507		X KBU	0,959013
3.	Beban truk T		1,80	38,047852		X KBU	68,486133
4.	Pengaruh temp.	1.00		15.611110		o KBL	15,611110
						Σ	85,983183

C. RENCANA TULANGAN PELAT LANTAI KENDERAAN.

Perencanaan berdasarkan *Beban dan Kekuatan Terfaktor* (PBKT) atau kondisi ultimit.

TULANGAN LAPANGAN (Tulangan lentur positif).

Momen rencana (KOMBINASI 1),	$M_u = 85,983183$	kN.m'.
Mutu beton,	$f_c' = 20,8$	Mpa.
Mutu baja,	$f_y = 390$	Mpa.
Tebal pelat lantai kendaraan,	$h = 200$	mm.

Tebal selimut beton (diambil),	d'	=	35	mm.
Tebal efektif lantai,	$d = (h - d')$	=	165	mm.
Lebar lantai yang ditinjau,	b	=	1000	mm.
Faktor reduksi kekuatan lentur	ϕ	=	0,80	
Momen nominal,	$M_n = M_u / \phi$	=	107,478979	kN.m'.
Tulangan Lentur.				

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{(107,478979 \text{ kN.m}') \times 10^6}{(1000 \text{ mm}) \cdot (165 \text{ mm})^2} = 3,947805 \text{ N/mm}^2$$

Faktor distribusi tegangan beton, $\beta_1 = 0,85$ (untuk $f_c' < 30 \text{ MPa}$).

$$\rho_b = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = (0,85) \cdot (0,85) \cdot \frac{20,8}{390} \cdot \left(\frac{600}{600 + 390} \right)$$

$$\rho_b = 0,023297$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot (0,023297) = 0,017473$$

$$R_{maks} = \rho_{maks} \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1/2 \rho_{maks} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c'} \right)$$

$$R_{maks} = (0,017473) \cdot (390) \cdot \left(1 - \frac{1/2 \cdot (0,017473) \cdot (390)}{0,85 \cdot (20,8)} \right)$$

$$R_{maks} = 5,498053 \text{ N/mm}^2 > R_n$$

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot (20,8)}{390} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (3,947805)}{0,85 \cdot (20,8)}} \right) = 0,011614$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = (0,011614) \cdot (1000 \text{ mm}) \cdot (165 \text{ mm}) = 1916,3 \text{ mm}^2.$$

Diameter tulangan perlu (minimum) untuk jarak tulangan 200 mm

$$d_t = \sqrt{\frac{4 s \cdot A_s}{\pi b}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (200 \text{ mm}) \cdot (1916,3 \text{ mm}^2)}{3,14 \cdot (1000 \text{ mm})}} = 22,1 \text{ mm}.$$

Rencanakan tulangan lentur, **D25 - 250**

(Batasan spasi tulangan berdasarkan SNI 2002, ps.9.6.5, adalah 3 x tebal pelat atau 500 mm).

Tulangan dipasang dengan diameter tersedia D25 (lihat lampiran), dan jarak 250 mm, maka luas tulangan terpasang,

$$A_s = \frac{1/4 \pi d_t^2 \cdot b}{s} = \frac{0,25 \cdot (3,14) \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot (1000 \text{ mm})}{250 \text{ mm}}$$

$$= 1962,5 \text{ mm}^2 > 1916,3 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi).}$$

D. PEMERIKSAAN KEKUATAN LENTUR ULTIMIT

Kekuatan lentur ultimit penampang (*moment capacity*),

$$Mu = \phi \cdot f_y \cdot \rho \cdot b \cdot d^2 \cdot \left(1 - 1/2 \frac{\rho \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c'} \right)$$

Dimana,

Luas tulangan terpasang, $A_s = 1962,5 \text{ mm}^2$.

Ratio tulangan,

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1962,6 \text{ mm}^2}{(1000 \text{ mm}) \cdot (165 \text{ mm})} = 0,011894$$

Maka,

$$Mu = \left\{ (0,80) \cdot (390 \text{ MPa}) \cdot (0,011894) \cdot (1000 \text{ mm}) \cdot (165 \text{ mm})^2 \right\} \times$$

$$\left(1 - 1/2 \frac{(0,011894) \cdot (390 \text{ MPa})}{0,85 \cdot (20,8 \text{ MPa})} \right)$$

$$= \{ 101029500 \text{ N.mm} \} \times [0,868500741] = 87744195 \text{ N.mm}$$

$$Mu = 87,744 \text{ kN.m} > Mu = 85,983181 \text{ kN.m} \text{ (memenuhi).}$$

E. PEMERIKSAAN GESER PONS PADA LANTAI

Bidang geser pons,

$$u = a + t_a + t_a + 1/2h + 1/2h = a + 2 t_a + h$$

$$v = b + t_a + t_a + 1/2h + 1/2h = b + 2 t_a + h$$

Dimana,

$$a = 200 \text{ mm} ; b = 500 \text{ mm}$$

$$t_a = 100 \text{ mm} ; h = 200 \text{ mm}$$

$$u = 200 \text{ mm} + 2 \cdot (100 \text{ mm}) + 200 \text{ mm} = 600 \text{ mm.}$$

$$v = 500 \text{ mm} + 2 \cdot (100 \text{ mm}) + 200 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$$

$$b' = 2 u + 2 v = 2 \cdot (600 \text{ mm}) + 2 \cdot (900 \text{ mm}) = 3000 \text{ mm}$$

$$d = 165 \text{ mm}$$

$$A_{\text{pons}} = b' \cdot d = (3000 \text{ mm}) \cdot (165 \text{ mm}) = 495000 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Mutu beton, K-250, } f_c' = 20,8 \text{ MPa.}$$

$$\text{Tekanan gandar roda, } P_{\text{TT}} = 146,25 \text{ kN.}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan geser, } \phi = 0,70$$

Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser,

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \cdot b' \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{20,8 \text{ MPa}} \cdot (3000 \text{ mm}) \cdot (165 \text{ mm}) = 375805 \text{ N}$$

$$V_c = 375,805 \text{ kN}$$

Kekuatan geser terfaktor,

$$V_u = \phi \cdot V_c = 0,70 \cdot (375,805 \text{ kN}) = 263,064 \text{ kN} > P_{\text{TT}} = 146,25 \text{ kN.}$$

Pelat lantai tanpa tulangan geser aman terhadap geser pons.

KUNCI JAWABAN

NO. STB.	Beton		MS QMS kN/m'	MA QMA kN/m'	FBD %	Beban Truk kN.	PTT kN	M_{MS} kN.m'	Faktor beban ultimit
	f_c' Mpa.	E_c Mpa.							
-1	20,8	21410	5,000	2,690	30	112,5	146,25	0,713021	1,30
0	21,2	21623	5,000	1,712	30	112,5	146,25	0,300000	1,30
1	21,6	21834	5,000	2,030	30	112,5	146,25	0,352083	1,30
2	22,8	22454	5,500	2,348	30	112,5	146,25	0,449167	1,30
3	23,2	22658	5,500	2,666	30	112,5	146,25	0,515625	1,30
4	23,7	22859	6,000	2,984	30	112,5	146,25	0,640000	1,30
5	24,1	23059	6,000	1,982	30	112,5	146,25	0,722500	1,30
6	24,9	23453	6,250	2,300	30	112,5	146,25	0,940104	1,30
7	25,3	23648	6,750	1,834	30	112,5	146,25	1,125000	1,30
8	25,7	23841	7,000	2,152	30	112,5	146,25	1,286250	1,30
9	26,6	24222	7,250	2,470	30	112,5	146,25	1,462083	1,30

NO. STB.	M_{MA}	Faktor beban ultimit	M_{TT} kN.m'	Faktor beban ultimit	M_{ET} kN.m'	Faktor beban layan	Momen MU lapangan kN.m'
-1	0,479507	2,00	38,047852	1,80	15,611108	1,00	85,983180
0	0,128400	2,00	24,679688	1,80	15,766446	1,00	60,836683
1	0,178682	2,00	26,736328	1,80	15,920268	1,00	64,860732
2	0,239692	2,00	28,792969	1,80	19,811412	1,00	72,702056
3	0,312422	2,00	30,849609	1,80	19,990704	1,00	76,815158
4	0,397867	2,00	32,906250	1,80	24,002066	1,00	84,861050
5	0,298332	2,00	34,962891	1,80	24,211695	1,00	88,680813
6	0,432448	2,00	39,076172	1,80	26,720487	1,00	99,144627
7	0,382083	2,00	41,132813	1,80	31,425426	1,00	107,691155
8	0,494288	2,00	43,189453	1,80	34,072236	1,00	114,473951
9	0,622646	2,00	45,246094	1,80	37,134254	1,00	121,723223

NO. STB.	M_n kN.m'	d Mm	R_n N/mm ²	Ratio Tul. ρ	A_s mm ²	Diameter perlu mm	Disain Tulangan	Disain A_s mm ²
-1	107,478976	165	3,947804	0,011614	1916,3	22,1	D25-250	1962,5
0	76,045854	165	2,793236	0,010174	1678,7	20,7	D22-200	1899,7
1	81,075915	165	2,977995	0,010546	1740,1	21,1	D22-200	1899,7
2	90,877570	185	2,655298	0,008960	1657,6	20,6	D22-200	1899,7
3	96,018947	185	2,805521	0,009210	1703,9	20,8	D22-200	1899,7
4	106,076312	205	2,524124	0,007960	1631,7	20,4	D22-200	1899,7
5	110,851016	205	2,637740	0,008097	1659,9	20,6	D22-200	1899,7
6	123,930784	215	2,681034	0,007990	1717,9	20,9	D22-200	1899,7
7	134,613943	235	2,437554	0,007011	1647,5	20,5	D22-200	1899,7
8	143,092439	245	2,383881	0,006659	1631,3	20,4	D22-200	1899,7
9	152,154029	255	2,339931	0,006348	1618,7	20,3	D22-200	1899,7

NO. STB.	Ratio tul. terpasang ρ	Mu kN.m'	u mm	v mm	b' mm	Vc kN.	Vu kN.
-1	0,011894	87,744	600	900	3000	375,805	263,064
0	0,011513	68,006	520	820	2680	339,060	237,342
1	0,011513	70,173	540	840	2760	352,588	246,812
2	0,010269	82,351	580	880	2920	430,139	301,097
3	0,010269	84,823	600	900	3000	445,923	312,146
4	0,009267	97,628	640	940	3160	525,111	367,578
5	0,009267	100,400	540	840	2760	462,647	323,853
6	0,008836	108,790	570	870	2880	514,967	360,477
7	0,008084	122,959	610	910	3040	599,072	419,351
8	0,007754	131,959	640	940	3160	654,518	458,163
9	0,007450	141,415	670	970	3280	718,417	502,892

DEFORMED BAR SIZES (According To JIS G3112)

METRIC SIZE

CODE NO.	UNIT WEIGHT (kg/m)		EFF. DIA. d	EFF. CROSS SEC. AREA	EFFECTIVE PERIMETER	h	p	b	ANGLE BETWEEN KNOTS
	Effective	Tolerance	mm	mm ²	mm	mm	mm	mm	
D - 10	0.617	6%	10	78.5	31.4	0.5	7.0 max.	3.9 max.	90°
D - 13	1.042	6%	13	132.7	40.8	0.7	9.1 max.	5.1 max.	90°
* D - 16	1.578	5%	16	201.1	50.3	0.8	11.2 max.	6.3 max.	90°
* D - 19	2.226	5%	19	283.5	59.7	1.0	13.3 max.	7.5 max.	90°
D - 22	2.984	5%	22	380.1	69.1	1.1	15.4 max.	8.6 max.	90°
D - 25	3.853	5%	25	490.9	78.5	1.3	17.5 max.	9.8 max.	90°
D - 29	5.185	4%	29	662.5	91.1	1.4	20.3 max.	20.3 max.	90°
D - 32	6.313	4%	32	804.2	100.5	1.6	22.4 max.	22.4 max.	90°



Gambar : Susunan tulangan lantai $s \geq 200$ mm (internet).