

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Landasan Teori

Dalam perencanaan jalan kereta api, aspek teknis harus diperhatikan secara menyeluruh. Secara teknis, jalur rel harus mampu menopang pergerakan kereta api dengan aman serta memastikan tingkat kenyamanan yang diharapkan selama masa operasionalnya. Desain konstruksi jalan rel dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti beban yang akan ditanggung, kecepatan maksimum yang dirancang, kemungkinan adanya beban ganda, serta pola operasi yang diterapkan. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, dilakukan klasifikasi jalan rel guna menyusun perencanaan yang sesuai dengan kebutuhan.

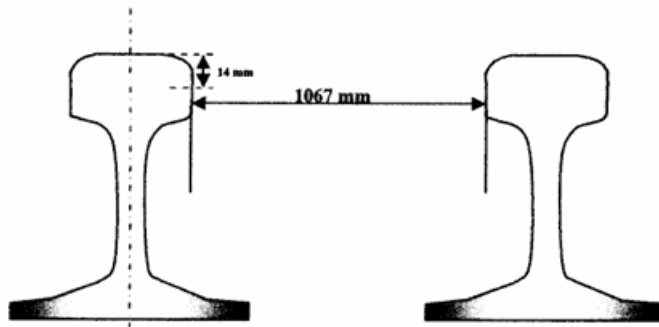
2.1.1 Lebar Sepur

Dalam sistem perkeretaapian Indonesia menurut Peraturan Menteri Perhubungan No 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api, standar lebar sepur yang digunakan pada prasarana jalur umumnya terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu 1067 mm dan 1435 mm. Pemilihan kedua standar ini didasarkan pada pertimbangan teknis terkait karakteristik operasi, kapasitas lintas, dan kebutuhan pengembangan jaringan.

a. Lebar sepur 1067 mm

Sepur 1067 mm merupakan spesifikasi teknis yang digunakan pada sebagian besar jaringan rel konvensional di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa. Pemanfaatan sepur ini berhubungan langsung dengan konfigurasi geometrik yang sudah terbentuk sejak awal pembangunan jaringan, sehingga seluruh sistem sarana dan prasarana meliputi rangkaian kereta, struktur bantalan, sistem perkuatan rel, serta fasilitas operasi dirancang agar kompatibel dengan lebar tersebut. Berdasarkan karakteristiknya, sepur 1067 mm memungkinkan konstruksi lintasan dengan kebutuhan ruang yang lebih kecil, sehingga cocok diterapkan pada wilayah dengan keterbatasan koridor dan kepadatan tata guna lahan

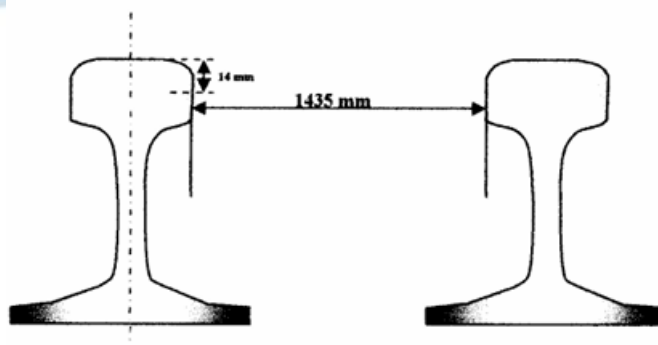
yang tinggi seperti di Jawa. Lebar sepur 1067 dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 1 Lebar Sepur 1067 mm

b. Lebar Sepur 1435 mm

Sepur 1435 mm merupakan standar teknis yang digunakan pada proyek-proyek rel modern di luar Pulau Jawa. Lebar sepur ini dipilih karena memberikan kemampuan operasi yang lebih stabil pada kecepatan tinggi, mendukung kapasitas muatan yang lebih besar, serta memungkinkan penerapan teknologi perkeretaapian yang lebih maju. Secara teknis, sepur 1435 mm memiliki keunggulan pada peningkatan kualitas dinamika gerak kereta, distribusi beban yang lebih optimal pada rel, serta fleksibilitas penggunaan sarana yang mengikuti standar internasional. Lebar sepur 1435 dapat dilihat gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2. 2 Lebar Sepur 1435 mm

2.1.2 Kecepatan Maksimum

Faktor utama yang perlu diperhatikan adalah batas kecepatan maksimum yang diizinkan pada jalur rel. Batas kecepatan ini berpengaruh signifikan terhadap desain geometrik, sistem persinyalan, serta elemen penting lainnya dalam pembangunan jalur rel. Menurut Peraturan Dinas 10 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel kecepatan maksimum yang diperbolehkan pada jalur rel sesuai dengan klasifikasi jalan rel dapat dilihat pada tabel 2.1 untuk rel 1067 mm dan tabel 2.2 untuk rel 1435.

Tabel 2. 1 Kecepatan Maksimum Kereta Api Rel 1067 mm

Kelas Jalan Rel	Kecepatan Maksimum (km/jam)
I	120
II	110
III	100
IV	90
V	80

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

Tabel 2. 2 Kecepatan Maksimum Kereta Api Rel 1435 mm

Kelas Jalan Rel	Kecepatan Maksimum (km/jam)
I	160
II	140
III	120
IV	100

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

Penentuan kecepatan perancangan dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Perancangan Struktur Jalan Rel

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

- b. Perencanaan jari-jari tikungan dan lengkung peralihan

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

2.1.3 Kelandaian

Kecepatan perancangan jalan rel ditentukan dengan mempertimbangkan faktor kelandaian. Kelandaian yang terlalu curam dapat membatasi kecepatan maksimum yang aman bagi kereta api, sedangkan kelandaian yang lebih landai memungkinkan pergerakan dengan kecepatan lebih tinggi. Oleh karena itu, jalur rel diklasifikasikan berdasarkan tingkat kelandaianya guna memastikan kesesuaian dengan kecepatan operasional yang direncanakan. Menurut Peraturan Dinas 10 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel klasifikasi lintasan jalan rel berdasarkan kelandaian dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2. 3 Kelompok Lintas Jalan Rel Menurut kelandaian

Kelompok Lintas Jalan Rel	Kelandaian (%)
Lintas Datar	0 sampai 10 %
Lintas Pegunungan	10 % sampai 40 %
Lintas dengan Rel Gigi	40 % sampai 80 %

Sumber : Peraturan Dinas No. 10 Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

2.1.4 Jumlah Lajur

Jumlah jalur pada rel kereta api yang dimaksud merujuk pada jumlah jalur yang tersedia pada lintas bebas yang digunakan untuk operasi perjalanan kereta. menurut Peraturan Menteri Perhubungan No 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api klasifikasi jumlah jalur pada lintas bebas adalah sebagai berikut:

- a. Jalur Tunggal (*Single Track*) adalah jalur yang hanya terdiri dari satu jalur dan digunakan untuk melayani arus kereta api dari dua arah secara bergantian.
- b. Jalur Ganda (*Double Track*) adalah jalur yang terdiri dari dua jalur, di mana masing-masing jalur digunakan khusus untuk melayani arus kereta api dari satu arah.

2.1.5 Kelas Jalan Rel

Perencanaan dan perancangan jalan rel di Indonesia mengikuti Peraturan Menteri Perhubungan No 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api, yang menetapkan standar beban gandar sebesar 18 ton untuk rel 1067 mm dan beban gandar sebesar 22,5 ton untuk rel 1435 mm. Standarisasi ini bertujuan untuk :

- a. Memungkinkan perpindahan kereta api, baik penumpang maupun barang, dari satu jalur ke jalur lain dengan kelas lebih rendah tanpa perlu mengurangi muatan terlebih dahulu.
- b. Memastikan setiap lokomotif dapat beroperasi di semua jalur, meskipun memiliki kelas yang berbeda.

Karena beban gandar telah diseragamkan untuk setiap kelas jalan rel, klasifikasinya hanya didasarkan pada kapasitas angkut lintas dan/atau kecepatan maksimum. Kapasitas angkut lintas merujuk pada jumlah angkutan yang melewati suatu jalur dalam periode satu tahun, dengan satuan ton/tahun. Kapasitas angkut kereta api berdasarkan kelas jalan rel dapat dilihat pada tabel 2.4 untuk jalan rel 1067 mm dan tabel 2.5 untuk jalan rel 1435 mm.

Tabel 2. 4 Kapasitas Angkut Kereta Api Rel 1067 mm

Kelas Jalan Rel	Kapasitas Angkut Lintas ($\times 10^6$ ton/tahun)	Kecepatan Maksimum (km/jam)	Beban Gandar Maksimum (Ton)
I	> 20	120	18
II	10 – 20	110	18
III	5 – 10	100	18
IV	2,5 – 5	90	18
V	< 2.5	80	18

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

Tabel 2. 5 Kapasitas Angkut Kereta Api Rel 1435 mm

Kelas Jalan Rel	Kapasitas Angkut Lintas ($\times 10^6$ ton/tahun)	Kecepatan Maksimum (km/jam)	Beban Gandar Maksimum (Ton)
I	> 20	160	22,5
II	10 – 20	140	22.5
III	5 – 10	120	22.5
IV	2,5 – 5	100	22,5

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.2 Geometri Jalan

Geometrik jalan rel merupakan bentuk dan ukuran jalan rel yang mencakup arah memanjang maupun arah melintang. Komponen yang termasuk di dalamnya meliputi lebar jalur, kemiringan, lengkung horizontal, lengkung vertikal, peninggian rel, serta pelebaran jalur.

2.2.1 Lengkung Horizontal

Lengkung horizontal merupakan hasil proyeksi sumbu jalan rel pada bidang datar horizontal. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api jari-jari minimum untuk lengkung horizontal disesuaikan dengan kecepatan rencana kereta api, dan dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Jari-jari Minimum Lengkung Horizontal

Kecepatan Rencana (Km/jam)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan (m)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran 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 : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

Lengkung horizontal dibagi menjadi dua tipe, yaitu:

a. *Spiral Circle Spiral (SCS)*

Pada tipe lengkung spiral circle spiral, jari-jari minimum yang diperbolehkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$R = 0,054 \times V^2$$

Peninggian rel pada lengkung SCS dihitung menggunakan :

$$(hmin) = 8,8 \times \frac{V^3}{R} - 53,54$$

Dengan :

hmin: peninggian minimum (mm)

b. *Full Circle* (FC)

Pada tipe lengkung full circle, jari-jari minimum yang diperbolehkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$R = 0,164 \times V^2$$

Peninggial rel pada lengkung FC dihitung menggunakan :

Untuk lebar rel 1067 mm :

$$(h_{normal}) = \frac{5,95 \times V^3}{R}$$

Untuk lebar rel 1435 mm :

$$(h_{normal}) = \frac{8,1 \times V^3}{R}$$

Dengan :

R : jari-jari lengkung (m)

V : kecepatan rencana (km/jam)

h_{normal} : peninggian normal (mm)

2.2.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang sejajar dengan sumbu jalan rel. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api jari-jari minimum lengkung vertikal yang disesuaikan dengan kecepatan rencana dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal (m)
>100	8000
≤ 100	6000

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.2.3 Pelebaran Sepur

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api pelebaran sepur dilakukan dengan menggeser rel secara bertahap ke arah dalam yang bertujuan untuk memastikan roda kereta dapat melintasi lengkung secara mulus tanpa hambatan. Tabel 2.8 dan 2.9 menunjukkan nilai pelebaran sepur untuk lebar jalur 1067 mm dan 1435 mm.

Tabel 2. 8 Pelebaran sepur 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

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

Tabel 2. 9 Pelebaran sepur 1435 mm

Jari-jari Tikungan (m)	Pelebaran (mm)
$R > 400$	0
$350 < R \leq 400$	5
$300 < R < 350$	10
$250 < R \leq 300$	15
$100 < R \leq 250$	20

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.2.4 Peninggian Jalan Rel

Pada bagian lengkung, rel sisi luar dinaikkan sementara elevasi rel sisi dalam tetap dipertahankan. Tujuan dari peninggian ini adalah untuk menyeimbangkan gaya sentrifugal yang bekerja pada kereta. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api besarnya peninggian rel tersebut dapat dihitung menggunakan rumus tertentu.

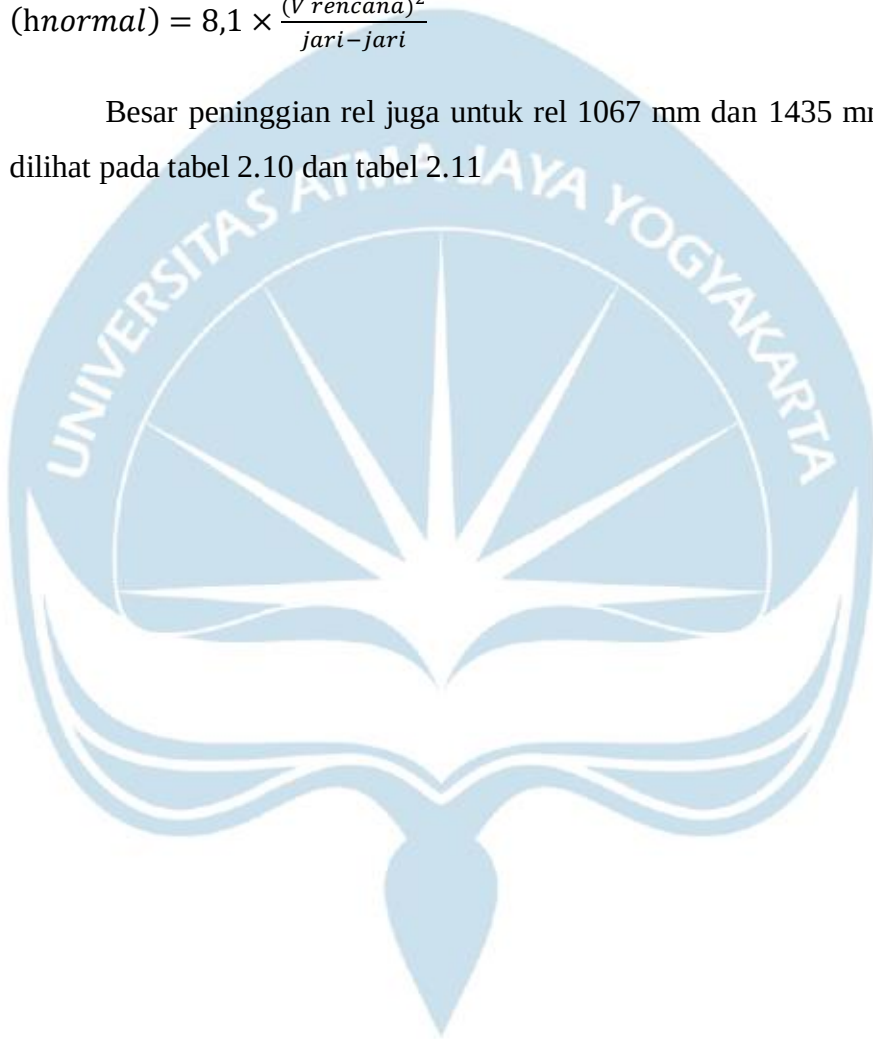
Besar peninggian rel 1067 mm

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

Besar peninggian rel 1435 mm

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

Besar peninggian rel juga untuk rel 1067 mm dan 1435 mm dapat dilihat pada tabel 2.10 dan tabel 2.11



Tabel 2. 10 Tabel Peninggian Jalan Rel 1067 mm

Jari-jari (m)	Peninggian (m) 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	60
700		105	85	70	55	45	35
750		100	80	65	55	40	35
800	110	90	75	65	50	40	30
850	105	85	70	60	45	35	30
900	100	80	70	55	45	35	30
950	95	80	65	55	45	35	25
1000	90	75	60	50	40	30	25
1100	80	70	55	45	35	30	25
1200	70	60	55	45	35	25	20
1300	75	60	50	40	30	25	20
1400	65	55	45	35	30	25	20
1500	60	50	40	35	30	20	20
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

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

Tabel 2. 11 Tabel Peninggian Jalan Rel 1435 mm

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
600							135	110	90	70	50
650							125	105	80	65	45
700						150	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

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.3 Struktur jalan Rel

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api, Setiap kelas jalan rel mempunyai ketentuan daya angkut lalu lintas, kecepatan maksimum, tipe rel, dan ketentuan-ketentuan lain yang tersaji dalam tabel 2.12 dan 2.13.

1. Lebar Jalan Rel 1067 mm

Tabel 2. 12 Kelas Jalan Rel Lebar 1067 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (Juta ton)	Vmax (km/jam)	Pmax gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Tebal Bahu Balas
					Jarak Antar Sumbu Bantalan (cm)			
I	>20	120	18	R60 /R54	$\frac{\text{Beton}}{60}$	EG	30	60
II	10 - 20	110	18	R54 /R50	$\frac{\text{Beton /Kayu}}{60}$	EG	30	50
III	5 - 10	100	18	R54/R50/R42	$\frac{\text{Beton /Kayu /Baja}}{60}$	EG	30	40
IV	2,5 - 5	90	18	R54/R50/R42	$\frac{\text{Beton /Kayu /Baja}}{60}$	EG / ET	25	40
V	< 2,5	80	18	R42	$\frac{\text{Kayu /Baja}}{60}$	ET	25	35

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2. Lebar Jalan Rel 1435 mm

Tabel 2. 13 Kelas Jalan Rel Lebar 1435 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (Juta ton)	Vmax (km/jam)	Pmax gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Tebal Bahu Balas
					Jarak Antar Sumbu Bantalan (cm)			
I	>20	160	22,5	R60	$\frac{Beton}{60}$	EG	30	60
II	10 - 20	140	22,5	R60	$\frac{Beton}{60}$	EG	30	50
III	5 - 10	120	22,5	R60 / R54	$\frac{Beton}{60}$	EG	30	40
IV	2,5 - 5	100	22,5	R60 / R54	$\frac{Beton}{60}$	EG	30	40

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.4 Profil Jalan Rel

Semua tipe rel mempunyai ukuran standar penampang rel yang harus memenuhi ketentuan dimensi rel. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api, dimensi penampang rel dapat dilihat pada tabel 2.14.

Tabel 2. 14 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				

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

Jenis rel diklasifikasikan menjadi tiga kategori berdasarkan panjangnya, dengan pembagian sebagai berikut:

1. Rel Standar

Rel ini memiliki panjang sebesar 25m

2. Rel Pendek

Rel ini memiliki Panjang maksimum sebesar 100m

3. Rel Panjang

Rel ini memiliki Panjang minimum seperti pada table 2. 15 berikut

Tabel 2. 15 Panjang Minimum

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

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.5 Bantalan Rel

Bantalan rel berfungsi sebagai dasar tempat rel dipasang dan dikaitkan dengan penambat rel. Oleh karena itu, bantalan harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban dari kereta api yang melintas di atasnya. Jenis bantalan rel dibedakan menjadi :

a. Bantalan Batu

Jenis bantalan rel batu dibuat dan digunakan pada Liverpool dan Manchester Railway. Bantalan ini berupa sepasang balok batu yang diletakkan di atas tanah sebagai penopang rel di atasnya.

b. Bantalan Kayu

Jenis bantalan rel ini pernah banyak digunakan dalam dunia perkeretaapian dan sering dipakai pada jembatan karena sifat kayu yang lebih lentur dibandingkan beton. Bantalan kayu terdiri dari dua jenis, yaitu kayu lunak dan kayu keras.

c. Bantalan Beton

Jenis bantalan rel ini terbuat dari beton bertulang prategang, di mana pada bantalan beton tersebut juga telah dipasang angker penambat secara langsung.

d. Bantalan Besi atau Baja

Jenis bantalan rel ini umumnya hanya digunakan pada jalur yang berbelok, karena bentuknya mudah disesuaikan dan penggunaannya cukup praktis.

e. Bantalan Slab

Jenis bantalan rel ini menyatu langsung dengan badan jalan yang dicetak dalam bentuk slab. Setelah terpasang, bantalan slab sulit untuk dimodifikasi dan cenderung menghasilkan tingkat kebisingan yang lebih tinggi dibandingkan bantalan beton, serta dapat menimbulkan getaran yang lebih kuat.

2.6 Penambat Rel

Penambat rel adalah alat yang digunakan untuk mengikat rel ke bantalan kereta api. Fungsinya adalah untuk mengikat rel secara kuat pada bantalan rel atau struktur pendukung lainnya. Hal ini membantu menjaga kestabilan dan keamanan jalur rel serta mencegah pergerakan rel yang tidak diinginkan. Penambat rel dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

a. Penambat Kaku

Jenis penambat rel ini terdiri dari paku rel, mur, baut, atau tirpon yang dipasang dengan menggunakan pelat landas. Penambat ini umumnya digunakan pada jalur kereta api lama, baik yang masih aktif maupun yang sudah tidak aktif.

b. Penambat Elastis

Komponen utama yang memengaruhi kualitas struktur jalan rel terbuat dari baja yang elastis, sehingga dapat menyerap getaran yang timbul saat kereta melintas di atasnya, serta mengakomodasi pemuaian rel akibat perubahan suhu.

2.7 Sub Balas

Lapisan sub balas berperan sebagai media penyaring (filter layer) yang memisahkan tanah dasar dengan lapisan balas, sekaligus memastikan kemampuan drainase yang baik pada struktur jalur. Ketebalan minimum lapisan sub balas ditetapkan sebesar 15 cm.

Material penyusun lapisan sub-balas dapat berupa kerikil berukuran halus hingga sedang ataupun pasir kasar, dengan ketentuan bahwa seluruh material tersebut harus memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan seperti pada tabel 2.16 berikut :

Tabel 2. 16 Standar Analisis Saringan Sub Balas

Standar Saringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 1/2	100
3/4	55 - 100
No. 4	25 - 95
No. 40	5 - 35
No. 200	0 - 10

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

Lapisan sub-balas juga wajib memenuhi sejumlah persyaratan teknis sebagai berikut:

1. Material yang digunakan dapat berupa campuran kerikil (gravel), agregat pecah, maupun pasir.
2. Kandungan unsur organik dalam material sub-balas tidak diperbolehkan melebihi 5%.
3. Apabila sub-balas tersusun dari kombinasi agregat pecah dan pasir, maka komposisi agregat pecah harus sekurang-kurangnya mencapai 30%.
4. Lapisan sub-balas harus dipadatkan hingga mencapai tingkat pemadatan 100% dari dry density maksimum berdasarkan uji standar Proctor (ASTM D 698).

2.8 Balas

Lapisan balas pada dasarnya merupakan bagian dari lapisan tanah dasar yang berada di area yang menerima tekanan paling besar akibat lalu lintas kereta api pada jalan rel. Karena itu, pemilihan material untuk lapisan balas harus dilakukan dengan sangat teliti untuk memastikan kekuatan dan ketahanan struktur.

Fungsi utama lapisan balas adalah untuk mentransfer dan mendistribusikan beban bantalan ke tanah dasar, memperkuat posisi bantalan, serta memungkinkan aliran air sehingga mencegah terjadinya penggenangan di sekitar bantalan dan rel.

Komponen struktur jalan rel harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Lapisan balas harus terbuat dari batu pecah dengan ukuran 25-60 mm, memiliki ketahanan yang baik, gesekan tinggi, serta mudah dipadatkan.
2. Material lapisan balas harus memiliki banyak sudut dan bentuk yang tajam.
3. Porositas maksimum adalah 3%
4. Kuat tekan rata-rata harus tidak lebih dari 1000kg/cm^2
5. Berat jenis maksimum harus 2,6
6. Kandungan tanah, lumpur, dan bahan organik harus tidak lebih dari 0,5%
7. Kandungan minyak harus tidak lebih dari 0,2%
8. Keausan lapisan balas harus dikontrol.

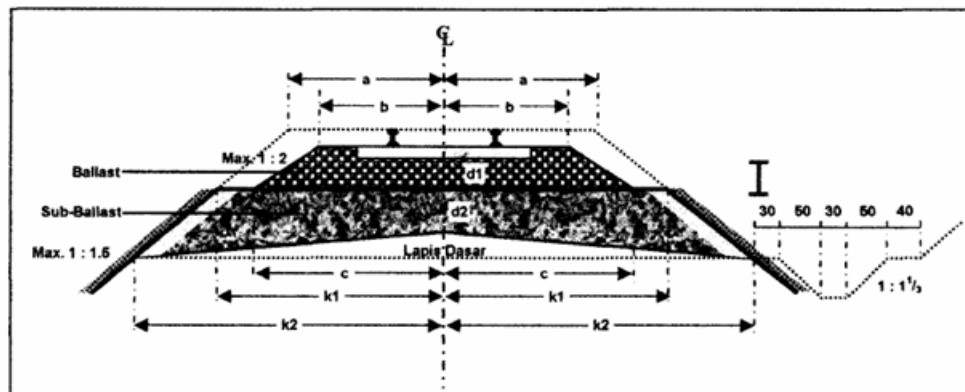
2.9 Badan Jalan Rel

Badan jalan rel berfungsi untuk menopang beban dari kereta api, sehingga harus stabil dan terhindar dari bahaya longsor. Penampang melintang jalan rel dapat dilihat pada Tabel 2.17.

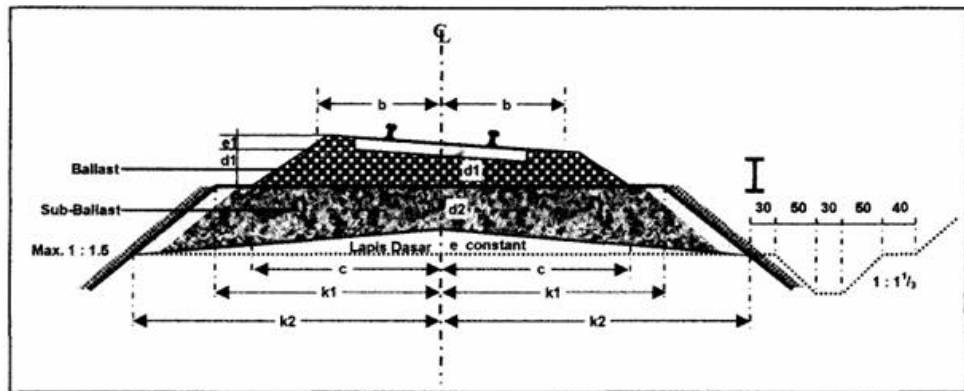
Tabel 2. 17 Penampang Melintang Jalan Rel

Kelas Jalan	Vmaks (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	15-50	25	375
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

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012



Gambar 2. 3 Penampang Melintang Pada Bagian Lurus Jalan Rel 1435 mm



Gambar 2. 4 Penampang Melintang Pada Bagian Lengkung Jalan Rel 1435 mm

2.10 Emplasemen

Emplasemen adalah bagian dari stasiun yang terdiri dari jalur-jalur rel yang digunakan untuk operasional kereta api. Perencanaan jalur rel di emplasemen stasiun dilakukan dengan memperhatikan aspek ekonomi serta permintaan terhadap layanan kereta api. Panjang efektif minimum untuk jalur siding adalah 400 meter.

Penempatan jalur rel di emplasemen stasiun dirancang dengan memperhatikan kondisi perjalanan kereta api. Dalam sistem jalur ganda, pergerakan kereta api yang bergerak berlawanan arah harus dipisahkan agar tidak saling mengganggu, kecuali dalam keadaan darurat. Namun, jika lahan untuk pembangunan jalur kereta api terbatas, jalur tambahan di emplasemen dapat digunakan untuk kereta api yang bergerak berlawanan arah.

2.11 Wesel

Dalam situasi tertentu, kereta harus berpindah jalur untuk mencapai tujuan tertentu. Untuk melakukan perpindahan jalur ini, kereta memerlukan wesel. Wesel adalah titik pertemuan beberapa jalur (sepur), yang bisa berupa jalur bercabang atau persilangan antara dua jalur. Komponen wesel terdiri dari:

1. Lidah

Lidah adalah bagian dari wesel yang dapat bergerak, dengan ujungnya disebut akar wesel. Ada dua jenis lidah yang dikenal, yaitu:

a. Lidah Putar

Lidah putar adalah jenis lidah yang memiliki engsel di bagian akarnya.

b. Lidah Berpegas

Lidah berpegas memiliki akar yang dijepit sehingga dapat melentur.

2. Jarum Beserta Sayap

Bagian wesel yang memungkinkan flens roda melewati persilangan jalan yang terputus antara dua rel disebut jarum. Sudut ketajaman jarum (α) ini dikenal dengan nama sudut samping arah.

3. Rel Lantak

Rel utama yang tetap berfungsi sebagai sandaran bagi rel lidah. Ketika satu lidah wesel tersambung, lidah lainnya akan menunjukkan celah sebagai jalur untuk flens roda. Lidah-lidah dan rel-rel lantak yang bergerak bersamaan disebut gerakan lidah. Celah antara rel lantak dan rel paksa di ujung jarum memiliki ukuran sebesar 34 mm.

4. Rel Paksa

Rel paksa terbuat dari rel biasa yang kedua ujungnya ditekuk ke dalam. Rel paksa biasanya dibaut ke rel lantak dengan blok pemisah di antaranya. Untuk wesel berkecepatan tinggi, rel paksa ditambatkan pada bantalan menggunakan alat penambat. Jarak antara rel paksa dan rel lantak adalah 42 cm.

5. Sistem Penggerak Wesel

Penggerak atau pembalik wesel adalah mekanisme yang digunakan untuk menggerakkan ujung lidah, baik melalui sistem mekanik maupun elektrik.

2.12 Stasiun Kereta Api

Menurut Keputusan Menteri Perhubungan No. 22 Tahun 2003, stasiun dapat berperan sebagai:

1. Stasiun Awal Perjalanan Kereta Api
Stasiun asal perjalanan kereta api berfungsi sebagai tempat persiapan rangkaian kereta dan pemberangkatan kereta api.
2. Stasiun Antara Perjalanan Kereta Api
Stasiun tujuan terdekat dalam perjalanan kereta api berfungsi untuk menerima kedatangan kereta, pemberangkatan kembali kereta api, atau sebagai stasiun yang dilewati oleh kereta yang berjalan tanpa berhenti.
3. Stasiun Akhir Perjalanan Kereta Api
Stasiun yang menjadi tujuan akhir perjalanan kereta api dan menerima kedatangan kereta.
4. Stasiun Pemeriksaan Perjalanan Kereta Api
Stasiun yang menjadi awal perjalanan kereta api dan stasiun-stasiun antara tertentu yang ditetapkan sebagai stasiun pemeriksaan dalam Grafik Perjalanan Kereta Api (Gapeka). Di stasiun ini, dilakukan pencatatan terkait persilangan luar biasa dengan kereta api fakultatif atau kereta api luar biasa.
5. Stasiun Batas
Stasiun yang berfungsi sebagai pembatas perjalanan kereta api akibat penutupan stasiun tertentu.

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 29 Tahun 2011 mengenai Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta Api, ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam pembangunan stasiun kereta api, adalah sebagai berikut :

1. Persyaratan Penempatan
 - a. Lokasi pembangunan stasiun kereta api harus sesuai dengan pola operasi perjalanan kereta api yang ada.

- b. Stasiun harus dapat mendukung sistem operasional perkeretaapian.
- c. Pembangunan stasiun tidak boleh mengganggu lingkungan sekitar.
- d. Stasiun harus memenuhi standar keselamatan dan keamanan yang berlaku.

2. Persyaratan Teknis

Pembangunan stasiun kereta api harus memenuhi persyaratan teknis, meliputi konstruksi, material, desain, ukuran, dan kapasitas bangunan, yang sesuai dengan standar keselamatan, keamanan, dan kelancaran operasional. Bangunan stasiun harus dapat berfungsi dengan optimal sesuai dengan umur teknis yang ditentukan.

- 3. Bangunan stasiun harus mendukung kegiatan operasional, antara lain:
 - a. Penyesuaian dengan proses kedatangan dan keberangkatan penumpang kereta api, tanpa mengganggu pengaturan perjalanan kereta api.
 - b. Tata letak ruang di dalam gedung stasiun harus efisien, sehingga operasi perkeretaapian dapat berjalan dengan nyaman.
 - c. Bangunan stasiun harus sesuai dengan jam operasional kereta api dan ketersediaan sumber daya manusia yang diperlukan.

2.13 Jembatan

Berdasarkan bahan yang digunakan untuk strukturnya, jembatan dapat dibedakan menjadi:

1. Jembatan Baja

Jembatan yang strukturnya terbuat dari baja.

2. Jembatan Beton

Jembatan yang strukturnya terbuat dari beton.

3. Jembatan Komposit

Jembatan yang strukturnya merupakan kombinasi atau campuran material, biasanya antara baja dan beton atau material lainnya.

2.14 Terowongan

Terowongan yang digunakan untuk jalur kereta api dapat dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Terowongan Gunung

Jenis terowongan ini dibuat dengan cara menembus formasi batuan di kawasan pegunungan.

2. Terowongan dengan Mesin Perisai

Terowongan ini dibangun menggunakan alat khusus bernama shield machine, yang berfungsi untuk mengebor sekaligus menjaga kestabilan area sekitar selama proses pengeboran berlangsung.

3. Terowongan Gali dan Timbun

Metode ini dilakukan dengan menggali dari permukaan tanah hingga kedalaman tertentu. Selama pembangunan, dinding terowongan diperkuat dengan sistem penahan tanah, lalu tanah dikembalikan (ditimbun) setelah konstruksi selesai.