

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### A. Struktur Jalan Rel

Susunan jalan rel harus mengacu pada ketentuan-ketentuan yang berlaku di Perkeretaapian Indonesia. Dalam perencanaan jalan kereta api ini, akan mengacu pada Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012. Struktur jalan rel terdiri atas struktur bangunan atas dan struktur bangunan bawah.

##### 1. Struktur Bangunan Atas

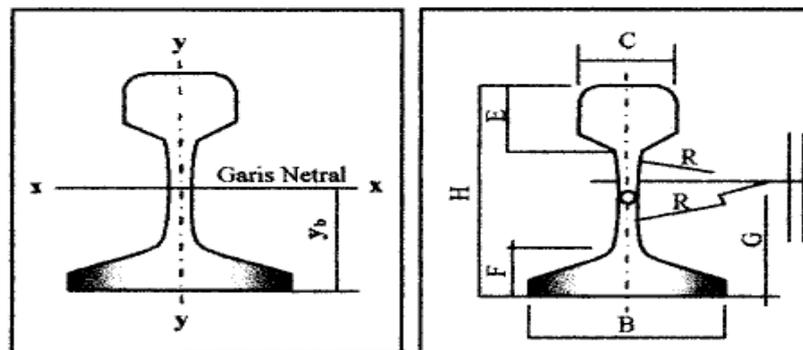
Bangunan atas jalan kereta api terdiri dari:

- Rel yang berfungsi untuk memindahkan gaya atau beban dari roda-roda lokomotif atau kereta ke atas bantalan;
- Penambat rel;
- Bantalan yang memindahkan gaya atau beban ke atas balas.

##### a. Rel

##### 1) Tipe Rel

Tipe rel yang digunakan harus memenuhi ketentuan dimensi rel pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Ukuran Penampang Rel Tipe R 54

*Sumber: PM Menhub No.60 Tahun 2012*

Tipe rel yang digunakan di Indonesia, disajikan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 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 <sup>2</sup> )	54,26	64,20	69,34	76,86
W (kg/m)	42,59	50,40	54,43	60,34
I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	1369	1960	2346	3055
Y <sub>b</sub> (mm)	68,50	71,60	76,20	80,95
A	= luas penampang			
W	= berat rel permeter			
I <sub>x</sub>	= momen inersia terhadap sumbu x			
Y <sub>b</sub>	= jarak tepi bawah rel ke garis netral			

Sumber: PM Menhub No.60 Tahun 2012

b. Bantalan

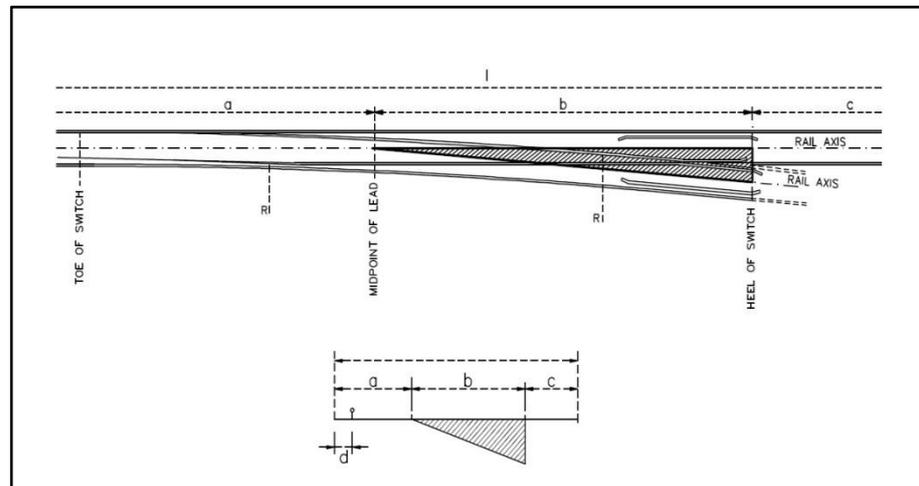
Bantalan berfungsi untuk meneruskan beban kereta api dan berat konstruksi jalan rel ke balas, mempertahankan lebar jalan rel dan stabilitas ke arah luar jalan rel. Bantalan dapat terbuat dari kayu, baja/besi, ataupun beton. Pemilihan jenis bantalan didasarkan pada kelas dan kondisi lapangan serta ketersediaan. Spesifikasi masing - masing tipe bantalan harus mengacu kepada persyaratan teknis yang berlaku. Bantalan Beton Untuk lebar jalan rel 1067 mm dengan kuat tekan karakteristik beton tidak kurang dari 500 kg/cm<sup>2</sup>, dan mutu baja prategang dengan tegangan putus (*tensile strength*) minimum sebesar 16.876 kg/cm<sup>2</sup> (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.

Dimensi bantalan beton untuk lebar jalan rel 1067 mm:

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

c. 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.



Gambar 3.2 Komponen Wesel

Sumber: PM Menhub No.60 Tahun 2012

M = Titik tengah wesel = titik potong antara sumbu sepur lurus dengan sumbu sepur belok.

A = Permulaan wesel = tempat sambungan rel lantak dengan rel biasa. Jarak dari A ke ujung lidah biasanya kira-kira 1000 mm.

B = Akhir wesel = sisi belakang jarum.

N = Nomor wesel.

- 1) Wesel terdiri atas komponen - komponen sebagai berikut:
  - a) Lidah
  - b) Jarum beserta sayap - sayapnya
  - c) Rellantak
  - d) Rel paksa
  - e) Sistem penggerak
- 2) Wesel harus memenuhi persyaratan berikut:
  - a) Kandungan mangan (Mn) pada jarum mono blok harus berada dalam rentang (11-14) %.
  - b) Kekerasan pada lidah dan bagian lainnya sekurang-kurangnya sama dengan kekerasan rel.
  - c) Celah antara lidah dan rel lantak harus kurang dari 3 mm.
  - d) Celah antara lidah wesel dan rel lantak pada posisi terbuka tidak boleh kurang dari 125 mm.
  - e) Celah (gap) antara rel lantak dan rel paksa pada ujung jarum 34 mm.
  - f) Jarak antara jarum dan rei paksa (*check rail*) untuk lebar jalan rei 1067 mm:
    - Untuk Wesel rel R54 paling kecil 1031 mm dan paling besar 1043 mm.
    - Untuk Wesel jenis rel yang lain, disesuaikan dengan kondisi wesel.
  - g) Pelebaran jalan rel di bagian lengkung dalam wesel harus memenuhi peraturan radius lengkung.
  - h) Desain wesel harus disesuaikan dengan sistem penguncian wesel.

## 2. Struktur Bangunan Bawah

### a. 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:

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

1) Sub-balas

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.

Lapisan sub-balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat sebagai berikut:

Tabel 3.2 Syarat Sub-balas

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

Sumber: PM Menhub No.60 Tahun 2012

Sub-balas harus memenuhi persyaratan berikut:

- Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (*gravel*) atau kumpulan agregat pecah dan pasir;
- Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%;

- Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung sekurang-kurangnya 30% agregat pecah;
- Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100%  $\gamma_d$  menurut percobaan ASTM D 698.

Bentuk dan ukuran lapisan sub-balas:

- Ukuran terbesar dari tebal lapisan sub-balas adalah 40 cm yang dihitung dengan persamaan:

$$d_2 = d - d_1 \geq 15 \text{ (cm)} \dots\dots\dots(3.1)$$

- Jarak dari sumbu jalan rel ke tepi atas lapisan sub-balas dihitung dengan persamaan-persamaan:

Pada sepur lurus  $k_1 > b + 2d_1 + m$

Pada tikungan  $k_1 = b + 2.dl + m + 2e$

$$E = (b + \frac{1}{2}) \times h/l + t \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana:

$l$  = Jarak antara kedua sumbu vertikal rel (cm)

$t$  = Tebal bantalan (cm)

$h$  = Peninggian rel (cm)

Harga  $m$  berkisar antara 40 cm sampai 90 cm.

- Pada tebing lapisan sub-balas dipasang konstruksi penahan yang dapat menjamin kemandapan lapisan itu.

## 2) Balas

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. 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.

Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1 : 2. Bahan balas atas dihampar hingga mencapai sama dengan elevasi bantalan.

Material pembentuk balas harus memenuhi persyaratan berikut:

- Balas harus terdiri dari batu pecah (25 - 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan;
- Material balas harus bersudut banyak dan tajam;
- Porositas maksimum 3%;
- Kuat tekan rata-rata maksimum  $1000 \text{ kg/cm}^2$ ;
- *Specific gravity* minimum 2,6;
- Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5%;
- Kandungan minyak maksimum 0,2%;
- Keausan balas sesuai dengan test Los Angeles tidak boleh lebih dari 25%.

Bentuk dan ukuran lapisan balas:

- Tebal lapisan balas adalah 20 cm;
- Jarak dari sumbu jalan rel ke tepi atas lapisan balas adalah  

$$b > \frac{1}{2} \cdot L + X \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana:

L = Panjang bantalan (cm)

X = 50 cm untuk kelas jalan rel I dan II

= 40 cm untuk kelas jalan rel III dan IV

= 35 cm untuk kelas jalan rel V

- Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2;

- Bahan balas dihampar hingga mencapai elevasi yang sama dengan elevasi bantalan.

b. Tubuh Badan Jalan Kereta Api

Badan jalan dapat berupa:

1. Badan jalan di daerah timbunan, atau
2. Badan jalan di daerah galian.

Badan jalan di daerah timbunan terdiri atas:

1. Tanah dasar;
2. Tanah timbunan; dan
3. lapis dasar (*sub-grade*).

Badan jalan di daerah galian terdiri atas:

1. tanah dasar; dan
2. lapis dasar (*sub-grade*).

Tanah dasar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Tanah dasar harus mampu memikul lapis dasar (*sub-grade*) dan bebas dari masalah penurunan (*settlement*). Jika terdapat lapisan tanah lunak berbutir halus alluvial dengan nilai N-SPT  $\leq 4$ , 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/m<sup>2</sup> pada permukaan tanah pondasi daerah galian. Apabila nilai K30 kurang dari 70 MN/m<sup>2</sup>, maka tanah pondasi harus diperbaiki dengan metode yang sesuai.

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*).

Lapis tanah dasar harus memenuhi persyaratan berikut:

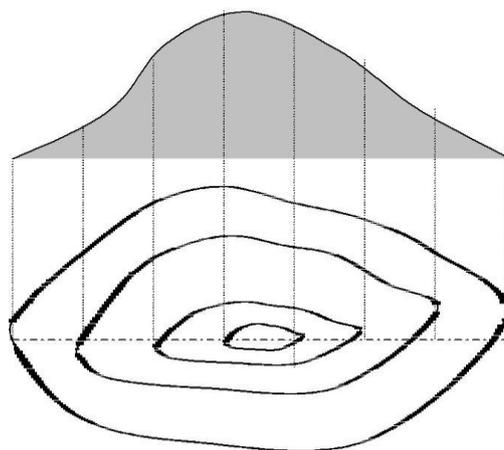
1. Material lapis dasar tidak boleh mengandung material organik, gambut dan tanah mengembang;
2. Material lapis dasar (*sub-grade*) harus tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan memberikan sekurang-kurangnya nilai CBR 8% pada uji dalam kondisi terendam (*soaked*).
3. Lapis dasar haruslah 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 keekupan dalam elastisitas pada rel. Lapis dasar juga harus mampu menghindari tanah pondasi dari pengaruh akibat euaca. 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.

## B. Topografi

Peta topografi adalah peta yang menyajikan kenampakan fisik dan arti fisial (kultural dan hasil budaya manusia) di permukaan bumi. Contoh peta ini adalah Peta Geografi, Peta Umum, dan Atlas. *Charts* merupakan peta-peta untuk kepentingan navigasi seperti peta jalur penerbangan, peta arah angin dan peta jalan darat. Peta Tematik yaitu peta yang mencerminkan hal-hal khusus. Pada peta dasar, kita harus mampu mentransfer bentuk muka bumi yang berdimensi tiga ke dalam kertas yang berdimensi dua tetapi tetap mempunyai makna tiga dimensi. caranya adalah dengan bantuan proyeksi orthogonal dan dilengkapi dengan garis kontur. Pemindahan bentuk tiga dimensi ke dua dimensi ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Penggambaran orthogonal bentuk tiga dimensi ke dua dimensi

Cara lain adalah dengan bantuan komputer yang telah dikembangkan dalam sistem informasi geografis yaitu Model Medan Digital (DTM) atau yang disajikan dengan tiga bentuk yaitu 1) *Grid/lattice*, 2) TIN (*triangular Irregular Network*) dan 3) Kontur. *Grid/lattice* menggunakan sebuah bidang segitiga, segiempat, bujursangkar atau bentuk siku yang teratur grid. Perbedaan resolusi grid dapat digunakan untuk menunjukkan koordinat ketinggian Z. TIN menggunakan rangkaian segitiga yang tidak tumpang tindih dihitung dari titik ruang tak beraturan dengan koordinat x,y,dan nilai z yang menyajikan data ketinggian. Kontur dibuat dari digitasi garis kontur yang disimpan dalam format *Digitas Lines Graph* (DGL) membuat pasangan-pasangan koordinat ( x,y ) sepanjang tiap garis kontur yang menunjukkan ketinggian tertentu.

Peta yang pada dasarnya mencerminkan hubungan keruangan dari fenomena geografikal juga berfungsi sebagai media komunikasi antar pembuat peta dan pengguna peta. Agar dapat dibaca oleh orang lain maka penyajian peta perlu dilengkapi informasi-informasi lain yang sudah dijadikan standart untuk unsur-unsur peta. Unsur-unsur peta terdiri dari :

#### 1. Judul Peta

Memuat informasi maksud dan tujuan serta lokasi

#### 2. Skala Peta

Merupakan angka perbandingan antara jarak pada peta dengan jarak sesungguhnya yang disajikan dengan angka atau garis.

#### 3. Penunjuk/Pedoman arah

Pedoman arah biasanya digunakan arah utara. Arah utara dapat berupa arah utara magnetis (kompas) maupun arah utara astronomis (utara poros bumi) Perbedaan utara magnetis dengan astronomis : deklinasi

#### 4. Legenda

Menerangkan simbol-simbol yang ada di dalam peta baik kenampakan alami atau buatan. Simbol-simbol disajikan sebagai bentuk/gambar, dan warna.

## 5. Keterangan

Keterangan memuat instansi pembuat peta, tanggal pembuatan dan keterangan tambahan lainnya

## C. Persamaan Dasar Perencanaan Geometri

### 1. Lengkung Horizontal

Pada peralihan jalan dari satu arah ke arah yang berbeda dalam alinyemen horizontal harus ada belokan (lengkung) dengan jari-jari (radius) tertentu. Ketika melewati lengkung, KA seakan-akan terlempar ke luar menjauhi titik pusat lengkung akibat gaya sentrifugal menurut rumus berikut:

$$K = m \cdot \varepsilon = m \cdot \frac{V^2}{R} = \frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{R} \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana:

m = Massa Kendaraan (Kereta Api)

$\varepsilon$  = Percepatan Radial

G = Berat Kendaraan (Kereta Api), (ton)

g = Percepatan Gravitasi (9.8 m/det<sup>2</sup>)

V = Kecepatan Kendaraan (m/det)

R = Radius Lengkung (m)

Besarnya gaya sentrifugal tergantung pada:

- Berat kendaraan;
- Kecepatan kendaraan;
- Berbanding terbalik dengan besarnya radius.

Beberapa hal yang dapat ditimbulkan oleh adanya gaya sentrifugal yaitu:

- Rel luar lebih cepat aus akibat gesekan flens roda sisi luar;
- Sangat riskan terhadap bahaya keluar rel (derailment/anjlok);
- Sangat riskan terhadap bahaya guling akibat adanya momen puntir;

- Berjalannya kendaraan tidak nyaman (tenang) akibat perubahan arah laju kendaraan.

Tindakan yang perlu diambil untuk mengurangi bahaya yang disebabkan oleh gaya sentrifugal tersebut adalah dengan mengadakan peninggian rel luar, membuat lengkung peralihan dan melakukan pelebaran sepur.

a. Lengkung Peralihan

Agar tidak terjadi kejutan atau sentakan ke samping pada saat KA memasuki lengkung, maka diperlukan lengkung peralihan secara teratur mulai dari lurus dengan nilai radius = ∞ sampai dengan nilai radius tertentu = r.m.

Panjang lengkung peralihan diuraikan sebagai berikut:

$$\frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{\Delta m \cdot \frac{v r^2}{R}}{\Delta t} = m \cdot v r^2 \cdot \frac{\Delta \frac{1}{r}}{\Delta t} = m \cdot v r^2 \cdot \frac{v r}{L.R} = \frac{m \cdot v r^3}{L.R} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{\Delta m \cdot a}{\Delta t} = m \cdot \frac{\Delta a}{\Delta t} \dots\dots\dots(3.6)$$

Berdasarkan pengalaman perkeretaapian di negara Eropa, besarnya  $\frac{\Delta a}{\Delta t} = 0,03659 = 0,36 \text{ m/det}^3$ .

Diketahui persamaan (1) = (2) atau :

$$\frac{m \cdot v r^3}{L.R} = m \cdot \frac{\Delta a}{\Delta t} \dots\dots\dots(3.7)$$

Maka:

$$L = \frac{v r^3}{\frac{\Delta a}{\Delta t} \cdot R} = \frac{m \cdot v r^3}{0,36 \cdot (3,6)^3 R} = 0,06 \frac{v r^3}{R} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$= (0,01) \cdot 6 \cdot \frac{v r^3}{R} = (0,01) \cdot v r \cdot (6 \cdot \frac{v r^2}{R}) \dots\dots\dots(3.9)$$

$$= 0,01 \cdot v r \cdot h_n \dots\dots\dots(3.10)$$

Jadi rumus panjang lengkung peralihan tersebut sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam peraturan PM No.60 Tahun 2012.

$$L = 0,01 \cdot V_r \cdot h \text{ (mm)} \dots\dots\dots(3.11)$$

Keterangan:

L = Panjang lengkung peralihan (mm)

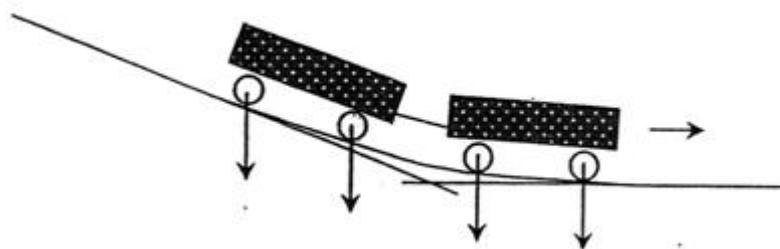
$V_r$  = Kecepatan rencana KA (km/jam)

h = Peninggian yang dipakai (mm)

## 2. Lengkung Vertikal

Di dalam pengukuran tinggi-rendahnya suatu jalan kereta api umumnya terdapat dataran maupun landai. Perubahan dari datar ke landai maupun dari landai ke landai yang berurutan akan terjadi titik patah atau perpotongan sehingga membentuk sudut. Titik perpotongan tersebut pada jalan kereta api akan berpengaruh terhadap beberapa hal berikut:

- a. Dalam hal titik patah berupa sudut tumpul



Gambar 3.4 Perubahan dari Landai ke Datar pada Sudut Tumpul

(Sumber: Dian Setiawan, 2014)

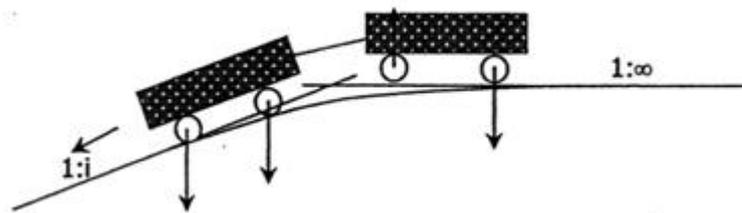
Akan menimbulkan kemungkinan akan terjadinya penambahan berat akibat beban dinamik secara berlebihan, sehingga menyebabkan:

- 1) Pemakaian titik normal dan kerusakan material atau kerusakan *rolling stock* maupun jalan kereta api.

2) Peningkatan kerusakan material pada *rolling stock* maupun jalan kereta api.

Apabila kereta/gerbong dalam keadaan kosong, akibat kecepatan tinggi atau terjadi perubahan kecepatan secara mendadak akan menyebabkan roda dapat ke luar rel (*derailment*/anjlok).

b. Dalam hal titik patah berupa sudut lancip



Gambar 3.5 Perubahan dari Landai ke Datar pada Sudut Lancip

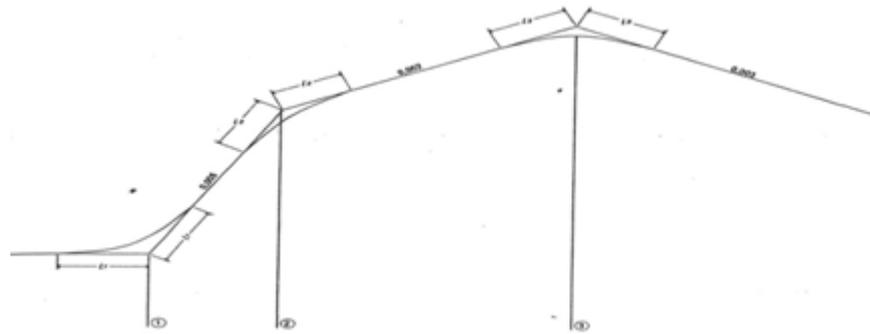
(Sumber: Dian Setiawan, 2014)

Hal di atas dapat menyebabkan roda kereta/gerbong belakang ke luar rel (*derailment*/anjlok) saat terjadi pengangkatan gandar roda tersebut dalam lengkung, ataupun pada saat yang sama terjadi gerakan keras pada kereta/gerbong. Kejadian tersebut dapat menimbulkan ketidaknyamanan bagi para penumpang di dalam kereta. Maka, untuk itu perlu dibuat lengkung peralihan vertikal diantara dua landai.

Lengkung peralihan vertikal pada jalan rel harus dibuat sedemikian rupa secara halus agar jalannya roda kereta api dapat dihantar secara mulus ketika menjalani perpindahan arah antara dua landai. Biasanya lengkung peralihan vertikal merupakan lintasan garis yang berbentuk suatu grafik parabola, dan telah dikenal secara umum sesuai ketentuan yang berlaku di PT. Kereta Api Indonesia, yaitu menurut rumus:

$$y = \frac{x^2}{2R} \dots \dots \dots (3.12)$$

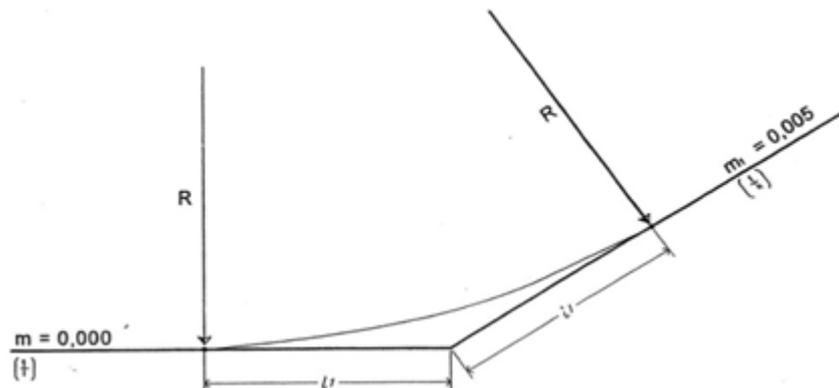
Sebagai gambaran secara umum dari lengkung peralihan vertikal dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 3.6 Lengkung Peralihan Vertikal

(Sumber: Dian Setiawan, 2014)

- 1) Peralihan dari datar ( $\frac{1}{i} = 0,000$ ) ke landai ( $\frac{1}{i} = m$ )



Gambar 3.7 Peralihan dari Datar ke Landai

(Sumber: Dian Setiawan, 2014)

Keterangan:

$l$  = Panjang tangent dalam (m)

$R$  = Radius lengkung peralihan vertikal atau parabola dalam (m)

$\frac{1}{i}$  = Lereng terbesar dalam ( $\text{‰}$ )

$$\frac{1}{i_1} = \text{Lereng terkecil dalam } (^\circ/_{00}) = \text{tg } \beta$$

Panjang tangent adalah menurut rumus:

$$l = \frac{R}{2} \cdot \frac{1}{i} \dots \dots \dots (3.13)$$

2) Peralihan dari landai ( $\frac{1}{i} = m$ ) ke landai ( $\frac{1}{i} = m$ )

$l$  = Panjang tangent dalam (m)

$R$  = Radius lengkung dalam (m)

$$\frac{1}{i} = \text{Lereng terbesar dalam } (^\circ/_{00}) = \text{tg } \alpha$$

$$\frac{1}{i_1} = \text{Lereng terkecil dalam } (^\circ/_{00}) = \text{tg } \beta$$

Panjang tangent adalah menurut rumus:

$$l = R \cdot \text{tg} \left( \frac{\alpha - \beta}{2} \right) \dots \dots \dots (3.14)$$

Secara pendekatan:

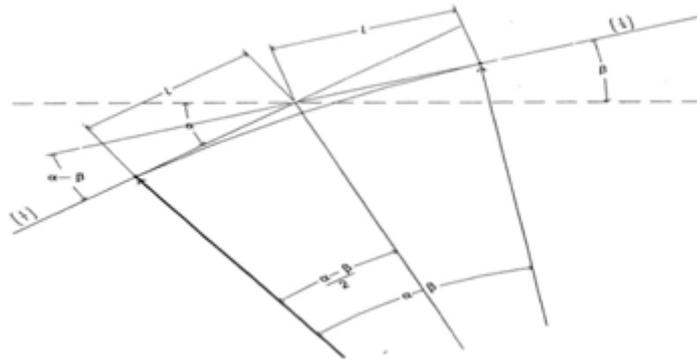
$$l = R \cdot \text{tg} \left( \frac{\alpha - \beta}{2} \right) = \frac{R}{2} \cdot \text{tg} (\alpha - \beta) \dots \dots \dots (3.15)$$

$$= \frac{R}{2} \cdot \frac{\text{tg } \alpha - \text{tg } \beta}{1 + \text{tg } \alpha \cdot \text{tg } \beta} \dots \dots \dots (3.16)$$

Disini diketahui bahwa harga  $\text{tg } \alpha \cdot \text{tg } \beta$  adalah sangat kecil, maka dapat diabaikan sehingga:

$$l = \frac{R}{2} \cdot \text{tg} (\alpha - \beta) \dots \dots \dots (3.17)$$

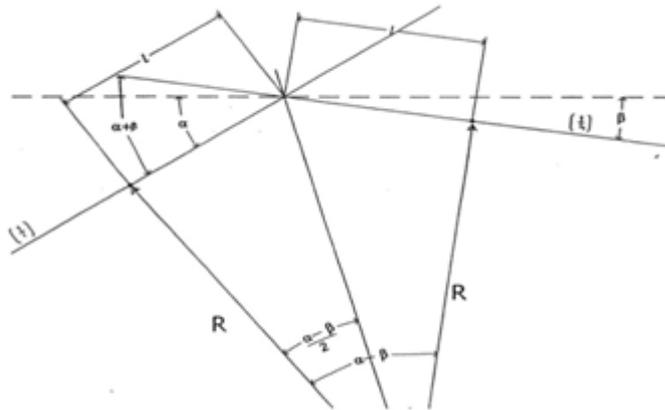
$$l = \frac{R}{2} \cdot \left( \frac{1}{i} - \frac{1}{i_1} \right) \dots \dots \dots (3.18)$$



Gambar 3.8 Peralihan dari Landai ke Landai

(Sumber: Dian Setiawan, 2014)

- 3) Peralihan dari landai ( $\frac{1}{i} = m$ ) ke landai ( $\frac{1}{i_1} = m$ ) yang berbalik arah



Gambar 3.9 Peralihan dari Landai ke Landai yang Berbalik Arah

(Sumber: DED Pembangunan jalur KA Ganda Antara stasiun Muara Enim – Stasiun Lahat, Sumatera selatan)

$l$  = Panjang tangent dalam (m)

$R$  = Radius lengkung dalam (m)

$\frac{1}{i}$  = Lereng terbesar dalam ( $^{\circ}/_{00}$ ) =  $\text{tg } \alpha$

$\frac{1}{i_1}$  = Lereng terkecil dalam ( $^{\circ}/_{00}$ ) =  $\text{tg } \beta$

Panjang tangent adalah menurut rumus:

$$l = R \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha + \beta}{2} \right) \dots \dots \dots (3.19)$$

Secara pendekatan:

$$l = R \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha + \beta}{2} \right) = \frac{R}{2} \cdot \operatorname{tg} (\alpha + \beta) \dots \dots \dots (3.20)$$

$$= \frac{R}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta} \dots \dots \dots (3.21)$$

Disini diketahui bahwa harga  $\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta$  adalah sangat kecil, maka dapat diabaikan sehingga:

$$l = \frac{R}{2} \cdot \operatorname{tg} (\alpha + \beta) \dots \dots \dots (3.22)$$

$$l = \frac{R}{2} \cdot \left( \frac{1}{i} + \frac{1}{i_1} \right) \dots \dots \dots (3.23)$$

Perlu diperhatikan bahwa pada jalan kereta api kelas 1 sedapat mungkin kejadian seperti pada kasus 3 dihindarkan. Apabila kondisi setempat harus ada peralihan landai ke landai sebagaimana kasus 3, maka diantara kedua landai tersebut harus dibuat datar paling sedikit sama dengan rangkaian KA terpanjang.

Berdasarkan peraturan yang berlaku di PM No.60 Tahun 2012, ditentukan besarnya radius lengkung vertikal sebagai berikut:

Tabel 3.3 Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (Km/Jam)	Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal (m)
Lebih Besar Dari 100	8000
Sampai 100	6000

Sumber: PM Menhub No.60 Tahun 2012

#### **D. Emplasemen**

Emplasemen merupakan bagian dari kompleks stasiun yang berupa lapangan terbuka dan terdapat susunan jalan – jalan kereta api beserta kelengkapannya. Selain dapat diartikan bahwa, emplasemen adalah konfigurasi sepur – sepur untuk suatu tujuan tertentu, yaitu menyusun kereta api atau gerbong menjadi rangkain yang dikehendaki dan menyimpannya pada waktu yang ditentukan. Tipe – tipe emplasemen yang digunakan yaitu :

##### 1. Emplasemen Barang

Khusus melayani pengiriman dan penerimaan barang dan letaknya dekat daerah industri, perniagaan, dan lalu lintas umum. Sepur gudang dapat dibuat di satu sisi atau pada kedua sisi gudang dan di dalam gudang dapat menggunakan satu sepur ataupun lebih.

##### 2. Emplasemen Penumpang

Emplasemen penumpang yang gunanya untuk member kesempatan kepada penumpang untuk untuk member kancis, menunggu datangnya kereta api sampai naik ke kereta api melalui peron.

#### **E. Penampang memanjang dan penampang melintang**

##### 1. Penampang Memanjang

Penampang memanjang jalan rel adalah potongan pada jalan rel, dengan arah memanjang sumbu jalan rel, dimana terlihat bagian - bagian dan ukuran-ukuran jalan rel dalam arah memanjang. Ukuran penampang memanjang, baik pada bagian lintas samping kiri maupun samping kanan baik lintasan lurus maupun melengkung.

##### 2. Penampang Melintang

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.

**F. Rencana Anggaran Biaya**

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah serta biaya – biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek.

Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat, dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda – beda pada wilayah masing – masing wilayah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan harga upah tenaga kerja.