

KULIAH PRASARANA TRANSPORTASI PERTEMUAN KE-8

PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN REL

A. KETENTUAN UMUM

1. Standar Jalan Rel

Segala ketentuan yang berkaitan dengan jenis komponen jalan rel di dalam perencanaan geometrik jalan rel tertuang dalam Tabel Klasifikasi Jalan Rel PD.10 tahun 1986.

Ketentuan tersebut diantaranya : kelas jalan, daya lintas/angkut, kecepatan maksimum, tipe rel, jenis bantalan dan jarak, jenis penambat rel dan struktur balasnya.

2. Kecepatan dan Beban Gandar

Dalam ketentuan PD 10 tahun 1986, terdapat beberapa tipe kecepatan yang digunakan dalam perencanaan, yaitu :

a. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel.

a). Untuk perencanaan struktur jalan rel

$$V_{\text{rencana}} = 1,25 \times V_{\text{maksimum}}$$

b). Untuk perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan peralihan

$$V_{\text{rencana}} = V_{\text{maksimum}}$$

c). Untuk perencanaan peninggian rel

$$V_{\text{rencana}} = c \times \frac{\sum N_i V_i}{\sum N_i}$$

$$c = 1,25$$

N_i = Jumlah kereta api yang lewat

V_i = Kecepatan operasi

b. Kecepatan Maksimum

Kecepatan maksimum adalah kecepatan tertinggi yang diinginkan untuk operasi suatu rangkaian kereta pada lintas tertentu.

c. Kecepatan Operasi

Kecepatan operasi adalah kecepatan rata-rata kereta api pada petak jalan tertentu.

d. Kecepatan Komersial

Kecepatan komersial adalah kecepatan rata-rata kereta api sebagai hasil pembagian jarak tempuh dengan waktu tempuh.

Beban gandar maksimum yang dapat diterima oleh struktur jalan rel adalah 18 ton (PD 10 tahun 1986).

3. Daya Angkut Lintas

Daya angkut lintas (T) adalah jumlah angkutan anggapan yang melewati suatu lintas dalam jangka waktu satu tahun.

$$T = 360 \times S \times TE \quad \text{dan} \quad TE = T_p + (K_b \times T_b) + (K_1 \times T_1)$$

Dimana,

TE = tonase ekuivalen (ton/hari)

T_p = tonase penumpang dan kereta harian

T_b = tonase barang dan gerbong harian

T_1 = tonase lokomotif harian

S = koefisien yang besarnya tergantung kualitas lintas

= 1,1 untuk lintas dengan kereta penumpang dengan V maksimum 120 km/jam

= 1,0 untuk lintas tanpa kereta penumpang

K_1 = Koefisien yang besarnya 1,4

K_b = Koefisien yang besarnya tergantung pada beban gandar (1,5 untuk gandar < 18 ton dan 1,3 untuk gandar > 18 ton).

4. Ruang Bebas dan Ruang Bangun

a. Ruang Bebas

Ruang di atas sepur yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang, ruang ini disediakan untuk lalu lintas rangkaian kereta api.

b. Ruang Bangun

Ruang disisi sepur yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan seperti tiang semboyan, tiang listrik dan pagar. Ruang bangun diukur dari sumbu sepur pada tinggi 1 meter sampai 3,55 meter.

Keterangan lengkap mengenai gambar, ukuran dan bentuk ruang bebas dan ruang bangun dapat merujuk sepenuhnya dalam PD 10 tahun 1986.

5. Penampang Melintang pada Jalur Lurus dan Tikungan

Bentuk/gambar dan ukuran struktur jalan rel (super dan sub - struktur) penampang melintang jalan rel pada track lurus dan tikungan dapat dirujuk dalam Peraturan Dinas No. 10 tahun 1986.

B. LENGKUNG HORIZONTAL

1. Lengkung Lingkaran

Untuk berbagai kecepatan rencana, besar jari-jari minimum yang diijinkan ditinjau dari 2 kondisi, yaitu :

a. Gaya Sentrifugal diimbangi sepenuhnya oleh gaya berat.

Persamaan dasar : Gaya Sentrifugal = Gaya Berat

$$\frac{mV^2}{R} \cos \alpha = G \sin \alpha$$

$R = \frac{8,8 \times V^2}{h}$ dan dengan peninggian rel maksimum 110 mm, maka :

$$R_{\min} = 0,076 V^2$$

b. Gaya sentrifugal diimbangi oleh gaya berat dan daya dukung komponen jalan rel

Persamaan dasar : Gaya Sentrifugal = Gaya Berat + Komp.Rel

$$\frac{mV^2}{R} \cos \alpha = G \cdot \sin \alpha + H \cdot \cos \alpha$$

$a = \frac{V^2}{R} - g \cdot \frac{h}{W}$, dimana a = percepatan sentrifugal (m/detik²)

Percepatan sentrifugal maksimum ditentukan 0,0478 g, dengan mempertimbangkan faktor kenyamanan pada saat kereta di tikungan.

Dengan peninggian maksimum, $h_{\max} = 110$ mm, maka :

$$R_{\min} = 0,054 V^2$$

2. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan ditetapkan untuk mengeliminasi perubahan gaya sentrifugal sedemikian rupa sehingga penumpang di dalam kereta terjamin nyaman dan keamanannya.

Perubahan gaya sentrifugal = gaya/waktu = $m \cdot a/t$

$$Lh = 0,01 \times h \times V$$

3. Peninggian Rel

a. Peninggian rel minimum : didasarkan pada gaya maksimum yang mampu dipikul oleh rel dan kenyamanan bagi penumpang.

Persamaan dasar : Gaya Sentrifugal = Gaya Berat + Komp.Rel

$$\frac{mV^2}{R} \cos \alpha = G \cdot \sin \alpha + H \cdot \cos \alpha$$

$$\text{maka : } h = \frac{WV^2}{gR} - \frac{W a}{g}$$

jika $W = 1120 \text{ mm}$, $g = 9,81 \text{ m/detik}^2$, dan $a = 0,0478 \text{ g}$, maka :

$$h_{\min} = \frac{8,8V^2}{R} - 53,5, \text{ dalam mm}$$

b. Peninggian rel normal : didasarkan pada gaya maksimum yang mampu dipikul oleh gaya berat kereta api dan konstruksi rel tidak memikul gaya sentrifugal.

Persamaan dasar : Gaya Sentrifugal = Gaya Berat

$$\frac{mV^2}{R} \cos \alpha = G \sin \alpha$$

maka : $h_{normal} = \frac{8,8V^2}{R}$, dalam mm

untuk $h = 110$ mm, harga $V = 4,3 \sqrt{R}$

$h = k \frac{V^2}{R}$, sehingga $k = 5,95$

c. Peninggian rel maksimum

Berdasarkan stabilitas kereta api pada saat berhenti di bagian lengkung, kemiringan maksimum dibatasi sampai 10 % atau h maksimum = 110 mm.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa peninggian rel rencana/disain harus memenuhi syarat :

$$h_{minimum} < h_{normal} < h_{maksimum}$$

nilai h rencana dibulatkan menjadi bilangan kelipatan 5 di atasnya.

4. Pelebaran sepur

Pelebaran sepur dilakukan agar roda dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Pelebaran sepur dapat dilihat dalam tabel pelebaran sepur PD 10 tahun 1986 yang ditentukan berdasarkan jari-jari rencananya.

5. Lengkung S

Lengkung S terjadi bila lengkung dari suatu lintas berbeda arah lengkungnya dan terletak bersambungan. Kedua lengkung harus dipisahkan oleh bagian lurus minimal 20 meter di luar lengkung peralihan.

C. ALINEMEN VERTIKAL

1. Jari-jari minimum lengkung

Jari-jari minimum lengkung bergantung pada besar kecepatan rencana seperti dalam tabel jari-jari lengkung vertikal PD 10 tahun 1986.

Untuk V rencana > 100 km/jam, $R_{\min} = 8000$ m

Untuk V rencana hingga 100 km/jam, $R_{\min} = 6000$ m

2. Letak Titik Lengkung dan Jarak Maksimum Proyeksi Titik Sumbu ke Lengkung Vertikal

Rumus Dasar Lengkung : $\frac{\partial^2 Y}{\partial X^2} = \frac{1}{R}$

$$(1) X_m = \frac{R}{2} \varphi$$

$$(2) Y_m = \frac{R}{8} \varphi^2$$

3. Landai Maksimum = lihat PD 10 tahun 1986

4. Landai Penentu = lihat PD 10 tahun 1986

5. Landai Curam (S_m)

Landai curam dapat dirumuskan dalam :

$$L = \frac{(V_a - V_b)^2}{2g(S_k - S_m)}$$

V_a = kecepatan awal di kaki landai curam

V_b = kecepatan akhir di puncak landai curam

S_k = besar landai curam

S_m = besar landai penentu