

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tinjauan Umum

Desain konstruksi jalur rel kereta api harus direncanakan sesuai dengan persyaratan teknis, dengan harapan mampu memberikan desain yang optimal dan dapat dipertanggungjawabkan. Kriteria teknis dimaksudkan konstruksi jalan tersebut aman dilalui oleh sarana perkeretaapian dengan tingkat kenyamanan optimal dalam umur rancangan konstruksi jalur rel.

Pada tahapan kegiatan teknis ini, dilakukan analisis serta perhitungan lebih lanjut yang lebih komprehensif dan mendalam yang diharapkan mampu mendapatkan desain teknis jalur kereta api ganda berdasarkan persyaratan teknis dan peraturan – peraturan yang berlaku di Kementerian Perhubungan maupun PT. Kereta Api Indonesia.

B. Kriteria Desain

Berdasarkan pada Landasan Teori dan peraturan yang digunakan dalam perancangan, maka ketentuan – ketentuan atau kriteria desain untuk jalur kereta api ganda antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari.

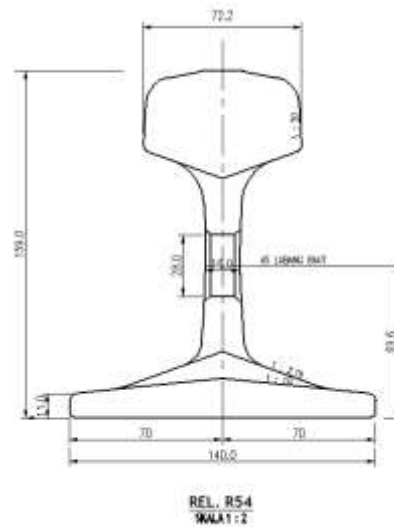
1. Lebar dan Jarak Jalan Rel
 - a. Persyaratan teknis untuk lebar jalan rel kereta api yang digunakan adalah 1067 mm, sama dengan lebar sepur yang digunakan pada jaringan jalur kereta api di Indonesia.
 - b. Jarak minimum antar as pada jalur kereta api adalah 4,00 meter.
 - c. Jarak minimum antar as pada lengkung horisontal disesuaikan dengan radius lengkung.
 - d. Ruang bebas yang digunakan untuk lebar jalur 1067 mm pada jalur lurus dan tikungan diperhitungkan adanya muatan *double track* atau muatan peti kemas.
2. Kecepatan dan Beban Gandar
 - a. Kecepatan rencana : 100 km/jam. Dengan mempertimbangkan kecepatan existing yang sudah ada berdasarkan Grafik Perjalanan Kereta Api Divisi Regional III Sumatera Selatan.

- b. Kecepatan di Emplasemen (*sliding track*) : 45 km/jam.
 - c. Beban maksimum gandar : 18 ton.
3. Geometrikk Jalan Rel
- a. Jari – jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan pada lengkung horisontal digunakan antara 350 – 600 m.
 - b. Jari – jari minimum yang digunakan pada lengkung vertikal adalah 6000 meter.
 - c. Pada lintas datar, kelayakan jalan rel kereta api pada petak jalan antara 0 ‰ – 10 ‰.
4. Material
- a. Kelas jalan yang direncanakan adalah jalan rel kelas I dengan jenis rel R – 54 dengan karakteristik dan spesifikasi yang memenuhi ketentuan yang berlaku.
 - b. Alat penambat yang digunakan adalah rel tipe elastik dengan persyaratan bahan sesuai dengan Peraturan Bahan jalur Kereta Api atau peraturan yang berlaku.

C. Perancangan Struktur Jalan Rel

1. Rel

Spesifikasi rel yang digunakan pada desain Jalur Ganda Kereta Api antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari adalah tipe rel R – 54, dengan pertimbangan pemanfaatan dan usia penggunaannya dalam jangka panjang. Untuk tipe rel R – 54 disajikan pada Gambar 5.1, sedangkan dimensi atau ukuran rel tipe R – 54 ditampilkan pada Tabel 5.1.



Gambar 5.1 Tipikal rel tipe R – 54

Tabel 5.1 Dimensi penampang rel tipe R – 54.

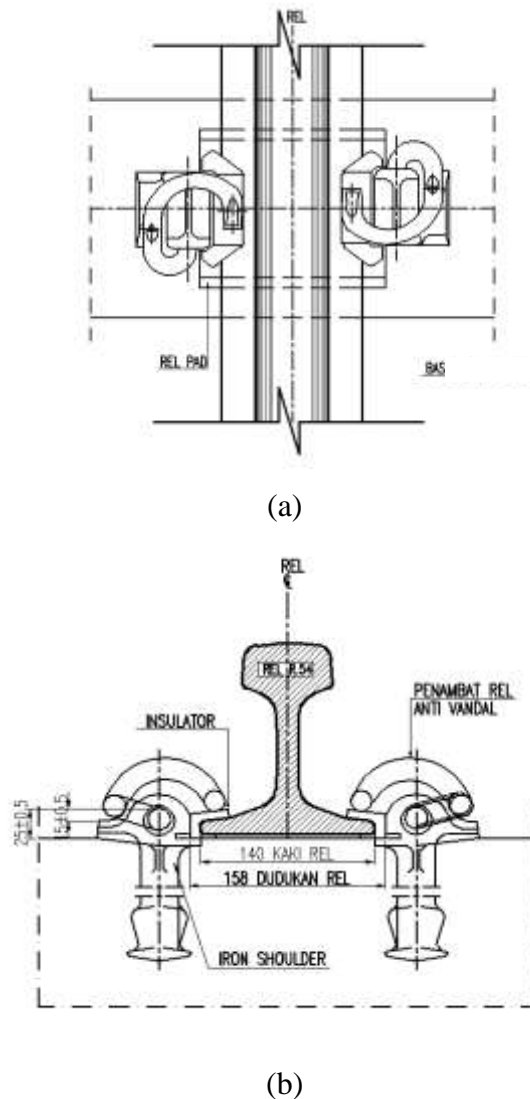
Besaran Geometrik Rel	Tipe Rel
	R – 54
H (mm)	159,00
B (mm)	140,00
C (mm)	70,00
D (mm)	16,00
E (mm)	49,40
F (mm)	30,20
G (mm)	74,79
R (mm)	508,00
A (cm ²)	69,34
W (kg/m)	54,43
I _x (cm ⁴)	2346
Y _b (mm)	76,20
A = Luas penampang	
W = Berat rel per meter	
I _x = Momen inersia terhadap sumbu x	
Y _b = Jarak tepi bawah rel ke garis netral	

(Sumber : PM No. 60 Tahun 2012)

2. Penambat

Penambat yang digunakan pada desain konstruksi jalur rel Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari adalah penambat jenis elastis ganda tipe Pandrol *e – clips* 1800 dengan gaya jepit mencapai 1100 kgf sesuai dengan

PM No. 60 Tahun 2012. Komponen yang ada pada penambat terdiri dari *shoulder/insert*, *clip*, *insulator*, dan *rubberpad*. Pemasangan penambat rel dilakukan dengan menggunakan alat bantu *small jack* dan *pan satter*. Untuk tipikal penambat tipe Pandrol *e – clips* tampak disajikan pada Gambar 5.2.

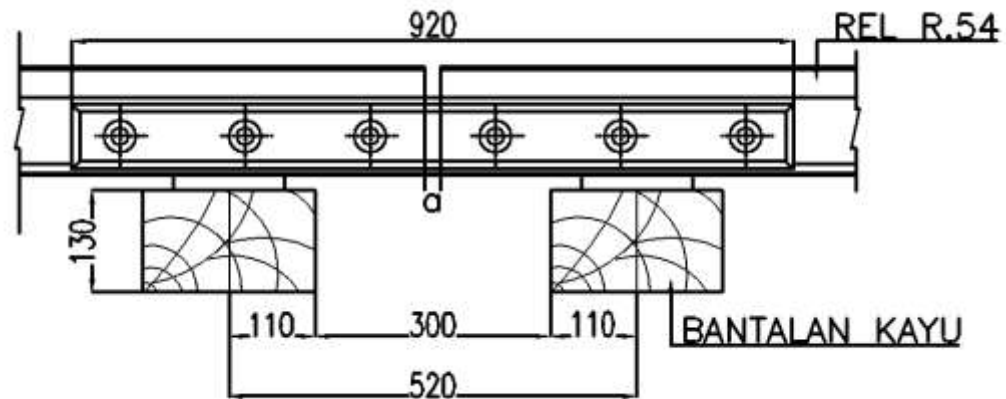


Gambar 5.2 Tampak atas penambat (a) dan Tampak potongan penambat (b) tipe Pandrol *e – clips*

3. Pelat Sambung, Mur dan Baut

Sambungan rel adalah konstruksi yang mengikat dua ujung rel dengan menggunakan pelat sambung, baut dan mur. Sambungan didesain sedemikian rupa sehingga operasi kereta api tetap nyaman dan aman dengan celah sambungan 11 – 16 mm. Untuk pekerjaan penyambungan rel, dilakukan pengelasan rel untuk sambungan standar 25 m dan penggunaan sambungan

fishplate setiap panjang 300 m dengan tipe pemasangan sambungan adalah sambungan melayang. Panjang pelat sambung digunakan sepanjang 9,2 m. Pola penyambungan rel disajikan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Skema sambungan rel dengan Mur dan Baut

4. Bantalan

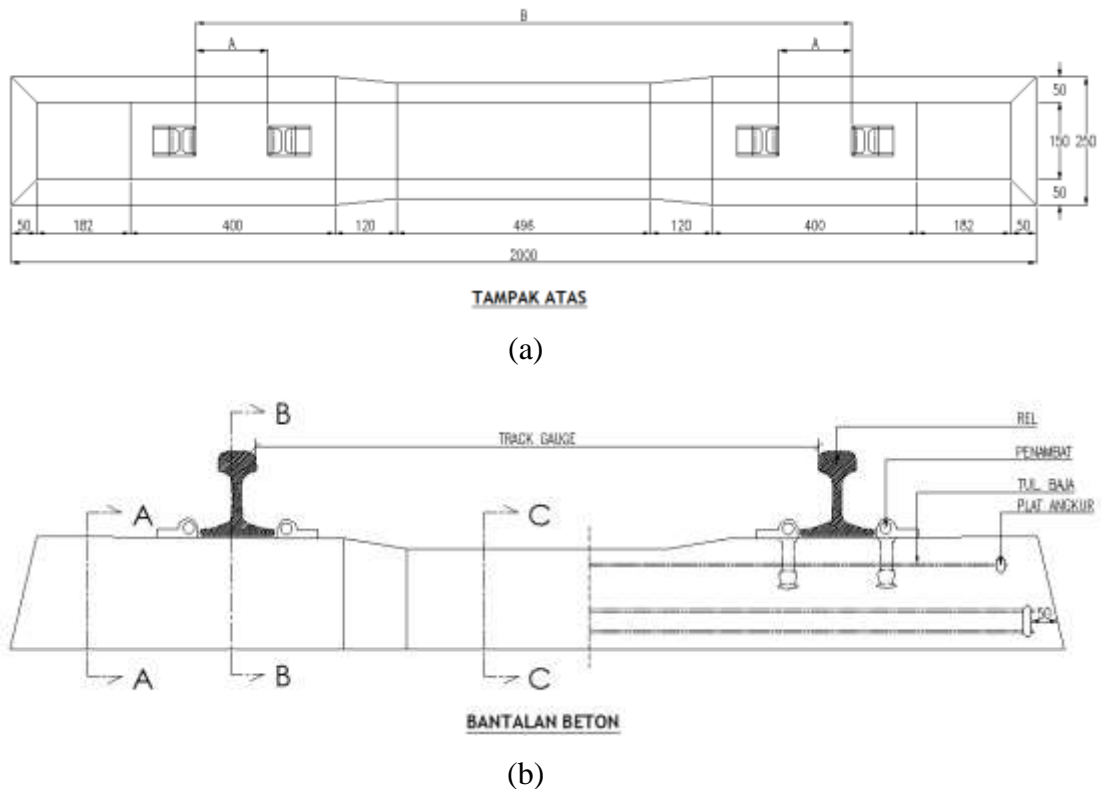
Dalam desain jalur rel kereta pada Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari digunakan bantalan beton. Untuk lebar jalur rel 1067 mm, material beton yang digunakan memiliki karakteristik kuat tekan tidak kurang dari 500 kg/cm, dan mutu baja prategang dengan tegangan putus (*tensile strength*) minimum sebesar 16.876 kg/cm² (1.665 MPa). Dimensi bantalan beton yang digunakan dalam desain dengan lebar jalur rel 1067 mm sesuai PM No. 60 Tahun 2012 adalah :

- 1) Panjang bantalan : 2.000 mm.
- 2) Lebar maksimum bantalan : 260 mm.
- 3) Tinggi maksimum bantalan : 220 mm.

Pada desain jalur rel antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari digunakan dimensi sebagai berikut :

- 1) Panjang bantalan : 2.000 mm.
- 2) Lebar atas bantalan : 150 mm.
- 3) Lebar bawah bantalan : 250 mm.
- 4) Tinggi bantalan : 215 mm.

Skema bantalan yang digunakan pada desain jalur rel Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari tersaji pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Bantalan beton

5. Lapis Pondasi Atas (*Ballast*)

Lapisan balas berfungsi untuk meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar, mengokohkan kedudukan bantalan dan meloloskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan rel.

Material pembentuk balas disyaratkan sebagai berikut :

- 1) Tebal lapisan balas yang digunakan adalah 30 cm.
- 2) Lebar bahu balas yang digunakan adalah 50 cm.
- 3) Kemiringan lereng lapisan balas adalah 1 : 2.
- 4) Balas terdiri dari batu pecah (25-60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan.
- 5) Material balas harus bersudut banyak dan tajam.
- 6) Porositas maksimum 3 %.
- 7) Kuat tekan rata – rata maksimum 1000 kg/cm².
- 8) *Specific graffiti* minimum 2,6.

- 9) Kandungan tanah, lumpur, dan organik maksimum 0,5 %.
- 10) Kandungan minyak maksimum 0,2 %.
- 11) Keasusan sesuai dengan pengujian *Los Angles* tidak lebih dari 25 %.

6. Lapis Pondasi Bawah (*Subballast*)

Lapisan subbalas berfungsi sebagai lapisan penyaring (*filter*) antara tanah dasar dan lapisan balas, yang dapat mengalirkan air dengan baik.

Material pembentuk subbalas disyaratakan sebagai berikut :

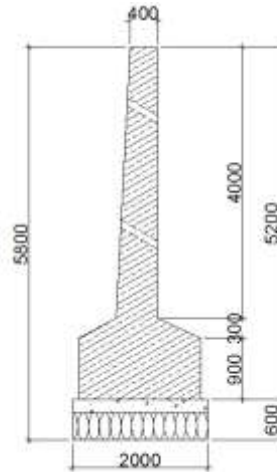
- 1) Tebal lapisan subbalas yang digunakan adalah 50 cm.
- 2) Kemiringan lereng lapisan subbalas 1 : 2.
- 3) Material subbalas dapat berupa campuran kerikil (*gravel*) atau kumpulan agregat pecah dan pasir.
- 4) Material subbalas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5 %.
- 5) Untuk material subbalas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung minimal 30 % agregat pecah.
- 6) Lapisan subbalas harus dipadatkan sampai mencapai 95 %.

7. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

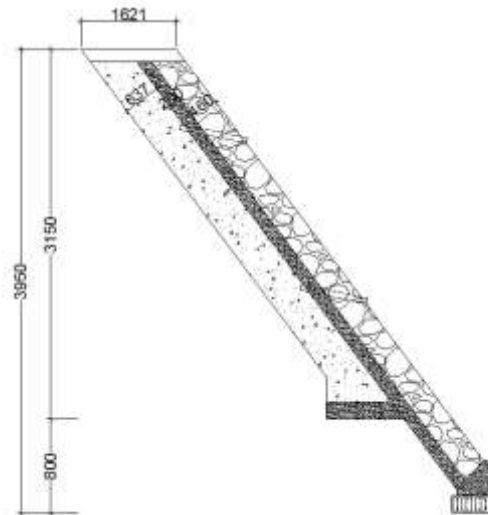
Pada perencanaan ini digunakan material tanah asli / tanah kelas baik, apabila pada kondisi tanah pada titik tertentu mendapatkan jenis tanah kurang baik. Dimensi tebal pada sub – grade dilihat dari galian dan timbunan.

8. Perkuatan

Perkuatan dinding penahan tanah pada studi ini menggunakan metode *retaining wall*. Konstruksi dinding penahan tanah biasanya dibangun pada daerah yang merupakan urugan ataupun pada daerah galian, lebar lahan yang terbatas, ataupun pada daerah rawan kelongsoran. Pada umumnya dinding penahan tanah ini menggunakan konstruksi pasangan batu kali ataupun beton. Pada studi ini juga digunakan pula *retaining wall* pada lereng timbunan yang memiliki ketinggian timbunan lebih dari 3 m. Tipikal bentuk dinding beton penahan tanah tersaji pada Gambar 5.6 dan tipikal *retaining wall* tersaji pada Gambar 5.7.



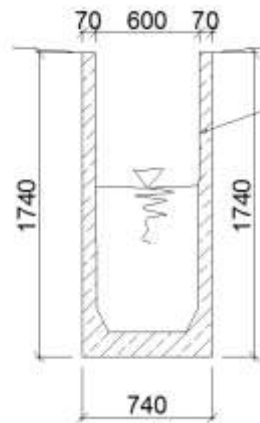
Gambar 5.5 Tipikal dinding penahan tanah



Gambar 5.6 Tipikal *retaining wall* pada lereng

9. Drainasi pada Jalan Rel

Pada desain proyek pembangunan jalur rel kereta antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarasari, akan digunakan drainasi *case in situ* dengan bentuk – U. Untuk jalan kereta api ganda dengan jarak as ke as 4 – 8 m, drainase dapat dibuat hanya pada salah satu sisi, namun untuk jalan kereta api dengan jarak as ke as > 8 m, drainase harus dibuat di tengah dan kedua sisi jalan rel. Bentuk tipikal desain drainasi tersaji pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Tipikal drainasi

D. Perancangan Geometrik Jalan Rel

1. Ketentuan Umum Perancangan Jalan Rel

Perancangan geometrikk jalan rel pada Tugas Akhir ini membahas tentang desain alinemen horisontal, desain alinemen vertikal, dan desain potongan melintang yang mengacu pada Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, Peraturan Daerah No. 10 Tahun 1986 tentang Perancangan Konstruksi Jalan Rel, dan Buku Rekayasa Jalan Kereta Api. Perancangan ini menggunakan anggapan bahwa trase terpilih merupakan trase terbaik yang akan dilakukan desain lebih lanjut.

2. Perancangan Alinemen Horisontal

Pada desain DED dari Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari dengan panjang jalur 10,728 km, terdapat 14 tikungan dengan jenis tikungan S-C-S (*Spiral-Circle-Spiral*), hal ini dikarenakan tikungan yang terbentuk mempunyai jari – jari < 800 m. Adapun hasil perhitungan di bawah ini merupakan satu contoh perhitungan yang kemudian hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5.3.

a. Data kecepatan rencana :

Kelas jalan rel : Kelas jalan I.

Kecepatan Rencana ($V_{rencana}$) : 100 km/jam.

b. Perencanaan jari – jari tikungan (R).

1) Gaya sentrifugal diimbangi sepenuhnya oleh gaya berat.

$$R_{\min} = 0,076 (V_{rencana})^2 = 0,076 \times (100)^2 = 760 \text{ m}$$

- 2) Gaya sentrifugal diimbangi oleh gaya berat dan daya dukung komponen jalan rel.

$$R_{\min} = 0,054 (V_{\text{rencana}})^2 = 0,054 \times (100)^2 = 540 \text{ m}$$

- 3) Jari – jari minimum untuk lengkung yang tidak memerlukan busur peralihan jika tidak ada peninggian rel yang harus dicapai ($h=0$).

$$R_{\min} = 0,164 (V_{\text{rencana}})^2 = 0,164 \times (100)^2 = 1640 \text{ m}$$

Dalam Tabel 2.3 Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api dengan kecepatan rencana 100 km/jam di dapatkan jari – jari rencana minimal digunakan adalah 550 m dengan tinggi peninggian maksimal 110 mm. Sehingga dapat digunakan nilai R_{\min} adalah 550 m yang digunakan untuk perhitungan berikutnya.

c. Perencanaan Tikungan

1) Peninggian Rel

a) Peninggian Rel Minimum

Diketahui :

$$V_{\text{rencana}} = 100 \text{ km/jam}$$

$$R_{\text{desain}} = 550 \text{ m}$$

Rumus :

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

Perhitungan :

$$h_{\min} = \frac{8,8 (100)^2}{550} - 53,5 = 106,5 \text{ mm}$$

Peninggian ini merupakan peninggian minimum yang diambil pada kondisi paling kritis ketika kereta berada pada tikungan.

b) Peninggian Rel Normal

Diketahui :

$$V_{\text{rencana}} = 100 \text{ km/jam}$$

$$R_{\text{desain}} = 550 \text{ m}$$

Rumus :

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \frac{V^2}{R} \text{ (dalam satuan mm)}$$

Penyelesaian :

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \times \frac{(100)^2}{550} = 108,18 \text{ mm}$$

Peninggian normal ini pada dasarnya merupakan peninggian yang sudah dalam kondisi normal dan aman untuk diterapkan pada tikungan.

c) Peninggian Rel Maksimum

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

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa peninggian rel rencana/desain harus memenuhi syarat :

$$h_{\text{minimum}} < h_{\text{normal}} < h_{\text{maksimum}} = 106,5 \text{ mm} < 108,18 \text{ mm} < 110 \text{ mm}$$

nilai h_{rencana} digunakan dibulatkan menjadi bilangan kelipatan 5 mm di atasnya, maka digunakan nilai $h_{\text{rencana}} = 110 \text{ mm}$.

2) Pelebaran Sepur

Untuk mengetahui nilai pelebaran sepur maka dapat langsung merujuk pada Tabel 5.2 untuk lebar sepur 1067 mm.

Tabel 5.2 Pelebaran sepur untuk 1067 mm.

Jari – Jari Tingkungan (mm)	Pelebaran (mm)
$R > 600$	0
$550 < R \leq 600$	5
$400 < R \leq 550$	10
$350 < R \leq 400$	15
$100 < R \leq 350$	20

(Sumber : PM No. 60 Tahun 2012)

Dengan nilai $R_{\text{rencana}} 550 \text{ m}$ maka dapat digunakan nilai pelebaran maksimum 10 mm.

d. Perhitungan Lengkung Horisontal

Berikut ini contoh perhitungan lengkung horisontal pada desain jalan rel Stasiun Muara Enim – Banjarsari, yaitu :

Tikungan 2

Diperoleh data perencanaan :

Kecepatan rencana (V_{rencana}) = 100 km/jam

Jari – jari rencana ($R_{rencana}$) = 550 m

Sudut belok (Δ) = 17,604^o

1) Menghitung Panjang Lengkung

$$L_s = 0,01 \times h \times V = 0,01 \times 110 \times 100 = 110 \text{ m}$$

$$\theta_s = \frac{90 \times L_s}{\pi \times R} = \frac{90 \times 110}{\pi \times 550} = 5,730^{\circ}$$

$$\theta_c = \Delta_s - 2\theta_s = 17,604^{\circ} - 2(5,739^{\circ}) = 6,145^{\circ}$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{360^{\circ}} \times 2\pi R = \frac{6,126}{360^{\circ}} \times 2\pi(550) = 58,986 \text{ m}$$

$$L = 2 L_s + L_c = 2(110) + 58,801 = 278,986 \text{ m}$$

2) Menghitung X_c , Y_c , k dan p

$$X_c = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R^2} = 110 - \frac{(110)^3}{40 \times (550)^2} = 109,890 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 \times R} = \frac{(110)^2}{6 \times 550} = 3,667 \text{ m}$$

$$p = Y_c - R(1 - \cos \theta_s) = 3,667 - 550(1 - \cos(5,730)) = 0,919 \text{ m}$$

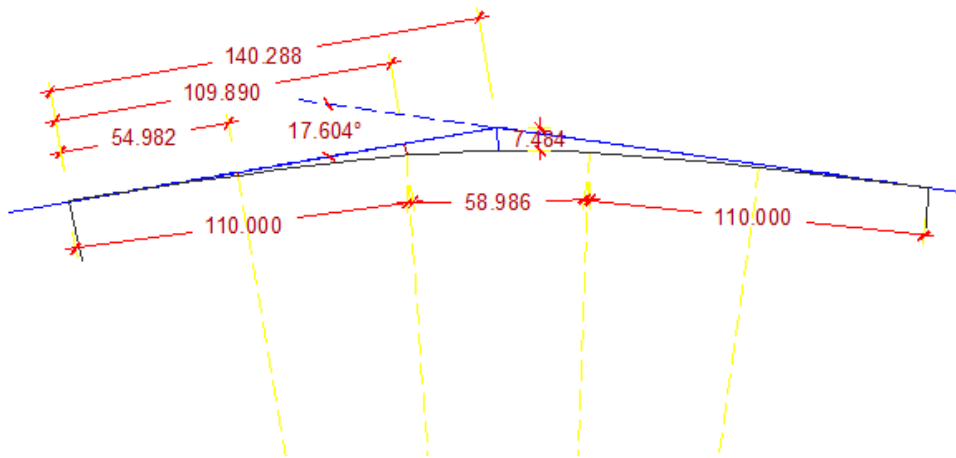
$$k = X_c - R \sin \theta_s = 109,890 - 550 \sin(5,730) = 54,982 \text{ m}$$

3) Menghitung Tt dan Et

$$Tt = (R + p) \operatorname{tg} \frac{\Delta_s}{2} - k = (550 + 0,919) \operatorname{tg} \frac{17,064}{2} - 54,982 = 140,288 \text{ m}$$

$$Et = (R + p) \operatorname{sec} \frac{\Delta_s}{2} - R = (550 + 0,919) \operatorname{sec} \frac{17,064}{2} - 550 = 7,484 \text{ m}$$

Proyeksi lengkung horisontal disajikan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Proyeksi tikungan II pada alinemen horisontal

Berikut ditampilkan pada Tabel 5.3 hasil perhitungan dan jumlah tikungan yang terdapat pada alinemen horisontal, yaitu :

Tabel 5.3 Hasil perhitungan Alinemen Horisontal.

DATA	TIKUNGAN 1	TIKUNGAN 2	TIKUNGAN 3	TIKUNGAN 4	TIKUNGAN 5	TIKUNGAN 6	TIKUNGAN 7
Δ (°)	11.394	17.604	35.666	46.132	30.631	15.984	25.557
V (km/jam)	80	80	80	72	60	80	80
V _r (km/jam)	100	100	100	90	75	100	100
θ_s (°)	5.730	5.730	5.730	6.446	6.753	5.730	5.730
θ_c (°)	-0.065	6.145	24.207	33.240	17.126	4.525	14.098
L _s (m)	110.00	110.00	110.00	99.00	82.50	110.00	110.00
L _c (m)	-0.625	58.986	232.369	255.268	104.614	43.435	135.330
T _t (m)	109.942	140.288	232.212	237.243	137.304	132.330	179.930
E _t (m)	3.654	7.484	28.725	39.245	13.731	6.322	14.910
X _c (m)	109.890	109.890	109.890	98.875	82.385	109.890	109.890
Y _c (m)	3.667	3.667	3.667	3.713	3.241	3.667	3.667
k (m)	54.982	54.982	54.982	49.479	41.231	54.982	54.982
p (m)	0.919	0.919	0.919	0.931	0.813	0.919	0.919
R _d (m)	550	550	550	440	350	550	550
L (m)	219.375	278.986	452.369	453.268	269.614	263.435	355.330

Tabel 5.3 Lanjutan.

DATA	TIKUNGAN 8	TIKUNGAN 9	TIKUNGAN 10	TIKUNGAN 11	TIKUNGAN 12	TIKUNGAN 13	TIKUNGAN 14
Δ (°)	57.798	10.286	44.69	11.189	17.83	75.662	15.485
V (km/jam)	72	80	80	80	80	80	80
V _r (km/jam)	90	100	100	100	100	100	100
θ_s (°)	6.446	5.730	5.730	5.730	5.730	5.252	5.730
θ_c (°)	44.906	-1.173	33.231	-0.270	6.371	65.158	4.026
L _s (m)	99.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00
L _c (m)	344.857	-11.261	318.993	-2.593	61.156	682.331	38.645
T _t (m)	292.876	104.567	281.436	108.946	141.401	521.566	129.885
E _t (m)	63.649	3.146	45.645	3.556	7.656	160.730	5.988
X _c (m)	98.875	109.890	109.890	109.890	109.890	109.908	109.890
Y _c (m)	3.713	3.667	3.667	3.667	3.667	3.361	3.667
k (m)	49.479	54.982	54.982	54.982	54.982	54.985	54.982
p (m)	0.931	0.919	0.919	0.919	0.919	0.842	0.919
R _d (m)	440	550	550	550	550	600	550
L (m)	542.857	208.739	538.993	217.407	281.156	902.331	258.645

3. Perencanaan Alinemen Vertikal

Dalam perencanaan alinemen vertikal jalan rel antara Stasiun Muara Enim – Banjarsari digunakan beberapa data yang didapatkan dari Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012, yaitu :

- a. Nilai R digunakan R_{\min} 6000 m dengan kecepatan sampai 100 km/jam.
- b. Pada jalur rel tingkat kelandaian yang digunakan antara 0 ‰ – 10 ‰.

Dalam pengukuran tinggi – rendahnya suatu jalan kereta api umumnya terdapat dataran maupun landai. Perubahan dari datar kelandai maupun dari landai ke landai yang berurutan akan terjadi titik patah atau perpotongan sehingga membentuk sudut. Berikut ini adalah contoh perhitungan lengkung vertikal pada jalan rel Stasiun Muara Enim – Banjarsari.

Perencanaan Tikungan Vertikal.

Perhitungan :

Diperoleh data rencana pada lengkung vertikal 1 (IPV 1).

- a. Data Kelandaian I

Elevasi awal = 36,963 m.

Elevasi akhir = 36,067 m.

Jarak titik A – IPV 1 = 512,981 m.

$$\begin{aligned} \text{Kelandaian } d1 &= \frac{\text{Elv. Akhir} - \text{Elv. Awal}}{\text{Jarak titik}} \times 1000 \text{ ‰} \\ &= \frac{36,067 - 36,963}{512,981} \times 1000 = 0,203 \text{ ‰}. \end{aligned}$$

- b. Data kelandaian II

Elevasi awal = 36,067 m.

Elevasi akhir = 36,682 m.

Jarak IPV I – IPV II = 748,806 m.

$$\begin{aligned} \text{Kelandaian } d2 &= \frac{\text{Elv. Akhir} - \text{Elv. Awal}}{\text{Jarak titik}} \times 1000 \text{ ‰} \\ &= \frac{36,682 - 36,067}{748,806} \times 1000 = 0,821 \text{ ‰}. \end{aligned}$$

- c. Beda kelandaian (φ) = $d2 - d1 = 0,619 \text{ ‰}$.

d. Menghitung nilai Xm , Ym , dan Lv .

$$R_{\min} = 6000 \text{ m.}$$

$$Xm = \frac{R}{2} \varphi = \frac{6000}{2} \times 0,619 \text{ ‰} = 1.856 \text{ m.}$$

$$Ym = \frac{R}{8} \varphi^2 = \frac{6000}{8} \times 0,619 \text{ ‰}^2 = 0.0003 \text{ m.}$$

$$Lv = \varphi \times R = 0,619 \text{ ‰} \times 6000 = 3.711 \text{ m.}$$

Pada Tabel 5.4 disajikan jumlah dan nilai lengkung vertikal yang terdapat pada perencanaan jalan rel kereta api Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari.

Tabel 5.4 Hasil perhitungan alinemen vertikal.

IPV	Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Rmin (m)	Vrencana (km/jam)	Jarak (m)	Kelandaian (%o)	S (%o)	$X_m = R/2*\phi$ (m)	$Y_m = R/8*\phi^2$ (m)	$L_v = \phi*R$ (m)	Keterangan
1	35.963	36.067			512.9812	0.203					
			6000	100			0.619	1.856	0.0003	3.7114	CEKUNG
	36.067	36.682			748.806	0.821					
2	36.067	36.682			748.806	0.821					
			6000	100			1.525	4.576	0.0017	9.1525	CEKUNG
	36.682	37.1			178.121	2.347					
3	36.682	37.1			178.121	2.347					
			6000	100			6.018	18.054	0.0272	36.1087	CEKUNG
	37.1	41.006			466.955	8.365					
4	37.1	41.006			466.955	8.365					
			6000	100			0.838	2.515	0.0005	5.0310	CEKUNG
	41.006	43.756			298.805	9.203					
5	41.006	43.756			298.805	9.203					
			6000	100			0.989	2.968	0.0007	5.9365	CEMBUNG
	43.756	48.674			598.741	8.214					

Tabel 5.4 Lanjutan.

IPV	Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Rmin (m)	Vrencana (km/jam)	Jarak (m)	Kelandaian (‰)	S (‰)	$X_m = R/2*\phi$ (m)	$Y_m = R/8*\phi^2$ (m)	$L_v = \phi*R$ (m)	Keterangan
6	43.756	48.674			598.741	8.214					
			6000	100			1.247	3.741	0.0012	7.4828	CEMBUNG
	48.674	50.648			283.345	6.967					
7	48.674	50.648			283.345	6.967					
			6000	100			0.614	1.842	0.0003	3.6834	CEMBUNG
	50.648	51.315			104.992	6.353					
8	50.648	51.315			104.992	6.353					
			6000	100			6.204	18.612	0.0289	37.2242	CEMBUNG
	51.315	51.331			107.502	0.149					
9	51.315	51.331			107.502	0.149					
			6000	100			0.651	1.953	0.0003	3.9070	CEKUNG
	51.331	51.403			90	0.800					
10	51.331	51.403			90	0.800					
			6000	100			6.512	19.537	0.0318	39.0744	CEMBUNG
	51.403	50.126			223.549	-5.712					

Tabel 5.4 Lanjutan.

IPV	Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Rmin (m)	Vrencana (km/jam)	Jarak (m)	Kelandaian (%o)	S (%o)	$X_m = R/2 * \phi$ (m)	$Y_m = R/8 * \phi^2$ (m)	$L_v = \phi * R$ (m)	Keterangan
11	51.403	50.126			223.549	-5.712					
			6000	100			3.048	9.143	0.0070	18.2856	CEMBUNG
	50.126	49.25			100	-8.760					
12	50.126	49.25			100	-8.760					
			6000	100			3.729	11.187	0.0104	22.3734	CEKUNG
	49.25	43.675			1108.106	-5.031					
13	49.25	43.675			1108.106	-5.031					
			6000	100			3.785	11.355	0.0107	22.7107	CEMBUNG
	43.675	39.087			520.404	-8.816					
14	43.675	39.087			520.404	-8.816					
			6000	100			10.541	31.623	0.0833	63.2466	CEKUNG
	39.087	40.093			583.23	1.725					
15	39.087	40.093			583.23	1.725					
			6000	100			4.553	13.659	0.0155	27.3189	CEKUNG
	40.093	48.27			1302.48	6.278					

Tabel 5.4 Lanjutan.

IPV	Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Rmin (m)	Vrencana (km/jam)	Jarak (m)	Kelandaian (%o)	S (%o)	$X_m = R/2*\phi$ (m)	$Y_m = R/8*\phi^2$ (m)	$L_v = \phi*R$ (m)	Keterangan
16	40.093	48.27			1302.48	6.278					
			6000	100			2.802	8.407	0.0059	16.8147	CEKUNG
	48.27	49.18			100.215	9.080					
17	48.27	49.18			100.215	9.080					
			6000	100			5.597	16.791	0.0235	33.5830	CEMBUNG
	49.18	49.53			100.479	3.483					
18	49.18	49.53			100.479	3.483					
			6000	100			2.205	6.615	0.0036	13.2307	CEMBUNG
	49.53	49.786			200.283	1.278					
19	49.53	49.786			200.283	1.278					
			6000	100			4.813	14.438	0.0174	28.8761	CEMBUNG
	49.786	49.433			99.873	-3.534					
20	49.786	49.433			99.873	-3.534					
			6000	100			3.215	9.645	0.0078	19.2896	CEKUNG
	49.433	49.401			100.139	-0.320					

Tabel 5.4 Lanjutan.

IPV	Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Rmin (m)	Vrencana (km/jam)	Jarak (m)	Kelandaian (%o)	S (%o)	$X_m = R/2*\phi$ (m)	$Y_m = R/8*\phi^2$ (m)	$L_v = \phi*R$ (m)	Keterangan
21	49.433	49.401			100.139	-0.320					
			6000	100			3.607	10.820	0.0098	21.6409	CEKUNG
	49.401	49.567			50.498	3.287					
22	49.401	49.567			50.498	3.287					
			6000	100			5.367	16.100	0.0216	32.2003	CEMBUNG
	49.567	49.362			98.5835	-2.079					
23	49.567	49.362			98.5835	-2.079					
			6000	100			5.615	16.846	0.0236	33.6910	CEMBUNG
	49.362	48.992			48.0855	-7.695					
24	49.362	48.992			48.0855	-7.695					
			6000	100			3.089	9.267	0.0072	18.5340	CEKUNG
	48.992	45.328			795.548	-4.606					
25	48.992	45.328			795.548	-4.606					
			6000	100			0.602	1.805	0.0003	3.6098	CEKUNG
	45.328	43.477			462.288	-4.004					

Tabel 5.4 Lanjutan.

IPV	Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Rmin (m)	Vrencana (km/jam)	Jarak (m)	Kelandaian (‰)	S (‰)	$X_m = R/2*\phi$ (m)	$Y_m = R/8*\phi^2$ (m)	$L_v = \phi*R$ (m)	Keterangan
26	45.328	43.477			462.288	-4.004					
			6000	100			7.599	22.798	0.0433	45.5953	CEKUNG
	43.477	43.681			56.742	3.595					
27	43.477	43.681			56.742	3.595					
			6000	100			6.067	18.201	0.0276	36.4030	CEMBUNG
	43.681	43.435			99.517	-2.472					
28	43.681	43.435			99.517	-2.472					
			6000	100			2.202	6.607	0.0036	13.2132	CEKUNG
	43.435	43.381			200.188	-0.270					
29	43.435	43.381			200.188	-0.270					
			6000	100			3.795	11.386	0.0108	22.7711	CEKUNG
	43.381	45.147			500.93	3.525					
30	43.381	45.147			500.93	3.525					
			6000	100			1.372	4.116	0.0014	8.2316	CEMBUNG
	45.147	45.795			300.905	2.154					

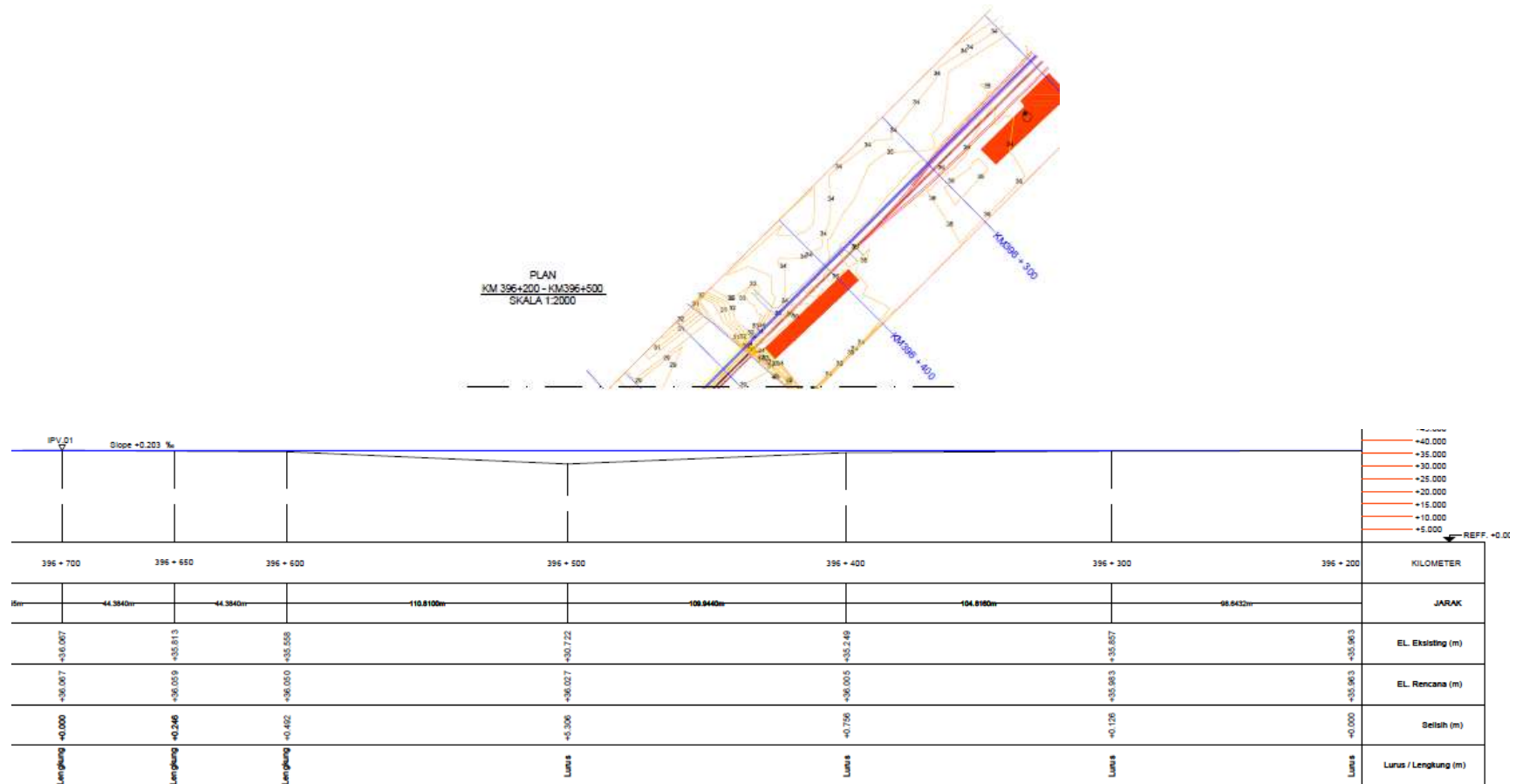
Tabel 5.4 Lanjutan.

IPV	Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Rmin (m)	Vrencana (km/jam)	Jarak (m)	Kelandaian (‰)	S (‰)	$X_m = R/2*\phi$ (m)	$Y_m = R/8*\phi^2$ (m)	$L_v = \phi*R$ (m)	Keterangan
31	45.147	45.795			300.905	2.154					
			6000	100			3.249	9.746	0.0079	19.4918	CEMBUNG
	45.795	45.688			97.705	-1.095					
32	45.795	45.688			97.705	-1.095					
			6000	100			1.995	5.985	0.0030	11.9709	CEKUNG
	45.688	46.498			899.989	0.900					

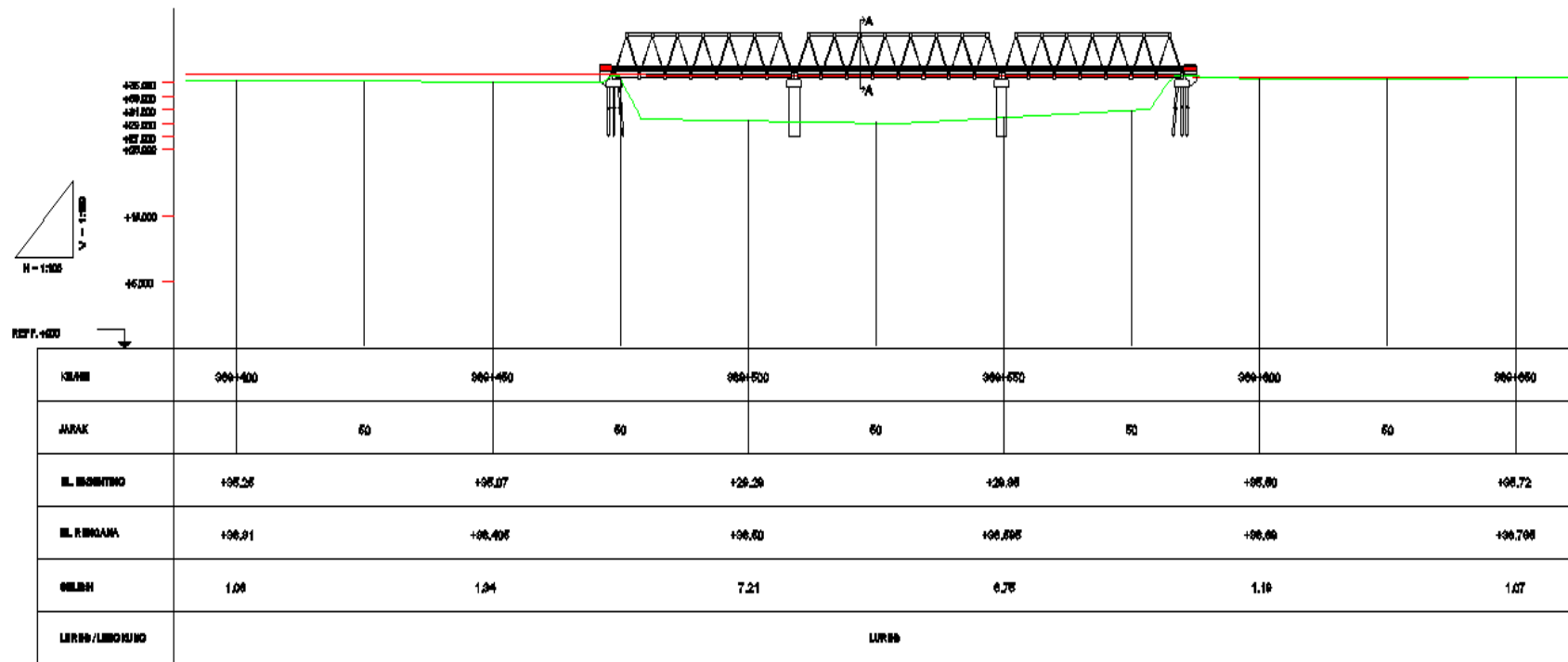
4. Perancangan Potongan

a. Potongan memanjang.

Potongan memanjang pada studi DED jalur ganda kereta api antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari, mempunyai panjang lintasan 10,728 km. Potongan memanjang digunakan setiap panjang lintasan 1 km. Potongan memanjang ini dilihat dari sisi samping jalan rencana yang pada umumnya terdapat bentuk trek lintasan, elevasi tanah asli, dan elevasi rel rencana. Pada potongan memanjang juga menampilkan jenis alinemen vertikal berupa lengkung cekung ataupun lengkung cembung. Pada rencana desain kali ini juga didapatkan potongan memanjang pada jembatan. Tipikal potongan memanjang disajikan pada Gambar 5.9 dan potongan memanjang rel pada jembatan tersaji pada Gambar 5.10.



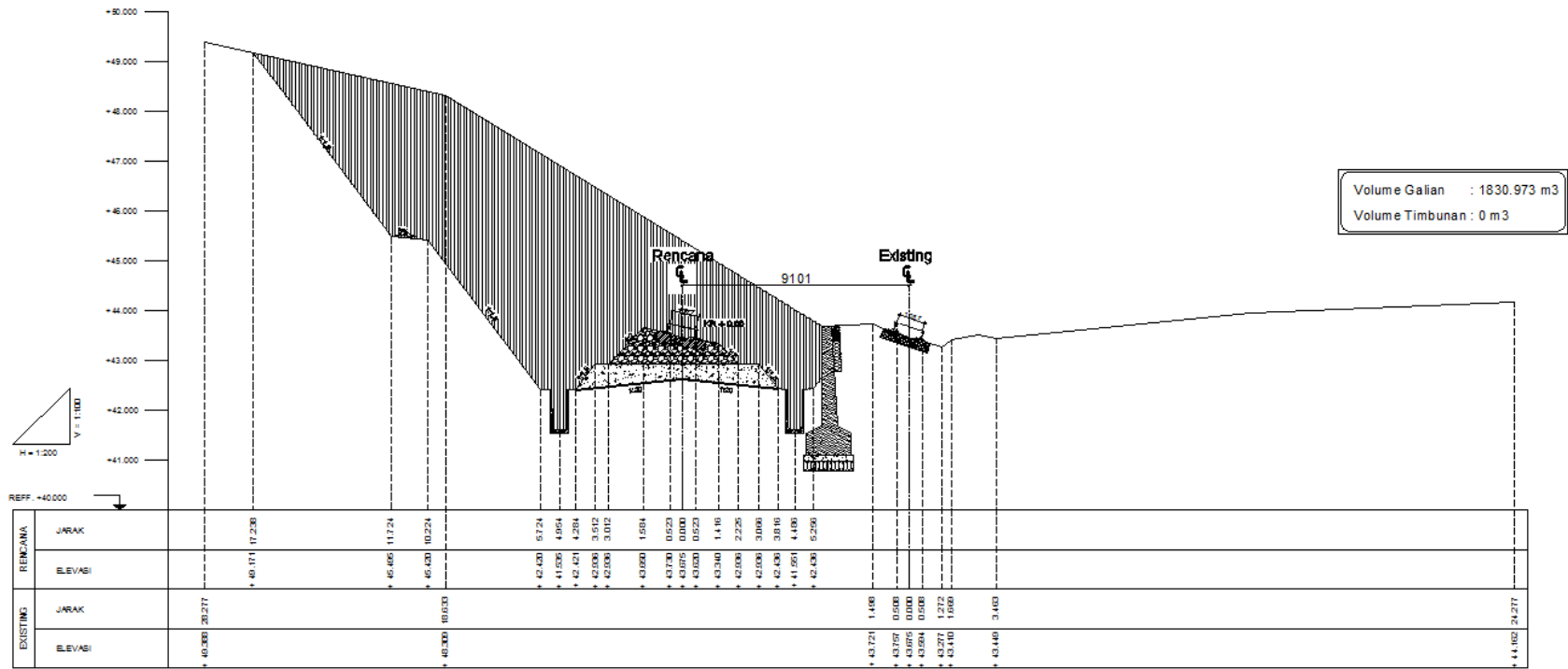
Gambar 5.9 Situasi dan potongan memanjang



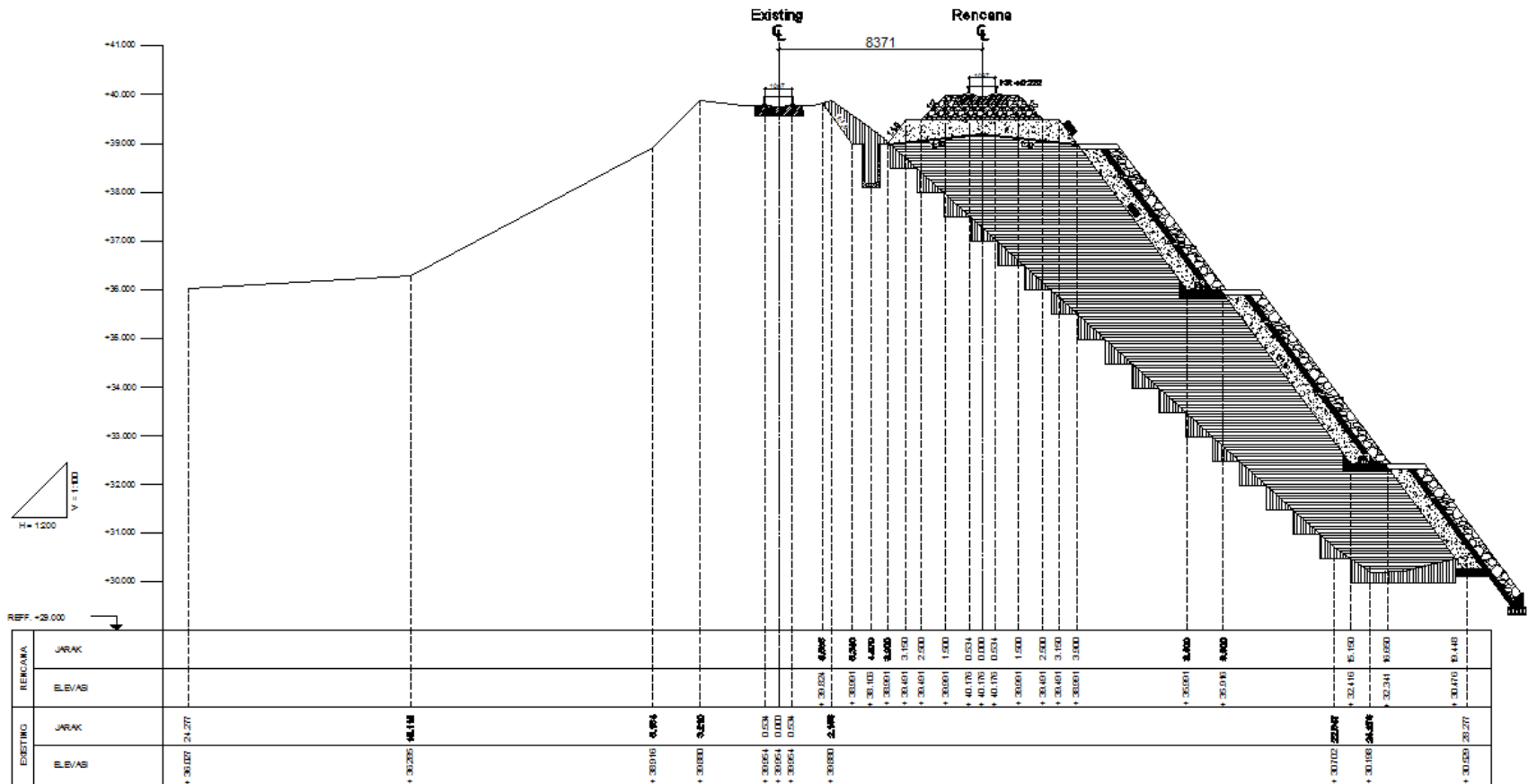
Gambar 5.10 Potongan memanjang rel pada jembatan

b. Potongan melintang.

Potongan melintang pada studi DED jalur ganda kereta api antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari, mempunyai panjang lintasan 10,728 km. Potongan melintang yang digunakan setiap 100 m. Pada potongan melintang ini dapat memberikan informasi galian dan timbunan pada struktur jalan rel. Potongan melintang yang memberikan informasi galian tersaji pada Gambar 5.11, sedangkan potongan melintang yang memberikan informasi timbunan tersaji pada Gambar 5.12.



Gambar 5.11 Potongan melintang pada galian



Gambar 5.12 Potongan pada timbunan

E. Estimasi Volume Pekerjaan

1. Pengadaan Material.

Pada pekerjaan jalur kereta api antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari, dilakukan pengerjaan pengadaan material berupa :

- a. Bantalan beton lengkap dengan penambat elastis rel 54.
- b. Sirtu (subbalas) di *site*.
- c. Balas batu pecah dengan ukuran 2 – 6 cm di *site*.

2. Pelaksanaan Pekerjaan.

a. Pelaksanaan Persiapan.

Lingkup pekerjaan persiapan pada pembangunan jalur kereta api antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari adalah :

- 1) Mobilisasi peralatan kerja.
- 2) Pengukuran, memasang patok profil track dan gambar.
- 3) Gambar *Shop Drawing* dan *As Build Drawing*.
- 4) Pembuatan kantor direksi dan gudang material.
- 5) Pembuatan papan nama proyek.
- 6) Penerangan lengkap peralatan direksi.
- 7) Penjagaan keamanan lingkungan kerja.

b. 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 dan ganti rugi tanam tumbuh.

c. Pekerjaan Sipil dan Badan Kereta Api.

Lingkup pekerjaan badan jalan kereta api pada pembangunan jalur kereta api gandan antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari adalah :

- 1) Menebang tanaman termasuk buang, untuk lokasi tubuh badan jalan rel.
- 2) Mengupas, menggali permukaan tanah lapisan atas pada lokasi timbunan.

- 3) Membuang tanah lapisan atas pada lokasi timbunan dan bongkaran.
- 4) Pembuatan jalan masuk sementara.
- 5) Pembuatan perlintasan darurat.
- 6) Galian tanah sesuai kemiringan lereng dan buangan tanah.
- 7) Menguruk tanah sesuai normalisasi jalan kereta api dari tanah (merah) luar lokasi / badan jalan kereta api.
- 8) Menggilas, memadatkan tanah lapis demi lapis dengan mesin berat / *vibro*.
- 9) Biaya pengujian pekerjaan tanah.
- 10) Memperbaiki kondisi jalan masuk untuk kendaraan angkutan.
- 11) Pembongkaran rel *existing*.

d. Pekerjaan Jalan Rel.

Lingkup pekerjaan jalan rel pada pembangunan Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari, yaitu :

- 1) Pengadaan rel.
- 2) Angkut, bongkar dan ecer bantalan beton lengkap dengan penambat elastik untuk rel R-54.
- 3) Muat, bongkar / ecer susun rel R-54 di lokasi.
- 4) Melangsir bantalan beton lengkap dengan alat penambat elastis termasuk muat / bongkar, susun sesuai jarak bantalan.
- 5) Pengelasan rel R-54 dengan *aluminothermit* termasuk bahannya.
- 6) Pemasangan rel R-54 dan bantalan beton lengkap dengan penambat elastis.
- 7) Menyambung rel baru.
- 8) Pembuatan skip semboyan.
- 9) Pembuatan dan pemasangan patok Km + Hm per 100 m.
- 10) Pembuatan dan pemasangan patok lengkung.
- 11) Penjagaan rel dan keamanan perjalanan kereta api.

e. Pekerjaan Balas dan Subbalas.

Lingkup pekerjaan balas pada pembangunan jalur ganda kereta api antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari, yaitu:

- 1) Angkutan balas dengan kereta api.
- 2) Menghampar, meatakan / memasukkan subbalas sirtu pada tubuh badan berikut pemadatan dengan mesin berat / gilias.
- 3) Mengerjakan penghamparan / memasukkan batu balas kedalam trek termasuk profil kereta api.
- 4) Angkat listring trek dengan *Hand Tie Tamper* (HTT) / manual, sampai kecepatan 20 km/jam.
- 5) Angkat listring trek dengan *Hand Tie Tamper* (HTT) / manual, sampai kecepatan 40 km/jam.
- 6) Angkat listring trek dengan *Hand Tie Tamper* (HTT) / manual, sampai kecepatan 60 km/jam.
- 7) Angkat listring trek dengan *Hanf Tie Tamper* (HTT) sampai kereta api normal dan PBR (3 kali).
- 8) Pekerjaan *Switch Over*.

Rekapitulasi pekerjaan pada Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari disajikan pada Tabel 5.5 sebagai berikut :

Tabel 5.5 Rekapitulasi pekerjaan pada stasiun muara enim – stasiun banjarsari.

No.	Jenis Prasarana	Rencana Pembangunan Prasarana
1.	Jalur rel KA	Kelas jalan I
		Lebar sepur = 1067 mm
		Tipe rel R – 54
		Jenis bantalan = Bantalan Beton
		Jenis penambat = Pandrol <i>e-clips</i>
		Jenis sambungan = Tipe melayang
		Balas
		Subbalas
		Subgrade
2.	Bangunan pelengkap (drainase dan saluran terbuka)	Disesuaikan dengan kondisi lapangan
3.	Perkuatan tanah (<i>retaining wall</i>)	Disesuaikan dengan kondisi lapangan

Tabel 5.5 Lanjutan.

No.	Jenis Prasarana	Rencana Pembangunan Prasarana
4.	Penggunaan lahan untuk dibebaskan	Pemukiman, pembebasan lahan tanah tumbuh
5.	Sinyal dan telekomunikasi	Perencanaan dipersiapkan untuk penggunaan persinyalan dan telekomunikasi elektrifikasi

3. Volume Galian dan Timbunan.

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan pada perencanaan pembangunan Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari, didapatkan volume galian sebanyak 104.585,529 m³ dan volume timbunan sebanyak 50.733,662 m³.

4. Volume Pekerjaan Drainasi.

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan pada perencanaan drainasi, didapatkan volume untuk pekerjaan drainasi memanjang sebanyak 2.646,05 m³.

5. Volume Pekerjaan Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*).

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan pada perencanaan dinding penahan tanah, didapatkan volume untuk pekerjaan dinding penahan tanah sebanyak 9533,252 m³.

6. Pekerjaan Penyelesaian.

Lingkup pekerjaan penyelesaian pada pembangunan jalur ganda kereta api antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari, yaitu :

a. Mobilisasi alat kerja.

- 1) Transport alat – alat kerja dan perlengkapan proyek lainnya diangkut sampai lokasi gudang.
- 2) Penyediaan transport lokal dan alat komunikasi diperlukan untuk memudahkan pelaksanaan dan koordinasi pelaksanaan.

b. Pembersihan lokasi pekerjaan dari sisa – sisa pekerjaan.

- 1) Penyedia jasa wajib membersihkan di wilayah sepanjang lokasi pekerjaan dari sisa – sisa material bekas yang tidak terpakai sampai bersih dan rapi.
 - 2) Lokasi bekas bangunan sementara / *Direksi Keet* setelah dibongkar dikembalikan seperti keadaan semula.
- c. Dokumentasi dan gambar akhir.

F. Estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pekerjaan

Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada studi kali ini, menggunakan standar acuan biaya dan analisa harga satuan berdasarkan PM. 78 Tahun 2014, tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan dan digunakan harga satuan bahan dan pekerja pada tahun 2015 dengan tambahan nilai inflasi 3.49 % pada bulan Januari tahun 2017.

Berdasarkan hasil analisis, biaya keseluruhan untuk pembangunan jalur rel antara Stasiun Muara Enim – Stasiun Banjarsari sebesar Rp. 117.920.940.000. Anggaran tersebut juga tidak termasuk didalamnya komponen pengerjaan sebuah jembatan baja untuk jalur rel dengan biaya paket pembuatan dengan biaya sebesar Rp. 81.404.182.571,00-.

Dengan demikian bila di rata – rata untuk pembangunan jalur rel tiap kilomernya adalah Rp. 10.991.884.000,00-. Dengan komponen biaya terbesar berupa pengadaan rel baru dengan biaya Rp. 19.429.212.600,00-. Adapun perhitungan secara keseluruhan ditampilkan pada lampiran studi.