

## **BAB II**

### **PERANCANGAN GEOMETRIK JALUR REL KERETA API SIDOARJO – TULANGAN - TARIK**

#### **2.1 Uraian Umum**

Perencanaan pembangunan rel kereta api didasarkan pada prinsip-prinsip dasar dalam perencanaan transportasi. Beberapa teori yang mendasari perencanaan pembangunan rel kereta api antara lain :

- a. Teori perencanaan trase rel kereta perkotaan: Teori ini berkaitan dengan pengembangankota dan wilayah perkotaan. Dalam perencanaan pembangunan trase rel kereta api, teori ini berfokus pada integrasi sistem transportasi dengan pengembangan perkotaan dan kepentingan masyarakat lokal. Pada perencanaan penetapan dan pengajuan trase kareta apidapat menggunakan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor: PM. 11 tahun 2012.
- b. Teori teknologi transportasi: Teori ini berkaitan dengan pengembangan teknologi transportasi dan penggunaannya dalam sistem transportasi. Dalam perencanaan pembangunan rel kereta api, teori ini berfokus pada penggunaan teknologi yang tepat untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kenyamanan pengguna sistem rel kereta api. Penggunaan teknologi dalam pembangunan kereta api juga berdasarkan persyaratan teknis yang dimuat dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api dengan Menteri Perhubungan Republik Indonesia.

Dalam praktiknya, perencanaan pembangunan rel kereta api memerlukan integrasi dari beberapa teori dan pendekatan, baik dari segi teknis, maupun sosial. Hal ini bertujuan untuk menciptakan sistem transportasi rel kereta api yang efektif, efisien, dan mampu memenuhi kebutuhan masyarakat serta mendukung pertumbuhan ekonomi wilayah yang dilayani.

## 2.2. Geometri Jalan Rel

Menurut Utomo (2006) dalam *Redesign Geometri Jalan Rel Kereta Api Rute Bandung – Ciwidey*, Rahayu E, Divia Awitaning (2021), geometri jalan rel adalah bentuk dan ukuran jalan rel baik pada arah melebar yang meliputi lebar sepur, kelandaian, lengkung horizontal dan lengkung vertikal, peninggian rel, pelebaran sepur. Geometri jalan rel harus direncanakan dan dirancang sedemikian rupa sehingga dapat mencapai hasil yang efisien, aman, nyaman, dan ekonomis. Geometri jalan rel kereta api direncanakan berdasar pada kecepatan rencana serta ukuran-ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan kesertaan dengan lingkungan sekitarnya.

### 2.2.1. Lebar Jalan Rel

Lebar jalan rel terdiri dari 1067 mm dan 1435 mm. Lebar jalan rel merupakan jarak minimum kedua sisi kepala rel yang diukur pada 0-14 mm dibawah permukaan teratas rel. Penyimpangan lebar jalan rel untuk lebar 1067 mm yang dapat diterima +2 mm dan -0 untuk jalan rel baru dan +4 mm dan -2 mm untuk jalan rel yang telah dioperasikan, untuk toleransi pelebaran jalan rel untuk lebar jalan rel 1435 mm adalah -3 dan +3.

### 2.2.2. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel. Besar jari-jari minimum lengkung vertikal bergantung pada kecepatan rencana, sebagaimana dinyatakan dalam tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari – Jari Minimum Lengkung Vertikal
Lebih Besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

(Sumber: PM 60 Tahun 2012)

Pengukuran lengkung vertikal dilakukan pada titik awal peralihan kealndaian. Dua lengkung vertikal yang berdekatan harus memiliki transisi lurus sekurang-kurangnya sepanjang 20 m.

### 2.2.3. Lengkung Horizontal

Lengkung horizontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal, berikut merupakan beberapa bagian dari lengkung horizontal :

a. Lengkung Lingkaran

Lengkung bagian lurus, yang perpanjangnya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa

Kecepatan rencana (km/jam).	Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan (m).	Jari-jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan (m).
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

lengkung-lengkung peralihan. Untuk berbagai kecepatan rencana, besar jari-jari minimum yang diijinkan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Jari - Jari Minimum Yang Diijinkan

(Sumber: PM 60 Tahun 2012)

b. Lengkung peralihan

Lengkung Peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang

lurus dan bagian lingkaran dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda. Lengkung peralihan dipergunakan pada jari-jari lengkung yang relatif kecil.

c. Lengkung S

Lengkung S terjadi bila dua lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan. Antara kedua lengkung yang berbeda arah ini harus ada bagian lurus sepanjang paling sedikit 20 meter di luar lengkung peralihan.

#### 2.2.4. Pelebaran Jalan Rel

Perlebaran jalan rel dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Perlebaran sepur dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam. Perlebaran sepur maksimum yang diijinkan adalah 20 mm. Perlebaran sepur dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan. Besar perlebaran sepur untuk berbagai jari-jari tikungan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Pelebaran Jalan Rel Untuk Lebar 1067 mm

Pelebaran (mm)	Jari-jari tikungan (meter)
0	$R > 600$
5	$550 < R < 600$
10	$400 < R < 550$
15	$350 < R < 400$
20	$100 < R < 350$

(Sumber: PM 60 Tahun 2012)

#### 2.2.5. Peninggian Rel

Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta. Peninggian rel dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan. Untuk

tikungan tanpa lengkung peralihan peninggian rel dicapai secara berangsur tepat di luar lengkung lingkaran sepanjang suatu panjang peralihan. Besar peninggian untuk berbagai kecepatan rencana tercantum pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Peninggian Rel 1067 mm

Jari- Jari (m)	Peninggian (mm) per (km/jam)						
	120	110	100	90	80	70	60
100							
150							---
200							110
250						---	90
300					---	100	75
350					110	85	65
400				---	100	75	55
450				110	85	65	50
500			---	100	80	60	45
550			110	90	70	55	40
600			100	85	65	50	40
650		---	95	75	60	50	35
700		105	85	70	55	45	35
750	---	100	80	65	55	40	30
800	110	90	75	65	50	40	30
850	105	85	70	60	45	35	30
900	100	80	70	55	45	35	25
950	95	80	65	55	45	35	25
1000	90	75	50	50	40	30	25
1100	80	70	55	45	35	30	20
1200	75	60	55	40	35	25	20
1300	70	60	50	40	30	25	20
1400	65	55	45	35	30	25	20

Lanjutan tabel 2.4 Peninggian Rel 1067 mm

Jari- Jari (m)	Peninggian (mm) per (km/jam)						
	120	110	100	90	80	70	60
1500	60	50	40	35	30	20	15
1600	55	45	40	35	25	20	15
1700	55	45	35	30	25	20	15
1800	50	40	35	30	25	20	15
1900	50	40	35	30	25	20	15
2000	45	40	30	25	20	15	15
2500	35	30	25	20	20	15	10
3000	30	25	20	20	15	10	10
3500	25	25	20	15	15	10	10
4000	25	20	15	15	10	10	10

(Sumber: PM 60 Tahun 2012)

### 2.2.6. Kelandaian

Berdasarkan pada kelandaian dari sumbu jalan rel dapat dibedakan atas Empat kelompok kelandaian yaitu emplasemen, lintas datar, lintas pegunungan, dan lintas dengan rel gigi. Pembagian kelompok kelandaian dicantumkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2. 5. Pengelompokan Lintas Berdasarkan Kelandaian

Kelompok	Kelandaian
Emplasemen	0 – 1,5%
Lintas Datar	0 – 10%
Lintas Pegunungan	10% - 40%
Lintas dengan rel gigi	40% - 80%

(Sumber: PM 60 Tahun 2012)

Landai penentu merupakan suatu kelandaian (Pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Besar landai penentu terutama berpengaruh pada

kombinasi daya tarik lok dan rangkaian yang dioperasikan. Untuk masing-masing kelas jalan rel, besar landai penentu adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Landai Penentu Maksimum

Kelas Jalan Rel	Landai Penentu Maksimum
1	10%
2	10%
3	20%
4	25%
5	25%

(Sumber: PM 60 Tahun 2012)

### 2.2.7. Rel

Rel kereta api adalah bagian utama dari infrastruktur rel yang membentang dari satu titik ke titik lain, menciptakan jalur yang digunakan oleh kereta api untuk bergerak. Rel berfungsi sebagai dasar atau fondasi bagi pergerakan kereta api dan memiliki beberapa karakteristik khusus. Kelas jalan rel dan karakter penampang rel akan dibahas masing – masing sebagai berikut :

#### a. Kelas jalan rel

Kelas jalan rel sendiri di bagi kebebrapa kelompok sesuai dengan tipe rel yang digunakan. Untuk masing-masing kelas jalan tercantum pada tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Kelas Jalan dan Tipe Relnya

KELAS JALAN	TIPE REL
I	R 60 / R 54
II	R 54 / R 50

Lanjutan tabel 2.7 Kelas Jalan dan Tipe Relnya

III	R 54 / R 50 / R 42
IV	R 54 / R 50 / R 42
V	R 42

(Sumber: PM 60 Tahun 2012)

b. Karakteristik penampang

Untuk karakteristik penampang rel tercantum pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Karakteristik Penampang Rel

Besaran Geometri Rel	Tipe Rel			
	R. 42	R.50	R. 54	R. 60
H (mm)	138	153	159	172
B (mm)	110	127	140	150
C (mm)	68,50	65	72,20	74,30
D (mm)	13,50	15	16,00	16,50
E (mm)	40,50	49	49,40	51
F (mm)	23,50	30	30,20	31,50
G (mm)	72	76	74,97	80,95
R (mm)	320	500	508	120
A (cm <sup>2</sup> )	54,26	64,20	69,34	76,86
W (kg/m)	42,59	50,40	54,43	60,34
Yb (mm)	68,50	71,60	76,20	80,95
Ix (cm <sup>4</sup> )	1,263	1,860	2,345	3,066



Lanjutan tabel 2.8 Karakteristik Penampang Rel

Besaran Geometri Rel	Tipe Rel			
	R. 42	R.50	R. 54	R. 60
A : Luas Penampang				
W : Berat rel per meter				
Yb : Momen inersia terhadap sumbu X				
Ix : Jarak tepi bawah rel ke garis netral				

(Sumber: PM 60 Tahun 2012)

## c. Jenis rel menurut panjangnya

Menurut panjangnya rel dibedakan tiga jenis rel, yaitu :

1. Rel standar adalah rel yang panjangnya 25 meter.
2. Rel pendek adalah rel yang panjangnya maksimal 100 m.
3. Rel panjang adalah rel yang panjang tercantum minimum pada Tabel 2.9.

Tabel 2. 9. Panjang Minimal Rel Panjang

Jenis Bantalan	Tipe Rel			
	R 42	R 50	R 54	R 60
Bantalan kayu	325 m	375 m	400 m	450 m
Bantalan beton	200 m	225 m	250 m	275 m

(Sumber: PM 60 Tahun 2012)

## d. Sambungan rel.

## 1. Umum

Sambungan rel adalah konstruksi yang mengikat dua ujung rel sedemikianrupa sehingga operasi kereta api tetap aman dan nyaman. Yang dimaksud dengan sambungan rel adalah sambungan yang

menggunakan pelat penyambung dan baut-mur.

2. Macam sambungan.

Dari kedudukan terhadap bantalan dibedakan dua macam sambungan rel, yaitu :

- a) Sambungan melayang.
- b) Sambungan menumpu.

3. Penempatan sambungan di sepur.

Penempatan sambungan di sepur ada dua macam yaitu :

- a) Penempatan secara siku, dimana kedua sambungan berada pada satu garis yang tegak lurus terhadap sumbu sepur.
- b) Penempatan secara berselang-seling, dimana kedua sambungan rel tidak berada pada satu garis yang tegak lurus terhadap sumbu sepur.

4. Sambungan rel di jembatan.

- a) Didalam daerah bentang jembatan harus diusahakan agar tidak ada sambungan rel.
- b) Rel dengan bantalan sebagai suatu kesatuan harus dapat bergeser terhadap gelegar pemikulnya yang dimaksud dengan gelegar pemikul adalah bagian dari konstruksi jembatan dimana bantalan menumpu secara langsung.
- c) Jika digunakan rel standar atau rel pendek, letak sambungan rel harus berada di luar pangkal jembatan. Panjang daerah muai untuk bermacam-macam rel tercantum pada tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Panjang Daerah Muai

Jenis bantalan	Tipe Rel			
	R 42	R. 50	R.54	R. 60
Bantalan kayu	165 m	190 m	200 m	225 m
Bantalan beton	100 m	115 m	125 m	140 m

(Sumber: PM 60 Tahun 2012)

### 2.3 Metode Pengumpulan Data Perencanaan Jalur Rel KA

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data dengan metode AHP. Kuisisioner dibuat berdasarkan kondisi apabila jaringan jalan rel KA sudah dioperasikan. Responden merupakan pengguna transportasi yang menggunakan moda angkutan darat contohnya kendaraan pribadi maupun angkutan umum. Kriteria dalam kuisisioner antara lain :

- a. Teknis.
- b. Integrasi Jaringan.
- c. Hukum.
- d. Keuangan Biaya Konstruksi.
- e. Aksesibilitas dan Mobilitas.
- f. Tata Guna Lahan.

Dari hasil pengumpulan data Kuisisioner kemudian dilakukan pemilihan trase melalui metode AHP berdasarkan hasil dari jawaban Kuisisioner dan setelah itu dilakukan perankingan terhadap setiap trase yang akan dipilih. Terdapat beberapa tahapan untuk melakukan metode pengumpulan data sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data dan analisis

Data yang dikumpulkan berupa data sekunder. Data sekunder dikumpulkan dari data-data dan menggunakan peta tematik yang mempertimbangkan kondisi wilayah kemudian dilakukan pemilihan jalur kereta api yang mempunyai potensial

untuk dibangun dengan pertimbangan kondisi topografi, geologi dan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan.

b. Pengumpulan data melalui aplikasi *Civil 3D*

Penggunaan aplikasi *Civil 3D* untuk mengetahui data lokasi pasti dari jalur kereta api yang direncanakan, hasil data ini sangat diperlukan sebagai dasar dalam perencanaan setiap jalur kereta api dari aspek ekonomi, lingkungan, dan finansial.

c. Tahapan Pelaksanaan

Dalam pembuatan kuisisioner, terdapat kriteria dan variabel kriteria yang ditawarkan seperti pada tabel 2.11.

Tabel 2. 11 Kriteria Yang di Tawarkan

NO	Kriteria	Variabel Kriteria
1	Teknis	Panjang jalan, waktu tempuh, topografi, kebutuhan lahan, dan lainnya
2	Integrasi Jaringan	Integrasi dengan terminal, sentra industri, pasar, dan lainnya
3	Hukum	Kesesuaian dengan transportasi wilayah
4	Biaya Konstruksi	Biaya konstruksi, operasional dan pembebasan lahan
5	Aksesibilitas	Menjangkau wilayah yang dihubungkan dan kemudahan kendaraan bergerak
6	Tata guna lahan	Luas lahan yang perlu dibebaskan, dan bangunan yang perlu di bebaskan

Setelah kuisisioner berdasarkan kriteria dan variabel kriteria selesai, kuisisioner dibagikan kepada 5 orang reponden yang pernah menggunakan transportasi umum seperti kereta. Sehingga dibuat kuisisioner yang berisikan dua tahap pengisian. Tahap satu merupakan pemilihan perbandingan tingkat kepentingan kriteria, sedangkan tahap dua adalah pemilihan perbandingan tingkat kepentingan dari variabel kriteria.

Isi kuisioner tahap satu dan dua dapat dilihat pada lampiran 1, lampiran 2 dan lampiran 3.

## 2.4 Perencanaan Trase

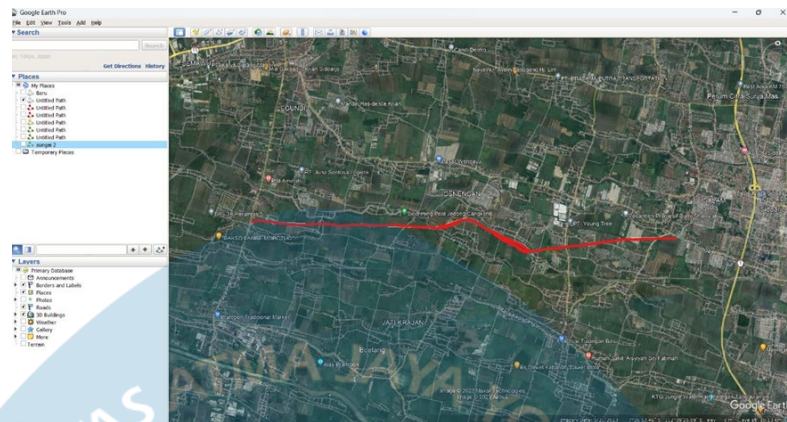
Berdasarkan hasil pengumpulan data sekunder peta topografi, kawasan hutan lindung, infrastruktur transportasi dan peta rencana pengembangan Provinsi dan Kabupaten maka terdapat 3 (Tiga) alternatif jalur KA dari Sidoarjo – Tulangan – Tarik. Adapun Alternatif jalur KA pada Tabel 2.12.

Tabel 2. 12 Tabel Alternatif Trase

Alternatif Trase	Penjelasan
Alternatif 1	Alternatif ini banyak membuka lahan baru sepanjang daerah Sidoarjo – Tulangan – Tarik, alternatif ini memiliki panjang 12,2 km. Alternatif trase ini melewati 72 rumah dan menyeberangi 2 kali sungai.
Alternatif 2	Alternatif ini banyak membuka lahan baru sepanjang daerah Sidoarjo – Tulangan – Tarik, alternatif ini memiliki panjang 20,2 km. Alternatif trase ini melewati 5 rumah dan menyeberangi 1 kali sungai.
Alternatif 3	Alternatif ini banyak membuka lahan baru sepanjang daerah Sidoarjo – Tulangan – Tarik, alternatif ini memiliki panjang 14,9 km. Alternatif trase ini melewati 168 rumah dan 5 masjid serta menyeberangi 5 kali sungai.

### Alternatif 1

Alternatif 1 disajikan dengan garis berwarna merah dimana dari hasil pengukuran dengan menggunakan *Google Earth Pro* diperoleh panjang trase jalur kereta api sepanjang 12,2 Km. Gambar trase 1 dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Trase 1 Jalur Rel KA  
(Sumber: *Google Earth Pro*, 2023)

Alternatif 1 memiliki 2 tikungan dimana tikungan pertama dan kedua adalah spiral *circle spiral*. Perhitungan aliyement horizontal dan vertikal menggunakan *Civil 3D* berdasarkan data desain. Perhitungan aliyement horizontal dan vertikal bisa dilihat di Tabel 2.13 dan Tabel 2.14.

Tabel 2. 13 Perhitungan Aliyemen Vertikal Alternatif 1

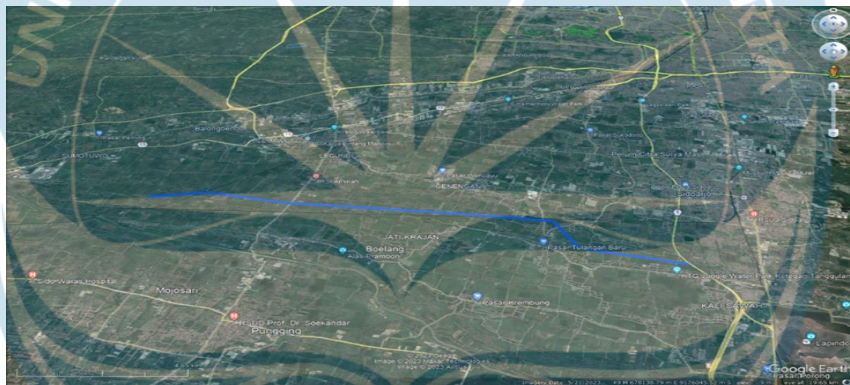
TRASE 1		X	BENTUK	g1	g2	R	A	Xm(m)	Ym(m)	STA PPV	STA PLV	ELV PPV	ELV PLV	STA PTV	ELV PTV	X
Grade In	Grade Out															
0,00%	0,00%	38,32	Cembung	0	0	8000	0	0,00	0,0000	434,99	434,99	38,32	38,32	434,99	38,32	38,32
0,00%	0,13%	56,68	Cekung	0	1,3	8000	1,3	5,20	0,00	625,00	619,80	44,00	44,00	630,20	44,01	44,00
0,13%	-0,08%	56,83	Cembung	1,3	-1	8000	2,1	8,40	0,00	750,00	741,60	44,00	43,99	758,40	43,99	44,00
-0,08%	0,08%	39,78	Cekung	-0,8	0,8	8000	1,6	6,40	0,00	890,00	883,60	39,78	39,79	896,40	39,79	39,79
0,08%	2,85%	40,36	Cekung	0,8	29	8000	27,7	110,80	0,77	890,00	779,20	39,78	39,69	1000,80	42,94	40,55
2,85%	-1,54%	41,23	Cembung	28,5	-15	8000	43,9	175,60	1,93	890,00	714,40	39,78	34,78	1065,60	37,08	41,71
-1,54%	0,00%	39,96	Cekung	-15	0	8000	15,4	61,60	0,24	890,00	828,40	39,78	40,73	951,60	39,78	40,02
0,00%	0,11%	39,78	Cekung	0	1,1	8000	1,1	4,40	0,00	890,00	885,60	39,78	39,78	894,40	39,79	39,78
0,11%	-0,69%	39,83	Cembung	1,1	-7	8000	8	32,00	0,06	890,00	858,00	39,78	39,75	922,00	39,56	39,85
-0,69%	1,82%	40,26	Cekung	-6,9	18	8000	25,1	100,40	0,63	890,00	789,60	39,78	40,48	990,40	41,61	40,41
1,82%	-0,59%	40,22	Cembung	18,2	-6	8000	24,1	96,40	0,58	890,00	793,60	39,78	38,03	986,40	39,21	40,36
-0,59%	0,00%	39,81	Cekung	-5,9	0	8000	5,9	23,60	0,03	890,00	866,40	39,78	39,92	913,60	39,78	39,82
0,00%	0,09%	39,78	Cekung	0	0,9	8000	0,9	3,60	0,00	890,00	886,40	39,78	39,78	893,60	39,79	39,78
0,09%	-0,01%	40,78	Cembung	0,9	-0	8000	1	4,00	0,00	891,00	887,00	40,78	40,78	895,00	40,78	40,78
-0,01%	2,22%	42,16	Cekung	-0,1	22	8000	22,3	89,20	0,50	892,00	802,80	41,78	41,79	981,20	43,76	42,28
2,22%	-1,10%	43,61	Cembung	22,2	-11	8000	33,2	132,80	1,10	893,00	760,20	42,78	39,83	1025,80	41,32	43,89
-1,10%	0,46%	43,97	Cekung	-11	4,6	8000	15,6	62,40	0,24	894,00	831,60	43,78	44,47	956,40	44,07	44,03
0,46%	-0,10%	44,81	Cembung	4,6	-1	8000	5,6	22,40	0,03	895,00	872,60	44,78	44,68	917,40	44,76	44,81
-0,10%	0,00%	45,78	Cekung	-1	0	8000	1	4,00	0,00	896,00	892,00	45,78	45,79	900,00	45,78	45,78

Tabel 2. 14 Perhitungan Aliyemen Horizontal Alternatif 1

TIKUNGAN	$\Delta$	$V_r$	$R_{min}$	$R_{pakai}$	$h_{min}$	$h$	$h_{max}$	$h_{pakai}$
	Degrees	km/jam	m	m	mm	mm	mm	mm
TIKUNGAN 2	38,000000	120	780	850	95,5423529	100,8000	110	100,8000
TIKUNGAN 3	48,000000	120	780	850	95,5423529	100,8000	110	100,8000
$I=X_s$	$L=L_s$	$\theta_s$	$L_c$	$p$	$k$	$T_s$	$E_s$	$Y_s$
m	m	Degrees	m	m	m	m	m	m
84,000	120,960	4,077	442,781	0,718	60,470	353,396	49,737	2,869
84,000	120,960	4,077	591,134	0,718	60,470	439,234	81,227	2,869

### Alternatif 2

Alternatif 2 pada gambar 2.2 disajikan dengan garis berwarna biru dimana dari hasil pengukuran dengan menggunakan *Google Earth Pro* diperoleh Panjang trase jalur KA sepanjang 20,2 km. Gambar trase 2 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Trase 2 Jalur rel KA

(Sumber: Google earth pro, 2023)

Alternatif 2 memiliki 4 tikungan dimana tikungan pertama dan keempat *full circle* dan tikungan kedua dan ketiga *spiral circle spiral*. Perhitungan aliyement horizontal dan vertikal menggunakan *Civil 3D* berdasarkan data desain. Perhitungan aliyement horizontal dan vertikal bisa dilihat pada Tabel 2.15 dan 2.16.

Tabel 2. 15 Perhitungan Aliyemen Horizontal Alternatif 2

TRASE	Lengkung FC								
	TIKUNGAN	$\Delta$ Degrees	Vr km/jam	Rmin m	Rpakai m	Tc m	Lc m	Ec m	h mm
2	TIKUNGAN 1	20,60	120,00	2.370,00	2.400,00	436,15	862,89	39,31	29,75
	TIKUNGAN 4	17,87	120,00	2.370,00	2.400,00	377,33	748,54	29,48	29,75
	Lengkung SCS								
	TIKUNGAN	$\Delta$ Degrees	Vr km/jam	Rmin m	Rpakai m	hmin mm	h mm	hmax mm	hpakai mm
	TIKUNGAN	50,0	120,0	780,0	850,0	95,5	100,8	110,0	100,8
	TIKUNGAN	59,8	120,0	780,0	850,0	95,5	100,8	110,0	100,8
	I=Xs	L=Ls	$\theta_s$	Lc	p	k	Ts	Es	Ys
	m	m	Degrees	m	m	m	m	m	m
	84,000	120,960	4,077	620,805	0,718	60,470	457,166	88,664	2,869
84,000	120,960	4,077	765,746	0,718	60,470	549,358	131,190	2,869	

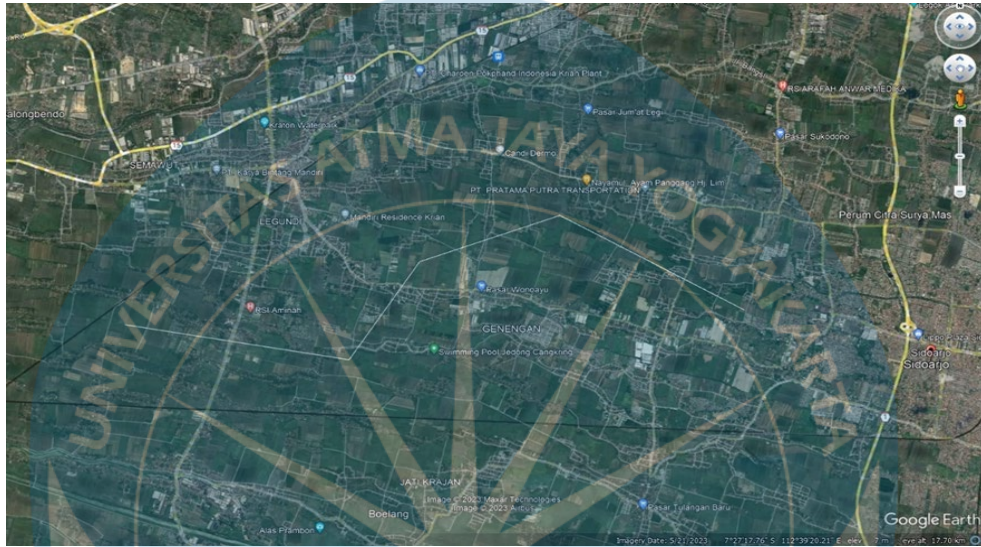
Tabel 2. 16 Perhitungan Aliyemen Vertikal Alternatif 2

TRASE 2		LENG KUN G	BEN TUK	g1	g2	R	A	Xm(m)	Ym(m)	STA PPV	STA PLV	ELV PPV	ELV PLV	STA PTV	ELV PTV	X
Grade In	Grade Out															
0,00%	-0,40%	1	Cemb	0	-4	8000	4	16,00	0,0160	-100,00	-116,00	8000,00	8000,00	-84,00	7999,94	8000,02
-0,40%	0,60%	2	Cekur	-4	6	8000	10	40,00	0,10	625,00	585,00	44,00	44,16	665,00	44,24	44,10
0,60%	0,11%	3	Cemb	6	1,1	8000	4,9	19,60	0,02	750,00	730,40	44,00	43,88	769,60	44,02	44,02
0,11%	-0,54%	4	Cemb	1,1	-5,4	8000	6,5	26,00	0,04	890,00	864,00	39,78	39,75	916,00	39,64	39,83
-0,54%	1,83%	5	Cekur	-5,4	18,3	8000	23,7	94,80	0,56	890,00	795,20	39,78	40,29	984,80	41,52	40,34
1,83%	0,00%	6	Cemb	18,3	0	8000	18,3	73,20	0,33	890,00	816,80	39,78	38,44	963,20	39,78	40,12
0,00%	0,48%	7	Cekur	0	4,8	8000	4,8	19,20	0,02	890,00	870,80	39,78	39,78	909,20	39,88	39,81
0,48%	-1,89%	8	Cemb	4,8	-18,9	8000	23,7	94,80	0,56	890,00	795,20	39,78	39,33	984,80	37,99	40,34
-1,89%	1,92%	9	Cekur	-18,9	19,2	8000	38,1	152,40	1,45	890,00	737,60	39,78	42,66	1042,40	42,71	41,23
1,92%	-0,74%	10	Cemb	19,2	-7,4	8000	26,6	106,40	0,71	890,00	783,60	39,78	37,74	996,40	39,00	40,49
-0,74%	2,12%	11	Cekur	-7,4	21,2	8000	28,6	114,40	0,82	890,00	775,60	39,78	40,63	1004,40	42,21	40,60
2,12%	-0,40%	12	Cemb	21,2	-4	8000	25,2	100,80	0,64	890,00	789,20	39,78	37,65	990,80	39,38	40,42
-0,40%	0,97%	13	Cekur	-4	9,7	8000	13,7	54,80	0,19	890,00	835,20	39,78	40,00	944,80	40,31	39,97
0,97%	-0,65%	14	Cemb	9,7	-6,5	8000	16,2	64,80	0,26	891,00	826,20	40,78	40,15	955,80	40,36	41,05
-0,65%	1,65%	15	Cekur	-6,5	16,5	8000	23	92,00	0,53	892,00	800,00	41,78	42,38	984,00	43,30	42,31
1,65%	-0,89%	16	Cemb	16,5	-8,9	8000	25,4	101,60	0,65	893,00	791,40	42,78	41,11	994,60	41,88	43,43
-0,89%	0,33%	17	Cekur	-8,9	3,3	8000	12,2	48,80	0,15	894,00	845,20	43,78	44,22	942,80	43,94	43,93
0,33%	-0,32%	18	Cemb	3,3	-3,2	8000	6,5	26,00	0,04	895,00	869,00	44,78	44,70	921,00	44,70	44,83
-0,32%	0,20%	19	Cekur	-3,2	2	8000	5,2	20,80	0,03	896,00	875,20	45,78	45,85	916,80	45,82	45,81
0,20%	-1,58%	20	Cemb	2	-15,8	8000	17,8	71,20	0,32	897,00	825,80	46,78	46,64	968,20	45,66	47,10
-1,58%	0,85%	21	Cekur	-15,8	8,5	8000	24,3	97,20	0,59	898,00	800,80	47,78	49,32	995,20	48,61	48,37
0,85%	-0,59%	22	Cemb	8,5	-5,9	8000	14,4	57,60	0,21	899,00	841,40	48,78	48,29	956,60	48,44	48,99
-0,59%	1,06%	23	Cekur	-5,9	10,6	8000	16,5	66,00	0,27	900,00	834,00	49,78	50,17	966,00	50,48	50,06
1,06%	-1,04%	24	Cemb	10,6	-10,4	8000	21	84,00	0,44	901,00	817,00	50,78	49,89	985,00	49,91	51,22
-1,04%	0,88%	25	Cekur	-10,4	8,8	8000	19,2	76,80	0,37	902,00	825,20	51,78	52,58	978,80	52,46	52,15
0,88%	-1,19%	26	Cemb	8,8	-11,9	8000	20,7	82,80	0,43	903,00	820,20	52,78	52,05	985,80	51,80	53,21
-1,19%	3,21%	27	Cekur	-11,9	32,1	8000	44	176,00	1,94	904,00	728,00	53,78	55,88	1080,00	59,43	55,72
3,21%	-0,60%	28	Cemb	32,1	-6	8000	38,1	152,40	1,45	905,00	752,60	54,78	49,89	1057,40	53,87	56,23
-0,60%	1,15%	29	Cekur	-6	11,5	8000	17,5	70,00	0,31	906,00	836,00	55,78	56,20	976,00	56,59	56,09
1,15%	-1,19%	30	Cemb	11,5	-11,9	8000	23,4	93,60	0,55	907,00	813,40	56,78	55,71	1000,60	55,67	57,33
-1,19%	-1,50%	31	Cemb	-11,9	-15	8000	3,1	12,40	0,01	908,00	895,60	57,78	57,93	920,40	57,60	57,79
-1,50%	2,67%	32	Cekur	-15	26,7	8000	41,7	166,80	1,74	909,00	742,20	58,78	61,29	1075,80	63,24	60,52
2,67%	-0,75%	33	Cemb	26,7	-7,5	8000	34,2	136,80	1,17	910,00	773,20	59,78	56,13	1046,80	58,76	60,95
-0,75%	1,39%	34	Cekur	-7,5	13,9	8000	21,4	85,60	0,46	911,00	825,40	60,78	61,43	996,60	61,97	61,24
1,39%	-1,71%	35	Cemb	13,9	-17,1	8000	31	124,00	0,96	912,00	788,00	61,78	60,06	1036,00	59,66	62,74
-1,71%		36	Cekur	-17,1	0	8000	17,1	68,40	0,29	913,00	844,60	62,78	63,95	FALSE	62,78	63,08



### Alternatif 3

Alternatif 3 pada Gambar 2.3 disajikan dengan garis berwarna putih dimana dari hasil pengukuran dengan menggunakan *Google Earth Pro* diperoleh Panjang trase jalur KA sepanjang 14,9 Km. Gambar trase 3 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Trase 3 Jalur Rel KA  
(Sumber: Google earth pro, 2023)

### Analisis Geometrik Alternatif 3

Alternatif 3 memiliki 3 tikungan dimana semua tikungan berbentuk *spiral circle spiral*. Perhitungan aliyement horizontal dan vertikal menggunakan *Civil 3D* berdasarkan data desain. Perhitungan aliyement horizontal dan vertikal bisa dilihat di Tabel 2.17 dan 2.18.

Tabel 2. 17 Perhitungan Aliyemen Vertikal Alternatif 3

TRASE 3		LE	BENTUK	g1	g2	R	A	Xm(m)	Ym(m)	STA PPV	STA PLV	ELV PPV	ELV PLV	STA PTV	ELV PTV	X
Grade In	Grade Out	NG KU														
0,00%	-0,79%	1	Cembung	0	-8	8000	8	32	0	435	403	38	38	467	38	38
-0,79%	2,56%	2	Cekung	-8	26	8000	34	134	1	625	491	44	45	759	47	45
2,56%	-1,78%	3	Cembung	26	-18	8000	43	174	2	750	576	44	40	924	41	46
-1,78%	1,72%	4	Cekung	-18	17	8000	35	140	1	890	750	40	42	1030	42	41
1,72%	-1,28%	5	Cembung	17	-13	8000	30	120	1	890	770	40	38	1010	38	41
-1,28%	1,85%	6	Cekung	-13	19	8000	31	125	1	890	765	40	41	1015	42	41
1,85%	-1,12%	7	Cembung	19	-11	8000	30	119	1	890	771	40	38	1009	38	41
-1,12%	1,25%	8	Cekung	-11	13	8000	24	95	1	890	795	40	41	985	41	40
1,25%	-0,76%	9	Cembung	13	-8	8000	20	80	0	890	810	40	39	970	39	40
-0,76%	1,94%	10	Cekung	-8	19	8000	27	108	1	890	782	40	41	998	42	41
1,94%	-1,60%	11	Cembung	19	-16	8000	35	142	1	890	748	40	37	1032	38	41
-1,60%	0,96%	12	Cekung	-16	10	8000	26	102	1	890	788	40	41	992	41	40
0,96%	-0,91%	13	Cembung	10	-9	8000	19	75	0	890	815	40	39	965	39	40
-0,91%	3,33%	14	Cekung	-9	33	8000	42	170	2	890	720	40	41	1060	45	42
3,33%	-16,70%	15	Cembung	33	-167	8000	200	801	40	890	89	40	13	1691	-94	80
-16,70%	1,11%	16	Cekung	-167	11	8000	178	712	32	890	178	40	159	1602	48	72
1,11%	-1,11%	17	Cembung	11	-11	8000	22	89	0	890	801	40	39	979	39	40
-1,11%	0,00%	18	Cekung	-11	0	8000	11	44	0	890	846	40	40	934	40	40

Tabel 2. 18 Perhitungan Aliyemen Horizontal Alternatif 3

TRASE		Lengkung SCS							
TIKUNGAN	$\Delta$	Vr	Rmin	Rpakai	hmin	h	hmax	hpakai	
	Degrees	km/jam	m	m	mm	mm	mm	mm	
3	TIKUNGAN 1	50,0	120,0	780,0	850,0	95,5	100,8	110,0	100,8
	TIKUNGAN 2	37,0	120,0	780,0	850,0	95,5	100,8	110,0	100,8
	TIKUNGAN 3	67,1	120,0	780,0	850,0	95,5	100,8	110,0	100,8
	$l=Xs$	$L=Ls$	$\theta s$	$Lc$	$p$	$k$	$Ts$	$Es$	$Ys$
	m	m	Degrees	m	m	m	m	m	m
	84,000	120,960	4,077	620,063	0,718	60,470	456,714	88,473	2,869
	84,000	120,960	4,077	427,649	0,718	60,470	344,951	47,023	2,869
84,000	120,960	4,077	874,785	0,718	60,470	624,830	170,894	2,869	

## 2.5 Pemilihan Trase Menggunakan Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

Metode AHP adalah sebuah metode untuk memberi peringkat alternatif keputusan dan memilih yang terbaik dengan beberapa kriteria. AHP mengembangkan satu nilai numerik untuk memeringkat setiap alternatif keputusan, berdasarkan pada sejauh mana tiap-tiap alternatif memenuhi kriteria pengambil keputusan (Taylor 2014) dalam Penerapan Analytical Hierarchy Process (AHP)

dalam menentukan lokasi pabrik tempe (2020). Pada pemilihan alternatif trase ka stasiun Sidoarjo – Tulangan – Tarik digunakan metode pendekatan AHP dengan menggunakan kuisioner yang dibagikan kepada lima orang. Dengan metode AHP didapatkan bobot kriteria dan juga bobot variabel kriteria, hasil metode AHP pada Tabel 2.19.

Tabel 2. 19 Perhitungan Bobot Kriteria dan Variabel Kriteria Metode AHP

Kriteria	Variabel Kriteria	Bobot Kriteria	Bobot Variabel Kriteria	Bobot	Trase 1	Trase 2	Trase 3
Teknis	a. Tikungan	11,3	11,2	0,1430	2	3	3
	b. Panjang jalan ( At Grade)		6,1	0,0779	12,2	20,2	14,9
	c. Waktu tempuh		16,6	0,2120	paling cepat	Paling lama	sedang
	d. Banyaknya persimpangan		7,8	0,0996	3	1	2
	e. Kelandaian		11,3	0,1443	2,85%	4,40%	3,30%
	f. Sentra Industri		6,2	0,0792	0	0	0
	g. Galian		23,8	0,3039	501644,28	591718,61	272512,37
	h. Timbunan		17	0,2171	67668	303106,24	14155,4
Integrasi Jaringan	a. Tikungan	13,1	21,6	0,3707	0	0	0
	b. Panjang jalan ( At Grade)		16,3	0,2797	1	2	0
	c. Waktu tempuh		16,3	0,2797	0	0	0
	d. Banyaknya persimpangan		23,1	0,3964	1	3	2
	e. Kelandaian		22,7	0,3896	0	0	0
Hukum	f. Sentra Industri	22,4	41,3	2,0723	2	2	2
	b. kesesuaian dengan transportasi wilayah		26	1,3046	2	2	2
	c. Kesesuaian Ripnas		32,7	1,6408	2	2	2
Biaya Konstruksi	a. Biaya konstruksi	28,4	40	3,2262	488 M	808 M	596 M
	b. Biaya Pembebasan lahan		40	3,2262	353800000	525800000	432100000
	c. Biaya pembangunan jembatan		20	1,6131	7007547918	3503773959	17518869795
Aksesibilitas dan Mobilitas	a. Menjangkau wilayah yang di bebaskan	17,3	41,3	1,2361	3	3	3
	b. Kemudahan kendaraan Bergerak		26	0,7782	bebas	Sangat bebas	tidak bebas
	c. Luas wilayah yang dijangkau		32,7	0,9787	tidak luas	Paling luas	Sedikit luas
Tata guna lahan	a. Luas lahan yang di bebaskan	7,5	63,7	0,3583	122000	202000	149000
	b. Luas bangunan yang perlu di bebaskan		25,8	0,1451	72 rumah	52 rumah	168 rumah dan 5 masjid
	c. Luas lahan jembatan		10,5	0,0591	2 jembatan	3 jembatan	5 jembatan

Setelah diketahui masing- masing bobot kriteria dan variabel kriteria, dilakukan pemeringkatan trase berdasarkan bobot tersebut dengan mengkalikan bobot dengan peringkat dari trase. Dengan hasil akhir trase 2 dengan jumlah nilai paling rendah sehingga dijadikan sebagai alternatif trase terpilih. Hasil perhitungan pemeringkatan trase dapat dilihat pada Tabel 2.20.

Tabel 2. 20 Hasil Pemeringkatan Alternatif Trase

Rangking			Hasil Rangking Pembobotan		
Trase 1	Trase 2	Trase 3	Trase 1	Trase 2	Trase 3
1	2	1	0,143013	0,286026	0,143013
3	1	2	0,233673	0,077891	0,155782
3	1	2	0,635896	0,211965	0,423931
1	3	2	0,099598	0,298795	0,199196
3	1	2	0,432869	0,14429	0,288579
1	1	1	0,079168	0,079168	0,079168
3	2	1	0,911707	0,607804	0,303902
3	2	1	0,651219	0,434146	0,217073
1	1	1	0,370678	0,370678	0,370678
1	2	3	0,279724	0,559449	0,839173
1	1	1	0,279724	0,279724	0,279724
1	3	2	0,396419	1,189257	0,792838
1	1	1	0,389555	0,389555	0,389555
1	1	1	2,072269	2,072269	2,072269
1	1	1	1,304576	1,304576	1,304576
1	1	1	1,640755	1,640755	1,640755
3	1	2	9,67872	3,22624	6,45248
3	1	2	9,67872	3,22624	6,45248
1	2	3	1,61312	3,22624	4,83936
1	1	1	1,236068	1,236068	1,236068
1	2	3	0,778154	1,556308	2,334462
1	3	2	0,978678	2,936035	1,957357
3	1	3	1,074938	0,358313	1,074938
1	2	3	0,145125	0,29025	0,435375
1	2	3	0,059063	0,118125	0,177188
TOTAL			35,16343	26,12017	34,45992

## 2.6 Analisis Kelayakan Pembangunan Jalur KA

Kelayakan Ekonomi Indonesia dapat dilakukan dengan dilakukan analisa untuk komponen balik modal (*cost recovery*). Investasi dikatakan layak apabila memiliki kelayakan ekonomi dan keuangan lebih besar dari 10 %. Kelayakan dihitung dalam bentuk :

- a. Kelayakan Ekonomi, meliputi semua biaya yang dikeluarkan baik tangible maupun intangible dan membandingkannya dengan semua manfaat yang diperoleh baik tangible maupun intangible. Dalam hal ini semua biaya sesuai dengan rencana dijadikan komponen biaya dan komponen manfaat diperoleh

dari tarif atau harga barang/ jasa investasi. Kelayakan ekonomi biasanya ditunjukkan oleh EIRR (*Economic Internal Rate of Return*).

- b. Kelayakan keuangan (*Finansial*), meliputi semua biaya yang dikeluarkan dan membandingkan dengan semua manfaat yang diperoleh dalam bentuk aliran uang yang dikeluarkan maupun yang diterima. Dalam hal ini semua biaya sesuai dengan rencana dijadikan komponen biaya dan komponen manfaat diperoleh dari tarif atau harga barang/jasa investasi. Kelayakan keuangan biasanya ditunjukkan oleh FIRR (*Financial Internal Rate of Return*).

Makin besar persentasenya maka makin baik komponen tersebut. Dalam Hal Ini untuk nilai investasi akan dihitung EIRR Dan FIRR dari komponen biaya yang telah diperkirakan dan komponen manfaat yang akan menjadi sasaran pencapaian dalam investasi ini. Analisis kelayakan ekonomi dan finansial dalam studi ini dilakukan dalam konteks untuk mengetahui seberapa besar manfaat atau keuntungan yang diperoleh jika dilakukan pembangunan jalan kereta api Sidoarjo – Tulangan - Tarik. Hasil analisis kelayakan ini akan sangat menentukan dalam pengambilan keputusan.

Perbandingan biaya (*cost*) dan manfaat/pengembalian (*benefit/revenue*) merupakan basis dalam menentukan kelayakan ekonomi dan finansial dari pembangunan jalan rel dan pengoperasian kereta api ini. Pada dasarnya, perbandingan biaya dan manfaat/pengembalian dilakukan antara dua kondisi, yakni untuk skenario tanpa (*base case atau without project*) dan dengan pembangunan jalan kereta api (*with project*).

Proses analisis kelayakan dilakukan dalam 3 tahapan, yakni:

- a. Proses estimasi biaya ekonomi/finansial (biaya konstruksi, operasi dan pemeliharaan).
- b. Estimasi manfaat ekonomi dan pendapatan dari pembangunan jalan kereta api stasiun Sidoarjo – Tulangan – Tarik yang dihasilkan dari analisis dengan dan tanpa proyek (perbaikan sarana dan prasarana) selama waktu tinjauan (*time horison*).
- c. Analisis kelayakan untuk mengeluarkan sejumlah indikator kelayakan.

Indikator ekonomi baku yang biasa digunakan dalam evaluasi kelayakan ekonomi antara lain adalah: *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR) dan *Benefit Cost Ratio* (BCR). Secara umum semua indikator tersebut akan memberikan suatu besaran yang membandingkan nilai manfaat dan biaya dari untuk alternatif yang diusulkan, namun secara spesifik setiap indikator tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pada umumnya semua indikator tersebut perlu diperiksa untuk menggambarkan secara lebih jelas kejadian-kejadian ekonomi selama masa perencanaan.

Proses pengembangan skenario analisis kelayakan ini disesuaikan dengan asumsi arah kebijakan penyelenggaraan perkeretaapian di Indonesia mengacu pada UU perkeretaapian. Komponen biaya dan manfaat pada kelayakan ekonomi dan finansial disajikan pada Tabel 2.21 berikut.

Tabel 2. 21 Komponen Biaya dan Manfaat Kelayakan Ekonomi dan Finansial

	Biaya	Manfaat
Kelayakan Ekonomi	Biaya prasarana dan sarana (penyediaan, operasi dan pemeliharaan)	Penghematan biaya operasi kendaraan, nilai waktu, polusi udara dan <i>intermodal externality</i>
Kelayakan Finansial	Biaya prasarana dan sarana (Penyediaan, operasi dan pemeliharaan)	Pendapatan tiket dan pendapatan prasarana

Rencana estimasi biaya pembangunan jalur kereta api pada kegiatan ini ditinjau pada rencana reaktivasi jalur KA antara Sidoarjo – Tulangan - Tarik - sepanjang 20,2 Km. Secara umum rencana estimasi biaya pembangunan prasarana perkeretaapian dibagi menjadi beberapa komponen yang meliputi:

- a. Biaya pengadaan lahan yang meliputi biaya pembebasan (ganti untung) lahan dan biaya obyek bangunan atau tanaman diatas lahan yang ada.

- b. Biaya konstruksi pembangunan prasarana perkeretaapian yang meliputi biaya konstruksi jalur rel dan biaya fasilitas operasi termasuk persinyalan serta biaya bangunan pelengkap lainnya. Pada pekerjaan ini, terdapat pembangunan 3 stasiun baru.
- c. Biaya persiapan dan manajemen yang meliputi biaya persiapan/ pengelolaan proyek, biaya ijin lingkungan, biaya sosial, biaya perencanaan dan pengawasan pekerjaan konstruksi dan biaya lain lain.
- d. Biaya keuangan atau biaya bunga bank selama periode konstruksi (*Interest During Construction/IDC*).

Proses perhitungan rencana anggaran biaya tidak dilakukan secara terperinci/detail, namun hanya berdasarkan *simplified design* (desain dasar) yang ada. Untuk perkiraan harga satuan kegiatan sesuai dengan data sekunder dari proyek proyek sejenis yang sedang berjalan atau berdasarkan harga pasar pada saat ini, sedangkan untuk volume pekerjaan konstruksi dihitung berdasarkan rencana tipikal gambar yang ada atau asumsi data yang diperoleh dari *software Civil 3D*, *Google earth Pro*, dan *Global Mapper*.

Berdasarkan Undang Undang nomor 2 Tahun 2012 tentang Pengadaan Tanah bagi Pembangunan untuk Kepentingan Umum sebagaimana diubah dengan Undang Undang Nomor 11 Tahun 2020, tentang Cipta Kerja dan Peraturan Presiden Nomor 19 Tahun 2021, tentang Penyelenggaraan Pengadaan Tanah Bagi Pembangunan untuk Kepentingan Umum, terkait dengan beberapa pokok kebijakan atau dasar perencanaan dalam pengadaan tanah, adalah sebagai berikut:

- a. Rencana Tata Ruang Wilayah:
  1. Rencana tata ruang wilayah nasional.
  2. Rencana tata ruang wilayah provinsi.
  3. Rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota.
- b. Prioritas Pembangunan:
  1. Rencana pembangunan jangka menengah.
  2. Rencana strategis.
  3. Rencana kerja pemerintah instansi yang bersangkutan.

Rencana tata ruang dan prioritas pembangunan yang merupakan gambaran kesesuaian kegiatan pemanfaatan ruang dan prioritas pembangunan yang meliputi rencana lokasi pengadaan tanah untuk rencana proyek termasuk letak tanah yang menguraikan wilayah administrasi:

- a. Kelurahan/desa atau nama lain.
- b. Kecamatan.
- c. Kabupaten/kota.
- d. Provinsi, tempat lokasi pembangunan yang direncanakan.

### **2.6.1 Biaya Pembangunan dan Pengadaan Sarana Perkeretaapian**

Dengan mempertimbangkan seluruh informasi yang relevan, estimasi nilai penggantian wajar untuk ganti rugi yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan besaran biaya pembebasan lahan dalam pembangunan jalur kereta api stasiun Sidoarjo – Tulangan – Tarik sepanjang 20,2 km. Untuk harga dasar tanah menggunakan sumber data dari situs tanah online. Harga tanah disekitar lokasi proyek secara garis besar sebagai berikut:

- a. Daerah Sidoarjo harga rata-rata  $\pm$ Rp.2.850.000/m<sup>2</sup>.
- b. Daerah Tulangan harga rata-rata  $\pm$ Rp.2.540.000/m<sup>2</sup>.
- c. Daerah Tarik harga rata-rata  $\pm$ Rp.806.000/m<sup>2</sup>.

Untuk memenuhi standar geometrik dan lebar trase jalur kereta api dengan 2 lajur yang disiapkan dengan lebar antara 40 meter sesuai dengan rencana ketinggian daerah timbunan/galian. Maka perkiraan kebutuhan anggaran biaya pengadaan/pembebasan lahan dan bangunan diatas lahan untuk pembangunan jalur kereta api stasiun Sidoarjo – Tulangan – Tarik sebagaimana diuraikan dalam Tabel 2.22.



Tabel 2. 22 Biaya Pengadaan Lahan Jalur KA Sidoarjo – Tulangan – Tarik

Kota/ Kecamatan		Panjang (Km)	Lebar Tanah (m)	Luas (M <sup>2</sup> )	Harga tanah (m <sup>2</sup> )	Jumlah harga
Terminal 1	Sidoarjo	7	40	280000	Rp 2.800.000	Rp 784.000.000.000
	Tarik	6,2	40	248000	Rp 2.540.000	Rp 629.920.000.000
Terminal 2	Tulangan	7	40	280000	Rp 806.000	Rp 225.680.000.000
		20,2		808000		Rp 1.639.600.000.000
Bangunan	Jumlah	Luas	Jumlah Luas (m <sup>2</sup> )	Harga	Jumlah Harga	Jumlah Biaya Pengadaan Tanah
Rumah	72	75	5400	Rp 2.750.000	Rp 14.850.000.000	Rp 1.654.450.000.000

Berdasarkan spesifikasi teknis jalan rel, sipil, jembatan dan bangunan kereta api yang diterbitkan oleh Direktorat Prasarana Perkeretaapian, Direktorat Jenderal Perkeretaapian Tahun 2017, secara garis besar pekerjaan konstruksi dibagi menjadi 5 (lima) bagian pekerjaan utama yang terdiri dari:

- Umum yang meliputi pekerjaan pengukuran, pembuatan kantor lapangan, pembersihan lapangan, K-3 Konstruksi, mobilisasi/demobilisasi dan dokumentasi
- Pekerjaan Sipil yang meliputi pekerjaan pembersihan, galian & timbunan untuk badan jalan rel, drainase, perlintasan dan bangunan pelengkap.
- Pekerjaan Jalan Rel (Track) meliputi pekerjaan bangunan atas jalan raya di sepur raya dan emplasemen dan pekerjaan bangunan bawah (batu ballas).
- Pekerjaan Jembatan meliputi pekerjaan struktur jembatan, struktur box culvert dan bangunan pelengkap sheet pile.
- Pekerjaan bangunan gedung yaitu pekerjaan untuk bangunan stasiun.

Ringkasan biaya konstruksi pembangunan prasarana perkeretaapian dengan panjang 20,2 km dengan satu jalur KA dan pembangunan 3 stasiun baru (Stasiun Sidoarjo, Tulangan, dan Tarik) sebagaimana dalam Tabel 2.23.

Tabel 2. 23 Biaya Pembangunan Prasarana Perkeretaapian

Biaya Konstruksi Pembangunan Prasarana Perkeretaapian						
Kota/Kabupaten	Panjang (Km)	Estimasi Biaya Pekerjaan				
		Track	Timbunan	Galian	3 Jembatan	3 Terminal
Sidoarjo	7	Rp 235.720.981.860	Rp 10.153.387.688	Rp 60.197.313.600	Rp 257.997.909.781	Rp 49.734.536.825
Tarik	6,2	Rp 208.781.441.076				
Tulangan	7	Rp 235.720.981.860				
					Total Biaya Konstruksi	Rp 1.058.306.552.690

Untuk angkutan penumpang untuk kereta penumpang sebanyak 1 trainset terdiri dari 3 lokomotif penumpang dan 10 kereta penumpang. Penentuan jumlah gerbong kereta penumpang diambil berdasarkan data BPS angkutan penumpang kereta api Kabupaten Sidoarjo tahun 2018 sebanyak 757.128 orang. Untuk mencari banyak penumpang pada tahun 2027 saat kereta api mulai beroperasi dan dikarenakan keterbatasan sumber data, digunakan rata - rata kenaikan jumlah penumpang kereta api di Kabupaten Sidoarjo dari tahun 2015 - 2018, dengan rata - rata kenaikan jumlah penumpang sebanyak 112.294 orang per tahun. Dengan kenaikan penumpang rata-rata 112.294 orang per tahun didapatkan pada tahun 2027 sebanyak 1.767.777 per tahun. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan jumlah penumpang rata - rata sebanyak 351 orang per lintas, dimana direncanakan kereta ini melintas sebanyak 14 kali dalam satu hari. Maka dengan rata - rata penumpang sebanyak 351 orang per lintas, dibutuhkan 9 gerbong dengan 40 kursi setiap gerbong yang menampung 360 orang. Berdasarkan perkiraan kebutuhan sarana kereta penumpang dan, maka kebutuhan biaya awal pengadaan sarana perkeretaapian sebagaimana pada Tabel 2.24.

Tabel 2. 24 Estimasi Biaya Pengadaan Sarana Kereta Api

Biaya Pengadaan Sarana Perkeretaapian			
Uraian	Jumlah (Unit)	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
Lokomotif Penumpang Tipe CC 204	3	Rp 130.553.159.166	Rp 270.431.543.807
Kereta Penumpang	9	Rp 139.878.384.641	

Biaya persiapan dan manajemen proyek antara lain:

- a. Biaya persiapan proyek termasuk biaya perijinan dan biaya ijin lingkungan lingkungan sosial.
- b. Biaya perencanaan dan pengawasan konstruksi prasarana perkeretaapian.
- c. Biaya manajemen dan risiko meliputi pengelolaan proyek, biaya mitigasi risiko
- d. dan biaya lain lain.
- e. Biaya Kontigensi yang meliputi biaya eskalasi harga dan biaya tak terduga
- f. akibat perubahan desain sesuai kondisi lapangan.

Perkiraan besarnya biaya persiapan dan manajemen tidak dihitung secara rinci, namun pada umumnya dihitung berdasarkan prosentase dari biaya konstruksi jalur kereta api. Dengan memperhitungkan periode/masa pekerjaan konstruksi pembangunan jalur kereta api selama 3 (tiga) tahun, maka perkiraan prosentase biaya persiapan dan manajemen dalam pekerjaan ini sebesar 10% dari biaya konstruksi, dengan perincian prosentase biaya sebagai berikut :

- a. Biaya persiapan proyek termasuk penyiapan ijin lingkungan, kajian social dan persiapan lainnya sebesar 2,00% dari biaya konstruksi.
- b. Biaya perencanaan dan pengawasan sebesar 4,00 % dari biaya konstruksi.
- c. Biaya manajemen dan Risiko sebesar 3,00 % dari biaya konstruksi.
- d. Biaya kontigensi sebesar 10% dari Biaya Konstruksi.

Sehingga besarnya perkiraan rencana anggaran biaya persiapan dan manajemen seperti dalam Tabel 2.25.

Tabel 2. 25 Perkiraan Anggaran Biaya Persiapan dan Manajemen

NO.	Uraian	Satuan	Biaya Investasi Awal	
			Kuantitas	Estimasi Biaya (Rp.)
1	Biaya Pengadaan Lahan	M2	488.000	Rp 1.654.450.000.000
2	Biaya Persiapan Proyek	Km	20,2	Rp 21.166.131.054
3	Biaya Konstruksi Prasarana Perkeretaapian	Km	20,2	Rp 1.058.306.552.690,2
4	Biaya Perencanaan dan Pengawasan	Km	20,2	Rp 42.332.262.108
5	Biaya Manajemen dan Resiko	Ls	1	Rp 31.749.196.580,7
6	Kontigensi : (10% xNo.3)	%	10	Rp 105.830.655.269,0
7	Biaya Pengadaan Sarana KA Penumpang	Trainset	2	Rp 285.973.586.545
	Total Biaya Investasi Awal			Rp 3.199.808.384.246

### 2.6.2 Biaya Operasional dan Pemeliharaan Prasarana

Pemeliharaan/Perawatan jalur kereta api diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM. 32 Tahun 2011 tentang Standar dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian. Dalam permen tersebut, yang dimaksud dengan perawatan prasarana perkeretaapian adalah kegiatan yang dilakukan untuk mempertahankan keandalan prasarana perkeretaapian agar tetap layak operasi. Prasarana perkeretaapian yang dimaksud meliputi, jalur kereta api, stasiun, dan fasilitas operasi.

Perawatan fasilitas operasi diantaranya Perawatan peralatan persinyalan yang meliputi:

- a. Ruang peralatan.
- b. Meja pelayanan.
- c. Wesel dan motor wesel.
- d. Peralatan sinyal dan terminal.
- e. Peralatan pendeteksi kereta api.

Peralatan persinyalan merupakan fasilitas pengoperasian kereta api yang berfungsi memberi petunjuk atau isyarat yang berupa warna atau cahaya dengan arti tertentu yang dipasang pada tempat tertentu. Peralatan persinyalan diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. PM. 10 Tahun 2011 tentang Persyaratan

Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian yang terdiri atas:

- a. Sinyal (Persinyalan elektrik dan Mekanik) Terdiri atas peralatan dalam ruangan dan peralatan luar ruangan (interlocking, peralatan blok, data logger, penggerak wesel, peraga sinyal, pendeteksi sarana).
- b. Tanda/ Semboyan (suara, cahaya, bendera, dan papan berwarna) Terdiri atas semboyan di jalur kereta api, semboyan kereta api, semboyan langsir, dan semboyan genta
- c. Marka (tanda berupa gambar atau tulisan yang berfungsi sebagai peringatan atau petunjuk tentang kondisi tertentu pada suatu tempat
- d. Peralatan Pendukung (peralatan pengendali, pengawasan, dan pengamanan perjalanan kereta api Terdiri atas pengamanan perlintasan sebidang, pengendalian/ pengawasan perjalanan kereta api terpusat, dan sistem pengamanan perjalanan kereta api secara otomatis.

Biaya operasi prasarana perkeretaapian secara umum terdiri dari biaya operasi jalan dan bangunan jalan rel, biaya operasi stasiun termasuk fasilitas operasi dan biaya pemeriksaan jalan yang bertujuan mengetahui kondisi jalan rel setiap saat dan tindak lanjut penanganannya. Untuk perkiraan biaya operasi dan perawatan prasarana perkeretaapian Sidoarjo – Tulangan – Tarik sepanjang 20,2 Km dengan asumsi jumlah KA yang beroperasi sebagaimana yang telah diuraikan dalam kajian teknis diatas, sebagaimana pada tabel dibawah. Biaya operasi prasarana perkeretaapian per tahun/km sebesar Rp. 155.000.000,- sesuai hasil perhitungan pada tabel 2.26.

Tabel 2. 26 Estimasi Biaya Operasi Prasarana Perkeretaapian

Estimasi Biaya Operasi Prasarana Perkeretaapian					
A	Operasi Jalan Rel				
1	Mandor	OB	24	Rp 6.000.000	Rp 144.000.000
2	Pekerja Terampil	OB	60	Rp 5.500.000	Rp 330.000.000
3	Pekerja	OB	60	Rp 4.500.000	Rp 270.000.000
4	Mekanik	OB	24	Rp 7.500.000	Rp 180.000.000
5	Biaya Listrik	Bulan	12	-	-
6	Biaya Peralatan	Ls	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
7	Biaya Umum	Bulan	12	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
	Sub Total Jalan Rel				Rp 1.139.000.000
B	Operasi Stasiun KA				
1	Kepala Stasiun	OB	12	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
2	Pengatur Perjalanan KA	OB	12	Rp 12.000.000	Rp 144.000.000
3	Pengendali Perjalanan KA	OB	12	Rp 12.000.000	Rp 144.000.000
4	Staff Operasi	OB	48	Rp 7.500.000	Rp 360.000.000
5	Staff Stasiun	OB	48	Rp 6.000.000	Rp 288.000.000
6	Security	OB	48	Rp 4.500.000	Rp 216.000.000
7	Biaya Peralatan Pendukung	Ls	1	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000
8	Biaya Umum	Bulan	12	Rp 9.000.000	Rp 108.000.000
	Sub Total Stasiun				Rp 1.452.000.000
C	Pemeriksaan Jalan Rel				
1	Pengawas	OB	12	Rp 12.000.000	Rp 144.000.000
2	Pemeriksa	OB	24	Rp 9.000.000	Rp 216.000.000
3	Staff Pendukung	OB	24	Rp 4.500.000	Rp 108.000.000
4	Biaya Umum	Bulan	12	Rp 6.000.000	Rp 72.000.000
	Sub Total Jalan Rel				Rp 540.000.000
Total Biaya Operasi Prasarana Setiap Tahun/Lintas					Rp 3.131.000.000
Total Biaya Operasi Prasarana Setiap Tahun/Km					Rp 155.000.000

Biaya estimasi perawatan prasarana perkeretaapian yang meliputi biaya perawatan jalan rel, biaya perawatan stasiun, dan biaya pemeriksaan jalan rel per tahun/km sebesar Rp. 400.638.770,- seperti pada Tabel 2.27.

Tabel 2. 27 Estimasi Biaya Perawatan Prasarana Perkeretaapian

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Biaya Perawatan Jalan Rel</b>				
1	Perawatan Rel	Per Km	20,2	Rp 15.500.000	Rp 313.100.000
2	Perawatan Balas	Per Km	20,2	Rp 32.625.000	Rp 659.025.000
3	Perawatan Bantalan	Per Km	20,2	Rp 86.840.000	Rp 1.754.168.000
4	Perbaikan Geometrik	Per Km	20,2	Rp 45.000.000	Rp 909.000.000
5	Pengawasan	Ls	1	Rp -	Rp -
6	Biaya Peralatan	Ls	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
7	Biaya Umum	Ls	1	Rp 50.000.000	Rp 50.000.000
	<b>Sub Total Jalan Rel</b>				<b>Rp 3.720.293.000</b>
<b>B</b>	<b>Operasi Stasiun KA</b>				
1	Perawatan Sinyal	Set	2	Rp 125.000.000	Rp 250.000.000
2	Perawatan Telekomunikasi	Set	2	Rp 95.000.000	Rp 190.000.000
3	Perawatan Listrik	Set	2	Rp 150.000.000	Rp 300.000.000
4	Biaya umum	Ls	1	Rp 50.000.000	Rp 50.000.000
	<b>Sub Total Stasiun</b>				<b>Rp 790.000.000</b>
<b>C</b>	<b>Pemeriksaan Jalan Rel</b>				
1	Mandor	OB	12	Rp 6.000.000	Rp 72.000.000
2	Pekerja	OB	48	Rp 4.500.000	Rp 216.000.000
3	Biaya Peralatan Pendukung	Ls	1	Rp 17.500.000	Rp 17.500.000
4	Biaya Umum	Bulan	12	Rp 6.000.000	Rp 72.000.000
	<b>Sub Total Jalan Rel</b>				<b>Rp 377.500.000</b>
<b>Total Biaya Operasi Prasarana Setiap Tahun/Lintas</b>					<b>Rp 4.887.793.000</b>
<b>Total Biaya Operasi Prasarana Setiap Tahun/Km</b>					<b>Rp 400.638.770</b>

Perhitungan biaya operasi dan pemeliharaan kereta api disesuaikan dengan metoda perhitungan yang digunakan untuk menghitung biaya pokok produksi, kementerian perhubungan untuk evaluasi tarif angkutan kereta api penumpang dan barang. Item-item yang diperhitungkan secara umum adalah sebagai berikut:

- Biaya penyusutan.
- Bahan bakar minyak (BBM).
- Pelumas.
- Biaya awak, seperti masinis, asisten masinis, PLKA, kondektur.

- e. Perawatan dan depresiasi.
- f. Biaya umum.
- g. Biaya manajemen.

Berdasarkan perhitungan komponen-komponen tersebut, biaya operasi dan pemeliharaan sarana dengan memperhatikan selama siklus proyek (umur rencana sarana KA) agar aset-aset di lingkup proyek tetap dalam kondisi yang terjaga dan tetap dalam kondisi yang cukup memadai untuk dapat memberikan output yang diinginkan. Biaya ini mencakup biaya-biaya operasional dan perawatan sarana, biaya BBM, Pelumas, biaya awak sarana, penyusutan, biaya umum dan biaya manajemen. Pada analisis ini biaya O&M tahunan di-index-kan dengan estimasi kenaikan per tahun yang disebabkan inflasi yang diasumsikan sebesar 5% per tahun. Sedangkan perkiraan biaya operasi dan pemeliharaan sarana kereta penumpang dan barang diperhitungkan per lintas dari stasiun sidoarjo, tulangan, dan tarik sepanjang 20,2 km sebesar 2.765.777 per lintas dengan uraian sebagaimana pada Tabel 2.28.

Tabel 2. 28 Biaya Operasi dan Pemeliharaan sarana Kereta Api per Lintas

Biaya Pemeliharaan sarana Kereta Api Per Lintas					
No	Item Biaya	Satuan	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Harga Satuan (Rp/Lintas)
1	Biaya penyusutan KA Penumpang	Per lintas	1	Rp 750.000	Rp 750.000
3	Biaya Perawatan KA Penumpang	Per Km	20,2	Rp 25	Rp 505
5	Biaya Pelumas	Per Km	20,2	Rp 225	Rp 4.545
6	Biaya Energi	Per Km	20,2	Rp 21.720	Rp 438.744
7	Biaya Awak	Per lintas	1	Rp 785.600	Rp 785.600
8	Biaya Stasiun	Per Km	20,2	Rp 8	Rp 162
9	Biaya Umum	Per Km	20,2	Rp 9	Rp 182
10	Biaya Manjemen ( Kantor Pusat)	Per Km	20,2	Rp 1.760	Rp 35.552
Biaya Operasi dan Perawatan KA/Lintas					Rp 2.015.289

### 2.6.3 Perhitungan Manfaat Pembangunan Jalan Rel KA

Komponen manfaat ekonomi yang dihitung pada pembangunan jalur kereta stasiun Sidoarjo – Tulangan – Tarik adalah manfaat secara langsung dari beroperasinya jalur kereta api bagi pengguna kereta api yang berpindah dari moda angkutan penumpang. KA stasiun Sidoarjo – Tulangan – Tarik memiliki 9 gerbong



dengan setiap gerbong tersedia 40 kursi yang beroperasi dari jam 06.00 sampai 19.00. Keterisian tempat duduk di sesuaikan dengan data BPS angkutan penumpang kereta api Kabupaten Sidoarjo tahun 2018. Karena keterbatasan data dilakukan perhitungan sehingga didapatkan rata – rata penumpang kereta api di Kabupaten Sidoarjo per lintas sebanyak 351 orang pada tahun 2027, tahun kereta api ini beroperasi. Setiap hari kereta api jalur Sidoarjo – Tulangan – Tarik direncanakan melintas 14 kali. Kereta api Sidoarjo – Tulangan – Tarik memiliki 9 gerbong yang dapat membawa 360 penumpang setiap melintas, diambil rata - rata keterisian tempat duduk sebanyak 97,6 % sekali melintas. Sedangkan tiket memiliki tarif yang berbeda disesuaikan dengan beberapa harga tiket asli yang sudah disesuaikan dengan jarak nya. Harga tiket Sidoarjo – Tarik yaitu Rp. 45.000 dan Sidorajo – Tulangan dan Tarik – Tulangan yaitu Rp. 26.000 . Kerena memiliki jarak dan tarif berbeda kami mengasumsikan harga tiket dengan mengambil rata – rata harga tiket dan dihasilkan total pendapatan sebesar Rp. 79.299.900.000 / tahun. Perhitungan pendapatan dari beroperasinya KA sidoarjo – tarik – tulangan dapat dilihat pada Tabel 2.29.

Tabel 2. 29 Perhitungan Pendapatan

Pendapatan										
No	Jam operasi		Jumlah Gerbong	Jumlah Tempat Duduk	Rata - rata Keterisian Tempat Duduk	Jumlah Penumpang	Jumlah pengoperasian PP	1 Tahun	Harga Tiket rerata(Rp )	Total Penerimaan Trayek/tahun
1	Sidoarjo-Tarik	06.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
2	Tarik-Sidoarjo	07.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
3	Sidoarjo-Tarik	08.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
4	Tarik-Sidoarjo	09.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
5	Sidoarjo-Tarik	10.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
6	Tarik-Sidoarjo	11.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
7	Sidoarjo-Tarik	12.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
8	Tarik-Sidoarjo	13.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
9	Sidoarjo-Tarik	14.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
10	Tarik-Sidoarjo	15.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
11	Sidoarjo-Tarik	16.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
12	Tarik-Sidoarjo	17.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
13	Sidoarjo-Tarik	18.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
14	Tarik-Sidoarjo	19.00	9	40	97,6%	351	1	365	35500	Rp 4.552.747.200
Jumlah										Rp 45.527.472.000

#### 2.6.4 Analisis Ekonomi dan Finansial

Pada analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan tingkat diskonto sebesar 5% ,10%, dan 15%, ditemukan hasil yang seperti pada Tabel 2.30.

Tabel 2. 30 Indikator Kelayakan Ekonomi Perencanaan Jalur Kereta Api

Ukuran Kelayakan Ekonomi	5 % (Rp)	10 % (Rp)	15 % (Rp)
Net Present Value	1.100.945.291.88	394.779.934.829	207.185.994.676
Internal Rate of Return (%)	1,4 %		
Benefit Cost Ratio	1,2		

Berdasarkan hasil analisis ini maka dapat diketahui bahwa secara ekonomi diperoleh IRR pada pekerjaan pembangunan jalur kereta api stasiun Sidoarjo – Tulangan - Tarik sebesar 2,7 % . Pada kondisi ini dikatakan layak secara ekonomi dimana nilai NPV positif, BCR >1 akan tetapi IRR melebihi diskonto. Perhitungan analisis kelayakan ekonomi perencanaan jalur KA antara stasiun sidoarjo – tulangan – tarik dapat dilihat di lampiran 4.

