

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1. TINJAUAN UMUM**

Perencanaan konstruksi jalan rel baik jalur tunggal maupun jalur ganda harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis, nonteknis dan ekonomis.

Secara teknis diartikan konstruksi jalan rel tersebut harus dapat dilalui kendaraan rel dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya.

Secara nonteknis diartikan bahwa dalam pembangunan jalan rel tersebut harus memperhatikan kendala dan masalah-masalah yang dapat dirasakan langsung maupun tidak langsung oleh masyarakat. Seperti halnya pembebasan tanah ataupun pengambilan hak penggunaan lahan PT. KAI guna lahan area *track* baru yang selama ini dimanfaatkan masyarakat, juga tingkat kebisingan yang timbul akibat pelaksanaan konstruksi dan operasional ka kelak, serta konstruksi jalan rel tersebut tidak menimbulkan permasalahan sosial dan lingkungan, dalam arti masyarakat luas menerimanya dengan baik.

Secara ekonomis diharapkan agar pembangunan dan pemeliharaan konstruksi tersebut dapat diselenggarakan dengan biaya sekecil mungkin dimana masih memungkinkan terjaminnya keamanan dan tingkat kenyamanan.

## 2.2. ESTIMASI PERTUMBUHAN LALU LINTAS

Kurangnya investasi pada suatu sistem jaringan dalam kurun waktu yang cukup lama dapat mengakibatkan menurunnya tingkat pelayanan, dimana sistem sarana transportasi tersebut menjadi sangat rentan terhadap kemacetan akibat volume arus lalu lintas kereta api meningkat melebihi kapasitas.

Perkiraan pertumbuhan penumpang pertahun dihitung dengan menggunakan persamaan regresi linier berikut :

$$Y = a + b * X$$

keterangan :

Y = Besarnya volume penumpang yang diramal

X = Unit tahun yang dihitung dari periode dasar

a = Nilai trend pada periode dasar

b = Tingkat perkembangan yang diramal

## 2.3. GEOMETRI JALAN REL

Perencanaan geometri jalan rel akan dilakukan sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam Peraturan Dinas No. 10 (PD 10), yang dalam hal ini kecepatan rencana akan ditingkatkan menjadi 80km/jam sampai dengan 120 km/jam, sehingga di beberapa lengkungan perlu diadakan penyesuaian-penyesuaian terutama jari-jari (radius) sesuai dengan kecepatan rencana untuk mendapatkan keamanan, kenyamanan, ekonomis dan keserasian dengan lingkungan di sekitarnya.

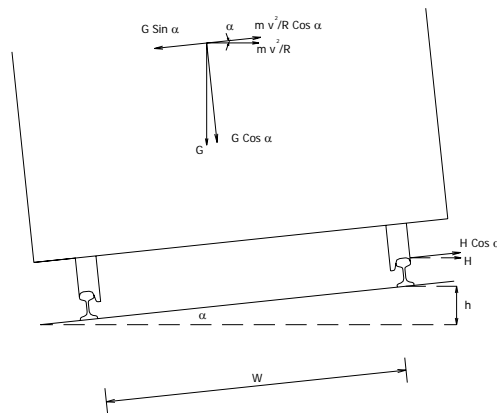
### 2.3.1. Alinyemen Horisontal

Dua bagian lurus yang perpanjangannya membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran dengan atau tanpa peralihan. Secara umum alinyemen horisontal harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

#### 1. Jari-jari Lengkung Horisontal

Untuk menghitung jari-jari minimum dengan berbagai kecepatan rencana, ditinjau dari 2 kondisi, menurut PD 10 Bab II pasal 3, yaitu:

- 1) Gaya sentrifugal diimbangi sepenuhnya oleh gaya berat



**Gambar 2.1.** Gaya Sentrifugal Diimbangi Gaya Berat

$$G \sin \alpha = (m \cdot V^2 / R) \cos \alpha$$

$$G \sin \alpha = G \cdot V^2 / (g \cdot R) \cos \alpha$$

$$\tan \alpha = V^2 / (g \cdot R) ; \tan \alpha = h / w$$

$$h = w \cdot V^2 / (g \cdot R)$$

Dengan satuan praktis :

$$h = 8,8 \cdot V^2 / R$$

$$R = 8,8 \cdot V^2 / h$$

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

$$R = 8,8 V^2 / 110$$

$$\mathbf{R_{\min} = 0,08 \cdot V^2}$$

2) Gaya sentrifugal diimbangi oleh gaya berat dan daya dukung rel

$$G \sin \alpha + H \cos \alpha = m \cdot (V / R) \cos \alpha$$

$$G \sin \alpha = \{ (m \cdot V^2 / R) - H \} \cos \alpha$$

$$G \tan \alpha = \{ G \cdot V^2 / (g \cdot R) \} - H$$

$$H = m \cdot a = (G / g) \cdot a$$

$$\tan \alpha = h / w$$

$$G \cdot h / w = \{ G \cdot V^2 / (g \cdot R) \} - (G / g) \cdot a$$

$$a = (V^2 / 13 R) - g \cdot (h / w)$$

$$a = \text{percepatan sentrifugal (m/dt}^2\text{)}$$

Percepatan sentrifugal ini maksimum = 0,0476 g, karena pada harga ini penumpang masih merasa nyaman. Jadi  $a_{\max} = 0,0476 \text{ g}$ .

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

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

3) Jari-jari minimum pada lengkung yang tidak memerlukan busur peralihan. Kondisi di mana lengkung peralihan ( $L_h$ ) tidak diperlukan. Jika tidak ada peninggian yang harus dicapai, ( $h=0$ ) ; maka berdasarkan rumus peninggian minimum :

$$H = (8,8 \cdot V^2 / R) - 53,54$$

$$\mathbf{R = 0,164 \cdot V^2}$$

keterangan :

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

h = peninggian rel pada lengkung horizontal (mm)

w = jarak antara kedua titik kontak roda dan rel (1120 mm)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt<sup>2</sup>)

## 2. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus dengan daerah lengkungan dan atau sebaliknya, dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda. Lengkung peralihan diperlukan agar gaya sentrifugal yang terjadi dapat beralih secara bertahap sedemikian rupa sehingga penumpang di dalam ka tetap terjamin kenyamanannya. Dalam perencanaan hendaknya hal tersebut mengacu pada PD No. 10 Bab II pasal 3a.

Dengan menggunakan satuan praktis :

$$L_s = 0,06 (V^3 / R)$$

$$h = 5,94 (V^2 / R)$$

maka :  $L_s = 0,01 \cdot h \cdot V$

keterangan :

$L_s$  = panjang minimum lengkung peralihan (m)

H = peninggian rel

V = kecepatan rencana (km/jam)

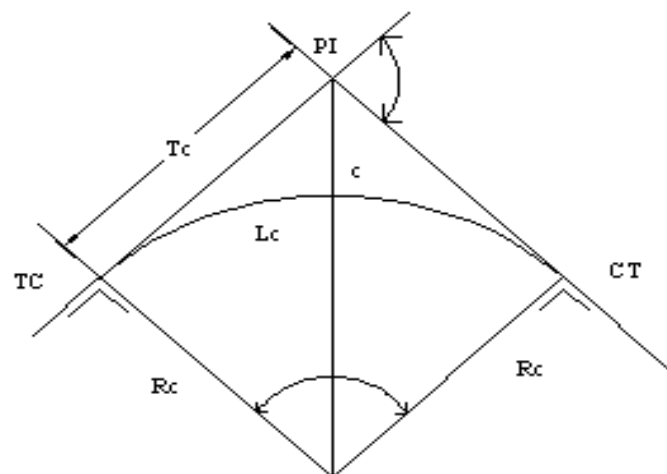
Untuk berbagai kecepatan rencana, besar R min yang diijinkan seperti dalam tabel berikut :

**Tabel 2.1.** Persyaratan Perencanaan Lengkungan

Kec. Rencana (km/jam)	R min (m)	
	Tanpa Lengkung Peralihan	Dengan Lengkung Peralihan
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

Sumber : (PD 10 Bab II ps. 3a, hal 2-12)

1) Tanpa Lengkung Peralihan



**Gambar 2.2.** Lengkung Horizontal Tanpa Lengkung Peralihan

Rumus :

$$T_c = R_c \cdot \tan (\Delta C / 2)$$

$$L_c = 2 \cdot \pi \cdot R_c \cdot \Delta C / 360^\circ$$

$$E_c = T_c \cdot \tan (\Delta C / 4)$$

Sta. TC = Titik awal lengkung

$$\text{Sta. CT} = \text{TC} + L_c$$

dimana :

$\Delta C$  = sudut luar di PI = sudut pusat lingkaran di O

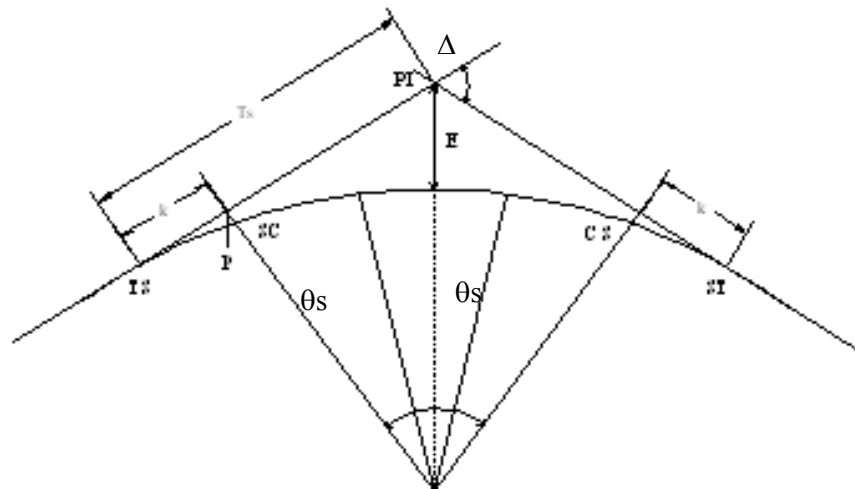
$T_c$  = panjang tangen = jarak dari  $T_c$  ke PI

$L_c$  = panjang busur lingkaran

$E_c$  = jarak luar

$R_c$  = jari-jari lingkaran

## 2) Dengan Lengkung Peralihan



**Gambar 2.3.** Lengkung Horizontal Dengan Lengkung Peralihan

Rumus :

$$L_s = 0,01 \cdot v \cdot h \quad (\text{m})$$

$$\theta_s = 28,648 L_s / R_c \quad (\text{derajat})$$

$$\theta_s = L_s / (2 \cdot R_c) \quad (\text{rad})$$

$$Y_c = L_s \cdot \theta_s / 3 \quad (\text{m})$$

$$X_c = L_s - (L_s \cdot \theta_s^2) / 10 \quad (\text{m})$$

$$k = X_c - R_c \sin \theta_s \quad (\text{m})$$

$$p = Y_c - R_c (1 - \cos \theta) \quad (\text{m})$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \Delta/2 + k \quad (\text{m})$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \Delta/2 - R_c \quad (\text{m})$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \theta_s \quad (\text{derajad})$$

$$L_c = \Delta C / 360^\circ \cdot (2\pi R_c) \quad (\text{m})$$

dimana :

$L_s$  = panjang lengkung vertikal

$T_s$  = jarak dari TS ke PI

$E_s$  = jarak luar

$L_c$  = panjang lengkung lingkaran

Sta TS = titik awal lengkung

Sta SC = TS +  $L_s$

Sta CS = TS +  $L_s$  +  $L_c$

Sta ST = TS +  $L_s$  +  $L_c$  +  $L_s$



### 3. Peninggian Rel

Pada saat ka memasuki bagian lengkung, maka pada kereta api tersebut akan timbul gaya sentrifugal yang mempunyai kecenderungan melemparkan kereta api ke arah luar lengkung. Hal ini sangat membahayakan dan tidak nyaman bagi penumpang untuk mengatasinya digunakan peninggian pada rel luar. Dengan adanya peninggian ini gaya sentrifugal yang timbul akan diimbangi oleh komponen gaya berat kereta api dan kekuatan rel, penambat, bantalan dan balas.

Ada 3 macam peninggian, yaitu :

#### 1) Peninggian Maksimum

Berdasarkan stabilitas ereta api pada saat berhenti di bagian lengkung kemiringan maksimum, dibatasi sampai 1 % atau  $h_{maks} = 110$  mm.

#### 2) Peninggian Minimum

Berdasarkan gaya maksimum yang mampu dipikul rel dan kenyamanan bagi penumpang di dalam kereta.

Rumus :

$$h \text{ min} = 8,8 ( V^2 / R ) - 53,5$$

#### 3) Peninggian Normal

Kondisi rel tidak ikut memikul gaya sentrifugal. Pada keadaan ini komponen gaya sentrifugal sepenuhnya diimbangi oleh komponen gaya berat.

Rumus :

$$h \text{ normal} = 5,95 ( V^2 / R )$$

keterangan :

$h_{\min}$  = peninggian minimum (mm)

$h_{\text{normal}}$  = peninggian normal (mm)

$V$  = kecepatan rencana (km/jam)

$R$  = jari-jari lengkung (m)

Berdasarkan ketentuan di atas peninggian lengkung ditentukan berdasarkan  $h_{\text{normal}}$ . Harga-harga di atas adalah harga teoritis, di lapangan harga-harga tersebut tidak dapat diterapkan begitu saja. Oleh karena itu harus dipertimbangkan segi pelaksanaannya.

#### **4. Lebar Sepur**

Lebar sepur adalah jarak antara kedua batang rel, di ukur dari sebelah dalam kepalanya.

Untuk seluruh kelas jalan rel lebar sepur adalah 1067 mm yang merupakan jarak terkecil antara kedua sisi kepala rel, diukur pada daerah 0-14 mm dibawah permukaan teratas kepala rel.

#### **5. Pelebaran Sepur**

Pelebaran sepur dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa hambatan dan mengurangi gaya tekan akibat terjepitnya roda kereta di tikungan.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap besarnya pelebaran sepur adalah :

- a. Jari-jari tikungan ( $R$ )
- b. Jarak gandar antara muka dan belakang yang rigid
- c. Kondisi keausan roda rel.

Pelebaran sepur dapat dihitung dengan persamaan (PD 10) sebagai berikut :

$$d = 3,000 \text{ mm} \Rightarrow w = \frac{4,500}{R} - 8 \text{ mm}$$

Dimana ; w = pelebaran sepur (mm)

### 2.3.2. Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut. Dipergunakan bila terdapat perbedaan kelandaian sehingga dengan adanya lengkung vertikal peralihan dapat terjadi secara berangsur-angsur dari suatu landai ke kelandaian berikutnya. Alinyemen vertikal terdiri dari garis lurus dengan atau tanpa kelandaian dan lengkung vertikal yang berupa busur lingkaran.

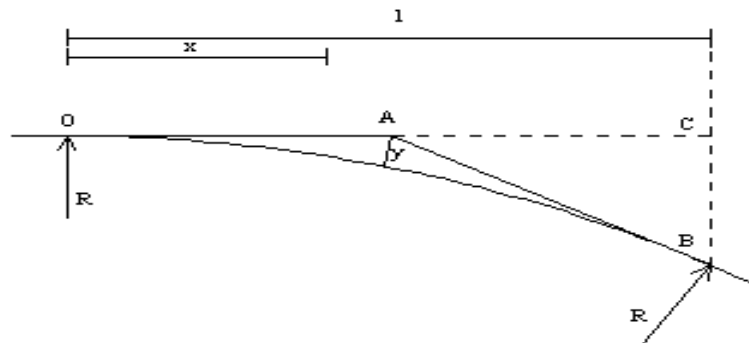
#### 1. Lengkung Vertikal

Pada setiap pergantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan dan kenyamanan. Panjang lengkung vertikal berupa busur lingkaran yang menghubungkan dua kelandaian lintas berbeda, ditentukan berdasarkan besarnya jari-jari lengkung vertikal dan perbedaan kelandaian.

Kriteria alinyemen vertikal :

1. Beberapa kelandaian yang berlainan dalam jarak pendek disederhana-kan menjadi satu kelandaian.
2. Jika penurunan beralih ke pendakian atau pendakian beralih ke penurunan, disediakan bagian mendatar dengan panjang minimum 200 m.
3. Tinggi puncak rel sedapat mungkin tidak diturunkan, kecuali tidak memenuhi syarat-syarat yang disebutkan sebelumnya.

Besarnya jari-jari minimum dari lengkung vertikal tergantung dari besarnya kecepatan rencana ( PD 10 Bab II pasal 6).



**Gambar 2.4.** Lengkung Vertikal (Penjelasan PD 10 2:28)

keterangan :

$X_m$  = jarak dari awal lengkung vertikal sampai titik tekuk A

$Y_m$  = jarak dari titik tekuk A ke elevasi rencana

$R$  = jari-jari lengkung vertikal

$L$  = panjang lengkung peralihan

$\phi$  = perbedaan landai

$g_1, g_2$  = kelandaian 1 dan 2

Rumus-rumus :

$$\phi = [g_2 - g_1]$$

$$X_m = \frac{1}{2} * R * \phi$$

$$Y_m = \frac{1}{8} * R * (\phi)^2$$

$$K_m \text{ PLV} = K_m \text{ PI} - X_m$$

$$\text{Elv PLV} = \text{Elv PI} - X_m * \phi$$

$$K_m \text{ PV} = K_m \text{ PI}$$

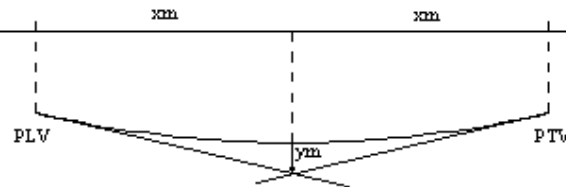
$$\text{Elv PV} = \text{Elv PI} - Y_m$$

$$K_m \text{ PTV} = K_m \text{ PI} + X_m$$

$$\text{Elv PTV} = \text{Elv PI} + X_m * \phi$$

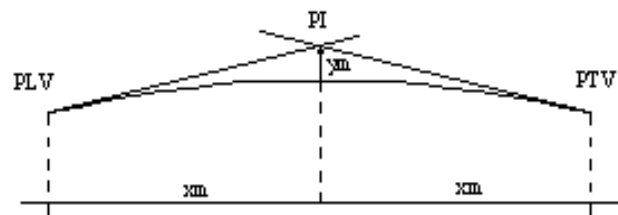
Ada dua macam lengkung vertikal yaitu :

1) Lengkung vertikal cekung



**Gambar 2.5.** Lengkung Vertikal Cekung

2) Lengkung vertikal cembung



**Gambar 2.6.** Lengkung Vertikal Cembung

## 2. Landai

Besarnya landai ditentukan oleh tangens sudut antara jalan kereta api an garis mendatar. Jadi besarnya landai pada umumnya dinyatakan dalam bentuk pecahan, misalnya  $\frac{1}{25}$ ,  $\frac{1}{40}$ , dan sebagainya. Dapat pula dinyatakan dalam bentuk  $\frac{\text{mm}}{\text{m}}$  atau ‰. Jadi landai  $\frac{1}{25}$  sama dengan landai 40 ‰.

Pengelompokan lintas berdasar pada kelandaian dari sumbu dan rel (PD 10 Bab 2 pasal 4a).

**Tabel 2.2.** Pengelompokan Lintas Berdasar Pada Kelandaian

Kelompok	Kelandaian
Lintas datar	0 sampai 10 ‰
Lintas pegunungan	10 sampai 40 ‰
Lintas dengan rel gigi	40 sampai 80 ‰

Sumber : (PD 10 Bab II ps. 4a)

### 3. Landai Penentu

Landai penentu adalah landai pendakian terbesar yang ada pada lintas lurus, yang berpengaruh terhadap kombinasi gaya tarik lokomotif terhadap rangkaian kereta yang dioperasikan.

**Tabel 2.3.** Landai Penentu Maksimum

Kelas jalan rel	Landai penentu maksimum
1	10 ‰
2	10 ‰
3	20 ‰
4	25 ‰
5	25 ‰

Sumber : PD 10

### 4. Profil Ruang

Untuk menentukan batas bangunan di samping jalan kereta api, batas bentuk bakal pelanting dan batas ruang muatan diperlukan beberapa profil ruang, yang ditetapkan dengan peraturan Pemerintah oleh Menteri Perhubungan.

Ada tiga macam profil ruang, yaitu :

- 1) Profil Ruang Bebas
- 2) Profil Ruang Kelonggaran
- 3) Profil Ruang Muatan

Dengan adanya profil ruang-ruang tersebut dapat dihindarkan adanya tabrakan antara bakal pelanting dan benda-benda tetap yang terdapat di sepanjang pinggir jalan ka.

#### 1) Profil Ruang Bebas

Dalam profil ini tidak diperkenankan adanya bangunan dan benda-benda tetap, sedangkan bakal pelanting tidak boleh menonjol keluar. Untuk jalan kereta api kelas I dan kelas II ditetapkan profil ruang bebas sendiri-sendiri dan pada masing-masing profil tadi ada bagian yang ditetapkan untuk jalan bebas (di luar emplasemen) serta sepur utama di stasiun dan untuk sepur-sepur lainnya. Untuk bangunan-bangunan baru, seperti tiang-tiang telegraf dan sebagainya, penempatan harus 0,50 m di luar profil ruang bebas, sedangkan untuk bagian-bagian jembatan ditetapkan 0,20 m.

#### 2) Profil Ruang Kelonggaran

Profil ini berguna untuk membatasi bentuk bakal pelanting agar tidak ada bagian yang menonjol keluar. Pada pembuatan bakal pelanting baru, perencana terikat pada profil ruang kelonggaran.

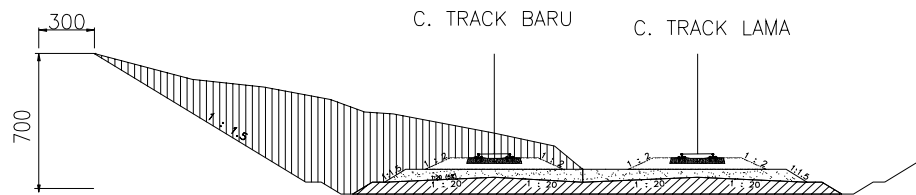
#### 3) Profil Ruang Muatan

Profil ini dimaksudkan untuk membatasi volume muatan.

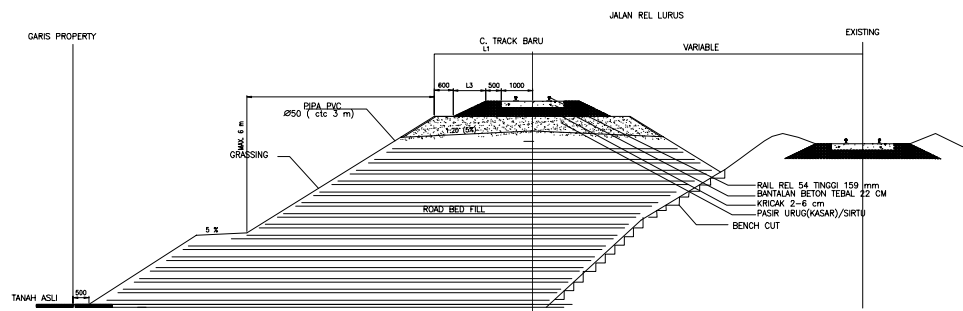
Profil ruang kelonggaran dan profil ruang muatan kedua-duanya harus ada dalam profil ruang bebas.

### 2.3.3. Penampang Melintang

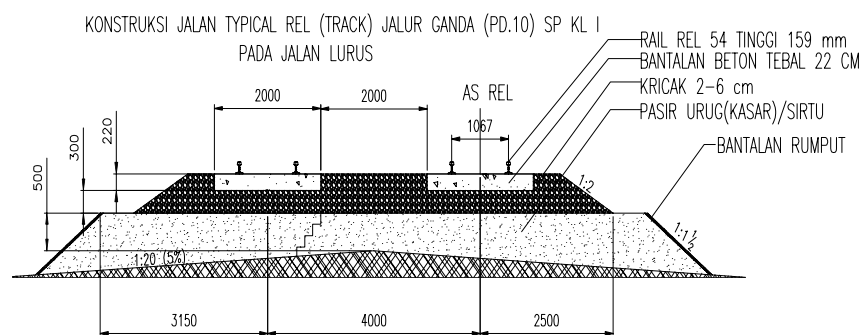
Secara umum perencanaan penampang melintang menerapkan PD 10 1986 yang telah memperhatikan aspek-aspek geometri, geoteknik dan drainase.



**Gambar 2.7.** Penampang Melintang pada Daerah Galian

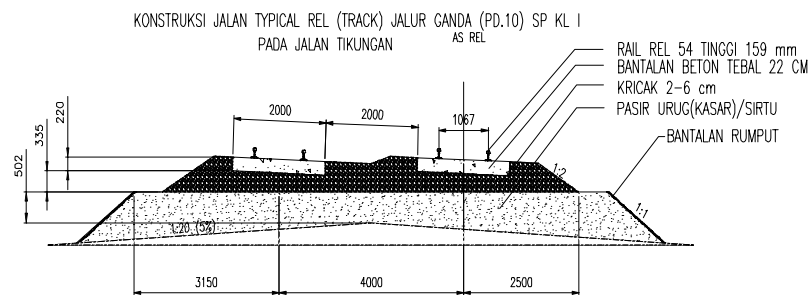


**Gambar 2.8.** Penampang Melintang pada Daerah Timbunan



**Gambar 2.9.** Penampang Melintang Jalur Lurus





**Gambar 2.10.** Penampang Melintang di Tikungan

#### 2.4. KONSTRUKSI JALAN REL

Dalam merencanakan konstruksi jalan rel digunakan kecepatan rencana yang besarnya :

- a. Untuk perencanaan struktur jalan rel :

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

- b. Untuk perencanaan peninggian :

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

dimana :  $c = 1,25$

$N_i$  = jumlah ka yang lewat

$V_i$  = kecepatan operasi

- c. Untuk perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan lengkung peralihan :

$$V_{\text{rencana}} = V_{\text{maks.}}$$

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

Kecepatan operasi adalah kecepatan rata-rata ka pada petak jalan tertentu.

Di samping kecepatan rencana juga memperhitungkan beban gandar dari kereta api. Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan dari satu gandar. Untuk semua kelas, beban gandar maksimum adalah 18 ton. Ketentuan ini akan dipakai guna evaluasi kelayakan pada perencanaan jalur ganda.

**Tabel 2.4.** Klasifikasi Standar Jalan Rel

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (Ton/tahun)	V Maks (km/jam)	P Maks Gandar (Ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan/Jarak	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
I	$> 20.10^6$	120	18	R60/R54	Beton/600	EG	30	50
II	$10.10^6 - 20.10^6$	110	18	R54/R50	Beton/Kayu/600	EG	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	100	18	R54/R50/ R42	Beton/Kayu/Baja/ 600	EG	30	40
IV	$2,5.10^6 - 5.10^6$	90	18	R54/R50/ R42	Beton/Kayu/Baja/ 600	EG/ET	25	40
V	$< 2,5.10^6$	80	18	R42	Kayu/Baja/600	ET	25	35

Sumber : PD 10 Bab 1 hal 1-2

ET = Elastik Tunggal ; EG = Elastik Ganda

### 2.4.1. Rel

Rel berguna untuk memindahkan tekanan roda-roda ke atas bantalan-bantalan dan juga sebagai penghantar roda-roda tadi.

Rel yang dimaksud adalah rel berat untuk jalan rel yang sesuai dengan kelas jalannya. Perhitungan sambungan rel harus memperhatikan kekuatan dari pelat penyambung dan baut. Ukuran standar pelat penyambung diatur dalam PD 10 Bab 3 pasal 1 ayat i.

Pada saat ini dipergunakan tiga macam profil rel antara lain :

#### 1. Rel Berkepala Dua

Rel ini mula-mula mempunyai dua kepala yang sama, dengan maksud supaya dapat dibalik. Akan tetapi dalam prakteknya tidak mungkin, karena kepala bawah sudah tertekan dan bentuknya telah berubah. Rel macam ini mudah menggilingnya tanpa mengurangi mutu bahannya. Untuk sekarang ini kepala atas dibuat lebih besar daripada kepala bawah dan dengan demikian terdapatlah bentuk yang dinamakan "*bull head*".

#### 2. Rel Alur

Ada dua macam rel alur, yaitu rel alur Phoenix dan rel alur Haarman. Ciri utama rel alur yaitu mempunyai kaki yang sangat lebar. Untuk memperkecil aus di lengkungan, maka alur harus diperlebar dan linggir alur dibuat lebih tebal.

#### 3. Rel Vignola

Pada awalnya rel vignola mempunyai kepala bentuk panjang dengan bidang yang sangat curam, yang tidak begitu baik untuk konstruksi sambungan yang kuat. Tapi sekarang bentuknya sudah cukup baik untuk pemasangan pelat penyambung karena terdapat ruang sambungan yang luas.

Macam-macam rel yang digunakan banyak sekali dan yang terpenting diantaranya adalah R.42, R.50, R.54 dan R.60.

Menurut panjangnya rel dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Rel standar adalah rel yang panjangnya 25 meter.
2. Rel pendek adalah rel yang panjangnya maksimal 100 meter.
3. Rel panjang adalah rel yang panjang tercantum minimum pada tabel di bawah ini :

**Tabel 2.5.** Panjang Minimum Rel Panjang

Jenis Bantalan	Tipe Rel			
	R.42	R.50	R.54	R.60
Bantalan Kayu	325 m	375 m	400 m	450 m
Bantalan Beton	200 m	225 m	250 m	275 m

Di sambungan rel harus ada celah untuk menampung timbulnya perubahan panjang rel akibat perubahan suhu. Besar celah pada rel ditentukan berdasarkan panjang rel, suhu pemasangan dan jenis bantalan yang diatur dalam PD 10 Bab 3 pasal 1 ayat f.

#### 2.4.2. Penambat Rel

Penambat rel adalah suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian rupa sehingga kedudukan rel adalah tetap, kokoh dan tidak bergeser.

##### 1. Jenis Penambat

Jenis penambat ada dua yaitu, penambat kaku dan penambat elastik. Penambat elastik memiliki kemampuan untuk meredam getaran, selain itu juga mampu menghasilkan gaya jepit (*clamping force*) yang tinggi dan memberikan perlawanan rangkak (*creep resistance*).

## 2. Penggunaan Penambat

Ketentuan penggunaan penambat :

- 1) Penambat kaku tidak boleh dipakai untuk semua kelas jalan rel.
- 2) Penambat elastik tunggal hanya boleh dipergunakan pada jalan kelas 4 dan kelas 5.
- 3) Penambat elastik ganda dapat dipergunakan pada semua kelas jalan rel, tetapi tidak dianjurkan untuk jalan rel kelas 5.

### 2.4.3. Bantalan

Bantalan berfungsi meneruskan beban dari rel ke balas, menahan lebar sepur dan stabilitas ke arah luar jalan rel. pemilihan bantalan berdasarkan pada kelas jalan yang sesuai dengan klasifikasi jalan rel Indonesia.

Macam-macam bantalan yang digunakan di Indonesia yaitu :

#### 1. Bantalan Kayu

Bantalan kayu digunakan dalam jalan rel karena selain relatif lebih nyaman, bahan tersebut harganya murah, mudah diperoleh dan mudah pula dibentuk. Kerugiannya yaitu cepat rusak dan penambat menjadi kurang kuat. Untuk memperpanjang umur bantalan, antara rel dan bantalan harus dipasang pelat andas. Adapun kayu yang dapat dipakai adalah kayu besi, kayu jati.

Bantalan kayu harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Kayu harus tua, sehat, utuh, dan tidak boleh mengandung kambium.
- b. Kayu tidak boleh mengan dung bekas dahan (mata kayu).

#### 2. Bantalan Baja

Bantalan baja digunakan dalam jalan rel karena lebih ringan, hal ini dikarenakan ukuran ketebalannya yang lebih tipis, sehingga memudahkan pengangkutan. Bantalan baja memiliki keuntungan yaitu tahan lama, tidak mudah menggeser ke samping, pemeliharaannya

mudah mampu menghindari retak-retak yang timbul karena mempunyai elastisitas lebih besar. Kekurangannya adalah penampang melintangnya kurang baik karena stabilitas lateral dan aksialnya didapat dari konstruksi cengkeramannya, serta gesekan antara balas dan dasar bantalan kecil. Di samping itu relatif keras dan kurang nyaman.

### 3. Bantalan Beton

Bantalan beton digunakan karena mempunyai beberapa keuntungan yaitu :

- 1) Mempunyai kekuatan yang lebih besar, tidak mengalami korosi dan merupakan konduktor listrik yang jelek dan tidak mudah rusak.
- 2) Konstruksi lebih berat sehingga bantalan beton akan lebih stabil letaknya pada balas sehingga mampu mempertahankan kedudukan *track*.

Kerugiannya adalah :

- 1) Penanganannya sulit karena berat, sehingga harus menggunakan alat-alat khusus dan membuatnya memerlukan ketepatan ukuran yang sangat tinggi sehingga cukup mahal harganya.
- 2) Agak keras maka perlu landas elastik.

#### 2.4.4. Tubuh Jalan Kereta Api

Setelah alinyemen horisontal terpilih, maka dilanjutkan dengan perencanaan desain tubuh jalan dari jalan rel tersebut dan semua fasilitas / bangunan terkait yang diperlukan untuk menunjang kekuatan dan stabilitas tubuh jalan, untuk mendukung beban lalu lintas ka yang melewatinya.

Perencanaan tubuh baan, adalah membuat suatu desain dari seluruh struktur jalan kereta api dan bangunan-bangunan pelengkap yang diperlukan sepanjang jalan kereta api rencana, berdasarkan kondisi topografi, geologi, hidrologi, sifa-sifat tanah yang ada dilapangan dan kondisi lingkungannya

Tubuh jalan merupakan lapisan tanah, baik dalam keadaan aslinya maupun dalam bentuk diperbaiki. Ia memikul beban lalu lintas kereta api yang diteruskan secara grafitasi/vertikal kebawah ketubuh jalan melalui lapisan balas.

Konstruksi yang dapat digunakan untuk penahan dalam rangka mendukung stabilitas tanah terhadap bahaya longsor dan gerusan air pada tubuh jalan kereta api dari bahaya kejadian alam maupun beban lalu lintas di atasnya, adalah dengan menggunakan konstruksi dinding penahan tanah yang dipadukan dengan penggunaan bronjong batu kali dan penanaman vegetasi pada lereng timbunan dan daerah sekitarnya, untuk menghindari longsoran akibat erosi pada permukaan tanah.

Lapisan balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar yang terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta api pada jalan rel, oleh karena itu material pembentuknya harus terpilih.

Fungsi utama balas adalah untuk meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar, mengokohkan kedudukan bantalan dan meluluskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan dan rel.

Untuk menghemat biaya pembuatan jalan rel maka lapisan balas dibagi dua, yaitu lapisan balas atas dengan material pembentuk yang sangat baik dan lapisan balas bawah dengan material pembentuk yang tidak sebaik material pembentuk balas atas.

### **1. Lapisan Balas Atas**

Lapisan balas atas terdiri dari batu pecah yang keras dan bersudut tajam (*angular*). Lapisan ini harus dapat meneruskan air dengan baik.

Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1 : 2.

Tebal lapisan balas atas adalah seperti yang tercantum pada klasifikasi jalan rel Indonesia.

$$d1 = d - d2$$

keterangan :

$d1$  = tebal lapisan balas atas

$d2$  = tebal lapisan balas bawah (minimal 15 cm)

$d$  = tebal lapisan balas

Jarak dari sumbu jalan rel ke tepi atas lapisan balas atas adalah :

$$B > \frac{1}{2} L + X$$

dimana :  $L$  = panjang bantalan (cm)

$X$  = 50 cm untuk kelas I dan II

= 40 cm untuk kelas III dan IV

= 30 cm untuk kelas V

Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2.

Bahan balas atas dihampar hingga mencapai elevasi yang sama dengan elevasi bantalan.

## 2. Lapisan Balas Bawah

Lapisan balas bawah terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar. Lapisan ini berfungsi sebagai lapisan penyaring (*filter*) antara tanah dasar dan lapisan balas atas serta harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm.

## 3. Bahan Balas

### 1) Balas atas

Terdiri dari batu pecah yang keras berukuran antara 2 – 6 cm, beratnya tidak boleh kurang dari 1400 kg/cm<sup>2</sup>, tahan lama serta



bersudut (*angular*). Substansi yang merugikan tidak boleh terdapat dalam material balas melebihi prosentase tertentu, yaitu :

- a) Material lunak dan mudah pecah < 3 %
- b) Material yang melalui ayakan no. 200 < 1 %
- c) Gumpalan-gumpalan lempung < 0,5 %

## 2) Balas Bawah

Pada umumnya material balas bawah, tidak memerlukan kualitas yang sangat baik seperti yang disyaratkan untuk material balas atas. Pasir untuk material balas bawah harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % berat awal (lumpur adalah butiran-butiran yang dapat melalui ayakan 0,063).
- b) Tidak boleh tercampur dengan tumbuhan atau bagian benda-benda lain yang dapat membusuk.

## 4. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah sangat tergantung pada keadaan tanah di lapangan. Jika daya dukung tanah di lapangan tidak memenuhi, maka diperlukan stabilisasi terhadap tanah tersebut.

### 2.4.5. Emplasemen

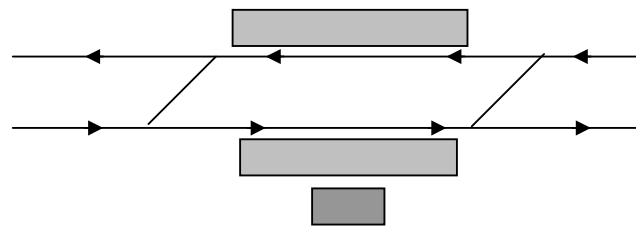
Emplasemen adalah konfigurasi sepur-sepur untuk suatu tujuan tertentu, yaitu menyusun kereta atau gerbong menjadi rangkaian yang dikehendaki dan menyimpannya pada waktu tidak digunakan.

Perencanaan sepur di emplasemen stasiun direncanakan dengan mempertimbangkan aspek ekonomi dan prakiraan peningkatan volume angkutan penumpang dan barang. Sistem pengamanan dan lain-lain.

Panjang efektif sepur siding minimum yaitu 400 m sedangkan untuk kecepatan rencana 30 Km/Jam.

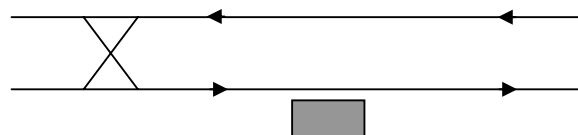
Penentuan tata letak jalan kereta api di stasiun didasarkan kondisi perjalanan kereta api pada waktu masih dengan sistem jalur tunggal, sebagai berikut:

- 1). Jika pada waktu dengan sistem jalur tunggal di suatu stasiun (sering) terjadi persilangan, maka bentuk emplasemenmya adalah sebagai berikut :



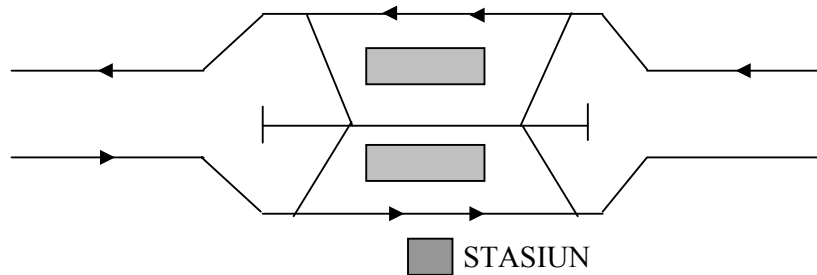
Keterangan: — : Jalan rel  
 ▶ ◀ : Jurusan kereta api  
 ◻ : Peron  
 ◻ : Gedung stasiun

Jalan rel penghubung kedua jalan kereta api tersebut, adalah guna kepentingan berjalan 'sepur salah'. Dapat juga kedua jalan rel penghubung tersebut disatukan pada salah satu pihak, sehingga merupakan jalan rel penghubung silang (*kruis stuk*), sebagai berikut:



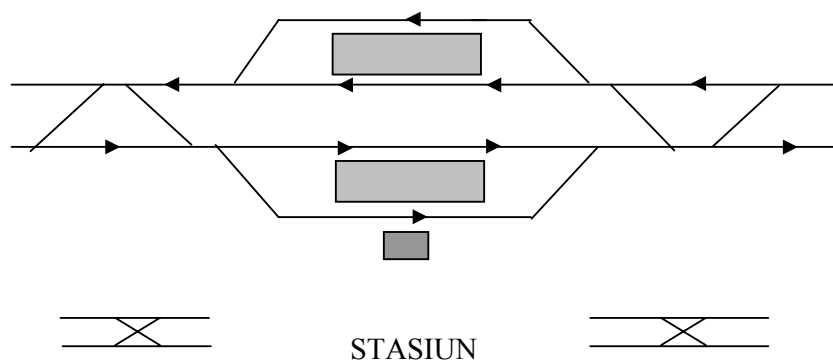
STASIUN

- 2). Jika pada waktu dengan sistem jalur tunggal di suatu stasiun sering terjadi penyusulan, sehingga pada suatu saat dapat terjadi 2 kereta api yang bersilang dan 1 kereta api yang disusul, maka bentuk emplasemennya adalah sebagai berikut :



Keterangan : Tanda  $\left| \text{---} \right|$  dan  $\text{---} \left| \right|$  Sepur Badug = *Stop block*.

- 3). Jika pada waktu dengan sistem jalur tunggal di suatu stasiun sering terjadi persilangan dan penyusulan, sehingga pada suatu saat dapat terjadi 2 kereta api yang bersilang dengan 2 kereta api lainnya atau 2 kereta api yang menyusul 2 kereta api lainnya, maka bentuk emplasemennya adalah sebagai berikut :

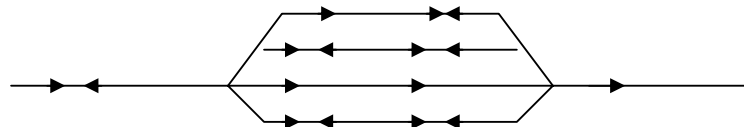


Keterangan : Rel penghubung dapat diganti dengan '*kruis stuk*'

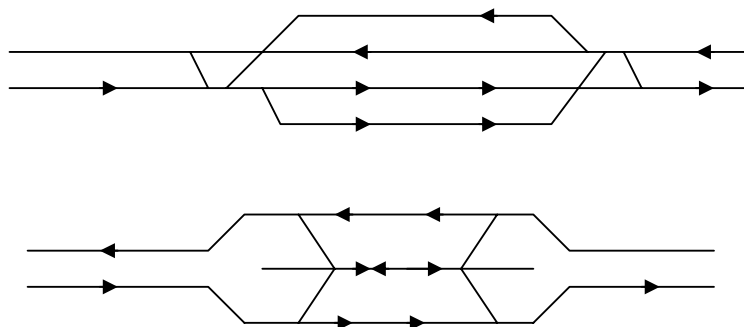
Terkait langsung dengan konfigurasi emplasemen, dapat dijelaskan seperti berikut ini.

Sudah diketahui secara pasti, bahwa pola operasi kereta api di emplasemen pada sistem jalur ganda sama sekali berbeda dengan pada sistem jalur tunggal.

Pada sistem jalur tunggal konfigurasi emplasemen gerak operasi kereta api yang saling berlawanan jurusan digambarkan boleh saling mengganggu (*interference*), sebagai berikut :

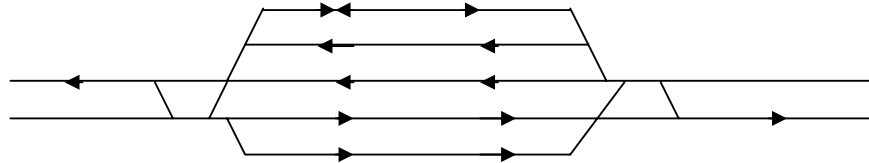


Sebaliknya, pada sistem jalur ganda konfigurasi emplasemen gerak operasi kereta api yang saling berlawanan jurusan digambarkan tidak boleh saling mengganggu (*no-interference*), kecuali jika keadaan teknik tidak memungkinkannya, sebagai berikut:



Jadi pola operasi kereta api pada sistem jalur ganda sudah baku.

Jika dibutuhkan tambahan sepur kereta api tetapi lahan terbatas dapat ditambah sepur kereta api yang saling ganggu, pada gambar yang diatas, sebagai berikut:



Maka hendaknya operasi kereta api tidak dicampur aduk antara sistem jalur tunggal dengan sistem jalur ganda.

Disamping itu dari segi empiris, operasi kereta api pada waktu masih dengan sistem jalur tunggal, akan tertampung dalam sistem jalur ganda, sepanjang jumlah sepur kereta apinya pada sistem jalur ganda masih sama atau lebih banyak dibanding pada waktu masih jalur tunggal.

#### 2.4.6. Wesel

Sementara dalam suatu waktu tertentu kereta akan melakukan perpindahan sepur guna tujuan maupun maksud tertentu, maka untuk bisa melakukan kegiatan tersebut diperlukan suatu wesel.

Wesel merupakan pertemuan antara beberapa jalur (sepur), dapat berupa sepur yang bercabang atau persilangan antara 2 sepur. Fungsi wesel adalah untuk mengalihkan kereta dari satu sepur ke sepur lainnya.

##### 1. Komponen Wesel

Wesel terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut :

###### 1) Lidah

Lidah adalah bagian dari wesel yang dapat bergerak. Pangkal lidah disebut akar. Jenis lidah :

- a. Lidah berputar adalah lidah yang mempunyai engsel di akarnya
- b. Lidah berpegas adalah lidah yang akarnya dijepit sehingga dapat melentur.

Sudut tumpu ( $\beta$ ) adalah sudut antara lidah dengan rel lantak. Sudut tumpu dinyatakan dengan tangennya, yakni  $\text{tg } \beta = 1 : m$ , dimana harga  $m$  berkisar antara 25 sampai 100.

2) Jarum dan sayap-sayapnya

Jarum adalah bagian dari wesel yang memberi kemungkinan kepada flens roda melalui perpotongan bidang-bidang jalan yang terputus antara 2 rel.

Sudut kelincipan jarum ( $\alpha$ ) disebut sudut samping arah.

3) Rel lantak

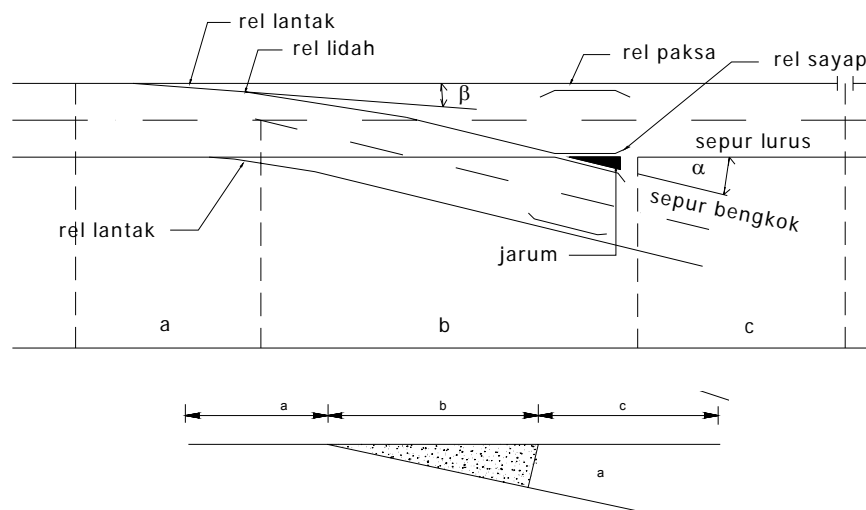
Suatu rel yang diperkuat badannya yang berguna untuk bersandarnya lidah-lidah wesel.

4) Rel paksa

Dibuat dari rel biasa yang kedua ujungnya dibengkokkan ke dalam. Rel paksa luar biasanya dibuat pada rel lantak dengan menempatkan balok pemisah diantaranya. Jarak antara rel paksa dengan rel lantak adalah 42 mm.

5) Sistem penggerak atau pembalik wesel

Pembalik wesel adalah suatu mekanisme untuk menggerakkan ujung lidah.



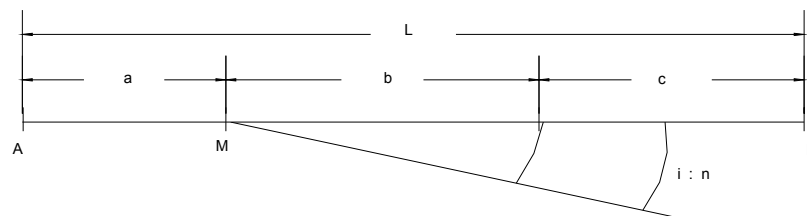
**Gambar 2.11.** Wesel dan Bagannya

## 2. Bagan Wesel

Untuk keperluan pelaksanaan pembangunan, gambar-gambar rencana wesel digambar hanya menurut bagannya.

### 1) Bagan ukuran

Bagan ini menjelaskan ukuran-ukuran wesel dan dapat digunakan untuk menggambar bagan emplasemen secara berskala.



**Gambar 2.12.** Bagan Ukuran Wesel

M = Titik tengah wesel = titik potong antara sumbu sepur lurus dengan sumbu sepur belok

A = Permulaan wesel = tempat sambungan rel lantak dengan rel biasa. Jarak dari A ke ujung lidah biasanya kira-kira 1000 mm

B = Akhir wesel = sisi belakang jarum

n = Nomor wesel

### 2) Bagan pelayanan

Dalam gambar emplasemen, bagan pelayanan menjelaskan kedudukan lidah-lidah wesel dan cara pelayanan.

### 3. Nomor dan Kecepatan Ijin pada Wesel

Nomor wesel menyatakan tangen sudut simpang arah, yakni :  $tg = 1 : n$ .

**Tabel 2.6.** Nomor Wesel dan Kecepatan Ijinnya

Tg	1 : 8	1 : 10	1 : 12	1 : 14	1 : 16	1 : 20
no. wesel	W8	W10	W12	W14	W16	W18
Kecepatan ijin (km/jam)	25	35	45	50	60	70

Sumber : PD 10

### 4. Perhitungan Wesel

Perhitungan wesel didasarkan pada keadaan lapangan, rencana kecepatan, nomor wesel dan jenis lidah. Besar sudut tumpu ( $\beta$ ) dan sudut simpang aral ( $\alpha$ ) dihitung/ditentukan dari nomor wesel dan jenis lidah yang dipilih.

#### 1) Panjang jarum

Panjang jarum ditentukan dengan rumus :

$$P = \frac{(B + C)}{2 \operatorname{tg}(\alpha/2)} - d$$

dimana :

P = Panjang jarum (m)

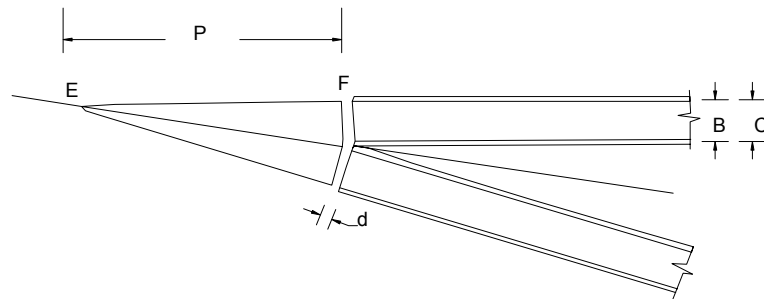
B = Lebar kepala rel (m)

C = Lebar kaki rel (m)

d = Jarak siar

$\alpha$  = Sudut simpang arah (1:n)





**Gambar 2.13.** Panjang Jarum

2) Panjang lidah

Panjang lidah ditentukan oleh :

$$t > \frac{B + Y}{\sin \beta}$$

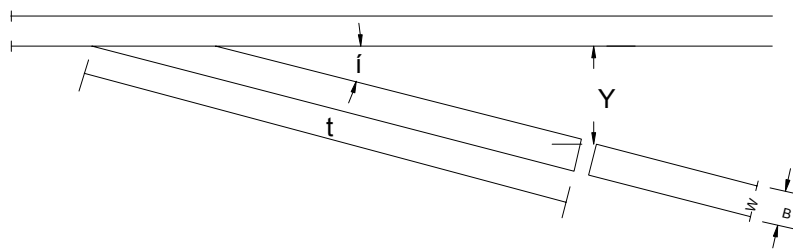
dimana :

$t$  = Panjang lidah (m)

$B$  = Lebar kepala rel (m)

$Y$  = Jarak dari akar lidah ke rel latak (m)

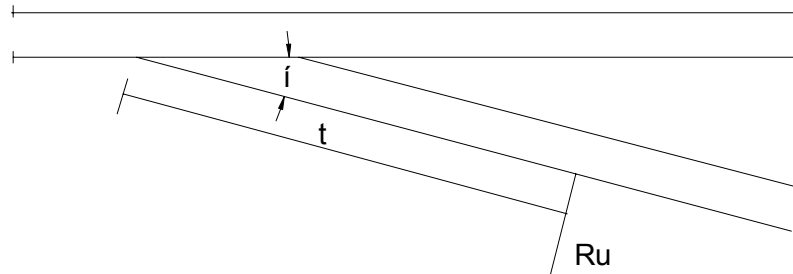
$\beta$  = Besar sudut tumpu



**Gambar 2.14.** Lidah Berputar

Untuk lidah berpegas panjang lidah ditentukan oleh persamaan :

$$t > B C o \operatorname{tg} \beta$$



**Gambar 2.15.** Lidah Berpegas

### 3) Jari-jari lengkung luar

Jari-jari lengkung luar dihitung dengan persamaan :

$$R_u = \frac{W - t \operatorname{Sin} \beta - P \operatorname{Sin} \alpha}{\operatorname{Cos} \beta - \operatorname{Cos} \alpha} ,$$

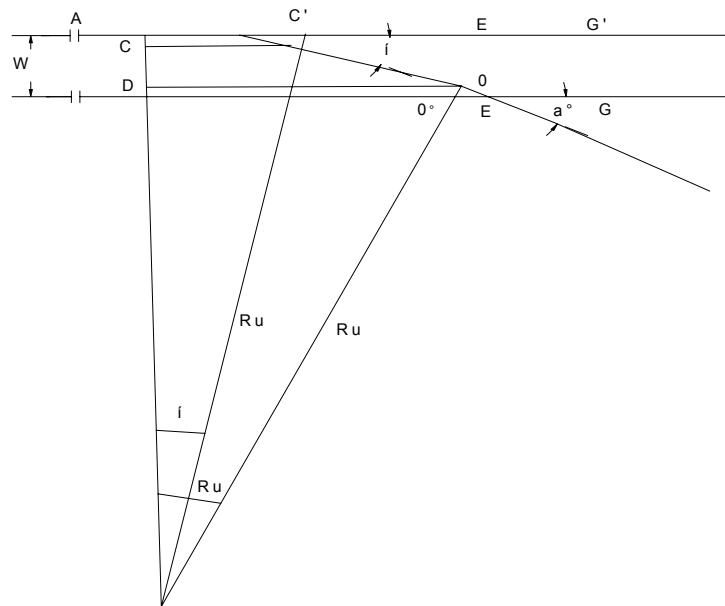
dimana :

R = Panjang jari-jari lengkung luar (m)

W = Lebar sepur (m)

t = Panjang lidah (m)

P = Panjang jarum (m)



**Gambar 2.16.** Jari-jari Lengkung Luar

Jari-jari lengkung luar tidak boleh kurang dari R

$$R = \frac{V^2}{7,8}$$

V = kecepatan ijin pada wesel (km/jam)

Jari-jari lengkung dalam (R) dihitung dari jari-jari lengkung luar dengan memperhatikan masalah pelebaran sepur.

## 2.5. PERLINTASAN SEBIDANG

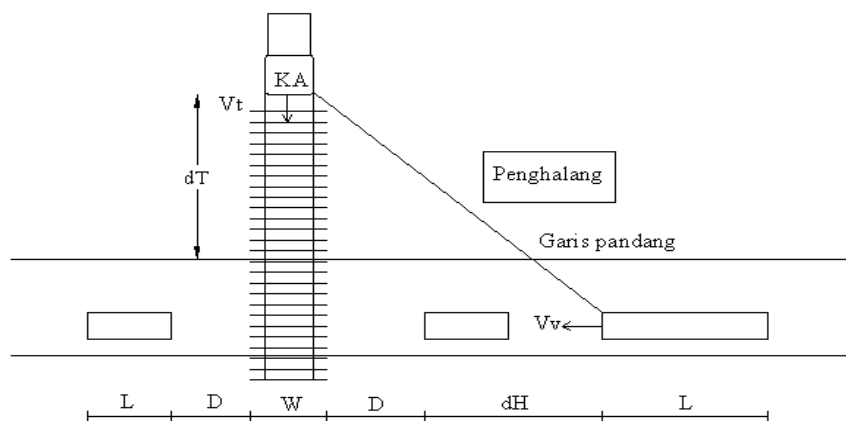
Perlindungan sebidang merupakan perpotongan antara jalan rel dengan jalan raya, baik tegak lurus maupun membentuk sudut  $\alpha$ . Dalam perencanaan perlindungan sebidang harus melihat pada kondisi dan daerah yang rawan kecelakaan, dimana sistem keamanan dan pengaturan perlindungan sebidang mutlak diperlukan.

Sesuai ketentuan dalam Keputusan Menteri Perhubungan No. 53 tahun 2000 (Kepmen 53), bahwa perlintasan jalan ka dengan jalan raya kelas I dan II tidak diijinkan dibuat perlintasan sebidang, kecuali secara geografis dan/atau alasan lainnya tidak memungkinkan untuk dibuat tak sebidang. perlintasan sebidang pada pekerjaan ini sangat dipengaruhi oleh kondisi eksisting perlintasan sebidang yang sudah ada pada lintasan masing-masing. Pada prinsipnya perencanaan perlintasan sebidang harus memperhatikan jarak pandang antara masinis ka dan pengendara kendaraan bermotor atau pejalan kaki seperti yang disyaratkan dalam PD-10.

Menurut PD 10 Bab 1 pasal 6, pada perlintasan sebidang antara jalan rel dengan jalan raya harus tersedia jarak pandangan yang memadai bagi kedua belah pihak, terutama bagi pengendara kendaraan. Daerah pandangan berupa daerah segitiga pandangan dimana jarak-jaraknya ditentukan berdasarkan pada kecepatan rencana kedua belah pihak. Bila tidak ada rambu atau tanda yang memberi tahu bahwa ka akan melewati perlintasan, maka ada dua kejadian yang menenukan jarak pandangan (Penjelasan PD No. 10 Bab 1 Pasal 6)

Untuk kejadian I, dimana :

- a. Pengemudi kendaraan dapat melihat kereta api yang mendekat sedemikian rupa sehingga kendaraan dapat menyeberangi perlintasan sebelum kereta api tiba pada perlintasan.
- b. Pengemudi kendaraan dapat melihat kereta api yang mendekat sedemikian rupa sehingga kendaraan dapat dihentikan sebelum memasuki daerah perlintasan.



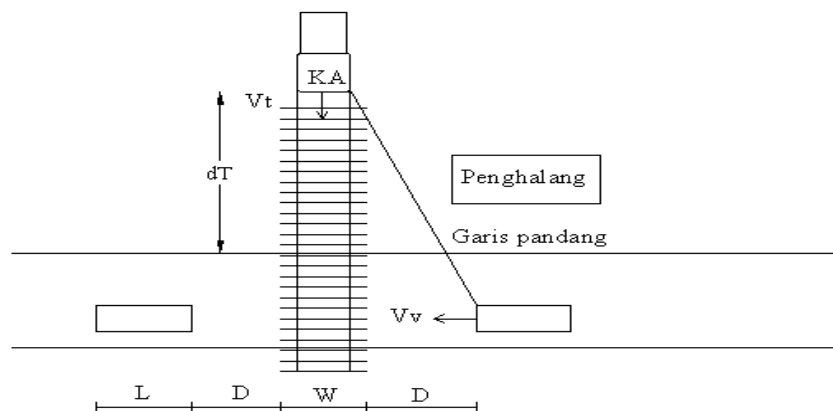
**Gambar 2.17.** Perlintasan Sebidang Kejadian I

Rumus :

$$dH = 1,1 \cdot (1,4667 \cdot Vv \cdot t + Vv^2 / (30 \cdot f) + D + de)$$

$$dT = (Vt / Vv) \cdot (1,667 \cdot Vv \cdot t + Vv^2 / (30 \cdot f) + 2D + L + W)$$

Untuk kejadian II bila kendaraan jalan raya berhenti di permukaan lintasan, maka  $dT$  dihitung berdasarkan pada keadaan di mana kendaraan mulai bergerak, sehingga  $dT$  harus cukup untuk memungkinkan kendaraan mempercepat dan meninggalkan perlintasan sebelum kereta api tiba, meskipun kereta api mulai tampak pada waktu kendaraan sudah mulai bergerak.



**Gambar 2.18.** Perlintasan Sebidang Kejadian II

Rumus :

$$dT = 1,4667 V_T \{ (V_G / a_1) + (L + 2D + W - da) / V_G + J \}$$

keterangan :

- dH = jarak pandang sepanjang jalan raya (kaki,feet)
- dT = jarak pandang sepanjang jalan kereta api (kaki,feet)
- Vv = kecepatan kendaraan (mil/jam)
- V<sub>T</sub> = kecepatan kereta api (mil/jam)
- t = waktu reaksi, diambil sebesar 2,5 detik
- f = koefisien geser (dari tabel)
- D = jarak dari garis henti atau ujung depan kendaraan ke rel terdekat, diambil sebesar 15 kaki (feet)
- de = jarak dari pengemudi ke ujung depan kendaraan, diambil sebesar 10 kaki (feet)
- L = panjang kendaraan, diambil sebesar 65 kaki (feet)
- W = jarak antara rel terluar, untuk jalur tunggal sebesar 5 kaki (feet)
- V<sub>G</sub> = kecepatan terbesar kendaraan dalam sisi pertama diambil sebesar 8,8 feet/detik
- a<sub>1</sub> = percepatan kendaraan dalam sisi pertama, diambil sebesar 1,47 feet/detik
- J = waktu reaksi, diambil sebesar 2,0 detik
- Da =  $V_G^2 / (2 \times a_1)$   
= jarak yang ditempuh kendaraan ketika mempercepat ke kecepatan tertinggi dalam gigi pertama

Hasil perhitungan untuk dH dan dT dikonfersi ke satuan meter.

## 2.6. BANGUNAN HIKMAT

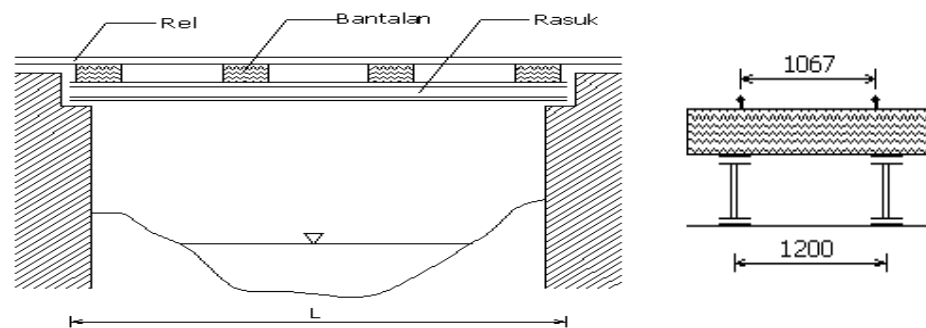
Bangunan hikmat merupakan bangunan pelengkap / penunjang sepanjang jalur kereta api, yang dapat berupa gorong-gorong, jembatan, terowongan dan lain-lain.

### 2.6.1. Jembatan

Hampir tidak ada suatu jalan yang tidak memerlukan jembatan, karena jalan tersebut pada suatu tempat tertentu pasti melewati selokan, saluran air, lembah, rawa atau jalan lainnya. Jika salurannya tidak lebar, dibuatkan gorong-gorong. Kalau saluran itu lebar maka dibuatkan jembatan.

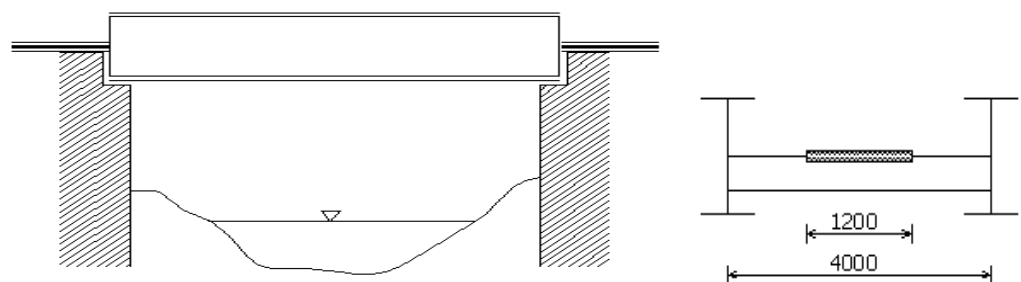
Berikut ini jembatan eksisting pada jalur ganda Pekalongan – Tegal.

- Konstruksi rasuk untuk bentang ( $L$ ) = 0 – 10 m



**Gambar 2.19.** Jembatan Rasuk

- Konstruksi dinding pelat untuk bentang ( $L$ ) = 6 – 20 m



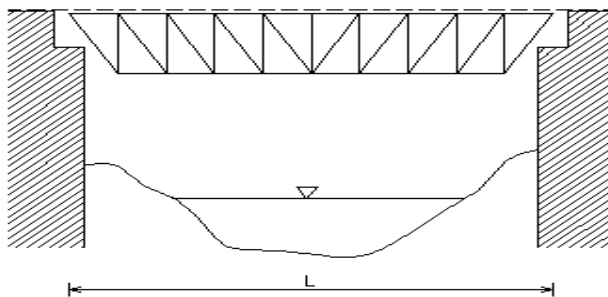
**Gambar 2.20.** Jembatan Dinding Pelat

- Konstruksi dinding rangka untuk bentang ( $L$ ) = 15 – 50 m

Konstruksi dinding rangka ini ada dua macam, yaitu :

- a. Lintas atas yaitu sepur terletak di bagian atas dari rangka pokok.

Jembatan ini di pakai jika muka air sungai rendah sekali atau di sungainya sama sekali tidak ada air, misalnya untuk jembatan yang membentangi jurang dan sungai di pegunungan.

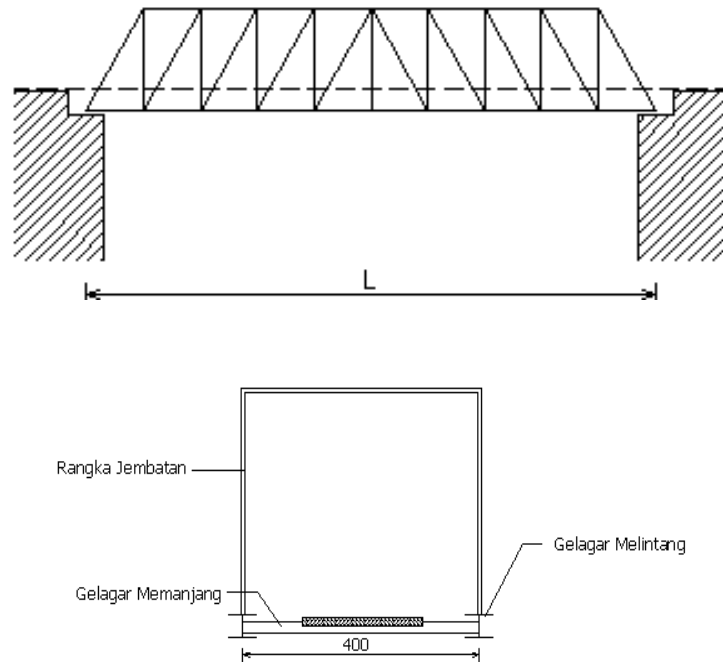


**Gambar 2.21.** Jembatan Dinding Rangka Lintas Atas

- b. Lintas bawah yaitu sepur berada di bagian bawah dari rangka pokok jembatan.

Jembatan ini dipakai jika muka air sungai tinggi sehingga jika dipakai jembatan rangka lintas bawah tidak tersedia ruang bebas di bawah jembatan.





**Gambar 2.22.** Jembatan Rangka Lintas Bawah

Keuntungan dari konstruksi baja adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri ringan, sehingga pondasinya lebih hemat.
2. Mudah dibuat, dibongkar dan dipindahkan.
3. Waktu pelaksanaan di lapangan lebih cepat karena pabrikasi konstruksi.

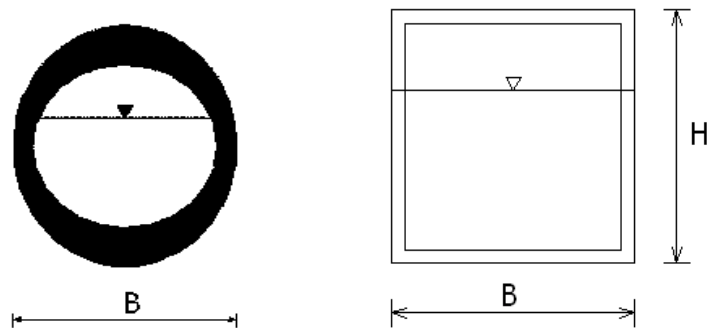
Kekurangan :

Perlu pemeliharaan yang lebih cermat terutama untuk menghindari konstruksi dari karat.

### 2.6.2. Gorong-Gorong

Gorong-gorong adalah saluran tertutup yang melintang di bawah jalan dan berfungsi untuk mengalirkan air.

Secara garis besar ada dua macam gorong-gorong yaitu berbentuk pipa dan berbentuk kotak / *box culvert*.



**Gambar 2.23.** Penampang Gorong-gorong

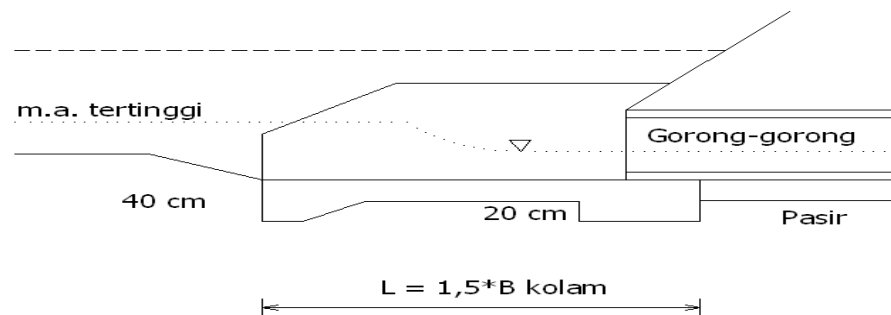
Untuk dimensi : lebar (B), tinggi (H) dan tebal (T) disesuaikan dengan gorong-gorong yang lama.

Pada sambungan antara gorong-gorong lama dengan yang baru perlu diberi landasan/bantalan untuk menghindari pergeseran yang mungkin terjadi.



**Gambar 2.24.** Landasan Pada Penambahan Gorong-Gorong

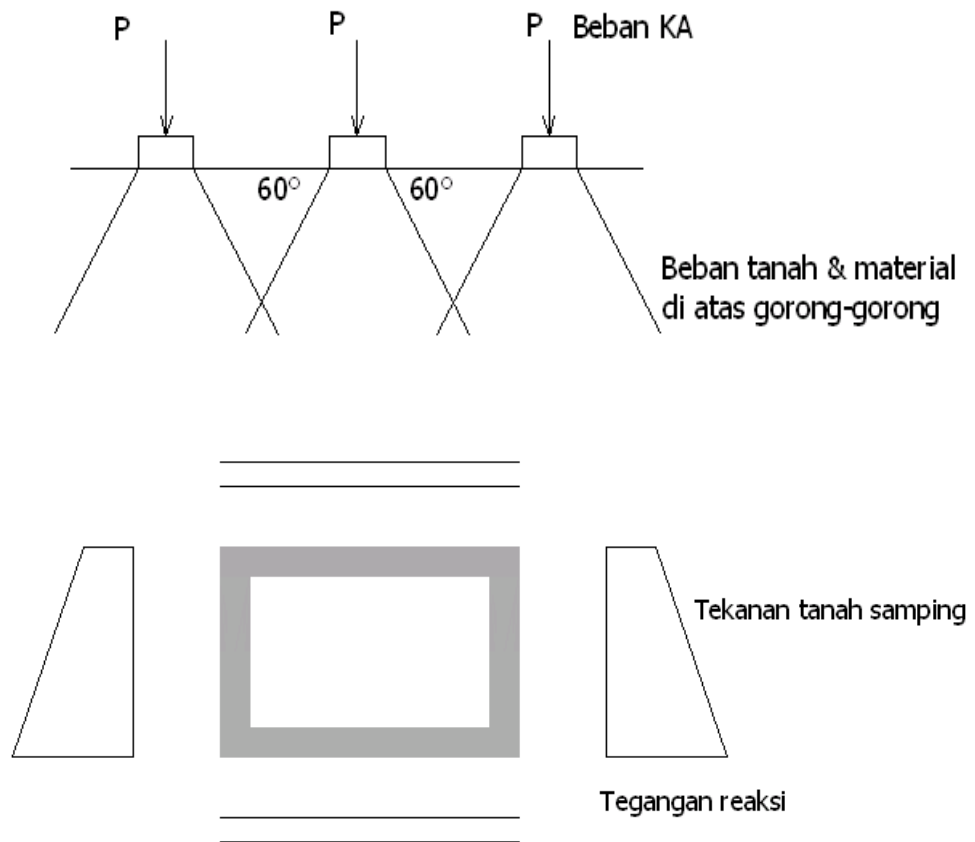
Pada bagian hulu dan hilir gorong-gorong biasanya dibuat kolom pergolakan yang fungsinya menenangkan air yang masuk dan ke luar gorong-gorong sehingga menghindarkan dari pergolakan yang dapat merusak dinding. Kemiringan gorong-gorong yang ideal minimal 10 % sebab bila kurang dari itu akan menyebabkan pengendapan lumpur.



**Gambar 2.25.** Kolam Olak

Beban yang bekerja pada gorong-gorong adalah :

- Tekanan tanah vertikal yang berasal dari tanah di atas gorong-gorong.
- Tekanan tanah mendatar yang diberikan oleh tinggi timbunan di samping gorong-gorong.
- Beban hidup di atas gorong-gorong (beban kereta api).



**Gambar 2.26.** Gaya-gaya Pada Gorong-gorong

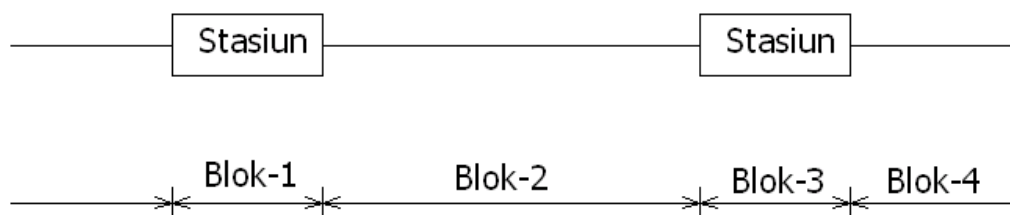
Dari beban-beban tersebut kemudian digunakan untuk merencanakan tulangan pada gorong-gorong.

## 2.7. PERSINYALAN

Tujuan dari persinyalan adalah untuk menjamin keamanan lalu lintas kereta api dan untuk mempercepat lalu lintas kereta api. Sedangkan yang akan dibahas dalam perencanaan ini adalah sinyal untuk lintas atau sinyal geometri.

Pada jalur ganda, masing-masing jalur diusahakan hanya dipakai untuk satu arah saja. Dengan demikian keamanan lebih terjamin dan memudahkan sistem persinyalan.

Sistem pengamanan yang digunakan adalah sistem blok. Sistem blok pada prinsipnya membagi lintas menjadi blok-blok sehingga dalam waktu yang sama hanya boleh terdapat satu kereta api dalam satu blok dalam satu jalur. Untuk itu tiap-tiap blok dikuasai oleh satu sinyal geometri sehingga dapat dihindari dalam satu blok terdapat lebih dari satu kereta.



**Gambar 2.27.** Sistem Blok

Sedangkan sinyal geometri sendiri terdiri dari dua jenis sinyal, yaitu :

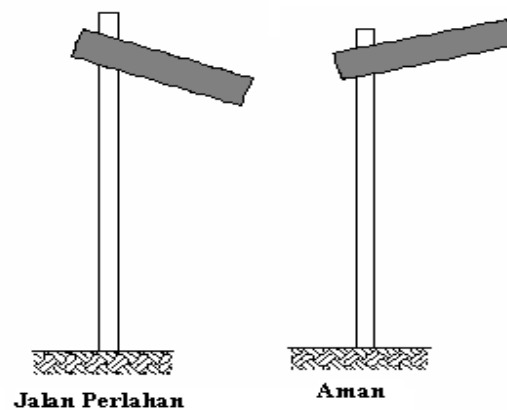
a. Sinyal Muka

Sinyal muka yang biasa mempunyai lengan yang ujungnya siku-siku untuk tanda pada siang hari dan dilengkapi lampu yang memberikan sinar berwarna untuk tanda pada malam hari.

Sinyal ini memberikan tanda untuk mengetahui tanda apa yang ditunjukkan oleh sinyal utama. Sinyal ini memberikan dua macam tanda :

- Jalan perlahan       $\longrightarrow$  berarti sinyal utama "stop"
- Aman                       $\longrightarrow$  berarti sinyal utama "jalan"

Sinyal muka gunanya untuk memberitahukan kepada masini, tindakan apa yang harus diambilnya sesuai dengan tanda yang ditunjukkan oleh sinyal utama ("aman" atau "tidak aman").



**Gambar 2.28.** Sinyal Muka

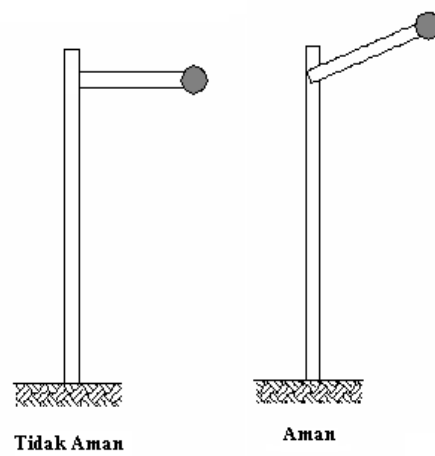
b. Sinyal Utama

Sinyal utama berfungsi mengatur blok-blok agar tiap blok hanya terdapat maksimal satu buah kereta. Sinyal ini dapat berupa tiang sinyal maupun lampu sinyal.

Sinyal utama yang sederhana mempunyai lengan yang ujungnya bundar untuk tanda pada siang hari dan dilengkapi lampu yang memberikan sinar berwarna untuk tanda pada malam hari.

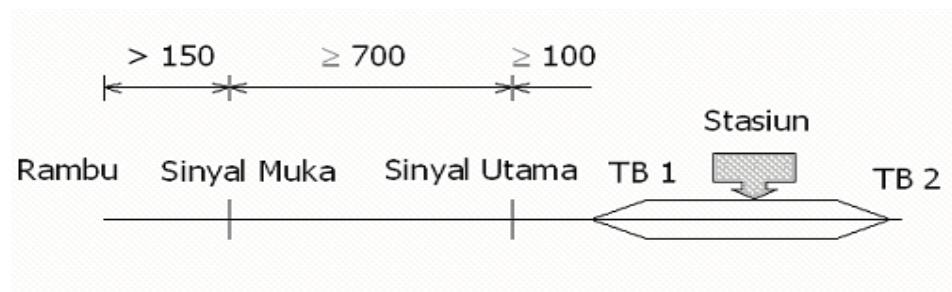
Sinyal ini dapat menunjukkan dua macam tanda :

- Aman                     $\longrightarrow$  berarti kereta api dapat berjalan terus
- Tidak aman            $\longrightarrow$  berarti kereta api harus berhenti



**Gambar 2.29.** Sinyal Utama

Antara sinyal muka dan sinyal utama harus terdapat jarak minimal 700 m.



**Gambar 2.30.** Letak Sinyal Muka dan Sinyal Utama

keterangan :

TB : Titik Bahaya

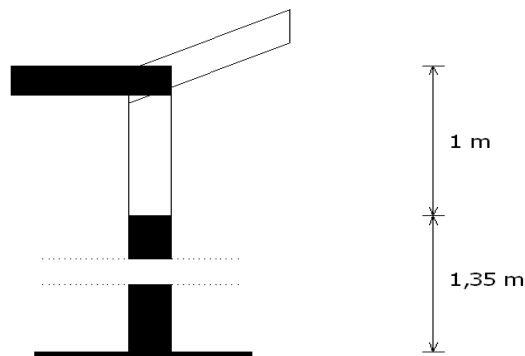
KL : Sinyal ke luar

## 2.8. RAMBU-RAMBU PENDUKUNG PERJALANAN KERETA API

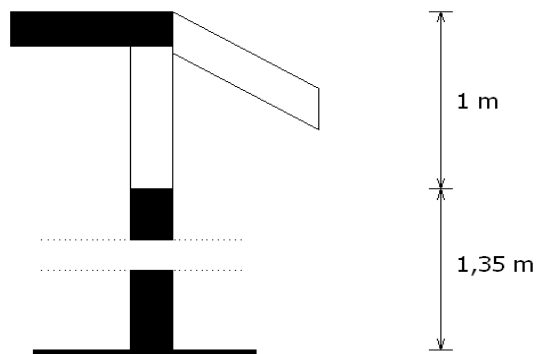
Untuk menjaga keamanan dan keselamatan perjalanan kereta api baik untuk pengguna transportasi darat yang lain maupun untuk pengguna ka itu sendiri maka pada daerah-daerah atau titik-titik tertentu yang memerlukan dipasang rambu-rambu pendukung antara lain :

### 1. Rambu Heleng

Rambu ini berisikan tentang informasi bahwa lintas tersebut mempunyai geometri tanjakan atau jalan rel menurun. Ini dikenal dengan istilah kelandaian. Bentuk visual dari rambu tersebut adalah sebagai berikut :

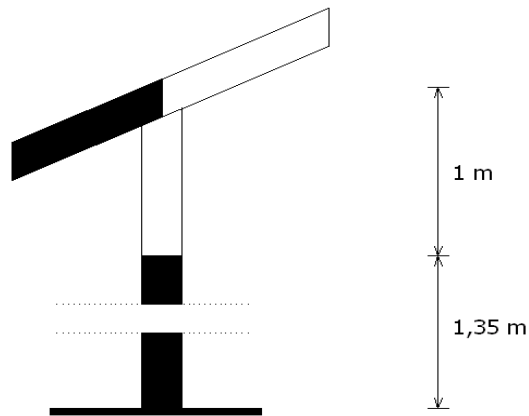


**Gambar 2.31.** Petunjuk Landai Bentuk A (Jalan Rel Menanjak)



**Gambar 2.32.** Petunjuk Landai Bentuk B (Jalan Rel Menurun)





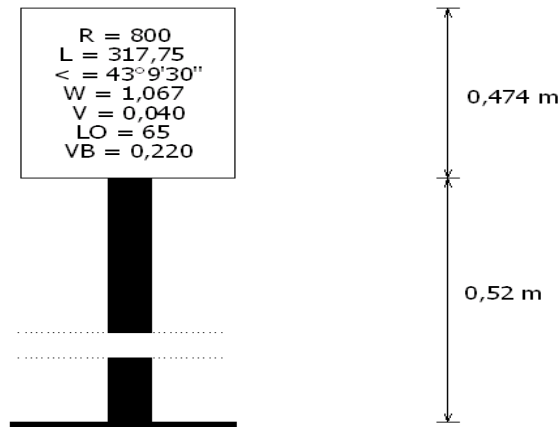
**Gambar 2.33.** Petunjuk Landai Bentuk C (Jalan Rel Menanjak)

## 2. Rambu lengkung

Rambu ini memberikan informasi tentang data-data lengkung yaitu :

- Panjang lengkung
- Jari-jari lengkung
- Sudut lengkung
- Panjang lengkung peralihan
- Peninggian
- Lebar sepur
- Pelebaran

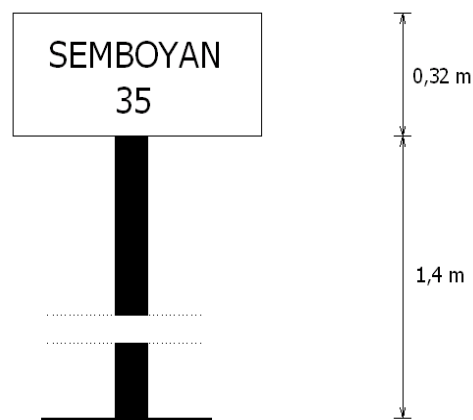
Bentuk visual dari rambu tersebut adalah sebagai berikut :



**Gambar 2.34.** Papan Lengkung

### 3. Semboyan 35

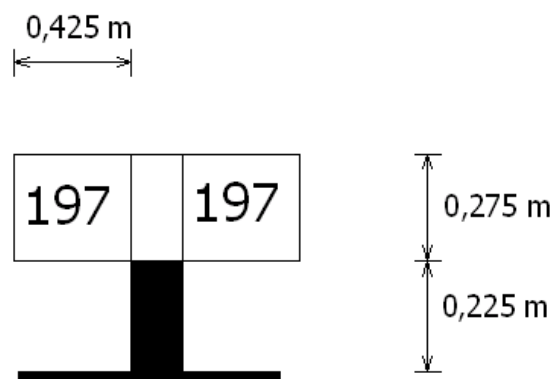
Rambu ini dipasang sebelum perlintasan atau pada saat lintas melewati daerah pemukiman penduduk. Maksud dan tujuan pemasangan rambu ini adalah agar masinis membunyikan suling saat melihat rambu ini, dengan demikian diharapkan dapat mengamankan perjalanan kereta.



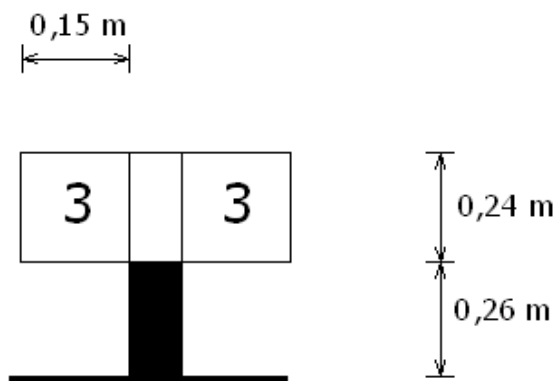
**Gambar 2.35.** Semboyan 35

#### 4. Patok Km / Piket

Di Selatan atau Utara jalan rel terdapat patok-patok yang memberikan informasi tentang Km (kilometer) dan Hm (hectometer). Informasi ini selain untuk menginformasikan panjang *track*, juga untuk panduan lokasi pekerjaan atau pada saat inspeksi lintas (lokrit, bordesit, lori)



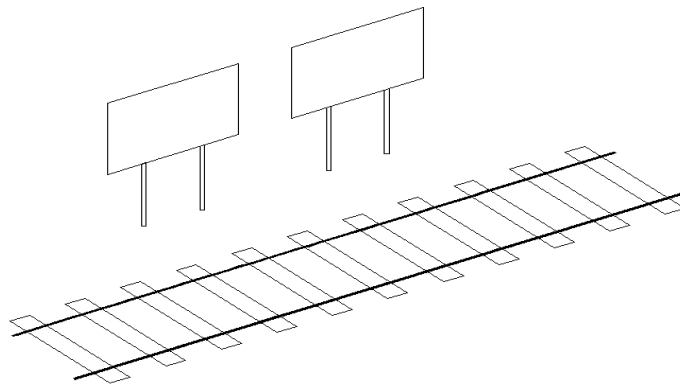
**Gambar 2.36.** Patok Kilometer



**Gambar 2.37.** Patok Hektometer

### 5. Semboyan 8

Semboyan ini dimaksudkan untuk memberikan kejutan kepada masinis jika ketika sedang mengoperasikan kereta api masinis mengantuk dan sebagainya sehingga lalai.



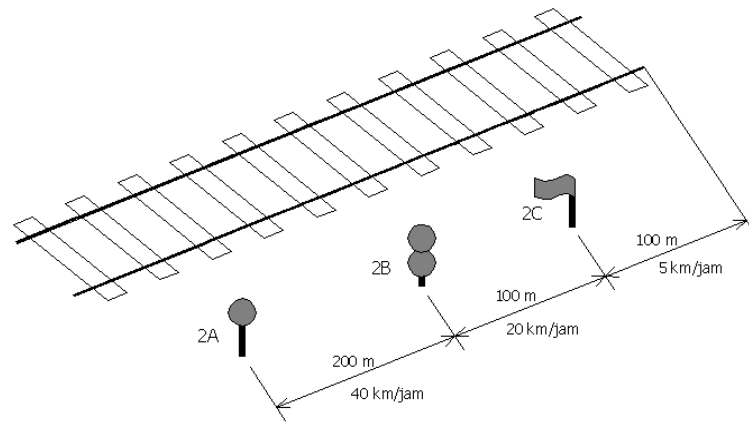
**Gambar 2.38.** Semboyan 8

### 6. Taspas (pembatas kecepatan)

Taspas terdiri dari dua jenis yaitu taspas tetap dan taspas tidak tetap. Taspas tetap dipasang karena kondisi lintas, seperti lengkung berjari-jari dibawah jari-jari minimum sehingga kecepatan kereta api perlu dibatasi.

### 5. Semboyan 2A, 2B, 2C

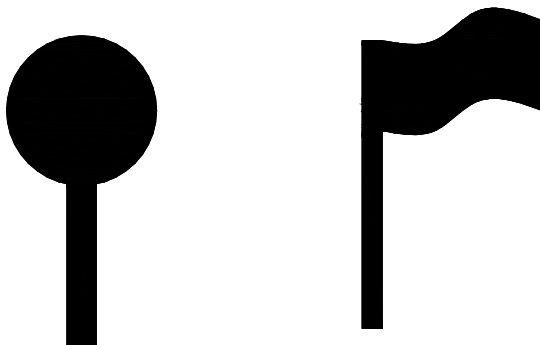
Semboyan ini dipasang pada lintas-lintas tertentu, dengan kondisi jalan rel yang tidak begitu baik, bisa juga dikarenakan ada perbaikan jalan rel atau jembatan. Pemasangan semboyan ini telah diatur dengan regleman 3.



**Gambar 2.39.** Sketsa Pemasangan Semboyan Pembatas Kecepatan pada Lokasi Kerja

#### 5. Semboyan 3

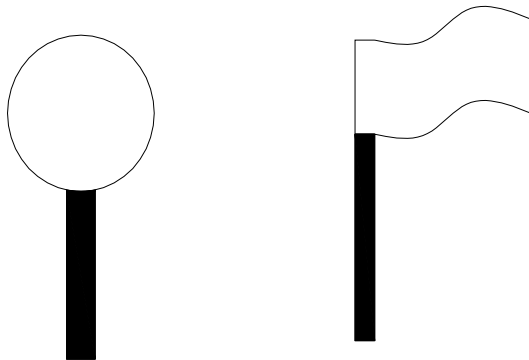
Semboyan 3 dipasang bila terjadi rintang jalan yang menyebabkan jalan tersebut tidak dapat dilewati kereta api, atau jika kondisi material jalan banyak yang tidak baik, maka diperlukan semboyan 3, atau pada saat pekerjaan penggantian rel dengan panjang tertentu juga disyaratkan pemasangan semboyan 3.



**Gambar 2.40.** Sketsa Semboyan 3

#### 6. Semboyan 1

Semboyan ini memberikan informasi bahwa jalan rel aman untuk dilewati dengan kecepatan tertentu.



**Gambar 2.41.** Sketsa Semboyan 1

#### 7. Semboyan 6

Semboyan ini memberikan informasi bahwa kereta api boleh masuk dengan kecepatan terbatas. Semboyan ini biasanya terdapat di Selatan dan Utara stasiun, dan biasa dikenal sinyal masuk.

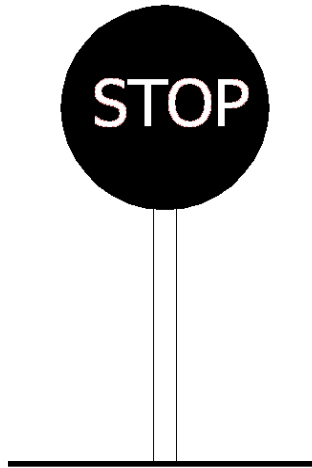
#### 8. Semboyan 40 dan 41

Sebelum kereta api berangkat dari stasiun, PPKA akan memberikan ijin kepada kondektur pemimpin untuk memberangkatkan kereta api.

#### 9. Rambu-rambu pada perpotongan jalan kereta api dengan jalan raya

Di setiap perlintasan sebidang biasanya dilengkapi dengan rambu-rambu pengaman perjalanan kereta api, yaitu :

- Rambu stop
- Papan perhatian
- Garis kejut dan pintu perlintasan



**Gambar 2.42.** Rambu STOP



**Gambar 2.43.** Papan Peringatan

#### 10. Semboyan Genta

Selain semboyan di atas, gardu PJL juga dilengkapi dengan semboyan genta. Maksud pemasangan semboyan ini adalah untuk memberitahu kepada petugas jaga bahwa kereta api akan lewat. kereta api lewat ditandai dengan bunyi satu kali atau dua kali, yang menunjukkan kereta lewat dari arah mana.