

BAB VI

PERHITUNGAN PERANCANGAN

JALUR REL GANDA

6.1 Perencanaan Geometri Jalan Rel

Perencanaan ini berupa perbaikan alinemen trase jalan kereta api yang lama (tunggal), dengan diadakan perhitungan terhadap tikungan-tikungan yang ada, dievaluasi terhadap kriteria perencanaan yang baru yaitu dari PT. KAI PD-10. Dari evaluasi ini terhadap tikungan-tikungan yang tidak memenuhi standar perencanaan, jika dimungkinkan diadakan perubahan, apabila tidak mungkin maka diberi tanda pada daerah tikungan. Tanda ini dapat berupa sinyal atau semboyan.

Jalan kereta api ke dua (kembar) direncanakan berada disebelah utara dari jalan kereta yang sudah ada atau di sebelah kanan arah dari Solo ke Yogyakarta.

Pemilihan ini berdasarkan atas pertimbangan sebagai berikut :

1. letak stasiun yang ada sekarang berada di sebelah kiri jalan kereta api, sehingga lebih ekonomis jika jalan kedua berada di sebelah kanan. Hal ini dikarenakan untuk memudahkan peningkatan stasiun.
2. daerah pemukiman relatif lebih banyak berada disebelah kiri jalan kereta api, sedangkan disebelah kanan keadaan tanah masih banyak untuk tegalan dan persawahan.

3. antara stasiun Solo Balapan – stasiun Tugu Yogyakarta terdapat lintasan jalan raya yang terletak sejajar dengan jalan kereta api, sehingga penambahan jalur KA baru hanya dimungkinkan di sebelah kanan jalan KA yang sudah ada.

6.1.1 Perencanaan Alinemen Horisontal

Kriteria perencanaan tikungan adalah

1. kecepatan rencana (V_r) = 120 km/jam
2. Peninggian rel maksimum (h_{mak}) = 110 mm
3. Jarak tanger antara kedua tikungan (S) = 20 m

Perhitungan alinemen horisontal ini meliputi :

1. Panjang lengkung circle (L_c)
2. Panjang tanger (T_t)
3. Peninggian Rel (h)
4. Pelebaran sepur (w)
5. Jarak tengah tikungan dari perpotongan tanger (E_t)
6. Faktor keamanan

Perhitungan alinemen horisontal yang lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 10, perhitungan tikungan diambil dua buah sebagai contoh uraiannya yaitu :

1. Tikungan di sta 138 + 077,8 – sta 138 + 129,50
 - Peninggian rel (h), menggunakan rumus (4.7) yaitu :

$$h = \frac{5,95}{R} V^2 = \frac{5,95}{2000} \cdot 120^2 = 42,84 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

- Pelebaran Sepur (w),

$$w = \frac{4500}{R} - 8 \dots\dots\dots (6.1)$$

$$= \frac{4500}{2000} - 8 = -5,75 \text{ mm}$$

karena $-5,75 \text{ mm} < 0 \text{ mm}$ berarti pelebaran sepur adalah $= 0 \text{ mm}$.

- Panjang Lengkung Peralihan (PLA)

$$PLA = 0,01 \cdot h \cdot V \dots\dots\dots (6.2)$$

$$= 0,01 \cdot 50 \cdot 120 = 60 \text{ m}$$

- Penggeseran

$$p = \frac{PLA^3}{16 \cdot R^2} \dots\dots\dots (6.3)$$

$$= \frac{60^3}{16 \cdot 2000^2} = 0,003 \text{ m}$$

$$g = \frac{PLA^2}{24 \cdot R} \dots\dots\dots (6.4)$$

$$= \frac{60^2}{24 \cdot 2000} = 0,075 \text{ m}$$

$$y(L) = \frac{PLA^3}{6 \cdot PLA \cdot R} \dots\dots\dots (6.5)$$

$$= \frac{60^3}{6 \cdot 60 \cdot 2000} = 0,3 \text{ m}$$

- Panjang Tangen (Tt)

$$Tt = R \cdot \text{tg } \frac{1}{2} \alpha \dots\dots\dots (6.6)$$

$$= 2000 \cdot \text{tg } \frac{1}{2} \cdot 2,1 = 36 \text{ m}$$

- Panjang Lengkung Circle (Lc)

$$L_c = \frac{\alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{360} \dots \dots \dots (6.7)$$

$$= \frac{2,1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 2000}{360} = 73,3m$$

- Bahaya terhadap gaya guling (Hg)

gaya guling ijin, menggunakan rumus (3.9) dan rumus (3.10) yaitu :

$$a = \frac{V^2}{13 \cdot R} - \frac{g \cdot h}{w} = \frac{120^2}{13 \cdot 2000} - \frac{9,81 \cdot 50}{1067} = 0,094m/det^2$$

$$H_i = a_{mak} \cdot G(loko) \cdot g = 0,041 \cdot 84 \cdot 9,81 = 40,13ton$$

gaya guling yang terjadi,

$$H = a \cdot G = 0,041 \cdot 84 = 3,45ton$$

$$H < H_i$$

- Angka kenyamanan (H)

Gaya pelembaran keluar ijin, menggunakan rumus (3.9) dan rumus (3.10)

yaitu :

$$a = \frac{V^2}{13 \cdot R} - \frac{g \cdot h}{w} = \frac{120^2}{13 \cdot 2000} - \frac{9,81 \cdot 60}{1067} = 0,041m/det^2$$

$$H_i = a_{mak} \cdot G(loko) \cdot g = 0,041 \cdot 41 \cdot 9,81 = 40,13ton$$

gaya pelembaran yang terjadi pada gerbong,

$$H = a \cdot G = 0,041 \cdot 41 = 1,68ton$$

$$H < H_i$$

2. Tikungan sta 151+732,10 – sta 152+156,5

- Peninggian Rel (h), menggunakan rumus (4.7) yaitu :

$$h = \frac{5,95}{R} \cdot V^2 = \frac{5,95}{600} \cdot 120^2 = 142,8 \text{ mm} = \text{ambil} - h \text{ max} = 100 \text{ mm}$$

- Pelebaran sepur (w), menggunakan rumus (6.1) yaitu :

$$w = \frac{4500}{R} - 8 = \frac{4500}{600} - 8 = -0,5 \text{ mm}$$

karena $-5,75 \text{ mm} < 0 \text{ mm}$ berarti pelebaran sepur adalah $= 0 \text{ mm}$

- Panjang Lengkung Peralihan (PLA), menggunakan rumus (6.2) yaitu :

$$PLA = 0,01 \cdot h \cdot V = 0,01 \cdot 100 \cdot 120 = 120 \text{ m}$$

- Penggeseran, menggunakan rumus (6.3), (6.4) dan rumus (6.5) yaitu :

$$p = \frac{PLA^3}{16 \cdot R^2} = \frac{120^3}{16 \cdot 600^2} = 0,3$$

$$g = \frac{PLA^2}{24 \cdot R} = \frac{120^2}{24 \cdot 600} = 1,00 \text{ m}$$

$$y(L) = \frac{PLA^3}{6 \cdot PLA \cdot R} = \frac{120^3}{6 \cdot 120 \cdot 600} = 4,00 \text{ m}$$

- Panjang tangen (Tt), menggunakan rumus (6.6) yaitu :

$$Tt = R \cdot \text{tg } \frac{1}{2} \alpha = 600 \cdot \text{tg } \frac{1}{2} \cdot 39,995 = 217,8 \text{ m}$$

- Panjang Lengkung Circle (Lc), menggunakan rumus (6.7) yaitu :

$$Lc = \frac{\alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{360} = \frac{39,995 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 600}{360} = 508,91 \text{ m}$$

- Bahaya terhadap gaya guling (Hg)

gaya guling ijin, menggunakan rumus (3.9) dan rumus (3.10) yaitu :

$$a = \frac{V^2}{13.R} - \frac{g.h}{w} = \frac{120^2}{13.600} - \frac{9,81.120}{1067} = 0,63m / det^2$$

$$Hi = a_{mak}.G.g = 0,63.84.9,81 = 519,14ton$$

gaya guling yang terjadi,

$$H = a.G = 0,63.84 = 52,92ton$$

$$H < Hi$$

- Angka kenyamanan (H)

Gaya pelemparan keluar ijin, menggunakan rumus (3.9) dan rumus (3.10)

$$\text{yaitu : } a = \frac{V^2}{13.R} - \frac{g.h}{w} = \frac{120^2}{13.600} - \frac{9,81.132}{1067} = 0,63m / det^2$$

$$Hi = a_{mak}.G.g = 0,63.41.9,81 = 253,39ton$$

gaya pelemparan yang terjadi pada gerbong,

$$H = a.G = 0,63.41 = 25,83ton$$

$$H < Hi$$

6.1.2 Perencanaan Alinemen Vertikal

Perencanaan alinemen vertikal berpengaruh terhadap kemampuan daya tarik lokomotif terhadap kereta. Alinemen vertikal ditentukan oleh landai penentu trase jalan kereta api.

Perhitungan alinemen vertikal yang lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 11, dan pada bab ini dicantumkan contoh perhitungan alinemen vertikal Km 108+700 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ landai} &= \frac{PV(109+100) - PI(108+700)}{d(109+100) - d(108+700)} \cdot 1000 \\ &= \frac{93,950 - 93,550}{(109+100) - (108+700)} \cdot 1000 \\ &= 1,00 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_v &= \text{panjang lengkung vertikal} \\ &= \frac{\text{grade}(108+300) - \text{grade}(108+700)}{1000} \cdot 8000 \\ &= \frac{0,00 - 1,00}{1000} \cdot 8000 \\ &= 8,00 \text{ m} \end{aligned}$$

6.2 Perencanaan Kekuatan Rel

Berdasarkan tabel 2.2, maka tipe rel yang dipakai adalah R54

Data :

k = modulus elastisitas konstruksi tubuh jalan rel, diambil 180 kg/cm^2

E = modulus elastisitas kepala rel, diambil $2,1.106 \text{ kg/cm}^2$

I_x = 2346 cm^4

$V_r = 120 \text{ km/jam} \cdot 1,25 = 93,225 \text{ mil/jam}$

$P = 9000 \text{ kg}$

$Y = 7,62 \text{ cm}$

Menggunakan rumus (4.1), (4.2), (4.3) dan rumus (4.4) yaitu :

$$\begin{aligned} Pd &= P + ((0,01 \cdot P \cdot (V_r - 5))) \\ &= 9000 + ((0,01 \cdot 9000 \cdot (93,225 - 5))) \\ &= 16940,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda &= \sqrt[4]{\frac{k}{4 \cdot E \cdot I_x}} \\ &= \sqrt[4]{\frac{180}{4,2,1 \cdot 10^6 \cdot 2346}} \\ &= 0,0098 \text{ (cm}^{-1}\text{)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_0 &= \frac{Pd}{4 \cdot \lambda} \\ &= \frac{16940,25}{4 \cdot 0,0098} \\ &= 432149,25 \text{ kg-cm}\end{aligned}$$

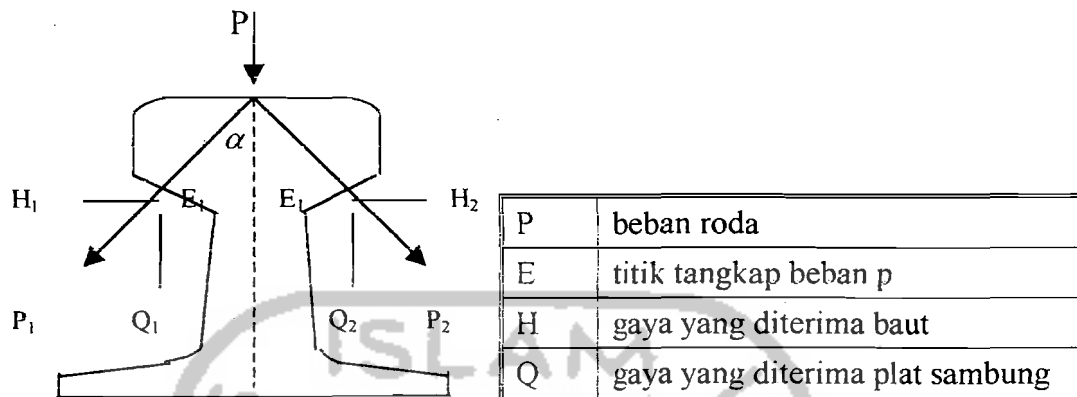
$$\begin{aligned}\delta &= \frac{M \cdot l \cdot Y}{I_x} \\ &= \frac{0,85 \cdot 432149,25 \cdot 7,62}{2346} \\ &= 1193,1 \text{ kg/cm}^2 < \delta' = 1325 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Tabel 6.1 Tegangan ijin rel

Kelas	Tipe Rel	Tegangan Ijin (kg/cm ²)
I	R60	1325
	R54	
II	R54	1325
	R50	
III	R54	1663
	R50	
	R42	
IV	R54	1843
	R50	
	R42	
V	R42	1843

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

6.3 Perencanaan Sambungan Rel



Gambar 6.1 Penyebaran gaya yang diterima baut dan plat sambung

Tabel 6.2 Sudut penyebaran beban terhadap kepala rel

Rel	Tg α
R 42	1 : 4
R 50	15
R 54	1 : 2,75
R 60	1 : 2,93

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

Data :

ϕ = diameter 1"

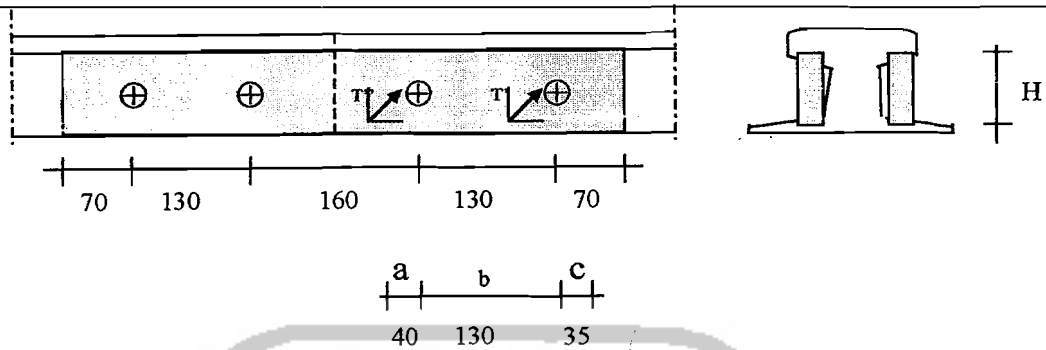
PG = 18000 kg

α = 1 : 2,75

V_r = 120 km/jam \cdot 1,25 = 150 km/jam

t plat = 20 mm

Plat yang digunakan adalah plat standar dari PJKA adalah :



Gambar 6.2 Plat sambung standar PT KAI

$$\begin{aligned}
 A_c &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,54^2 = 5,07 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$N_o = 0,75 \cdot A_c \cdot 4000 = 13890 \text{ kg}$$

Kekuatan baut akibat beban bolak-balik

$$T = 0,5 \cdot N_o = 6945 \text{ kg}$$

$$V_r = 150 \text{ km/jam} = 93,225 \text{ mil/jam}$$

$$P = 2P_1 \cos \alpha$$

$$= 2 \cdot P_1 \cdot \cos 19^\circ 58' 59,18''$$

$$P_1 = 0,53 P$$

$$P_d = P + (0,01 \cdot P \cdot (V_r - 5))$$

$$= 9.000 + ((0,01 \cdot 9000 \cdot (93,225 - 5)))$$

$$= 16940,25 \text{ kg}$$

$$P_1 = 0,52 \cdot 16940,25 \text{ kg}$$

$$= 8978,33 \text{ kg}$$

$$Q = 0,5 \cdot Pd$$

$$= 0,5 \cdot 16940,25 \text{ kg} = 8470,125 \text{ kg}$$

$$H = \frac{1}{4} \cdot P1$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 8978,33 = 2244,58 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada sambungan

$$M = H \cdot (a + b + c)$$

$$= 2244,58 \cdot (4 + 13 + 3,5)$$

$$= 46013,89 \text{ kg-cm}$$

$$H = T' + T''$$

Persamaan momen pada plat sambungan

$$M' = H \cdot (a + b) = T' \cdot b$$

$$= 2244,58 \cdot (4 + 13) = T' \cdot 13$$

$$T' = 2935,22 \text{ kg} < T = 6945 \text{ kg}$$

$$M'' = H \cdot a = T'' \cdot b$$

$$= 2244,58 \cdot 4 = T'' \cdot 13$$

$$= 8978,32 = T'' \cdot 13$$

$$T'' = 690,64 \text{ kg} < T = 6945 \text{ kg}$$

6.4 Perencanaan Panjang Minimum Rel

Data :

Bantalan Beton $\rightarrow r = 450 \text{ kg/m}$

Rel tipe R₅₄ $\rightarrow A = 69,34 \text{ cm}^2$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

$$t = 2,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$l = \frac{E \cdot A \cdot \alpha \cdot t}{r} = \frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 69,34 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (27,6 - 25)}{450 \cdot 100} = 10 \text{ m}$$

Panjang minimum rel panjang tipe R₅₄ dengan bantalan beton :

$$L = 2 \cdot l = 2 \cdot 10 = 20 \text{ m}$$

6.5 Perencanaan Lebar Celah

a. Rel dengan panjang 25 m

Suhu pemasangan (tabel 3.9 PKJRI 1986)

$$t_{\min} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\max} = 44 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Suhu minimum setempat $t_{\min} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$

Menggunakan rumus (4.5) yaitu :

$$G = L \cdot \alpha \cdot (40 - t) + 2$$

$$= 25 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (40 - 25) + 2$$

$$= 6,5 \text{ mm}$$

b. Rel dengan panjang 100 m

Suhu pemasangan (tabel 3.11 PD-10 1986)

$$t_{\max} = 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\min} = 46 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Suhu minimum setempat : $t_{\min} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$t_{\max} = 27,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t = 2,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Menggunakan rumus (4.6) yaitu :

$$G = \frac{E \cdot A \cdot \alpha \cdot t^2}{2 \cdot r} + 2$$

$$G = \frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 69,34 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,6^2}{2 \cdot 450 \cdot 100} + 2 = 2,131 \text{ mm} < 11 \text{ mm}$$

6.6 Perencanaan Balas

Data :

$$\text{PG} = 18000 \text{ kg}$$

$$V_r = 93,225 \text{ mil/jam}$$

Bantalan beton

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$b = 25,3 \text{ cm}$$

$$E = 143108 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_x = 11108 \text{ cm}^4$$

$$\text{P\%} = \text{asumsi persentase beban yang diterima bantalan} = 55 \%$$

a = jarak dari sb. vertikal rel ke ujung bantalan = 46,65 cm

c = $\frac{1}{2}$ jarak antara sumbu vertikal = 53,35 cm

Tebal lapisan balas untuk kelas I berdasarkan PD No. 10

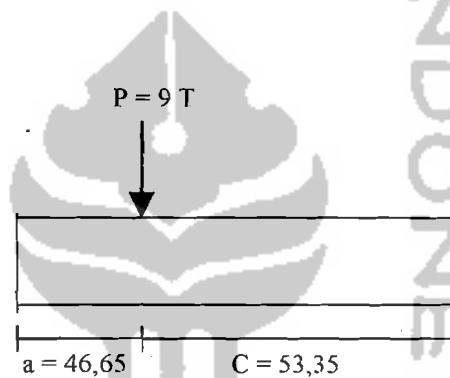
d_1 = 30 cm

d_2 = 40 cm

ke = koefisien reaksi track = 9 kg/cm²

x = 50 cm

M = 60 cm



Gambar 6.3 Tekanan Gandar pada Bantalan

Tabel 6.3 Koefisien reaksi track

Keadaan Balas	ke
Buruk	3
Sedang	8 - 10
Baik	12 - 15

Sumber : Peraturan Dinas No. 10, PJKA, 1986

1. Balas Atas

Lebar tepi balas atas terhadap sumbu jalan kereta (b), menggunakan rumus

(4.10) yaitu :

$$b > \frac{1}{2} \cdot 200 + 50$$

$$b > 150 \text{ cm} ; \text{diambil } b = 155 \text{ cm}$$

tebal lapisan balas bawah telah ditentukan $d_1 = 30 \text{ cm}$

2. Balas Bawah

Tebal lapisan balas bawah $d_2 = 40 \text{ cm}$. Sehingga tebal lapisan balas total

(d) dapat ditentukan dengan rumus (4.11) yaitu :

$$d_2 = d - d_1 \geq 15 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d &= d_1 + d_2 \\ &= 30 + 40 = 70 \text{ cm} \geq 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

3. Perencanaan lebar k_1

a. pada sepur lurus, menggunakan rumus (4.18) yaitu :

$$k_1 \geq b + 2 \cdot d_1 + M$$

$$= 155 + 2 \cdot 30 + 40$$

$$= 255 \text{ cm} = \text{ambil } 260 \text{ cm}$$

b. pada sepur tikungan, menggunakan rumus (4.19), (4.20), dan rumus

(4.21) yaitu :

$$k_1' \cdot l = k_1$$

$$k_1' \cdot l = b + 2 \cdot d_1 + M + 2 \cdot l$$

$$l = \left(b + \frac{w}{2} \right) \left(\frac{h}{w} \right) + t$$

$$= \left(155 + \frac{106,7}{2}\right) \left(\frac{110}{106,7}\right) + 24,33$$

$$= 239,123 \text{ cm}$$

$$b + 2.d_1 + M + 2.l = 260 + 239,123$$

$$k' = \frac{499,123}{239,123}$$

$$= 2,08 \text{ cm}$$

$$k_1' = k' + k$$

$$= 262,08 = \text{ambil } 265 \text{ cm}$$

Sedangkan tegangan yang terjadi di bawah bantalan dapat dihitung dengan rumus (4.16), (4.17), (4.13) yang disebut dengan "Beam on elastic foundation" adalah sebagai berikut :

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4.E.I_x}} = \tau$$

$$k = k_e \cdot b$$

$$= \sqrt[4]{\frac{9 \times 24,335}{4.1431086.11108,69}}$$

$$= 0,0136$$

$$Pd = P + ((0,01.P.(Vr - 5)) \cdot 55 \%$$

$$= 9000 + ((0,01 \cdot 9000 (93,225 - 5)) \cdot 55 \%$$

$$= 9317,13 \text{ kg}$$

$$\delta_1 = \frac{P\tau}{2b} \frac{1}{(\sin \tau_1 + \sinh \tau_1)} (2 \cosh^2 \tau a) (\cos 2\tau c + \cosh \tau_1) +$$

$$2 \cos^2 \tau a [(\cosh 2\tau c + \cos \tau_1 + \sinh 2\tau a (\sinh 2\tau c - \sinh \tau_1) - \sin 2\tau a$$

$$(\sinh 2\tau c - \sinh \tau_1))$$

$$\sigma_1 = \frac{9317,168 \cdot 0,0133}{2,25,3} \cdot \frac{1}{(0,0464 + 7,113)} \cdot (2,1,437 \cdot (0,9997 + 7,1831$$

$$+ 2 \cdot 0,9999 (2,1877 + 0,9989) + 1,5848 (1,9458 - 7,1132)$$

$$- 0,0217 (1,9458 - 0,0464)$$

$$\sigma_1 = 6,1865 \text{ kg/cm}^2$$

6.7 Perencanaan Subgrade

Tegangan yang terjadi dibawah lapisan balas (d = 70 cm) dapat ditentukan dengan rumus :

$$\sigma_2 = \frac{58 \cdot \sigma_1}{(10 + d)^{1,35}} = \frac{58 \cdot 6,1865}{(10 + 70)^{1,35}} = 0,9676 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan ini akan bekerja pada lapisan “sub Grade” dimana di setiap lokasi mempunyai tegangan tanah ijin (qu) yang berbeda-beda, untuk keadaan lapangan dari hasil penyelidikan tanah didapatkan :

Diambil Qu ijin terkecil di KM 137+000 didapat Qu = 0,278 kg/cm² (lihat lampiran 12). Pengambilan Qu ijin ini dengan alasan bahwa bila Qu ijin terkecil belum bisa memenuhi Qu lapangan, maka bisa dikatakan subgrade tidak dapat memenuhi 100% syarat keamanan. Apabila Qu ijin subgrade ternyata lebih kecil dari Qu lapangan, maka Qu ijin subgrade dan Qu-Qu lainnya yang tidak

memenuhi syarat tersebut dapat ditingkatkan tegangannya dengan beberapa metoda (misalnya dengan geotekstil).

6.8 Perencanaan Lapisan Tubuh Jalan Rel

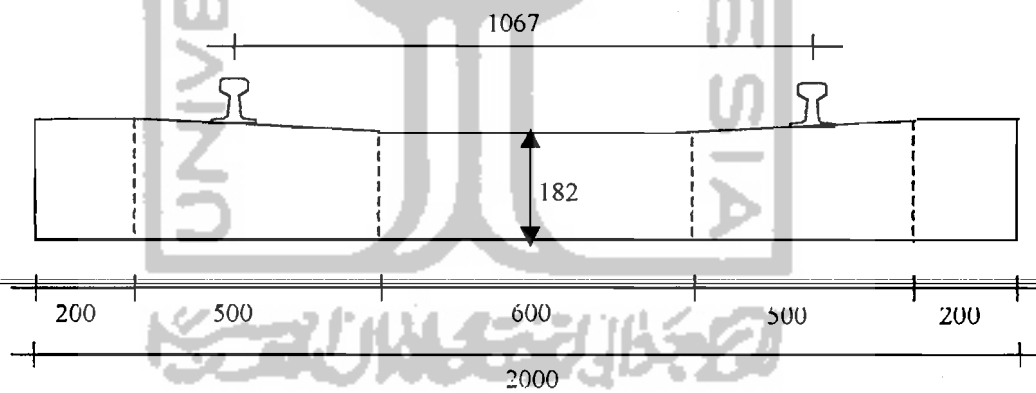
Perencanaan tubuh jalan kereta api didasarkan keadaan tanah setempat, beban yang bekerja pada lapisan tanah dasar adalah sebagai berikut :

a. Pengaruh jarak bantalan

Pada umumnya setiap satu kilometer panjang jalan kereta api diperlukan bantalan beton sebanyak 1667 buah, maka jarak bantalan beton adalah :

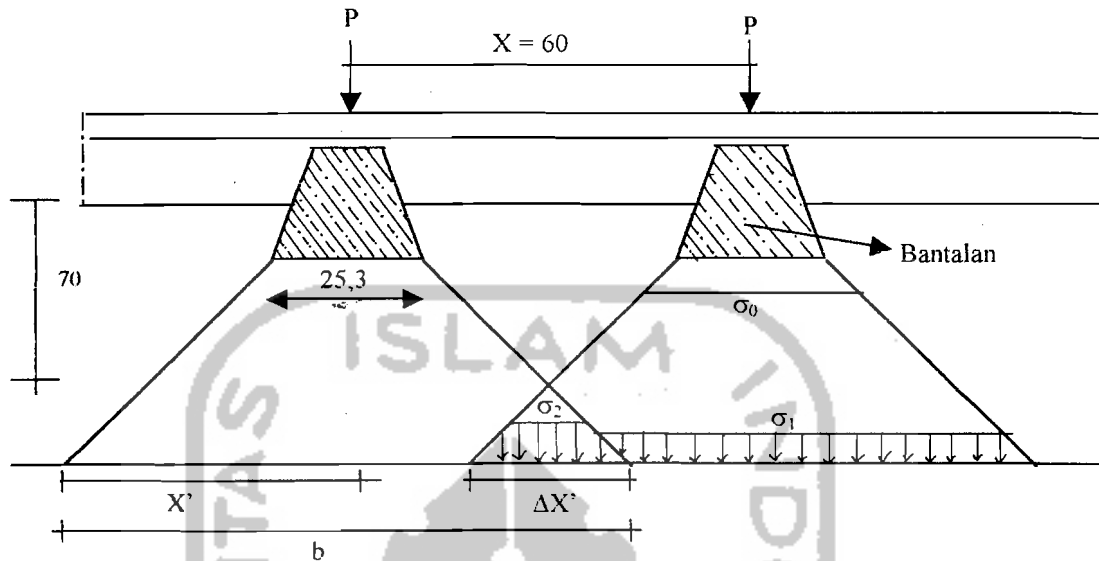
$$x = \frac{100000}{1667} = 59,988 \approx 60\text{cm}$$

Dimensi bantalan beton yang dipakai adalah :



Gambar 6.4 Dimensi Bantalan Beton

Tegangan yang terjadi dapat digambarkan sebagai berikut :



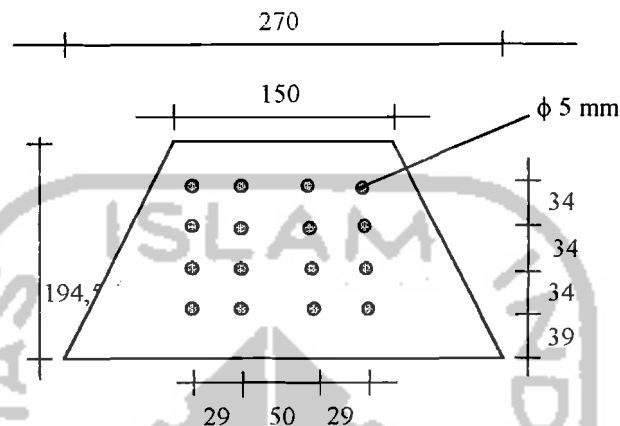
Gambar 6.5 Skema tegangan pada balas

b. *Overlap Force*

Terjadi *overlap force* ($\delta 2$) yang letaknya setelah kedalaman 70 cm di bawah rel. Tegangan ini menyebabkan tanah terbebani dua kali tekanan dari tekanan awal. Oleh karena itu kedalaman balas tidak direncanakan tidak melebihi 70 cm (tegangan pada $d=70$ cm sudah aman, sehingga tidak perlu menambah tebal balas).

6.9 Perencanaan Bantalan Beton Pratekan

a. Momen Inersia dibawah rel



Gambar 6.6 Penampang Bantalan di Tumpuan

Dipakai baja $\phi = 5 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 5^2 = 19,635 \text{ mm}^2$$

Diinterpolasi dari ujung bantalan sampai dengan bantalan dibawah rel seperti terlihat padanya Gambar 6.8 maka didapatkan tinggi (h) bantalan dibawah rel seperti terlihat dibawah ini :

$$h = \frac{194,5 - 182}{50} \cdot 23,35 + 182 = 187,8375 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_c &= 243,35 \cdot 187,8375 + 2 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 46,65 \cdot 187,8375 \right) \\ &= 54472,875 \text{ mm}^2 = 544,7288 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

statis momen terhadap sisi bawah bantalan (Y_b)

$$Y_b = \frac{150 \cdot 187,8375 \cdot 93,9188 + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 46,675 \cdot 187,8375 \cdot 62,6125}{150 \cdot 187,8375 + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 46,675 \cdot 187,8375} = 86,489 \text{ mm}$$

$$= 8,6489 \text{ cm}$$

$$I_x = (1/12) \cdot 150 \cdot 187,8375^3 = 82843208,61 \text{ mm}^4$$

$$150 \cdot 187,8375 \cdot 7,4298^2 = 1555348,824 \text{ mm}^4$$

$$2 \cdot (1/12) \cdot 46,675 \cdot 187,8375^3 = 51556090,16 \text{ mm}^4$$

$$2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 46,675 \cdot 187,8375 \cdot 38,736^2 = 13155161,08 \text{ mm}^4$$

$$4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 54,511^2 = 3500664,209 \text{ mm}^4$$

$$4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 20,511^2 = 495627,9907 \text{ mm}^4$$

$$4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 13,489^2 = 214358,9719 \text{ mm}^4$$

$$4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 47,489^2 = 2656857,153 \text{ mm}^4$$

$$I_x = 155977317 \text{ mm}^4$$

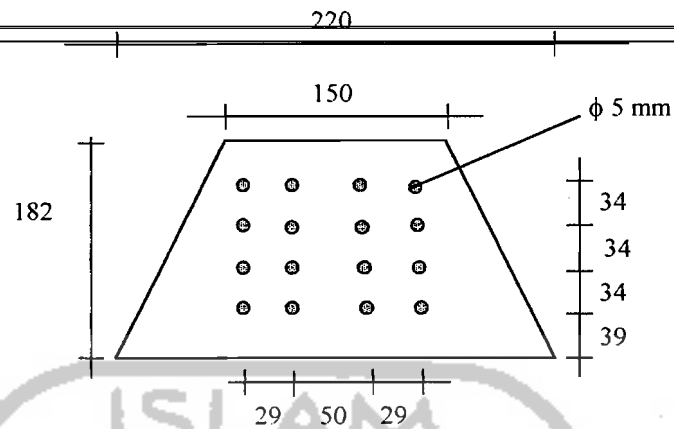
b. Momen Inersia di Tengah Bantalan

Dipakai baja $\phi = 5 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 5^2 = 19,635 \text{ mm}^2$$

$$A_c = 150 \cdot 182 + 2 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 35 \cdot 182)$$

$$= 33670 \text{ mm}^2 = 336,7 \text{ cm}^2$$

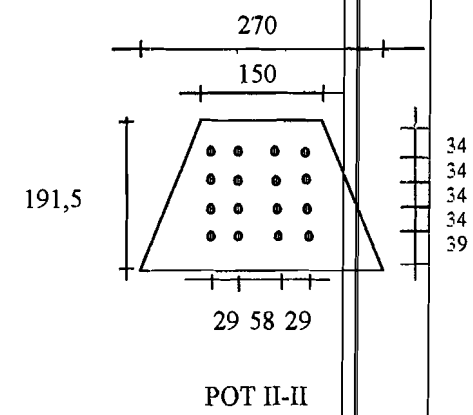
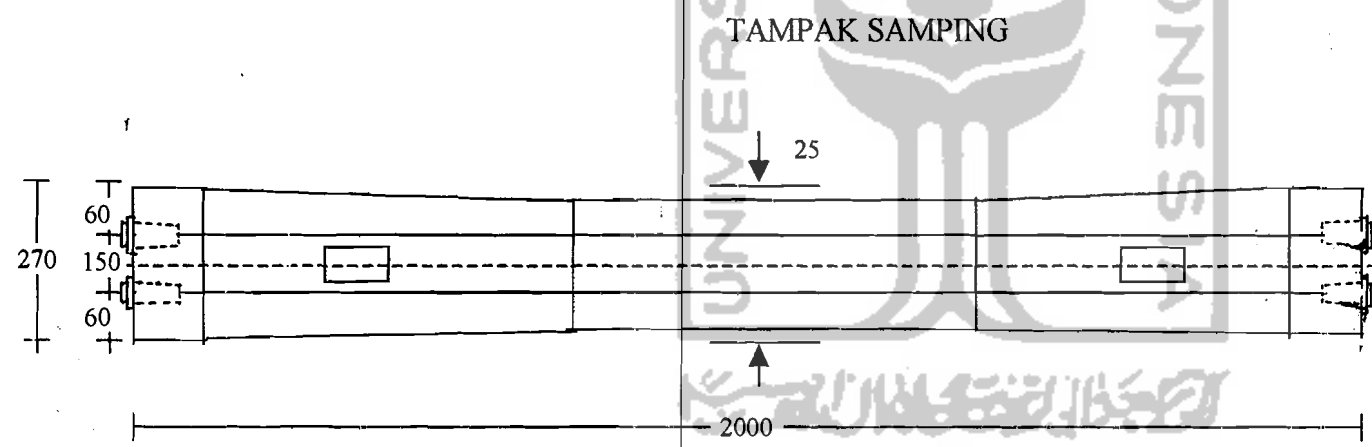
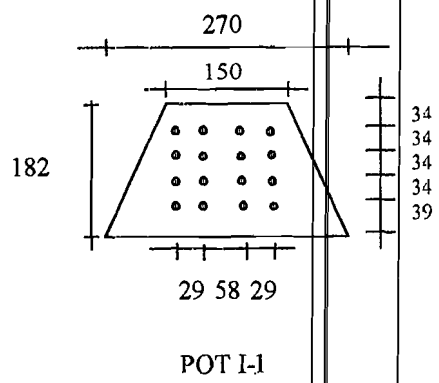
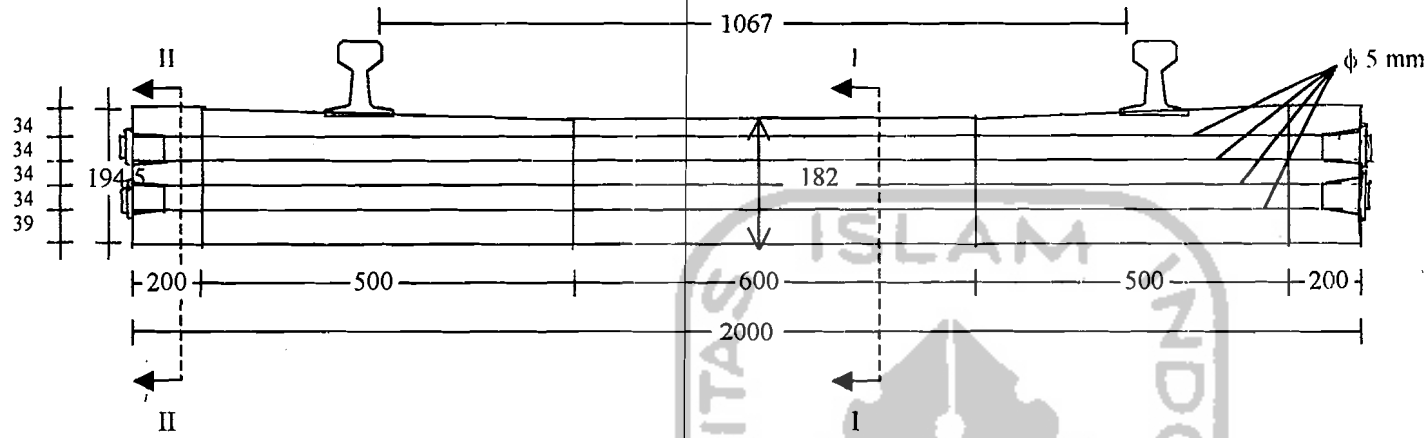


Gambar 6.7 Penampang Bantalan di Tengah Bantalan

statis momen terhadap sisi bawah bantalan (Y_b)

$$Y_b = \frac{150 \cdot 182 \cdot 91 + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 35 \cdot 182 \cdot 60,667}{150 \cdot 182 + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 35 \cdot 182} = 85,261 \text{ mm} = 8,5261 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_x &= (1/12) \cdot 150 \cdot 182^3 &&= 75357100 \text{ mm}^4 \\ &150 \cdot 182 \cdot 5,739^2 &&= 899156,1033 \text{ mm}^4 \\ &2 \cdot (1/12) \cdot 35 \cdot 182^3 &&= 35166646,67 \text{ mm}^4 \\ &2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 150 \cdot 182 \cdot 36,072^2 &&= 35522464,72 \text{ mm}^4 \\ &4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 55,739^2 &&= 3660163,634 \text{ mm}^4 \\ &4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 21,739^2 &&= 556751,353 \text{ mm}^4 \\ &4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 12,261^2 &&= 177106,2718 \text{ mm}^4 \\ &4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 46,261^2 &&= 2521228,391 \text{ mm}^4 \\ &\hline I_x &= 153860617,1 \text{ mm}^4 \\ &= 15386,06171 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$



TAMPAK SAMPING

TAMPAK ATAS

Gambar 6.8 Konstruksi Bantalan Beton Pratekan

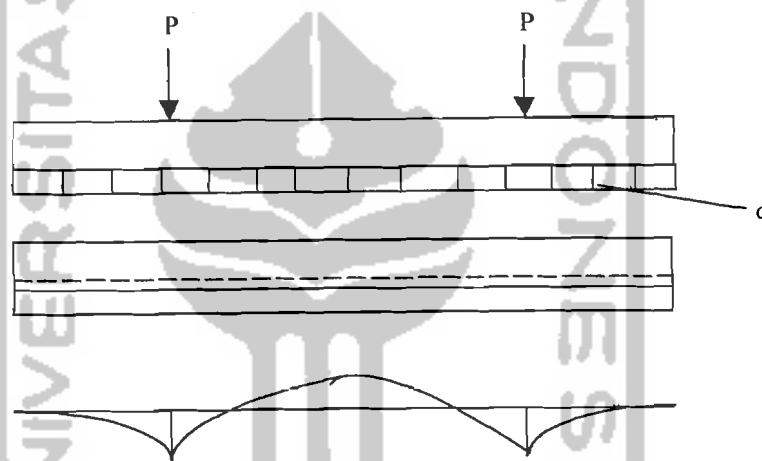
c. Beban yang bekerja pada konstruksi bantalan beton $P_d = 9317,168 \text{ kg}$

Tekanan yang terjadi dibawah bantalan akibat beban P_d yang bekerja pada bantalan sebesar $\sigma = 6,1865 \text{ kg/cm}^2$

Lebar bantalan 25,3 cm, maka

$$q = \sigma \cdot b = 6,1865 \cdot 25,3 = 156,518 \text{ kg/cm}$$

Perencanaan berdasarkan keseimbangan beban "load balance", q
balance = 35%



Gambar 6.9 Diagram Momen pada Balok

$$q_b = 0,35 \cdot 156,518 = 54,7813 \text{ kg/cm}$$

Harga e (eksentrisitas) untuk :

- dibawah bantalan $e_1 = 90 - 86,489 = 3,511 \text{ mm} = 0,3511 \text{ cm}$
- ditengah bantalan $e_2 = 90 - 85,261 = 4,739 \text{ mm} = 0,4739 \text{ cm}$

Gaya initial akibat pengimbangan beban (P_1) ditentukan sebagai berikut :

- Ditumpuan bantalan

$$P_1 = \frac{Q \cdot L^2}{2 \cdot e_1} = \frac{54,7813 \cdot 46,65^2}{2 \cdot 0,3511} = 169775,4167 \text{ kg}$$

- Ditengah Bantalan

$$P_1 = \frac{Q.L^2}{8.e_2} = \frac{54,7813.106,7^2}{8.0,4739} = 164507,036kg$$

d. Analisa tegangan tahap pratekan awal

Tegangan di tumpuan bantalan

- sisi atas :

$$\sigma = \frac{P_1}{A} - \frac{P_1.e.Y_a}{Ix} \dots\dots\dots (6.8)$$

$$\sigma = \frac{169775,4167}{544,7288} - \frac{169775,4167.0,3511.10,8011}{15597,7317} = 270,392kg/cm^2$$

- sisi bawah :

$$\sigma = \frac{P_1}{A} + \frac{P_1.e.Y_b}{Ix} \dots\dots\dots (6.9)$$

$$\sigma = \frac{169775,4167}{544,7288} + \frac{169775,4167.0,3511.8,6489}{15597,7317} = 344,722kg/cm^2$$

Tegangan di tengah Bantalan

- sisi atas :

$$\sigma = \frac{P_1}{A} - \frac{P_1.e.Y_a}{Ix} \dots\dots\dots (6.10)$$

$$\sigma = \frac{164507,036}{336,7} - \frac{164507,036.0,4739.9,6739}{15386,0617} = 439,57kg/cm^2$$

- sisi bawah :

$$\sigma = \frac{P_1}{A} + \frac{P_1.e.Y_b}{Ix} \dots\dots\dots (6.11)$$

$$\sigma = \frac{164507,036}{336,7} + \frac{164507,036.0,4739.8,5261}{15386,0617} = 499,53kg/cm^2$$

e. Analisa tegangan tahap pra-tekan efektif

$$P_e = P_1 \cdot (1 - R) \dots\dots\dots (6.12)$$

R : pengurangan beban akibat "lose of prestress"

Besarnya R adalah :

$F_1 = 4 \%$ (akibat perpendekan elastis)

$F_2 = 6 \%$ (akibat rangkai beton "creep")

$F_3 = 7 \%$ (akibat susut beton "shrinkage")

$F_4 = 8 \%$ (akibat relaksasi baja)

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 25 \%$$

Tegangan efektif ditumpuan bantalan, menggunakan rumus (6.12) :

$$P_e = 169775,4167 \cdot (1 - 0,25) = 127331,5625 \text{ kg}$$

- sisi atas :

$$\sigma = \frac{P_e}{A} - \frac{P_e \cdot e \cdot Y_a}{I_x} \dots\dots\dots (6.13)$$

$$\sigma = \frac{127331,5625}{544,7288} - \frac{127331,5625 \cdot 0,3511 \cdot 10,8011}{15597,7317} = 202,794 \text{ kg / cm}^2$$

- sisi bawah :

$$\sigma = \frac{P_e}{A} + \frac{P_e \cdot e \cdot Y_b}{I_x} \dots\dots\dots (6.14)$$

$$\sigma = \frac{127331,5625}{544,7288} + \frac{127331,5625 \cdot 0,3511 \cdot 8,6489}{15597,7317} = 258,5416 \text{ kg / cm}^2$$

Tegangan efektif di tengah bantalan, menggunakan rumus (6.12) :

$$P_e = 164507,036 \cdot (1 - 0,25) = 123380,277 \text{ kg}$$

- sisi atas :

$$\sigma = \frac{P_e}{A} - \frac{P_e \cdot e \cdot Y_a}{I_x} \dots\dots\dots (6.15)$$

$$\sigma = \frac{123380,277}{336,7} - \frac{123380,277 \cdot 0,4739 \cdot 9,6739}{15386,0617} = 329,677 \text{ kg/cm}^2$$

- sisi bawah :

$$\sigma = \frac{P_e}{A} + \frac{P_e \cdot e \cdot Y_b}{I_x} \dots\dots\dots (6.16)$$

$$\sigma = \frac{123380,277}{336,7} + \frac{123380,277 \cdot 0,4739 \cdot 8,5261}{15386,0617} = 398,841 \text{ kg/cm}^2$$

Berdasarkan pada Peraturan Konstruksi Jalan Rel Indonesia 1986, untuk bantalan beton pra tekan, mutu beton harus mempunyai kuat desak karakteristik tidak kurang dari 500 kg/cm^2 ($\sigma'_{ds} = 500 \text{ kg/cm}^2$) $> \sigma = 398,841 \text{ kg/cm}^2$

6.10 Perencanaan Pematusan / Drainasi

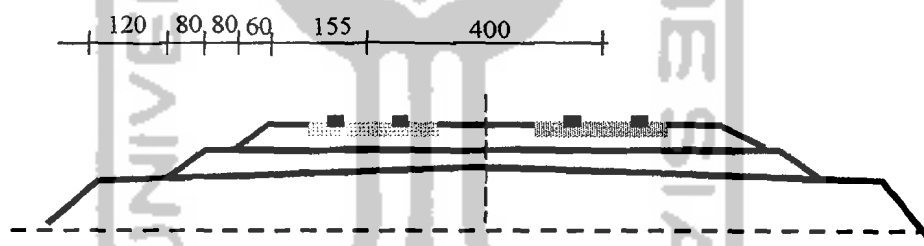
Perencanaan pematusan didasarkan pada intensitas curah hujan rata-rata maksimum yang dihitung dengan cara sebagai berikut :

1. Data curah hujan harian rata-rata maksimum, pada lokasi di tempat pengamatan Ngelo, Kabupaten Klaten, Kecamatan Prambanan, $X_1 = 210,1063 \text{ mm/hari}$.
 - a. lamanya waktu konsentrasi hujan mak $t = 8 \text{ jam}$

b. Intensitas hujan dapat dihitung :

$$I = \frac{210,1063}{24} \cdot \left(\frac{24}{8}\right)^{2/3} = 18,2099 \text{ mm / jam}$$

Mendimensi pematusan melintang pada tubuh jalan kereta api. Luas daerah hujan $A = 0,01390 \text{ km}^2$ (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil $V = 0,4 \text{ m/det}$ dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran $C = 0,2$ (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Daerah milik jalan 11 m dari sumbu jalan kereta api.



$$B = 400 + 2(120 + 80 + 80 + 60 + 155) = 1390 \text{ cm}$$

Gambar 6.10 Luas Daerah yang di drain melintang

c. debit air yang harus dibuang Q_1

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2 \cdot 18,1568 \cdot 0,01390 = \frac{0,014}{2} = 0,007 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$Q_s = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2 \cdot 18,1568 \cdot 0,00605 = 0,0061 \text{ m}^3 / \text{det}$$

d. debit air yang harus ditampung oleh pematusan Q_2 , menggunakan rumus (4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot (Q_1 + Q_s)$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot (0,007 + 0,0061) = 0,01572 \text{ m}^3/\text{det}$$

e. luas saluran yang dibutuhkan A_2 , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

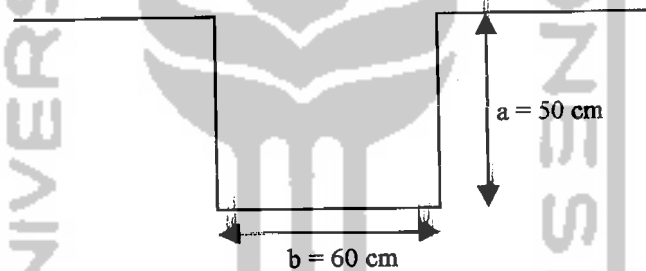
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,01572}{0,4} = 0,0393 \text{ m}^2$$

Diambil $b = 0,6 \text{ m}$, sehingga tinggi air (h) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0393}{0,6} = 0,0655 \text{ m} = 6,55 \text{ cm}$$

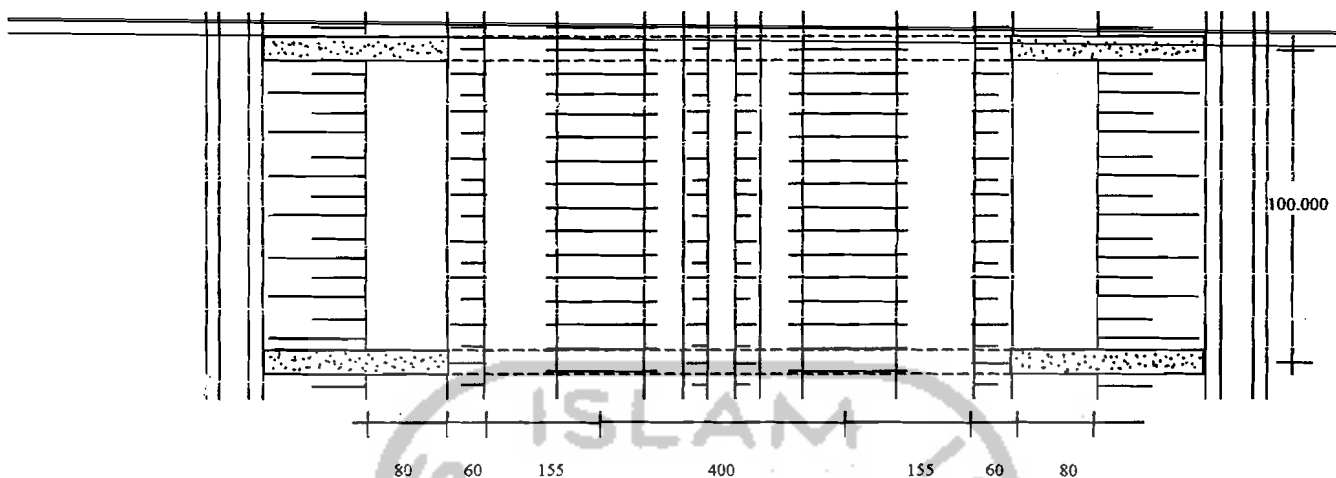
Dipakai dimensi $a = 50 \text{ cm}$, $b = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.11 Penampang Melintang Drainase

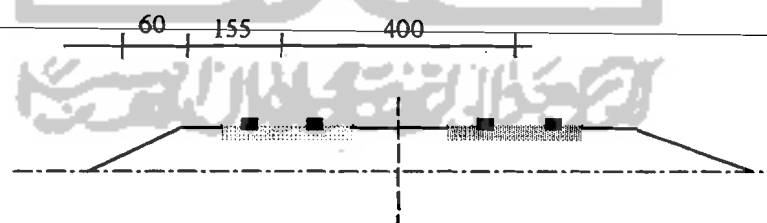
$$Q = A \cdot V = (0,5 \cdot 0,6) \cdot 0,4$$

$$= 0,12 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,0131 \text{ m}^3/\text{det}$$



Gambar 6.12 Pematusan melintang pada tubuh jalan rel

Mendimensi pematusan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan kereta api. Luas daerah hujan $A = 0,00415 \text{ km}^2$ (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil $V = 0,5 \text{ m/det}$ dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran $C = 0,3$ (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2



$$B = 200 + 155 + 60 = 415 \text{ cm}$$

Gambar 6.13 Luas daerah yang di drain memanjang

f. debit air yang harus dibuang Q_1

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 18,1568 \cdot 0,00415 = 0,00628 \text{ m}^3 / \text{det}$$

debit air yang harus ditampung oleh pematusan Q_2 , menggunakan rumus

(4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot Q_1$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,00628 = 0,007536 \text{ m}^3/\text{det}$$

h. luas saluran yang dibutuhkan A_2 , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

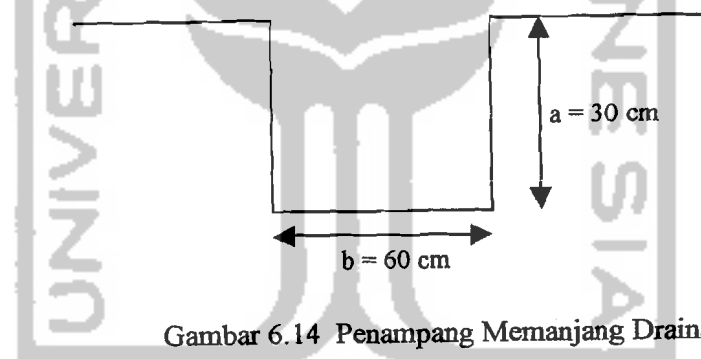
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,007536}{0,8} = 0,00942 \text{ m}^2$$

Diambil $b = 0,6 \text{ m}$, sehingga tinggi air (h) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,00942}{0,3} = 0,0314 \text{ m} = 3,14 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi $a = 30 \text{ cm}$, $b = 30 \text{ cm}$



Gambar 6.14 Penampang Memanjang Drainasi

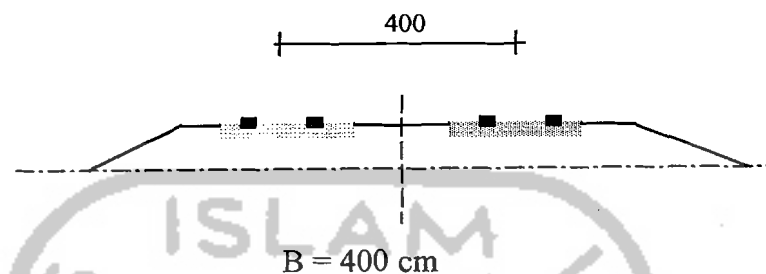
$$Q = A \cdot V = (0,3 \cdot 0,6) \cdot 0,5$$

$$= 0,09 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,00628 \text{ m}^3/\text{det}$$

Mendimensi pematusan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan kereta api. Luas daerah hujan $A = 0,004 \text{ km}^2$ (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil $V = 0,5 \text{ m/det}$ dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan

koefisien pengaliran $C = 0,2$ (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat

dilihat pada lampiran 14 tabel 2



Gambar 6.15 Luas daerah yang di drain memanjang

- i. debit air yang harus dibuang Q_1

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 18,1568 \cdot 0,004 = 0,00605 \text{ m}^3 / \text{det}$$

- j. debit air yang harus ditampung oleh pematasan Q_2 , menggunakan rumus (4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot Q_1$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,00605 = 0,007263 \text{ m}^3 / \text{det}$$

- k. luas saluran yang dibutuhkan A_2 , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

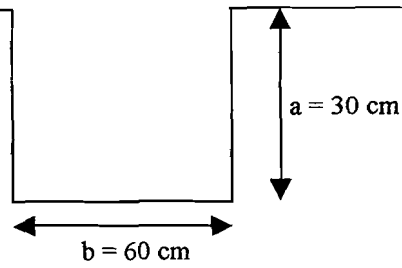
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,007263}{0,5} = 0,0145 \text{ m}^2$$

Diambil $b = 0,6 \text{ m}$, sehingga tinggi air (h) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0145}{0,6} = 0,0242 \text{ m} = 2,42 \text{ cm}$$

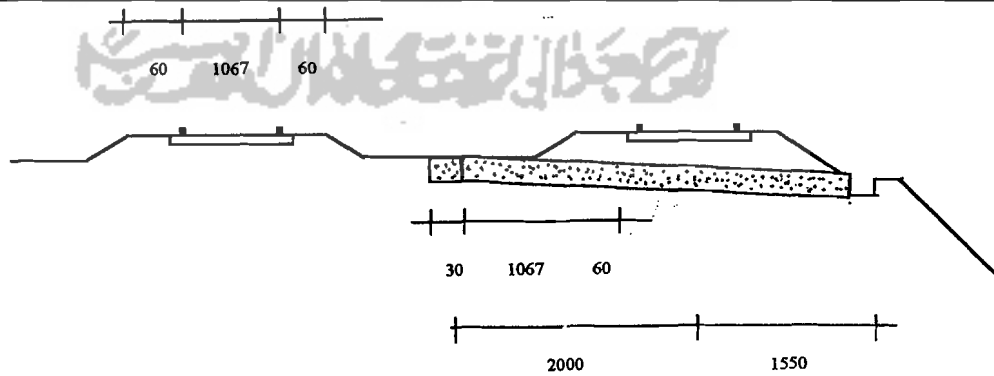
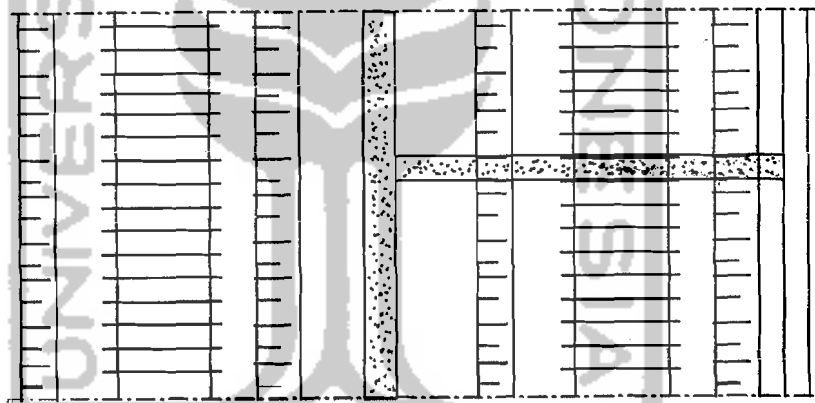
Dipakai dimensi $a = 30 \text{ cm}$, $b = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.16 Penampang Memanjang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,3 \cdot 0,6) \cdot 0,5$$

$$= 0,09 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,00605 \text{ m}^3/\text{det}$$



Gambar 6.17 Pematusan memanjang jalan rel ganda

2. Data curah hujan harian rata-rata maksimum, pada lokasi di stasiun

pengamatan curah hujan BD. Wantil, Kecamatan Delanggu, Kabupaten Klaten

- $X_2 = 207,206$ mm/hari
- Lamanya waktu konsentasi hujan mak $t = 8$ jam
- Intensitas hujan dapat dihitung :

$$I = \frac{207,206}{24} \cdot \left(\frac{24}{8}\right)^{2/3} = 17,9586 \text{ mm/jam}$$

Mendimensi pematusan melintang pada tubuh jalan kereta api. Luas daerah hujan $A = 0,01390 \text{ km}^2$ (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil $V = 0,4$ m/det dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran $C = 0,2$ (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Daerah milik jalan sepanjang 11 m dari sumbu jalan kereta api. Lihat pada Gambar 6.10 pada halaman 98.

- debit air yang harus dibuang Q_1

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2 \cdot 17,9586 \cdot 0,01390 = \frac{0,01387}{2} = 0,0069 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$Q_s = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2 \cdot 17,9586 \cdot 0,00605 = 0,006 \text{ m}^3 / \text{det}$$

- debit air yang harus ditampung oleh pematusan Q_2 , menggunakan rumus(4.23) yaitu :

$$Q_2 = 1,2 \cdot (0,0069 + 0,006) = 0,0155 \text{ m}^3 / \text{det}$$

f. luas saluran yang dibutuhkan A_2 , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

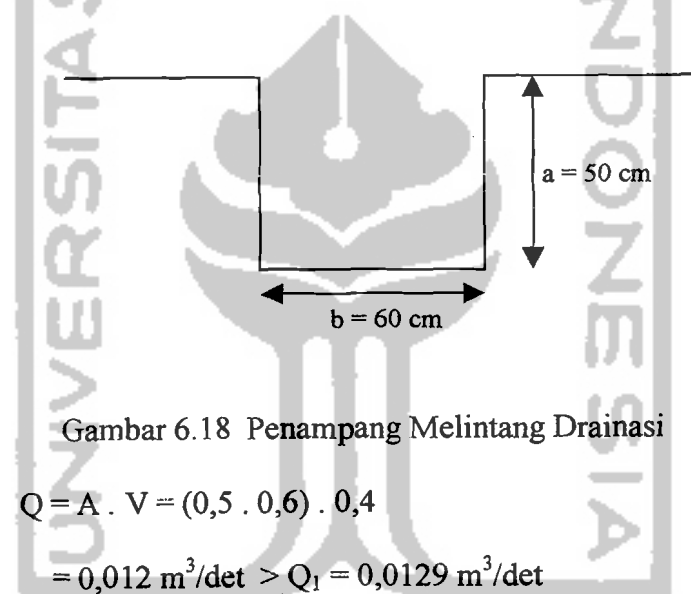
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,0155}{0,4} = 0,0388m^2$$

Diambil $b = 0,6$ m, sehingga tinggi air (h) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0388}{0,6} = 0,065m = 6,5cm$$

Dipakai dimensi $a = 50$ cm, $b = 60$ cm



Gambar 6.18 Penampang Melintang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,5 \cdot 0,6) \cdot 0,4$$

$$= 0,012 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,0129 \text{ m}^3/\text{det}$$

Mendimensi pematuan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan kereta api. Luas daerah hujan $A = 0,00415 \text{ km}^2$ (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil $V = 0,5 \text{ m/det}$ dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran $C = 0,3$ (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Lihat Gambar 6.13 pada halaman 100.

g. debit air yang harus dibuang Q_1

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C.I.A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 17,9586 \cdot 0,00415 = 0,0062 \text{ m}^3 / \text{det}$$

h. debit air yang harus ditampung oleh pematusan Q_2 , menggunakan rumus (4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot Q_1$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,0062 = 0,00744 \text{ m}^3 / \text{det}$$

i. luas saluran yang dibutuhkan A_2 , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

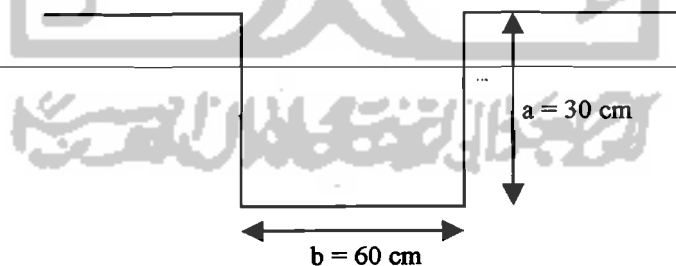
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,00744}{0,5} = 0,0149 \text{ m}^2$$

Diambil $b = 0,6 \text{ m}$, sehingga tinggi air (h) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0149}{0,6} = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi $a = 30 \text{ cm}$, $b = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.19 Penampang Memanjang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,3 \cdot 0,6) \cdot 0,5$$

$$= 0,09 \text{ m}^3 / \text{det} > Q_1 = 0,00628 \text{ m}^3 / \text{det}$$

Mendimensi pematusan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan

kereta api. Luas daerah hujan $A = 0,004 \text{ km}^2$ (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil $V = 0,5 \text{ m/det}$ dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran $C = 0,3$ (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Lihat gambar 6.15 pada halaman 103.

j. debit air yang harus dibuang Q_1

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C.I.A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 17,9586 \cdot 0,004 = 0,005986 \text{ m}^3 / \text{det}$$

k. debit air yang harus ditampung oleh pematusan Q_2 , menggunakan rumus

(4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot Q_1$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,005986 = 0,007183 \text{ m}^3/\text{det}$$

l. luas saluran yang dibutuhkan A_2 , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

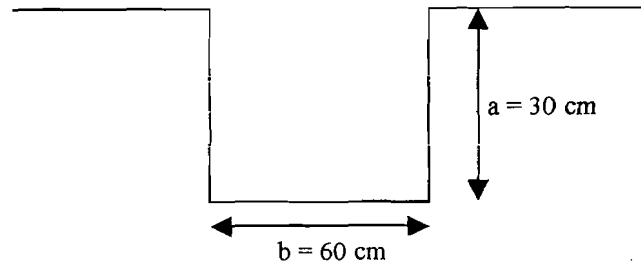
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,007183}{0,5} = 0,0144 \text{ m}^2$$

Diambil $b = 0,6 \text{ m}$, sehingga tinggi air (h) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0144}{0,6} = 0,024 \text{ m} = 2,4 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi $a = 30 \text{ cm}$, $b = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.20 Penampang Memanjang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,1 \cdot 0,3) \cdot 0,8$$

$$0,024 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,007183 \text{ m}^3/\text{det}$$

3. Data curah hujan harian rata-rata maksimum, pada lokasi di stasiun pengamatan Klaten Utara, Kecamatan Klaten Utara, Kabupaten Klaten
 - a. $X_3 = 173,575 \text{ mm/hari}$
 - b. lamanya waktu konsentasi hujan mak $t = 8 \text{ jam}$
 - c. intensitas hujan dapat dihitung :

$$I = \frac{173,575}{24} \cdot \left(\frac{24}{8}\right)^{2/3} = 15,0438 \text{ mm/jam}$$

Mendimensi pematasan melintang pada tubuh jalan kereta api.

Luas daerah hujan $A = 0,01390 \text{ km}^2$ (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil $V = 0,4 \text{ m/det}$ dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran $C = 0,2$ (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2 dan daerah milik jalan 11 m dari sumbu jalan kereta api. Lihat Gambar 6.10 pada halaman 99.

d. debit air yang harus dibuang Q_1

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C.I.A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2.15,0438.0,01390 = \frac{0,01162}{2} = 0,0058 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$Q_s = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2.15,0438.0,00605 = 0,0051 \text{ m}^3 / \text{det}$$

e. debit air yang harus ditampung oleh pematusan Q_2 , lihat rumus (4.23) :

$$Q_2 = 1,2 \cdot (0,0058 + 0,0051) = 0,0131 \text{ m}^3 / \text{det}$$

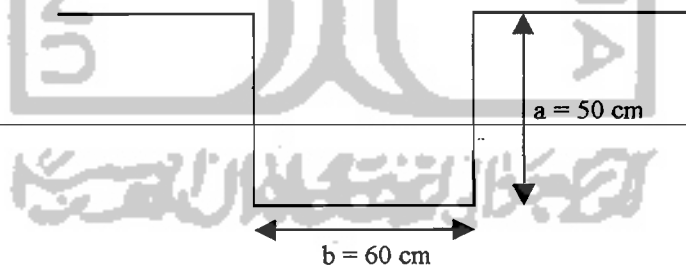
f. luas saluran yang dibutuhkan A_2 , lihat rumus (4.24) :

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,0131}{0,4} = 0,0328 \text{ m}^2$$

Diambil $b = 0,6 \text{ m}$

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0328}{0,6} = 0,055 \text{ m} = 5,5 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi $a = 50 \text{ cm}$, $b = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.21 Penampang Melintang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,5 \cdot 0,6) \cdot 0,4$$

$$= 0,012 \text{ m}^3 / \text{det} > Q_1 = 0,0109 \text{ m}^3 / \text{det}$$

 Mendimensi pematusan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan

kereta api. Luas daerah hujan $A = 0,00415 \text{ km}^2$ (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil $V = 0,5 \text{ m/det}$ dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran $C = 0,3$ (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Lihat Gambar 6.13 pada halaman 101.

- g. debit air yang harus dibuang Q_1

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 15,0438 \cdot 0,00415 = 0,0052 \text{ m}^3 / \text{det}$$

- h. debit air yang harus ditampung oleh pematusan Q_2 , menggunakan rumus (4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot Q_1$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,0052 = 0,00624 \text{ m}^3 / \text{det}$$

- i. luas saluran yang dibutuhkan A_2 , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

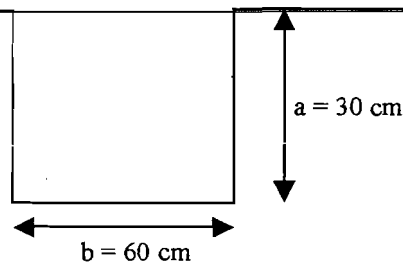
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,00624}{0,5} = 0,0125 \text{ m}^2$$

Diambil $b = 0,6 \text{ m}$, sehingga tinggi air (h) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0125}{0,6} = 0,021 \text{ m} = 2,1 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi $a = 30 \text{ cm}$, $b = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.22 Penampang Memanjang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,3 \cdot 0,6) \cdot 0,5$$

$$= 0,09 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,0052 \text{ m}^3/\text{det}$$

Mendimensi pematusan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan kereta api. Luas daerah hujan $A = 0,004 \text{ km}^2$ (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil $V = 0,5 \text{ m/det}$ dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran $C = 0,3$ (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Lihat gambar 6.15 pada halaman 103.

j. debit air yang harus dibuang Q_1

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 15,0438 \cdot 0,004 = 0,005015 \text{ m}^3 / \text{det}$$

k. debit air yang harus ditampung oleh pematusan Q_2 , lihat rumus (4.23)

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,05015 = 0,006018 \text{ m}^3/\text{det}$$

l. luas saluran yang dibutuhkan A_2 , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

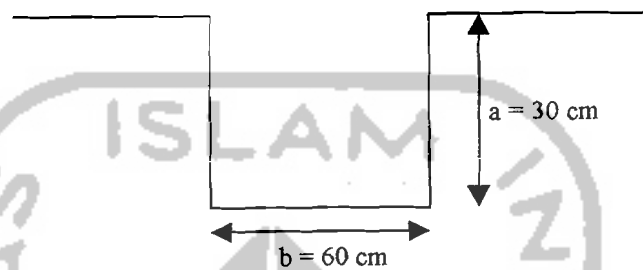
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,006018}{0,5} = 0,012 \text{ m}^2$$

Diambil $b = 0,6$ m, sehingga tinggi air (h) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,012}{0,6} = 0,02m = 2,00cm$$

Dipakai dimensi $a = 30$ cm, $b = 60$ cm

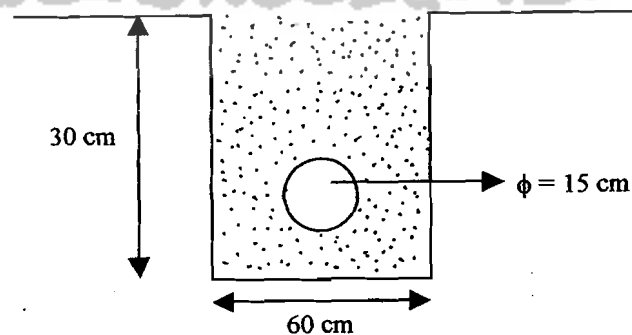


Gambar 6.23 Penampang Memanjang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,3 \cdot 0,6) \cdot 0,5$$

$$= 0,09 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,006018 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk saluran pematusan melintang pada tubuh jalan kereta api, digunakan saluran dengan dimensi kedalaman (a) = 30 cm, lebar (b) = 60 cm. Untuk saluran pematusan memanjang pada tubuh jalan kereta api, digunakan saluran dengan dimensi kedalaman (a) = 50 cm, lebar (b) = 60 cm. Bahan saluran dari susunan kerikil/koral dan pasir. Lihat gambar 6.24



Gambar 6.24--Penampang Melintang Pematusan jalan KA