

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Umum

##### 2.1.1. Standar Jalan Rel

Perencanaan konstruksi jalan rel didasarkan oleh beberapa komponen jalan rel antara lain kecepatan maksimum, beban gandar dan daya angkut lalu lintas sesuai ketentuan yang tercantum dalam Peraturan Dinas No. 10 (PD10) Tahun 1986.

**Tabel 2.1. Klasifikasi Jalan Rel**

Kelas Jalan	Daya angkut lintas (ton/tahun)	V Maks (km/jam)	P Maks Gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis bantalan Jarak as	Jenis Penambat	Tebal Balas atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
I	$> 20 \cdot 10^6$	120	18	R.60/R.54	Beton 600	EG	30	50
II	$10 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^6$	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu 600	EG	30	50
III	$5 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 600	EG	30	40
IV	$2,5 \cdot 10^6 - 5 \cdot 10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 600	EG/ET	25	40
V	$< 2,5 \cdot 10^6$	80	18	R.42	Kayu/Baja 600	ET	25	35

ET = Elastik Tunggal; EG = Elastik Ganda

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

##### 2.1.2. Kecepatan Rencana

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

a) Untuk perencanaan struktur jalan rel

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

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

$$V_{rencana} = V_{maks}$$

- c) Untuk perencanaan peninggian

$$V_{rencana} = c \times \frac{\sum Ni \cdot Vi}{\sum Ni}$$

$$c = 1,25$$

Ni = Jumlah kereta api yang lewat

Vi = Kecepatan operasi

### 2.1.3. Kecepatan Maksimum

Kecepatan maksimum adalah kecepatan tertinggi yang diijinkan untuk operasi suatu rangkaian kereta pada lintas tertentu. Kecepatan maksimum dapat dipakai untuk mengejar keterlambatan – keterlambatan yang disebabkan oleh adanya gangguan – gangguan di perjalanan.

### 2.1.4. Daya Angkut Lintas

Daya angkut lintas adalah jumlah angkutan anggapan yang melewati suatu lintas dalam jangka waktu satu tahun yang mencerminkan jenis serta jumlah beban total dan kecepatan kereta api yang lewat di lintas yang bersangkutan.

$$T = 360 \times S \times TE$$

$$TE = T_p \times K_b \times K_1 \times T_1$$

Dimana :

TE = tonase ekuivalen (ton/hari)

Tp = tonase penumpang dan kereta harian

Tb = tonase barang dan gerbong harian

T1 = tonase lokomotif harian

S = koefisien yang besarnya tergantung pada kualitas lintas

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

S = 1,0 untuk lintas tanpa kereta penumpang

K1 = koefisien yang besarnya = 1,4

Kb = koefisien yang besarnya tergantung kepada beban gandar

Kb = 1,5 untuk beban gandar < 18 ton

Kb = 1,3 untuk beban gandar > 18 ton

## 2.2. Geometrik Jalan Rel

### 2.2.1. Alinemen Horisontal

#### 1. Lengkung Lingkaran

Lengkung lingkaran adalah dua garis lurus yang perpanjangannya saling membentuk sudut dihubungkan dengan garis lengkung.

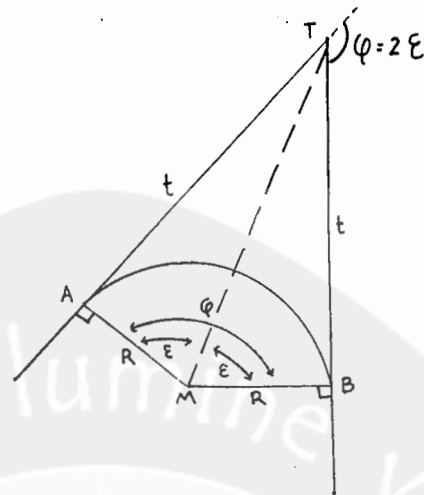
Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah lengkung peralihan, ataupun tanpa lengkung peralihan . Pada

perencanaan jalan kereta api untuk berbagai kecepatan, besar jari – jari minimum yang diijinkan adalah seperti yang tercantum dalam

**Tabel 2.2.** Jika berdasarkan sudut pertemuan antara dua garis lurus maka jari – jari lengkung atau R dapat ditetapkan sebagai berikut :

$$R = \frac{t}{\text{tg } \varepsilon}$$

Besar sudut titik pusat =  $\phi = 2\varepsilon$



**Gambar 2.1. Lengkung Lingkaran**

**Tabel 2.2. Persyaratan Perencanaan Lengkungan**

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari – jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan (m)	Jari – jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan (m)
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

## 2. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari – jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipergunakan pada jari – jari lengkung yang relatif kecil dan dibuat untuk mengeliminasi perubahan gaya senrifugal sedemikian rupa sehingga penumpang di dalam kereta api tetap terjamin kenyamanannya.

Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus :

$$L_h = 0,01 h V$$

Dimana :  $L_h$  = panjang minimum lengkung peralihan (m)

$h$  = pertinggian relatif antar dua bagian yang  
dihubungkan(mm)

$V$  = kecepatan rencana untuk lengkung peralihan (km/jam)

### 3. Peninggian Rel

Pada saat kereta api memasuki bagian lengkung, maka pada kereta api tersebut akan timbul gaya sentrifugal yang mempunyai kecenderungan melemparkan kereta api ke arah luar lengkung, dan hal ini sangat membahayakan, untuk mengatasinya digunakan peninggian pada rel. Ditinjau dari segi pelaksanaannya adalah lebih mudah untuk meninggikan dari pada merendahkan suatu bagian. Oleh karena itu di bagian lengkung dimana diperlukan peninggian, maka bagian yang ditinggikan adalah rel luar. Peninggian rel dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan. Untuk tikungan tanpa lengkung peralihan peninggian rel dicapai secara berangsur tepat di luar lengkung lingkaran sepanjang suatu panjang peralihan, peninggian lengkung ditentukan berdasarkan :

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \frac{(V_{\text{rencana}})^2}{\text{jari} - \text{jari}}$$

Dengan batas – batas :

$$h_{\text{maksimum}} = 110 \text{ (mm)}$$

$$h_{\text{minimum}} = 8,8 \cdot \frac{V^2}{R} - 53,5 \text{ (mm)}$$

- harga – harga yang diperoleh dibulatkan ke 5 mm terdekat ke atas, misalnya dari perhitungan diperoleh  $h = 3,5$  mm maka peninggian yang harus diberikan adalah 5 mm.

Besar peninggian untuk berbagai kecepatan rencana tercantum pada lampiran 19.

#### 4. Lengkung S

Lengkung S terjadi bila dua lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan. Antara kedua lengkung yang berbeda arah ini harus ada bagian lurus sepanjang paling sedikit 20 meter diluar lengkung peralihan.

#### 5. Pelebaran Sepur

Pelebaran sepur dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Pelebaran sepur dicapai dengan menggeser rel dalam ke arah dalam. Besar pelebaran sepur untuk berbagai jari – jari tikungan adalah seperti yang tercantum dalam tabel berikut :

**Tabel 2.3. Pelebaran Sepur**

Jari – jari tikungan (meter)	Pelebaran Sepur (mm)
0	$R > 600$
5	$550 < R > 600$
10	$400 < R > 550$
15	$350 < R > 400$
20	$100 < R > 350$

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

Pelebaran sepur maksimum yang diijinkan adalah 20 mm. Pelebaran sepur dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan.

### 2.2.2. Alinemen Vertikal

#### 1. Lengkung Vertikal

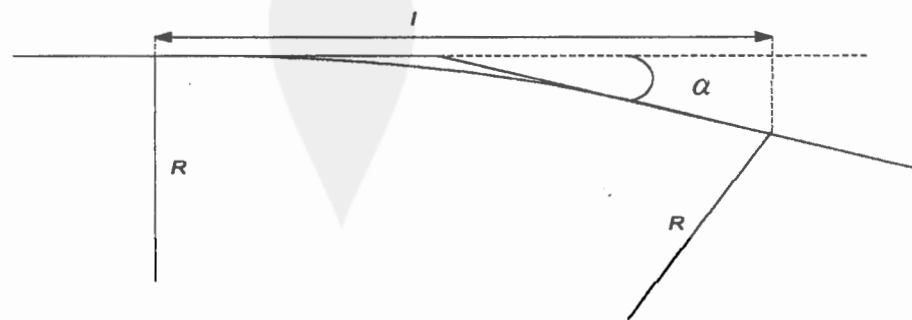
Panjang lengkung vertikal berupa busur lingkaran yang menghubungkan dua kelandaian lintas yang berbeda, ditentukan berdasarkan besarnya jari-jari lengkung vertikal, perbedaan kelandaian.

Dan besarnya jari – jari lengkung vertikal minimum bergantung pada kecepatan rencana seperti tercantum pada tabel berikut :

**Tabel 2.4. Jari – Jari Minimum Lengkung Vertikal**

Kecepatan rencana (km/jam)	Jari – jari minimum Lengkung vertikal (meter)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986



**Gambar 2.2. Lengkung Peralihan Busur Lingkaran**

Keterangan :  $R$  = jari-jari lengkung peralihan  
 $l$  = panjang lengkung peralihan =  $\varphi \cdot R$   
 $A$  = titik tekuk  
 $\varphi$  = perbedaan landai

letak titik A ( $X_m, Y_m$ )

$$X_m = \frac{R}{2} \cdot \varphi$$

$$Y_m = \frac{R}{8} \cdot \varphi$$

## 2. Landai

### a. Pengelompokan lintas

Berdasarkan pada kelandaian dari sumbu jalan rel dapat dibedakan atas 4 kelompok seperti yang tercantum dalam tabel berikut :

**Tabel 2.5. 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 : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

Untuk emplasemen kelandaiannya adalah 0 sampai 1,5 ‰ / ‰

### b. Landai penentu

Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Besar landai penentu terutama berpengaruh pada kombinasi daya tarik lok dan rangkaian yang dioperasikan. Untuk masing-masing kelas jalan rel, besar landai penentu adalah seperti yang tercantum dalam tabel berikut:



**Tabel 2.6. Landai Penentu Maksimum**

Kelas Jalan Rel	Landai Penentu Maksimum
1	10 o / oo
2	10 o / oo
3	20 o / oo
4	25 o / oo
5	25 o / oo

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

c. Landai curam

Dalam keadaan yang memaksa kelandaian (pendakian) dari lintas lurus dapat melebihi landai tertentu. Kelandaian ini disebut landai curam; panjang maksimum landai curam dapat ditentukan melalui rumus pendekatan sebagai berikut :

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

Keterangan :

$l$  = panjang maksimum landai curam (meter)

$V_a$  = kecepatan minimum yang diijinkan  
di kaki landai curam (m/dt)

$V_b$  = kecepatan minimum  
di puncak landai curam (m/dt)

$$V_b \geq \frac{1}{2} V_a$$

$g$  = percepatan gravitasi

$S_k$  = besar landai curam ( o / oo )

$S_m$  = besar landai penentu ( o / oo )

### 2.2.3. Ruang Bebas

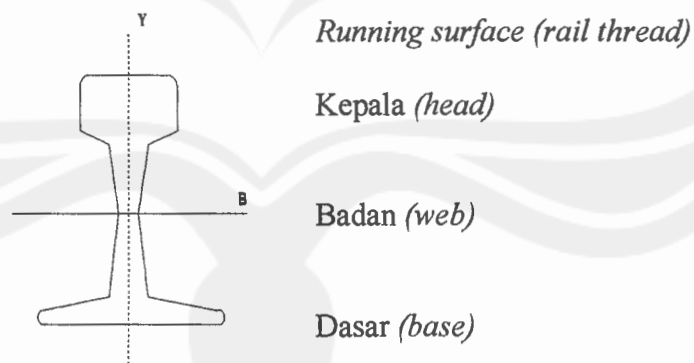
Ruang bebas adalah ruang di atas sepur yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang. Ruang ini disediakan untuk lalu lintas rangkaian kereta api. Ukuran ruang bebas untuk jalur tunggal pada lintas yang melengkung dapat dilihat pada lampiran 2.

Ukuran – ukuran tersebut telah memperhatikan dipergunakannya gerbong kontener/peti kemas ISO (*‘Iso Container Size’*) tipe *“standar height”*.

## 2.3. Rel

### 2.3.1. Tipe dan Karakteristik Penampang

Rel untuk kereta api berbentuk I, dengan bagian-bagian sebagai berikut :



**Gambar 2.3. Rel**

Penamaan rel disesuaikan dengan berat / meter, misalnya :

R-54 adalah rel dengan berat sekitar 54 kg/m.

R-42 adalah rel dengan berat sekitar 42 kg/m.

Fungsi rel :

- a. Menerima langsung beban – beban dari kendaraan rel sebelum didistribusikan ke komponen – komponen lainnya.
- b. Mengarahkan jalannya kendaraan rel.
- c. Unsur pengikat dalam membentuk struktur jalan rel.

Tipe rel untuk masing – masing kelas jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.7.

**Tabel 2.7. Kelas Jalan dan Tipe Relnya**

Kelas jalan	Tipe rel
I	R.60 / R.54
II	R.54 / R.50
III	R.54 / R.50 / R.42
IV	R.54 / R.50 / R.42
V	R.42

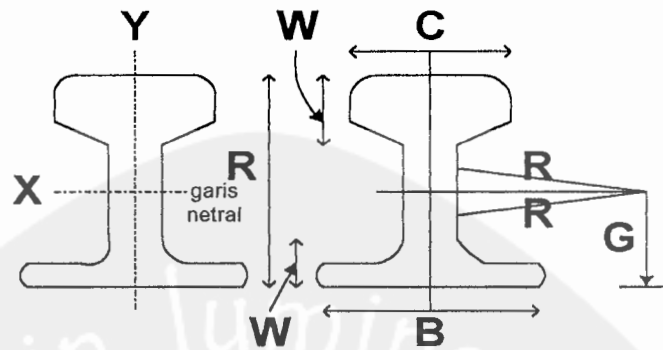
Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

**Tabel 2.8. Karakteristik Penampang Rel**

Besaran geometri rel	Tipe rel			
	R.42	R.50	R.54	R.60
H (mm)	138,00	153,00	159,00	172,00
B (mm)	110,00	127,00	140,00	150,00
C (mm)	68,50	65,00	70,00	74,30
D (mm)	13,50	15,00	16,00	16,50
E (mm)	40,50	49,00	49,40	51,00
F (mm)	23,50	30,00	30,20	31,50
G (mm)	72,00	76,00	74,97	80,95
R (mm)	320,00	500,00	508,00	120,00
A (cm <sup>2</sup> )	54,26	64,20	69,34	76,86
W (kg/m)	42,59	50,40	54,43	60,34
I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	1.369	1.960	2.346	3.055
Y <sub>b</sub> (mm)	68,50	71,20	76,20	80,95

A = luas penampang  
W = berat rel per meter  
I<sub>x</sub> = momen inersia terhadap sumbu X  
Y = jarak tepi bawah rel ke garis netral

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986



**Gambar 2.4. Karakteristik Penampang Rel**

### 2.3.2. Jenis Rel Menurut Panjangnya

Menurut panjangnya rel dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Rel standar : 25 meter
2. Rel pendek : maksimal 100 meter
3. Rel panjang : tercantum dalam Tabel 2.9

**Tabel 2.9. Panjang Minimum Rel Panjang**

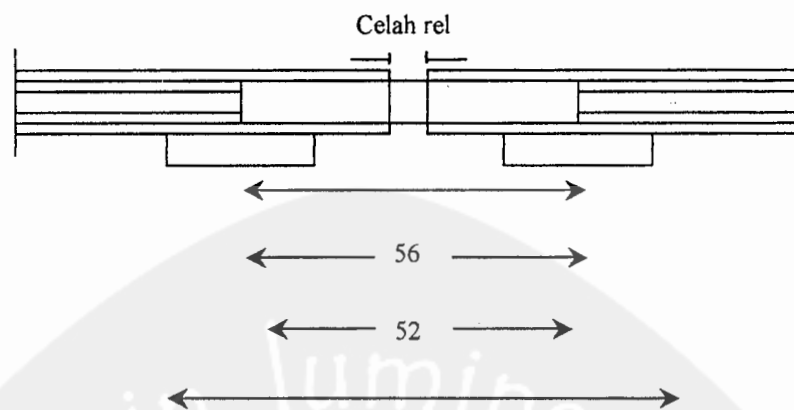
Jenis bantalan	Tipe rel			
	R. 42	R. 50	R. 54	R. 60
Bantalan kayu	325 m	375 m	400 m	450 m
Bantalan beton	200 m	225 m	250 m	275 m

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

### 2.3.3. Sambungan Rel

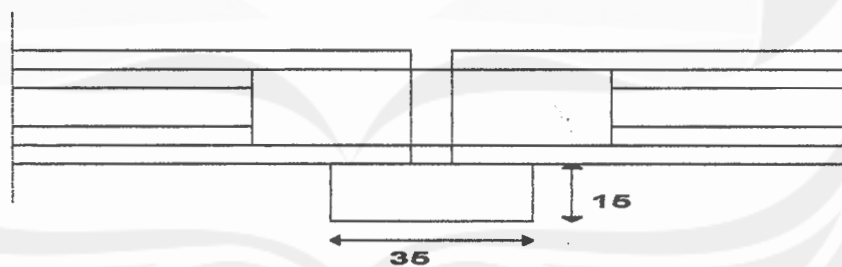
Sambungan rel merupakan konstruksi yang mengikat dua ujung rel sedemikian rupa sehingga operasi kereta api tetap aman dan nyaman. Yang dimaksud dengan sambungan rel dalam hal ini adalah sambungan yang menggunakan pelat penyambung dan baut-mur.

1. Macam sambungan dilihat dari kedudukannya terhadap bantalan :
  - a. sambungan melayang (**Gambar 2.5**), bantalan yang biasa digunakan di daerah sambungan ukuran  $13 \times 22 \times 200 \text{ cm}^3$ .



**Gambar 2.5. Sambungan melayang**

- b. sambungan menumpu (**Gambar 2.6**), terhadap faktor tumbukan kendaraan rel lebih baik daripada sambungan melayang karena bantalannya lebih tebal dan lebar yaitu  $15 \times 35 \times 200 \text{ cm}^3$ .



**Gambar 2.6. Sambungan menumpu**

2. Penempatan sambungan di sepur ada dua macam :
- a. penempatan secara siku, di mana kedua sambungan berada pada satu garis yang tegak lurus terhadap sumbu sepur dengan toleransi penyimpangan maksimum adalah 30 mm. Sambungan siku ini sesuai untuk lintas lurus.

- b. Penempatan secara berselang seling, di mana kedua sambungan rel tidak berada pada satu garis yang tegak - lurus terhadap sumbu sepur, sangat cocok untuk daerah lengkung karena tidak terpengaruh oleh panjangnya rel, dan kerugiannya adalah penambahan bantalan pada tiap sambungan.

### 3. Sambungan rel di jembatan

Yang harus diperhatikan pada sambungan rel di jembatan adalah

- a. di daerah bentang jembatan tidak boleh ada sambungan rel,
- b. pada bentang jembatan, rel dan bantalan harus sebagai satu kesatuan,
- c. jika menggunakan rel standar atau pendek, letak sambungan harus berada di luar pangkal jembatan, dan
- d. jika menggunakan rel panjang jarak antar ujung jembatan dengan sambungan rel minimal harus sama dengan panjang daerah muai rel itu.

**Tabel 2.10. Panjang Daerah Muai ( $L_{dm}$ )**

Jenis bantalan	Tipe rel			
	R. 42	R. 50	R. 54	R. 60
Bantalan kayu	165 m	190 m	200 m	225 m
Bantalan beton	100 m	115 m	125 m	140 m

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986



**Gambar 2.7. Penempatan Sambungan Rel Panjang yang Melintas Jembatan**

#### 2.3.4. Celah

Pada sambungan rel terdapat celah yang berguna untuk menampung timbulnya perubahan panjang rel akibat perubahan suhu. Besar celah untuk rel standar atau rel pendek dengan besar celah untuk rel panjang berbeda, karena pada rel panjang dipengaruhi oleh tipe rel dan jenis bantalan sedangkan untuk rel standar atau rel pendek tidak dipengaruhi tipe rel (dipengaruhi panjang rel).

**Tabel 2.11. Besar Celah untuk Semua Tipe Rel pada Sambungan Rel Standar dan Rel Pendek**

Suhu Pemasangan (°C)	Panjang rel (m)			
	25	50	75	100
20 ≥	8	14	16	16
22	7	13	16	16
24	7	12	16	16
26	6	10	15	16
28	6	9	13	16
30	5	8	11	14
32	4	7	9	12
34	4	6	7	9
36	3	4	6	7
38	3	3	4	4
40	2	2	2	2
42	2	1	0	0
44	1	0	0	0
≥ 46	0	0	0	0

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

**Tabel 2.12. Besar Celah untuk Sambungan Rel Panjang pada Bantalan Kayu**

Suhu Pemasangan (°C)	Tipe rel			
	R. 42	R. 50	R. 54	R. 60
28 ≥	16	16	16	16
30	14	16	16	16
32	12	14	15	16
34	10	11	12	13
36	8	9	10	10
38	6	6	8	8
40	5	4	6	6
42	4	3	5	5
44	3	3	3	4
46	2	3	3	3
≥ 48	2	2	2	2

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

**Tabel 2.13. Besar Celah untuk Sambungan Rel Panjang pada Bantalan Beton**

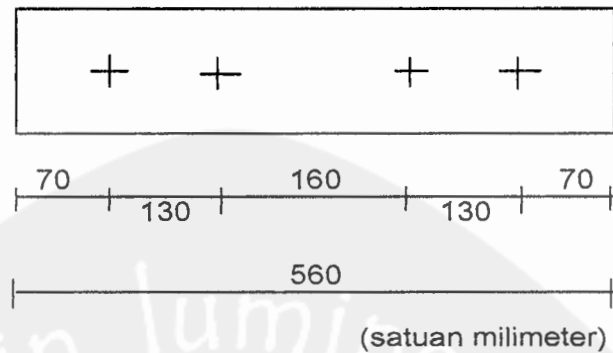
Suhu Pemasangan (°C)	Tipe rel			
	R. 42	R. 50	R. 54	R. 60
22 ≥	16	16	16	16
24	14	16	16	16
26	13	14	15	16
28	13	12	13	14
30	10	11	11	12
32	8	9	10	10
34	7	8	8	9
36	6	6	7	7
38	5	5	5	6
40	4	4	4	5
42	3	3	3	4
44	3	3	3	3
≥ 46	2	2	2	2

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

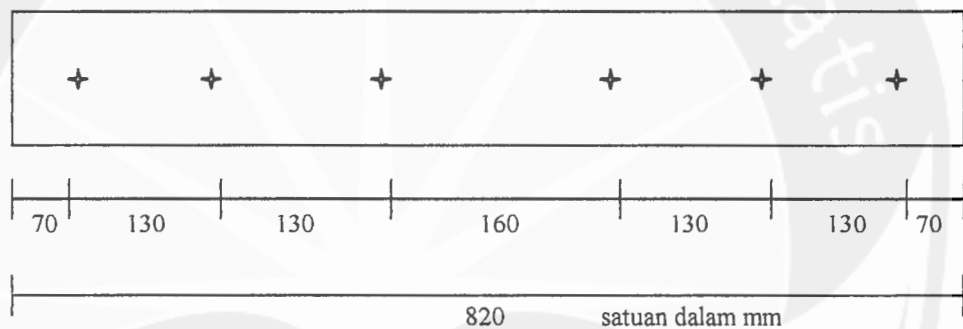
### 2.3.5. Pelat Sambung

Pada setiap sambungan rel dipasang pelat sambung yang harus mempunyai panjang dan ukuran yang sama. Seperti disajikan dalam **Gambar 2.8** dan **Gambar 2.9** ukuran – ukuran standar pelat penyambung.





**Gambar 2.8.**  
**Pelat Penyambung untuk Rel R. 42, R. 50, R.54.  $\varnothing$  Lubang 24 mm**  
**Tebal Pelat 20 mm, Tinggi Disesuaikan dengan Masing-masing Rel**



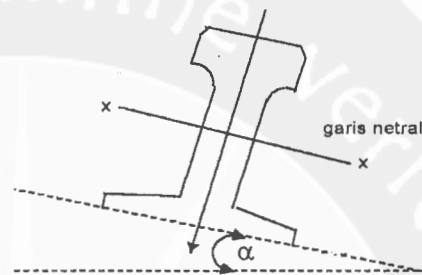
**Gambar 2.9.**  
**Pelat Penyambung untuk Rel R. 60.  $\varnothing$  Lubang 25 mm.**  
**Tebal Pelat 20 mm.**

### 2.3.6. Kedudukan Rel

Rel pada jalan rel kecuali pada wesel dan emplasemen dibuat miring ke dalam dengan kemiringan 1:40 atau 1:30, hal ini ditentukan berdasarkan kemiringan bagian roda yang mengenai permukaan rel. Besar kemiringan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga bidang kontak antara rel dengan kasut roda pada jalur lurus mendekati sumbu vertikal rel.

Pada tikungan, akibat gaya sentrifugal maka bidang kontak antara roda dan rel akan bergeser sehingga diameter roda luar dan dalam pada

bidang kontak berbeda, sehingga mengakibatkan perbedaan jarak tempuh antara roda luar dan roda dalam, dengan adanya kemiringan rel maka akan mengurangi terseretnya roda bagian dalam, sehingga akan mengurangi keausan roda dan rel serta meningkatkan kenyamanan.



**Gambar 2.10. Rel Dipasang Miring ke Dalam Kemiringan ( $\text{tg } \alpha$ ) 1:40**

#### 2.4. Wesel

Dalam konstruksi jalan rel, pertemuan antara beberapa jalur atau sepur memerlukan suatu konstruksi khusus yang disebut wesel. Wesel dapat berupa cabang ataupun persilangan antara dua sepur.

Jenis wesel (gambar terlampir pada lampiran 3) :

1. Wesel biasa :
  - a. wesel biasa
    - 1) wesel biasa kiri
    - 2) wesel biasa kanan
  - b. wesel dalam lengkung
    - 1) wesel searah lengkung
    - 2) wesel berlawanan arah lengkung

### 3) wesel simetris

#### 2. Wesel tiga jalan :

##### a. wesel biasa

- 1) wesel biasa searah
- 2) wesel biasa berlawanan arah

##### b. wesel tergeser

- 1) wesel searah tergeser
- 2) wesel berlawanan arah tergeser

#### 3. Wesel Inggris

Wesel inggris adalah wesel yang dilengkapi oleh gerakan – gerakan lidah serta sepur – sepur belok.

1. Wesel Inggris lengkap
2. Wesel Inggris tak lengkap

Wesel terdiri dari beberapa komponen (lampiran 3) yaitu :

##### 1) Lidah

Lidah adalah bagian dari wesel yang dapat digerakkan, dan mempunyai pangkal yang disebut akar.

Jenis lidah ada dua yaitu lidah berputar yang mempunyai engsel di akarnya dan lidah pegas yang akarnya dijepit sehingga dapat melentur.

## 2) Sudut tumpu

Sudut tumpu ialah sudut antar lidah dengan rel lantak dan dinyatakan dengan tangennya yakni  $\text{tg } \beta = 1:m$ , di mana harga  $m$  berkisar antara 25 sampai 100

## 3) Jarum dan sayap – sayapnya

Jarum ialah bagian wesel yang memberi kemungkinan kepala flens roda melalui perpotongan bidang – bidang jalan yang terputus antara dua rel. Sudut kelincipan jarum ( $\alpha$ ) disebut sudut sam, ping arah.

Jenis – jenis jarum yang dapat digunakan :

- a. jarum kaku dibaut (*bolted rigid frogs*) dibuat dari potongan – potongan rel standar yang dibaut.
- b. Jarum rel pegas (*spring rail frogs*)
- c. Jarum baja mangan cor (*cast manganese steel frogs*), dipakai untuk lintas dengan tonase beban yang berat atau lintas yang frekuensi keretanya tinggi.
- d. Jarum keras terpusat (*hard centered frogs*).

## 4) Rel lantak

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

## 5) Rel paksa

Rel yang kedua ujungnya dibengkokkan ke dalam dan terbuat dari rel biasa. Rel paksa luar biasanya dibaut pada rel lantak, dengan menempatkan blok pemisah diantaranya. Pada wesel untuk kecepatan

tinggi, rel paksa ditambatkan pada bantalan dengan menggunakan alat penambat. Jarak rel paksa dengan rel lantak adalah 42 cm.

6) Sistem penggerak atau pembalik wesel

Pembalik atau sistem penggerak wesel adalah suatu mekanisme untuk menggerakkan ujung lidah, baik dengan sistem mekanik maupun elektrik.

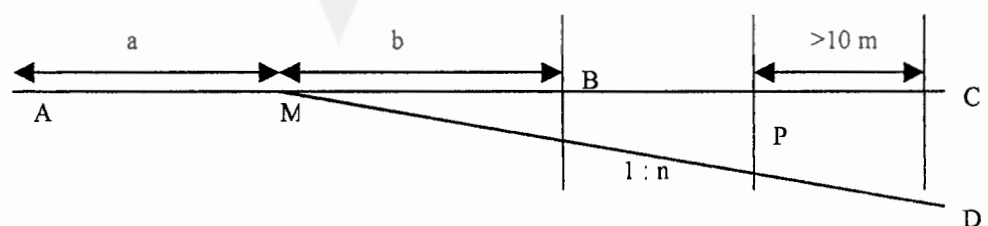
Wesel mempunyai nomor dan kecepatan ijin pada wesel. Nomor wesel atau  $n$ , digunakan untuk menyatakan tangen sudut simpang arah, yakni  $tg = 1:n$ . Pada **Tabel 2.14** akan menunjukkan nomor wesel serta kecepatan ijin yang diperbolehkan.

**Tabel 2.14. 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	W20
Kecepatan Ijin (km/j)	25	35	45	50	60	70

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

Dalam gambar rencana untuk pelaksanaan pembangunan, wesel – wesel biasanya digambar hanya menurut bagannya, seperti pada **Gambar 2.11** di bawah ini.



**Gambar 2.11. Bagan Ukuran Wesel**

**Keterangan :**

- 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.  
 p = Patok bebas (*vrypaal, freepost*) , tempat dimana jarak antar sepur 3,4 meter.  
 CD= Posisi penempatan lampu – lampu sinyal.

**Tabel 2.15. Contoh Beberapa Besaran Wesel yang Telah Ditabelkan**

JENIS WESEL	REL	A (meter)	b (meter)
W8	R15, R33, R42	9,544	12,45
W9	R25	9,544	12,45
W10	R25, R33, R42	9,544	12,45
W12	R25, R33	9,544	12,45
W14	R25	9,544	12,45
W12 – EX JEPANG	R-54	9,912	14
W12 – EX AUSTRIA	R-54	12,50	14

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

Pada pemilihan wesel didasarkan pada kebutuhan pelayanan dengan memperhatikan ketersediaan lahan, kecepatan, biaya pembangunan serta pemeliharaan. Wesel dipasang pada bantalan kayu yang ukurannya sama dengan bantalan biasa

### **2.5. Penambat Rel**

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

penambat elastik. Penambat kaku terdiri dari mur dan baut, biasanya dipasang pada bantalan besi atau kayu, bisa dengan pelat andas, tetapi kekuatan jepitnya ada pada klem plat yang kaku. Penambat elastik ada dua sistem yaitu yang pertama penambat elastik tunggal yang biasanya dipasang pada bantalan kayu atau besi dan terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit elastik, tirpon, mur dan baut, kekuatan jepitnya pada batang jepit elastik, dan yang kedua adalah penambat elastik ganda terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit, alas rel, tirpon, mur dan baut, kekuatan jepitnya terdapat pada batang elastis, biasanya pada bantalan beton tidak mempergunakan pelat andas, tetapi dipakai alas karet (*rubber pad*), yang tebalnya disesuaikan dengan kecepatan maksimum.

Pada saat ini yang umum digunakan adalah penambat elastis, untuk memenuhi kebutuhan angkutan yang semakin cepat dan berat karena mengurangi pengaruh vibrasi pada rel terhadap bantalan. Penambat elastik ada bermacam – macam (gambar terlampir pada lampiran 4) antara lain :

1. Daya jepit dihasilkan langsung :

- a. Pandrol
- b. D.E.
- c. Dorken
- d. Fist – BTR

2. Daya jepit dihasilkan dengan bantalan mur-baut atau tirpon :

- a. F-type
- b. Nabla

## 2.6. Bantalan

Fungsi bantalan pada konstruksi jalan rel adalah :

- 1) Mengikat rel, sehingga lebar sepur tetap terjaga
- 2) Mendistribusikan beban dari rel ke balas (gaya vertikal)
- 3) Stabilitas ke arah luar jalan rel, dengan mendistribusikan gaya longitudinal dan lateral dari rel ke balas.

Bantalan dapat terbuat dari kayu, baja ataupun beton, pemilihan jenis bantalan umumnya ditentukan oleh kelas yang sesuai dengan klasifikasi jalan rel Indonesia.

### 2.6.1. Bantalan kayu

Bantalan kayu digunakan dalam jalan rel Indonesia karena bahan tersebut mudah diperoleh di Indonesia dan mudah pula dibentuknya. Secara umum syarat bahan bantalan kayu adalah utuh dan padat, tidak bermata, tidak ada lubang bekas ulat, dan tidak ada tanda – tanda mulai lapuk, kadar air maksimum 25%. Bantalan kayu harus terbuat dari kayu mutu A dengan kelas kuat I atau II dan kelas awet I atau II. Bantalan kayu yang terbuat dari kelas awet II harus diawetkan dengan rentensi pengawetan 10.

Ukuran bantalan kayu normal adalah sebagai berikut :

- Bantalan kayu jalan lurus:

Panjang	: 2000 mm, toleransi ukuran : +40, -20 mm
Lebar	: 220 mm, +20, -10 mm



Tinggi : 130 mm, +10, -0 mm

- Bantalan kayu jembatan :

Panjang : 1800 mm, toleransi ukuran : +40, -20 mm

Lebar : 220 mm, +20, -10 mm

Tinggi : 200 mm, +10, -0 mm

Pada bagian tengah maupun bagian bawah bantalan kayu pada jalan rel harus mampu menahan momen maksimum sebesar :

**Tabel 2.16. Momen Maksimum Bantalan Kayu**

Kelas kayu	Momen maksimum (kg-m)
I	800
II	530

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

#### 2.6.2. Bantalan Baja

Bantalan baja digunakan dalam jalan rel karena umumnya yang panjang, dan ringan sehingga memudahkan pengangkutan dan dipasang. Jika dilihat dari penampangnya, maka bantalan besi kurang baik stabilitasnya dibandingkan bantalan kayu maupun beton. Karena berat sendirinya kecil (47,1 kg) dan gesekan antara permukaan bantalan dengan balas relatif lebih kecil, sehingga tidak bisa dipakai untuk jalan dengan kecepatan tinggi dan pemakaian rel panjang menerus. Untuk mengurangi timbulnya karat, bantalan besi harus selalu kering, sehingga struktur dibawahnya harus dapat meloloskan air, sedangkan pada daerah – daerah yang sulit kering, dan sering terendam, misalnya di perlintasan, maka tidak boleh dipergunakan bantalan besi.

Bentuk penampang melintang bantalan baja, harus mempunyai bentuk kait keluar pada ujung bawahnya.



**Gambar 2.12. Penampang Melintang Bantalan Baja**

Bentuk penampang memanjang bantalan baja, harus mempunyai bentuk kait ke dalam pada ujung-ujung bawah.



**Gambar 2.13. Penampang Memanjang Bantalan Baja**

Pada jalur lurus, bantalan besi mempunyai ukuran :

Panjang	: 2000 mm
Lebar atas	: 144 mm
Lebar bawah	: 232 mm
Tebal baja	: minimal 7 mm

Pada bagian tengah maupun pada bagian bawah bantalan rel, harus mampu menahan momen sebesar 650 kg-m.

### 2.6.3. Bantalan beton pratekan blok tunggal dengan proses pratekan (*pretension*)

Ide pembuatan bantalan beton pratekan bermula dari usaha untuk mengurangi retak-retak yang biasanya timbul pada bagian-bagian yang

mengalami tegangan tarik. Pada bantalan beton pratekan, setelah bebannya lewat, retakan – retakan itu relatif merapat kembali karena adanya gaya tekan dari kabel – kabel pratekannya. Ukuran bantalan beton pratekan dengan proses pretension adalah sebagai berikut :

$$L = 1 + 2 \alpha \phi$$

Dimana : L = jarak antara dua sumbu vertikal re (mm)

$$\alpha = 80 \text{ sampai } 160$$

$$\phi = \text{diameter kabel baja prategang (mm)}$$

Bentuk penampang bantalan beton harus menyerupai trapesium, dengan luas penampang bagian tengah bantalan tidak kurang dari 85 % luas penampang bagian bawah rel.

Mutu campuran beton harus mempunyai kuat tekan kurang lebih  $500 \text{ kg/cm}^2$ , mutu baja tulangan geser tidak kurang dari U-24 dan mutu baja prategang ditetapkan dengan putus minimum sebesar  $17.000 \text{ kg/cm}^2$ . Bantalan beton pratekan dengan proses *pretension* harus mampu memikul momen minimum sebesar :

**Tabel 2.17. Momen Minimum Bantalan Beton**

Bagian	Momen positif (kg-m)	Momen negatif (kg-m)
Bawah rel	(+1.500)	-750
Tengah bantalan	660	-930 (-765)

Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

#### 2.6.4. Bantalan beton pratekan blok tunggal dengan proses *posttension*

Ukuran bantalan beton pratekan blok tunggal dengan proses *posttension* pada jalur lurus adalah

$$L = 1 + 2 \gamma$$

dimana : L = jarak anantara kedua sumbu vertikal rel (m)

$\gamma$  = panjang daerah regularisasi tegangan, yang tergantung jenis anker yang dipakai.

Bentuk penampang melintang bantalan beton harus trapesium, dengan luas penampang bagian tengah bantalan, tidak kurang dari 85 % luas penampang bagian bawah rel.

Mutu campuran betonnya harus mempunyai kuat tekan karakteristik tidak kurang dari  $500 \text{ kg/cm}^2$ , mutu baja tulangan geser tidak kurang dari mutu U-24 dan mutu baja prategang ditetapkan dengan tegangan putus minimum sebesar  $17.000 \text{ kg/cm}^2$ . Bantalan harus mampu memikul momen minimum sebesar :

**Tabel 2.18. Momen Minimum Bantalan Beton**

Bagian	Momen positif (kg-m)	Momen negatif (kg-m)
Bawah rel	(+1.500)	-750
Tengah bantalan	660	-930 (-765)

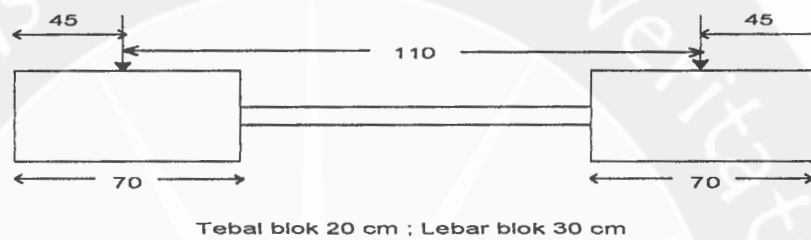
Sumber : Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

#### 2.6.5. Bantalan beton blok ganda

Pada jalur lurus, satu buah bantalan beton blok ganda mempunyai ukuran panjang 700 mm, lebar 300 mm dan tinggi rata – rata 200 mm, mempunyai kuat tekan tidak kurang dari  $385 \text{ kg/cm}^2$ , mutu baja untuk

tulang lentur tidak kurang dari U-32 dan mutu baja untuk batang penghubung tidak kurang dari U-32.

Pada bagian jalur yang lain, hanya panjang batang penghubungnya yang disesuaikan dan panjang batang penghubung harus dibuat sedemikian rupa sehingga cukup untuk meletakkan angker penambat.



**Gambar 2.14. Dimensi Bantalan Blok Ganda**

#### 2.6.6. Jumlah dan jarak bantalan

Jumlah untuk bantalan beton, baja atau kayu pada jalan lurus dipergunakan 1.667 buah tiap kilometer panjang dan pada lengkung jarak bantalan diambil sebesar 60 cm diukur pada rel luar.

#### 2.7. Balas

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

### 2.7.1. Lapisan balas atas

Lapisan balas atas terdiri dari batu pecah yang keras dan tahan lama serta bersudut tajam (*angular*), dengan ukuran antara 2 – 6 cm dan berat per meter minimal 1.400 kg/m<sup>3</sup>. Substansi yang merugikan tidak boleh terdapat dalam material balas melebihi prosentase tertentu.

Jumlah tersebut adalah sebagai berikut :

- material yang lunak dan mudah pecah < 3%
- material yang melalui ayakan no.200 < 1%
- gumpalan – gumpalan lempung < 0,5%

Syarat – syarat lain :

- keausan pada tes *Los Angeles* < 40%
- agregat panjang / pipih < 5%

-gradasi yang diperbolehkan :

**Tabel 2.19. Gradasi untuk Balas Atas**

Ukuran Nominal	Persen lolos saringan									
	3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	No.4	No.8
2 ½" – ¾"	100	90-100	25-60	25-60		0-10	0-5			
2" – 1"		100	95-100	35-70	0-15		0-5			
1 ½" – ¾"			100	90-100	20-15	0-15		0-5		

Sumber : Penjelasan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Penjelasan Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

Untuk kelas I dan II dipakai minimal ukuran  $2\frac{1}{2}'' - \frac{3}{4}''$ , untuk kelas III dan IV dipakai ukuran minimal  $2'' - 1''$ .

### 2.7.2. Lapisan balas bawah

Lapisan balas bawah terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang, atau pasir kasar. Lapisan ini berfungsi sebagai lapisan penyaring antara tanah dasar dan lapisan balas atas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm. Pada Tabel 2.20 ditunjukkan gradasi yang disarankan.

**Tabel 2.20. Gradasi untuk Balas Bawah**

Ukuran saringan	2"	1"	3/8	No 10	No 40	No 200
% lolos optimum	100	95	67	38	21	7
Daerah yang diperbolehkan (% lolos)	100	90-100	50-84	26-50	12-30	0-10

Sumber : Penjelasan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Penjelasan Peraturan Dinas No.10) Tahun 1986

### 2.7.3. Bentuk dan ukuran lapisan balas

#### 1. Lapisan balas atas

Tebal lapisan balas atas pada jalan rel kelas I, II, dan III adalah 30 cm, pada kelas III dan IV adalah 25 cm. Jarak dari sumbu jalan rel ke tepi atas lapisan balas atas atau lebar bahu 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

= 35 cm untuk kelas V

Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2 dan bahan balas atas dihampar sedemikian rupa sehingga bantalan tertanam padanya atau elevasinya sama dengan elevasi bantalan.

## 2. Lapisan balas bawah

Tebal lapisan balas bawah pada jalan rel kelas I, II, dan III adalah 15-50 cm dan pada kelas IV dan V adalah 15-35 cm. Karena pada lapisan balas bawah terdiri dari material yang mudah lepas sehingga mudah berpindah posisi karena getaran di saat kereta api lewat dan terbawa air, maka perlu dipasang konstruksi penguat atau penahan yang dapat menjamin kemantapan lapisan itu.

### 2.7.4. Kepadatan

Lapisan balas di bawah bantalan terutama di bawah dudukan rel harus dipadatkan dengan baik. Pemadatan agregat harus dilakukan lapis demi lapis dan ketebalan tiap lapis setelah dipadatkan tidak boleh lebih dari 15 cm. Jika material terlalu kering, perlu diberi air untuk memudahkan pemadatan. Penggilingan boleh dilakukan dengan alat berat dengan roda karet (angin) atau dengan mesin yang bergetar (*vibratory roller*). Penggetar kecil atau *pneumatic tamper* digunakan di tempat – tempat dimana *roller* tidak dapat bekerja, usaha pemadatan ini harus terdistribusi merata hingga didapat  $100\% \gamma_d$ .



## **2.8. Tubuh Jalan Rel**

Tubuh jalan merupakan lapisan tanah, baik dalam keadaan asli maupun dalam bentuk diperbaiki ataupun dalam bentuk buatan, yang memikul beban yang dikerjakan oleh lapisan balas atas dan balas bawah. Secara umum jalan rel dapat melewati daerah perbukitan, pegunungan atau pedataran. Tubuh jalan rel bisa berada di daerah galian atau timbunan. Tubuh jalan rel pada timbunan terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), tanah timbunan dan tanah asli, sedangkan badan jalan pada galian terdiri dari tanah dasar (*subgrade*) dan tanah asli. Pada umumnya jalan rel akan melintasi suatu daerah yang sangat panjang di mana keadaan tanah dan formasi geologinya bisa sangat bervariasi. Karena itu penelaahan geologi dan penyelidikan tanah yang terperinci sangat diperlukan untuk perencanaan geometrik dan tubuh jalan. Selain faktor geoteknik, harus juga diperhatikan faktor hidrologinya. Hal ini penting untuk kebaikan tubuh jalan dan juga daerah – daerah di kedua sisi tubuh jalan, terutama bertalian dengan kemungkinan terjadinya penggenangan akibat dibangunnya jalan kereta api.

### **2.8.1. Daya dukung tanah dasar**

Tanah dasar harus mempunyai daya dukung yang cukup. Menurut percobaan CBR (ASTM D. 1883) kekuatan minimum adalah 8% untuk tanah dasar dan tebalnya minimum 30 cm.

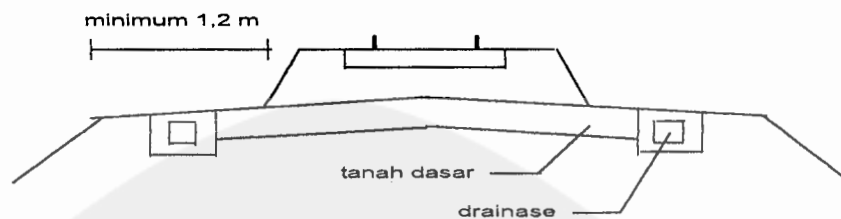
### 2.8.2. Tubuh jalan pada timbunan

Bila tubuh jalan ditempatkan di atas timbunan, maka jenis tanah untuk timbunan tidak boleh termasuk klasifikasi tanah tidak stabil/kestabilan rendah seperti yang tercantum dalam lampiran 5. Tanah dasar ini tidak boleh mengembang dan menyusut akibat pengaruh air dan lereng – lereng timbunan tidak boleh dari curam daripada 1:1 ½ dan harus stabil terhadap pengaruh dalam maupun luar. Bagian atas timbunan minimum setebal 1 m harus merupakan material yang lebih baik dari bagian bawah timbunan. Pada kaki lereng tubuh jalan harus ada berm selebar minimal 1,5 m. Tanah dasar harus miring ke luar sebesar 5 %.

Jika penurunan tanah dasar akibat pembebanan timbunan dan beban di atas timbunan lebih besar dari 50 cm, maka tanah dasar tersebut harus diperbaiki. Faktor keamanan lereng terhadap bahaya longsor minimum 1,50.

Pelaksanaan pemadatan timbunan harus dilakukan lapis demi lapis dengan syarat lapisan teratas setebal 30 cm harus mencapai 100%  $d_{maks}$  dan lapisan lainnya harus mempunyai minimum 95%  $d_{maks}$ .

Permukaan timbunan harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi. Bila tinggi timbunan lebih besar dari 6 m, maka setiap ketinggian 6 m harus dibuat “berm” selebar 1,50 m.

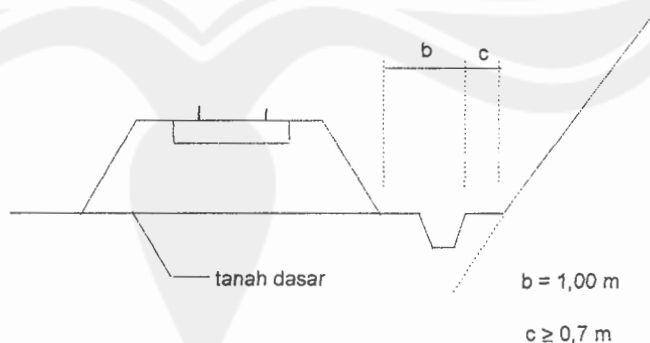


**Gambar 2.15. Tubuh Jalan Rel pada Timbunan**

### 2.8.3. Tubuh jalan pada galian atau tanah asli

Bila tubuh jalan berada pada galian atau tanah asli, maka jenis tanah dasar tersebut tidak boleh termasuk klasifikasi tanah tidak stabil/kestabilan rendah seperti yang tercantum dalam lampiran 5.

Tanah dasar harus memiliki kemiringan ke arah luar sebesar 5% dan harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi. Bila kedalaman galian lebih besar dari 10 m, maka pada setiap kedalaman 7 m harus dibuat "berm" selebar 1,5 m.



**Gambar 2.16. Tubuh Jalan Rel pada Galian**

## **2.9. Pematusan Jalan Kereta Api**

Pekerjaan pematusan bertujuan untuk menciptakan konstruksi jalan rel agar senantiasa dalam keadaan kering akibat aliran air hujan atau dari sumber – sumber lainnya, yang terdiri dari macam – macam pekerjaan pelaksanaan dan pemasangan yaitu pematusan permukaan seperti pematusan memanjang dan pematusan melintang (gorong-gorong), pematusan bawah tanah dan sarana – sarana patus lainnya agar dicapai fungsi pematusan yang sebaik – baiknya. Pekerjaan ini sudah termasuk membuat penghubung atau penyambung pada pertemuan saluran – saluran patus yang ada.

### **2.9.1. Pematusan Permukaan**

Macam pematusan permukaan adalah pematusan memanjang dan pematusan melintang, perlu tidaknya pematusan bergantung pada topografi dari daerah yang diperhatikan. Bentuk saluran pematusan (lampiran 6) :

- a. pematusan memanjang bisa berupa saluran terbuka atau saluran tertutup, dengan bentuk penampang trapesium, lingkaran atau segi tiga terbalik.
- b. Pematusan melintang berupa gorong – gorong tunggal atau banyak. Aliran airnya bisa berupa aliran terbuka atau aliran tertutup/penuh.

Pemilihan bergantung kepada kemudahan pelaksanaan di lapangan namun harus memenuhi persyaratan hidrolis.

Bahan saluran memanjang bergantung pada kemiringan topografi dan jenis tanah setempat. Bila diperlukan penguat saluran, dapat menggunakan kayu/susunan batu kosong/susunan batu bata diplester/acuan beton, yang menyesuaikan dengan keadaan. Saluran melintang dibuat dengan pasangan batu diplester bertutup plat beton bertulang, pipa beton bertulang atau pipa baja gelombang. Kekuatan saluran harus dijamin tahan terhadap pengaruh setempat yang dapat merusak, maupun terhadap semua gaya yang akan bekerja padanya.

Kemiringan saluran tanah harus direncanakan berdasarkan keadaan lapangan dan kecepatan aliran sehingga saluran tetap stabil. Kecepatan aliran pembuangan ( $V$ ) tidak boleh terlalu besar untuk mencegah erosi, dan juga tidak boleh terlalu lambat untuk mencegah terjadinya pengendapan secara cepat. Kecepatan aliran juga bergantung pada bahan pembentuk saluran, lampiran 7. Dapat digunakan sebagai pedoman analisis.

Ukuran penampang saluran terbuka :

- a) Ukuran penampang saluran harus cukup besar sehingga mampu membuang debit air hujan yang menuju padanya, dan bila dinyatakan dengan rumus adalah sebagai berikut :

$$Q_2 > 1,20 Q_1$$

kemudian :

$$Q_2 = V_2 \cdot A_2$$

$$V_2 = \frac{1}{n} \cdot R_2^{2/3} \cdot i_2^{1/2}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2}$$

dimana :  $Q_1$  = Debit air yang dibuang ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$Q_2$  = Debit air rencana saluran

$V_2$  = Kecepatan aliran rencana dalam saluran ( $\text{m}/\text{det}$ ),

Harus masuk dalam harga batasnya

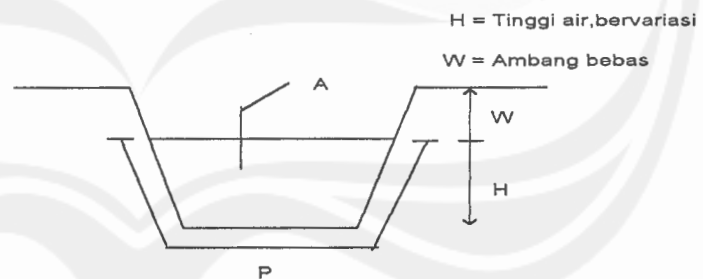
$R_2$  = Jari – jari hidrolis saluran rencana (m)

$A_2$  = Luas penampang basah saluran rencana ( $\text{m}^2$ )

$P_2$  = Keliling basah saluran rencana (m)

$i_2$  = Kemiringan muka aliran air dalam saluran rencana

$n$  = Koefisien kekasaran saluran rencana



( A, P, dan H diperoleh secara coba – coba )

**Gambar 2.17. Penampang Saluran Terbuka**

Setelah tinggi H didapat, maka tinggi saluran masih harus ditambah dengan W. Besarnya W diambil berdasarkan perhitungan loncatan air secara hidrolis, ditambah 15 cm.

b) Besarnya koefisien kekasaran saluran ( $n$ ) dalam rumus :

$$V_2 = \frac{1}{n} \cdot R_2^{2/3} \cdot i_2^{1/2}$$

harus ditentukan berdasarkan pada kondisi permukaan saluran seperti tercantum dalam lampiran 8.

c) Besarnya debit air yang harus dibuang,  $Q_1$  ( $m^3/det$ ) tergantung pada :

- Luas daerah pengaliran air yang akan menyerang jalan rel,  $A$  ( $km^2$ )
- Intensitas hujan rata – rata maksimum di daerah termaksud,  $I$  ( $mm/jam$ )
- Koefisien pengaliran dari daerah termaksud ( $c$ )

Bila dinyatakan dengan rumus maka :

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A_1$$

Dimana

- $C$ , koefisien aliran bergantung pada kondisi permukaan tanah setempat dan tata gunanya seperti pada lampiran 9 dapat diambil sebagai pedoman analisis.
- $A_1$ , luas daerah pengaliran air yang akan menyerang jalan rel, atau air yang harus dibuang, besarnya ditentukan berdasarkan peta topografinya yang terbaru.
- $I$ , intensitas hujan rata – rata maksimum yang lamanya sama dengan lama waktu konsentrasi dengan masa ulang tertentu dinyatakan

dalam satuan mm/jam, bisa dihitung dengan

Rumus Talbot : 
$$I = \frac{a}{t+b}$$

di mana : I = intensitas masa ulang hujan

a,b = konstanta, tergantung daerah setempat

t = waktu konsentrasi (menit) minimal 10 menit

dan maksimal 120 menit

### 2.9.2. Pematusan Bawah Tanah

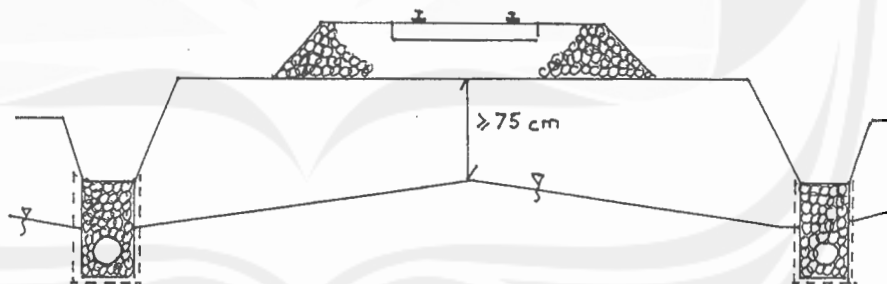
Pematusan bawah tanah lebih dimaksudkan untuk menjaga agar elevasi muka air tanah tidak akan mendekati permukaan tanah tubuh jalan yang harus dilindungi, sehingga konsistensi dan kepadatan tubuh jalan di bawah balas kondisinya tetap baik.

Elevasi muka air tanah dapat naik ke permukaan tanah tubuh jalan (yang bisa melemahkan kesetabilan dan kemantapan tubuh jalan) secara kapiaritas dan rembesan dari aliran air yang datang dari samping tubuh jalan (seperti daerah tebing yang ada di sebelah tubuh jalan).

Tubuh jalan yang dilindungi khususnya yang ada pada kondisi permukaan asli, atau daerah galian, dimana tebal tanah tubuh jalan yang harus tetap kering adalah lebih besar atau sama dengan 75 cm di bawah dasar balas. Bagi tubuh jalan yang merupakan tanah timbunan, maka konstruksi pematus bawah tanah tidak diperlukan, karena sudah ada lapisan filter. Bila pematusan semacam itu tidak dapat dilaksanakan, seperti di pinggir pantai, maka perlu dicarikan jalan keluar yang investasinya paling rendah



Konstruksi pematusan bawah tanah terdiri atas pipa berlubang yang dipasang di bawah tanah di pinggir kiri atau kanan tubuh jalan. Pipa berlubang ini menumpu pada lapisan pasir setebal  $\pm 10$  cm, dan di atas pipa berlubang dihampar dan dipadatkan kerakal kasar dengan tebal lebih dari 15 cm, serta di atas kerakal ini dihamparkan material yang kedap air agar air permukaan tidak masuk ke dalam pematusan bawah tanah. Saluran pipa yang berlubang harus dilindungi oleh bahan penyaring butir halus tanah. Bahan penyaring yang dipilih disesuaikan dengan keadaan setempat. Air dalam pipa berlubang ditampung dan dibuang ke tempat yang lebih rendah. Pembuangan bila perlu, dilakukan dengan pompa.



**Gambar 2.18. Pematusan Bawah Tanah pada Kondisi Permukaan Tanah Asli atau Daerah Galian**

### 2.9.3. Pematusan Lereng

Pematusan lereng lebih dimaksudkan untuk mencegah agar air permukaan yang berasal dari punggung lereng tidak mengalir secara deras sehingga menggerus permukaan dan kaki lereng serta berguna untuk mencegah terjadinya aliran rembesan di dalam tubuh lereng tanah, di mana

ini dapat menyebabkan lereng bisa longsor secara mendadak dan atau memperlemah tubuh jalan kereta api.

Pematusan lereng bermacam – macam (lampiran 10), diantaranya adalah :

- 1) selokan mahkota, berupa saluran terbuka yang memanjang di punggung lereng
- 2) selokan bangket, berupa saluran terbuka yang memanjang di tengah lereng
- 3) lubang susu (*weep-hole*), berupa lubang pemboran ke tubuh lereng secara selang – seling dan diisi pasir dan kerakal
- 4) selokan “*intercepting*”, berupa saluran di kaki lereng yang memanjang
- 5) pematusan mulut ikan

Pada suatu lereng, baik galian maupun timbunan, tidak harus semua macam pematusan lereng ada padanya. Analisis ukuran pematusan lereng serupa seperti untuk pematusan permukaan. Kemiringan saluran tergantung bahan yang dipergunakan dengan memperhatikan kecepatan yang diperbolehkan.