

## **PENDAHULUAN**

### **A. LATAR BELAKANG**

Transportasi memiliki peran sangat penting dalam memajukan sebuah negara, dimana transportasi berfungsi sebagai penggerak perekonomian suatu wilayah, penyedia interaksi sosial, dan penyalur kebutuhan wilayah terpencil guna mendukung kebutuhan politik, pertahanan dan keamanan, baik itu menggunakan moda transportasi darat, laut, maupun udara

Moda transportasi darat memberikan kontribusi cukup besar dalam hal pelayanan. Hal ini dikarenakan Indonesia adalah negara dengan daratan yang cukup besar dan sebagian besar atau hampir semua penduduknya berkehidupan di daratan. Daratan pula menjadi tempat berhuninya segala kebutuhan manusia juga daratan sebagai sebuah wilayah hidup dalam sebuah negara.

Di Indonesia sendiri kereta api belum menjadi sebuah moda transportasi yang paling diminati masyarakat. Kecenderungan masyarakat memilih menggunakan kendaraan pribadi menjadi salah satu faktor penyebab, oleh karenanya pemerintah saat ini melakukan upaya sosialisasi terhadap penggunaan transportasi umum agar mampu mengurangi permasalahan yang ada seperti kemacetan dan lain sebagainya.

Oleh karena demi mendukung upaya pengalihan penggunaan alat transportasi di Indonesia, pemerintah terus berupaya melakukan pembangunan sarana dan prasarana transportasi salah satunya Kereta Api.

Untuk mendukung upaya pemerintah dalam melakukan pengalihan penggunaan alat transportasi ke moda transportasi masal di Indonesia, pemerintah terus berupaya melakukan pembangunan prasarana perkeretaapian salah satunya ialah pembangunan jalur kereta api ganda di Provinsi Lampung. Oleh karenanya tugas akhir ini merupakan Studi *Detail Engineering Design* (DED) Pembangunan Jalur Kereta Api Ganda Antara Stasiun Rejosari Sampai Stasiun Cempaka koridor Rejosari – Rengas, Provinsi Lampung sepanjang 18.7 km.

### **B. RUMUSAN MASALAH**

Dari Latar belakang yang penulis paparkan diatas dapat disimpulkan sebuah Rumusan Masalah :

1. Bagaimana membuat desain Jalan Rel atau lebih dikenal dengan *Detail Engineering Design* (DED) sesuai peraturan yang berlaku?
2. Bagaimana merancang jalur kereta api ganda sesuai peraturan yang berlaku di Indonesia?

### **C. TUJUAN STUDI**

Studi ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui dasar-dasar perancangan jalur kereta api ganda koridor stasiun Rejosari – stasiun Rengas dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.
2. Menganalisa data lapangan yang berupa data Elevasi Tanah Asli, Existing Rel, dan Data Perencanaan lainnya sebagai dasar untuk perancangan geometri jalan rel dan potongan melintang pada studi DED stasiun Rejosari – stasiun Rengas.
3. Menghitung volume pekerjaan dan anggaran biaya pelaksanaan pembangunan jalur kereta api ganda antara stasiun Rejosari – stasiun Rengas.

### **D. MANFAAT STUDI**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan sebuah acuan bagi mahasiswa khususnya mahasiswa Universitas Muhammadiyah Yogyakarta mengenai studi *Detail Engineering Design* (DED) jalur ganda Kereta Api
2. Memberikan kontribusi untuk menambah wawasan dalam Studi perancangan Jalur Kereta Api.

### **E. BATASAN STUDI**

Agar lebih fokus dan terarah dalam ruang lingkup pembahasan maka diperlukan adanya batasan pembahasan, adapun batasan pembahasan yang digunakan adalah:

1. Studi ini menggunakan data dari proyek pembangunan jalur kereta api stasiun Rejosari – stasiun Cempaka, koridor Rejosari – Rengas sepanjang 18.7 km.
2. Peraturan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah Peraturan Menteri No.60 Tahun 2012.

3. Analisis perancangan tidak mencakup rancangan stasiun, jembatan, terowongan, kajian pola operasi, dan analisis hidrologi-hidraulika.
4. Analisis perancangan hanya untuk mengetahui geometri (alinemen horizontal dan vertikal), potongan melintang, dan rancangan anggaran biaya (RAB).



Gambar 2.2 Jalan rel pulau jawa

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. PRASARANA PERKERETAPIAN

Berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012, prasarana kereta api adalah jalur dan stasiun kereta api termasuk fasilitas yang diperlukan agar sarana kereta api dapat dioperasikan. Fasilitas penunjang kereta api adalah segala sesuatu yang melengkapi penyelenggaraan angkutan kereta api yang dapat memberikan kemudahan serta kenyamanan bagi pengguna jasa angkutan kereta api. Prasarana kereta api lebih terperinci lagi dapat digolongkan sebagai :

- a. Jalur atau jalan rel,
- b. Bangunan stasiun,
- c. Jembatan,
- d. Sinyal dan telekomunikasi.

Untuk kajian di bidang ketekniksipilan, lebih banyak terfokus kepada prasarana kereta api pada pembangunan jalur atau jalan rel, bangunan stasiun dan jembatan. Meskipun demikian, dalam lingkup kajian prasarana transportasi disini, pembahasan materi studi lebih ditumpukan kepada perencanaan, pembangunan dan pemeliharaan prasarana jalur dan jalan rel.

### B. KONDISI JALAN REL DI INDONESIA

Di Indonesia sendiri kereta api bukanlah hal yang baru, bahkan sejak jaman penjajahan belanda, Indonesia telah diperkenalkan dengan transportasi masal ini. Namun saat ini kebanyakan kondisi rel tersebut tidak lagi digunakan, oleh karenanya penggunaan kereta api di indonesia pun tidak begitu menjadi trend.

Saat ini jalan rel di indonesia yang masih beroperasi tidaklah banyak hanya sepanjang 4064.40 km sekitar 60% dari jumlah panjang rel yang ada di indonesia. Dapat dilihat kondisi jalan rel di Indonesia melalui Gambar 2.2 dan 2.3



G a m b a r	Nama	Aktif (km)	Non Aktif (km)
	Jawa	2892	3026.3
Sumatra	1176.46	681.96	
Total	3068.46	3708.26	

2.3 Jalan Rel di Sumatra

Tabel 2.1 Kondisi Jalan rel di Indonesia  
(Sumber : website. PT.KAI.co.id)

### C. STRUKTUR JALAN REL

Struktur jalan rel dibagi ke dalam dua bagian struktur yang terdiri dari kumpulan komponen-komponen jalan rel yaitu :

- a. Struktur bagian atas, atau dikenal sebagai *superstructure* yang terdiri dari komponen-komponen seperti rel (*rail*), penambat (*fastening*) dan bantalan (*sleeper, tie*).
- b. Struktur bagian bawah, atau dikenali sebagai *substructure*, yang terdiri dari komponen balas (*ballast*), subbalas (*subballast*), tanah dasar (*improve subgrade*) dan tanah asli (*natural ground*). Tanah dasar merupakan lapisan tanah di bawah subbalas yang berasal dari tanah asli tempatan atau tanah yang didatangkan (jika kondisi tanah asli tidak baik), dan telah mendapatkan perlakuan pemadatan (*compaction*) atau diberikan perlakuan khusus (*treatment*). Pada kondisi tertentu, balas juga dapat disusun

dalam dua lapisan, yaitu : balas atas (*top ballast*) dan balas bawah (*bottom ballast*).

- c. Konstruksi jalan rel merupakan suatu sistem struktur yang menghimpun komponen-komponennya seperti rel, bantalan, penambat dan lapisan fondasi serta tanah dasar secara terpadu dan disusun dalam sistem konstruksi dan analisis tertentu untuk dapat dilalui kereta api secara aman dan nyaman. Gambar 2.3 menjelaskan bagian-bagian struktur atas dan bawah konstruksi jalan rel dan secara skematik menjelaskan keterpaduan komponen-komponennya dalam suatu sistem struktur.

## LANDASAN TEORI

### A. PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN REL

#### 1. Ketentuan Umum Perencanaan Geometrik Jalan Rel

##### 1.1 Standar Jalan Rel

Segala ketentuan yang berkaitan dengan jenis komponen jalan rel di dalam perencanaan geometrik jalan rel tertuang dalam Tabel Klasifikasi Jalan Rel PM.60 Tahun 2012. Ketentuan tersebut diantaranya: kelas jalan, daya lintas/angkut, kecepatan maksimum, tipe rel, jenis bantalan dan jarak, jenis penambat rel dan struktur balasnya.

**Tabel 3.3** Klasifikasi jalan rel 1067 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan Jarak antar sumbu bantalan (cm)	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Balas (cm)
I	> 20.10 <sup>6</sup>	120	18	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
II	10.10 <sup>6</sup> - 20.10 <sup>6</sup>	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu 60	Elastis Ganda	30	50
III	5.10 <sup>6</sup> - 10.10 <sup>6</sup>	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda	30	40
IV	2.5.10 <sup>6</sup> - 5.10 <sup>6</sup>	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda Tunggal	25	40
V	< 2.5.10 <sup>6</sup>	80	18	R.42	Kayu/Baja 60	Elastis Tunggal	25	35

Sumber: Peraturan Menteri Nomor.60 Tahun.2012

##### 1.2 Kecepatan

Dalam ketentuan PM.60 Tahun 2012, terdapat beberapa tipe kecepatan yang digunakan dalam perencanaan, yaitu :

###### a. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk

merencanakan konstruksi jalan rel.

###### b. Kecepatan Maksimum

Kecepatan maksimum adalah kecepatan tertinggi yang diijinkan untuk operasi suatu rangkaian kereta pada lintas tertentu. Ketentuan pembagian kecepatan maksimum dalam perencanaan geometrik dapat dilihat pada Tabel Klasifikasi Jalan Rel.

###### c. Kecepatan Operasi

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

###### d. Kecepatan Komersial

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

## 2. Alinemen Horisontal

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:

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

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/anjlokkan);

- 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 =  $\infty$  sampai dengan nilai radius tertentu = r.m.

Panjang lengkung peralihan diuraikan sebagai berikut:

$$\frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{\Delta m \cdot \frac{Vr^2}{R}}{\Delta t} = m \cdot Vr^2 \cdot \frac{\Delta \frac{1}{R}}{\Delta t} = m \cdot$$

$$Vr^2 \cdot \frac{Vr}{L.R} = \frac{m \cdot Vr^3}{L.R}$$

$$\frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{\Delta m \cdot a}{\Delta t} = m \cdot \frac{\Delta a}{\Delta t}$$

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 :

$$\frac{m \cdot Vr^3}{L.R} = m \cdot \frac{\Delta a}{\Delta t}$$

Maka:

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

$$= (0,01) \cdot 6 \cdot \frac{Vr^3}{R}$$

$$= (0,01) \cdot Vr \cdot \left(6 \cdot \frac{Vr^2}{R}\right)$$

$$= 0,01 \cdot Vr \cdot h_n$$

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

$$L = 0,01 \cdot Vr \cdot h \quad (\text{mm})$$

Keterangan:

L = Panjang lengkung peralihan (mm)

Vr = Kecepatan rencana KA (km/jam)

h = Peninggian yang dipakai (mm)

#### b. Gaya Sentrifugal

a) Gaya sentrifugal di imbangi sepenuhnya oleh gaya berat;

**Gaya berat = Gaya sentrifugal**

$$G \sin \alpha = \frac{m V^2}{R} \cos \alpha$$

(a)

$$G \sin \alpha = \frac{G V^2}{gR} \cos \alpha$$

(b)

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{R} \quad (c)$$

$$\text{jika :} \tan \alpha = \frac{h}{W} \quad (d)$$

$$\frac{m V^2}{R} \cos \alpha = G \sin \alpha \quad (e)$$

$$h = \frac{W V^2}{gR} \quad (f)$$

Dengan memasukkan satuan praktis :

W = jarak antara kedua titik kontak roda dan rel, untuk lebar sepur 1067 = 1120 m.

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

h = peninggian rel pada lengkung horizontal (mm)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/dtk<sup>2</sup>)

Maka :

$$R = \frac{8,8 V^2}{h} \quad (g)$$

Dengan peninggian maksimum,

$h_{\text{maks}} = 110 \text{ mm}$ , maka :

$$R_{\text{min}} = 0,08 V^2 \quad (h)$$

b) Gaya Sentrifugal di imbangi oleh gaya berat dan daya dukung jalan rel

**Gaya berat + Komponen Rel = Gaya Sentrifugal**

$$G \sin \alpha + H \cos \alpha = \frac{m V^2}{R} \cos \alpha \quad (a)$$

$$G \sin \alpha = \left[ \frac{G V^2}{gR} - H \right] \cos \alpha \quad (b)$$

$$G \tan \alpha = \left[ \frac{GV^2}{gR} - H \right] \quad (c)$$

$$\text{Jika : } \tan \alpha = \frac{H}{W} \quad (d)$$

$$\text{Dan, } H = m \cdot a = \frac{G}{g} a \quad (e)$$

Maka :

$$a = \frac{V^2}{R} - g \frac{h}{W} \quad (f)$$

a = percepatan sentrifugal (m/dtk<sup>2</sup>)

Dengan peninggian maksimum,

$$h_{\text{maks}} = 110 \text{ mm, maka}$$

$$R_{\text{min}} = 0,054 V^2 \quad (g)$$

### c. Pelebaran Sepur

Untuk mengetahui nilai pelebaran sepur maka dapat langsung merujuk pada tabel dibawah ini untuk lebar sepur 1067 mm. ( PM.No.2012 tahun 2012, halaman 16)

**Tabel 3.4** Pelebaran Sepur Untuk 1067 mm

Jari - Jari Tikungan (m)	Pelebaran (mm)
R > 600	0
550 < R ≤ 600	5
400 < R < 550	10
350 < R ≤ 400	15
100 < R ≤ 350	20

### d. Peninggian Jalan Rel

Gaya sentrifugal cenderung membuat kereta keluar dari belokan atau lengkung maka diperlukan peninggian rel untuk mengimbangi gaya sentrifugal pada kereta. Salah satu cara untuk mereduksi gaya sentrifugal yang membebani kereta api adalah meninggikan rel luar terhadap rel bagian dalam di lengkung horizontal.

#### a) Peninggian Rel Minimum

Persamaan dasar :

Gaya Sentrifugal = Gaya Berat + Komponen Rel

$$\frac{mV^2}{R} \cos \alpha = G \cdot \sin \alpha + H \cdot \cos \alpha \quad (a)$$

$$G \sin \alpha = \left[ \frac{GV^2}{gR} - H \right] \cos \alpha \quad (b)$$

Jika :

$$\tan \alpha = \frac{H}{W} \quad (c)$$

$$\text{Dan, } H = m \cdot a = \frac{G}{g} a \quad (d)$$

Maka :

$$a = \frac{V^2}{R} - g \frac{h}{W} \quad (e)$$

a = percepatan sentrifugal (m/dtk<sup>2</sup>)

$$h = \frac{W \cdot V^2}{g \cdot R} - \frac{W \cdot a}{g} \quad (f)$$

jika :

$$W = 1120 \text{ mm, } g = 9,81 \text{ m/dtk}^2, \text{ dan}$$

$$a = 0,0478 \text{ g (m/dtk}^2),$$

maka :

$$h_{\text{min}} = \frac{8,8V^2}{R} - 53,5 \text{ (mm)} \quad (g)$$

#### b) Peninggian Rel Normal

Persamaan dasar :

Gaya Sentrifugal = Gaya Berat

$$G \sin \alpha = \frac{mV^2}{R} \cos \alpha \quad (a)$$

$$G \sin \alpha = \frac{G}{gR} V^2 \cos \alpha \quad (b)$$

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{R} \quad (c)$$

jika :

$$\tan \alpha = \frac{h}{W} \quad (d)$$

$$\frac{mV^2}{R} \cos \alpha = G \sin \alpha \quad (e)$$

$$h = \frac{WV^2}{gR} \quad (f)$$

Maka :

$$h_{\text{normal}} = \frac{8,8 V^2}{h} \text{ (mm)} \quad (g)$$

Dalam perhitungan peniggian digunakan kecepatan kereta api terbesar (Vmaksimum) yang melewati suatu lintas dengan jari-jari R sebagai suatu hubungan persamaan :

$$V = 4,3 \sqrt{R}$$

Jika :

$$h = k \frac{V^2}{R}$$

dan untuk  $V = 4,3 \sqrt{R}$  , digunakan peninggian rel,  $h = 110$  mm, maka :

$$110 = k \frac{(4,3 \sqrt{R})^2}{R}$$

$$k = 5,95$$

jadi, peninggian rel normal ditentukan sebagai :

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \cdot \frac{V^2}{h}$$

(PM.No.60 tahun 2012, halaman 17)

**c) Peninggian Rel Maksimum**

Peninggian rel maksimum berdasarkan stabilitas kereta api pada saat berhenti di bagian lengkung, digunakan faktor keamanan (safety factor SF) = 3,0 sehingga kemiringan maksimum dibatasi sampai 10% atau h maksimum = 110 mm.

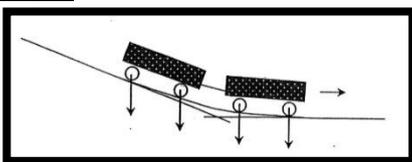
**Tabel 3.5 Peninggian Jalan Rel 1967**

Jari-jari (m)	120	110	100	90	80	70	60
100	120	110	100	90	80	70	60
150							
200							
250							
300							
350							
400							
450							
500							
550							
600							
650							
700							
750							
800							
850							
900							
950							
1000							
1100							
1200							
1300							
1400							
1500							
1600							
1700							
1800							
1900							
2000							
2500							
3000							
3500							
4000							

**3. Alinemen 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**

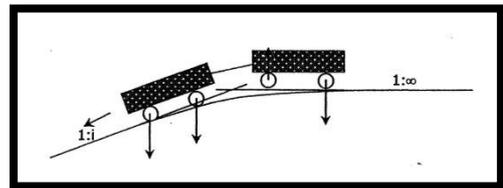


**Gambar 3.10.** Perubahan dari Landai ke Datar pada Sudut Tumpul

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**



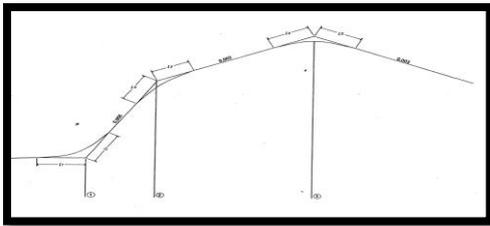
**Gambar 3.11.** Perubahan dari Landai ke Datar pada Sudut Lancip

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:

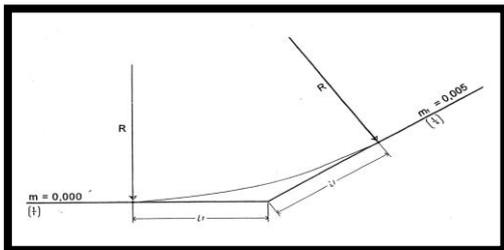
$$y = \frac{x^2}{2R}$$

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



**Gambar 3.12.** Lengkung Peralihan Vertikal

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



**Gambar 3.13** Peralihan dari Datar ke Landai

Keterangan:

$l$  = Panjang tangent dalam (m)

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

$\frac{1}{i}$  = Lereng terbesar dalam ( $^0/_{00}$ )

$\frac{1}{i_1}$  = Lereng terkecil dalam ( $^0/_{00}$ ) =  $\text{tg } \beta$

Panjang tangent adalah menurut rumus:

$$l = \frac{R}{2} \cdot \frac{1}{i}$$

**Contoh perhitungan:**

Peralihan datar ke landai  $\frac{1}{i} = 0,005$  dan besarnya radius

$R = 10.000$  m, maka panjang tangent adalah:

$$l = \frac{10.000}{2} \cdot 0,005 = 25 \text{ m.}$$

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

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

$l$  = Panjang tangent dalam (m)

$R$  = Radius lengkung dalam (m)

$\frac{1}{i}$  = Lereng terbesar dalam ( $^0/_{00}$ )

=  $\text{tg } \alpha$

$\frac{1}{i_1}$  = Lereng terkecil dalam ( $^0/_{00}$ )

=  $\text{tg } \beta$

Panjang tangent adalah menurut rumus:

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

Secara pendekatan:

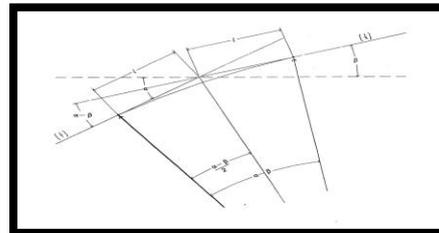
$$l = R \cdot \text{tg} \left( \frac{\alpha - \beta}{2} \right) = \frac{R}{2} \cdot \text{tg} (\alpha - \beta)$$

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

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

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

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



**Gambar 3.14** Peralihan dari Landai ke Landai

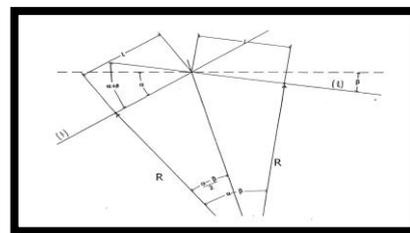
**Contoh perhitungan:**

Misalkan  $\frac{1}{i} = 0,005$  dan  $\frac{1}{i_1} = 0,002$  dan besarnya radius  $R = 10.000$  m, maka panjang tangent adalah:

$$l = \frac{10.000}{2} \cdot (0,005 - 0,002)$$

$$l = 5000 \times 0,003 = 15 \text{ m.}$$

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



**Gambar 3.15** Peralihan dari Landai ke Landai yang Berbalik Arah

$l$  = Panjang tangent dalam (m)

$R$  = Radius lengkung dalam (m)

$\frac{1}{i}$  = Lereng terbesar dalam ( $^0/_{00}$ )

=  $\text{tg } \alpha$

$\frac{1}{i_1}$  = Lereng terkecil dalam ( $^0/_{00}$ )

=  $\text{tg } \beta$

Panjang tangent adalah menurut rumus:

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

Secara pendekatan:

$$l = R \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha + \beta}{2} \right) = \frac{R}{2} \cdot \operatorname{tg} (\alpha + \beta) \\ = \frac{R}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$$

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

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

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

**Contoh perhitungan:**

Misalkan  $\frac{1}{i} = 0,003$  dan  $\frac{1}{i_1} = 0,002$  dan

besarnya radius  $R = 10.000$  m, maka panjang tangent adalah:

$$l = \frac{10.000}{2} \cdot (0,003 + 0,002)$$

$$l = 5000 \times 0,005 = 25 \text{ m.}$$

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 3.6** Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal

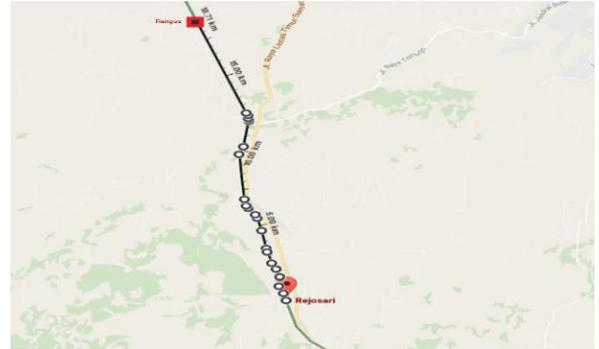
Kecepatan Rencana (Km/Jam)	Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal (m)
Lebih Besar Dari 100	8000
Sampai 100	6000

Sumber: PM Menhub No.60 Tahun 2012 hlm.14

## METODOLOGI

### A. LOKASI PENELITIAN

Studi ini direncanakan pada lintas Rejosari – Cempaka koridor Rejosari – Rengas, yaitu mulai dari Stasiun Rejosari sampai dengan Stasiun Rengas 18.7 km. Pada ruas Rejosari – Rengas (Km 28 + 554 s.d Km 47 + 253). Lokasi studi perencanaan dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2



**Gambar 4.1.** Wilayah Studi Perencanaan

### B. TAHAPAN ANALISIS

Secara umum tahapan pelaksanaan pekerjaan ini terdiri dari: Tahap Persiapan, Tahap Pengumpulan Data, Tahap Analisis dan Perencanaan serta Tahap Finalisasi. Penyusunan tahapan pekerjaan ini disesuaikan dengan kebutuhan pelaporan dalam studi ini, di mana tujuan dari setiap tahapan adalah sebagai berikut:

#### 1. Tahap Persiapan:

Ditujukan untuk menyelesaikan masalah administrasi dan menyiapkan kerangka pelaksanaan studi berupa penyusunan dan pemantapan metodologi, studi literatur dan pengenalan awal studi.

#### 2. Tahap Pengumpulan Data

Ditujukan untuk memperoleh data sekunder maupun primer yang dibutuhkan dalam kegiatan analisis dalam studi penetapan trase ini. Pada studi ini data sekunder didapat peta merkabumi dari BAKUSURTANAL UGM dengan skala 1 : 50.000 sedangkan primer melalui pendahuluan proyek DED tunggal dengan wilayah yang sama pada tahun 2015.

#### 3. Tahap Analisis

Perencanaan dan Rekomendasi Studi: ditujukan untuk menghasilkan kajian Kontur tanah, trase rel, perencanaan struktur rel, dan rencana anggaran biaya (RAB), dan desain.

#### 4. Tahap Finalisasi Studi

Ditujukan untuk melengkapi laporan studi

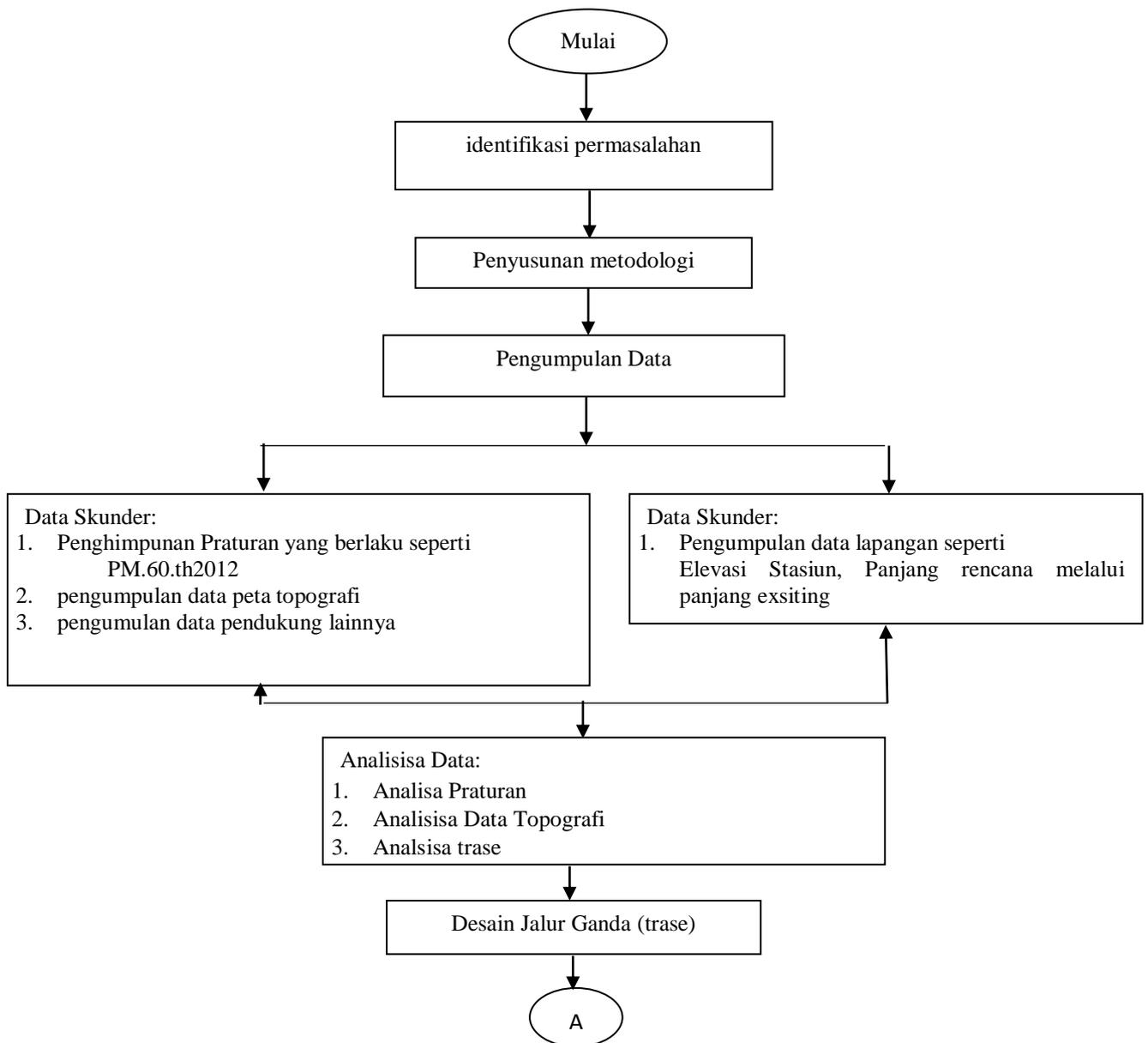
sesuai dengan hasil diskusi dan analisis penulis dan rekan 1 tim dijadikan hasil akhir dari studi ini.

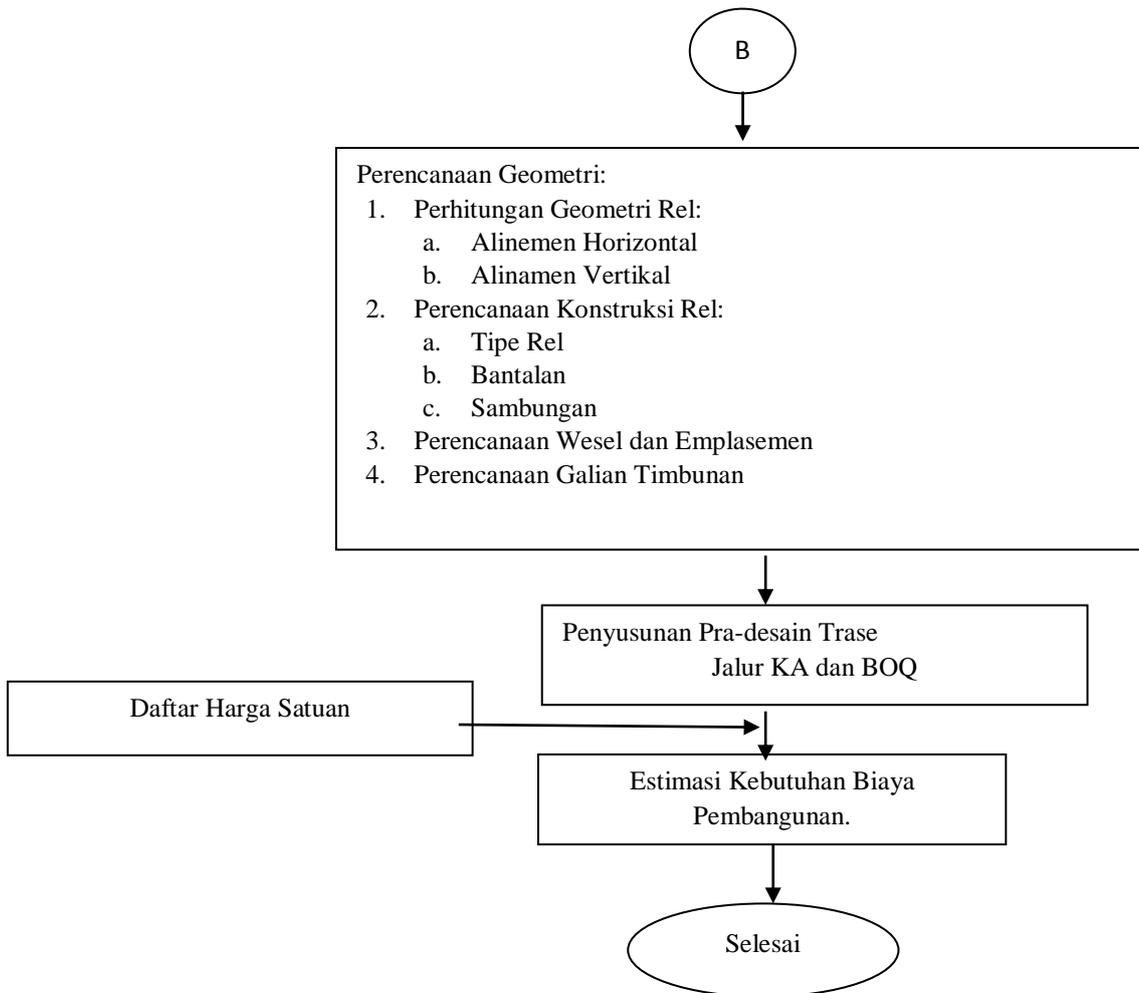
### 5. Tahap kesimpulan

Kesimpulan disebut juga pengambilan keputusan. Pada tahap ini, data yang telah dianalisa dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

### C. TAHAPAN DESAIN

Pada tahap desain untuk studi ini penulis melakukan secara bertahap dengan pembagian potongan melintang per 100 meter dan memanjang per 1km. Proses penggambaran penulis menggunakan *software* gambar yaitu *AutoCad*.





**Grafik 4.1** Bagan Alir Perencanaan Jalur Ganda Kereta Api Stasiun Rejosari – Stasiun Rengas.

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### A. TINJAUAN UMUM

Pada tahap kegiatan desain teknis ini, akan dilakukan analisis dan perhitungan lanjut yang lebih komprehensif dan mendalam yang ditujukan untuk melakukan desain teknis jalur kereta api ganda berdasarkan persyaratan teknis dan peraturan-peraturan yang berlaku di Kementerian Perhubungan maupun PT. Kereta Api Indonesia.

### B. KRITERIA DESIGN

Bedasarkan pada Landasan teori pada Bab sebelumnya dan Peraturan yang sudah ada, maka ketentuan-ketentuan atau

kriteria desain jalur kereta api ganda antara Stasiun Rejosari – hingga Stasiun Rengas adalah sebagai berikut:

Dalam pelaksanaan rancangan detail desain trase jalur kereta api yang harus dibuat sedapat mungkin memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- 1) Lebar dan jarak jalan rel
  - Lebar jalur KA : 1067 mm, sama dengan lebar sepur seluruh jaringan jalur KA kereta api di Indonesia.

- Jarak Minimum antar as jalur KA adalah 4,00 m.
  - Ruang bebas kelas I yang diperlebar diperhitungkan adanya muatan *double deck* atau muatan peti kemas.
  - Jarak minimum antar as jalur KA di lengkung adalah 4,40 m.
- 2) Emplasemen
- Jarak minimum antar as jalur KA utama di emplasemen adalah 5,20 m.
  - Wesel menggunakan wesel 1 : 12.
- 3) Kecepatan dan Beban Gandar
- Kecepatan Maksimum : 120 km/jam.
  - Kecepatan di Emplasemen (*siding track*) : 45 km/jam.
- 4) Beban Gandar : 18 ton.
- 5) Geometri Jalan
- Jari-jari lengkung horizontal (R) sedapat mungkin  $\geq 800$  m.
  - Kelandaian jalan KA pada petak jalan sedapat mungkin  $\leq 10\%$ .
  - Kelandaian maksimum di emplasemen adalah 1,5%.
- 6) Material
- Jenis rel yang digunakan untuk jalan kelas I adalah R.54 dengan karakteristik dan spesifikasi yang memenuhi ketentuan berlaku.
  - Alat penambat rel tipe elastis dengan persyaratan bahan sesuai dengan Peraturan Bahan Jalan Rel atau Peraturan yang berlaku.

## C. PERENCANAAN GEOMETRI

### 1. Geometrik Jalan Rel

Jalan rel ditinjau dari sisi geometri adalah sebagaimana diuraikan berikut ini:

#### 1.1. Titik Awal Pekerja

Titik awal trase jalan KA ganda pada Km 28 + 554 (St.Rejosari)

#### 1.2. Alinemen Horizontal

Pada perencanaan DED dari Rejosari – Rengas (18,7) terdapat 9 Tikungan dengan masing – masing jenisnya. adapun hasil perhitungannya dibawah ini merupakan satu contoh perhitungan yang kemudian dilampirkan melalui tabel.

Ketika melewati lengkung, KA seakan-akan terlempar ke luar menjauhi titik pusat lengkung akibat gaya sentrifugal. Untuk berbagai kecepatan rencana, besar jari-jari minimum yang diijinkan ditinjau dari 2 kondisi, yaitu :

#### a. Gaya berat = Gaya sentrifugal

**Diketahui :**

$$V = 120 \text{ km/jam}$$

**Rumus :**

$$R = 0,08 \cdot V^2$$

**Perhitungan :**

$$R = 0,08 (120)^2 = 1152 \text{ m}$$

Diperoleh nilai R min adalah 1152 m untuk kondisi gaya sentrifugal diimbangi sepenuhnya oleh gaya berat.

#### b. Gaya berat + Komponen Rel = Gaya Sentrifugal

**Diketahui :**

$$V = 120 \text{ km/jam}$$

**Rumus :**

$$R_{\min} = 0,054 V^2$$

**Perhitungan :**

$$R_{\min} = 0,054 (120)^2 = 777,6 \text{ mm}$$

Diperoleh nilai R min adalah 777,6 m untuk kondisi gaya sentrifugal diimbangi oleh gaya berat dan daya dukung komponen rel.

Berdasarkan nilai Rmin dari 2 kondisi di atas maka dapat ditentukan nilai Rmin rencana untuk proses perhitungan berikutnya, pada perancangan kali ini Rmin rencana yang di pakai 780 m dengan lengkung peralihan (*PM.No.60 tahun 2012, halaman 14*)

#### 1.2.1. Perencanaan Tikungan

##### a. Lengkung Peralihan

**Diketahui :**

$$V = 120 \text{ km/jam}$$

$$h = 110 \text{ m}$$

**Rumus :**

$$L_h = 0,01 \times h \times V$$

**Perhitungan :**

$$L_h = 0,01 \times 110 \times 120$$

$$= 132 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai panjang lengkung peralihan dengan kecepatan rencana 120 km/jam adalah 132 m

**b. Peninggi Rel**

**Peninggian Rel Minimum**

**Diketahui :**

V = 120 km/jam

R = 780 m

**Rumus :**

$$h_{\min} = \frac{8,8V^2}{R} - 53,5 \text{ (mm) (g)}$$

**Perhitungan :**

$$h_{\min} = \frac{8,8(120)^2}{780} - 53,5 = 108,92 \text{ mm}$$

**Peninggian Rel Normal**

**Diketahui :**

V = 120 km/jam

h = 110 m

**Rumus :**

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \cdot \frac{v^2}{h}$$

(PM.No.60 tahun 2012, halaman 17)

**Perhitungan :**

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \cdot \frac{120^2}{110} = 109,85 \text{ mm}$$

**Peninggian Rel Maksimum**

Peninggian rel maksimum berdasarkan stabilitas kereta api pada saat berhenti di bagian lengkung, digunakan faktor keamanan (safety factor, SF) = 3,0 sehingga kemiringan maksimum dibatasi sampai 10% atau h maksimum = 110 mm.

Hasil perhitungan yang telah diperoleh antara lain  $h_{\min} = 108,92 \text{ mm}$ ,  $h_{\text{normal}} = 109,85$  dan,  $h_{\text{maks}} = 110 \text{ mm}$  maka nilai h yang di pakai adalah 110 mm karena di anggap paling stabil dan aman.

**c. Pelebaran Sepur**

Untuk mengetahui nilai pelebaran sepur maka dapat langsung merujuk pada tabel dibawah ini untuk lebar sepur 1067 mm. ( PM.No.2012 tahun 2012, halaman 16)

**Tabel 5.1.** Pelebaran Sepur Untuk 1067 mm

Jari – Jari Tikungan (m)	Pelebaran (mm)
R > 600	0
550 < R ≤ 600	5
400 < R < 550	10
350 < R ≤ 400	15
100 < R ≤ 350	20

Karena nilai Rmin recana pada tikungan horizontal,780 mm. Maka berdasarkan tabel di atas maka perancangan rel Kelas Jalan 1 ini tidak memerlukan pelebaran sepur.

**d. Perhitungan Lengkung Horizontal**

Berikut ini kami sertakan salah satu con perhitungan tikungan horizontal pada perencanaan jalan rel Stasiun Rejosari – Rengas, yaitu:

**Tikungan 1**

Diperoleh Data Perencanaan :

Kelas Jalan = I

Kecepatan Maks = 120 km/jam

V rencana = 120 km/jam

R rencana = 780 m

Sudut Belok Δ = 26°

**a) Menghitung Panjang Lengkung**

$$\theta_s = \frac{90+Ls}{\pi \times R} = \frac{90+132}{\pi \times 780} = 5,14^\circ$$

$$\theta_c = \Delta_s \cdot 2\theta_s = 26 - 2(5,14) = 15,71^\circ$$

$$L_s = 0,01 \times h \times v = 0,01 \times 110 \times 120 = 132 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{360^\circ} \times 2\pi R = \frac{15,71}{360^\circ} \times 2\pi \times 780 = 213,869 \text{ m}$$

$$L = 2 L_s + L_c = 2(132) + 213,869 = 493,77 \text{ m}$$

**b) Menghitung Xc, Yc, k, dan p**

$$X_c = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R^2} = 132 - \frac{132^3}{40 \times 780^2} = 131,90 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 \times R} = \frac{132^2}{6 \times 780} = 3,72 \text{ m}$$

$$P = Y_c - R(1 - \cos \theta_s) = 3,72 - 780(1 - \cos 514^\circ) = 0,58 \text{ m}$$

$$K = X_c - R \sin \theta_s = 131,90 - 780 \sin 11,17^\circ = 61,96 \text{ m}$$

c) Menghitung Tt dan Et

$$Tt = (R + P) \operatorname{tg} \frac{\Delta_s}{2} + k$$

$$= (780 + 0,58) \operatorname{tg} \frac{26}{2} + 61,96$$

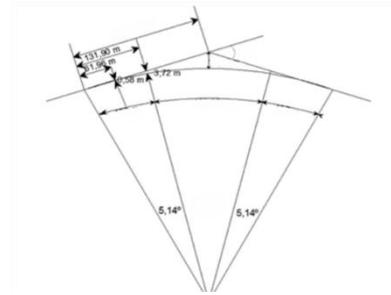
$$= 242.175 \text{ m}$$

$$Et = (R + P) \operatorname{sec} \frac{\Delta_s}{2} - R$$

$$= (780 + 0,58) \operatorname{sec} \frac{26}{2} - 780$$

$$= 21.11 \text{ m}$$

Proyeksi lengkung horizontal ditunjukkan dalam gambar 5.1 :



Gambar 5.1 Proyeksi Tikungan I Pada Alinemen Horizontal

Berikut ini penulis juga menampilkan tabel hasil perhitungan jumlah tikungan yang terdapat di alinemen horizontal, yaitu :

DATA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Δ	26	12	16	33	26	8.00	26	28	8
V	120	120	120	120	120	120	120	120	120
(Θs)	0.00	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
(Θc)	15.71	1.71	5.71	22.71	15.71	-2.289	15.71	17.71	-2.289
Ls	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Lc	213.773	23.28	77.707	309.02	213.773	-31.15	213.773	240.986	-31.15
Tt	242.175	144.006	171.667	293.182	242.175	116.546	242.175	256.584	116.547
Et	21.113	4.88	8.252	34.106	21.113	2.487	21.113	24.477	2.487
K	61.964	61.964	61.964	61.964	61.964	61.964	61.964	61.964	61.964
P	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
R	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Pada Alinemen Horizontal

1.3. Alinyemen Vertikal

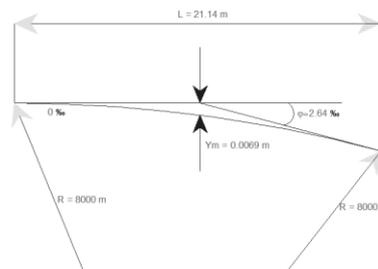
Di dalam perencanaan alinemen vertikal jalan rel antara Stasiun Rejosari – Stasiun Rengas digunakan beberapa data yang diambil dari PM.No.60 tahun 2012, yaitu:

- Untuk rencana jalan rel kelas I digunakan Rmin 8000 m.
- Pada jalur rel tingkat kelandaian yang digunakan antara 0‰ - 10‰
- Pada daerah stasiun tingkat kelandaian yaitu 0 ‰

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. Berikut ini adalah beberapa data yang diperoleh dari perhitungan .

1.3.1. Datar Menuju Turunan



Gambar 5.2 Perubahan dari Datar ke Turunan

Perhitungan :  
 Diperoleh Data Rencana  
**No. Lengkung 1**  
 Awal Stasiun = 28 + 554

$$\begin{aligned} \text{Elevasi awal} &= 104 \\ \text{Akhir Kemiringan} &= 29 + 554 \\ \text{Elevasi akhir} &= 104 \end{aligned}$$

- a. Horizontal kemiringan**  
 $= (28 + 554) - (29 + 554)$   
 $= 1000 \text{ m}$
- b. Beda elevasi**  $= 45 - 45 = 0$
- c. Permil kemiringan**  $= (0/1000) \times 1000 = 0 \text{ ‰}$

**No. Lengkung 2**

$$\text{Awal Stasiun} = 29 + 554$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi awal} &= 104 \\ \text{Akhir Kemiringan} &= 32 + 554 \\ \text{Elevasi akhir} &= 87 \end{aligned}$$

- a. Horizontal kemiringan**  
 $= (29 + 554) - (32 + 554)$   
 $= 3000 \text{ m}$
- b. Beda elevasi**  $= 87 - 104$   
 $= -17$
- c. Permil kemiringan**  $= (-17/3000)$   
 $\times 1000 = -5,667 \text{ ‰}$

**d. Menghitung Pangjang lengkung (Xm, Ym, L) :**

$$\begin{aligned} X_m &= \frac{R}{2} \times (\varphi)^2 \\ &= \frac{8000}{2} \times (0 - (-5,667 \text{ ‰}))^2 \\ &= -0.128 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_m &= \frac{R}{8} \times (\varphi)^2 \\ &= \frac{8000}{8} \times (0 - (-5,667 \text{ ‰}))^2 \\ &= 0.032 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{\text{Permil Kemiringan 1} - \text{permil kemiringan 2}}{r} \\ &= \frac{0 - (-5,667)}{0.1} \\ &= 56.67 \text{ ft} \\ &= 56.67 \times 30 \text{ cm} = 1700 \text{ cm} \end{aligned}$$

Pada tabel 4.4. di bawah ini dapat dilihat jumlah dan nilai lengkungan yang terdapat pada perencanaan jalan rel kereta api antara Stasiun Rejosari – Stasiun Renga

No	Awal Kemiringan	Elev Awal	Akhir Kemiringan	Elev Akhir	Beda Elevasi	Permil Kemiringan	Tipe	Xm	Ym	L (Ft)	L (CM)
1	28554	104	29554	104	0	0	Cembung	0.128	0.032	56.666	1700
2	29554	104	32554	87	-17	-5.667	Cekung	0.128	0.032	-113.333	-3400
3	32554	87	33554	87	0	0	Cembung	0.235	0.058	76.666	2300
4	33554	87	36554	64	-23	-7.667	Cekung	0.235	0.058	-153.333	-4600
5	36554	64	41554	64	0	0	Cembung	0.1	0.025	50	1500
6	41554	64	43554	54	-10	-5	Cekung	0.1	0.025	-100	-3000
7	43554	54	47253	54	0	0	Cembung	0	0	0	0

**Tabel 5.3** Data Jumlah Dan Nilai Pada Setiap Lengkung

**D. Estimasi RAB Pekerjaan**

Berikut ini merupakan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan jalur KA ganda antara stasiun Rejosari sampai stasiun Rengas. Penjabaran secara detail

(break down) estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan Pembangunan Jalur Kereta Api ganda antara Rejosari sampai stasiun Rengas dijabarkan pada Tabel 5.4 di bawah ini.

<b>JUMLAH</b>	<b>758,302,876,420.26</b>
<b>PPN 10 %</b>	<b>75,830,287,642.03</b>
<b>JUMLAH</b>	<b>834,133,164,062.29</b>
<b>SUPERVISI</b>	<b>30,332,115,056.81</b>
<b>TOTAL</b>	<b>864,465,279,119.10</b>
<b>DIBULATKAN</b>	<b>864,465,000,000.00</b>

**Tabel 5.8** Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Secara keseluruhan, biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan pembangunan jalur KA ganda Stasiun Rejosari sampai Rengas adalah sebesar Rp864.465.000.000,- dan bila dirata-ratakan maka akan didapat biaya sebesar Rp35 Milyar per km.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan merupakan hasil aktifitas studi yang telah dilakukan. Berdasarkan analisis dan mengacu pada PM.60 tahun 2012 studi DED Pembangunan Jalur Kereta Api ganda antara stasiun Rejosari sampai stasiun Rengas ini mendapati sebuah kesimpulan yaitu:

### A. KESIMPULAN

Setelah melakukan proses analisa dan perhitungan, ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil berkaitan dengan Detil Engineering Design (DED) jalur kereta api ganda lintas Rejosari – Cempaka koridor

stasiun Rejosari – stasiun Rengas (Km 28 + 554 s.d Km 47 + 235) dengan panjang 18.700 m, yaitu:

1. Berdasarkan dari hasil analisis dan pembahasan maka struktur atas jalan rel menggunakan rel 54, bantalan dengan panjang 2000 mm, penampang 250 x 215 x 150 mm, sedangkan struktur bawah jalan rel menggunakan balas dengan material krikil atau kumpulan agregat pecah dan tebal 30 cm, kemudian subbalas menggunakan batu pecah setebal 75 cm.
2. Disepanjang jalur KA terdapat 9 lengkung horizontal dengan jari-jari

terkecil adalah 777,6 mm menjadi 780 mm dan jari-jari terbesar 1150 mm

3. Disepanjang jalur KA terdapat 7 lengkung vertikal dengan jari-jari terkecil adalah 8000 m.
4. Estimasi galian 4.253.565,262 m<sup>3</sup> dan timbunan sebesar 3.185,132 m<sup>3</sup>.

### B. SARAN

Setelah melakukan studi DED sederhana pembangunan Jalur Kereta Api ganda antara stasiun Rejosari sampai Rengas dapat diperoleh saran sebagai berikut:

1. Diharapkan studi selanjutnya mampu melakukan survey lapangan agar mengetahui kondisi aslinya
2. Diharapkan pada studi selanjutnya dapat mempertimbangkan pembuatan jalur ganda dengan analisis eksisting sehingga studi ini bisa menjadi acuan yang baik
3. Diharapkan pada studi selanjutnya memiliki data harga satuan ter-*update* dan mampu menganalisa Rencana Anggaran Biaya (RAB).