

PERSYARATAN TEKNIS JALUR KERETA API

1. UMUM

1.1 Maksud dan Tujuan

Maksud

Peraturan ini dimaksudkan sebagai pedoman teknis bagi penyelenggara prasarana perkeretaapian dalam pembangunan jalur kereta api yang menjamin keselamatan dan keamanan.

Tujuan

Peraturan ini bertujuan agar jalur kereta api yang dibangun dan digunakan berfungsi sesuai peruntukannya dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi, mudah dirawat dan dioperasikan.

1.2 Ruang Lingkup

1.2.1 Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api dalam peraturan ini mengatur persyaratan jalur kereta api untuk lebar jalan rel 1067 mm dan 1435 mm

1.2.2 Persyaratan Tata Letak, Tata Ruang Dan Lingkungan

Persyaratan tata letak, tata ruang dan lingkungan, merupakan persyaratan yang harus diperhatikan dalam perencanaan, pembangunan, dan pengoperasian jalur kereta api.

1.2.3 Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api

a. Persyaratan Sistem

1. Jalan rel;
2. Jembatan;
3. Terowongan.

b. Persyaratan Komponen

1. Jalan rel;
2. Jembatan;
3. Terowongan.

1.2.4 Persyaratan Sistem

Persyaratan sistem merupakan kondisi yang harus dipenuhi untuk berfungsinya suatu sistem.

1.2.5 Persyaratan Komponen

Persyaratan Komponen merupakan spesifikasi teknis yang harus dipenuhi setiap komponen sebagai bagian dari suatu sistem.

1.3 Perencanaan Konstruksi Jalur Kereta Api

Perencanaan konstruksi jalur kereta api harus direncanakan sesuai persyaratan teknis sehingga dapat dipertanggung jawabkan secara teknis dan ekonomis. Secara teknis diartikan konstruksi jalur kereta api tersebut harus aman dilalui oleh sarana perkeretaapian dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya.

Secara ekonomis diharapkan agar pembangunan dan pemeliharaan konstruksi tersebut dapat diselenggarakan dengan tingkat harga yang sekecil mungkin dengan *output* yang dihasilkan kualitas terbaik dan tetap menjamin keamanan dan kenyamanan. Perencanaan konstruksi jalur kereta api dipengaruhi oleh jumlah beban, kecepatan maksimum, beban gandar dan pola operasi. Atas dasar ini diadakan klasifikasi jalur kereta api sehingga perencanaan dapat dibuat secara tepat guna.

1.4 Kecepatan dan Beban Gandar

1.4.1 Kecepatan

a. Kecepatan Rencana

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

1. Untuk Perencanaan struktur jalan rel

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

2. Untuk perencanaan peninggian

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

3. Untuk perencanaan jari – jari lengkung peralihan

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

b. Kecepatan Maksimum

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

c. Kecepatan Operasi

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

d. Kecepatan Komersial

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

1.4.2 Beban Gandar

Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar.

Beban gandar untuk lebar jalan rel 1067 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 18 ton.

Beban gandar untuk lebar jalan rel 1435 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 22,5 ton.

1.5 Kelas Jalan Rel

a. Lebar Jalan Rel 1067 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)			
I	$> 20.10^6$	120	18	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
II	$10.10^6 - 20.10^6$	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu 60	Elastis Ganda	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda	30	40
IV	$2,5.10^6 - 5.10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda/Tunggal	25	40
V	$< 2,5.10^6$	80	18	R.42	Kayu/Baja 60	Elastis Tunggal	25	35

b. Lebar Jalan Rel 1435 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)			
I	$> 20.10^6$	160	22,5	R.60	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
II	$10.10^6 - 20.10^6$	140	22,5	R.60	Beton 60	Elastis Ganda	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	120	22,5	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	40
IV	$< 5.10^6$	100	22,5	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	40

2. PERSYARATAN TATA LETAK, TATA RUANG DAN LINGKUNGAN

2.1 UMUM

Persyaratan tata letak, tata ruang dan lingkungan meliputi persyaratan peruntukan lokasi, pengalokasian ruang, dan pengendalian dampak lingkungan.

2.2 Peruntukan Lokasi

Pembangunan jalur kereta api harus sesuai dengan rencana trase jalur kereta api yang sudah ditetapkan.

2.3 Pengalokasian Ruang

Pengalokasian ruang jalur kereta api diperlukan untuk kepentingan perencanaan dan pengoperasian.

2.3.1 Pengalokasian Ruang untuk Perencanaan

a. Untuk kepentingan perencanaan, suatu jalur kereta api harus memiliki pengaturan ruang yang terdiri dari :

1. ruang manfaat jalur kereta api;
2. ruang milik jalur kereta api; dan
3. ruang pengawasan jalur kereta api.

- b. Ketentuan mengenai ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api dan ruang pengawasan jalur kereta api sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

2.3.2 Pengalokasian Ruang untuk Pengoperasian

- a. Untuk kepentingan operasi suatu jalur kereta api harus memiliki pengaturan ruang yang terdiri dari :
 1. ruang bebas;
 2. ruang bangun.
- b. Ruang bebas adalah ruang di atas jalan rel 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 dan jalur ganda, baik pada bagian lintas yang lurus maupun yang melengkung, untuk lintas elektrifikasi dan non elektrifikasi, adalah seperti yang tertera pada Gambar 1-1, Gambar 1-2, Gambar 1-3, Gambar 1-4, Gambar 1-5, Gambar 1-6, Gambar 1-7 dan Gambar 1-8 pada Lampiran.
- c. Ruang bangun adalah ruang di sisi jalan rel yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap.
- d. Batas ruang bangun diukur dari sumbu jalan rel pada tinggi 1 meter sampai 3,55 meter. Jarak ruang bangun tersebut ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 2-1 Jarak Ruang Bangun

Segmen Jalur	Lebar Jalan Rel 1067 mm dan 1435 mm	
	Jalur Lurus	Jalur Lengkung $R < 800$
Lintas Bebas	minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel	$R \leq 300$, minimal 2,55 m $R > 300$, minimal 2,45 m di kiri kanan as jalan rel
Emplasemen	minimal 1,95 m di kiri kanan as jalan rel	minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel
Jembatan, Terowongan	2,15 m di kiri kanan as jalan rel	2,15 m di kiri kanan as jalan rel

3. PERSYARATAN TEKNIS JALUR KERETA API

3.1 Persyaratan Jalan Rel

3.1.1 Persyaratan Sistem

3.1.1.1 Umum

- a. Jalan rel direncanakan sesuai dengan klasifikasi jalur untuk melewati berbagai jumlah angkutan barang dan/atau penumpang dalam suatu jangka waktu tertentu;
- b. Perencanaan konstruksi jalan rel harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis.
- c. Secara teknis konstruksi jalan rel harus dapat dilalui oleh sarana perkeretaapian dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu.
- d. Secara ekonomis pembangunan dan pemeliharaan konstruksi jalan rel dapat diselenggarakan secara efisien serta tetap menjamin keamanan dan kenyamanan.

- e. Sistem jalan rel terdiri dari konstruksi bagian atas dan konstruksi bagian bawah.
- f. Konstruksi bagian atas harus memenuhi persyaratan :
 - 1. Persyaratan geometri;
 - 2. Persyaratan ruang bebas;
 - 3. Persyaratan beban gandar; dan
 - 4. Persyaratan frekuensi
- g. Konstruksi bagian bawah harus memenuhi persyaratan stabilitas dan persyaratan daya dukung.

3.1.1.2 Konstruksi Jalan Rel Bagian Atas

- a. Persyaratan Umum
 - 1. Geometri jalan rel direncanakan berdasarkan pada kecepatan rencana serta ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan keserasian dengan lingkungan sekitarnya.
 - 2. Persyaratan geometri yang wajib dipenuhi persyaratan:
 - a) lebar jalan rel;
 - b) kelandaian;
 - c) lengkung;
 - d) pelebaran jalan rel; dan.
 - e) peninggian rel.
- b. Lebar Jalan Rel
 - 1. Lebar jalan rel terdiri dari 1067 mm dan 1435 mm. Lebar jalan rel merupakan jarak minimum kedua sisi kepala rel yang diukur pada 0-14 mm dibawah permukaan teratas rel, seperti ditunjukkan pada Gambar 2-1 dan Gambar 2-2;
 - 2. Penyimpangan lebar jalan rel untuk lebar 1067 mm yang dapat diterima +2 mm dan -0 untuk jalan rel baru dan +4 mm dan -2 mm untuk jalan rel yang telah dioperasikan;
 - 3. Toleransi pelebaran jalan rel untuk lebar jalan rel 1435 mm adalah -3 dan +3.
- c. Kelandaian
 - 1. Persyaratan kelandaian yang harus dipenuhi meliputi persyaratan landai penentu, persyaratan landai curam dan persyaratan landai emplasemen.
 - 2. Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus.
 - 3. Persyaratan landai penentu harus memenuhi persyaratan seperti yang dinyatakan pada berikut :

Tabel 3-1 Landai Penentu

Kelas Jalan Rel	Landai Penentu Maksimum
1	10 ‰
2	10 ‰
3	20 ‰
4	25 ‰
5	25 ‰

4. Kelandaian di emplasemen maksimum yg diijinkan adalah 1,5 ‰;
5. Dalam keadaan yang memaksa kelandaian (pendakian) dari lintas lurus dapat melebihi landai penentu.
6. Apabila di suatu kelandaian terdapat lengkung atau terowongan, maka kelandaian di lengkung atau terowongan itu harus dikurangi sehingga jumlah tahananannya tetap.

d. Lengkung Vertikal

1. Lengkung vertikal merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel. Besar jari-jari minimum lengkung vertikal bergantung pada kecepatan rencana, sebagaimana dinyatakan dalam Tabel berikut:

Tabel 3-2 Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari – Jari Minimum Lengkung Vertikal (m)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

2. Pengukuran lengkung vertikal dilakukan pada titik awal peralihan kelandaian.
3. Dua lengkung vertikal yang berdekatan harus memiliki transisi lurus sekurang-kurangnya sepanjang 20 m.

e. Lengkung Horizontal

1. Dua bagian lurus, yang perpanjangannya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung-lengkung peralihan. Untuk berbagai kecepatan rencana, besar jari-jari minimum yang diijinkan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel berikut :

Tabel 3-3 Jari-Jari Minimum Yang Diijinkan

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

2. Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus dan bagian lingkaran dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda. Lengkung peralihan dipergunakan pada jari-jari lengkung yang relatif kecil, seperti terlihat pada Tabel 3-3.
3. Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus berikut :

$L_n = 0,01 h V$	
L_n	= panjang minimum lengkung (m)
H	= pertinggian relatif antara dua bagian yang dihubungkan (mm)
V	= kecepatan rencana untuk lengkung peralihan (km/jam)

4. Lengkung S terjadi bila dua lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan dan harus memiliki transisi lurus sekurang-kurangnya sepanjang 20 m di luar lengkung peralihan.
 5. Jari-jari lengkungan sebelum dan sesudah wesel untuk jalur utama haruslah lebih besar dari nilai-nilai yang ditetapkan berdasarkan kecepatan rencana pada wesel.
- f. Pelebaran Jalan Rel
1. Pelebaran jalan rel dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan.
 2. Pelebaran jalan rel dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam.
 3. Pelebaran jalan rel dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan.
 4. Besar pelebaran jalan rel dengan lebar jalan rel 1067 mm untuk berbagai jari-jari tikungan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 3-4.
 5. Besar pelebaran jalan rel dengan lebar jalan rel 1435 mm untuk berbagai jari-jari tikungan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 3-5.

Tabel 3-4 Pelebaran Jalan Rel Untuk 1067 mm

Jari – Jari Tikungan (m)	Pelebaran (mm)
$R > 600$	0
$550 < R \leq 600$	5

$400 < R < 550$	10
$350 < R \leq 400$	15
$100 < R \leq 350$	20

Tabel 3-5 Pelebaran Jalan Rel Untuk 1435 mm

Jari – Jari Tikungan (m)	Pelebaran (mm)
$R > 400$	0
$350 < R \leq 400$	5
$300 < R \leq 350$	10
$250 < R \leq 300$	15
$R \leq 250$	20

6. Pemasangan pelebaran jalan rel dilakukan mengikuti hal-hal berikut :
- Jika terdapat lengkung peralihan, maka pengurangan dilakukan sepanjang lengkung peralihan.
 - Dalam hal tidak terdapat lengkung peralihan, maka pengurangan dilakukan sedapatnya dengan panjang pengurangan yang sama. Untuk yang tanpa peninggian rel, pengurangan dilakukan menurut panjang standar 5 m atau lebih diukur dari ujung lengkungan. Namun untuk lengkungan wesel maka panjang pengurangan ditentukan secara terpisah bergantung pada kondisi yang ada.

g. Peninggian Jalan Rel

- Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta.
- Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi.
- Besar peninggian untuk lebar jalan rel 1067 mm pada berbagai kecepatan rencana tercantum pada Tabel 3-6.

Tabel 3-6 Peninggian Jalan Rel 1067 mm

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

Jari-jari (m)	Peninggian (mm) pas (km/hr)						
	120	110	100	90	80	70	60
100							
150							
200							110
250							90
300						100	75
350					110	85	65
400					100	75	55
450				110	85	65	50

500				100	80	60	45
550			110	90	70	55	40
600			100	85	65	50	40
650			95	75	60	50	35
700		105	85	70	55	45	35
750		100	80	65	55	40	30
800	110	90	75	65	50	40	30
850	105	85	70	60	45	35	30
900	100	80	70	55	45	35	25
950	95	80	65	55	45	35	25
1000	90	75	60	50	40	30	25
1100	80	70	55	45	35	30	20
1200	75	60	55	45	35	25	20
1300	70	60	50	40	30	25	20
1400	65	55	45	35	30	25	20
1500	60	50	40	35	30	20	15
1600	55	45	40	35	25	20	15
1700	55	45	35	30	25	20	15
1800	50	40	35	30	25	20	15
1900	50	40	35	30	25	20	15
2000	45	40	30	25	20	15	15
2500	35	30	25	20	20	15	10
3000	30	25	20	20	15	10	10
3500	25	25	20	15	15	10	10
4000	25	20	15	15	10	10	10

4. Besar peninggian maksimum untuk lebar jalan rel 1067 mm adalah 110 mm dan untuk lebar jalan rel 1435 mm adalah 150 mm.
5. Besar peninggian normal untuk lebar jalan rel 1435 mm pada berbagai kecepatan rencana tercantum pada Tabel 3-7.

Tabel 3-7 Peninggian Jalan Rel 1435 mm

$$h_{\text{normal}} = 8,1 \times \frac{(V_{\text{rencana}})^2}{\text{jari} - \text{jari}}$$

Jari-Jari (m)	Peninggian (mm) Pada Setiap Kecepatan Rencana (km/jam)										
	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60
100											
150											
200											150
250											120
300										135	100
350									150	115	85
400									130	100	75
450								150	120	90	65
500								135	105	80	60
550							150	120	95	75	55

Jari-Jari (m)	Peninggian (mm) Pada Setiap Kecepatan Rencana (km/jam)										
	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60
600							135	110	90	70	50
650							125	105	80	65	45
700						145	120	95	75	60	45
750						135	110	90	70	55	40
800					150	125	105	85	65	50	40
850					140	120	100	80	65	50	35
900					130	110	90	75	60	45	35
950				145	125	105	90	70	55	45	35
1000				140	120	100	85	70	55	40	30
1100			145	125	110	90	75	60	50	40	30
1200			135	115	100	85	70	55	45	35	25
1300		145	125	110	90	80	65	55	40	35	25
1400	150	135	115	100	85	75	60	50	40	30	25
1500	140	125	110	95	80	70	55	45	35	30	20
1600	130	115	100	90	75	65	55	45	35	25	20
1700	125	110	95	85	70	60	50	40	35	25	20
1800	120	105	90	80	65	55	45	40	30	25	20
1900	110	100	85	75	65	55	45	35	30	25	20
2000	105	95	80	70	60	50	45	35	30	20	15
2500	85	75	65	55	50	40	35	30	25	20	15
3000	70	65	55	50	40	35	30	25	20	15	10
3500	60	55	50	40	35	30	25	20	15	15	10
4000	55	50	40	35	30	25	25	20	15	10	10

3.1.1.3 Penampang Melintang Jalan Rel

Penampang melintang jalan rel adalah potongan pada jalan rel, dengan arah tegak lurus sumbu jalan rel, dimana terlihat bagian-bagian dan ukuran-ukuran jalan rel dalam arah melintang.

Ukuran penampang melintang, baik pada bagian lintas yang lurus maupun yang melengkung, adalah seperti yang tertera pada Gambar 3-1, Gambar 3-2, Gambar 3-3 dan Gambar 3-4 pada Lampiran.

3.1.1.4 Konstruksi Jalan Rel Bagian Bawah

a. Konstruksi jalan rel bagian bawah terdiri atas:

1. Badan jalan;
2. Proteksi lereng; dan
3. Drainase

b. Lebar Formasi Badan Jalan

Lebar formasi badan jalan (tidak termasuk parit tepi) adalah jarak dari sumbu jalan rel ke tepi terluar formasi badan jalan. Jarak ini harus diambil lebih besar dari yang ditunjukkan pada tabel berikut:

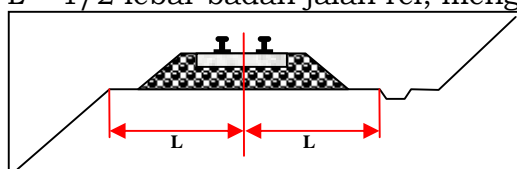
1. Lebar badan jalan untuk pekerjaan tanah

Tabel 3-8 Lebar Badan Jalan Rel

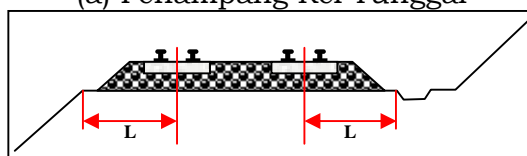
Kecepatan Maksimum Desain	L	
	Rel 1067 mm (cm)	Rel 1435 mm (cm)
120 km/jam dan 110 km/jam jalur	315 (300)	426 (396)
100 km/jam jalur	295 (285)	396 (366)
90 km/jam jalur	285 (275)	366 (336)
80 km/jam jalur	250 (240)	335 (305)

Catatan : Tanda dalam kurung berarti jarak yang akan digunakan dalam kasus-kasus seperti kondisi topografi yang tidak dapat dielakkan.

- $L = 1/2$ lebar badan jalan rel, mengacu pada gambar berikut :



(a) Penampang Rel Tunggal



(b) Penampang Rel Ganda

2. Tambahan Lebar karena Peninggian Rel

Besaran L yang telah dijelaskan di atas harus ditambah dengan nilai yang lebih besar dari y , sebagaimana dihitung dengan rumus berikut :

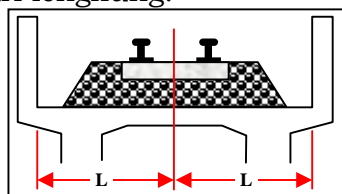
$$y = 3,35 C$$

Dimana, y : Besarnya pelebaran (mm), satuan pelebaran adalah 50 mm

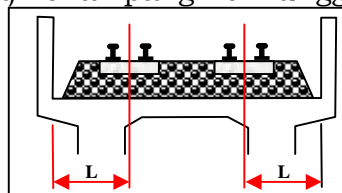
C : Peninggian rel yang tersedia (mm)

Namun apabila dilakukan proteksi balas, maka tambahan lebar karena peninggian rel dapat diabaikan.

3. Lebar badan jalan untuk jalan rel di atas permukaan tanah (jalan rel layang) harus $\geq 2,75$ m dari as jalan rel untuk jalan lurus dan pada jalan lengkung ditambah dengan pelebaran ruang bebas sesuai besarnya jari-jari lengkung.

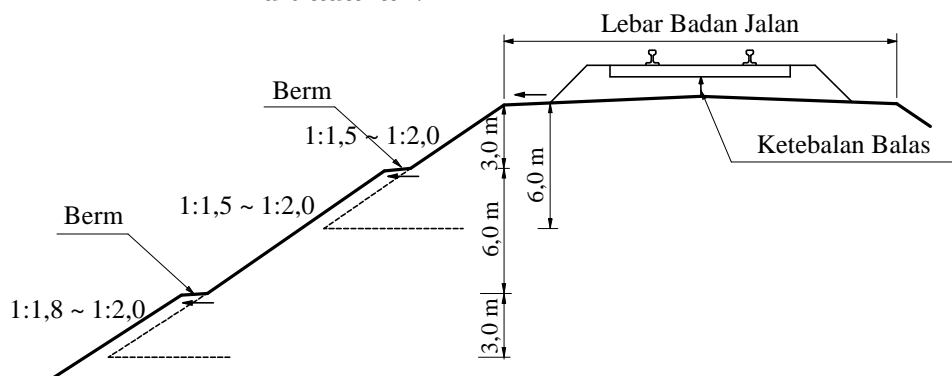


(a) Penampang Rel Tunggal



(b) Penampang Rel Ganda

4. Lebar badan jalan rel untuk jalur belok (*siding track*) harus lebih besar dari yang ditunjukkan pada tabel 3.8. di atas, untuk kecepatan kurang dari 70 km/jam.
- c. Konstruksi Badan Jalan
 1. Badan jalan harus mampu memikul beban kereta api dan stabil terhadap bahaya kelongsoran.
 2. Stabilitas lereng badan jalan dinyatakan dengan faktor keamanan (FK) yang mengacu pada kekuatan geser tanah di lereng tersebut, sekurang-kurangnya sebesar 1,5 untuk beban statis dan sekurang-kurangnya 1,1 untuk beban gempa.
 3. Daya dukung tanah dasar harus lebih besar dari seluruh beban yang berada di atasnya, termasuk beban kereta api, beban konstruksi jalan rel bagian atas dan beban tanah timbunan untuk badan jalan di daerah timbunan.
- d. Konstruksi Badan Jalan Pada Timbunan
 1. Material untuk timbunan haruslah mudah dipadatkan, stabil melawan beban dari kereta api, curah hujan dan gempa dan juga harus bebas dari penurunan yang berlebihan.
 2. Kekuatan CBR material timbunan ditentukan menurut ASTM D 1883 (pengujian CBR laboratorium) atau SNI 03-1744-1989 (SNI terbaru) haruslah tidak kurang dari 6% pada contoh tanah terendam (*soaked samples*) yang telah dipadatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum sebagaimana diperoleh dari pengujian ASTM D 698 atau SNI 03-1742-1989.
 3. Bagian atas timbunan setebal minimum 1 m harus merupakan material yang lebih baik dari bagian bawah timbunan. Pada kaki lereng badan jalan harus ada berm lebar paling sedikit 1,50 m dan permukaannya memiliki kemiringan 5 %.
Lokasi berm harus mengikuti hal-hal seperti tercantum pada gambar di bawah, menunjukkan penampang standar untuk konstruksi timbunan:
 - a) Terletak pada batas antara timbunan atas dan timbunan bawah (pada kedalaman 3 m dari permukaan formasi).
 - b) Pada setiap kedalaman 6 m dari batas antara timbunan atas dan timbunan bawah. Jika tinggi timbunan kurang dari 6 m, berm dapat ditiadakan.



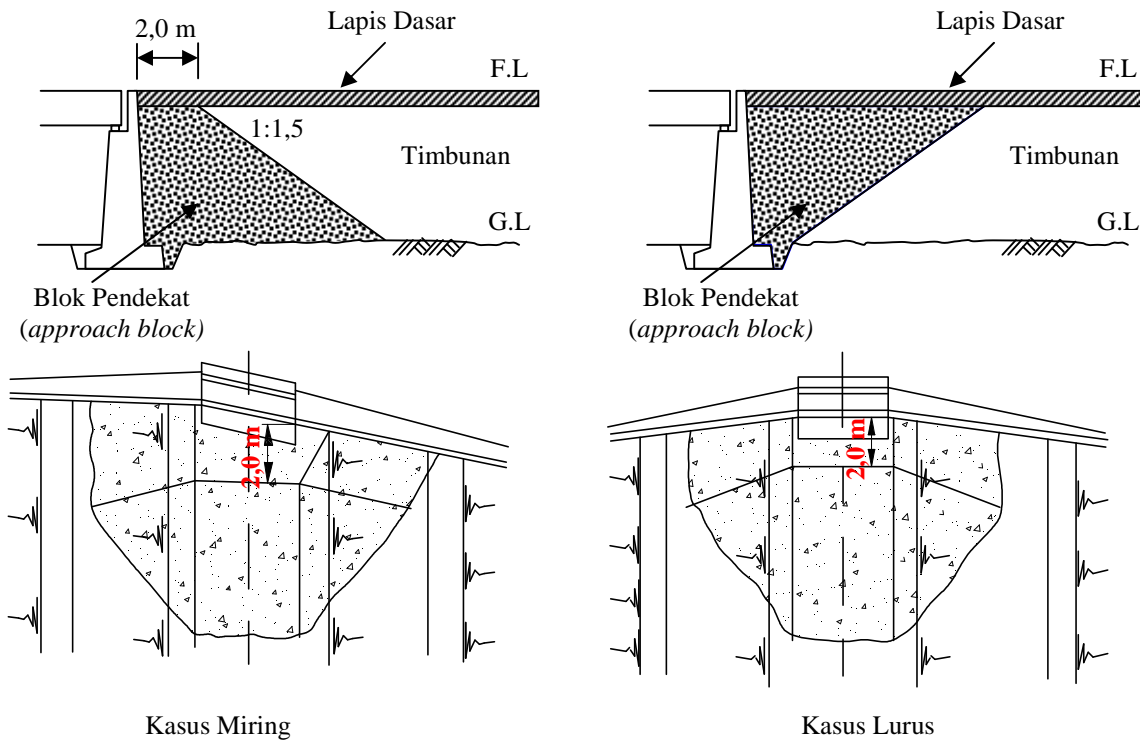
4. Lapis dasar (*subgrade*) harus miring ke arah luar sebesar 5%.
5. Jika penurunan sisa (*residual settlement*) tanah dasar akibat pembebanan timbunan dan beban di atas timbunan lebih besar dari 20 cm, maka tanah dasar tersebut harus diperbaiki.
6. Bagian bawah lapis dasar harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi.

7. Bila tinggi timbunan lebih besar dari 6.00 m, maka untuk setiap ketinggian 6.00 m harus dibuat “berm” selebar 1,50 m.

e. Penghubung Timbunan Dengan Struktur

Bagian timbunan yang mendekati struktur harus direncanakan tidak akan menyebabkan terjadinya penurunan beda (*differential settlement*).

Stabilisasi dengan batu pecah, terak pecah (*crushed slag*), tanah semen dan lain-lain direkomendasikan sebagai material untuk blok yang menghampiri struktur (*approach block*), seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar Contoh Blok Pendekat (*Approach Block*)

f. Konstruksi Badan Jalan Pada Daerah Galian

1. Bila badan jalan pada galian atau tanah asli, maka jenis tanah dasar tersebut tidak boleh termasuk klasifikasi tanah tidak stabil/kestabilan rendah.
2. Kemiringan tanah dasar harus miring ke arah luar sebesar 5%.
3. Tanah dasar harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi.
4. Bila kedalaman galian lebih besar dari 10 m, maka pada setiap kedalaman 6 m harus dibuat “berm” selebar 1,50 m.

g. Perbaikan Tanah Untuk Konstruksi Badan Jalan

1. Apabila tanah tidak cukup kuat, atau penurunan yang diperkirakan akan terjadi melebihi persyaratan, atau lereng timbunan tidak cukup stabil, maka perlu diadakan perbaikan tanah.
2. Penurunan sisa (*residual settlement*) yang diijinkan maksimum 10 cm.

h. Proteksi Lereng

1. Proteksi lereng harus dibuat untuk mencegah terjadinya erosi di permukaan lereng.
2. Proteksi lereng pada timbunan dengan metode proteksi paling tidak dilakukan dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan (metode vegetasi).

3. Metode lain dapat dipertimbangkan apabila penggunaan tumbuh-tumbuhan saja tidak memadai dipandang dari sudut material timbunan, bentuk lereng, konsentrasi air hujan dan lain-lain.
4. Ketebalan *top soil* minimal 10 cm.
- i. Drainase harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Kemiringan minimum struktur drainase haruslah 0,3% untuk meminimalkan endapan.
 2. Diameter minimum saluran pipa haruslah 15 cm untuk memudahkan pembersihan.
 3. Untuk badan jalan yang merupakan tanah timbunan, maka permukaan lapis dasar harus memiliki kemiringan 5% ke arah luar dan air hujan di sekitar rel harus mengalir dengan lancar ke lereng.
 4. Dalam hal jalur ganda, diperlukan saluran di antara dua jalur (parit-U atau *French Drain*) dan drainase melintang.
 5. Pada daerah galian yang terdapat mata air, drainase dan dinding galian harus dilengkapi dengan sulingan (*weep hole*) dengan ukuran diameter pipa sekurang-kurangnya 2 inch dan jarak (0,5 – 1,0) m;
 6. Apabila drainase menggunakan saluran pipa, ukuran diameter pipa sekurang-kurangnya 6 inch.

3.1.2 Persyaratan Komponen

3.1.2.1 Umum

Jalan rel terdiri atas komponen :

- a. badan jalan;
- b. subbalas;
- c. balas;
- d. bantalan;
- e. alat penambat;
- f. rel; dan
- g. wesel.

3.1.2.2 Badan Jalan

- a. Badan jalan dapat berupa :
 1. badan jalan di daerah timbunan, atau
 2. badan jalan di daerah galian.
- b. Badan jalan di daerah timbunan terdiri atas:
 1. tanah dasar;
 2. tanah timbunan; dan
 3. lapis dasar (*subgrade*).
- c. Badan jalan di daerah galian terdiri atas:
 1. tanah dasar; dan
 2. lapis dasar (*subgrade*).
- d. Tanah dasar harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Tanah dasar harus mampu memikul lapis dasar (*subgrade*) dan bebas dari masalah penurunan (*settlement*). Jika terdapat lapisan tanah lunak berbutir halus alluvial dengan nilai N-SPT ≤ 4 , maka harus tidak boleh termasuk dalam lapisan 3 m diukur dari permukaan formasi jalan pada kondisi apapun. Permukaan tanah dasar harus mempunyai kemiringan ke arah luar badan jalan sebesar 5%.
 2. Daya dukung tanah dasar yang ditentukan dengan metoda tertentu, seperti ASTM D 1196 (Uji beban plat dengan menggunakan plat dukung berdiameter 30 cm) harus tidak boleh kurang dari 70 MN/m² pada permukaan tanah pondasi daerah galian. Apabila nilai K₃₀ kurang dari

70 MN/m², maka tanah pondasi harus diperbaiki dengan metode yang sesuai.

- e. Tanah dasar yang dibentuk dari timbunan harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Tanah yang digunakan tidak boleh mengandung material bahan-bahan organik, gambut dan tanah mengembang;
 2. Kepadatan tanah timbunan harus tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan memberikan sekurang-kurangnya nilai CBR 6% pada uji dalam kondisi terendam (*soaked*).
- f. Lapis tanah dasar harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Material lapis dasar tidak boleh mengandung material organik, gambut dan tanah mengembang;
 2. Material lapis dasar (*subgrade*) harus tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan memberikan sekurang-kurangnya nilai CBR 8% pada uji dalam kondisi terendam (*soaked*).
 3. Lapis dasar haruslah terdiri dari lapisan tanah yang seragam dan memiliki cukup daya dukung. Kekuatan CBR material lapis dasar yang ditentukan menurut ASTM D 1883 atau SNI 03-1744-1989 haruslah tidak kurang dari 8% pada contoh tanah yang telah dipadatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum sebagaimana diperoleh dari pengujian ASTM D 698 atau SNI 031742-1989.
 4. Lapis dasar harus mampu menopang jalan rel dengan aman dan memberi kecukupan dalam elastisitas pada rel. Lapis dasar juga harus mampu menghindari tanah pondasi dari pengaruh akibat cuaca. Bagian terbawah dari pondasi ini memiliki jarak minimum 0,75 m di atas muka air tanah tertinggi.
 5. Dalam hal lapis dasar ini terletak pada tanah asli atau tanah galian, maka diperlukan lapisan drainase yang harus diatur sebagaimana diperlukan. Ketebalan standar untuk lapisan drainase sekurang-kurangnya 15 cm.
 6. Ketebalan minimum lapis dasar haruslah 30 cm untuk mencegah terjadinya *mud pumping* akibat terjadinya perubahan pada tanah isian atau tanah pondasi. Lebar lapis dasar haruslah sama dengan lebar badan jalan. Dan lapis dasar juga harus memiliki kemiringan sebesar 5% ke arah bagian luar.

3.1.2.3 Balas dan Sub-Balas

Lapisan balas dan sub-balas pada dasarnya adalah 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 pembentukannya harus sangat terpilih.

Fungsi utama balas dan sub-balas adalah untuk:

- a. Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar.
- b. Mengokohkan kedudukan bantalan.
- c. Meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan rel.

3.1.2.3.1 Sub Balas

- a. Lapisan sub-balas berfungsi sebagai lapisan penyaring (*filter*) antara tanah dasar dan lapisan balas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm.
- b. Lapisan sub-balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat sebagai berikut:

Standar Saringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 ½"	100
¾"	55 – 100
No. 4	25 – 95
No. 40	5 – 35
No. 200	0 – 10

- c. Sub-balas harus memenuhi persyaratan berikut:
1. Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (*gravel*) atau kumpulan agregat pecah dan pasir;
 2. Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%;
 3. Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung sekurang-kurangnya 30% agregat pecah;
 4. Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100% ya menurut percobaan ASTM D 698.

3.1.2.3.2 Balas

- a. Lapisan balas pada dasarnya adalah 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.
- b. 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.
- c. Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1 : 2.
- d. Bahan balas atas dihampar hingga mencapai sama dengan elevasi bantalan.
- e. Material pembentuk balas harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Balas harus terdiri dari batu pecah (25 – 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan;
 2. Material balas harus bersudut banyak dan tajam;
 3. Porositas maksimum 3%;
 4. Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm²;
 5. *Specific gravity* minimum 2,6;
 6. Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5%;
 7. Kandungan minyak maksimum 0,2%;
 8. Keausan balas sesuai dengan *test Los Angeles* tidak boleh lebih dari 25%.

3.1.2.4 Bantalan

Bantalan berfungsi untuk meneruskan beban kereta api dan berat konstruksi jalan rel ke balas, mempertahankan lebar jalan rel dan stabilitas ke arah luar jalan rel.

Bantalan dapat terbuat dari kayu, baja/besi, ataupun beton. Pemilihan jenis bantalan didasarkan pada kelas dan kondisi lapangan serta ketersediaan. Spesifikasi masing-masing tipe bantalan harus mengacu kepada persyaratan teknis yang berlaku.

Bantalan terdiri dari bantalan beton, bantalan kayu, dan bantalan besi.

Bantalan harus memenuhi persyaratan berikut:

a. Bantalan beton merupakan struktur prategang:

1) Untuk lebar jalan rel 1067 mm dengan kuat tekan karakteristik beton tidak kurang dari 500 kg/cm², dan mutu baja prategang dengan tegangan putus (*tensile strength*) minimum sebesar 16.876 kg/cm² (1.655 MPa). Bantalan beton harus mampu memikul momen minimum sebesar +1500 kg m pada bagian dudukan rel dan -930 kg m pada bagian tengah bantalan.

2) Untuk lebar jalan rel 1435 mm dengan kuat tekan karakteristik beton tidak kurang dari 600 kg/cm², dan mutu baja prategang dengan tegangan putus (*tensile strength*) minimum sebesar 16.876 kg/cm² (1.655 MPa). Bantalan beton harus mampu memikul momen minimum sesuai dengan desain beban gandar dan kecepatan.

3) Dimensi bantalan beton

a) Untuk lebar jalan rel 1067 mm:

- Panjang : 2.000 mm
- Lebar maksimum : 260 mm
- Tinggi maksimum : 220 mm

b) Untuk lebar jalan rel 1435 mm:

- Panjang : - 2.440 mm untuk beban gandar sampai dengan 22,5 ton;
2.740 mm untuk beban gandar di atas 22,5 ton
- Lebar maksimum : 330 mm
- Tinggi di bawah dudukan rel : 220 mm

b. Bantalan kayu, harus memenuhi persyaratan kayu mutu A kelas 1 dengan modulus elastisitas (E) minimum 125.000 kg/cm². Harus mampu menahan momen maksimum sebesar 800 kg-m, lentur absolute tidak boleh kurang dari 46 kg/cm². Berat jenis kayu minimum = 0,9, kadar air maksimum 15%, tanpa mata kayu, retak tidak boleh sepanjang 230 mm dari ujung kayu.

c. Bantalan besi harus memiliki kandungan Carbon Manganese Steel Grade 900 A, pada bagian tengah bantalan maupun pada bagian bawah rel, mampu menahan momen maksimum sebesar 650 kg m, tegangan tarik 88 – 103 kg m. *Elongation* A1 > 10%.

3.1.2.5 Alat Penambat

Alat penambat yang digunakan adalah alat penambat jenis elastis yang terdiri dari sistem elastis tunggal dan sistem elastis ganda. Pada bantalan beton terdiri dari *shoulder/insert*, *clip*, *insulator* dan *rail pad*.

Pada bantalan kayu dan baja terdiri dari pelat landas (*baseplate*), *clip*, tirpon (*screw spike*)/baut dan cincin per (*lock washer*).

Alat penambat harus memenuhi persyaratan berikut :

- a. Alat penambat harus mampu menjaga kedudukan kedua rel agar tetap dan kokoh berada di atas bantalan.
- b. *Clip* harus mempunyai gaya jepit 900 – 1100 kgf.
- c. Pelat landas harus mampu memikul beban yang ada dengan ukuran sesuai jenis rel yang digunakan.
Pelat landas terbuat dari baja dengan komposisi kimia sebagai berikut :
Carbon : 0.15 – 0.30%
Silicon : 0.35% max
Mangan : 0.40 – 0.80%
Phosphor : 0.050% max
Sulphur : 0.05%
- d. Alas rel (*rail pad*) dapat terbuat dari bahan *High Density Poly Ethylene* (HDPE) dan karet (*Rubber*) atau *Poly Urethane* (PU).
- e. Seluruh komponen alat penambat harus memiliki identitas produk tercetak permanen sebagai berikut:
 1. Merek dagang;
 2. Identitas pabrik pembuat;
 3. Nomor komponen (*part number*);
 4. Dua angka terakhir tahun produksi.

3.1.2.6 Pelat Sambung, Mur dan Baut

- a. Penyambungan rel dengan pelat sambung harus digunakan apabila tidak diperkenankan melakukan pengelasan terhadap rel.
Sambungan rel terdiri dari :
 1. dua pelat sambung kiri dan kanan;
 2. enam baut dengan mur, ring pegas atau cincin pegas dari baja, dipasang hanya empat baut untuk menjaga pemanasan rel akibat cuaca.
- b. Pemberian tanda pada pelat sambung dilakukan sekurang-kurangnya, meliputi:
 1. identitas pabrik pembuat;
 2. dua angka terakhir tahun produksi;
 3. terdapat stempel dari pabrik yang melakukan proses perlakuan panas, stempel ini tidak perlu dicantumkan apabila proses produksi pelat sambung dilakukan oleh produsen pelat sambung sendiri.
- c. Pelat sambung harus mempunyai komposisi kimia sebagai berikut:

JENIS Pelat sambung	KOMPOSISI KIMIA , %				
	C	Si	Mn	P	S
R – 42	0.4 – 0.55	0.40 max	0.55 – 1.00	0.040 max	0.045 max
R – 50	0.4 – 0.55	0.40 max	0.55 – 1.00	0.040 max	0.045 max
R – 54	0.4 – 0.55	0.40 max	0.55 – 1.00	0.040 max	0.045 max
R – 60	0.4 – 0.55	0.40 max	0.55 – 1.00	0.040 max	0.045 max

- d. Sifat mekanis yang dibutuhkan pelat sambung sesudah perlakuan panas sebagai berikut:

JENIS Pelat sambung	Kuat tarik, kg/mm^2 (<i>tensile strength</i>)	Pertambahan panjang (<i>elongation</i>) %	Kekerasan <i>Brinell</i> HBN
R – 42	85	12	262 – 331
R – 50	85	12	262 – 331
R – 54	85	12	262 – 331
R – 60	85	12	262 – 331

e. Komposisi kimia mur, baut dan ring pegas pada pelat sambung terdiri dari:

Nama Barang	JIS / UIC	Komposisi Kimia, %					
		C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr
Baut	SC 440 JIS 4104	0.38 - 0.43	0.15-0.30	0.60 - 0.80	0.030	0.030	0.9 - 1.2
Mur	S40C-S53C JIS-G4501	0.42-0.48	0.15-0.35	0.60 - 0.90	0.030	0.035	-
Ring Pegas	SWRH 62 A – 82 B JIS G-3506	0.59-0.86	0.15-0.35	0.30-0.90	0.040	0.040	-
Cincin Pegas	SWRH 62 A – 82 B JIS G-3506	0.59-0.86	0.15-0.35	0.30-0.90	0.040	0.040	-

f. Sifat-sifat mekanis mur, baut dan ring pegas sebagai berikut:

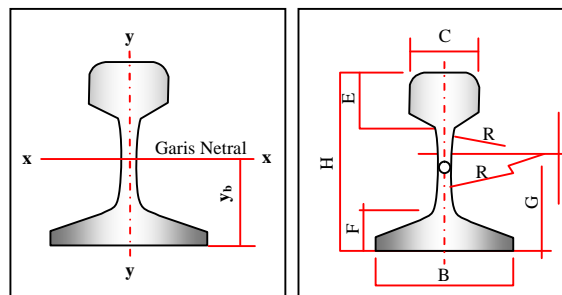
Nama Barang	Material sesuai : JIS / UIC	Sifat mekanis		
		σ kg/mm^2 <i>tensile strength</i>	δ , % <i>elongation</i>	HB / HRc Kekerasan
Baut	SC 440 JIS 4104	110	10 <i>minimal</i>	262 – 341 HB / (32 – 46 HRc)
Mur	S40C-S53C JIS-G4501	110	10 <i>minimal</i>	(27 – 37 HRc)
Ring Pegas Cincin Pegas	SWRH 62 A – 82 B JIS G-3506	Beban 1500 kg tak berubah		(40 – 46 HRc)

3.1.2.7 Rel

- a. Rel harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Minimum perpanjangan (*elongation*) 10%;
 2. Kekuatan tarik (*tensile strength*) minimum 1175 N/mm²;
 3. Kekerasan kepala rel tidak boleh kurang dari 320 BHN.
- b. Penampang Rel harus memenuhi ketentuan dimensi rel seperti pada tabel dan gambar berikut :

Tabel 3-9 Dimensi 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	74,79	80,95
R (mm)	320,00	500,00	508,00	120,00
A (cm ²)	54,26	64,20	69,34	76,86
W (kg/m)	42,59	50,40	54,43	60,34
I _x (cm ⁴)	1369	1960	2346	3055
Y _b (mm)	68,50	71,60	76,20	80,95
A = luas penampang				
W = berat rel permeter				
I _x = momen inersia terhadap sumbu x				
Y _b = jarak tepi bawah rel ke garis netral				



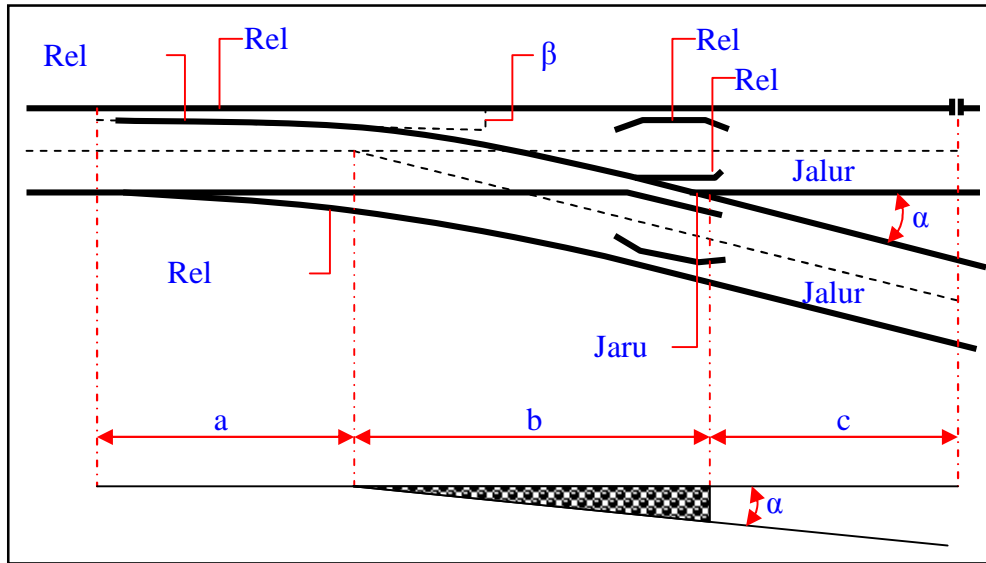
- c. Ukuran Penampang Rel untuk berbagai tipe adalah seperti yang tertera pada Gambar 4-1, Gambar 4-2, Gambar 4-3 dan Gambar 4-4 pada Lampiran.

3.1.2.8 Wesel

Wesel merupakan konstruksi jalan rel yang paling rumit dengan beberapa persyaratan dan ketentuan pokok yang harus dipatuhi. Untuk pembuatan komponen-komponen wesel yang penting khususnya mengenai komposisi kimia dari bahannya.

- a. Wesel terdiri atas komponen – komponen sebagai berikut :

1. Lidah
2. Jarum beserta sayap – sayapnya
3. Rel lantak
4. Rel paksa
5. Sistem penggerak



b. Wesel harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Kandungan mangan (Mn) pada jarum mono blok harus berada dalam rentang (11-14) %.
2. Kekerasan pada lidah dan bagian lainnya sekurang-kurangnya sama dengan kekerasan rel.
3. Celah antara lidah dan rel lantak harus kurang dari 3 mm.
4. Celah antara lidah wesel dan rel lantak pada posisi terbuka tidak boleh kurang dari 125 mm.
5. Celah (gap) antara rel lantak dan rel paksa pada ujung jarum 34 mm.
6. Jarak antara jarum dan rel paksa (*check rail*) untuk lebar jalan rel 1067 mm:
 - a) Untuk Wesel rel R 54 paling kecil 1031 mm dan paling besar 1043 mm.
 - b) Untuk Wesel jenis rel yang lain, disesuaikan dengan kondisi wesel.
7. Pelebaran jalan rel di bagian lengkung dalam wesel harus memenuhi peraturan radius lengkung.
8. Desain wesel harus disesuaikan dengan sistem penguncian wesel.

3.2 Persyaratan Jembatan

3.2.1 Persyaratan Sistem

- a. Berdasarkan material untuk struktur jembatan, dibagi menjadi:
 1. jembatan baja;
 2. jembatan beton;
 3. jembatan komposit.
- b. Tipe jembatan baja secara umum dibagi empat kelompok sebagaimana tersebut dalam Tabel 3-10:

Tabel 3-10 Tipe Jembatan Baja

Tipe	Gelagar	Rangka
Dinding	Gelagar Dinding	Rangka Dinding
Rasuk	Gelagar Rasuk	Rangka Rasuk

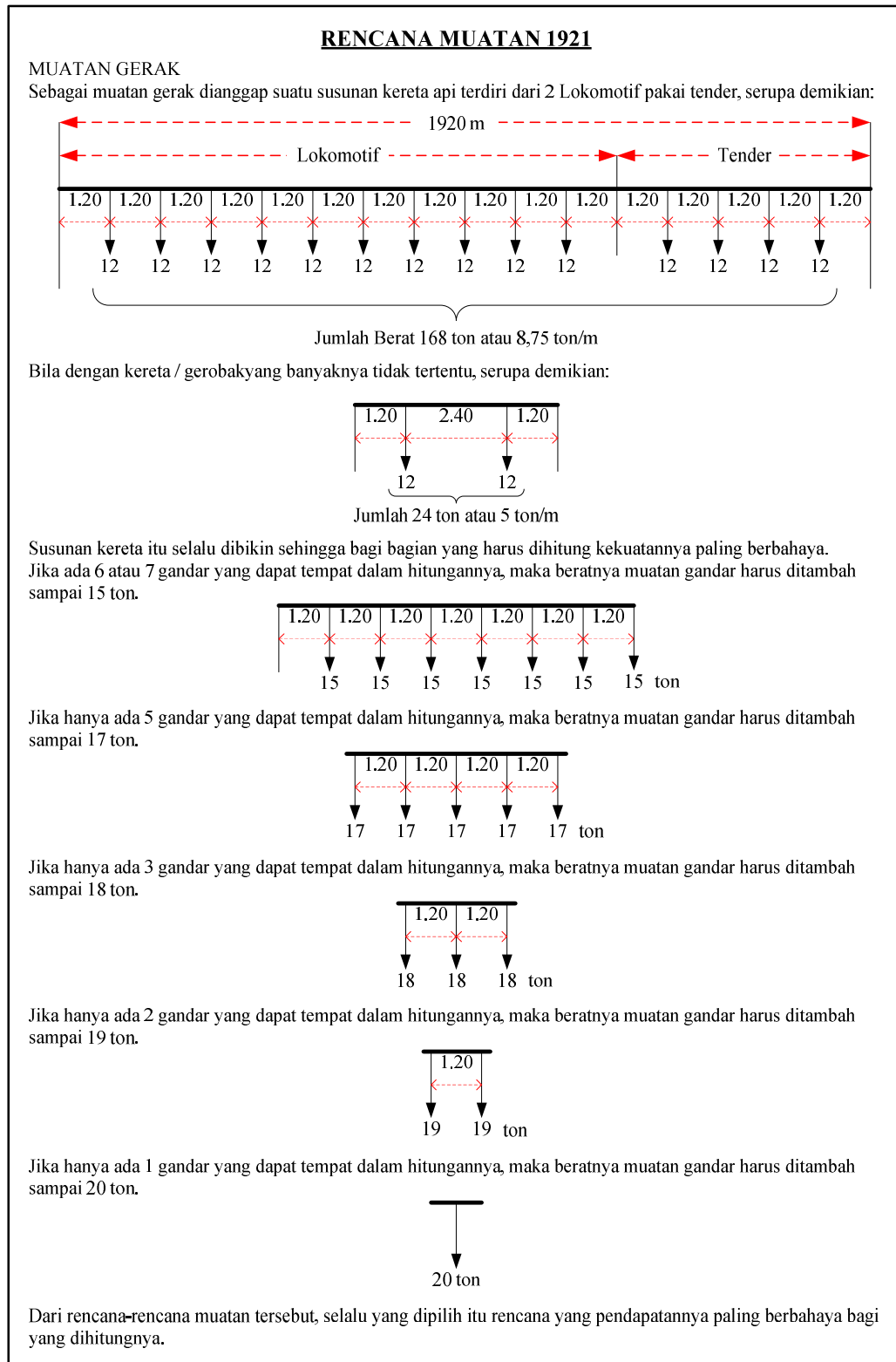
- c. Tipe jembatan beton terdiri dari:
 - 1. jembatan gelagar;
 - 2. jembatan portal kaku;
 - 3. jembatan busur.
- d. Sistem jembatan harus memenuhi persyaratan berikut:
 - 1. beban gandar;
 - 2. lendutan;
 - 3. stabilitas konstruksi; dan
 - 4. ruang bebas.
- e. Beban gandar yang digunakan sebagai dasar perencanaan harus sesuai dengan klasifikasi jalurnya dan beban terbesar dari sarana perkeretaapian yang dioperasikan.
- f. Pembebanan yang digunakan dalam perencanaan struktur:
 - 1. Jenis pembebanan yang perlu diperhitungkan adalah :
 - a) beban mati;
 - b) beban hidup;
 - c) beban kejut;
 - d) beban horizontal:
 - (1) beban sentrifugal;
 - (2) beban lateral kereta;
 - (3) beban rem dan traksi;
 - (4) beban rel panjang longitudinal.
 - e) beban angin;
 - f) beban gempa;
 - g) beban air;
 - h) beban tanah aktif.
 - 2. Apabila ditetapkan di dalam persyaratan, efek beban berikut ini juga harus dipertimbangkan;
 - a) perubahan temperatur;
 - b) pemuaian, penyusutan dan/atau rangkai dari beton;
 - c) penurunan;
 - d) dan lain-lain.
 - 3. Beban Mati
 Berat jenis bahan yang biasanya digunakan dalam perhitungan beban mati sebagaimana tersebut dalam Tabel 3-11.

Tabel 3-11 Berat Jenis Bahan

Baja, Baja Cor	78.50 kN/m ³
Besi Cor	72.50 kN/m ³
Kayu	8.00 kN/m ³
Beton	24.00 kN/m ³
Aspal Anti Air	11.00 kN/m ³
Ballast Gravel atau Batu Pecah	19.00 kN/m ³

- 4. Beban Hidup
 Beban hidup yang digunakan adalah beban gandar terbesar sesuai rencana sarana perkeretaapian yang dioperasikan atau skema dari rencana muatan.
 Untuk beban gandar sampai dengan 18 ton dapat digunakan skema rencana muatan 1921 (RM 21) sebagaimana tersebut dalam Tabel 3-12.
 Untuk beban gandar lebih besar dari 18 ton, rencana muatan disesuaikan dengan kebutuhan tekanan gandar.

Tabel 3-12 Skema Pembebanan Rencana Muatan 1921 (RM 21)



5. Beban Kejut (i)

Beban kejut diperoleh dengan mengalikan faktor i terhadap beban kereta.

Perhitungan paling sederhana untuk faktor i adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

- a) untuk rel pada alas balas, $i = 0.1 + \frac{22.5}{50 + L}$
- b) untuk rel pada Perletakan kayu, $i = 0.2 + \frac{25}{50 + L}$
- c) untuk rel secara langsung pada baja, $i = 0.3 + \frac{25}{50 + L}$

dimana i = faktor kejut, L = panjang bentang (m)

6. Beban Horizontal

a) Beban Sentrifugal

Beban sentrifugal diperoleh dengan mengalikan faktor α terhadap beban kereta. Beban bekerja pada pusat gaya berat kereta pada arah tegak lurus rel secara horisontal.

$$\alpha = \frac{V^2}{127 R}$$

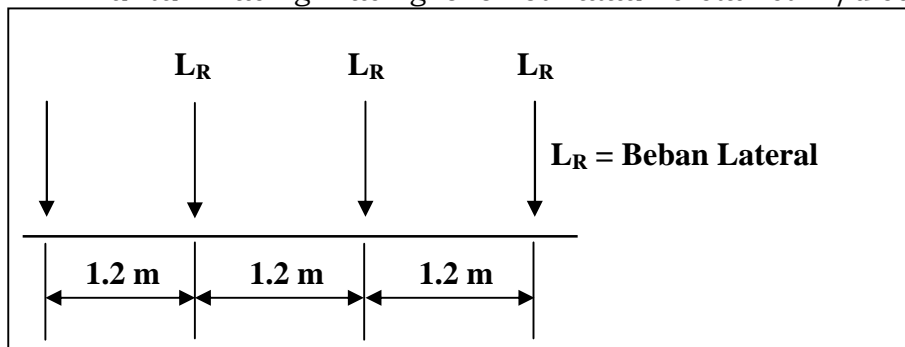
Dimana : α : Koefisien Beban Sentrifugal

V : Kecepatan maksimum kereta pada tikungan (km/jam)

R : Radius tikungan (m)

b) Beban Lateral Kereta (LR)

Beban lateral kereta adalah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar di bawah. Beban bekerja pada bagian atas dan tegak lurus arah rel, secara horisontal. Besaran adalah 15% atau 20% dari beban gandar untuk masing-masing lokomotif atau kereta listrik/diesel.



Gambar Beban Lateral Kereta

c) Beban Pengereman dan Traksi

Beban Pengereman dan Traksi masing-masing adalah 25% dari beban kereta, bekerja pada pusat gaya berat kereta ke arah rel (secara longitudinal).

d) Beban Rel Panjang Longitudinal (LF)

Beban rel panjang longitudinal pada dasarnya adalah 10 kN/m, maksimum 2,000 kN.

7. Beban Angin

Beban angin bekerja tegak lurus rel, secara horisontal, tipikal nilainya adalah:

- a) 3.0 kN/m² pada areal proyeksi vertikal jembatan tanpa kereta di atasnya. Namun demikian, 2.0 kN/m², pada areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin, tidak termasuk areal sistem lantai.
- b) 1.5 kN/m² pada areal kereta dan jembatan, dengan kereta di atasnya, pengecualian 1.2 kN/m² untuk jembatan selain gelagar

dek/rasuk atau jembatan komposit, sedangkan 0.8 kN/m² untuk areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin.

8. Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan sesuai dengan peraturan gempa yang berlaku.

9. Kombinasi Pembebanan

Perhitungan konstruksi jembatan dihitung dari hasil kombinasi pembebanan yang terbesar.

Kombinasi pembebanan akan diatur lebih lanjut dengan Peraturan Direktur Jenderal.

g. Lendutan

Lendutan didefinisikan sebagai besaran penyimpangan (*deflection*) yang tidak boleh melebihi persyaratan koefisien terhadap panjang teoritis.

1. Koefisien lendutan maksimum jembatan baja, sebagaimana tersebut dalam Tabel 3-13.

Tabel 3-13 Koefisien Lendutan Maksimum Jembatan Baja

Jenis	Gelagar			Rangka Batang
Jenis Kereta	L (m)	L < 50	L ≥ 50	Seluruh Rangka
Lokomotif		L / 800	L / 700	L / 1000
Kereta Listrik dan/atau Kereta	V (km/h)	V < 100	L / 700	
		100 < V ≤ 130	L / 800	L / 700
		130 < V ≤ 160	L / 1100	L / 900

2. Koefisien lendutan maksimum jembatan beton, sebagaimana tersebut dalam Tabel 3-14.

Tabel 3-14 Koefisien Lendutan Maksimum Jembatan Beton

Beban Lokomotif	Bentang L (m)		L < 50		L ≥ 50
			L / 800		L / 700
	Bentang L (m)		L ≤ 20	20 < L < 50	L ≥ 50
Kereta Penumpang dan Kereta Diesel	Untuk Satu Kereta	Kecepatan Maksimum V (km/jam)	V < 100	L / 700	
			100 < V ≤ 130	L / 800	L / 700
			130 < V ≤ 160	L / 1100	L / 900
	Untuk Dua Rangkaian atau Lebih	Kecepatan Maksimum V (km/jam)	V < 100	L / 800	L / 850
			100 < V ≤ 130	L / 1000	L / 1100
			130 < V ≤ 160	L / 1300	L / 1400

3. Koefisien lendutan maksimum jembatan komposit adalah $1/1000$ panjang teoritis.
- h. Stabilitas
 1. Stabilitas konstruksi untuk jembatan bagian atas adalah kekuatan konstruksi yang diperhitungkan dari jumlah pembebanan dan kombinasi pembebanan.
 2. Stabilitas konstruksi untuk jembatan bagian bawah adalah kapasitas daya dukung tanah dan kekuatan konstruksi yang diperhitungkan dari jumlah kombinasi pembebanan yang terdiri dari beban-beban vertikal jembatan bagian atas, beban horisontal (gempa, angin, tekanan tanah, tekanan air), dan momen guling.
 3. Metode perhitungan desain struktur jembatan dapat menggunakan salah satu dari 2 (dua) metode berikut :
 - a) Metode desain tegangan ijin (*Allowable Stress Design*);
 - b) Metode faktor beban (*Limit State Design*)
- i. Tinggi Jagaan (*Free Board*)
 Untuk perencanaan jembatan di atas sungai, harus memperhitungkan tinggi jagaan minimal 1,0 meter dibawah gelagar jembatan paling bawah terhadap muka air banjir rencana.

3.2.2 Persyaratan Komponen

- a. Komponen jembatan terdiri dari:
 1. Konstruksi jembatan bagian atas;
 2. Konstruksi jembatan bagian bawah; dan
 3. Konstruksi pelindung
- b. Persyaratan untuk konstruksi jembatan bagian atas dan bawah disesuaikan dengan material pembentuk konstruksinya: baja, beton (bertulang dan prategang), dan komposit;
- c. Konstruksi jembatan bagian atas dengan material baja harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Tegangan (*stress*) dan tegangan lelah (*fatigue*) yang timbul pada baja struktural lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan.
 2. Tegangan (*stress*) yang timbul pada baut dan paku keling / sumbat (*rivet*) lebih kecil dari tegangan yang diijinkan.
 3. Tegangan tarik material las minimal sama atau lebih besar dari material yang disambung.
- d. Konstruksi jembatan bagian atas dengan material beton bertulang dan beton prategang paling sedikit harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Tegangan (*stress*) yang timbul pada beton lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan.
 2. Material tumpuan atau perletakan (*bearing*) pada abutment dan pilar dapat berupa *elastomer polyetelin* atau bahan lainnya.
 3. Persyaratan material untuk *elastomer polyetelin* harus mengacu pada spesifikasi ASTM.
 4. Material baja prestressed harus memenuhi persyaratan ASTM.

5. Tegangan yang terjadi pada kawat *prestressed* harus lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan.
- e. Konstruksi jembatan bagian atas dengan komposit paling sedikit harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Persyaratan beton pada jembatan komposit harus mengikuti ketentuan yang ditetapkan pada jembatan beton.
 2. Persyaratan baja pada jembatan komposit harus mengikuti ketentuan yang ditetapkan pada jembatan baja.
 3. Material tumpuan atau perletakan (*bearing*) pada abutment dan pilar dapat berupa *elastomer polyetelin* atau bahan lainnya. Persyaratan material untuk *elastomer polyetelin* harus mengacu pada ASTM.
 4. Konektor geser (*shear connector*) dapat berfungsi sepenuhnya sebagai sarana pengikat material pembentuk komposit menjadi satu kesatuan. Persyaratan material untuk *shear connector* harus mengacu pada ASTM.
- f. Konstruksi jembatan bagian bawah paling sedikit harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Kapasitas daya dukung tanah lebih besar dari beban yang diterima dengan faktor keamanan $\geq 2,5$.
 2. Tegangan (stress) yang timbul lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan.
 3. Nilai standar unit penurunan yang merupakan rasio penurunan terhadap gaya aksial dari struktur atas dan struktur bawah jembatan, nilai maksimumnya harus sesuai dengan sebagaimana dinyatakan ketentuan yang berlaku.
- g. Konstruksi pelindung jembatan meliputi:
 1. pelindung abutment, pilar, tebing dari arus sungai;
 2. pengarah arus;
 3. pelindung tebing dari longsoran arah badan jalan.
- h. Persyaratan untuk konstruksi pelindung jembatan disesuaikan dengan material pembentuk konstruksinya, dapat berupa baja, beton bertulang, beton prategang, pasangan batu kali, bronjong, atau konstruksi lainnya.
- i. Konstruksi pelindung jembatan harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Mampu melindungi abutment, pilar, dan tebing sungai dari gerusan, benturan material bawaan arus sungai (batu, batang kayu dan lain-lain).
 2. Mampu mengarahkan arus untuk konstruksi pengarah arus.
 3. Mampu melindungi abutment dari longsoran tebing sungai untuk konstruksi pelindung tebing dari longsoran arah badan jalan.

3.3 Persyaratan Terowongan

3.3.1 Persyaratan Sistem

- a. Terowongan untuk kepentingan jalur kereta api terdiri dari tiga jenis :
 1. Terowongan pegunungan (*mountain tunnel*), yaitu terowongan yang dibangun menembus daerah pegunungan;

2. Terowongan perisai (*shield tunnel*), yaitu terowongan yang dibangun dengan menggunakan mesin perisai (*shield machine*).
3. Terowongan gali timbun (*cut and cover tunnel*), yaitu merupakan terowongan yang dibangun dengan metode penggalian dari permukaan tanah hingga kedalaman tertentu dengan menggunakan sistem penahan tanah (*earth retaining*) dan ditimbun kembali setelah konstruksi terowongan selesai dibangun.
- b. Sistem terowongan harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. ruang bebas;
 2. geometri;
 3. beban gandar;
 4. stabilitas konstruksi; dan
 5. kedap air.
- c. Ruang bebas dalam terowongan memperhitungkan jenis sarana perkeretaapian yang dioperasikan dan sistem balas (*ballasted*) atau tanpa balas (*unballasted*).
- d. Dimensi terowongan ditentukan oleh ruang bebas ditambah sekurang-kurangnya 100 mm untuk perawatan.
- e. Geometri terowongan harus mempertimbangkan geometri jalan rel dan drainase dengan kelandaian jalan rel dalam terowongan sekurang-kurangnya 1‰.
- f. Beban gandar kereta api sesuai dengan rencana sarana perkeretaapian yang dioperasikan.
- g. Konstruksi terowongan harus mempertimbangkan sekurang-kurangnya beban-beban berikut:
 1. beban tanah atau batuan di atasnya (*overburden*);
 2. beban mati dan beban hidup;
 3. beban akibat tekanan air;
 4. beban gempa; dan
 5. beban lainnya.
- h. Stabilitas Konstruksi Terowongan
 1. Stabilitas konstruksi terowongan untuk jenis terowongan pegunungan harus didasarkan atas penyelidikan sekurang-kurangnya sebagai berikut:
 - a) topografi;
 - b) geologi;
 - c) tanah;
 - d) hidrologi; dan
 - e) lingkungan.
 2. Stabilitas konstruksi untuk jenis terowongan gali timbun dan terowongan perisai harus didasarkan atas penyelidikan sekurang-kurangnya sebagai berikut:
 - a) topografi;
 - b) geologi;
 - c) hidrologi;
 - d) tanah;

- e) daerah amblesan;
 - f) udara berkadar oksigen rendah dan gas berbahaya; dan
 - g) lingkungan.
3. Dinding pelapis terowongan harus kedap air dan jika ada kebocoran masih diijinkan dengan laju kebocoran (*leakage*) tidak boleh melampaui $0,2 \text{ l/m}^2/\text{hari}$.

3.3.2 Persyaratan Komponen

3.3.2.1 Terowongan Pegunungan

- a. Komponen terowongan pegunungan terdiri dari:
 - 1. portal;
 - 2. beton tembak (*shotcrete*);
 - 3. baja penyangga (*steel support*);
 - 4. baut batuan (*rock bolt*);
 - 5. dasar Terowongan (*invert*);
 - 6. dinding, dan
 - 7. fasilitas pendukung.
- b. Portal dirancang dengan memperhitungkan keadaan tanah / batuan, ukuran penampang melintang, lokasi, dampak terhadap lingkungan dan metode konstruksi portal.
- c. Beton tembak dirancang agar mampu berfungsi sebagai penyangga dengan persyaratan berikut:
 - 1. Dapat terikat dengan permukaan batuan/tanah dan memiliki kekuatan lekat awal sehingga tidak terjatuh oleh beratnya sendiri.
 - 2. Dalam jangka panjang mampu mempertahankan kekuatan (*strength*), ketahanan (*durability*), kedap air (*water tightness*) dan kelekatan (*adherability*) untuk mempertahankan stabilitas terowongan.
 - 3. Kuat tekan dasar beton tembak sekurang-kurangnya 18 N/mm^2 (18 MPa) pada umur 28 hari dan kekuatan sekurang-kurangnya 8 N/mm^2 (8 MPa) pada umur 1 (satu) hari.
- d. Baja penyangga (*steel support*) dirancang agar mampu berfungsi sebagai penyangga dengan persyaratan berikut:
 - 1. Mampu memikul batuan sekurang-kurangnya sebelum beton tembak dapat bekerja secara optimal.
 - 2. Baja penyangga (*steel support*) dilengkapi dengan kait (*bracing*) penyangga yang menghubungkan penyangga yang satu dengan lainnya.
 - 3. Mutu material baja penyangga minimal setara SS 400 atau ASTM A709 grade 36.
- e. Baut batuan harus dirancang agar mampu berfungsi sebagai penyangga dengan persyaratan berikut:
 - 1. Kekuatan penjangkaran baut batuan harus lebih besar dari kekuatan tarik baut batuan itu sendiri.
 - 2. Kekuatan baut batuan diperhitungkan berdasarkan kebutuhan beban penyanggaan.
 - 3. Baut batuan dilengkapi dengan pelat tumpu (*bearing plate*) untuk menyalurkan gaya dari baut ke beton tembok sehingga merupakan satu kesatuan penyangga.

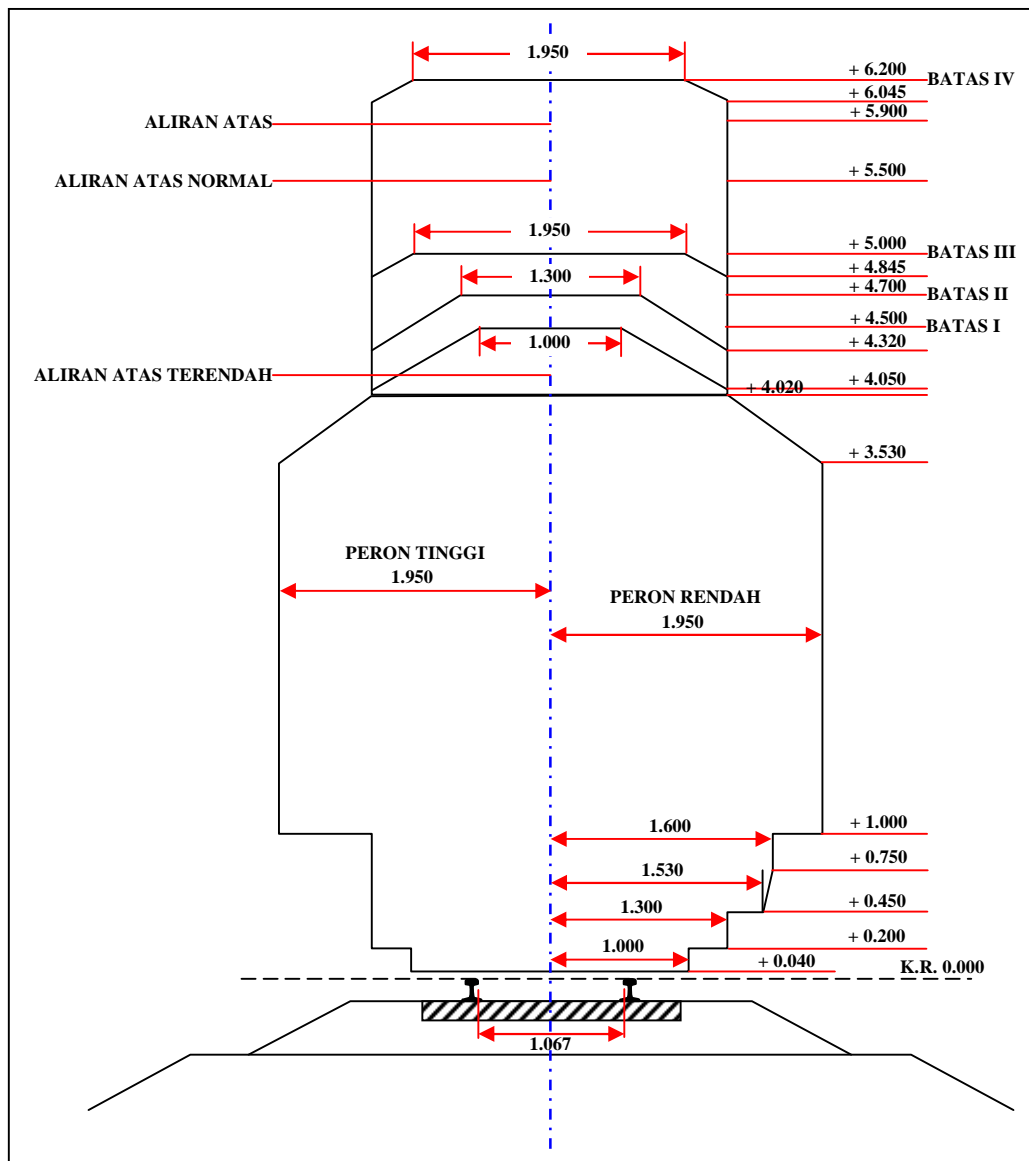
4. Mutu baut batuan sekurang-kurangnya mempunyai kekuatan tarik 200 kN atau spesifikasi ASTM.
- f. Dasar terowongan (*Invert*) dirancang berdasarkan kekuatan desain sekurang-kurangnya 18 N/mm² (18 Mpa) pada umur 28 hari.
- g. Dinding terowongan dirancang berdasarkan kekuatan desain sekurang-kurangnya 18 N/mm² (18 Mpa) pada umur 28 hari.
- h. Fasilitas pendukung terowongan sekurang-kurangnya :
 1. sistem sirkulasi udara;
 2. jalan inspeksi/ruang penyelamatan.

3.3.2.2 Terowongan Gali Timbun dan Perisai

- a. Komponen terowongan gali timbun terdiri dari :
 1. *Lining*;
 2. *Invert*.
- b. Fasilitas pendukung terowongan sekurang-kurangnya :
 1. jalan inspeksi / evakuasi;
 2. sistem sirkulasi udara;
 3. telepon darurat;
 4. peralatan informasi jenis tombol tekan (*push button*);
 5. pendeteksi api (*fire detector*);
 6. peralatan alarm darurat;
 7. pemadam api;
 8. papan petunjuk evakuasi;
 9. lampu penerangan.

LAMPIRAN GAMBAR

1. GAMBAR RUANG BEBAS



Keterangan :

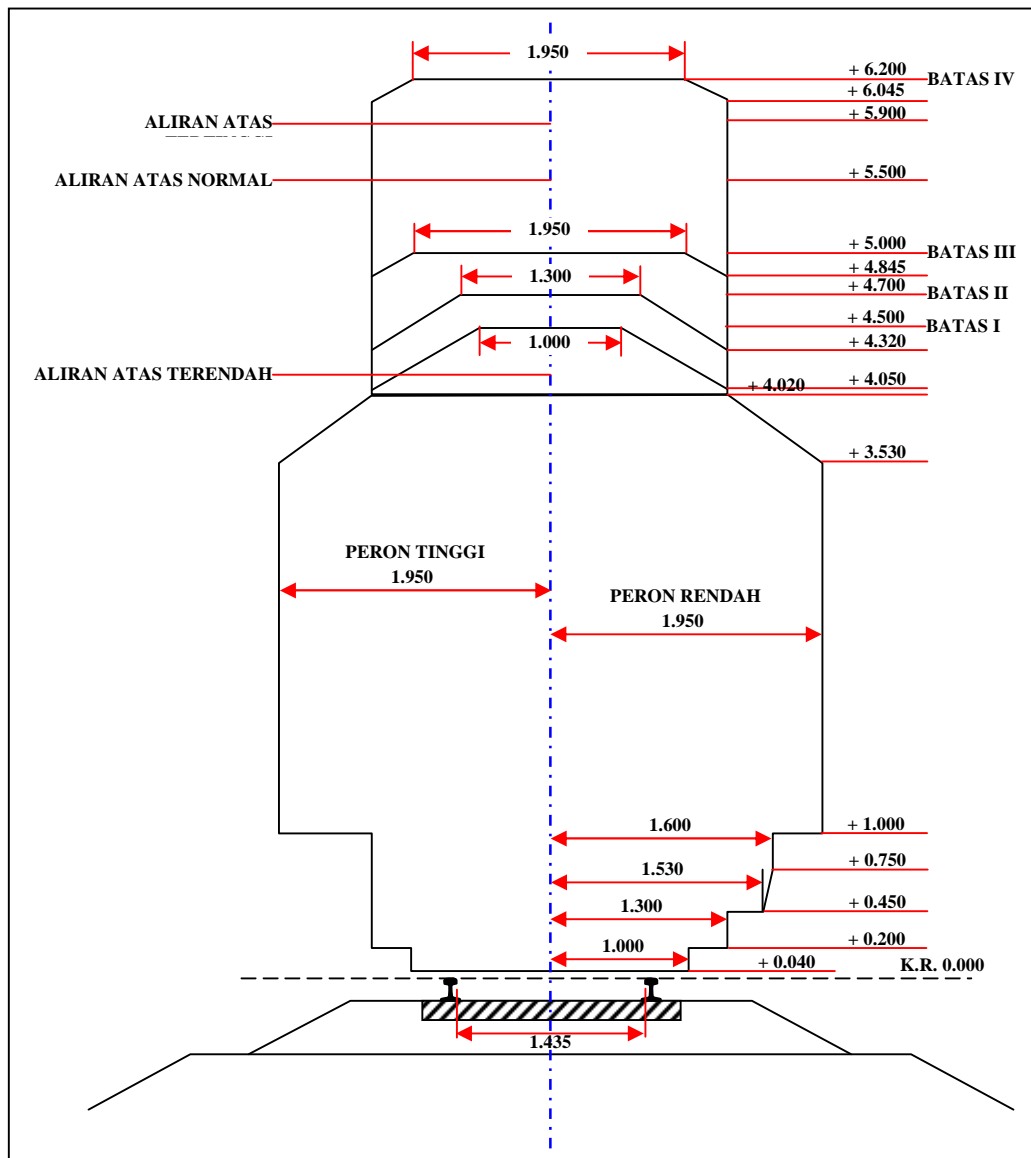
Batas I = Untuk jembatan dengan kecepatan sampai 60 km/jam

Batas II = Untuk 'Viaduk' dan terowongan dengan kecepatan sampai 60km/jam dan untuk jembatan tanpa pembatasan kecepatan.

Batas III = Untuk 'viaduk' baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan

Batas IV = Untuk lintas kereta listrik

Gambar 1-1 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Bagian Lurus



Keterangan :

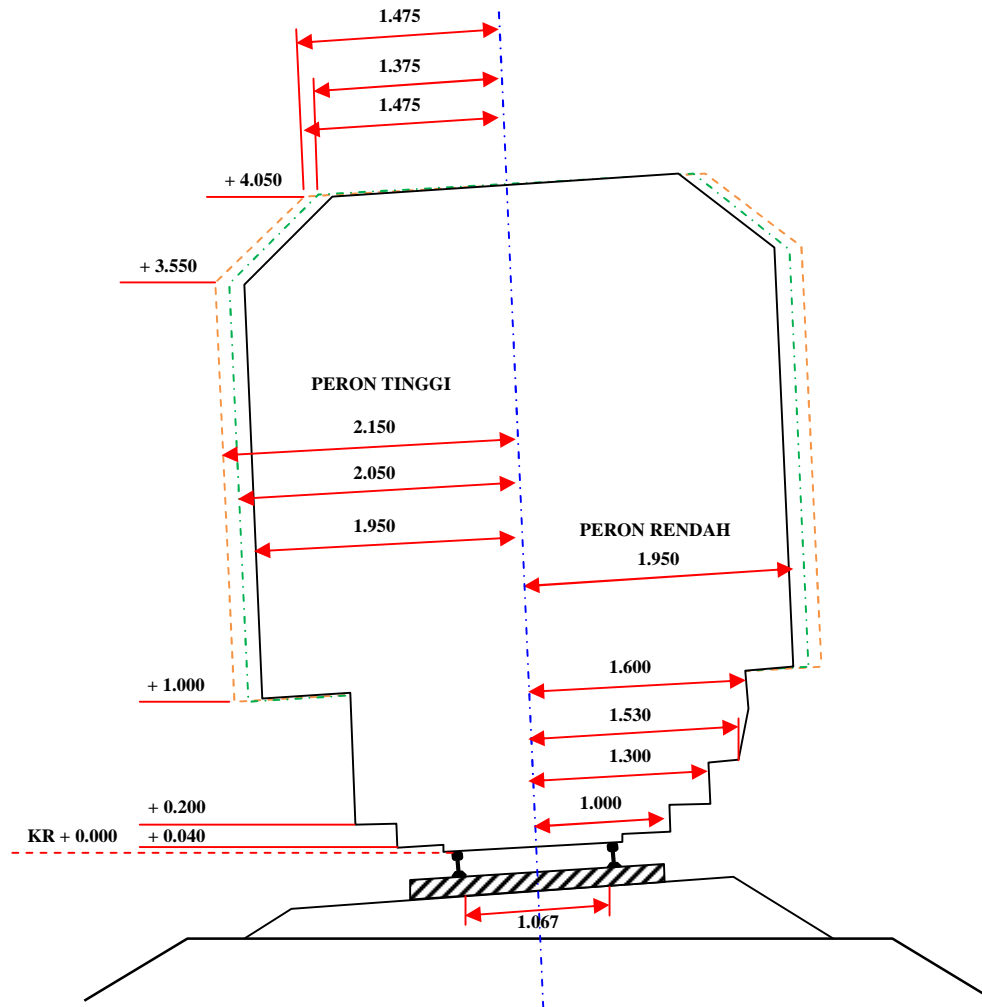
Batas I = Untuk jembatan dengan kecepatan sampai 60 km/jam

Batas II = Untuk 'Viaduk' dan terowongan dengan kecepatan sampai 60km/jam dan untuk jembatan tanpa pembatasan kecepatan.

Batas III = Untuk 'viaduk' baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan

Batas IV = Untuk lintas kereta listrik

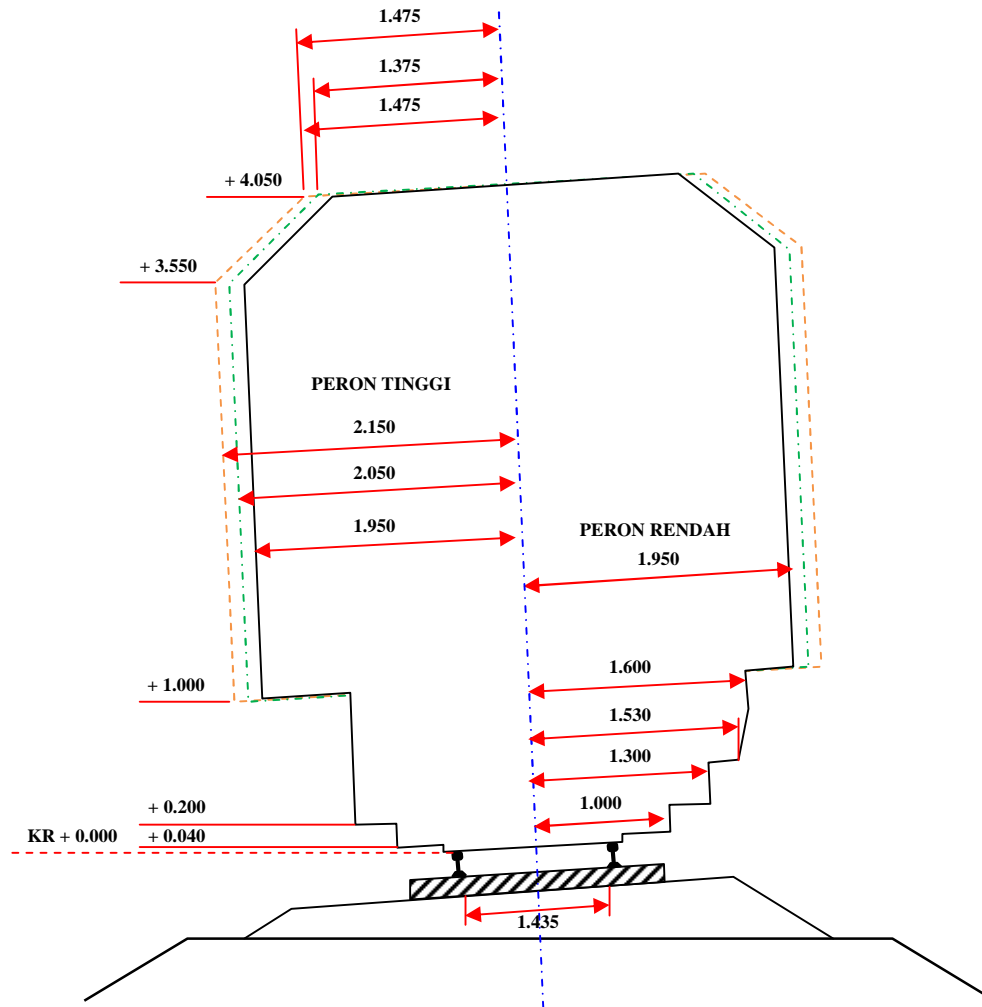
Gambar 1-2 Ruang Bebas Lebar Rel 1435 mm Pada Bagian Lurus



Keterangan :

- Batas ruang bebas pada lintas lurus dan pada bagian lengkungan dengan jari – jari > 3000 m.
- · — · — Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari – jari 300 sampai dengan 3000 m.
- - - - - Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari – jari < 300 m.

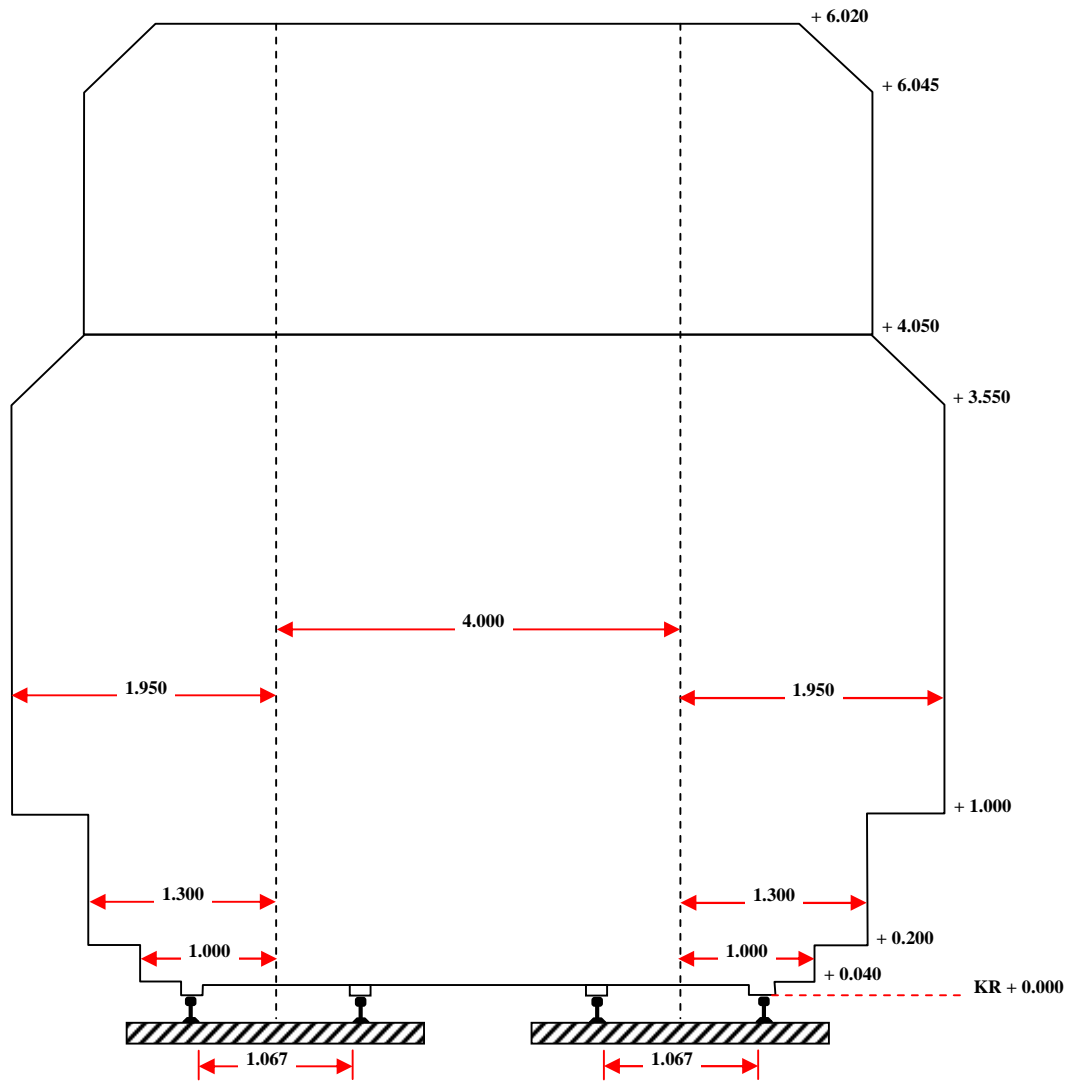
Gambar 1-3 Ruang Bebas Lebar Jalan Rel 1067 mm Pada Lengkungan



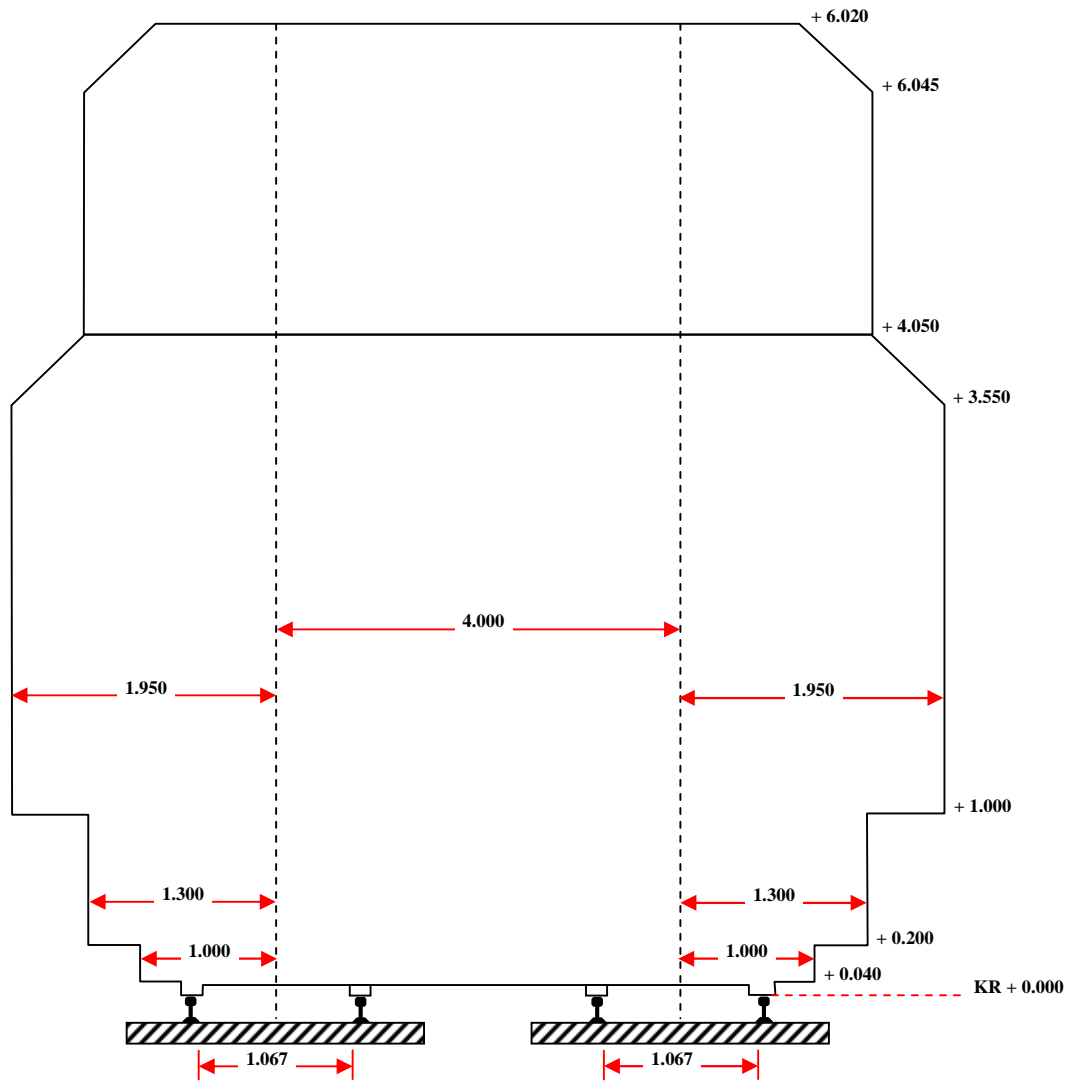
Keterangan :

- Batas ruang bebas pada lintas lurus dan pada bagian lengkungan dengan jari – jari > 3000 m.
- - - - - Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari – jari 300 sampai dengan 3000 m.
- - - - - Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari – jari < 300 m.

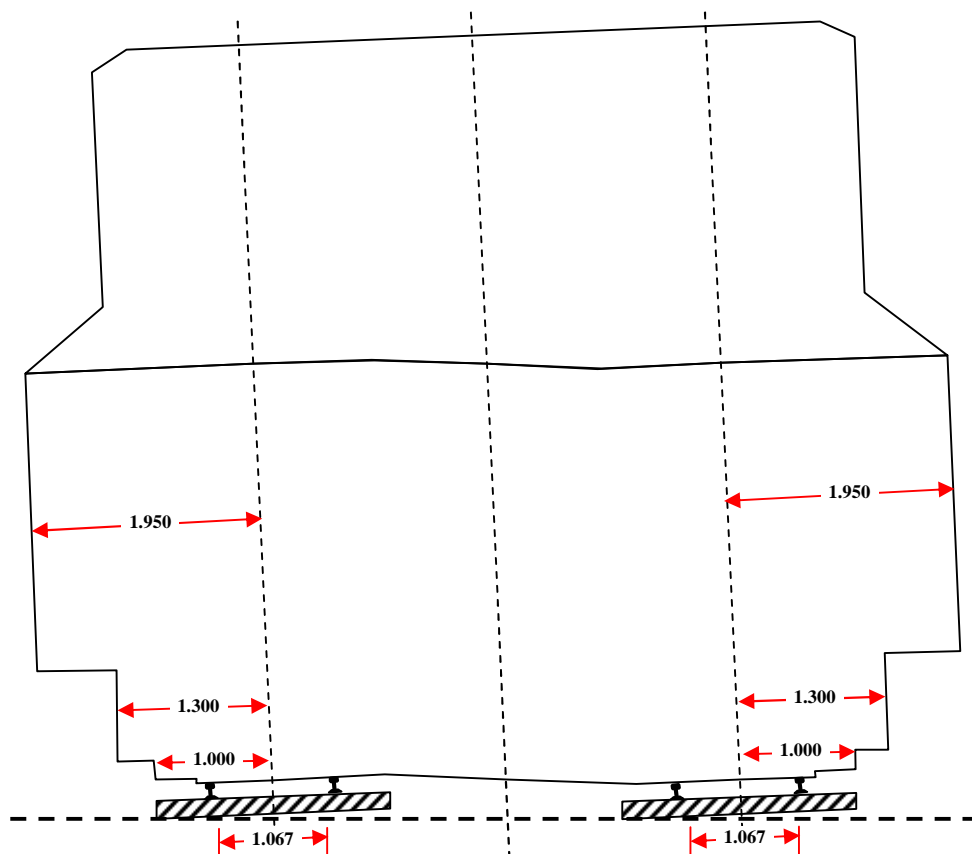
Gambar 1-4 Ruang Bebas Lebar Jalan Rel 1435 mm Pada Lengkungan



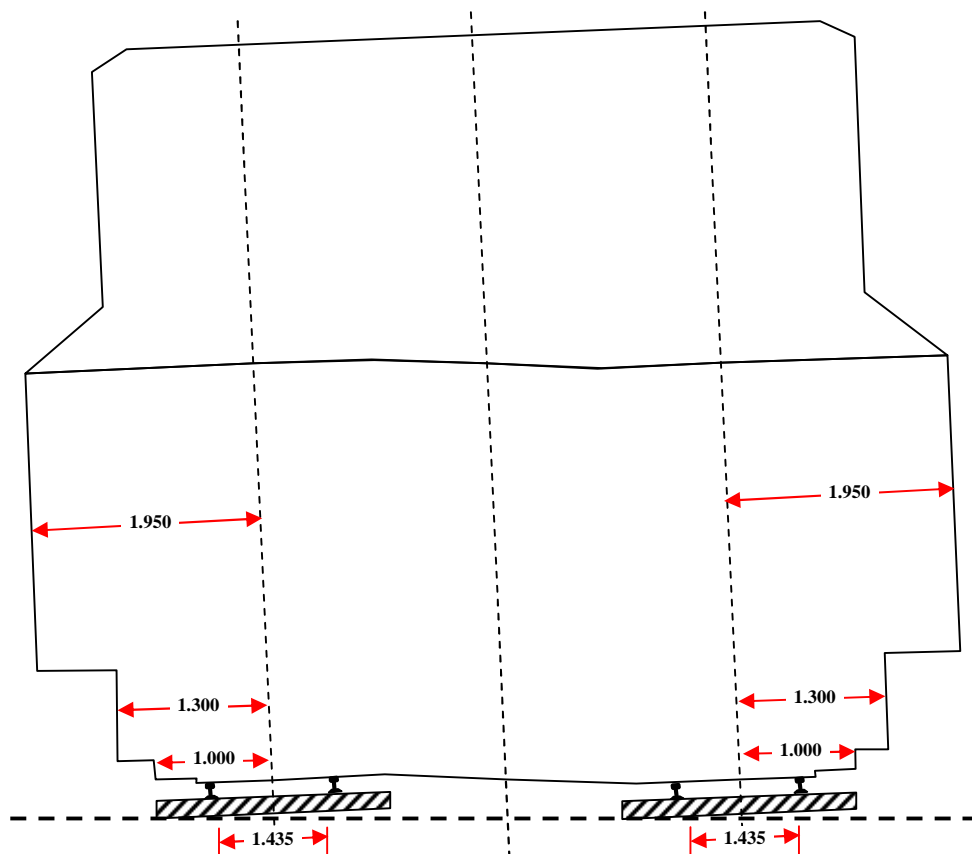
Gambar 1-5 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Jalur Lurus Untuk Jalur Ganda



Gambar 1-6 Ruang Bebas Lebar Rel 1435 mm Pada Jalur Lurus Untuk Jalur Ganda

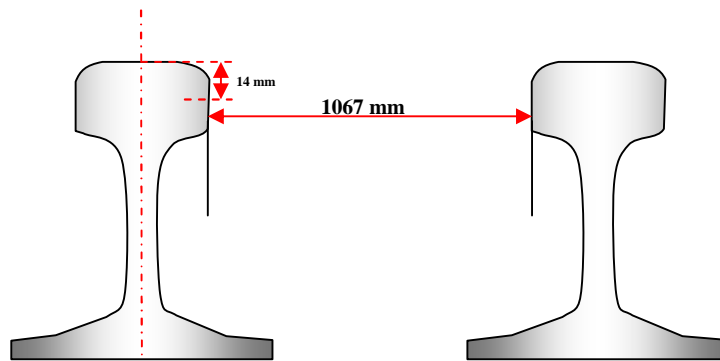


Gambar 1-7 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Lengkungan Untuk Jalur Ganda

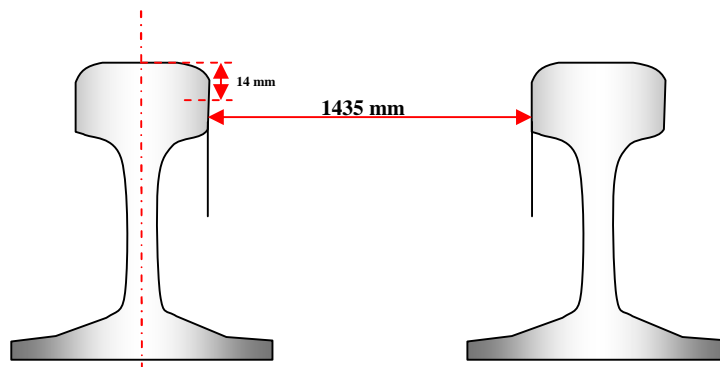


Gambar 1-8 Ruang Bebas Lebar Rel 1435 mm Pada Lengkungan Untuk Jalur Ganda

2. GAMBAR LEBAR JALAN REL

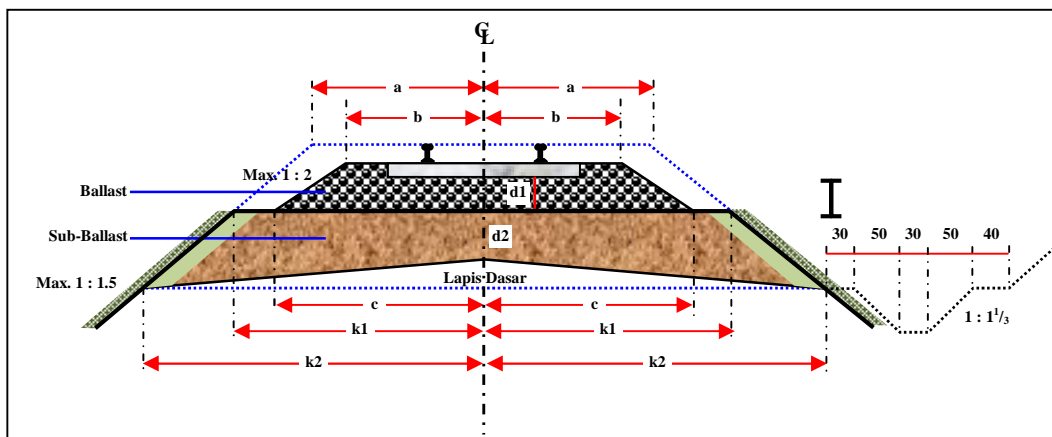


Gambar 2-1 Lebar Jalan Rel 1067 mm

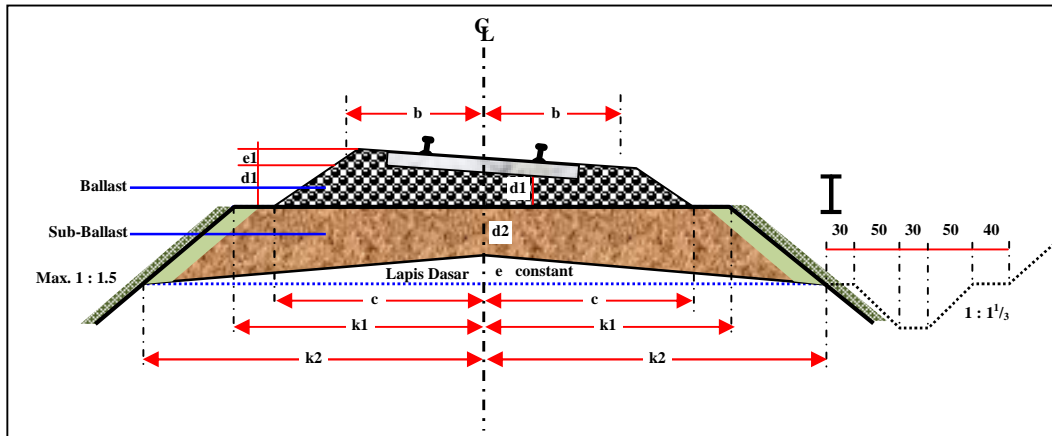


Gambar 2-2 Lebar Jalan Rel 1435 mm

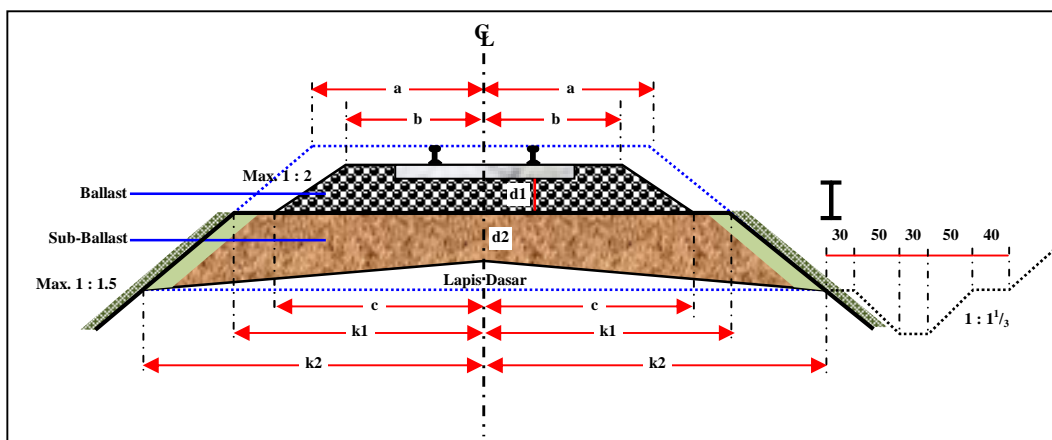
3. GAMBAR PENAMPANG MELINTANG



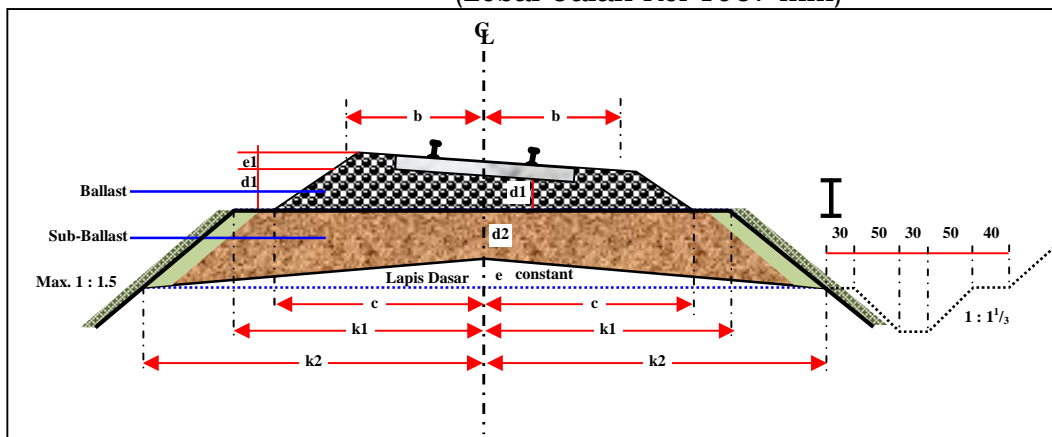
Gambar 3-1 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus
(Lebar Jalan Rel 1435 mm)



Gambar 3-2 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkungan
(Lebar Jalan Rel 1435 mm)



Gambar 3-3 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus
(Lebar Jalan Rel 1067 mm)



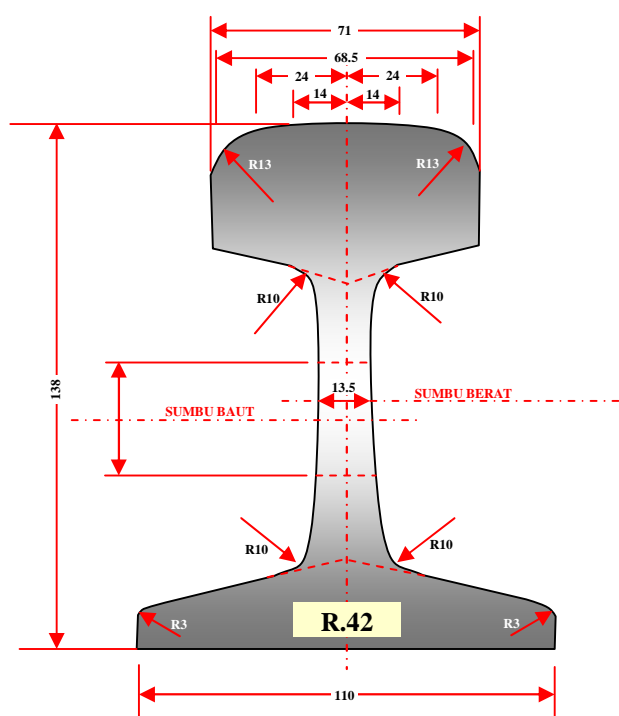
Gambar 3-4 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkungan
(Lebar Jalan Rel 1067 mm)

Tabel Penampang Melintang Jalan Rel

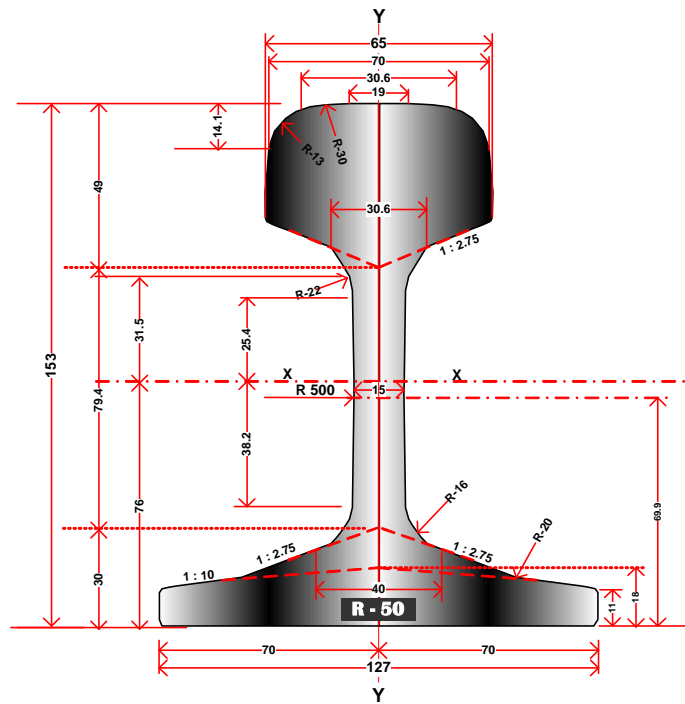
KELAS JALAN	V Maks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	C (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
I	120	30	150	235	265	15 – 50	25	375
II	110	30	150	235	265	15 –	25	375

KELAS JALAN	V Maks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	C (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
						50		
III	100	30	140	225	240	15 – 50	22	325
IV	90	25	140	215	240	15 – 35	20	300
V	80	25	135	210	240	15 – 35	20	300

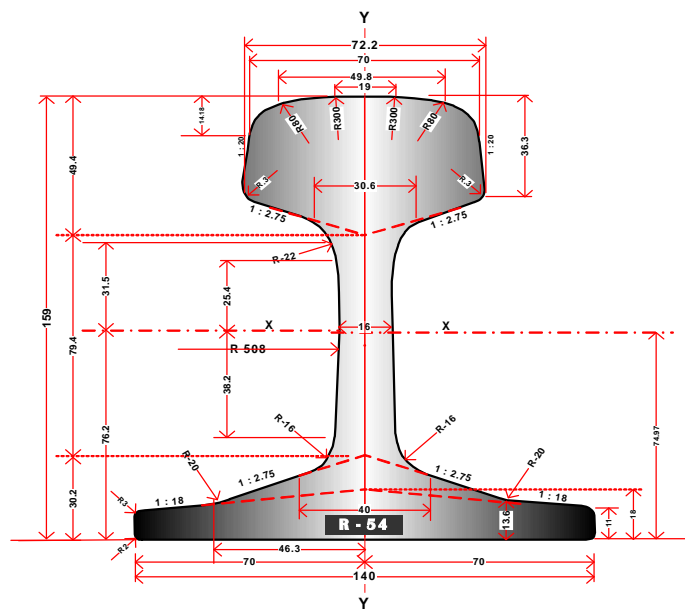
4. GAMBAR UKURAN PENAMPANG REL



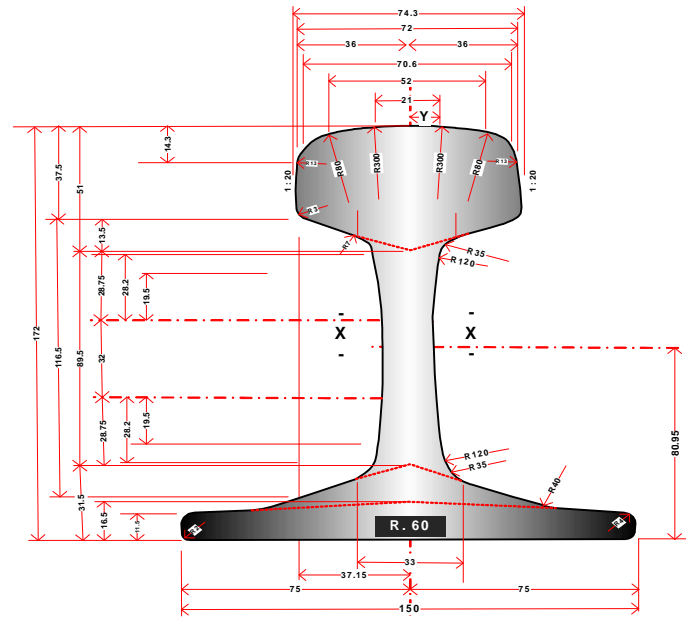
Gambar 4-1 Ukuran Penampang Rel R.42



Gambar 4-2 Ukuran Penampang Rel R.50



Gambar 4-3 Ukuran Penampang Rel R.54



Gambar 4-4 Ukuran Penampang Rel R.60

MENTERI PERHUBUNGAN
REPUBLIK INDONESIA,

E.E. MANGINDAAN