

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jalur Rel Kereta Api

2.1.1 Infrastruktur

Infrastruktur fisik dan sosial dapat diartikan sebagai kebutuhan dasar fisik pengorganisasian system struktur yang diperlukan untuk jaminan ekonomi sektor publik dan sektor privat sebagai layanan dan fasilitas yang diperlukan agar perekonomian dapat berfungsi dengan baik (Sullivan, Arthur, dan Steven M. S, 2003 dan *Oxford Dictionary*). Hak tersebut merujuk pada hal berjeniskan infrastruktur teknik atau fisik yang mendukung jaringan elemen infrastruktur contohnya saja fasilitas antara lain berupa jalan, kereta api, air bersih, bandara, kanal, waduk, tanggul, pengolahan limbah pelistrikan telekomunikasi, pelabuhan secara fungsional. Selanjutnya, infrastruktur mendukung kelancaran aktivitas ekonomi masyarakat, distribusi aliran produksi barang dan jasa. Pada salah satu contoh bahwa jalan dapat melancarkan transportasi pengiriman bahan baku sampai ke pabrik, sampai pada pendistribusian ke pasar hingga kepada masyarakat selaku konsumen.

2.1.2 Batasan Wilayah Bali

Berdasarkan pada Undang-Undang No. 64 tahun 1958 tentang Pembentukan Daerah Tingkat 1 Bali, Nusa Tenggara Barat (NTB), dan Nusa Tenggara Timur (NTT). Oleh karena itu, hari jadi pemerintah provinsi Bali sama dengan hari jadi Provinsi NTB dan NTT. Dilihat dari administrasinya, Provinsi Bali terdiri dari 8 kabupaten dan 1 kota, 57 kecamatan, 80 kelurahan, serta 618 desa.

Provinsi Bali secara lintang dn bujur terletak pada 8°3'40" - 8°50'48" Lintang Selatan dan 114°25'53" - 115°42'40" Bujur Timur. Sementara itu perbatasan wilayah Provinsi Bali ini berbatasan dengan wilayah-wilayah sebagai berikut:

1. Batas Barat : Selat Bali dan Propinsi Jawa Timur
2. Batas Timur : Selat Lombok dan Pulau Lombok
3. Batas Utara : Laut Jawa
4. Batas Selatan : Samudera Indonesia

Luas wilayah Provinsi Bali mencapai 5.636,66 Km² atau 0,29% luas wilayah Republik Indonesia, dengan luas perairan 9.634,35 Km². Provinsi Bali terdiri dari satu pulau besar dan beberapa pulau kecil dalam gugusan kepulauan Nusa Tenggara, yakni pulau Bali, pulau Nusa Penida, Pulau Nusa Lembongan, Pulau Nusa Ceningan, Pulau Serangan, Pulau Menjangan, Pulau Nusa Dua dan lainnya.

2.1.3 Perkeretaapian

1. Perkeretaapian adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api.
2. Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api.
3. Prasarana perkeretaapian adalah jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan.
4. Jalur kereta api adalah jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api, termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api.
5. Jalan rel adalah satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton, atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, di bawah, dan di atas tanah atau bergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api.
6. Sarana perkeretaapian adalah kendaraan yang dapat bergerak di jalan rel.

7. Pengguna jasa adalah setiap orang dan/atau badan hukum yang menggunakan jasa angkutan kereta api, baik untuk angkutan orang maupun barang.
8. Angkutan kereta api adalah kegiatan pemindahan orang dan/atau barang dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan kereta api.
9. Penyelenggara prasarana perkeretaapian adalah pihak yang menyelenggarakan prasarana perkeretaapian.

2.1.4 Pemilihan Trase Jalan Rel

Dalam Keputusan Menteri No.52 Tahun 2000, pembangunan jalan rel dilaksanakan berdasarkan studi kelayakan yang memuat beberapa analisis sebagai berikut:

1. Kebutuhan pelayanan jasa angkutan kereta api
2. Kebutuhan prasarana dan sarana
3. Ketersediaan jasa angkutan moda lainnya
4. Kelestarian lingkungan
5. Finansial dan ekonomi

2.2 Teknis Jalur Rel

Perencanaan jalur kereta api harus mematuhi persyaratan teknis agar dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis. Dari segi teknis, konstruksi jalur kereta api harus memastikan keselamatan serta kenyamanan penggunaannya oleh sarana perkeretaapian selama masa pakainya. Dari sisi ekonomis, tujuan utamanya adalah meminimalkan biaya pembangunan dan pemeliharaan konstruksi, sekaligus menghasilkan output berkualitas tinggi yang tetap menjaga standar keamanan dan kenyamanan. Perencanaan konstruksi jalur kereta api dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti beban, kecepatan maksimum, beban gandar, dan pola operasi. Oleh karena itu, dilakukan klasifikasi jalur kereta api untuk memastikan perencanaan yang optimal sesuai dengan kebutuhan yang ada.

2.2.1 Kecepatan

a. Kecepatan Rencana

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

1. Untuk Perencanaan struktur jalan rel

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

2. Untuk perencanaan peninggian

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

3. Untuk perencanaan jari-jari lengkung peralihan

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

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.

2.2.2 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

2.2.3 Kelas Jalan Rel Lebar Jalan Rel

Adapun kelas jalan rel beserta lebarnya yang dikategorikan dalam Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.1 Kelas Jalan Rel dengan Lebar Jalan 1067 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	Vmaks (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	$\frac{\text{Beton}}{60}$	Elastis Ganda	30	60
II	$10.10^6 - 20.10^6$	110	18	R.54/R.50	$\frac{\text{Beton/Kayu}}{60}$	Elastis Ganda	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	$\frac{\text{Beton/Kayu/Baja}}{60}$	Elastis Ganda	30	40
IV	$2,5.10^6 - 5.10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	$\frac{\text{Beton/Kayu/Baja}}{60}$	Elastis Ganda/Tunggal	25	40
V	$< 2.5.10^6$	80	18	R.42	$\frac{\text{Kayu/Baja}}{60}$	Elastis Tunggal	25	35

Tabel 2.2 Kelas Jalan Rel dengan Lebar Jalan 1435 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	Vmaks (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	$\frac{\text{Beton}}{60}$	Elastis Ganda	30	60
II	$10.10^6 - 20.10^6$	140	22,5	R.60	$\frac{\text{Beton}}{60}$	Elastis Ganda	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	120	22,5	R.60/R.54	$\frac{\text{Beton}}{60}$	Elastis Ganda	30	40
IV	$< 5.10^6$	100	22,5	R.60/R.54	$\frac{\text{Beton}}{60}$	Elastis Ganda	25	40

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 hal. 9-10 (Kelas Jalan Rel)

2.3 Geometrik jalan Rel

Geometrik jalan rel direncanakan berdasarkan kecepatan rencana dan beban kereta yang melewatinya dengan mempertimbangkan faktor keamanan, kenyamanan, dan ekonomi.

a. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel. Sesar jari-jari minimum lengkung vertikal bergantung pada kecepatan rencana, sebagaimana dinyatakan dalam Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal

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

**Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 hal. 14
(Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal)**

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

b. 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 2.4 berikut:

Tabel 2.4 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 lengku peralihan (m)
200	6560	2160
120	2370	780

Kecepatan Rencana (Km/jam)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan (m)	Jari-Jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengku peralihan (m)
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 hal.

14 (Jari-Jari Minimum Yang Diijinkan)

- 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.
- Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus berikut :

$$Lh = 0.01 \times h \times V$$

Dimana:

Lh = panjang minimum lengkung peralihan (m)

h = peninggian relatif antara dua bagian yang dihubungkan (m)

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

2.4 Pelebaran Jalan Rel

- Perlebaran jalan rel dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan.
- Perlebaran jalan rel dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam.
- Perlebaran jalan rel dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan.
- Besar perlebaran jalan rel dengan lebar jalan rel 1067 mm untuk berbagai jari-jari tikungan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 2.5.

5. Besar pelebaran jalan rel dengan lebar jalan rel 1435 mm untuk berbagai jari-jari tikungan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.5 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 2.6 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

**Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 hal. 16
(Pelebaran Jalan Rel untuk 1067 mm dan 1435 mm)**

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

2.5 Peninggian Jalan Rel

- Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta.

2. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi.
3. Besar peninggian maksimum untuk lebar jalan rel 1067 mm adalah 110 mm dan untuk lebar jalan rel 1435 mm adalah 150 mm.
4. Besar peninggian normal untuk lebar jalan rel 1067 mm pada berbagai kecepatan rencana tercantum pada Tabel 2.7.
5. Besar peninggian untuk lebar jalan rel 1435 mm pada berbagai kecepatan rencana tercantum pada Tabel 2.8.



Tabel 2.7 Peninggian Jalan Rel 1067 mm

Jari-Jari (mm)	Peninggian (mm) pas (Km/Hari)						
	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

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 hal. 18

(Peninggian Jalan Rel)

Tabel diatas dapat dicari dengan perhitungan dengan rumus sebagai berikut :

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \times \frac{(V)^2}{R_{\text{pakai}}}$$

Tabel 2.8 Peninggian Jalan Rel 1435 mm

Jari-Jari (m)	Peninggian (mm) Pada Setiap Kecepatan Rencana (Km/mm)											
	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						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	

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 hal. 18

(Peninggian Jalan Rel)

Tabel diatas dapat dicari dengan perhitungan dengan rumus sebagai berikut :

$$h_{\text{normal}} = 8,1 \times \frac{(V)^2}{R_{\text{pakai}}}$$

2.6 Konstruksi Jalan Rel Bagian Bawah

a. 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 lebar badan jalan rel berikut:

Lebar Jalan Untuk Pekerjaan Tanah

Pada pekerjaan tanah di kategorikan memiliki lebar jalan nya seperti pada Tabel 2.9 berikut ini.

Tabel 2.9 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)

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 hal. 19

(Lebar Formasi Badan Jalan)

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

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. Lebar badan jalan untuk jalan rel di atas permukaan tanah jalan rel layang harus -2,75 m dari as jalan rel untuk jalan lurus dan pada jalan lengkung ditambah dengan pelebaran ruang bebas

sesuai besarnya jari-jari lengkung.

b. Kontruksi 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.

