

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Jalan kereta api disusun dengan beberapa aspek teknis mutlak yang harus diperhatikan. Jalan rel harus mendukung kelancaran pergerakan kereta api, secara teknis harus aman dan memberikan kenyamanan. Faktor yang mempengaruhi dalam perencanaan konstruksi jalan rel dipengaruhi oleh beban yang akan di lalui, beban ganda, kecepatan maksimum, pola operasi yang akan diterapkan. Dilakukan klasifikasi jalan rel dengan mempertimbangkan beberapa faktor tersebut, untuk menyusun perencanaan sesuai dengan kebutuhan. Perencanaan konstruksi jalan rel dipengaruhi oleh :

2.1.1. Pemilihan Trase

Peraturan Menteri Perhubungan No. 11 Tahun 2012 mengatur tata cara penetapan trase jalur rel kereta api. Dalam peraturan ini, trase didefinisikan sebagai rencana jalur kereta api yang sudah mencakup titik koordinat jalurnya. Penetapan trase bertujuan untuk:

1. Menyesuaikan jaringan kereta api dengan rencana tata ruang wilayah sesuai tingkatannya.
2. Mengendalikan pemanfaatan ruang untuk jaringan kereta api agar tetap menjaga fungsi ruang dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan.
3. Mengintegrasikan jaringan kereta api dengan infrastruktur transportasi lainnya guna mempercepat dan mempermudah mobilitas orang maupun barang.
4. Meningkatkan efisiensi operasional kereta api.

Peraturan ini juga menyatakan bahwa sebelum pembangunan jalur kereta api dimulai, beberapa langkah seperti perencanaan teknis, analisis dampak lingkungan, analisis UKL (Upaya Pengelolaan Lingkungan) dan UPL (Upaya Pemantauan Lingkungan), serta akuisisi lahan harus dilakukan berdasarkan trase yang telah ditentukan. Penataan trase

bertujuan untuk menyediakan ruang yang memadai bagi rumaja (ruang aman), rumija (ruang milik jalan), dan ruwasja (ruang pengawasan jalan) demi menjamin keamanan, keselamatan, serta kelancaran operasional kereta api.

Penetapan trase wajib mencakup gambar perencanaan jalur kereta api beserta data teknis penting. Gambar tersebut setidaknya harus memenuhi kriteria berikut:

- Titik koordinat,
- Lokasi stasiun,
- Perencanaan kebutuhan lahan, dan
- Skala gambar.

Selain itu, data teknis lainnya yang harus disertakan meliputi:

1. Potensi angkutan,
2. Pola operasi,
3. Kebutuhan lahan,
4. Integrasi antar dan inter moda transportasi,
5. Dampak sosial dan lingkungan,
6. Panjang jalur kereta api,
7. Jenis konstruksi jalan rel (di permukaan tanah, melayang, atau bawah tanah),
8. Kondisi geografi dan topografi,
9. Kondisi geologi,
10. Kondisi fisik tanah,
11. Kelandaian maksimum, serta
12. Perpotongan jalur.

Peraturan ini memberikan panduan lengkap untuk memastikan pembangunan jalur kereta api dilakukan secara terencana dan terintegrasi dengan aspek teknis serta lingkungan sekitar.

2.1.2. Prasyarat Umum

Persyaratan umum untuk geometri jalan rel menurut PM 60 Tahun 2012 adalah sebagai berikut:

1. Geometri jalan rei 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 rei; dan.
 - e. Peninggian rel.

2.1.3. Kecepatan Rencana

Menurut Peraturan Dinas Nomor 10 Tahun 1986 Tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel, kecepatan rencana merupakan kecepatan untuk mendesain konstruksi jalur kereta api. Berbagai jenis kecepatan rencana menurut PD No 10 Tahun 1986 :

Tabel 2. 1Kecepatan Maksimum Kereta Api.

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

Penentuan besar kecepatan perancangan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Kecepatan rencana untuk konstruksi jalur kereta

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

- b. Kecepatan rencana untuk peninggian

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

- c. Kecepatan rencana untuk jari-jari lengkung peralihan $V_{rencana}$
= V_{maks}

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

2.1.4. Beban Gandar

Beban yang diterapkan pada satu poros rel disebut sebagai beban gandar. Berdasarkan PM No. 60 Tahun 2012, beban gandar maksimum yang diizinkan adalah 18 ton untuk semua kelas lintasan pada jalur rel dengan lebar 1067 mm. Sementara itu, untuk jalur rel berukuran 1435 mm, berat gandar maksimum yang diperbolehkan adalah 22,5 ton untuk semua kelas lintasan.

2.1.5. Lebar Jalan Rel

Menurut PM No. 60 Tahun 2012, terdapat dua jenis lebar jalur rel, yaitu 1067 mm dan 1435 mm. Lebar jalur rel diukur sebagai jarak minimum antara kedua sisi kepala rel pada kedalaman 0-14 mm di bawah permukaan atas rel. Di Pulau Jawa, lebar jalur rel yang digunakan adalah 1067 mm.

2.1.6. Kelandaian

Penetapan kecepatan perancangan jalur rel dipengaruhi oleh kelandaian. Kelandaian yang terlalu curam dapat membatasi kecepatan maksimum yang aman dan dapat dicapai oleh kereta api. Sebaliknya, kelandaian yang lebih datar memungkinkan kecepatan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, jalur rel dikelompokkan berdasarkan tingkat kelandaianya untuk memastikan kesesuaian dengan kecepatan operasional yang direncanakan. Tabel 2.2 merupakan pengelompokkan jalan rel berdasarkan kondisi medan tertentu.

Tabel 2. 2 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%

2.1.7. Kelas Jalan Rel

Perencanaan dan perancangan jalur rel di Indonesia dimulai sejak tahun 1986 dengan Peraturan Dinas 10 PJKA, yang menetapkan penggunaan satu jenis beban gandar yaitu 18 ton. Penetapan beban gandar tersebut bertujuan agar:

- Pemindahan kereta api, baik penumpang maupun barang, antara sepur dengan kelas yang lebih rendah dapat dilakukan tanpa harus mengurangi muatan lebih dahulu.
- Setiap lokomotif dapat digunakan di semua sepur meskipun dengan kelas yang berbeda.

Dengan adanya penetapan beban gandar yang sama untuk semua kelas, klasifikasi jalur rel hanya didasarkan pada kapasitas angkut lintasan dan/atau kecepatan maksimum. Kapasitas angkut lintasan di sini merujuk pada jumlah angkutan yang melewati suatu lintasan dalam satu tahun, yang dinyatakan dalam ton/tahun. Kapasitas angkut kereta api berdasarkan kelas jalur rel dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Kapasitas Angkut Kereta Api

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (kml/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan Jarak antar sumbu bantalan (em)	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (em)	Lebar Bahu Balas (em)
I	>20.10 ⁶	120	18	R.60/R.54	Beton	Elastis Ganda	30	60
					60			
					Beton/Kayu			

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (tonltahun)	V maks (kmljam)	P maks gandar (ton)	TipeRel	Jenis Bantalan Jarak antar sumbu bantalan (cm)	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
II	$10 \cdot 10^6$ - $20 \cdot 10^6$	110	18	R.54/R.50	60	Elastis Ganda	30	50
III	$5 \cdot 10^6$ - $10 \cdot 10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/KayulBaja	Elastis Ganda	30	40
					60			
IV	$2,5 \cdot 10^6$ - $5 \cdot 10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/KayulBaja 60	Elastis Ganda Tunggal	25	40
V	$< 2,5 \cdot 10^6$	80	18	R.42	KayulBaja	Elastis Tunggal	25	35
					60			

2.2 Geometri Jalan Rel

Geometrik jalan rel adalah bentuk dan ukuran jalan rel, baik pada arah memanjang maupun arah melebar yang meliputi lebar jalur, kelandaian, lengkung horizontal, lengkung vertikal, peninggian rel, dan pelebaran jalur (Utomo, 2009). Geometri jalan rel direncanakan berdasarkan ukuran-ukuran kereta yang akan melewati rel tersebut dan berdasarkan dengan kecepatan rencana, memperhatikan faktor kenyamanan, keamanan, ekonomi serta memperhatikan lingkungan sekitar.

2.2.1. Alinyemen horizontal

Menurut PD No 10 Tahun 1986 alinyemen horizontal adalah sumbu jalan rel diproyeksikan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal ada dua yaitu garis lurus dan garis lengkung. Alinyemen horizontal ada dua jenis, yaitu *Spiral-Circle-Spiral (SCS)* dan *Full Circle (FC)*. Berikut adalah tabel jari-jari minimum lengkung horizontal sesuai dengan kecepatan rencana kereta api dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Jari-jari Minimum Lengkung Horizontal

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

2.2.2. Alinyemen Vertikal

Alinemen vertikal yaitu proyeksi sumbu jalan rel dibidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel. alinemen vertikal terdiri dari garis lurus yang dengan atau tanpa kelandaian, dan alinemen vertikal yang berupa busur lingkaran. Jari-jari minimum dari lengkung vertikal yang bergantung pada besar kecepatan rencana dapat di lihat pada tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (Km/Jam)	Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal (M)
>100	8000
≤	6000

2.2.3. Pelebaran Jalan Rel

Seluruh kelas jalan rel lebar sepur adalah 1067 mm. merupakan jarak paling kecil dari kedua sisi kepala rel, diukur pada daerah 0-14 mm dari bawah permukaan teratas kepala rel.

Tabel 2. 6 Pelebaran sepur 1067 mm

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 rei	R s 300, minimal 2,55 m R > 300, minimal 2,45 m di kiri kanan as jalan rei
Emplasemen	minimal 1,95 m di kiri kanan as jalan rei	minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rei
Jembatan, Terowongan	2,15 m di kiri kanan as jalan rei	2,15 m di kiri kanan as jalan rei

2.2.4. Peninggian Jalan Rel

Peninggian rel pada lengkung untuk memperhitungkan keseimbangan, rel luar dibuat lebih tinggi dari rel dalam.

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

Tabel 2. 7 Tabel Peninggian Jalan Rel 1067 mm

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

Jari-jari (m)	Peninggian (mm) pas (km/hr)						
	120	110	100	90	80	70	60
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

2.5 Bantalan Rel

Bantalan memiliki fungsi untuk meneruskan beban dari rel ke balas. Bantalan juga menahan lebar dari sepur dan stabilitas kearah luar jalan rel. Bantalan rel di bedakan menjadi :

- a. Bantalan Kayu

- b. Bantalan Baja
- c. Bantalan Beton Tunggal Depan
- d. Bantalan beton Pratekan Blok Tunggal
- e. Bantalan beton blok ganda

Jarak bantalan kayu, baja, maupun beton pada jalan lurus, 1.667 buah setiap kilometer panjang bantalan yang digunakan. Pada jarak 60 cm diukur pada rel luar jarak bantalan yang diambil pada lengkungan. Bantalan juga perlu dilakukan pengujian kekuatannya, uji bebas statis, uji beban dinamis, uji cabut. Khusus bantalan beton, harus melakukan uji tekan sebelum melakukan pengecoran. Pengelasan hasil uji dilakukan oleh pihak yang berwenang saja.

2.6 Penambat Rel

Penambat rel merupakan suatu komponen yang bertujuan untuk menambatkan rel kereta api pada bantalan dan struktur pendukung lainnya, yang bisa membantu dalam menjaga stabilitas rel kereta api dan juga menjaga keamanan dari pergerakan yang tidak diinginkan pada rel. Ada 2 jenis penambat rel yaitu :

3. penambat elastis

penambat elastis terdiri dari 2 jenis yaitu penambat elastis tunggal dan penambat elastis ganda. Penambat elastis ganda terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit elastik, alas rel, tarpon, mur, dan baut. Penambat elastis tunggal hanya digunakan pada jalan kelas 4 dan kelas 5. Penambat elastis ganda bisa digunakan pada seluruh kelas jalan rel, tetapi untuk jalan rel kelas 5 tidak dianjurkan.

4. penambat kaku

penambat kaku terdiri dari mur, baut, tirpon. Pada bantalan kaku (bantalan beton) tidak memerlukan pelat andas, melainkan tebal karet las atau biasa disebut *rubber pad* harus sesuai dengan kecepatan maksimum. Penambat kaku juga tidak bisa dipakai dalam semua kelas jalan rel.

Bahan untuk penambat harus sesuai dengan persyaratan yang ada, persyaratan itu terdapat pada Peraturan Bahan Jalan Rel Indonesia atau peraturan Dinas no 10 C.

2.7 Lapisan Balas

Lapisan balas merupakan terusan dari lapisan tanah dasar. Lapisan balas harus sangat terpilih dalam pemilihan material pembentuknya karena lapisan balas terletak didaerah yang mengalami konsentrasi tegang yang besar karena lalu lintas kereta pada jalan rel. Ada 3 fungsi utama balas, yaitu:

1. mengokohkan kedudukan bantalan
2. menyebarkan dan meneruskan beban bantalan ke tanah dasar
3. disekitar bantalan rel, meluruskan air sehingga tidak terjadi genangan air

lapisan balas dibagi menjadi dua, karena untuk menghemat biaya pembuatan jalan rel. Lapisan balas atas dengan material pembentuk sangat baik dan lapisan bawah dengan material yang tidak sebaik lapisan atas.

2.8 Badan Jalan Rel

Untuk menghindari bahayanya longsor dan harus menstabilkan kereta api dari beban yang berada di kereta api tersebut merupakan fungsi dari badan jalan rel. Tabel penampang melintang pada jalan rel dapat dilihat sebagai tabel 2.8.

Tabel 2. 8 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

2.9 Wasel

Wesel digunakan untuk mengalihkan kereta dari satu rel ke rel lainnya. Wesel memiliki beberapa jenis, yaitu wesel biasa (Wesel biasa dan Wesel Dalam Lengkung), Wesel tiga jalan (Wesel biasa dan Wesel Dalam Lengkung), Wesel Inggris. Komponen wesel terdiri dari :

1. Lidah

Lidah merupakan bagian dari wesel yang dapat bergerak pangkal lidah disebut akar. Lidah yang mempunyai engsel diakarnya disebut Lidah berputar sedangkan lidah yang akarnya dijepit sehingga melentur disebut lidah berpegas

2. Jarum dan Sayap-sayapnya

Sudut kelancipan jarum (α) disebut dengan sudut samping arah. Jarum merupakan bagian wesel yang memberi kemungkinan pada flens roda melalui perpotongan bidang-bidang jalan yang terputus antara dua rel.

3. Rel Lantak

Sebuah rel yang diperkuat badannya untuk bersandarnya lidah-lidah wesel. Lidah dan wesel tersambung maka lidah lainnya akan menunjukkan celah untuk flens roda. Lidah dan rel lantak bergerak bersama akan disebut gerakan lidah. 34mm adalah celah antara rel lantak dan rel paksa diujung jarum.

4. Rel Paksa

Rel paksa dibuat dari rel biasa yang kedua ujungnya bengkok ke dalam. Rel paksa luar biasanya dibuat pada rel lantak dengan memposisikan blok pemisah diantaranya. 42 cm adalah jarak anatara rel paksa dan rel lantak. Wesel kecepatan tinggi rel paksa ditambahkan pada bantalan dengan menggunakan alat penambat.

5. Sistem Penggerak Wesel

Sistem penggerak atau pembalik wesel bisa dengan sistem mekanik dan juga elektrik, mekanisme yang digunakan untuk menggerakkan ujung lidah.

2.10 Stasiun

Stasiun terdiri dari beberapa kategori, menurut fungsi, ukuran, letak dan bentuknya.

1. Stasiun Menurut Fungsi

- a. Stasiun penumpang: naik turunnya penumpang serta menaik dan menurunkan barang yang dibawa para penumpang.
- b. Stasiun barang: untuk menyusun dan membongkar barang-barang
- c. Stasiun langsiran: menyusun dan mengatur rangkaian kereta api

2. Stasiun Menurut Ukuran

- a. Stasiun kecil, biasanya jarang berhentinya kereta api cepat antar daerah.
- b. Stasiun sedang, terdapat fasilitas pelayanan penumpang jarak jauh.
- c. Stasiun besar, banyak melayani kereta api berangkat dan kedatangan, sehingga harus memerlukan banyaknya rel.

3. Stasiun Menurut Letak

- a. Stasiun akhir, dimulainya dan berakhirnya jalan rel
- b. Stasiun antara, menerusnya jalan rel
- c. Stasiun pertemuan, stasiun yang menghubungkan tiga jurusan

4. Stasiun Menurut Bentuk

- a. Stasiun Kepala atau Stasiun Siku-Siku
- b. Stasiun Sejajar
- c. Stasiun Pulau
- d. Stasiun Semenanjung

2.11 Jembatan

Jembatan dibagi menjadi 3 berdasarkan bahan yang digunakan sebagai strukturnya, yaitu :

1. Jembatan beton

Jembatan yang strukturnya terbentuk dari beton.

2. Jembatan baja
Jembatan yang strukturnya terbentuk dari baja
3. Jembatan komposit
Jembatan yang strukturnya terdiri dari campuran dan kombinasi 2 material atau lebih. Antara baja dan beton atau bisa dari material lainnya.

