

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Tinjauan Umum

Lokasi studi Tugas Akhir ini adalah pada jalan kereta api lintas Banjarsari (KM 406+960) – Sukacinta (KM 423+835) yang terletak diantara dua stasiun besar yaitu Stasiun Mura Enim dan Stasiun Lahat. Jarak Stasiun Banjarsari ke Stasiun Sukacinta adalah sejauh 16,875 km.

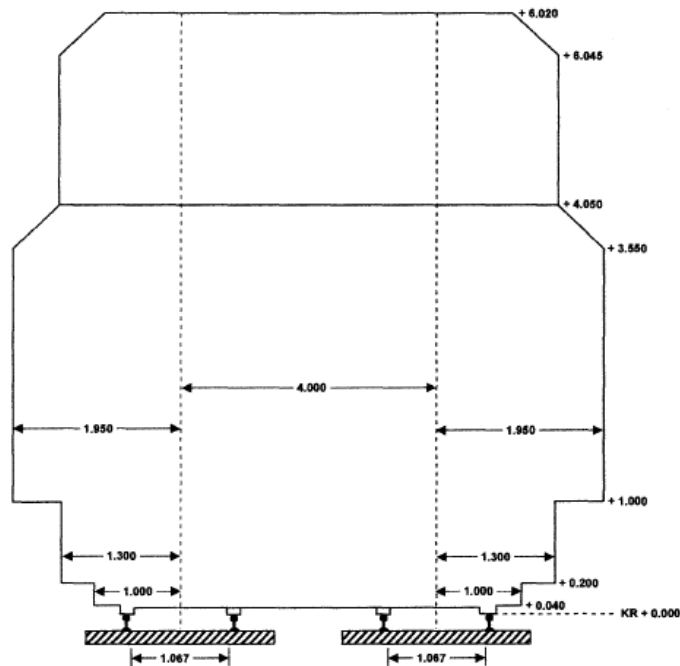
Pada tahap ini akan dibahas tentang disain teknis perancangan jalan kereta api ganda yang sesuai dengan persyaratan teknis dan peraturan – peraturan yang berlaku.

B. Kriteria Disain

Dalam mendisain jalan kereta api ganda lintas Banjarsari - Sukacinta harus didasarkan pada ketentuan – ketentuan dan persyaratan yang berlaku. Sebagaimana yang telah dibahas pada BAB III tentang landasan teori.

Pelaksanaan rancangan detail disain jalur kereta api ganda yang dibuat sedapat mungkin memenuhi ketentuan – ketentuan sebagai berikut :

1. Spesifikasi umum
 - a. Kelas jalan I
 - b. Jalur kereta api ganda (*double track*)
2. Lebar sepur dan jarak rel
 - a. Lebar sepur jalur kereta api : 1067 mm, yang merupakan sepur sempit (*narrow gauge*) disesuaikan dengan lebar sepur seluruh jaringan jalur kereta api di Indonesia.
 - b. Jarak minimum antar as jalur kereta api ganda pada jalur lurus untuk lebar sepur 1067 mm adalah 4,00 m.
 - c. Jarak minimum pada lengkung disesuaikan dengan radius lengkung.



Gambar 5.1 Jarak minimum antar as jalur kereta api ganda pada jalur lurus untuk lebar sepur 1067

(Sumber : Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012)

- d. Ruang bebas kelas 1 yang diperlebar berdasarkan perhitungan adanya muatan *double deck* atau muatan peti kemas.
3. Kecepatan
 - a. Kecepatan maksimum : 120 km/jam
 - b. Kecepatan di emplasemen (*slading track*) : 45 km/jam
 4. Beban gandar

Beban gandar untuk lebar jalan rel 1067 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 18 ton. (PM No. 60 Tahun 2012)
 5. Geometrik jalan kereta api
 - a. Jari – jari minimum lengkung vertikal 6000 m.
 - b. Kelandaian jalan kereta api pada petak jalan sebisa mungkin $\leq 10 \%$.
 - c. Kelandaian maksimum di emplasemen sebesar 1,5 %.
 6. Material
 - a. Jenis rel yang digunakan untuk kelas jalan I adalah R.54 dengan spesifikasi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

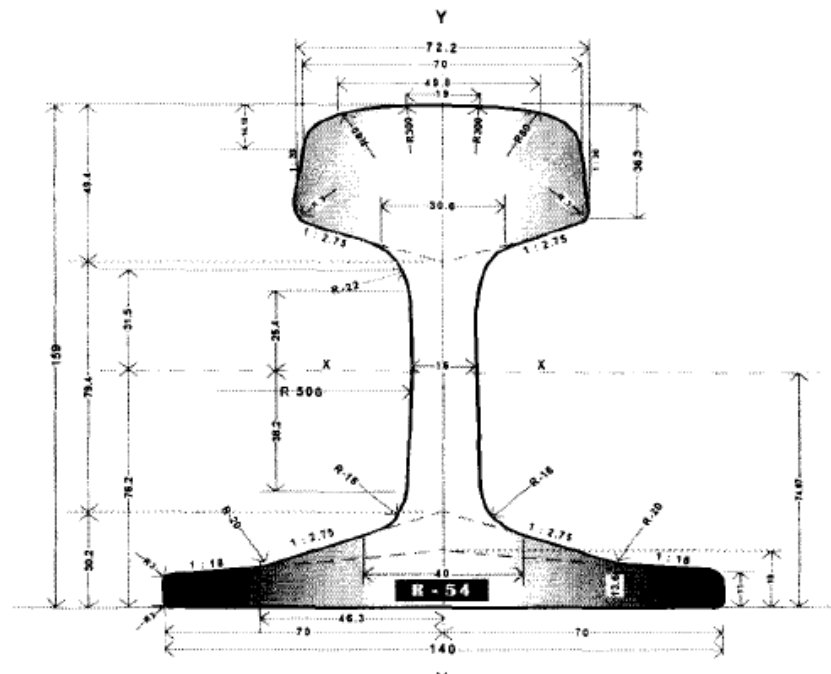
- b. Penambat rel tipe elastis dengan persyaratan bahan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

C. Perancangan Struktur Jalan Rel

Susunan jalan kereta api harus mengacu pada ketentuan – ketentuan yang berlaku di perkeretaapian Indonesia. Perancangan jalan kereta api berlandaskan pada Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012. Susunan jalan rel kereta api antara lain sebagai berikut :

1. Rel

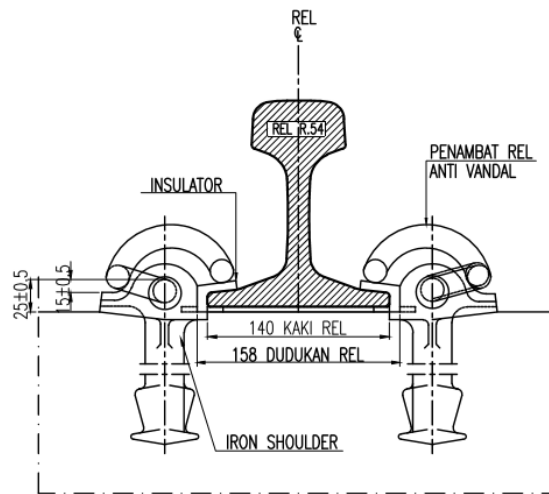
Rel yang digunakan pada jalur kereta api ganda lintas Banjarsari – Sukacinta adalah tipe rel R.54. penggunaan tipe rel ini dikarenakan melihat fungsi utama dari penggunaan rel yaitu untuk mengangkut hasil tambang dan barang hingga beban yang melintas diatas rel sangatlah besar dan pertimbangan kecepatan yang direncanakan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Untuk rel tipe R.54 dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Ukuran penampang rel R.54

2. Penambat

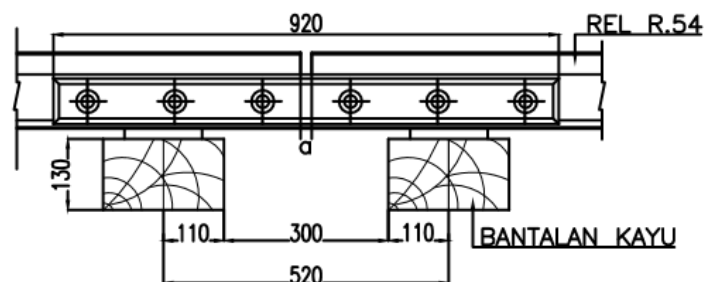
Alat penambat yang digunakan adalah alat penambat jenis elastis dengan tipe pandrol e1800 atau e2000 dengan gaya jepit mencapai 1100 kgf. Untuk gambar penambat rel dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Penambat tipe Pandrol *e-clips*

3. Pelat sambung, mur dan baut

Penyambung rel ialah konstruksi yang mengikat dua ujung rel dengan menggunakan pelat sambung, baut serta mur sedemikian rupa sehingga operasi kereta api tetap aman dan nyaman. Untuk pekerjaan penyambungan rel, dilakukan pengelasan untuk sambungan standar 25 m dan penggunaan sambungan *fishplate* setiap panjang 300 m dengan tipe pemasangan sambungan melayang. Tebal pelat yang digunakan 20 mm, diameter lubang baut 25 mm dengan celah sambungan 11-16 mm. skema penyambungan dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Skema penyambungan rel

4. Bantalan

Untuk lebar jalan rel 1067 mm dengan kuat tekan karakteristik beton tidak kurang dari 500 kg/cm dan mutu baja prategang dengan tegangan putus (*tensile strength*) minimum sebesar 16,876 kg/cm² (1,655 MPa).

Bantalan beton harus mampu memikul momen minimum sebesar +1500 kg.m pada bagian dudukan rel dan -930 kg.m pada bagian tengah bantalan. Dimensi bantalan beton untuk lebar jalan rel 1067 mm :

- a. Panjang = 2,000 mm
- b. Lebar maksimum = 260 mm
- c. Tinggi maksimum = 220 mm

5. Lapisan pondasi atas (*Ballast*)

Lapisan pondasi atas (*ballast*) pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel. material balas yang baik berasal dari batuan yang bersudut, pecah, keras, bergradasi yang sama, bebas dari debu dan tidak pipih (*prone*).

Mengacu pada Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012, lapisan pondasi atas harus memenuhi persyaratan berikut :

- a. Tebal balas sebesar 30 cm
- b. Lebar bahu balas 60 cm
- c. Kemiringan lereng 1 : 2
- d. Kuat tekan maksimal 1000 kg/cm²
- e. Keausan balas berdasarkan *Test Los Angeles* tidak boleh lebih dari 25 %
- f. Kandungan minyak maksimum 0,2%.
- g. *Specific gravity* minimum 2,6.
- h. Porositas maksimum 3%

6. Lapisan pondasi bawah (*subballast*)

Lapisan sub-balas berfungsi sebagai lapisan penyaring (*filter*) antara tanah dasar dan lapisan pondasi atas serta harus dapat mengalirkan air dengan baik.

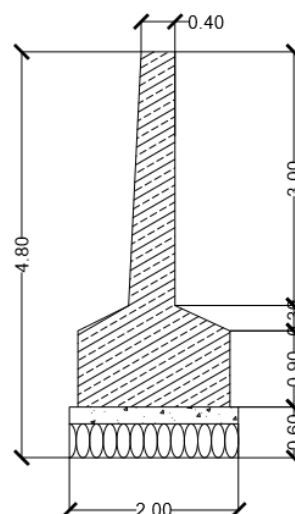
Berdasarkan pada Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012, lapisan pondasi bawah harus memenuhi persyaratan berikut :

- a. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm.
 - b. Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (*gravel*) atau kumpulan agregat pecah dan pasir.
 - c. Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%.
 - d. Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung sekurang – kurangnya 30% agregat pecah.
 - e. Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100% y_d menurut percobaan ASTM D 698.
7. Lapisan tanah dasar

Pada perancangan ini digunakan material tanah asli / tanah baik dengan nilai CBR sebesar 8% sesuai dengan ketentuan PT. Kereta Api (persero).

8. Perkuatan

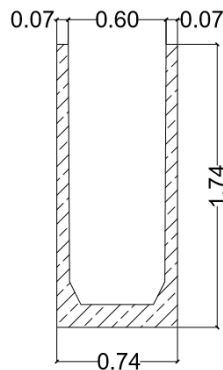
Pada perancangan ini digunakan perkuatan dinding penahan tanah dengan metode *retaining wall*. Konstruksi dinding penahan tanah ini digunakan pada daerah yang merupakan urugan, daerah galian, lebar lahan yang terbatas dan daerah rawan longsor. Tipikal dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Dinding penahan tanah

9. Drainasi

Drainasi pada perancangan ini berfungsi untuk mengalirkan air yang ada dipermukaan jalan rel. drainasi yang digunakan adalah drainasi *cash in situ* dengan bentuk –U, dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Drainasi

D. Perancangan Geometrik Jalan Rel

Geometrik jalan rel dirancang berdasarkan pada kecepatan rencana serta ukuran kereta api yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan dan ekonomis. Perancangan geometrik jalan rel di uraikan sebagai berikut :

1. Alinemen horisontal

Perancangan jalan kereta api pada studi ini dimulai dari Stasiun Banjarsari (KM 406+960) sampai Stasiun Sukacinta (KM 423+835) dengan panjang total 16,875 KM. pada perancangan ini, terdapat 17 tikungan dengan jenisnya masing – masing. Berikut ini merupakan contoh perhitungan salah satu tikungan, untuk tikungan selanjutnya dilampirkan dalam Tabel 5.2.

a. Perancangan tikungan horisontal (Tikungan 1)

1) Data kecepatan rencana

Kecepatan maksimum untuk kelas jalan I = 120 km/jam.

Kecepatan operasi = 80 km/jam (asumsi)

Didapat kecepatan operasi rencana untuk geometrik :

$$V_{\text{rencana}} = 1,25 \times 80 = 100 \text{ km/jam}$$

2) Menentukan jari – jari (R)

Ketika melewati lengkung kereta api seakan – akan terlempar keluar menjauhi titik pusat lengkung akibat gaya sentrifugal. Untuk berbagai kecepatan rencana, besar jari – jari minimum yang diijinkan ditinjau dari 2 kondisi, yaitu :

a) Gaya sentrifugal diimbangi sepenuhnya oleh gaya berat

Diketahui :

$$V = 100 \text{ km/jam}$$

Rumus :

$$R = 0,076 V^2$$

Perhitungan :

$$R = 0,076.(100)^2 = 760 \text{ m}$$

Diperoleh nilai R_{\min} sebesar 760 m untuk kondisi gaya sentrifugal diimbangi sepenuhnya oleh berat.

b) Gaya sentrifugal diimbangi oleh gaya berat dan daya dukung komponen jalan rel

Diketahui :

$$V = 100 \text{ km/jam}$$

Rumus :

$$R = 0,054 V^2$$

Perhitungan :

$$R = 0,054.(100)^2 = 540 \text{ m digunakan } 550 \text{ m}$$

Diperoleh nilai R_{\min} sebesar 550 m untuk kondisi gaya sentrifugal diimbangi oleh gaya berat dan daya dukung komponen rel.

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

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

Berdasarkan Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012 untuk kecepatan rencana 100 km/jam jari – jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan yaitu 550 m.

Nilai R_{\min} dari tiga kondisi di atas maka dapat ditentukan nilai R_{\min} rencana untuk proses perhitungan berikutnya. Berikut contoh perhitungan dengan $R_{\text{rencana}} = 550 \text{ m}$.

3) Peninggian rel

a) Peninggian rel minimum

Diketahui :

$$V_r = 100 \text{ km/jam}$$

$$R_d = 550 \text{ m}$$

Rumus :

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

Perhitungan :

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

b) Peninggian rel normal

Diketahui :

$$V_r = 100 \text{ km/jam}$$

$$R_d = 550 \text{ m}$$

Rumus :

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \cdot \frac{V^2}{Rr} \text{ (mm)}$$

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

Perhitungan :

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \cdot \frac{100^2}{550} = 108 \text{ mm}$$

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 $h_{\text{maksimum}} = 110 \text{ mm}$.

hasil perhitungan yang telah diperoleh antara lain $h_{\min} = 106,5$ mm, $h_{\text{normal}} = 108$ mm dan $h_{\text{maksimum}} = 110$ mm, maka nilai penggian rel (h) yang digunakan adalah 110 mm karena dianggap paling stabil dan aman.

4) Pelebaran sepur

Nilai untuk pelebaran sepur telah diatur dalam Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012 dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut

Tabel 5.1 Pelebaran sepur untuk 1067 mm

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

Karena nilai R_{\min} rencana pada tikungan horisontal sebesar 550 maka berdasarkan tabel di atas nilai untuk pelebaran sepur adalah 5 mm.

5) Lengkung horisontal

Diperoleh data perancangan :

Kelas jalan = I

Kecepatan Maksimum = 120 km/jam

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

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

Sudut belok (Δ) = 22,193°

h = 110 mm

a) Mengitung panjang lengkung

$$L_s = 0.01 \times h \times v = 0.01 \times 110 \times 100 \\ = 110 \text{ m}$$

$$\theta_s = \frac{90+Ls}{\pi \times R} = \frac{90+100}{\pi \times 550} = 5,739^\circ$$

$$\theta_c = \Delta_s \cdot 2\theta_s = 22,193 - 2(5,739^\circ) = 10,715^\circ$$

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{\theta_c}{360^\circ} \times 2\pi R = \frac{10,715}{360^\circ} \times 2\pi \times 550 \\ &= 102,852 \text{ m} \approx 103 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= 2L_s + L_c = 2(110) + 102,825 \\ &= 323,223 \text{ m} \approx 323,2 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Menghitung X_c , Y_c , k dan p

$$X_c = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R^2} = 110 - \frac{110^3}{40 \times 550^2} = 110,075 \text{ m} \approx 110,1 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 \times R} = \frac{110^2}{6 \times 550} = 3,67 \text{ m} \approx 3,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} P &= Y_c - R(1 - \cos \theta_s) \\ &= 3,67 - 550(1 - \cos 5,739^\circ) = 0,91 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= X_c - R \sin \theta_s \\ &= 110,075 - 550 \sin 5,739^\circ = 55,076 \text{ m} \approx 55,08 \text{ m} \end{aligned}$$

c) Menghitung T_t dan E_t

$$\begin{aligned} T_t &= (R + P) \operatorname{tg} \frac{\Delta_s}{2} + K \\ &= (550 + 0,91) \operatorname{tg} \frac{22,139}{2} + 55,076 = 163,125 \text{ m} \approx 163,12 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_t &= (R + P) \operatorname{sec} \frac{\Delta_s}{2} - R \\ &= (550 + 0,91) \operatorname{sec} \frac{22,193}{2} - 550 = 11,406 \text{ m} \approx 11,41 \text{ m} \end{aligned}$$

Berikut ini tabel hasil perhitungan tikungan yang terdapat pada perancangan jalan kereta api lintas Banjarsari – Sukacinta, yaitu :

Tabel 5.2 Hasil perhitungan lengkung pada alinemen horisontal

DATA	TIKUNGAN 1	TIKUNGAN 2	TIKUNGAN 3	TIKUNGAN 4	TIKUNGAN 5	TIKUNGAN 6	TIKUNGAN 7	TIKUNGAN 8	TIKUNGAN 9
Δ	22.193	48.797	61.157	33.629	53.429	36.9	27.397	15.054	42.617
V	80	64	64	72	80	80	80	80	72
Vr	100	80	80	90	100	100	100	100	90
(θ_s)	5.739	4.534	4.618	6.457	5.739	5.739	5.739	5.739	6.457
(θ_c)	10.715	39.730	51.922	20.716	41.951	25.422	15.919	3.576	29.704
Ls	110.19	55.39	56.41	99.17	110.19	110.19	110.19	110.19	99.17
Lc	102.852	242.695	317.172	159.086	402.696	244.029	152.807	34.323	228.108
Tt	163.126	186.611	235.238	182.810	332.334	238.876	189.359	127.869	221.551
Et	11.418	34.724	56.977	20.628	66.756	30.774	17.052	5.710	33.290
k	55.074	27.689	28.201	49.562	55.074	55.074	55.074	55.074	49.562
p	0.922	0.366	0.379	0.934	0.922	0.922	0.922	0.922	0.934
Rd	550	350	350	440	550	550	550	550	440

Tabel 5.2 Lanjutan

DATA	TIKUNGAN 10	TIKUNGAN 11	TIKUNGAN 12	TIKUNGAN 13	TIKUNGAN 14	TIKUNGAN 15	TIKUNGAN 16	TIKUNGAN 17
Δ	32.028	28.323	20.308	30.082	30.336	26.22	53.897	12.612
V	64	64	64	64	72	72	80	80
Vr	80	80	80	80	90	90	100	100
(θ_s)	7.215	7.215	7.215	7.215	6.457	6.457	3.157	5.261
(θ_c)	17.598	13.893	5.878	15.652	17.423	13.307	47.584	2.090
Ls	88.15	88.15	88.15	88.15	99.17	99.17	110.19	110.19
Lc	107.500	84.867	35.906	95.612	133.797	102.188	830.495	21.887
Tt	144.771	132.598	106.902	138.351	169.097	152.252	563.738	121.475
Et	15.096	11.928	6.513	13.378	16.850	12.734	122.381	4.502
k	44.051	44.051	44.051	44.051	49.562	49.562	55.087	55.077
p	0.929	0.929	0.929	0.929	0.934	0.934	0.506	0.845
Rd	350	350	350	350	440	440	1000	600

2. Alinemen Vertikal

Perancangan alinemen vertikal pada jalan rel lintas Banjarsari – Sukacinta digunakan beberapa data yang diambil dari Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012, yaitu :

- a. Untuk kecepatan rencana 100 km/jam digunakan Rmin sebesar 6000 m.
- b. Pada jalur rel tingkat kelandaian yang digunakan antara 0 ‰ – 10 ‰.
- c. Pada daerah stasiun tingkat kelandaian 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.

Perencanaan Tikungan Vertikal.

Perhitungan :

Diperoleh data rencana pada lengkung vertikal IPV 1.

a. Data Kelandaian I

$$\text{Elevasi awal} = 45,688 \text{ m.}$$

$$\text{Elevasi akhir} = 46,498 \text{ m.}$$

$$\text{Jarak titik A – IPV 1} = 899,99 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} \text{Kelandaian } d1 &= \frac{\text{Elv.Akhir}-\text{Elv.Awal}}{\text{Jarak titik}} \times 1000 \\ &= \frac{45,688 - 46,498}{899,99} \times 1000 \\ &= 0,900 \text{ ‰.} \end{aligned}$$

b. Data kelandaian II

$$\text{Elevasi awal} = 46,498 \text{ m.}$$

$$\text{Elevasi akhir} = 44,875 \text{ m.}$$

$$\text{Jarak IPV I – IPV II} = 396,68 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} \text{Kelandaian } d2 &= \frac{\text{Elv.Akhir}-\text{Elv.Awal}}{\text{Jarak titik}} \times 1000 \\ &= \frac{46,498 - 44,875}{396,68} \times 1000 \\ &= -4,091 \text{ ‰.} \end{aligned}$$

c. Beda kelandaian (φ)

$$d_2 - d_1 = 4,991 \text{ ‰.}$$

d. Menghitung nilai X_m , Y_m , dan L_v .

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

$$\begin{aligned} X_m &= \frac{R}{2} \times \varphi \\ &= \frac{6000}{2} \times 4,991 \text{ ‰} \\ &= 14,974 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_m &= \frac{R}{8} \times (\varphi)^2 \\ &= \frac{6000}{8} \times (4,991 \text{ ‰})^2 \\ &= 0,0187 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_v &= \varphi \times R \\ &= 4,991 \times 6000 \\ &= 29,949 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada Tabel 5.3 disajikan jumlah dan nilai lengkung vertikal yang terdapat pada perencanaan jalan rel kereta api stasiun Banjarsari sampai Sukacinta.

Tabel 5.3 Data jumlah dan nilai pada setiap lengkung vertikal

Data	Stationing	Rmin (m)	Vrencana (km/jam)	S(%o)	Xm (m)	Ym (m)	Lv (m)	Jenis Lengkung
IPV 1	407 + 500	6000	100	4.991	14.974	0.019	29.949	Cembung
IPV 2	407 + 900	6000	100	7.792	23.376	0.046	46.752	Cekung
IPV 3	408 + 600	6000	100	5.805	17.414	0.025	34.828	Cekung
IPV 4	408 + 800	6000	100	0.835	2.504	0.001	5.007	Cembung
IPV 5	409 + 000	6000	100	1.803	5.408	0.002	10.816	Cembung
IPV 6	409 + 200	6000	100	8.065	24.195	0.049	48.390	Cembung
IPV 7	410 + 000	6000	100	4.467	13.401	0.015	26.801	Cembung
IPV 8	410 + 100	6000	100	2.525	7.574	0.005	15.148	Cekung
IPV 9	410 + 200	6000	100	5.683	17.048	0.024	34.096	Cembung
IPV 10	410 + 300	6000	100	3.157	9.470	0.007	18.939	Cekung
IPV 11	410 + 500	6000	100	14.624	43.873	0.018	87.746	Cekung
IPV 12	410 + 600	6000	100	4.964	14.893	0.018	29.787	Cembung
IPV 13	410 + 700	6000	100	0.851	2.553	0.001	5.107	Cembung
IPV 14	410 + 900	6000	100	3.302	9.906	0.008	19.812	Cekung
IPV 15	411 + 200	6000	100	3.395	10.184	0.009	20.369	Cembung
IPV 16	411 + 300	6000	100	8.658	25.973	0.056	51.946	Cembung
IPV 17	411 + 400	6000	100	4.367	13.101	0.014	26.201	Cekung
IPV 18	411 + 550	6000	100	9.344	28.032	0.065	56.064	Cekung
IPV 19	411 + 600	6000	100	14.066	42.197	0.148	84.393	Cembung
IPV 20	411 + 700	6000	100	4.717	14.152	0.017	28.304	Cekung
IPV 21	411 + 800	6000	100	5.870	17.609	0.026	35.218	Cembung

Tabel 5.3 Lanjutan

Data	Stationing	Rmin (m)	Vrencana (km/jam)	S(% o)	Xm (m)	Ym (m)	Lv (m)	Jenis Lengkung
IPV 22	412 + 300	6000	100	11.246	33.739	0.095	67.477	Cekung
IPV 23	412 + 500	6000	100	2.540	7.620	0.005	15.240	Cekung
IPV 24	412 + 600	6000	100	3.628	10.884	0.010	21.768	Cembung
IPV 25	412 + 700	6000	100	4.860	14.579	0.018	29.159	Cekung
IPV 26	413 + 000	6000	100	0.530	1.591	0.000	3.183	Cembung
IPV 27	413 + 100	6000	100	6.025	18.075	0.027	36.151	Cembung
IPV 28	413 + 200	6000	100	0.726	2.177	0.000	4.355	Cekung
IPV 29	413 + 550	6000	100	4.833	14.499	0.018	28.998	Cekung
IPV 30	413 + 600	6000	100	9.794	29.381	0.072	58.762	Cembung
IPV 31	413 + 650	6000	100	4.956	14.869	0.018	29.738	Cekung
IPV 32	413 + 800	6000	100	2.173	6.520	0.004	13.039	Cekung
IPV 33	413 + 900	6000	100	4.679	14.037	0.016	28.074	Cembung
IPV 34	414 + 000	6000	100	2.208	6.623	0.004	13.247	Cekung
IPV 35	414 + 050	6000	100	7.847	23.542	0.046	47.083	Cekung
IPV 36	414 + 100	6000	100	9.039	27.117	0.061	54.234	Cembung
IPV 37	414 + 150	6000	100	3.140	9.421	0.007	18.842	Cembung
IPV 38	414 + 200	6000	100	4.342	13.025	0.014	26.050	Cekung
IPV 39	414 + 400	6000	100	1.647	4.941	0.002	9.882	Cembung
IPV 40	414 + 600	6000	100	5.793	17.378	0.025	34.755	Cekung
IPV 41	415 + 400	6000	100	0.569	1.707	0.000	3.415	Cembung

Tabel 5.3 Lanjutan

Data	Stationing	Rmin (m)	Vrencana (km/jam)	S(%o)	Xm (m)	Ym (m)	Lv (m)	Jenis Lengkung
IPV 42	416 + 400	6000	100	5.652	16.955	0.024	33.910	Cembung
IPV 43	416 + 900	6000	100	9.076	27.228	0.062	54.457	Cekung
IPV 44	417 + 350	6000	100	3.967	11.902	0.012	23.804	Cekung
IPV 45	417 + 400	6000	100	8.909	26.726	0.060	53.452	Cembung
IPV 46	417 + 450	6000	100	4.948	14.845	0.018	29.691	Cekung
IPV 47	417 + 550	6000	100	4.151	12.453	0.013	24.905	Cekung
IPV 48	417 + 600	6000	100	6.216	18.648	0.029	37.296	Cembung
IPV 49	417 + 700	6000	100	6.185	18.556	0.029	37.113	Cekung
IPV 50	418 + 100	6000	100	8.631	25.893	0.056	51.785	Cembung
IPV 51	418 + 300	6000	100	10.737	32.212	0.086	64.424	Cembung
IPV 52	418 + 950	6000	100	12.890	38.669	0.125	77.339	Cekung
IPV 53	419 + 000	6000	100	24.487	73.462	0.450	146.923	Cembung
IPV 54	419 + 050	6000	100	14.426	43.279	0.156	86.557	Cekung
IPV 55	419 + 150	6000	100	8.449	25.347	0.054	50.695	Cekung
IPV 56	419 + 200	6000	100	11.335	25.347	0.054	68.013	Cembung
IPV 57	419 + 250	6000	100	7.979	23.936	0.048	47.871	Cekung
IPV 58	419 + 300	6000	100	8.501	25.502	0.054	51.005	Cembung
IPV 59	419 + 400	6000	100	2.757	8.270	0.006	16.540	Cekung
IPV 60	419 + 700	6000	100	0.620	1.860	0.000	3.720	Cekung
IPV 61	420 + 100	6000	100	15.721	47.163	0.185	94.326	Cekung

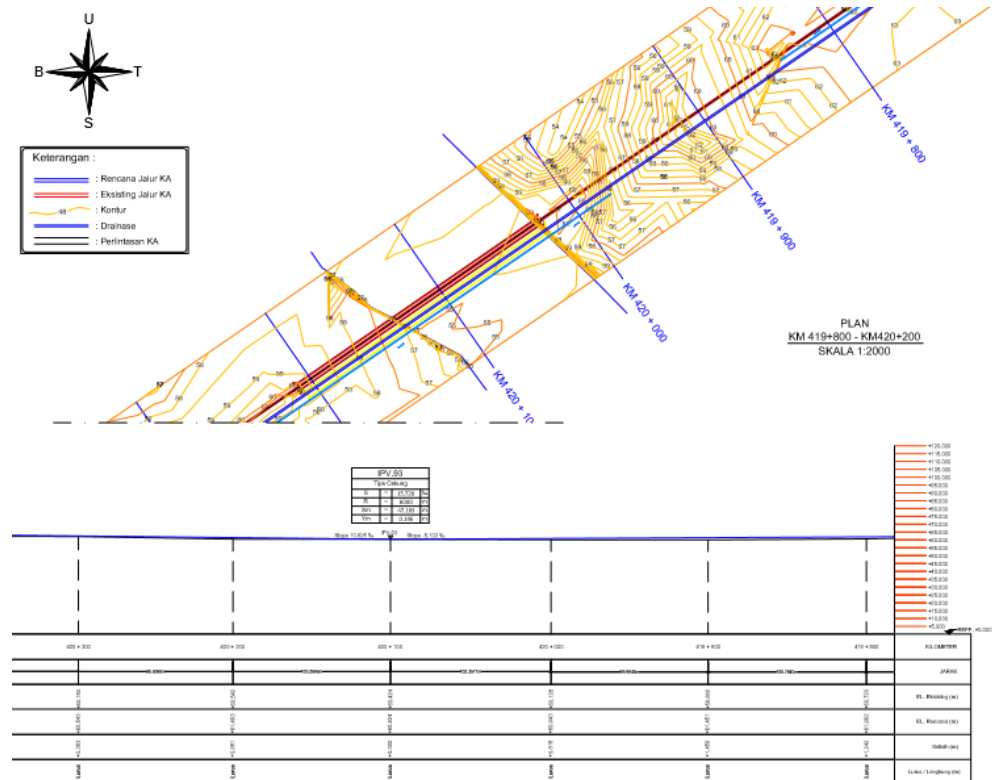
Tabel 5.3 Lanjutan

Data	Stationing	Rmin (m)	Vrencana (km/jam)	S(%o)	Xm (m)	Ym (m)	Lv (m)	Jenis Lengkung
IPV 62	420 + 500	6000	100	0.232	0.696	0.000	1.392	Cekung
IPV 63	421 + 300	6000	100	10.466	31.399	0.082	62.798	Cembung
IPV 64	421 + 350	6000	100	0.718	2.154	0.000	4.307	Cekung
IPV 65	421 + 550	6000	100	4.005	12.015	0.012	24.030	Cembung
IPV 66	422 + 200	6000	100	6.840	20.520	0.035	41.040	Cekung
IPV 67	422 + 300	6000	100	3.976	11.927	0.012	23.854	Cembung
IPV 68	422 + 500	6000	100	1.263	3.789	0.001	7.579	Cembung
IPV 69	422 + 600	6000	100	11.160	33.480	0.093	66.960	Cekung
IPV 70	422 + 800	6000	100	2.111	6.332	0.003	12.663	Cembung
IPV 71	423 + 000	6000	100	5.590	16.770	0.023	33.539	Cembung
IPV 72	423 + 400	6000	100	3.820	11.459	0.011	22.919	Cekung
IPV 73	423 + 500	6000	100	5.601	16.802	0.024	33.604	Cembung
IPV 74	423 + 600	6000	100	3.558	10.673	0.009	21.346	Cekung
IPV 75	423 + 700	6000	100	4.173	12.519	0.013	25.038	Cembung
IPV 76	423 + 800	6000	100	0.299	0.896	0.000	1.792	Cembung

3. Perancangan potongan

a. Potongan memanjang

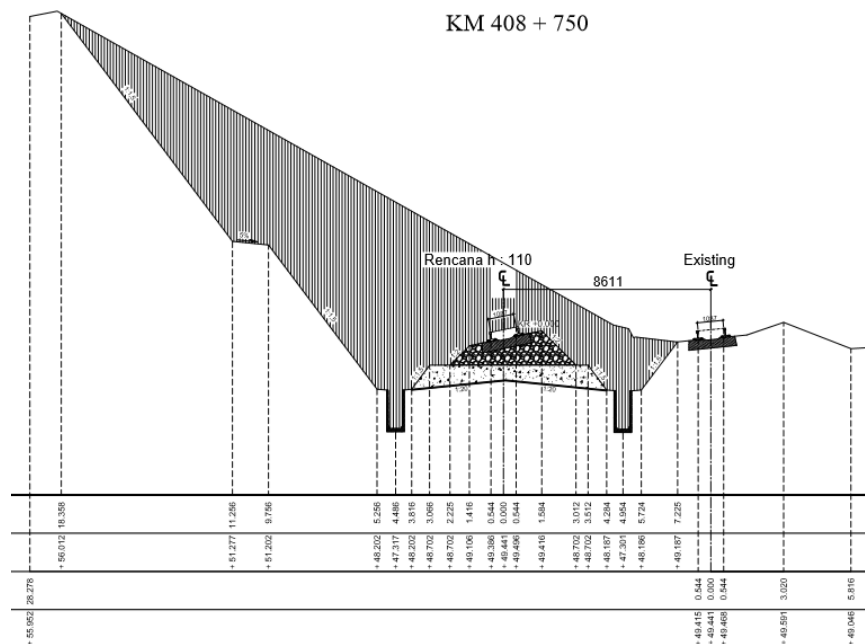
Potongan memanjang digunakan setiap panjang lintasan 1 km. potongan memanjang ini dilihat dari sisi samping sepanjang jalur kereta api rencana. Potongan memanjang dapat dilihat pada Gambar 5.7.



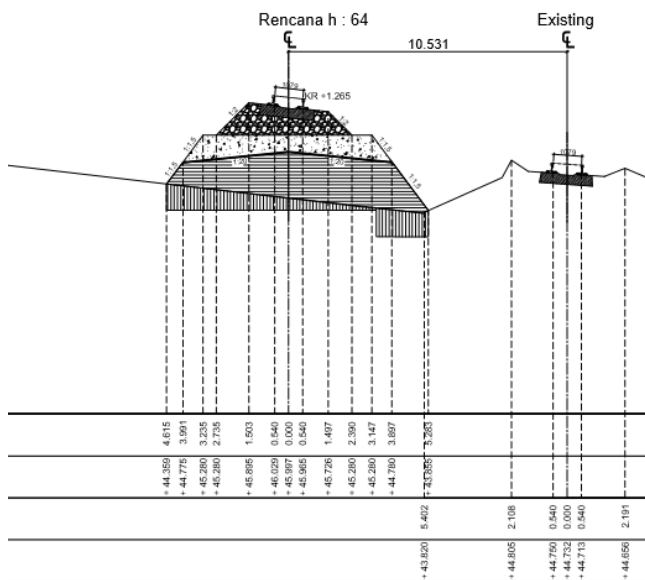
Gambar 5.7 Situasi dan potongan memanjang

b. Potongan melintang

Potongan melintang yang digunakan 100 m pada jalan lurus dan 50 m pada tikungan. Pada potongan melintang ini memberikan informasi berupa galian (Gambar 5.8) dan timbunan (Gambar 5.9).



Gambar 5.8 Potongan melintang pada galian



Gambar 5.9 Potongan melintang pada timbunan

E. Estimasi Volume Pekerjaan

1. Pengadaan Material

Pada pekerjaan jalur kereta api ganda lintas stasiun Banjarsari sampai stasiun Sukacinta, dilakukan pekerjaan pengadaan material berupa:

- a. Bantala beton lengkap dengan penambat material.
- b. Sirtu (Sub Balas).
- c. Balas batu pecah ukuran 2 – 6 cm.

2. Pelaksanaan Pekerjaan

a. Pelaksanaan persiapan

Adapun lingkup pekerjaan persiapan pada pembangunan jalur kereta api ganda lintas stasiun Banjarsari sampai stasiun Sukacinta, 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.

b. Pekerjaan pembebasan lahan

Pekerjaan pembebasan lahan yang utamanya merupakan bagian dari pembangunan jalan kereta api ganda ini disesuaikan dengan kondisi trase disain berupa penggantian biaya bongkar dan ganti rugi tanam tumbuh

c. Pekerjaan sipil dan badan kereta api

Adapun lingkup pekerjaan badan jalan kereta api pada pembangunan jalur kereta api ganda antara stasiun Banjarsari sampai stasiun Sukacinta, 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 kereta api dari tanah (merah) luar lokasi / badan jalan kereta api.
 - 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.
- d. Pekerjaan Jalan Rel
- Adapun lingkup pekerjaan rel pada pembangunan jalur kereta api ganda lintas Banjarsari sampai stasiun Sukacinta, ialah:
- 1) Pengadaan Rel.
 - 2) Pengadaan Wesel.
 - 3) Angkut, bongkar dan ecer bantalan beton lengkap penambat elastis untuk track rel R 54.
 - 4) Muat, bongkar/ecer susun rel R 54 di lokasi.
 - 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 kereta api.

e. Pekerjaan Balas

lingkup pekerjaan balas pada pembangunan jalur kereta api ganda antara Stasiun Banjarsari sampai Stasiun Sukacinta ialah:

- 1) Angkutan balas dengan kereta api.
- 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 kereta api.
- 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 kereta api normal) dan PBR (3 kali).
- 8) Pekerjaan Switch Over.

Tabel 5.4 Rekapitulasi kebutuhan pembangunan jalur kereta api

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 <i>e-clips</i>
		Jenis sambungan = tipe melayang
		Balas
		Subbalas
		<i>Subgrade</i>
2.	Bangunan Pelengkap (Drainase dan Saluran Terbuka di jalur rencana	Disesuaikan dengan kondisi lapangan
3.	Perkuatan tanah	Disesuaikan dengan kondisi lapangan
4.	Penggunaan lahan untuk dibebaskan	Pembebasan lahan tumbuh
5.	Sinyal dan telekomunikasi	Perencanaan dipersiapkan untuk penggunaan persinyalan dan telekomunikasi elektrifikasi

3. Volume galian dan volume timbunan

Berdasarkan hasil analisis trase yang dilakukan didapat Volume galian pada proyek Pembangunan Rel Banjarsari – Sukacinta sepanjang 16,875 Km diperkirakan mencapai 171,767 m³ dan Volume Timbunan 38,202 m³. (perhitungan TERLAMPIR).

4. Pekerjaan penyelesaian

Adapun lingkup pekerjaan penyelesaian pada pembangunan jalur kereta api ganda antara stasiun Banjarsari – Sukacinta ialah:

- a. Demobilisasi.
- b. Pembersihan lahan.
- c. Dokumentasi dan gambar akhir.

F. Estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah segala bentuk perencanaan mengenai aktivitas – aktivitas perusahaan yang dinyatakan dalam bentuk uang.

Penjabaran secara detail (*break down*) estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan Pembangunan Jalur Kereta Api ganda antara stasiun Banjarsari sampai stasiun Sukacinta dijabarkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Rencana anggaran biaya

No.	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOL	H. SATUAN	JUMLAH
1	2	3	4	5	6
	I UMUM				
1	Pengukuran dan pemasangan patok profile trace	m'sp	16,875.00	41,400	698,625,000.00
2	Gambar shop drawing dan as builtdrawing	ls	2.00	13,863,000	27,726,000.00
3	Mobilisasi dan demobilisasi	ton	80.00	1,283,000	102,640,000.00
4	Pembuatan Direksi Keet /Gudang	m ²	40.00	487,300	19,492,000.00
5	Penjagaan Direksi Keet/gudang selama pekerjaan berlangsung	oh	360.00	80,200	28,872,000.00
6	Penerangan dan perlengkapan direksikeet	ls	2.00	24,000,000	48,000,000.00
7	Pembuatan papan nama proyek	ls	1.00	915,900	915,900.00
9	Membersihkan lapangan dari sisa-sisa pekerjaan	ls	1.00	15,323,000	15,323,000.00
10	Dokumentasi	ls	4.00	7,133,000	28,532,000.00
11	Keamanan lingkungan	oh	25.00	80,200	2,005,000.00
	JUMLAH I				972,130,900.00

Tabel 5.5 Lanjutan

II PEKERJAAN SIPIL					
1	Pengupasan Lapisan atas tanah (Stripping)	m ²	438,750.00	20,000	8,775,000,000.00
2	Galian Tanah biasa dan membuang	m ³	171,767.29	111,900	19,220,759,874.09
3	Pemasangan Geotextile (sebagai separator termasuk bahan)	m ²	438,750.00	46,100	20,226,375,000.00
4	Pembuatan Tubuh jalan KA dengan Timbunan dari tanah luar lokasi	m ³	175,500.00	175,070	30,724,785,000.00
5	Menggilas, memadatkan tanah lapis demi lapis menggunakan alat berat	m ³	175,500.00	21,970	3,855,735,000.00
6	Biaya Pengujian tanah	ls	1.00	20,000,000	20,000,000.00
7	Pembuatan Drainase memanjang (long draine)	m ³	4,958.015	1,073,500	5,322,429,102.50
8	Pembuatan Lapisan Sub Balas	m ³	155,502.90	443,800	69,012,187,020.00
9	Menanam Gebalan rumput pada lereng tanah timbunan dan keprasan tebing	m ²	5,508.00	30,700	169,095,600.00
10	Memperbaiki Kondisi jalan masuk kendaraan angkutan berat dari jalan raya ke akses pekerjaan tubuh jalan rel	m'	1,250.00	233,900	292,375,000.00
11	Pasangan beton bertulang K. 250 untuk Dinding penahan tanah (Slope protection)	m ³	2,891.73	4,623,400	13,369,637,889.86
JUMLAH II					157,641,868,096.59

Tabel 5.5 Lanjutan

	III PEKERJAAN TRACK				
1	Pengadaan Bantalan Beton lengkap dengan penambat elastis	unit	101,250.00	650,000	65,812,500,000.00
2	Pengadaan Bantalan Kayu dan penambat	unit	12.00	1,271,700	15,260,400.00
3	Pengadaan Base Blate Bantalan Kayu (untuk sambungan)	unit	12.00	408,800	4,905,600.00
4	Pengadaan Plat sambung dan baut lengkap	set	24.00	1,686,400	40,473,600.00
5	Pengadaan Balas kricak	m ³	89,477.10	336,200	30,082,201,020.00
6	Pengerjaan Balas kricak	m ³	89,477.10	260,500	23,308,784,550.00
7	Pemasangan Bantalan Beton	unit	101,250.00	126,100	12,767,625,000.00
8	Pemasangan Bantalan Kayu (untuk sambungan)	unit	24.00	126,100	3,026,400.00
9	Pemasangan Pelat Sambung, Baut, dan Alat Penambat	unit	24.00	802,400	19,257,600.00
10	Mengebor Rel R.54 untuk tiap titik sambungan rel	ttk	2,700.00	38,000	102,600,000.00
11	Muat, Angkut bongkar Rel R.54 dari lokasi penimbunan ke lokasi	ton	911.25	861,300	784,859,625.00
12	Pekerjaan Pemasangan Rel	m'sp	33,750.00	107,600	3,631,500,000.00
13	Pengelasan Rel	ttk	2,700.00	1,474,400	3,980,880,000.00
14	Membuat dan Memasang Patok km/hm per 100m	unit	168.75	384,430	64,872,606.78
15	Membuat dan Memasang Patok Lengkung per 10m	unit	695.00	328,539	228,334,400.01
16	Membuat dan Memasang Patok Heling (awal dan akhir)	unit	17.00	1,363,453	23,178,697.08
17	Membuat dan Memasang Papan Lengkung	unit	17.00	328,539	5,585,157.99
18	Pekerjaan Angkat Listring	m'sp	16,875.00	10,285	173,559,375.00
19	Pekerjaan HTT	m'sp	16,875.00	10,285	173,559,375.00
20	Pekerjaan MTT	m'sp	50,625.00	10,285	520,678,125.00
	JUMLAH III				141,743,641,531.86
	JUMLAH I + II + III				300,357,640,528.45
	PPN 10%				30,035,764,052.84
	Total				330,393,404,581.29
	Dibulatkan				330,393,404,000.00

Secara keseluruhan, estimasi biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan pembangunan jalur kereta api ganda Stasiun Banjarsari sampai Stasiun Sukacinta adalah sebesar Rp 330,393,404,000,00,- dan bila dirata-ratakan maka akan didapat biaya sebesar Rp 19,578,868,000,00,- per km.