BAB V

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 – 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 ≥ 780 m.
   - Kelandaian jalan KA pada petak jalan sedapat mungkin ≤ 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. STRUKTUR JALAN KERETA API

1. Struktur Jalan Kereta Api

Susunan jalan kereta api 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 kereta api terdiri atas struktur bangunan atas dan struktur bangunan bawah.

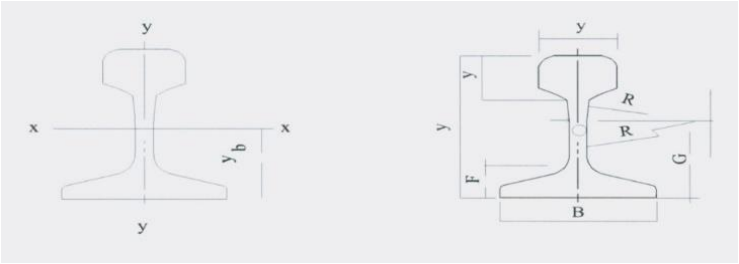
a. Struktur Bangunan Atas

Bangunan atas jalan kereta api terdiri dari:

1. Rel (*Rail*)
2. Penambat (*Fastening*)
3. Pelat Sambung
4. Bantalan (*Sleeper*)

Berdasarkan ketentuan pada BAB sebelumnya (Landasan Teori) pemilihan material struktur bangunan atas hanya mengacu pada Landasan Teori atau Peraturan yang berlaku.

a. <u>Rel 54</u>



Gambar 5.1. Ukuran Penampang Rel Tipe R 54

Sumber: PM Menhub No.60 Tahun 2012

b. <u>Penambat</u>

Untuk kelas Jalan 1 dan menggunakan Tipe rel R54 dengan bantalan beton menggunakan penambat jenis elastis ganda tipe pandrol e 1800 atau e 2000 dengan gaya jepit mencapai 900 – 1100 kgf. Pada Bantalan beton terdiri dari *shoulder, clip, insulator* dan *rail pad*.

c. <u>Plat Sambung</u>

Pada perencanaan ini berdasarkan PM No.60 tahun 2012 didapat ketentuan mengenai plat sambung untuk tipe rel R.54 bahwa:

Komposisi	C : 0.4 – 0.55
	Si : 0.40
	Mn : 0.55 – 1.00
	P : 0.040
	S : 0.045
Sifat Mekanis	Kuat Tarik : 85 kg/mm
	Pertambahan panjang : 12 %
	Kekerasan Brinell : 262 – 331

d. <u>Bantalan</u>

Untuk lebar jalan rel 1067 mmdengan kuat tekan karakteristik beton tidak kurang dari 500 kg/cm , dan mutu baja prategang dengan tegangan putus (tensile strength) minimum sebesar 16.876 kg/cm^2 (1.655 MPa). Bantalan beton harus mampu memikul momen minimum sebesar +1500 kg m pada bagian dudukan rei dan -930 kg m pada bagian tengah bantalan. Dimensi bantalan beron untuk lebar jalan rei 1067 mm:

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

b. Struktur Bangunan Bawah

1. Balas (*Ballast*)
2. Subbalas (*SubBallas*)
3. Tanah Dasar (*Subgrade)* ;tidak dirancang
4. Tanah Asli (*Natural Ground*) ;tidak dirancang

Berdasarkan ketentuan pada BAB sebelumnya (Landasan Teori) pemilihan material struktur bangunan atas hanya mengacu pada Landasan Teori atau Peraturan yang berlaku.

a. <u>Balas dan Sub-balas</u>

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 Iintas kereta pada jalan rei, 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 reI.

Mengacu pada PM. No.60 tahun 2012 dan PD No.10 tahun 1986, yaitu:

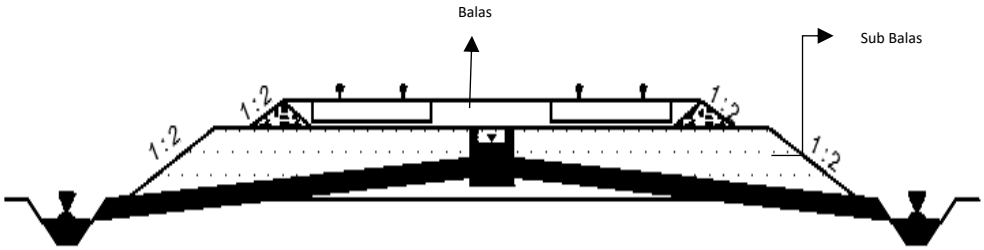
a.) Balas

PM. No.60 tahun 2012	Tebal Balas: 30 cm
Kelas I :	Lebar Bahu Balas : 60 cm
PD No.10 tahun 1986	Tebal Balas: 30 cm
Kelas I :	Lebar Bahu Balas : 50
Kemiringan lereng 1 : 2	

Pada Studi ini acuan utama ialah PM No.60 tahun 2012

b.) Sub Balas

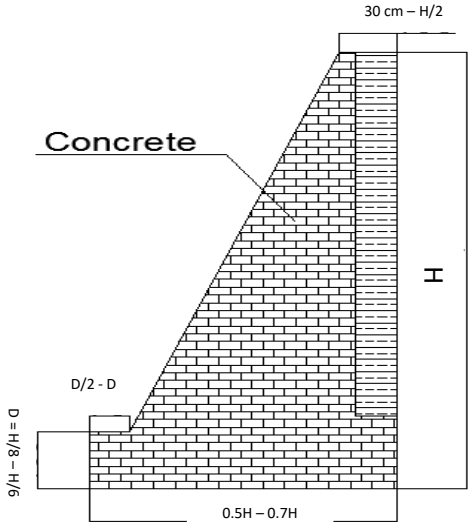
PD No.10 1986	Tebal Sub Balas : 15 cm
Kelas I :	Lebar Bahu Balas : 60 cm
Kemiringan lereng 1 : 2	



Gambar 5.2. Detail Struktur Bangunan Atas dan Bawah Jalur Ganda KA.

c. Konstruksi Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

Konstruksi dinding penahan tanah (*retaining wall*) biasanya dibangun pada daerah yang merupakan timbunan dan galian, daerah sekitar pangkal jembatan, ROW yang terbatas, daerah rawan erosi ataupun karena gangguan manusia. Pada umumnya dinding penahan tanah ini menggunakan pasangan batu kali ataupun beton.

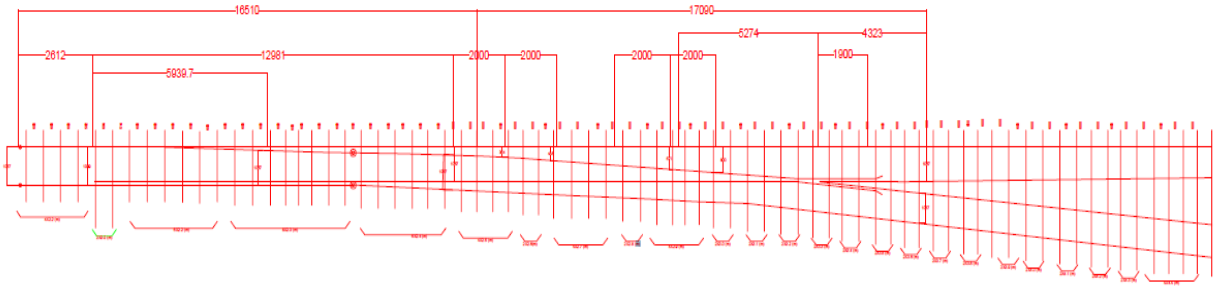


Gambar 5.3. Desain Tipikal Retaining Wall

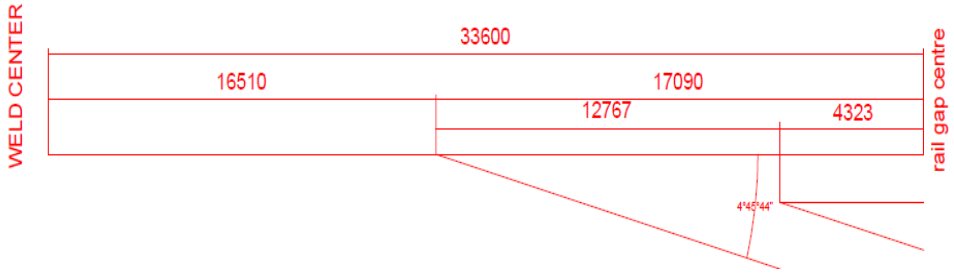
d. Wesel

Berdasarkan acuan PM.60 tahun 2012 Wesel terdiri atas:

a) Lidah
b) Jarum
c) Rel Lantak
d) Rel Pekas
e) Sistem Penggerak



Gambar 5.4 Tampak Wesel



Gambar 5.5 Diagram S soakematik Wesel

D. PERENCANAAN GEOMETRI

1. Geometrik Jalan Rel

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

1.1. Titik Awal Pekerjaan

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.

<u>PERENCANAAN TIKUNAGAN HORIZONTAL</u>

(untuk Tikungan 1 sebagai contoh)

1.2.1. Data Kecepatan Rencana:

Kelas Jalan I : ($20\ x\ 10^6\ ton/tahun$)

Kecepatan Maksimum : V =Kelas Jalan I 120 Km/jam
Kecepatan Operasi : V_r =90 Km/jam (asumsi)

Didapat kecepatan rencana 1.25 x 90 km/jam = 112,5 km/jam

1.2.2. Perencanaan Horizontal:

Rmin $= 0{,}076\ V = 0{,}076\ x\ (120)^2 = 1094{,}4\ \approx 1095\ m$

Rmin $= 0{,}054\ V = 0{,}054\ x\ (120)^2 = 777{,}6\ \approx 780$ m

Rmin dari Tabel PM No.60 tahun 2012 = 780 m

R rencana = 780 m

Berdasarkan nilai Rmin 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.

1.2.3. Perencanaan Tikungan

a. Peninggi Rel

<u>Peninggian Rel Minimum</u>

Diketahui :

Vr = 112,5 km/jam

Rr = 780 m

Rumus :

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

Perhitungan :

$$h_{min} = \frac{8{,}8\ (120)^2}{780} - 53{,}5 = 89{,}25 \text{ mm}$$

<u>Peninggian Rel Normal</u>

Diketahui :

Vr = 112,5 km/jam

Rr = 780 m

Rumus :

$$h_{normal} = 5{,}95\ .\ \frac{V^2}{Rr}$$

Perhitungan :

$$h_{normal} = 5{,}95\ .\ \frac{112{,}5^2}{780} = 96{,}54 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

<u>Peninggian Rel Maksimum</u>

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} = 89,25 mm, h_{normal} = 96.54 dan, h_{maks} = 100 mm maka nilai h yang di pakai adalah 102.98 ≈105 mm mm kerena di anggap paling stabil dan aman.

b. Pelebaran Sepur

Untuk mengetahui nilai pelebaran sepur maka dapat langsung merujuk pada Tabel dibawah ini untuk lebar sepur 1067 mm.

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

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

Sumber : PM. No.60 tahun 2012

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

c. 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	= 112,5 km/jam
R rencana	= 780 m
Sudut Belok Δ	= 26°

a) Menghitung Panjang Lengkung

Ls $= 0{,}01 \times h \times v = 0{,}01 \times 100 \times 120$

= 120 m

$\theta_s = \frac{90+Ls}{\pi \times R} = \frac{90+120}{\pi \times 780} = 4{,}41°$

$\theta_c = \Delta_s \,.\, 2\theta_s = 26 - 2(4{,}41°) = 17{,}18°$

Lc $= \frac{\theta_c}{360°} \times 2\pi$ R $= \frac{17{,}18}{360°} \times 2\,\pi \times 780$

= 233,77 m

L = 2 Ls + Lc = 2(120) + 233,77

= 473,77 m

b) Menghitung Xc, Yc, k, dan p

Xc = Ls - $\frac{Ls^3}{40 \times R^2}$ = 120 - $\frac{120^3}{40 \times 780^2}$ = 119,929 m

Yc = $\frac{Ls^2}{6 \times R} = \frac{120^2}{6 \times 780}$ = 3,076 m

P = Yc – R(1- cos θ_s)

= 3,076 – 780 (1- cos 4.41°) = 0,77 m

K = Xc – R sin θ_s

= 119,929 – 780 sin 4,41° = 59,96 m

c) Menghitung Tt dan Et

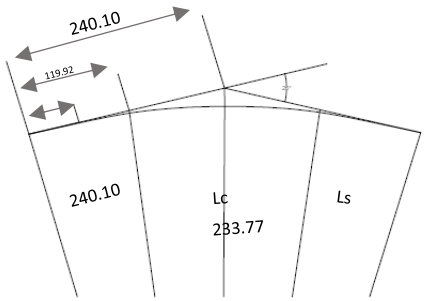
Tt = (R + P) tg $\frac{\Delta_s}{2}$ + K

= (780 + 0,77) tg $\frac{26}{2}$ + 59,96 = 365,215 m

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

= (780 + 0,54) sec $\frac{26}{2}$ - 780 = 21,31 m

Proyeksi lengkung horizontal ditunjukkan dalam gambar 5.1 :



Gambar 5.6 Proyeksi Tikungan I Pada Alinemen Horizontal

Berikut ini ditampilkan Tabel 5.2 hasil perhitungan jumlah tikungan yang terdapat di alinemen horizontal, yaitu :

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Pada Alinemen Horizontal

DATA	TIKUNGAN 1	TIKUNGAN 2	TIKUNGAN 3	TIKUNGAN 4	TIKUNGAN 5	TIKUNGAN 6	TIKUNGAN 7	TIKUNGAN 8	TIKUNGAN 9
Δ	26,000	12,000	16,000	33,000	26,000	8,000	26,000	28,000	8,000
V	120,000	120,000	120,000	120,000	110,000	120,000	120,000	120,000	120,000
Vr	112,500	112,500	112,500	112,500	112,500	112,500	112,500	112,500	112,500
(Θs)	4,410	4,410	4,410	4,410	4,042	3,709	4,410	4,410	3,709
(Θc)	17,181	3,181	7,181	24,181	17,916	0,581	17,181	19,181	0,581
Ls	120,000	120,000	120,000	120,000	110,000	110,000	120,000	120,000	110,000
Lc	233,773	43,280	97,707	329,020	243,773	8,622	233,773	260,987	8,622
Tt	240,212	142,020	169,688	291,232	235,189	114,444	240,212	254,625	114,444
Et	21,305	5,069	8,441	34,301	21,179	2,669	21,305	24,670	2,669
K	59,958	59,958	59,958	59,958	54,963	54,964	59,958	59,958	54,964
P	0,768	0,768	0,768	0,768	0,645	0,592	0,768	0,768	0,592
R	780,000	780,000	780,000	780,000	780,000	850,000	780,000	780,000	850,000

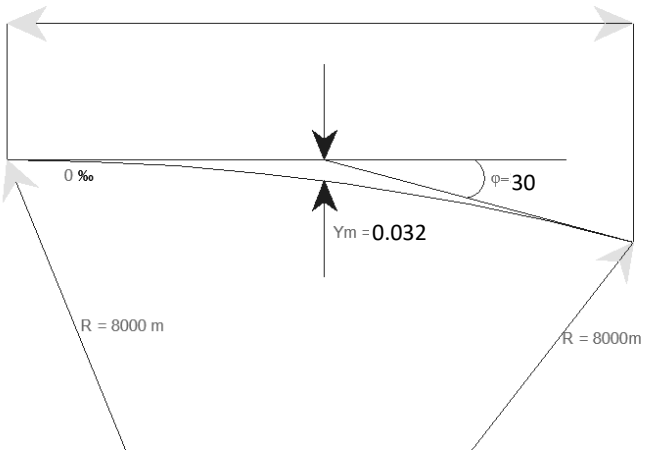
1.3.Alinyemen Vertikal

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

a. Untuk rencana jalan rel kelas I digunakan Rmin 8000 m.
b. Pada jalur rel tingkat kelandaian yang digunakan antara 0‰ - 10‰
c. 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 5.7 Perubahan Lengkung dari datar ke turunan

PERENCANAAN TIKUNAGAN VERTIKAL

Perhitungan :

Diperoleh Data Rencana

No. Lengkung 1

Awal Stasiun = 28 + 554

Elevasi awal = 104

Akhir Kemiringan = 29 + 554

Elevasi akhir = 104

a. **Horizontal kemiringan** = (28 + 554) – (29 + 554)
= 1000 m

b. **Beda elevasi** = 45 -45 = 0

c. **Permil kemiringan** = (0/1000) x 1000
= 0 ‰

No. Lengkung 2

Awal Stasiun = 29 + 554

Elevasi awal = 104

Akhir Kemiringan = 32 + 554

Elevasi akhir = 87

a. **Horizontal kemiringan** = (29 + 554) – (32 + 554)
= 3000 m

b. **Beda elevasi** = 87 – 104 = - 17

c. **Permil kemiringan** = (-17/3000) x 1000
= - 5,667 ‰

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

Xm $= \frac{R}{2} \times (\varphi)^2$

$= \frac{8000}{2} \times (0 - (-5{,}667\ ‰))$

= 22,667 m

Ym $= \frac{R}{8} \times (\varphi)^2$

$= \frac{8000}{8} \times (0-(-5{,}667\ ‰))^2$

= 0,032 m

L $= \varphi\ x\ R$

= 5.667 x 8000 = 45.333 m

Pada Tabel 5.3. di bawah ini dapat dilihat jumlah dan nilai lengkungan yang tedapat pada perencanaan jalan rel kereta api antara Stasiun Rejosari – Stasiun Renga.

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Alinemen Vertikal

No	Awal Kemiringan	Elev Awal	Akhir Kemiringan	Elev Akhir	Beda Elevasi	Permil Kemiringan	Tipe	Xm	Ym	L (m)
1	28554	104	29554	104	0,000	0,000	cembung	22,667	0,032	45,333
2	29554	104	32554	87	-17,000	-5,667	cekung	-22,667	0,032	-45,333
3	32554	87	33554	87	0,000	0,000	cembung	30,667	0,059	61,333
4	33554	87	36554	64	-23,000	-7,667	cekung	-30,667	0,059	-61,333
5	36554	64	41554	64	0,000	0,000	cembung	20,000	0,025	40,000
6	41554	64	43554	54	-10,000	-5,000	cekung	-20,000	0,025	-40,000
7	43554	54	47253	54	0,000	0,000	cembung	0,000	0,000	0,000

E. PERENCANAAN LAYOUT DAN EMPLASEMEN

1. Perencanaan Layout Emplasemen

Dalam perencanaan *layout* emplasemen di stasiun kereta api, terlebih dahulu harus memperhatikan fungsi stasiun dan pola operasi kereta api.

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 33 tahun 2011 Tentang Jenis, Kelas dan Kegiatan di Stasiun Kereta Api, stasiun terdiri atas:

1. Emplasemen

   Emplasemen stasiun terdiri atas:

   a. Jalan rel;

   b. Fasilitas pengoperasian kereta api; dan

   c. Drainase.

2. Bangunan Stasiun

   Bangunan stasiun terdiri atas:

   a. Gedung;

   b. Instalasi pendukung; dan

   c. Peron.

Emplasemen adalah konfigurasi jalan rel yang digunakan untuk menyusun kereta atau gerbong menjadi rangkaian yang dikehendaki dan menyimpannya pada waktu tidak digunakan.

Perencanaan jalan rel di emplasemen stasiun direncanakan dengan mempertimbangkan aspek ekonomi dan prakiraan peningkatan volume angkutan penumpang dan barang, sistem pengamanan, dan lain-lain.

Panjang efektif emplasemen siding minimum yaitu 400 m untuk kecepatan rencana 30 Km/Jam.

F. ESTIMASI VOLUME PEKERJAAN

1. Pengadaan Material

Pada pekerjaan jalur ganda Kereta Api Ganda antara stasiun Rejosari sampai stasiun Rengas, dilakukan pekerjeaan pengadaan material berupa:

1) Bantala beton lengkap dengan penambat material;
2) Situ (Sub Balas) di site;
3) Balas batu pecah ukuran 2 – 6 cm di site

2. Pelaksanaan Pekerjaan

2.1.Pelaksanaan persiapan

Adapun linkup pekerjaan persiapan pada pembangunan jalur kereta api ganda antara stasiun Rejosari sampai stasiuan Rengas ialah:

1) Mobilisasi peralatan kerja
2) Pengukuran, pasang patok profil track dan gambar;
3) Gambar *soft drawing* dan *as built drawing*;
4) Pembuatan direksi keet dan gudang material;
5) Pembuatan papan nama proyek;
6) Penerangan lengkap peralatan direksi;
7) Penjagaan keamanan lingkungan kerja.

2.2.Pekerjaan pembebasan lahan

Pekerjaan pembebasan lahan yang utamanya merupakan bagian dari pembangunan jalan kereta api ganda ini disesuaikan dengan kondisi trase desain berupa penggantian biaya bongkar dang anti rugi tanam tumbuh.

2.3.Pekerjaan Sipil dan Badan KA

Adapun lingkup pekerjaan badan jalan kereta api pada pembangunan jalur kereta api ganda antara stasiun Rejosari sampai stasiuan Rengas ialah:

1) Menebang/membabat tanaman termasuk buang untuk lokasi tubuh baan;
2) Mengupas, menggali permukaan tanah humus pada lokasi timbunan dan membuat trap;
3) Membuang tanah humus pada lokasi timbunan dan bongkaran;
4) Pembuatan jalan masuk sementara;
5) Pembuatan perlintasan darurat;
6) Galian / keprasan tanah sesuai kemiringan lereng berikut buang tanah;
7) Menguruk tanah (tubuh baan) sesuai normalisasi jalan KA dari tanah (merah) luar lokasi / badan jalan KA;
8) Menggilas, memadatkan tanah lapis demi lapis dengan mesin berat / vibro, handy stemper;
9) Pemasangan geotekstil;
10) Mengurug pasir diatas geotekstil;
11) Biaya Pengujian pekerjaan tanah;
12) Pembangunan stasiun baru;
13) Pembangunan peron baru di stasiun;
14) Memperbaiki kondisi jalan masuk kendaraan angkutan.

2.4.Pekerjaan Jalan Rel

Adapun lingkup pekerjaan rel pada pembangunan jalur kereta api ganda antara Rejosari sampai stasiuan Rengas ialah:

1) Pengadaan Rel;
2) Pengadaan Wesel;

3) Angkkut, bongkar dan ecer bantalan beton lengkap penambat elastis untuk track rel R 54;
4) Muat, bongkar/ecer susun rel R 54 dilokasi;
5) Melangsir bantalan beton lengkap alat penambat elastis termasuk muat/bongkar, susun sesuai jarak bantalan;
6) Pengelasan rel R.54 dengan aluminothermit termasuk bahan;
7) Pemasangan track baru rel R.54 + bantalan beton lengkap penambat elastis;
8) Menyambung track baru;
9) Pembuatan skip semboyan;
10) Pembuatan dan pemasangan patok Km+Hm per 100m;
11) Pembuatan dan pemasangan patok lengkung;
12) Penjagaan track, keamanan perjalanan KA.

2.5.Pekerjaan Balas

lingkup pekerjaan balas pada pembangunan jalur kereta api ganda antara stasiun Rejosari sampai stasiun Rengas ialah:

1) Angkutan balas dengan KA;
2) Menghampar, meratakan/memasukkan sub balas sirtu ke dalam tubuh baan berikut pemadatan dengan mesin berat / gilas;
3) Mengerjakan menghampar/memasukkan batu balas ke dalam track termasuk profil jalan KA;
4) Angkat listring track dengan HTT/manual sampai kecepatan 20 km/jam;
5) Angkat listring track dengan HTT/manual sampai kecepatan 40 km/jam;
6) Angkat listring track dengan HTT/manual sampai kecepatan 60 km/jam;

7) Angkat listring track dengan MTT (sampai KA normal) dan PBR (3 kali).
8) Pekerjaan Switch Over.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Kebutuhan Pembangunan Jalur KA

No	Jenis Prasarana	Rencana Pembangunan Prasarana
1.	Jalur rel KA	Kelas jalan; kelas I
		Lebar Sepur = 1.067
		Tipe rel R 54
		Jenis Bantalan = Beton
		Jenis penambat – pandrol e-clips
		Jenis sambungan = tipe melayang
		Tipe wesel = 1:12
		Ballas
		Suballas
		Subgrade
		Tubuh baan
		Emplasemen (layout Stasiun)
2	Wesel	18 unit
3	Bangunan Pelengkap (Drainase dan Saluran Terbuka di jalur rencana dan emplasemen)	Disesuaikan dilapangan
4	Perkuatan tanah	Disesuaikan kondisi dilapangan
5	Penggunaan lahan untuk dibebaskan	Pembebasan lahan tumbuh
6	Sinyal dan telekomunikasi	Persiapan persinyalan dan telekomunikasi

3. **Volume Galian dan Volume Timbunan**

Berdasarkan hasil analisis trase yang dilakukan didapat Volume galian terbesar terletak pada St. 36 + 454 dengan besar volume galian 65.446,427 m^3. Dan jumlah Volume Galian pada proyek Pembangunan Rel Rejosari – Rengas sepanjang 18,7 km diperkirakan mencapai 4.253.566 m^3 dan Volume Timbunan 3.185 m^3.

4. **Pekerjaan penyelesaian**

Adapun lingkup pekerjaan penyelesaian pada pembangunan jalur kereta api ganda antara stasiun Rejosari – Rengas ialah:

- demobilisasi
- pembersihan lahan
- dokumentasi dan gambar akhir

G. Estimasi RAB Pekerjaan

Dalam penyusunan RAB pada studi ini, penulis menggunakan PM.78 tahun 2014 sebagai acuan harga satuan yang digunakan dalam analisis perhitungan biaya pembangunan jalur KA ganda antara stasiun Rejosari sampai stasiun Rengas.

Bedasarkan hasil analisis, biaya terbesar dalam perencanaan ialah biaya galian tanah yang mencapai Rp500 Milyar, hal ini dikarenakan jumlah galian tanah yang begitu besar sehingga menjadikan biaya oprasional meningkat.

Biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan pembangunan jalur Kereta Api ganda Stasiun Rejosari - Rengas secara keseluruhan adalah sebesar Rp954,784,000,000.000,- dan bila dirata-ratakan maka akan didapat biaya sebesar Rp50.3 Milyar per km. Adapun perhitungan secara keseluruhan ditampilkan pada lampiran studi.