

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENINGKATAN JALUR KERETA API LINTAS BINJAI - BESITANG (EVALUASI)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

DISUSUN OLEH :
EKA ANANDA AMBIYOGI PRATAMA
(1707210180)



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Eka Ananda Ambiyogi Pratama
Npm : 1707210180
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perencanaan Peningkatan Jalur Kereta Api Lintas
Binjai - Besitang (Evaluasi)
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2024

Dosen Pembimbing



Ir. Tri Rahayu M.Si

Dosen Pembanding I



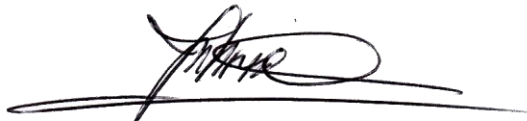
Wiwin Nurzanah, ST., MT.

Dosen Pembanding II



Assoc.Prof.Dr.Fahrizal Zulkarnain

Ketua Prodi Teknik Sipil



Assoc.Prof.Dr.Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : EKA ANANDA AMBIYOGI PRATAMA
Tempat / Tanggal Lahir : CINTA RAJA, 10 SEPTEMBER 1999
NPM : 1707210180
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“PERENCANAAN PENINGKATAN JALUR KERETA API LINTAS
BINJAI- BESITANG”

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 31 Agustus 2024

Saya yang menyatakan,



Eka Ananda Ambiyogi Pratama

ABSTRAK

PERENCANAAN PENINGKATAN JALUR KERETA API LINTAS BINJAI-BESITANG (Evaluasi)

EKA ANANDA AMBIYOGI P

1707210180

Ir. Tri Rahayu M. Si

Teknik Sipil

Semakin terbatasnya kapasitas layanan jalan raya membuat moda transportasi kereta api semakin menunjukkan keunggulannya. Keunggulan ini tak lepas dari kereta api sebagai moda yang paling unggul dari sisi daya angkut. Selain itu perkembangan teknologi perkeretaapian yang semakin cepat, aman, hemat energy dan ramah lingkungan semakin menguatkan keunggulan kereta api dibandingkan moda yang lain. Sehingga Pemerintah membuat Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas Tahun 2030). Dalam Ripnas tersebut pemerintah berencana mengaktifkan kembali dan meningkatkan jalur – jalur kereta yang sudah mati. Salah satunya adalah jalur kereta api di kawasan Binjai-Besitang.

Kata kunci: RIPNas, peningkatan, Jalur Kereta Api

Abstract

**PERENCANAAN PENINGKATAN JALUR KERETA API
LINTAS BINJAI-BESITANG
(Evaluasi)**

EKA ANANDA AMBIYOGI P

1707210180

Ir. Tri Rahayu M. Si

Teknik Sipil

The inadequate capacity of the road service makes rail transport modes are progressively showing its superiority. These advantages cannot be separated from the rail as a transport mode that has the most superior in terms of haulage. In addition, the development of railway technology that makes rail transport faster, safer, more energy efficient and environmentally friendly reinforces its advantages compared to other transport modes. Therefore, the government made the National Railway Master Plan(Rencana Induk Perkeretaapian Nasionas 2030). in which the plan of government to reactivate and revitalize the inactive railway lines is addressed. One of the inactive lines is a railway line in the north coast of Binjai-Besitang.

Key words : RIPNas, Revitazation, Railway

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perencanaan Peningkatan Jalur Kereta Api Lintas Binjai- Besitang (Studi Kasus)”, sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir.Tri Rahayu, M.Si, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Wiwin Nurzanah, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Assoc.Prof.Dr.Fahrizal Zulkarnain, selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Kedua orang tua penulis: Suherman dan Susanti yang telah memberi semangat dan masukan yang sangat berarti bagi saya pribadi.
9. Sahabat-sahabat penulis: Ari Syawalludin Spd, Depa Samfada ST, Sutrisno, Aprianto, M Fajar Nugroho ST, Adik yg slalu memberi dukungan saya Dini Aulia Pratiwi, Pacar yg Slalu mensport saya Gita Sari Spd dan khususnya kelas D1 stambuk 2017 yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu yang telah memberi semangat dan masukan yang sangat berarti bagi saya.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia dan konstruksi Teknik sipil.

Medan, 31 Agustus 2024



Eka Ananda Ambiyogi Pratama

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. Rencana Jaringan Jalur Keretaapi	4
2.2. Trase	4
2.2.1. Pemilihan Trase	4
2.3. Ruang Bebas	6
2.4. Emplasemen	7
2.4.1. Tipe – tipe Emplasemen	8
2.5. Kereta Api	9
2.5.1. Heavy Rail	9
2.5.2. Light Rail Transit	9
2.6. Kelas Jalan Rel	10
2.7. Geometrik Jalan Rel	11
2.7.1. Lengkung Vertikal	11
2.7.2. Lengkung Horizontal	12
2.7.3. Pelebaran Sepur	19
2.8. Bantalan (Sleepers)	19
2.8.1. Jenis – Jenis Bantalan	19
2.9. Penambat	22
2.10. Pengelasan Rel	24
2.11. Balas (Ballast)	25
2.11.1. Tegangan Dan Tebal Balas	26

2.12. Struktur Badan Jalan Rel	28
2.13. Rencana Anggaran Biaya (RAB)	29
2.13.1. Volume Pekerjaan	29
2.13.2. Analisa Harga Satuan	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1. Lokasi Penelitian	31
3.2. Diagram Alir Metode Penelitian	32
3.3. Langkah – Langkah Perencanaan	33
3.3.1. Identifikasi Masalah	33
3.3.2. Studi Pustaka	33
3.3.3. Pengumpulan Data	33
3.3.4. Analisis Moda yang Digunakan	34
3.3.5. Perencanaan Trase	34
3.3.6. Perencanaan Geometri Jalan Rel	34
3.3.7. Struktur Jalan Rel	35
3.3.8 .Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	35
BAB IV ANALISA DATA	
4.1. Gambaran Umum Proyek	39
4.2. Perencanaan Geometrik Jalan Rel	40
4.2.1. Alinyemen Horizontal	45
4.2.2. Alinyemen Vertikal	46
4.3. Rencana Anggaran Biaya	50
4.3.1. Rincian Volume Pekerjaan	50
4.3.2. Analisa Pekerjaan Proyek	51
4.3.3. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Kelas Jalan Rel	10
Tabel 2. 2 : Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal	11
Tabel 2. 3 : Pelebaran Sepur	19
Tabel 2.4 : Momen Maksimum Bantalan Kayu	20
Tabel 2. 5 : Momen Maksimum Bantalan Kayu Beton Tunggal dengan Proses <i>Pretention</i>	21
Tabel 2.6 : Momen Maksimum bantalan Kayu Beton Tunggal dengan Proses <i>Posttention</i>	21
Tabel 2. 7 : Grading Limits	26
Tabel 2. 8 : Tebal Balas	27
Tabel 2. 9 : Tabel Penampang Melintang Jalan Rel	28
Tabel 3.1 : Jenis dan Fungsi Data	34
Tabel 3.2 : Spesifikasi Spesifikasi Tebal Balas Dari Klasifikasi Jalan Rel Indonesia Untuk Sepur Sempit	37
Tabel 4.1: Radius Minimum Diiijinkan	41
Tabel 4.2: Jari-Jari Lengkung Vertikal	42
Tabel 4.3: Koordinat UTM titik PI	44
Tabel 4.4: Tabulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal	45
Tabel 4.5: Volume Pekerjaan Pembangunan Jalur Kereta Api Lintas Binjai - Besitang.	48
Tabel 4.6: Rencana Anggaran Biaya Kereta Api Lintas Binjai-Besitang	49
Tabel 4.7: Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	57
Tabel 4.8: Rencana Anggaran Biaya Kwala Bingai-Stabat (KM 13+950-KM 22+427) Hasil Hitungan	57
Tabel 4.9: Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 : Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm pada BagianLurus	6
Gambar 2. 2 : Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm pada BagianLurus	7
Gambar 2. 3 : Skema Lengkung Vertikal	11
Gambar 2. 4 : Skema Lengkung Lingkaran	12
Gambar 2. 5 : Skema Lengkung Lingkaran Spiral – Circle –Spiral	15
Gambar 2. 6 : Diagram Alir Perencanaan Lengkung S – C – S	16
Gambar 2. 7 : Skema Lengkung Lingkaran Spiral-Spiral	17
Gambar 2. 8 : Diagram Alir Perencanaan Lengkung S – S	18
Gambar 2. 9 : Penambat Elastik Dolken	23
Gambar 2. 10 :Penambat Elastik Pandrol	23
Gambar 2. 11 : Penambat Elastik Type F	23
Gambar 2.12 : D.E Spring Clip Pada Bantalan Kayu Dan Beton	24
Gambar 2. 13 : Penampang Melintang Jalan Rel pada BagianLurus	28
Gambar.3.1 : Rencana Jaringan Kereta Api di Pulau Sumatera Utara tahun 2030	31
Gambar.3.2 : Penampakan jaringan KA Binjai-Besitang lokasi proyek	31
Gambar 3. 3 : Diagram Alir Metodologi Pekerjaan Tugas Akhir	32
Gambar 4. 1: Wilayah Kerja BTP Kelas 1 Medan	39
Gambar 4. 2 : Lokasi Titik STA 0+000 dan Titik PI	45

DAFTAR NOTASI

Ls	= Panjang lengkung peralihan	(m)
R	= Jari-jari lengkung horizontal	(m)
P	= Panjang proyeksi garis bantu PI	(m)
K	= Panjang antara titik TS dengan SC	(m)
ΔL	= Celah pada sambungan rel	(mm)
A	= Koefisien muai rel	(mm/°C)
ΔT	= Perubahan suhu	(°C)
ϕ	= Diameter kabel baja prategang	(mm)
H	= Peninggian rel	(m)
V	= Kecepatan rencana	(km/jam)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin terbatasnya kapasitas layanan jalan raya membuat moda transportasi kereta api semakin menunjukkan keunggulannya. Keunggulan ini tak lepas dari kereta api sebagai moda yang paling unggul dari sisi daya angkut. Selain itu perkembangan teknologi perkeretaapian yang semakin cepat, aman, hemat energi dan ramah lingkungan semakin menguatkan keunggulan kereta api dibandingkan moda yang lain. Melihat prospek cerah perkeretaapian, sudah sewajarnya keunggulan – keunggulan tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal dalam penyelenggaraan transportasi nasional yang terintegrasi. Untuk itu pemerintah dalam hal ini, Direktorat Jenderal Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan menyadari pentingnya menata kembali penyelenggaraan perkeretaapian nasional secara menyeluruh guna memastikan tujuan penyelenggaraan perkeretaapian seperti diamanatkan dalam UU No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian Penyelenggaraan ini dituangkan dalam bentuk Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas Tahun 2030).

Dalam RIPNas sasaran dan target penyelenggaraan perkeretaapian nasional tahun 2030 adalah mewujudkan layanan transportasi perkeretaapian yang memiliki mangsa pasar penumpang sebesar 11% - 13 % dan barang sebesar 15% - 17% dari keseluruhan layanan transportasi nasional. Sehingga dilakukan pengembangan layanan salah satunya pada sektor jaringan kereta api. Untuk pengembangan jaringan jalur satunya adalah mengoptimalkan jaringan yang pernah ada melalui program peningkatan, rehabilitasi, reaktivasi lintas non operasi serta peningkatan kapasitas lintas melalui pembangunan jalur ganda dan *shortcut*. Pada Tahun 2030 direncanakan akan dibangun secara bertahap prasarana salah satunya adalah reaktivasi dan peningkatan jalur kereta api.

Sejarah rel Binjai-Besitang ini merupakan jalur yang dibangun oleh perusahaan

swasta colonial belanda yaitu Staatsspoorwegen dan Deli Spoorweg Maatschapij (DSM). Dibangun pada tahun 1916-1919. Jalur kereta api lintas Aceh ini adalah segmen jalur kereta api nonaktif yang dulu pernah dioperasikan oleh Atjeh Tram dan terus beroperasi hingga masa-masa indah PJKK pada tahun 1974-1976. Hingga kini jalur ini masih dalam tahap pengerjaan oleh DJKA sebagai bagian dari pengembangan jalur kereta api Trans Sumatra. Diperkirakan pada tahun 2030 perpindahan orang/penumpang akan meningkat pesat dari sebelumnya. Oleh karena itu, dibutuhkan angkutan transportasi massal yang efektif baik untuk angkutan barang maupun penumpang yang mampu melayani dalam kapasitas besar. Dari segi keefisiennya, kereta api tergolong unggul dari moda transportasi lain, karena dari segi volume angkut dan konsumsi energi yang dibutuhkan kereta api lebih unggul dibandingkan bus dan mobil yang hanya mampu melayani angkutan transportasi dengan volume kecil.

1.2. Perumusan Masalah

Hal – hal yang menjadi permasalahan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagaimana berikut:

1. Bagaimana cara menentukan tegangan ijin kelas jalan rel ?
2. Berapakah RAB yang dibutuhkan dalam peningkatan jalur kereta api Kwala Bingai-Stabat lintas Binjai-Besitang?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung Tegangan ijin kelas jalan rel ditentukan dengan menggunakan persamaan TALBOT.
2. Menghitung rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam peningkatan jalur Kereta Api Kwala Bingai-Stabat tersebut.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Data ini diambil dari data proyek pembangunan peningkatan jalan Kereta Api Lintas Binjai – Besitang.
2. Data yang dipakai adalah data sekunder dari PT. KAI KELAS 1 MEDAN dan hasil pengamatan atau penelitian laboratorium perhubungan.
3. Daerah perencanaan adalah dari Binjai-Besitang.
4. Dalam tugas akhir ini tidak membahas infrastruktur kereta api (persinyalan jembatan, rumah sinyal, stasiun, dipo).
5. Tidak membahas struktur jalan rel pada jembatan.
6. Tidak menghitung kekuatan timbunan dari jalan kereta api rencana.
7. Tidak melakukan penyusunan *cashflow* dari perencanaan anggaran biaya konstruksi.
8. Tidak membahas tentang teknis pelaksanaan.
9. Tidak melakukan perhitungan sistem drainase jalan keretaapi rencana.
10. Tidak membahas tentang metode perbaikan tanah.

1.5. Manfaat

1. Penulis mampu merencanakan trase yang dibangun di lintas Binjai-Besitang.
2. Mengurangi angka mobilisasi kendaraan pribadi dan angkutan barang yang menuju, dari dan melewati Binjai-Besitang.
3. Tugas Akhir ini diharapkan akan bermanfaat bagi pemerintah sebagai masukan dan pembanding terhadap perkembangan dan pembangunan perkeretaapian.

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dibahas dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometri dan struktur jalan rel dari Binjai-Besitang, Sumatera Utara. Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan ini berdasarkan RIPNas Tahun 2030, pengembangan jaringan rel untuk luar Pulau Jawa menggunakan sepur dengan lebar 1067 mm dengan bantalan betonberjarak sekitar 60 cm.

2.1. Rencana Jaringan Jalur Kereta Api di Sumatera Utara

Sasaran pengembangan jaringan jalur kereta api di Sumatera Utara adalah mengoptimalkan jaringan yang pernah ada melalui program peningkatan, rehabilitasi, reaktivasi lintas non operasi serta peningkatan kapasitas lintas melalui pembangunan jalur ganda dan *shortcut*. Pada tahun 2030 menurut RIPNas direncanakan akan dibangun secara bertahap prasarana perkeretaapian meliputi jalur, stasiun dan fasilitas operasi kereta api.

2.2. Trase

Langkah awal dalam sebuah perencanaan struktur jalanraya atau pun jalan rel adalah dengan pemilihan trase. Trase atau yang biasa disebut dengan sumbu jalan yaitu berupa garis-garis lurus yang saling berhubungan yang terdapat pada peta topografi suatu muka tanah. Trase biasanya dibuat dengan beberapa pilihan , salah satu trase yang dapat memenuhi syarat suatu perencanaan maka trase itulah yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometri jalan raya / jalan rel (Frisiani, 2011).

2.2.1.Pemilihan Trase

Ada beberapa cara yang digunakan sebagai pertimbangan dalam pemilihan trase yang dimana menjadi persyaratan dalam pemilihan trase jalan raya/jalan rel

sehingga trase tersebut layak untuk dipilih. Beberapa poin pertimbangan dalam menentukan trase menurut Frisiani (2011) adalah:

a) Panjang Jalur Rencana

Prinsip utama seorang *engineer* teknik sipil adalah BMW (Biaya, Mutu, Waktu). Dalam hal ini perencana jalan tentunya akan memilih jalur yang ekonomis. Ekonomis disini berarti suatu jalan dapat dibangun dengan kualitas dan harga yang terjangkau. Maka dengan merencanakan trase yang semakin pendek, maka biaya pembangunan relatif lebih kecil.

b) Elevasi Permukaan Tanah Jalur

Salah satu syarat dalam perencanaan jalan adalah dengan memberikan tingkat kenyamanan kepada penumpang. Jalan yang terlalu curam akan membuat kendaraan menjadi terasa lebih berat akibat adanya gaya sentrifugal. Pemilihan elevasi jalur juga sangat berpengaruh terhadap besar jumlah galian dan timbunan (*cut and fill*) yang dibutuhkan. Pemilihan elevasi ini diharapkan dapat memilih jalur dengan kondisi elevasi tanah yang tidak terlalu jauh berbeda ketinggiannya, sehingga dapat mengurangi volume galian dan timbunan yang terlalu besar.

c) Daerah Pemukiman

Dalam penentuan trase dibuat agar seminimal mungkin melintasi daerah pemukiman yang ada. Karena selain biaya yang dikeluarkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan pembebasan lahan kosong, juga menghindari adanya konflik sosial yang muncul akibat pembangunan jalan tersebut.

d) Biaya Pembebasan Lahan

Perbandingan harga dalam pembebasan lahan juga turut berpengaruh dalam pemilihan trase yang digunakan. Pemilihan trase diharapkan dapat meninjau harga pembebasan yang cenderung lebih murah.

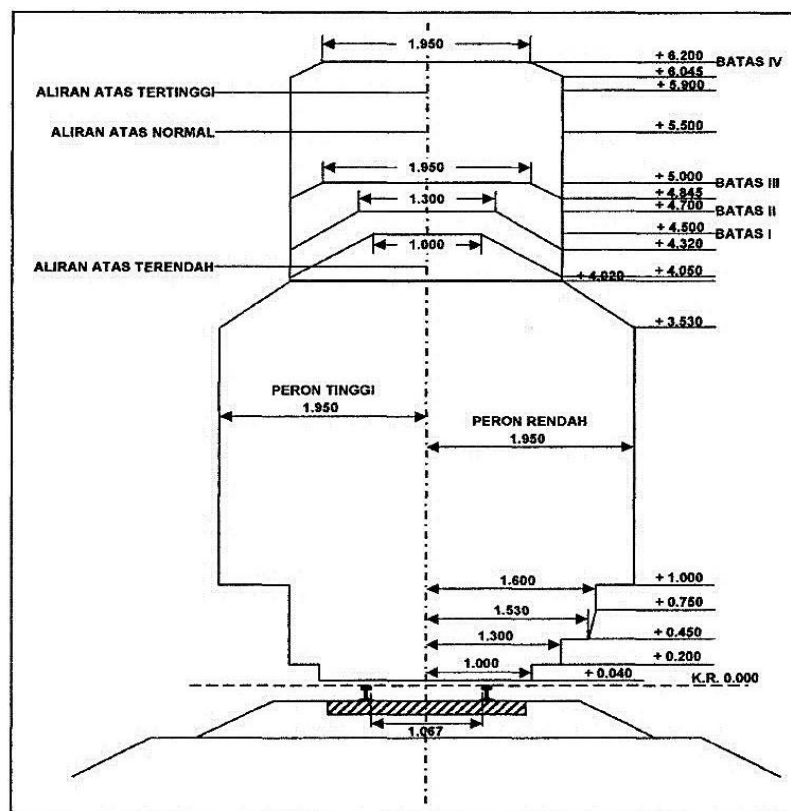
e) Jari-Jari Lengkung Geometri

Penentuan jari – jari lengkung geometri dalam menarik trase jalan akan sangat mempengaruhi keadaan jalan setelah dibangun. Perencana jalan diharapkan dapat merencanakan jalan dengan jari – jari yang cukup besar, hal ini dikarenakan semakin kecil jari – jari lengkung geometri yang digunakan maka

semakin tajam tikungannya.

2.3. Ruang Bebas

Ruang bebas adalah ruang di atas jalan rel yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang, ruang in disediakan untuk lalu lintas kereta api. Dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 detail ruang bebas yang dibutuhkan sebagaimana dijelaskan pada Gambar 2.1. dan Gambar 2. 2.

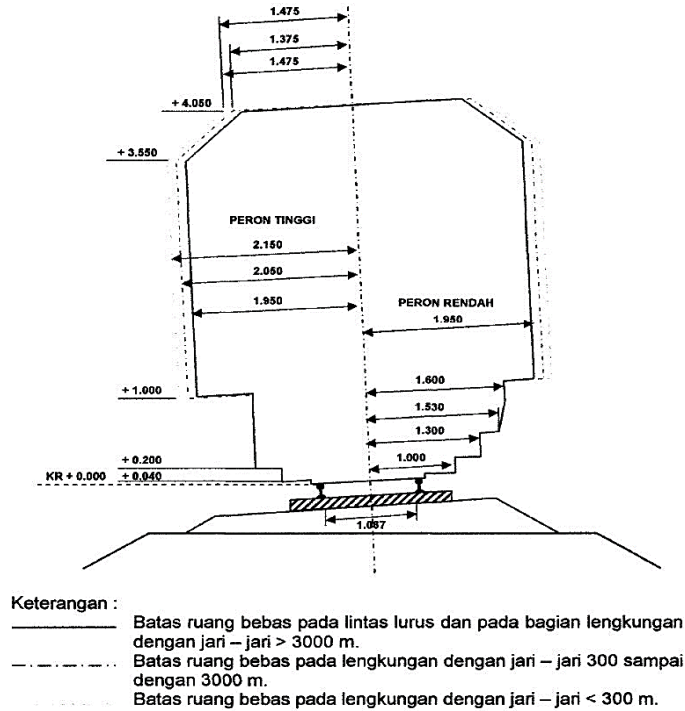


Keterangan :

- Batas I = Untuk jembatan dengan kecepatan sampai 60 km/jam
- Batas II = Untuk 'Viaduk' dan terowongan dengan kecepatan sampai 60km/jam dan untuk jembatan tanpa pembatasan kecepatan.
- Batas III = Untuk 'viaduk' baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan
- Batas IV = Untuk lintas kereta listrik

Gambar 2. 1 : Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm pada BagianLurus

Sumber: Peraturan menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012



Gambar 2. 2 : Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm pada BagianLurus

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.4. Emplasemen

Emplasemen adalah bagian dari kompleks stasiun yang berupa lapangan terbuka dan terdapat susunan jalan – jalan rel kereta api beserta kelengkapannya. Selain itu dapat ditiadakan bahwa Emplasemen adalah konfigurasi sepur – sepur untuk suatu tujuan tertentu, yaitu menyusun kereta atau gerbong menjadi rangkaian yang dikehendaki dan menyimpannya pada waktu tidak digunakan (Mataputun, 2013).

Perencanaan sepur di emplasemen stasiun direncanakan dengan mempertimbangkan aspek ekonomi dan prakiraan peningkatan volume angkutan penumpang dan barang. Sistem pengamanan dan lain – lain. Panjang efektif sepur siding minimum yaitu 400 m sedangkan untuk kecepatan rencana 30 Km/Jam. Tipe-tipe emplasemen menurut Mataputun (2013) adalah:

2.4.1. Tipe – tipe Emplasemen

A. Emplasemen Stasiun/ Penumpang

Emplasemen penumpang yang gunanya untuk memberi kesempatan kepada penumpang untuk membeli karcis, menunggu datangnya kereta api sampai naik ke kereta api melalui peron.

B. Emplasemen Stasiun/ Penumpang

Emplasemen penumpang yang gunanya untuk memberi kesempatan kepada penumpang untuk membeli karcis, menunggu datangnya kereta api sampai naik ke kereta api melalui peron.

C. Emplasemen Barang

Khusus melayani pengiriman dan penerimaan barang dan letaknya dekat dengan daerah industri, perniagaan, dan lalu lintas umum. Sepur gudang dapat dibuat di satu sisi atau pada kedua sisi gudang dan di dalam gudang satu sepur atau lebih. Untuk cadangan perluasan dan ketentraman kota bisa dibuat di luar kota.

D. Emplasemen Langsir

Kereta Api barang dari semua jurusan yang menuju ke emplasemen langsir gerbong – gerbongnya dipisah – pisahkan dalam kelompok – kelompok menurut jurusan dan tempat tujuannya. Letak emplasemen harus jauh dari pemukiman agar pekerjaan melangsir gerbong tidak mengganggu ketertiban umum.

E. Emplasemen Penyusun/ Depo Kereta

Tempat untuk membersihkan, memeriksa, memperbaiki kerusakan kecil dan melengkapi kereta-kereta kembali menjadi rangkaian kereta api untuk disiapkan di sepur berangkat berangkat di emplasemen penumpang pada saat kereta api mulai atau mengakhiri perjalanannya.

F. Emplasemen Depo Lokomotif

Untuk kebutuhan lokomotif – lokomotif yang menginap. Diperlukan ditempat – tempat peralihan dari jalan dataran ke jalan pegunungan untuk pergantian lokomotif dan di tempat – tempat yang harus melayani lokomotif – lokomotif untuk keperluan di emplasemen langsir.

G. Emplasemen Pelabuhan

Terdiri dari dua jurusan, yaitu dari daerah pedalaman ke pangkalan sebaliknya. Keretaapi barang yang datang dari pedalaman diceraikan di emplasemen pelabuhan menurut kelompok – kelompok pembagi, kemudian gerbong – gerbong dibawa ke kelompok pembagimasing – masing, dimana dilakukan penyusunannya menurut pangkalan-pangkalan dangudang – gudang.

2.5. Kereta Api

Kereta api didefinisikan sebagai sarana transportasi berupa kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainya, yang akan ataupun sedang bergerak di rel (Fitriasari, 2014). Sedangkan pengelompokan kereta api perkotaan menurut Fitriasari (2014) adalah sebagai berikut:

2.5.1. *Heavy Rail*

Kereta api berat dikenal juga sebagai Heavy Rail Transit atau rapid transit, underground, subway, tube, elevated, atau metro adalah angkutan kereta api perkotaan yang berjalan dilintas yang dipisah dari lalu lintas lainnya sehingga dapat berjalan dengan kecepatan maksimum 100 km/jam atau kecepatan perjalanan sekitar 25 sampai 30 km/jam. Perkataan *subway* digunakan pada berbagai kereta api perkotaan di Amerika termasuk di Glasgow dan Toronto. Sistem yang di London menggunakan istilah *underground* dan *tube*. Di Jerman disebut U-Bahn, berasal dari kata Untergrundbahn yang berarti jalan bawah tanah. Berbagai sistem di Asia Tenggara seperti Taipei dan Singapore disebut sebagai MRT yang merupakan singkatan dari Mass Rapid Transit.

2.5.2. *Light Rail Transit*

Kereta api ringan dikenal juga sebagai LRT sebagai singkatan Light Rail Transit adalah salah satu sistem Kereta Api Penumpang yang beroperasi dikawasan perkotaan yang konstruksinya ringan dan bisa berjalan bersama lalu lintas lain atau dalam lintasan khusus, disebut juga tram.

Kereta api ringan banyak digunakan diberbagai negara di Eropa dan telah mengalami modernisasi, antara lain dengan otomatisasi, sehingga dapat dioperasikan tanpa masinis, bisa beroperasi pada lintasan khusus, penggunaan lantai yang rendah (sekitar 30 cm) yang disebut sebagai Low floor LRT untuk mempermudah naik turun penumpang.

a. Kereta Api Ringan di Jalan

Disebut juga LRT I, beroperasi di jalan bersama dengan lalu lintas kendaraan, tipe ini membutuhkan percepatan dan perlambatan mendekati performansi kendaraan bermotor. Kapasitas sekitar 10 000 sampai dengan 30 000 penumpang jam. Kecepatan perjalanan sekitar 15 sampai 20 km/jam.

b. Kereta Api Ringan di Jalur Eksklusif

Disebut juga LRT II beroperasi pada lintasan eksklusif, sehingga mempunyai keunggulan daya angkut yang lebih besar antara 25 000 sampai 40 000 penumpang per jam, kecepatan perjalanan sekitar 25 sampai 100 km/jam.

2.6. Kelas Jalan Rel

Daya angkut lintas, kecepatan maksimum, beban gandar, dan ketentuan-ketentuan lain untuk setiap kelas jalan, tercantum pada Tabel 2. 1.

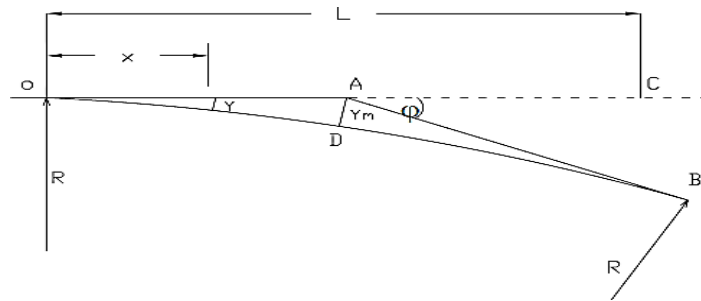
Tabel 2. 1 Kelas Jalan Rel

Kelas jalan	Daya angkut lintas (ton/tahun)	V maks (Km/Jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis penambant	Tebal Balas Atas(cm)	Lebar bahu Jalan(cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)			
I	$>20.10^6$	120	18	R.60/R.54	Beton	Elastis Ganda	30	60
					60			
II	$10.10^6 - 20.10^6$	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu	Elastis Ganda	30	50
					60			
III	$5.10^6 - 10.10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja	Elastis Ganda	30	40
					60			
IV	$2,5.10^6 - 5.10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja	Elastis Ganda/Tunggal	25	40
					60			
V	$<2,5.10^6$	80	18	R.42	Kayu/Baja	Elastis Tunggal	25	35
					60			

2.7. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut. Perencanaan alinyemen vertikal berkaitan erat dengan besarnya volume galian dan timbunan yang terjadi, oleh karena itu perencanaannya mempengaruhi biaya konstruksi. Skema lengkung vertikal sebagaimana pada Gambar 2. 3. Adapun elevasi muka jalan rel, sebaiknya:

1. Berada di atas elevasi permukaan tanah asli.
2. Berada di atas muka air banjir, pada daerah yang sering dilanda banjir.
3. Volume galian dan timbunan dibuat seimbang, untuk mengurangi biaya.



Gambar 2. 3 : Skema Lengkung Vertikal

Dimana:

R = jari-jari lengkung vertikal

L = panjang lengkung vertikal

A = titik pertemuan antara perpanjangan kedualandai/garis lurus

OA = 0,5 L

Perhitungan lengkung peralihan vertikal dapat dipakai persamaan:

$$X_m = \frac{R}{2} \phi \quad (2.1)$$

$$Y_m = \frac{R}{2} \phi^2 \quad (2.2)$$

Besar kecepatan rencana mempengaruhi besar jari-jari minimum lengkung vertikal. Besar jari-jari minimum lengkung vertikal tercantum pada Tabel 2. 2.

Tabel 2. 2 Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal

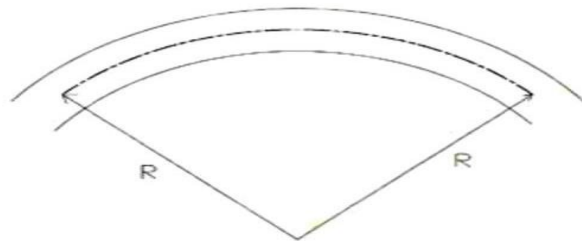
Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-jari Minimum (m)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.7.1 Lengkung Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri dari garis lurus dan lengkungan.

Skema lengkung horizontal sebagaimana terlihat pada Gambar 2. 4.



Gambar 2. 4 : Skema Lengkung Lingkaran

Dengan satuan praktis :

$$X_m = \frac{11.8V}{R} \quad (2.3)$$

Dimana :

R = Jari-jari lengkungan horizontal

(m)V = kecepatan rencana (km/jam)

H = peninggian rel dalam lengkung horizontal (maks 120 mm).

Maka,

$$X_m = \frac{11.8V}{h} \quad (2.4)$$

a.) 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. Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus berikut:

$$L_s = 1 + \frac{1}{10} + \frac{1}{2r} \quad (2.5)$$

Dimana :

L_s = Panjang minimum lengkung peralihan (m)

l = Panjang proyeksi Lengkung peralihan (m)

R = Jari-jari lengkung horizontal (m)

b.) Sudut Spiral

Sudut spiral adalah sudut yang dibentuk pada titik SC dan CS.

$$\theta_s = \frac{90L_s}{\pi R} \quad (2.6)$$

Dimana:

L_s = panjang lengkung peralihan (m)

R = jari-jari lengkung horizontal(m)

c.) Panjang Busur Lingkaran

Panjang busur lingkaran adalah panjang lengkung titik SC dan CS.

$$\theta_s = \frac{(\Delta - 2\theta_s)\pi R}{180} \quad (2.7)$$

Dimana:

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

θ_s = sudut spiral yang dibentuk

Δ = sudut tikungan

d.) Panjang Proyeksi Titik P

Titik P adalah panjang proyeksi antara garis bantu PI tegak lurus terhadap pusat lingkaran.

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos\theta_s) \quad (2.8)$$

Dimana:

L_s = panjang lengkung peralihan (m)

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

θ_s = sudut spiral yang dibentuk

e.) Panjang K

K adalah panjang proyeksi datar antara titik TS dengan SC.

$$k = Ls - \frac{Ls}{40R} - R \sin \theta s \quad (2.9)$$

Dimana:

Ls = panjang lengkung peralihan (m)

R = Jari-jari lengkung horizontal (m)

θs = sudut spiral yang dibentuk

f.) Panjang T_s

Panjang T_s adalah panjang dari titik TS ke titik PI.

$$T_s = (R + P) \operatorname{tg} \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + K \quad (2.10)$$

Dimana:

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

P = panjang proyeksi garis bantu PI (m)

K = panjang antara titik TS dengan SC (m)

Δ = sudut tikungan

g.) Panjang titik E

Panjang titik E adalah titik yang menghubungkan PI ke pusat lingkaran.

$$E = (P + R) / \cos(2\Delta) \quad (2.11)$$

Dimana :

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

P = panjang proyeksi garis bantu PI (m)

Δ = sudut tikungan

h.) Panjang X_s dan Y_s

Merupakan koordinat peralihan dari circle ke spiral.

$$Y_s = Ls^2 / 6R \quad (2.12)$$

$$X_s = nv / 144 \quad (2.13)$$

Dimana :

R = jari-jari lengkung horizontal (m)

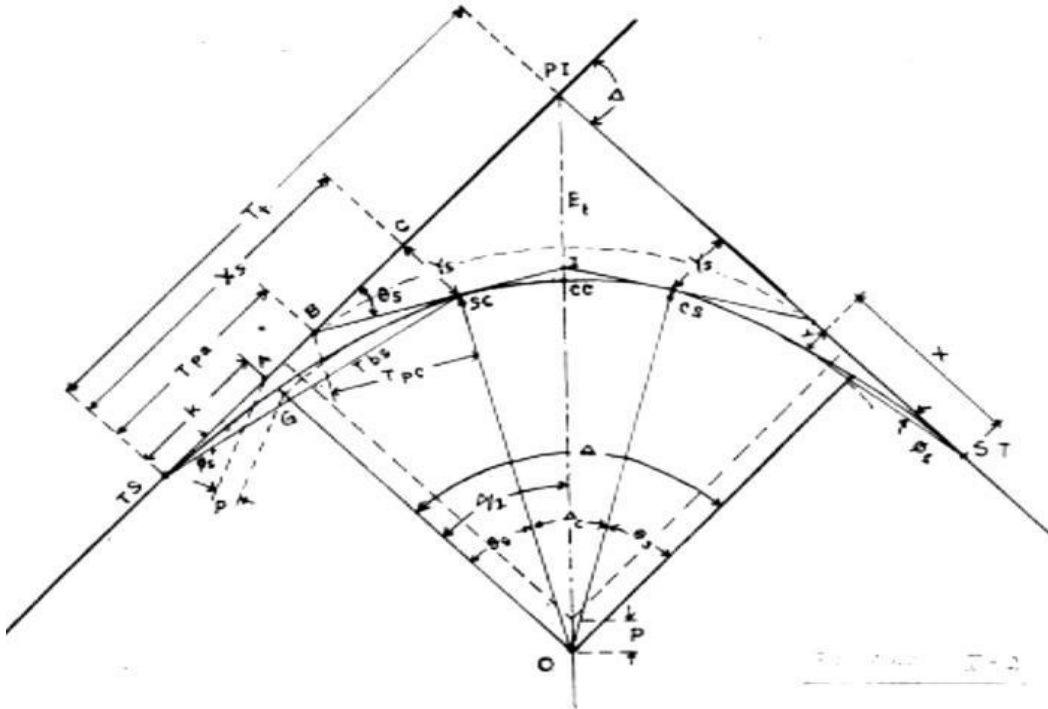
Ls = panjang peralihan (m)

H = peninggian rel (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

- **Lengkung Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)**

Sedangkan untuk skema lengkung Spiral – Circle – Spiral seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 : Skema Lengkung Lingkaran Spiral – Circle – Spiral Dimana :

X_s = Jarak dari titik ST ke SC

Y_s = Jarak tegak lurus ketitik SC pada lengkung

L_s = Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST

L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)

T_s = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ketitik ST

TS = Titik dari tangen ke spiral

SC = Titik dari spiral ke lingkaran

E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran

θ_s = Sudut lengkung spiral

R_r = Jari-jari lingkaran

p = Pergeseran tangen terhadap spiral

k = Absis dari p pada garis tangen spiral

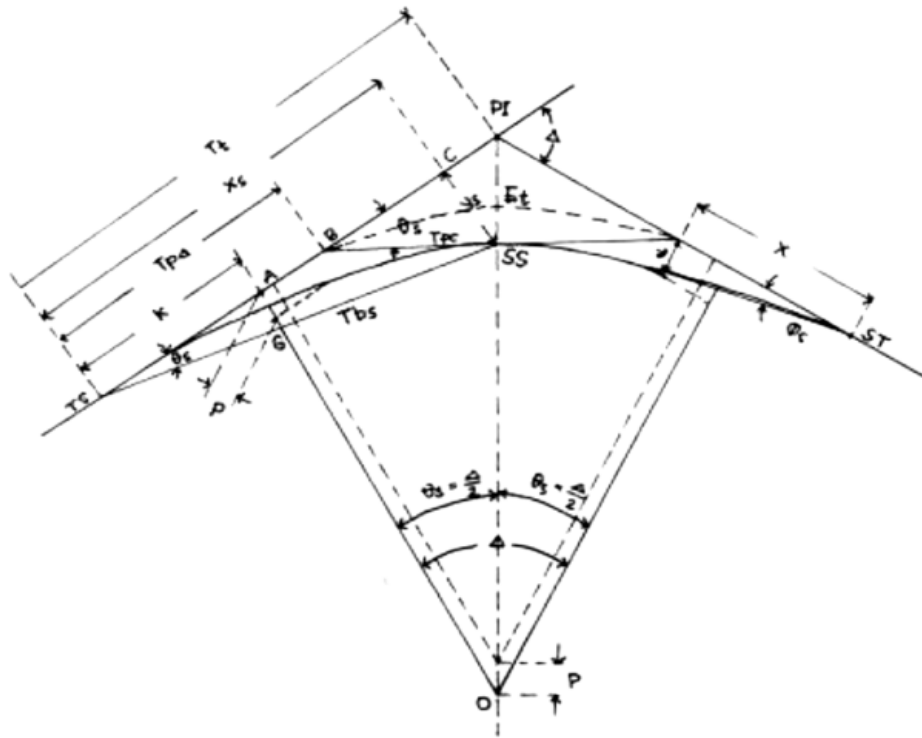
Untuk lebih jelas mengenai proses perhitungan dalam pengerjaan alinyemen horisontal dengan jenis lengkung S-C-S ini dapat dilihat sebagaimana dijelaskan pada diagram alir pada Gambar 2. 6.



Gambar 2. 6 : Diagram Alir Perencanaan Lengkung S – C – S

- **Tikungan Spiral-Spiral (S-S)**

Tikungan Spiral-Spiral (S-S) merupakan tikungan yang disertai lengkung peralihan. Skema dari lengkung S – S ini bisa dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 : Skema Lengkung Lingkaran Spiral-Spiral Untuk

bentuk spiral-spiral berlaku rumus sebagai berikut:

$$L_c = 0 \quad (2.14)$$

$$\theta_s = \frac{1}{2}\Delta \quad (2.15)$$

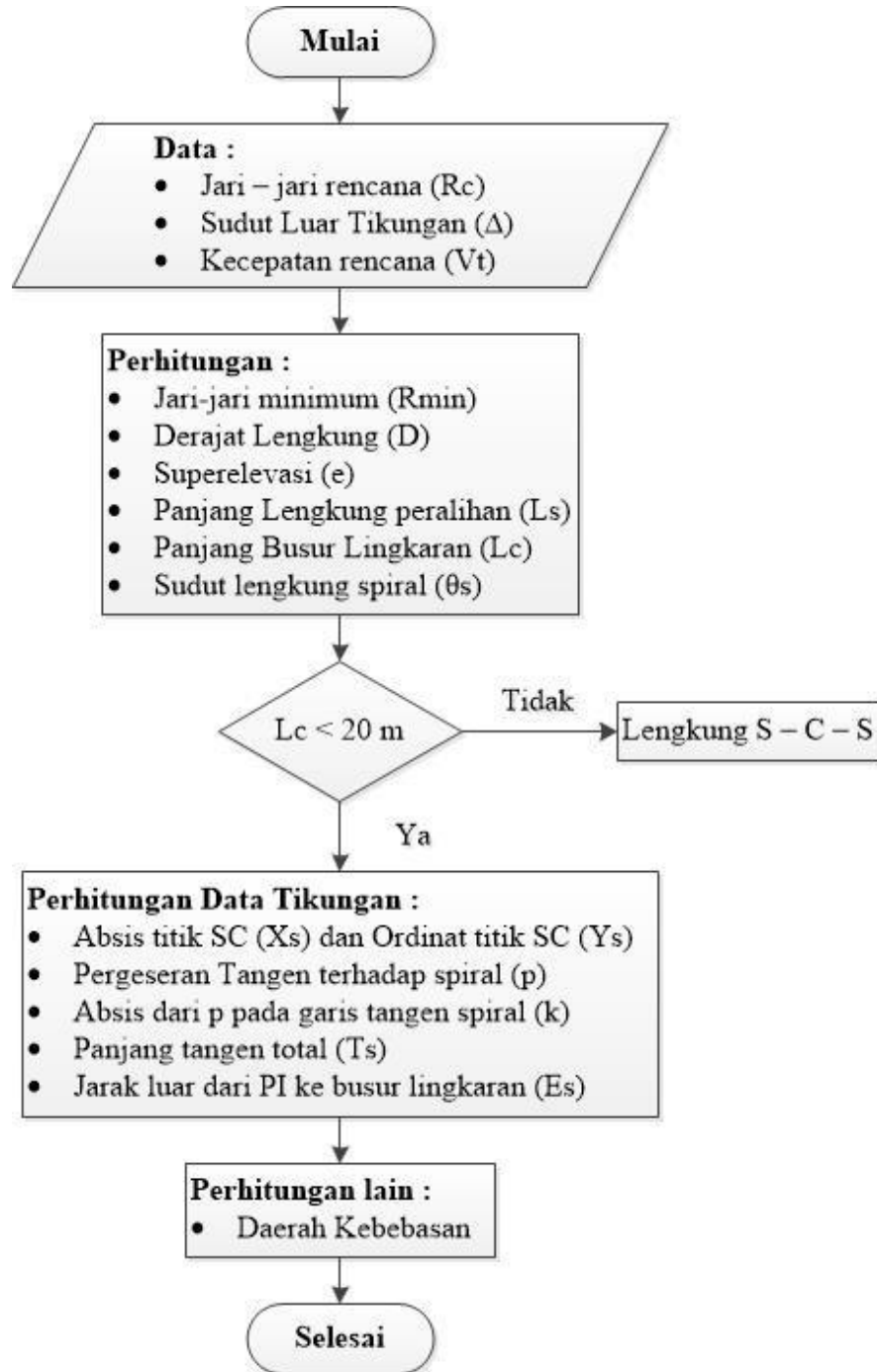
$$L_{tot} = 2 L_s \quad (2.16)$$

Untuk menentukan θ_s rumus sama dengan lengkung peralihan.

$$\theta_s = \frac{L_s \cdot \pi \cdot R_c}{y_v} \quad (2.17)$$

p , k , T_s , dan E_s rumus sama dengan lengkung peralihan.

Untuk lebih jelas mengenai proses perhitungan dalam pengerjaan alinyemen horisontal dengan jenis lengkung S-S ini dapat dilihat sebagaimana dijelaskan pada diagram alir pada Gambar 2. 8.



Gambar 2. 8 Diagram Alir Perencanaan Lengkung S – S

2.7.2. Pelebaran Sepur

Pelebaran sepur dilakukan agar roda kereta api dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Besar pelebaran sepur untuk berbagai jari-jari tikungan tercantum pada Tabel 2. 3.

Tabel 2. 3 Pelebaran Sepur

	Pelebaran (mm)
R > 600	0
550 < R > 600	5
400 < R > 600	10
350 < R > 400	15
100 < R > 500	20

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

Pelebaran sepur maksimal yang diijinkan adalah 20 mm. Pelebaran sepur dicapai dan dihilangkan secara berangsur-angsur sepanjang lengkung peralihan.

2.8. Bantalan (*Sleepers*)

Bantalan rel merupakan landasan tempat rel bertumpu yang diikat dengan penambat rel. Fungsi dari bantalan yaitu sebagai pengikat rel, mendistribusikan beban ke ballas, stabilitas kedudukan rel pada ballas. Bantalan dapat berupa kayu, baja, dan beton. Saat ini bantalan beton mulai banyak digunakan menggantikan bantalan kayu dan baja. Tetapi, bantalan kayu masih banyak digunakan pada konstruksi jembatan, karena bahannya yang ringan, sehingga dapat mengurangi beban jembatan itu sendiri.

2.8.1. Jenis – Jenis Bantalan

a. Bantalan Kayu

Pada jalan yang lurus, bantalan kayu mempunyai ukuran:

- Panjang : L = 2.000mm
- Tinggi : t = 130 mm
- Lebar : b = 220 mm

Mutu kayu yang digunakan untuk bantalan kayu, harus memenuhi ketentuan Peraturan Bahan Jalan Rel Indonesia (PBJRI). Bantalan kayu pada bagian tengah maupun bagian bawah rel, harus mampu menahan momen maksimum seperti pada Tabel 2.4:

Tabel 2. 4 Momen Maksimum Bantalan Kayu

Kelas Kayu	Momen Maksimum (kg-m)
I	800
II	530

b. Bantalan Baja

Pada jalan yang lurus, bantalan baja mempunyai ukuran:

- Panjang : $L = 2.000 \text{ mm}$
- Tinggi : $t = 144 \text{ mm}$
- Lebar : $b = 232 \text{ mm}$
- Tebal baja : minimal 7 mm

Mutu baja yang dipakai untuk bantalan baja, harus memenuhi ketentuan Peraturan Bahan Jalan Rel Indonesia (PBJRI). Bantalan baja pada bagian tengah bantalan maupun pada bagian bawah rel, harus mampu menahan momen sebesar 650 kg-m.

c. Bantalan Beton Tunggal dengan Proses *Pretension*

Pada jalur lurus, bantalan beton pratekan dengan proses *pretension* mempunyai ukuran panjang:

$$L = l + 2\alpha\phi \tag{2. 18}$$

Dimana:

l = jarak antara kedua sumbu vertikal rel (mm)

α = 80 sampai 160

ϕ = diameter kabel baja prategang (mm)

Mutu campuran beton harus mempunyai kuat tekan karakteristik tidak kurang dari 500 kg/cm^2 , mutu baja untuk tulangan geser tidak kurang dari U-21 dan mutu baja prategang ditetapkan dengan tegangan putus minimum sebesar 17.000 kg/cm^2 . Bantalan beton pratekan dengan proses *pretension*.

Tabel 2.5. Momen Maksimum Bantalan Kayu Beton Tunggal dengan Proses *Pretention*

Bagian	Momen Maksimum (kg-m)
Bawah rel	+ 1500
Tengah Bantalan	- 765

d. Bantalan Beton Pratekan Blok Tunggal dengan Proses Posttension

Pada jalur lurus, bantalan beton pratekan dengan proses *posttension* mempunyai ukuran panjang:

$$L = l + 2\gamma \quad (2.19)$$

Dimana:

l = jarak antara kedua sumbu vertikal rel (mm)

γ = panjang daerah regularisasi tegangan, yang tergantung jenis anker yang dipakai

Mutu campuran beton harus mempunyai kuat tekan karakteristik tidak kurang dari 500 kg/cm^2 , mutu baja untuk tulangan lentur tidak kurang dari U-24 dan mutu baja prategang ditetapkan dengan tegangan putus minimum sebesar 17.000 kg/cm^2 . Bantalan beton pratekan dengan proses *pretension* harus mampu memikul momen minimum seperti pada Tabel 2.6:

Tabel 2. 6 Momen Maksimum bantalan Kayu Beton Tunggal dengan Proses *Posttention*

Bagian	Momen Maksimum (kg-m)
Bawah rel	+ 1500
Tengah Bantalan	- 765

e. Bantalan Beton Beton Blok Ganda

Pada jalan yang lurus, satu buah bantalan beton blok ganda mempunyai ukuran:

a. Panjang : $L = 700 \text{ mm}$

b. Tinggi : $t = 300 \text{ mm}$

c. Lebar : $b = 200 \text{ mm}$

Mutu campuran beton harus mempunyai kuat tekan karakteristik tidak kurang dari 385 kg/cm^2 , mutu baja untuk tulangan geser tidak kurang dari U-32 dan mutu baja untuk batang penghubung, tidak kurang dari U-32.

2.9. Penambat

Penambat rel merupakan sebuah komponen jalan rel yang berfungsi untuk mengikatkan rel pada bantalan sehingga kedudukan rel tetap kokoh dan tidak bergeser. Pada suatu konstruksi penambat rel yang sempurna diperlukan adanya:

- a. Kekuatan penjepitan (*vertical clamping forces*)
- b. Kekuatan puntiran (*torsion resistance*)
- c. Kemampuan menghadapi perambatan (*rail creep resistance*)

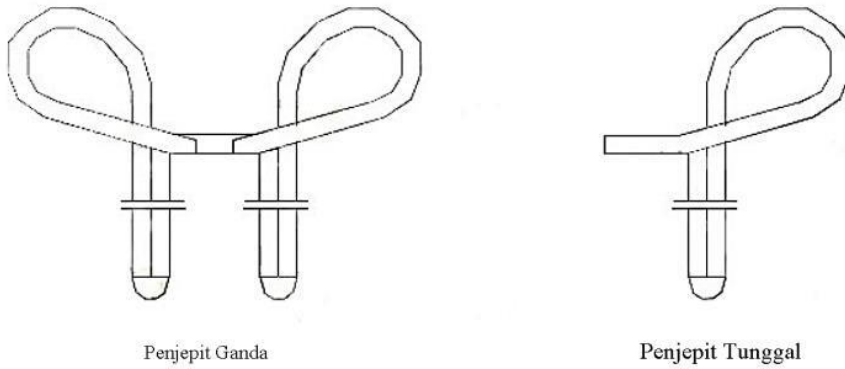
Jenis penambat yang dipergunakan adalah penambat elastik dan penambat kaku. Penambat kaku terdiri atas tirpon, maur dan baut. Penambat elastik terdiri atas dua jenis, yaitu penambat elastik tunggal dan penambat elastik ganda.

Penambat elastis memiliki 2 macam sistem antara lain penambat elastik tunggal terdiri dari pelat andas, pelat, atau batang jepit elastik, tirpon, maur, dan baut dan Penambat elastik ganda terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit elastik, alas rel, tirpon, maur dan baut. Pada bantalan beton, tidak diperlukan pelat andas, tetapi dalam hal ini tebal karet alas (*rubber pad*) rel harus disesuaikan dengan kecepatan maksimum.

- Penggunaan penambat

Penambat kaku tidak boleh dipakai untuk semua kelas jalan rel. penambat elastik tunggal hanya boleh dipergunakan pada jalan kelas 4 dan kelas 5, sedangkan penambat elastik ganda dapat dipergunakan pada semua kelas jalan rel, tetapi tidak dianjurkan untuk jalan rel kelas 5. Berikut ini beberapa macam contoh penambat elastik :

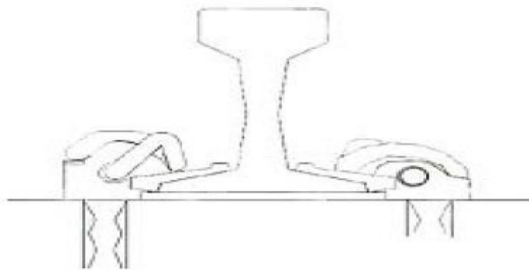
a. Dorken



Gambar 2. 9 : Penambat Elastik Dolken

Sumber : Peraturan Dinas PJKA,1986

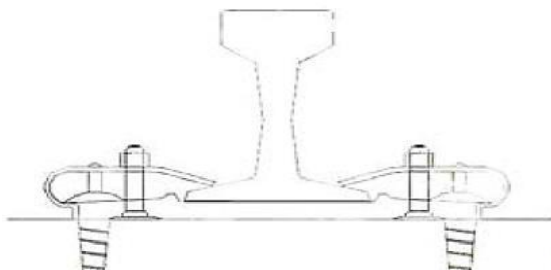
b. Pandrol



Gambar 2. 10 : Penambat Elastik Type F

Sumber : Peraturan Dinas PJKA,1986

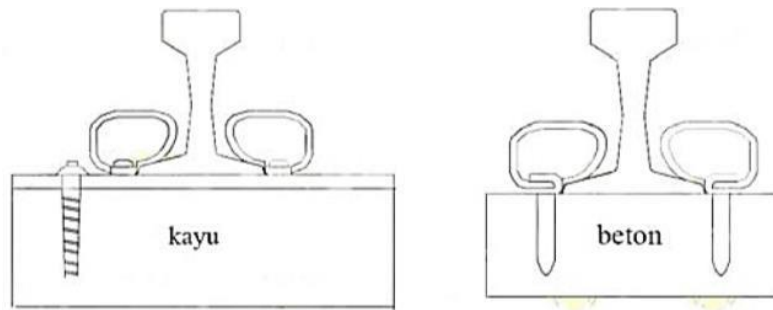
c. Tipe F



Gambar 2. 11 : Penambat Elastik Type F

Sumber : Peraturan Dinas PJKA,1986

d. D.E Spring Clip



Gambar 2. 12 : D.E Spring Clip Pada Bantalan Kayu Dan Beton

Sumber : Peraturan Dinas PJKA,1986

2.10. Pengelasan Rel

Rel panjang dibuat dari beberapa rel pendek yang dihubungkan dengan las di lapangan. Pengelasan dilakukan dengan cara las termit. Las termit adalah penyambungan/las antara dua batang rel melalui suatu reaksi kimia dengan menggunakan termit (besioksida dengan bubuk aluminium). Berikut ini disajikan penentuan panjang dilatasi muai menurut Peraturan Dinas no.10 ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T \quad (2.22)$$

Dimana:

ΔL = celah pada sambungan rel (mm), maksimum 10 mm

L = panjang rel (L)

A = koefisien muai rel ($\text{mm}/^\circ\text{C}$)

ΔT = perubahan suhu ($^\circ\text{C}$)

Gaya yang terjadi pada rel menurut hukum Hooke adalah:

$$F = \Delta L \times E \times A / L \quad (2.23)$$

Dimana:

F = gaya yang timbul akibat pemuaian.

E = modulus Young

S = luas penampang

A = koefisien muai rel

ΔT = perubahan suhu

Setelah disubstitusikan:

$$F = E \times S \times \alpha \times \Delta T \quad (2.24)$$

2.11. Balas (Ballast)

Balas merupakan material granular yang terdiri dari batu pecah homogen, padat, keras dan mempunyai kapasitas pendukung yang baik dan diletakkan pada bagian bawah di sekeliling bantalan.

- Fungsi dari balas yaitu;
 1. Meneruskan dan menyebarkan beban kereta api melalui bantalan ke tanah dasar.
 2. Meningkatkan elastisitas lintasan kereta api.
 3. Sebagai sarana drainase dengan meloloskan air agar tidak terjadi genangan pada daerah di sekitar rel kereta api.
 4. Menambah tingkat kenyamanan penumpang dalam mengendarai kereta.
- Tipe – tipe dari balas yaitu:
 1. *Crushed stone* (batu pecah)
 2. *Gravel* (kerikil)
 3. *Sand* (pasir)
 4. *Coal ash* (batu bara)
 5. *Brick* (batu bata)

Dari semua bahan-bahan tersebut diatas, bahan terbaik yang umumnya digunakan adalah *Crushed stone* (batu pecah).

- Persyaratan balas yang baik adalah : (dalam Teguh , 2013)
 1. Material batuan harus keras, tidak mudah rapuh dan pecah ketika terkena beban-beban serta tahan terhadap pengaruh cuaca.
 2. Tidak menimbulkan reaksi kimia pada rel.
 3. Bentuk material harus tajam dan homogen.
 4. Butiran batuan tidak menyerap air.

5. Ukuran butiran harus disesuaikan dengan bantalan- bantalan yang digunakan.
 6. Murah dalam *maintenance cost* dan *initial cost*.
 7. Mudah didapat dan tersedia dalam jumlah yang memadai.
- Karakteristik material balas :
 1. *Los angeles abration test* $\leq 25\%$
 2. *Simple compression resistance* $\geq 700 \text{ kg/cm}^2$
 3. *Dry bulk specific gravity* $\geq 2,72$
 4. Bentuk batuan harus berbidang banyak dan dengan sudut – sudut yang tajam $\geq \text{arc tg } 1,4$
 5. Material harus bebas dari debu
 6. *Grading limits* seperti pada Tabel 2. 7.

Tabel 2. 7 Grading Limits

Diameter saringan(mm)	% tertinggal(%)
80	0
63	0
50	0-10
40	26-60
25	90-100
16	98-100

Sumber :Dodik Teguh, 2013

Untuk bantalan kayu dan beton digunakan saringan dengan ukuran 50 mm.

2.11.1. Tegangan dan Tebal Balas

Lapisan balas terdiri atas:

a) Lapisan Balas Atas

Lapisan balas atas terdiri dari batu pecah yang keras bersudut sudut tajam (“angular”) dengan salah satu ukurannya antara 2-6 cm. Lapisan ini harus dapat meneruskan air dengan baik. Tebal balas atas dirumuskan dengan,

- Menurut Teguh (2013)

$$Db = \frac{S-W}{2} \quad (2. 26)$$

Dimana:

Db = tebal balas minimum

S = jarak antar bantalan

W = lebar bantalan

- *British regulation*

Menurut british regulation tebal balasdapat diperoleh dari Tabel 2.8,

Tabel 2. 8 Tebal Balas

Line speed (km/h)	Yearly line tonnage (million tons)	Ballast thickness (m)
160-200	All	0,38
120-160	> 12 million	0,38
120-160	2-12 million	0,3
120-160	< 2 million	0,23
80-120	> 12 million	0,3
80-20	< 12 million	0,23
<80	> 2 million	0,23
<80	< 2 million (concrete sleepers)	0,2
<80	< 2 million (timber sleepers)	0,15

Sumber :Dodik Teguh, 2013

Untuk kecepatan rencana 160 km/jam maka diperoleh tebal balas minimum adalah 0,38 m = 38 cm.

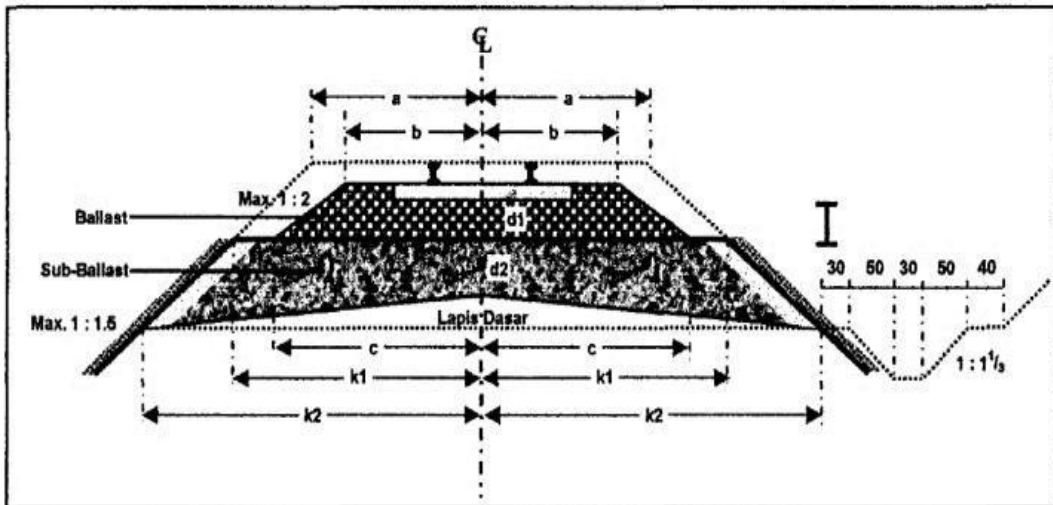
b) Lapisan Balas Bawah

Lapisan balas bawah terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi persyaratan. Lapisan ini berfungsi

sebagai lapisan penyaring (*filter*) antara tanah dasar dan lapisan balas atas serta harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum balas bawah adalah 15 cm.

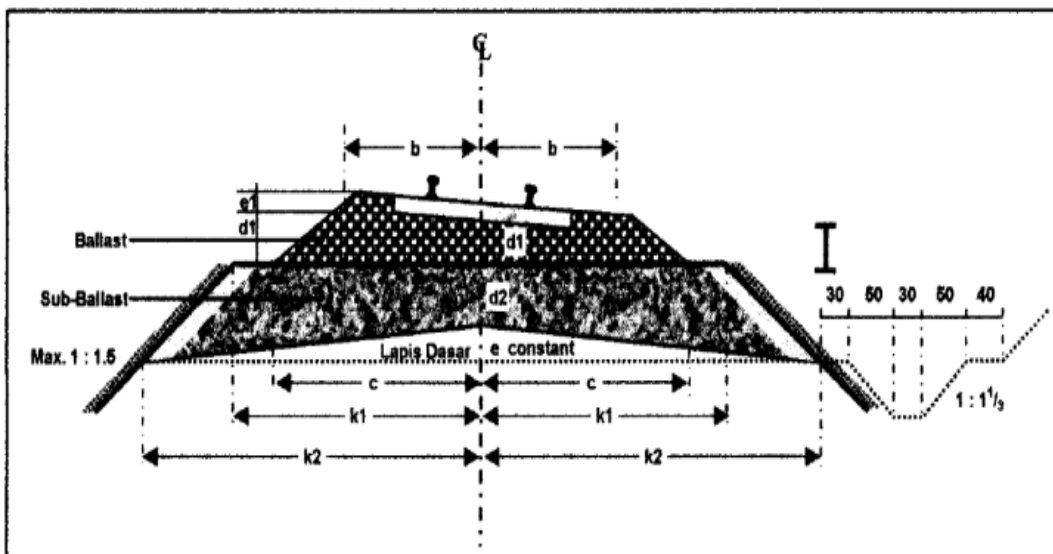
2.12. Struktur Badan Jalan Rel

Badan jalan rel harus mampu memikul beban kereta api dan stabil terhadap bahaya longsor. Sehingga telah disepakati standar spesifikasi badan jalan rel .



Gambar 2. 13 : Penampang Melintang Jalan Rel pada BagianLurus

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012



Tabel 2.9. Penampang Melintang Jalan Rel

Kelas Jalan	Vmaks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	C (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	E (cm)	k2 (cm)
I	120	30	150	235	265	15-50	25	375
II	110	30	150	235	265	15-50	25	375
III	100	30	140	225	240	15-50	22	325
IV	90	25	140	215	240	15-35	20	300
V	80	25	135	210	240	15-35	20	300

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012

2.13. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Untuk menentukan besarnya biaya yang diperlukan terlebih dahulu harus diketahui volume dari pekerjaan yang direncanakan. Pada umumnya pembuat jalan tidak lepas dari masalah galian maupun timbunan. Besarnya galian dan timbunan yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar *long profile*. Sedangkan volume galian dapat dilihat melalui gambar *Cross Section*. Selain mencari volume galian dan timbunan juga diperlukan untuk mencari volume dari pekerjaan lainnya yaitu:

2.13.1. Volume Pekerjaan

1. Pekerjaan Persiapan
 - Peninjauan lokasi
 - Pengukuran dan pemasangan patok
 - Pembersihan lokasi dan persiapan alat dan bahan untuk pekerjaan
 - Pembuatan bouwplank
2. Pekerjaan Tanah
 - Galian tanah
 - Timbunan tanah
3. Pekerjaan Struktur Jalan Rel
 - Pekerjaan rel
 - Pekerjaan bantalan

- Pekerjaan balas
 - Pemasangan penambat
4. Pekerjaan Drainase
 - Galian saluran
 - Pembuatan talud
 5. Pekerjaan Pelengkap
 - Pemasangan rambu-rambu
 - Pengecatan marka jalan
 - Penerangan

2.13.2. Analisa Harga Satuan

Harga satuan pokok pekerjaan adalah harga untuk setiap pekerjaan yang terdiri dari beberapa komponen dengan nilai koefisien yang berdasarkan perhitungan Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan Tahun 2014 dengan penentuan besaran nilai koefisien disesuaikan dengan metode pelaksanaan yang akan diterapkan.

Standar biaya ini digunakan dalam rangka untuk penyusunan tugas akhir untuk menentukan perkiraan harga bangunan tiap satuan volume, sehingga penentuan koefisien dalam standar biaya ini tidak bersifat mutlak dan tidak menjadi acuan utama dalam pembuatan *Owner Estimate* (OE) karena disusun atas dasar digunakannya sebagai bahan pertimbangan dalam sebuah dokumen penawaran.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai metode yang digunakan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini. Berikut adalah penjelasan mengenai metode pelaksanaan tugas akhir ini.

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi dari Tugas Akhir ini berada di Provinsi Sumatera utara tepatnya dari Binjai sampai dengan Besitang. Lokasi rencana dapat dilihat pada Gambar 3. 1 dan Gambar 3. 2.



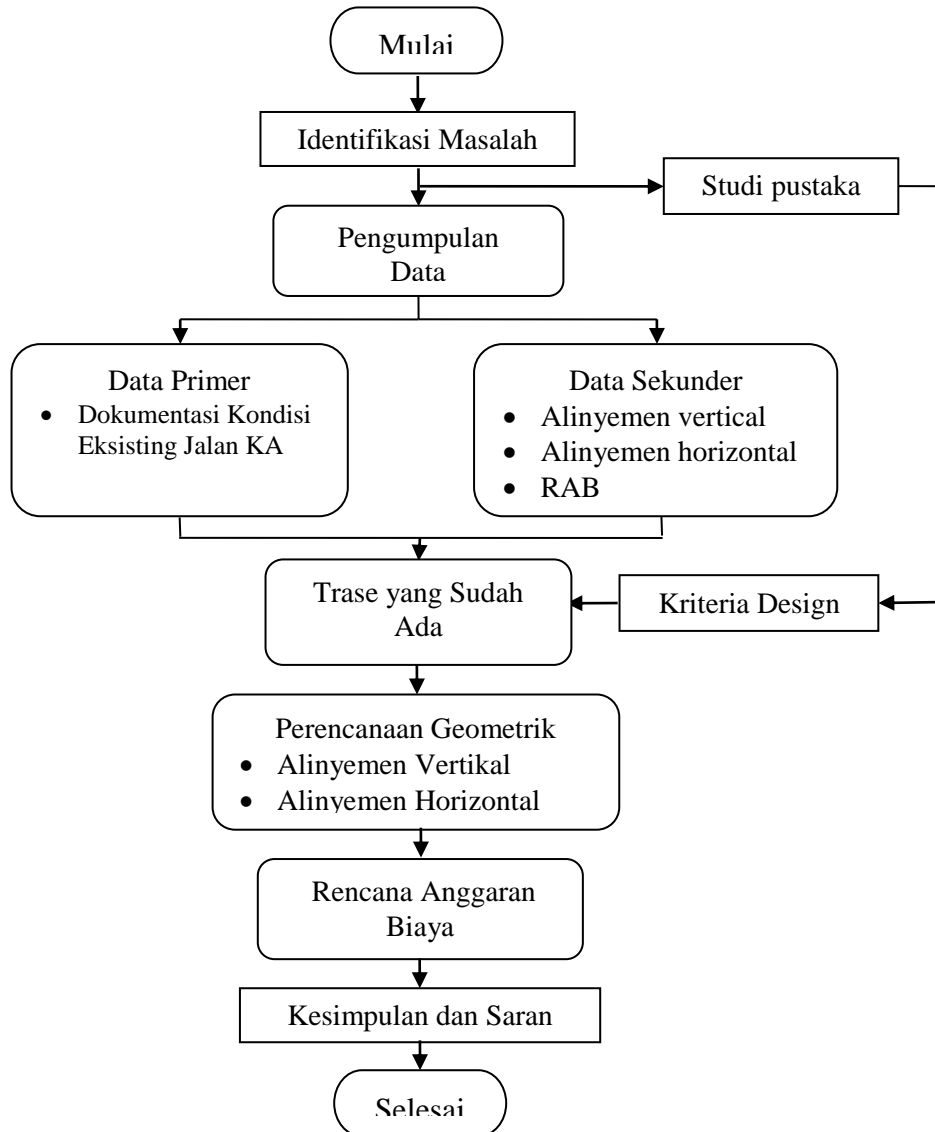
Gambar.3.1 : Rencana Jaringan Kereta Api di Pulau Sumatera Utara tahun 2030



Gambar.3.2 : Penampakan jaringan KA Binjai-Besitang lokasi proyek

3.2. Diagram Alir Metode Penelitian

Diagram alir adalah tata urutan perencanaan dari awal proses sampai akhir. Berikut ini penjelasan mengenai diagram alir penelitian (*flow chart*) penyusunan tugas akhir ini :



Gambar 3.3 : Diagram Alir Metodologi Pekerjaan Tugas Akhir

3.3.Langkah – Langkah Perencanaan

Untuk memperjelas metodologi yang digunakan penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini, penulis mencoba menjelaskan detail pengerjaan tugas akhir ini sebagaimana berikut:

3.3.1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan perumusan masalah yang ada pada kondisi saat ini dan perencanaan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

3.3.2. Studi Pustaka

Dalam mempelajari berbagai sumber informasi mengenai kereta api dibutuhkan beberapa literatur yang dapat menunjang penyelesaian tugas akhir ini. Beberapa sumber tersebut meliputi:

- a. Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 43/2011 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional.
- b. UU No. 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian.
- c. Peraturan Pemerintah No.56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Kereta Api.
- d. Peraturan Menteri No. 11 Tahun 2012 Tentang Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api.
- e. Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
- f. Modul ajar Geometrik Jalan Raya dan Rel Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
- g. Peraturan Menteri Perhubungan No. 78 Tahun 2014 tentang Standar Biaya Tahun 2015 di Lingkungan Kementerian Perhubungan.

Dari studi pustaka ini didapatkan kriteria desain yang nantinya akan digunakan dalam pengolahan data.

3.3.3. Pengumpulan Data

Melakukan pengumpulan data – data yang diperlukan untuk penyusunan Tugas Akhir. Data – data yang dibutuhkan sertakegunaannya pada Tabel 3.1:

Tabel 3. 1 Jenis dan Fungsi Data

Jenis Data	Fungsi data
Jumlah perpindahan orang dari Binjai-Besitang atau sebaliknya.	Penentuan moda kereta api
Kondisi dan ruang bebas trase yang pernah ada.	Dasar evaluasi trase yang pernah ada.
Peta rupa bumi Binjai-Besitang	Mengetahui tata guna lahan guna merencanakan trase yang sudah ada
Peta topografi Binjai-Besitang	Mengetahui tinggi elevasi permukaan tanah sebagai dasar perencanaan geometrik jalan rel.

3.3.4. Analisis Moda yang Digunakan

Moda yang akan digunakan nantinya akan dipilih berdasarkan jumlah perpindahan orang dari Binjai-Besitang atau sebaliknya yang didapat melalui *counting* kendaraan searah pada perbatasan daerah tersebut. Pada perencanaan ini pilihan moda yang digunakan adalah *Heavy Rail* atau *Light Rail Transit*.

3.3.5. Perencanaan Trase

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi dari trase yang pernah ada apakah trase tersebut masih layak untuk di aktifkan atau tidak. Dasar evaluasi adalah survey lapangan untuk mengetahui kondisi trase yang pernah ada kemudian didapat data ruang bebas pada trase tersebut. Jika tidak layak maka di lakukan pemilihan trase yang baru jika masih layak maka akan tetap menggunakan terase lama tersebut.

3.3.6. Perencanaan Geometri Jalan Rel

Perhitungan geometri yang digunakan dalam perencanaan jalan rel ini meliputi :

1. Alinyemen vertikal
2. Alinyemen horisontal

- Lengkung lingkaran
- Lengkung peralihan
- Pelebaran sepur
- Peninggian rel

3.3.7. Struktur Jalan Rel

Dalam perencanaan struktur jalan rel, jenis pekerjaan yang perlu direncanakan antara lain :

1. Profil Rel

Dalam penentuan profil rel merujuk pada kelas jalan rel yang digunakan sesuai dengan PM No. 60 Tahun 2012.

2. Penambat Rel

Penambat rel merupakan suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian sehingga kedudukan rel menjadi kokoh dan kuat. Kedudukan rel dapat bergeser diakibatkan oleh pergerakan dinamis roda kereta yang bergerak di atas rel. Pergerakan dinamis roda dapat mengakibatkan gaya lateral yang besar terhadap rel. Oleh karena itu, kekuatan penambat sangat diperlukan untuk mengurangi secara signifikan gaya lateral ini. (Travis, 2016).

- a) Penyetelan penambat sebaiknya dilakukan secara cepat dan mudah (kemudahan dalam pekerjaan), serta diusahakan dapat dilakukan oleh petugas selain teknisi.
- b) Penambat cukup mampu dan kuat sebagai penggabungan susunan isolasi listrik dan mudah diganti bila terjadi kerusakan.
- c) Penambat mempunyai alas karet yang dapat mencegah rangkai rel, meredam tegangan vertikal yang bekerja ke bawah dan melindungi permukaan bantalan serta mempunyai tahanan daya tahan listrik yang cukup untuk pemisahan rel dari bantalan. Alas karet baik yang dibuat dari karet alam dan karet sintesis harus beralur dengan motif alur lurus maupun bergelombang, dengan nilai modulus elastisitas karet berkisar antara 110 hingga 140 kg/cm².

3. Sambungan Rel

Dalam perencanaan sambungan rel, hal yang perlu diperhatikan ialah pemilihan jenis sambungan, penempatan posisi sambungan serta perhitungan baut penyambungannya.

4. Bantalan

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan bantalan rel, meliputi pemilihan type bantalan yang digunakan, perhitungan momen yang bekerja dibandingkan dengan kemampuan bahan serta penentuan jarak antar bantalan. Bantalan merupakan landasan tempat rel bertumpu dan diikat dengan penambat rel oleh karena itu harus cukup kuat untuk menahan beban dari kereta api yang berjalan diatas rel (Muhtarom & Ratih, 2021). Bahan yang banyak digunakan pada bantalan adalah kayu, baja dan beton bertulang. Pemilihan bahan material tersebut didasarkan pada kelas yang sesuai pada klasifikasi jalan rel di Indonesia. Adapun fungsi dari bantalan yaitu diantaranya :

- a. Meneruskan beban dari rel ke balas, menahan beban lebar sepur dan stabilitas ke arah luar jalan rel.
- b. Menjamin kokohnya kedudukan sepur di dalam *balas*.
- c. Menjamin kedudukan yang tetap bagi rel-rel, sehingga lebar sepur tetap.
- d. Menahan beberapa gaya lateral
- e. Memberikan kemudahan pada saat penggantian *rail fastening* (tirpon).

Persyaratan-persyaratan bantalan yang baik adalah :

- a. Harus dapat memelihara lebar sepur (*gauge*) dengan sebaik-baiknya,
- b. Harus menyediakan area perletakan yang cukup untuk rel-rel
- c. Mempunyai berat yang cukup untuk kestabilan,
- d. Kontak area antara balas dan bantalan–bantalan harus cukup memadai,
- e. tidak mudah tercabut dari posisinya,
- f. bantalan harus mempunyai kekuatan yang cukup memadai untuk menahan beban atau tekanan-tekanan yang berat,
- g. bantalan-bantalan yang dipakai harus ekonomis.

5. Balas

Perencanaan balas harus direncanakan bentuk dan ukurannya sesuai dengan persyaratan, perhitungan tebal lapisan serta pemilihan jenis material yang digunakan harus sesuai dengan persyaratan. Lapisan balas merupakan lapisan di atas tanah dasar yang berfungsi untuk menahan konstruksi bantalan sekaligus mampu meneruskan beban dari bantalan menuju ke tanah dasar dengan pola distribusi beban yang lebih merata. Ukuran lapisan balas yang digunakan di Indonesia, mengacu pada klasifikasi Jalan Rel Indonesia, ditetapkan untuk lebar sepur sempit dan standar sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 3.2.

Kelas Jalan	V maks (km/jam)	Tebal Balas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
I	120	30	50
II	110	30	50
III	100	30	40
IV	90	30	40
V	80	25	35

Tabel 3.2. Spesifikasi Spesifikasi Tebal Balas Dari Klasifikasi Jalan Rel Indonesia Untuk Sepur Sempit

➤ **Persyaratan material untuk lapisan balas**

Beberapa persyaratan teknis harus dipenuhi oleh material yang akan digunakan untuk lapisan balas. Peraturan Dinas No. 10 oleh (PT. Kereta Api Indonesia Persero 1986) mensyaratkan bahwa material balas sebagai berikut :

1. Material balas terdiri atas batuan pecah (crushed stones) yang keras dan tahan lama, serta bersudut (angular).
2. Beberapa substansi yang merugikan tidak diperbolehkan ada dalam material balas yang melebihi jumlah tertentu, diantaranya :
 - a. Material lunak dan mudah pecah harus < 3 %,
 - b. Material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) < 1 %,
 - c. Gumpalan - gumpalan lempung < 0,5 %.
3. Nilai keausan material pada pengujian Abrasi Mesin Los Angeles < 40 %.

4. Berat padat material per meter minimal 1400 kg.
5. Partikel yang tipis dan panjang (=partikel yang mempunyai panjang sama atau lebih dari lima kali ketebalan rata-rata), diharuskan kurang dari 5 %.

3.3.8. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dalam penyusunan rencana anggaran biaya pelaksanaan pembangunan digunakan langkah-langkah sebagaimana berikut :

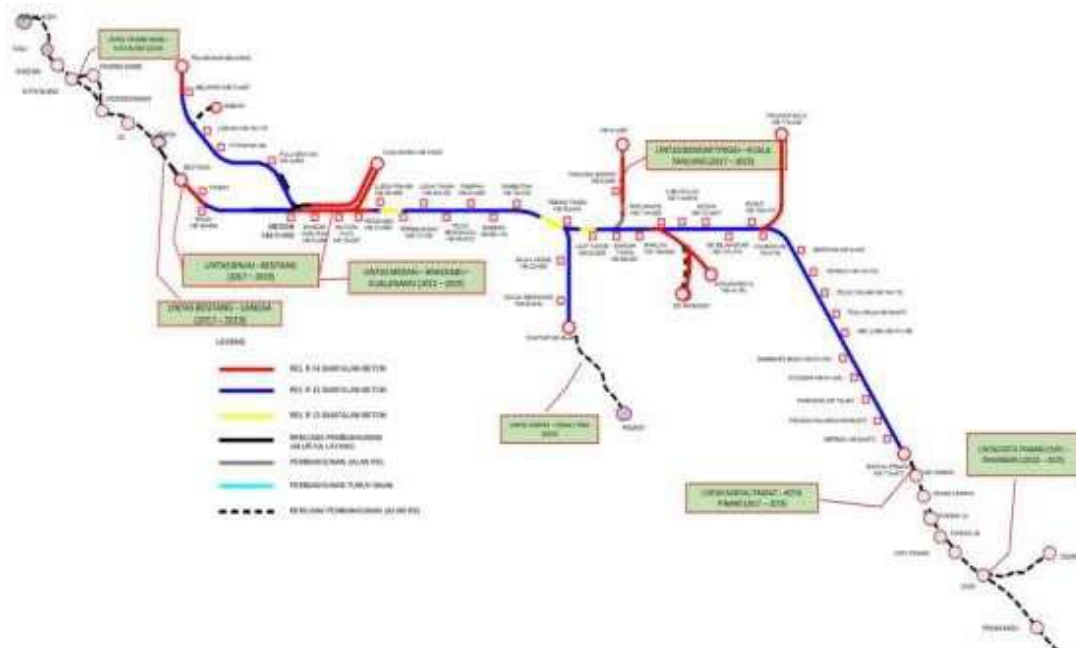
1. Perincian jenis pekerjaan (*work breakdownstructure*).
2. Perhitungan volume pekerjaan.
2. Rekapitulasi rencana anggran biaya.

BAB IV ANALISA DATA

4.1. Gambaran Umum Proyek

Berdasarkan PM Nomor 63 Tahun 2014 Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Medan merupakan unit Pelaksana Teknis dibawah naungan Kementerian Perhubungan dan bertanggung jawab kepada Direktorat Jenderal Perkeretaapian. Balai Teknik Perkeretaapian mempunyai tugas melaksanakan peningkatan dan pengawasan prasarana, serta pengawasan penyelenggara sarana, lalu lintas, angkutan, dan keselamatan perkeretaapian. Wilayah kerja Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Medan meliputi:

1. Aceh (Lhokseumawe – Bireuen dan Besitang – Langsa)
2. Sumatera Utara I (Medan – Belawan – Binjai – Besitang)
3. Sumatera Utara II (Medan – Binjai)
4. Sumatera Utara III (Bandar Tinggi – Kuala Tanjung, Kisaran – Mambang Muda, Rantau Prapat – Kota Pinang)



Gambar 4. 1 Wilayah Kerja BTP Kelas 1 Medan

Wilayah kerja yang dimaksud memiliki satuan kerja masing – masing yang akan melaksanakan peningkatan serta menyelenggarakan pekerjaan di wilayah tersebut. Terkhusus wilayah kajian ini yaitu lintas Binjai – Besitang lintas jalur kereta api dibawah cakupan Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Medan yakni sepanjang 80 km. Merupakan wilayah kerja dari Satuan Kerja Sumatera Wilayah I, masih menggunakan jalur tunggal dan sistem persinyalan yang digunakan yaitu elektrik pada Stasiun Kisaran dan mekanik pada Stasiun Binjai sampai Stasiun Besitang. Pada Lintas Binjai - Besitang Terdapat 8 Stasiun yang melewati 1 Kabupaten. Jalur kereta api antara Binjai – Besitang ini sudah ada sejak lama dan perlu dilakukan peningkatan untuk menyesuaikan kebutuhan masyarakat. Setelah melalui proses kajian, maka didapatkan bahwasanya penting untuk melakukan peningkatan jalur kereta api dengan menaikkan kelas jalan kereta api pada wilayah ini.

4.2. Perencanaan Geometrik Jalan Rel

Geometrik jalan rel adalah suatu bentuk dan dimensi jalan rel pada arah melebar yang diantaranya lebar sepur, kelandaian, alinyemen horizontal, alinyemen vertikal, peninggian rel dan pelebaran sepur (Utomo, 2006). Mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012, persyaratan teknis jalur kereta api dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Kecepatan rencana dan beban gandar

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel. Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar untuk semua kelas jalur maksimum sebesar 18 ton untuk lebar jalan rel 1067 mm.

2. Lebar jalan rel

Lebar jalan rel adalah jarak minimum antara kedua sisi kepala rel yang diukur pada 0 – 14 mm dibawah permukaan paling atas rel. Pada umumnya penggunaan lebar jalan rel di Indonesia khususnya di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera memakai

lebar jalan rel tipe sepur sempit dengan jarak minimum kedua sisi kepala rel 1067 mm.

. Standar Jalan Rel

a. Perhitungan daya angkut lintas yang dipakai oleh PT. Kereta Api Indonesia (Persero).

Rumusnya :

$$T = 360 \times S \times TE \tag{2.27}$$

$$T = T_p + (K_b \times T_b) + K_1 \times T_1 \tag{2.28}$$

Keterangan :

- T = kapasitas angkut lintas (ton/tahun),
- S = 1,1 untuk kecepatan maksimum 120 km/jam
- S = 1,0 untuk lintas tanpa kereta penumpang,
- TE = tonase ekuivalen (ton/hari),
- T_p = tonase penumpang dan kereta harian,
- T_b = tonase barang dan gerbong harian,
- T₁ = tonase lokomotif harian,
- K_b = 1,5 untuk beban gandar < 18 ton,
- K_b = 1,3 untuk beban gandar > 18 ton,
- K₁ = 1,4.

b. Klasifikasi Dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 disebutkan standar klasifikasi jalan rel berdasarkan elemen-elemen perencanaan di atas.

4. Lengkung Horizontal Dua bagian lurus yang perpanjangannya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkunglengkung peralihan. Besar radius minimum yang diijinkan ditampilkan pada Tabel4.1.

Tabel 4.1. Radius Minimum Diiijinkan

V _r (km/jam)	R Tanpa Peralihan (m)	R Dengan Peralihan (m)
120	2370	780
110	1330	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

Sumber : Kementerian Perhubungan Republik Indonesia (2012)

Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan.

Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus berikut :

$$L_h = 0,01 \cdot h \cdot V \quad (2.29)$$

Keterangan :

L_h = panjang minimum lengkung peralihan (m),

h = peninggian rel pada lengkung lingkaran (mm),

V = kecepatan rencana (km/jam).

Jari-jari minimum lengkung horizontal tanpa peralihan peralihan dapat digunakan

Persamaan berikut :

$$R = 0,0164 \cdot V^2 \quad (2.30)$$

Keterangan :

R = jari-jari minimum (m) dan

V = kecepatan rencana (km/jam)

5. Lengkung Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel. jari-jari minimum lengkung vertikal dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Jari-Jari Lengkung Vertikal

V_r (km/jam)	R Lengkung Vertikal(m)
> 100	8000
≤ 100	6000

Sumber : Kementerian Perhubungan Republik Indonesia (2012)

6. Percepatan Sentrifugal

Percepatan sentrifugal adalah fungsi dari kecepatan dan jari-jari lengkung. Percepatan sentrifugal perlu dibatasi dengan Persamaan berikut :

$$a_{maksimum} = 0,0478 \cdot g \quad (2.31)$$

Keterangan :

g = percepatan gravitasi (9,81m/s²)

7. Peninggian Jalan Rel

Pada lengkung elevasi rel luar dibuat lebih tinggi daripada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal. menentukan nilai peninggian normal digunakan Persamaan berikut :

$$H_{\text{normal}} = 5,95 V^2 R \quad (2.32)$$

Keterangan :

V = kecepatan rencana (km/jam)

R = jari-jari lengkung horisontal (m)

8. Penentuan Jenis Rel

Penentuan jenis rel dapat ditentukan kelas jalan sesuai dengan kecepatan rencana sebesar 100 km/jam maka kelas jalan tersebut adalah Kelas III dan direncanakan menggunakan rel type R 54, dengan kecepatan 100 km/jam, Tekanan gandar 18 Ton. Kontrol tegangan yang terjadi pada komponen jalan rel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan TALBOT.

$$P_s = 0,5 \times 18 \text{ ton} = 9 \text{ ton}$$

$$I_p = 1 + 0,01 \frac{V}{1,609-5}$$

$$= 1 + 0,01 \frac{100}{1,609-5}$$

$$= 1,57$$

$$P_d = P_s \times I_p$$

$$= 9 \times 1,57$$

$$= 14,14 \text{ ton}$$

$$\gamma = \sqrt[4]{\frac{k}{4 \cdot EI}}$$

$$\gamma = \sqrt[4]{\frac{180}{4,2,1 \times 10^6 \times 2346}}$$

$$= 0,00977 \text{ cm}^{-4}$$

dimana : k = modulus elastisitas jalan rel (180 kg/cm²)

E = modulus elastisitas rel (2,1x10⁶ kg/cm²)

I = momen inersia terhadap sumbu x

$$M_o = \frac{pd}{4\gamma}$$

$$= \frac{14,14}{4 \times 0,00977}$$

$$= 361,686 \text{ kgcm}$$

$$\sigma = \frac{M1y}{1x}$$

$$= \frac{0,85 \times 361,686 \times 7,620}{2346}$$

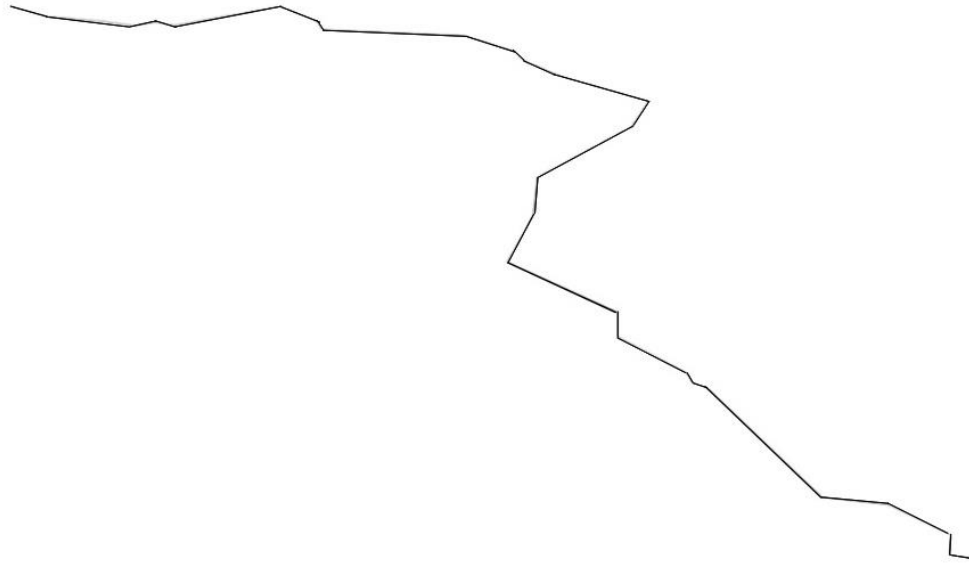
$$= 998,57 \text{ kg / cm}^2$$

Tegangan ijin kelas jalan III menurut Standat Jalan Rel Indonesia = 1097 kg / cm²

998,57 kg / cm² < 1097 kg / cm².....OK

4.2.1. Alinyemen Horizontal

Perencanaan alinyemen horizontal dimulai dari penentuan titik *stationing* (STA) 0+000 dilanjutkan dengan penentuan titik perpotongan lengkung horizontal (PI). Posisi STA 0+000 dan titik PI pada trase kereta Binjai - Besitang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Lokasi Titik STA 0+000 dan Titik PI

Untuk melanjutkan perhitungan lengkung horizontal, perlu diketahui koordinat masing - masing titik PI. Koordinat masing - masing titik PI dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Koordinat UTM titik PI

No.	Titik	Y (Northing)	X (Easting)	Delta Angle	Radius
1	STA 0+000	03363496	98295334	44.4261	600 m
2	PI1	03363806	98294539	44.4021	600 m
3	PI2	03372545	98295358	44.4274	600 m
4	PI3	03390338	98285045	44.2328	600 m
5	PI4	03395302	98273106	43.9880	600 m
6	PI5	03441685	98243139	43.4343	600 m
7	PI6	03443397	98241164	43.3734	600 m
8	PI7	03445674	98235935	43.3356	600 m

Lanjutan Tabel 4.2

9	PI8	03462610	98222062	43.0312	600 m
10	PI9	03472498	98221803	43.0234	600 m
11	PI10	03494002	98194737	42.5590	600 m
12	PI11	03510741	98210712	42.8052	600 m
13	PI12	03522821	98215179	42.9431	600 m
14	PI13	03534108	98244202	43.4683	600 m
15	PI14	03543340	98252029	43.5864	600 m
16	PI15	03555607	98232198	43.2217	600 m
17	PI16	03564303	98223617	43.0806	600 m
18	PI17	03570714	98222704	43.0525	600 m
19	PI18	03581096	98213348	42.8875	600 m
20	PI19	04000705	98183382	42.3406	600 m
21	PI20	04002363	98183059	42.3239	600 m
22	PI21	04010510	98173989	42.1676	600 m
23	PI22	04002209	98150247	41.6820	600 m
24	PI23	04003604	98143755	41.6052	600 m
25	PI24	04003113	98140685	41.5105	600 m
26	PI25	04005927	98132838	41.3920	600 m
27	PI26	04012180	98120362	41.1307	600 m
Akhir	PI	04015531	98111845	-	-

4.2.2. Alinyemen Vertikal

Data alinyemen vertikal dapat dilihat pada table 4.4.

Tabel 4.4. Tabulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In (g _i)	GradeOut (g _o)	Profile Curve Type	Profile Curve Length (L)	Radius(R)
1	0+000.00m	3.180m		1.05%			
2	0+097.71m	4.209m	1.05%	-0.75%	Crest	108.353m	6000m

3	0+248.22m	3.077m	-0.75%	1.29%	Sag	122.499m	6000m
4	0+397.38m	5.000m	1.29%	-0.92%	Crest	132.686m	6000m
5	0+539.79m	3.687m	-0.92%	0.54%	Sag	87.565m	6000m
6	0+765.34m	4.898m	0.54%	-1.62%	Crest	129.368m	6000m
7	0+979.56m	1.429m	-1.62%	1.89%	Sag	210.419m	6000m
8	1+146.85m	4.588m	1.89%	0.66%	Crest	73.447m	6000m
9	1+472.34m	6.749m	0.66%	-2.05%	Crest	163.047m	6000m
10	1+679.32m	2.499m	-2.05%	-0.02%	Sag	121.720m	6000m
11	3+682.89m	2.000m	-0.02%	1.61%	Sag	98.168m	6000m
12	3+845.34m	4.618m	1.61%	-1.52%	Crest	188.120m	6000m
13	4+018.07m	1.985m	-1.52%	0.00%	Sag	91.682m	6000m
14	4+401.82m	2.000m	0.00%	1.25%	Sag	74.927m	6000m
15	4+926.00m	4.241m	1.25%	-0.53%	Crest	107.046m	6000m
16	4+751.82m	3.332m	-0.53%	1.31%	Sag	110.394m	6000m
17	4+932.91m	5.702m	1.31%	-1.95%	Crest	195.785m	6000m
18	5+122.25m	2.000m	-1.95%	0.00%	Sag	117.274m	6000m
19	6+575.77m	2.000m	0.00%	1.37%	Sag	82.070m	6000m
20	6+721.97m	4.000m	1.37%	-1.30%	Crest	160.088m	6000m
21	6+926.00m	2.000m	-1.30%	0.00%	Sag	78.019m	6000m

22	10+799.95m	2.000m	0.00%	1.35%	Sag	81.106m	6000m
23	10+940.32m	3.898m	1.35%	-1.29%	Crest	158.714m	6000m
24	11+085.08m	2.025m	-1.29%	0.00%	Sag	77.608m	6000m
25	14+926.00m	2.025m	0.00%	0.93%	Sag	55.826m	6000m
26	15+602.50m	3.746m	0.93%	-0.54%	Crest	88.130m	6000m
27	15+772.17m	2.833m	-0.54%	-0.95%	Crest	24.587m	6000m
28	15+859.98m	2.000m	-0.95%	0.00%	Sag	56.890m	6000m
29	16+525.77m	2.000m	0.00%	1.09%	Sag	65.389m	6000m
30	16+427.00m	3.256m	1.09%	-1.04%	Crest	127.791m	6000m
31	16+761.75m	2.000m	-1.04%	0.01%	Sag	62.792m	6000m
32	17+139.68m	2.025m	0.01%	1.28%	Sag	76.615m	6000m
33	17+290.04m	3.954m	1.28%	-1.37%	Crest	159.248m	6000m
34	17+432.61m	2.000m	-1.37%	0.00%	Sag	82.243m	6000m
35	17+778.44m	2.000m	0.00%	0.48%	Sag	28.723m	6000m
36	17+987.32m	3.000m	0.48%	-1.01%	Crest	89.606m	6000m
37	18+085.87m	2.000m	-1.01%	0.00%	Sag	60.883m	6000m
38	18+625.77m	2.000m	0.00%	1.51%	Sag	90.653m	6000m
39	18+771.85m	4.207m	1.51%	-1.14%	Crest	159.277m	6000m
40	18+950.77m	2.161m	-1.14%	0.63%	Sag	106.468m	6000m
41	19+233.84m	3.946m	0.63%	0.09%	Crest	32.520m	6000m
42	19+361.01m	4.059m	0.09%	-0.96%	Crest	62.759m	6000m

43	19+452.73m	3.181m	-0.96%	0.29%	Sag	74.718m	6000m
44	19+559.41m	3.489m	0.29%	-0.81%	Crest	65.820m	6000m
45	20+464.00m	2.117m	-0.81%	-0.12%	Sag	41.470m	6000m
46	20+828.05m	2.000m	-0.12%	1.27%	Sag	83.477m	6000m
47	21+964.45m	3.737m	1.27%	-0.98%	Crest	135.236m	6000m
48	22+083.34m	2.572m	-0.98%	-0.01%	Sag	58.084m	6000m
49	22+267.72m	2.549m	-0.01%	0.56%	Sag	34.181m	6000m
50	23+472.00m	3.041m	0.56%	1.43%	Sag	52.455m	6000m
51	24+468.20m	4.647m	1.43%	-0.68%	Crest	126.585m	6000m
52	26+603.44m	3.730m	-0.68%	-0.15%	Sag	31.955m	6000m
53	28+720.17m	3.560m	-0.15%	1.08%	Sag	73.449m	6000m
54	31+008.05m	6.665m	1.08%	-1.47%	Crest	153.121m	6000m
55	33+164.74m	4.356m	-1.47%	0.75%	Sag	133.209m	6000m
56	36+370.22m	5.891m	0.75%	-1.66%	Crest	144.307m	6000m
57	38+539.71m	3.079m	-1.66%	0.71%	Sag	142.033m	6000m
58	41+681.72m	4.086m	0.71%	-0.59%	Crest	78.072m	6000m
59	43+782.01m	3.492m	-0.59%	0.78%	Sag	82.098m	6000m
60	46+464.00m	5.089m	0.78%	0.03%	Crest	44.828m	6000m
61	47+088.30m	5.118m	0.03%	-1.58%	Crest	96.290m	6000m
62	47+228.44m	2.909m	-1.58%	-0.41%	Sag	69.783m	6000m
63	47+317.65m	2.541m	-0.41%	0.64%	Sag	63.340m	6000m

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In(g)	GradeOut (g _o)	Profile Curve Type	ProfileCurve Length (L)	Radius(R)
64	47+402.34m	3.085m	0.64%	0.95%	Sag	18.583m	6000m
65	47+498.42m	4.000m	0.95%	0.00%	Crest	57.142m	6000m
66	48+580.90m	4.000m	0.00%	0.90%	Sag	53.975m	6000m
67	48+687.03m	4.955m	0.90%	-0.49%	Crest	83.429m	6000m
68	48+793.84m	4.430m	-0.49%	0.50%	Sag	59.167m	6000m
69	49+908.85m	5.000m	0.50%	-1.49%	Crest	119.275m	6000m
70	50+013.40m	3.439m	-1.49%	-0.71%	Sag	47.261m	6000m
71	51+182.03m	2.250m	-0.71%	0.38%	Sag	65.152m	6000m
72	52+269.03m	2.581m	0.38%	-0.56%	Crest	56.735m	6000m
73	53+371.92m	2.000m	-0.56%	1.11%	Sag	100.663m	6000m
74	54+487.74m	3.289m	1.11%	-0.25%	Crest	81.493m	6000m
75	55+674.00m	3.000m	-0.25%	1.08%	Sag	79.677m	6000m
76	56+710.70m	4.139m	1.08%	0.05%	Crest	62.219m	6000m
77	56+799.99m	4.179m	0.05%	1.11%	Sag	63.578m	6000m
78	56+929.65m	5.613m	1.11%	-1.10%	Crest	132.478m	6000m
79	57+054.28m	4.238m	-1.10%	-0.04%	Sag	63.681m	6000m
80	57+163.86m	4.193m	-0.04%	-1.48%	Crest	86.199m	6000m
81	57+312.19m	2.000m	-1.48%	0.93%	Sag	144.257m	6000m
82	58+546.39m	4.169m	0.93%	-0.16%	Crest	65.148m	6000m
83	58+738.93m	3.862m	-0.16%	0.88%	Sag	62.302m	6000m
84	58+859.73m	4.924m	0.88%	-1.15%	Crest	121.913m	6000m

85	58+995.31m	3.360m	-1.15%	0.52%	Sag	100.384m	6000m
86	59+108.40m	3.948m	0.52%	-0.93%	Crest	87.129m	6000m
87	59+200.85m	3.087m	-0.93%	-0.03%	Sag	54.259m	6000m
88	60+329.19m	3.051m	-0.03%	0.90%	Sag	55.623m	6000m
89	60+455.94m	4.191m	0.90%	-0.57%	Crest	88.159m	6000m
90	61+626.72m	3.217m	-0.57%	1.47%	Sag	122.115m	6000m
91	61+782.58m	5.501m	1.47%	-0.23%	Crest	101.495m	6000m
92	61+889.61m	5.258m	-0.23%	0.50%	Sag	43.591m	6000m
93	62+037.95m	6.000m	0.50%	-1.29%	Crest	107.251m	6000m
94	62+175.94m	4.223m	-1.29%	0.01%	Sag	77.566m	6000m
95	63+392.15m	4.235m	0.01%	0.70%	Sag	41.878m	6000m
96	63+500.33m	4.996m	0.70%	-0.57%	Crest	76.592m	6000m
97	64+609.42m	4.370m	-0.57%	0.73%	Sag	78.277m	6000m
98	64+721.73m	5.192m	0.73%	-1.02%	Crest	105.042m	6000m
99	65+863.25m	3.749m	-1.02%	0.94%	Sag	117.632m	6000m
100	65+915.00 m 00+000.00 m	4.898m	0.94%	-0.20%	Crest	68.732m	6000m
101	0+153.44m	4.554m	-0.20%	0.46%	Sag	39.757m	6000m
102	0+250.77m	5.000m	0.46%	0.93%	Sag	28.079m	6000m
103	1+357.80m	5.991m	0.93%	-0.43%	Crest	81.190m	6000m
104	1+450.77m	5.595m	-0.43%	0.39%	Sag	49.164m	6000m
105	3+553.44m	5.998m	0.39%	-1.53%	Crest	115.260m	6000m
106	3+677.73m	4.097m	-1.53%	-0.08%	Sag	86.653m	6000m
107	5+793.44m	4.000m	-0.08%	-0.72%	Crest	38.342m	6000m
108	5+924.40m	3.053m	-0.72%	1.68%	Sag	144.435m	6000m
109	6+099.39m	6.000m	1.68%	-0.38%	Crest	123.543m	6000m
110	6+208.71m	5.590m	-0.38%	0.54%	Sag	54.922m	6000m
111	11+316.83m	6.174m	0.54%	-1.38%	Crest	115.435m	6000m
112	11+473.94m	4.000m	-1.38%	1.24%	Sag	157.649m	6000m
113	14+990.00m	5.756m	1.24%	0.26%	Crest	59.137m	6000m
114	14+998.00m	5.876m	0.26%				6000m

Contoh perhitungan manual :

- Panjang Lengkung (L)

Secara acak diambil sempel sudut titik nomor 105 yang akan dikontrol.

Rumus mencari profile curva lenght

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \text{ OA} = 2X_m \\
 &= 2 (R/2) (g_o - g_i) \\
 &= 2 (6000/2) (-1,53\% - 0,39\%) \\
 &= 115,26 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.3. Rencana Anggaran Biaya

Dalam tugas akhir ini perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi hanya dibatasi pada perencanaan biaya struktur dan pelaksanaan proyek. Rencana anggaran biaya tidak mencakup perhitungan biaya operasional dan produktivitas pekerja. Beberapa hal yang akan dibahas dalam perhitungan rencana anggaran biaya meliputi;

1. Rincian jenis pekerjaan (*Work breakdown structure*)
2. Analisa harga satuan pekerjaan konstruksi
3. Rekapitulasi rencana anggaran biaya.

daftar harga satuan dan rincian jenis pekerjaan didasari oleh PM No. 78 Tahun 2014 Tentang Standar Biaya Di Lingkungan Kementerian Perhubungan. Untuk penjelasan lebih lanjut mengenai pekerjaan jalur kereta api akan dibahas sebagaimana dibawah ini.

4.3.1. Rincian Volume Pekerjaan

Perkiraan biaya pembangunan prasarana jalan rel akan menjadi dasar perhitungan dalam pekerjaan track. Penjelasan secara detail pekerjaan track akan dijabarkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Volume Pekerjaan Pembangunan Jalur Kereta Api Lintas Binjai - Besitang.

No	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan
A	Pengadaan Bahan		
1	Volume balas pecah	40653.93	m ³
2	Volume sub balas	46987.32	m ³
3	Volume bantalan beton dan penambat	46073	Set
4	Volume rel R54	27643.5	m ¹
B	Pekerjaan Persiapan		
1	Pembebasan lahan	331722	m ²

No	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan
2	Pembersihan lahan (25%)	82931	m ²
3	Membuat direksi keet	126	m ²
4	Perlengkapan dan penerangan direksi keet	7	Ls
5	Membuat alat semboyan	277	Unit
6	Pengukuran dan pasang patok	55300	m'sp
7	Bongkar direksi keet dan gudang kerja	126	m ²
C	Pekerjaan Balas dan Rel		
1	Pengadaan dan menggelar subbalas	39541.61	m ³
2	Angkat listring dengan MTT, didahului HTT >60 km/jam	27643.5	M
3	Galian	90969.68	m ³
4	Timbunan	167649.45	m ³
5	Angkutan termasuk muat bongkarrel R 54	27643.5	m'
6	Pemasangan bantalan beton lengkap degan alat penambat elastic	46073	Set
7	Menyetel dan pemasangan rel R 54	27643.5	m'
8	Mengelas rel	2765	Titik
9	Pasang dan stel wesel R 54	17	Unit
10	Pembuatan saluran pembuangan	15950	M

4.3.2. Analisa Pekerjaan Proyek

Dalam menganalisa tiap-tiap pekerjaan pembangunan jalur kereta api lintas Binjai - Besitang ini PM No. 78 Tahun 2014 Tentang Standar Biaya Di Lingkungan Kementerian Perhubungan. Dalam perhitungan analisa pekerjaan ini akan diketahui biaya dari tiap – tiap pekerjaan. Untuk mengetahui lebih rinci mengenai perhitungan analisa pekerjaan proyek ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.6. Rencana Anggaran Biaya Kereta Api Lintas Binjai-Besitang

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Pengadaan Bahan				
Balas kricak ukuran 2x6 ecer di lokasi Harga balas batu pecah 2/6 di Quary	1,0000	m ³	Rp 268.250,00	Rp 268.250,00
Ongkos angkut maksimum dari Quary ke Depo balas tempat muat				
Pekerja Mandor	0,3700	OH	Rp 85.000,00	Rp 31.450,00
Ongkos muat ke gerbong dengan orang	0,0300	OH	Rp 130.000,00	Rp 3.900,00
Pekerja Ongkos bongkar dan ecer di lokasi	0,1333	OH	Rp 85.000,00	Rp 11.330,50
Pekerja Mandor	0,1170	OH	Rp 85.000,00	Rp 9.945,00
Biaya administrasi angkutan balas dengan KA	0,0030	OH	Rp 130.000,00	Rp 390,00
	1,0000	m ³	Rp 100.000,00	Rp 100.000,00
Jumlah				Rp 425.265,50
Pekerjaan Persiapan				
Bantalan beton lengkap dengan penambat elastic	1,0000	Set	Rp.820.000,00	Rp. 820.000,00
Jumlah				Rp. 820.000,00
Harga Rel R54 per batang (10m)	1,0000	Batang	Rp. 9.850.000,00	Rp. 9.850.000,00
Jumlah				Rp. 9.850.000,00
Pekerjaan Persiapan				
Pembersihan lahan (25% x L = 4 m' x P)				
Mandor	0,0050	OH	Rp 130.000,00	Rp 650,00
Kepala tukang	0,0500	OH	Rp 115.000,00	Rp 5.750,00
Tukang kayu	0,0500	OH	Rp 95.100,00	Rp 4.755,00
Pekerja	0,0500	OH	Rp 85.000,00	Rp 4.250,00
Jumlah				Rp 15.405,00
Membuat direksi keet	0,0556	m ²	Rp 6.630.707,00	Rp 368.667,00
Perlengkapan dan penereangan direksi keet	1,0000	Ls	Rp 228.000,00	Rp 228.000,00

Lanjutan Tabel 4.6.Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Membuat alat semboyan				
Pekerja	2,0000	OH	Rp 85.000,00	Rp 170.000,00
Bambu dia. 5-7cm	3,0000	Batang	Rp 20.000,00	Rp 60.000,00
Triplek t=4mm	1,0000	Lbr	Rp 90.000,00	Rp 90.000,00
Cat besi	1,0000	Kg	Rp 77.280,00	Rp 77.280,00
Kain bendera	1,5000	m ²	Rp 59.278,00	Rp 88.917,00
Lampu semboyan	2,0000	Buah	Rp 280.000,00	Rp 560.000,00
Jumlah				Rp 1.046.197,00
Pengukuran dan pasang patok (track baru)				
Juru ukur	0,0286	OH	Rp 86.600,00	Rp 2.476,76
Pekerja	0,0286	OH	Rp 85.000,00	Rp 2.431,00
Patok beton	0,2286	Buah	Rp 100.000,00	Rp 22.860,00
Theodolite	0,0571	Jam	Rp 85.942,00	Rp 4.907,29
Alat bantu pengukuran dan stacking out	0,0286	Ls	Rp 25.000,00	Rp 715,00
Pengadaan dan pemasangan patok HM/KM				
Bekisting patokHM/KM	0,4800	m ²	Rp 946.332,89	Rp 454.239,79
Beton K-250	0,0160	m ³	Rp 1.713.135,05	Rp 27.410,16
Jumlah				Rp 576.000,00
Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Angkat listring dengan MTT, didahului HTT >60 km/jam				
s.d kecepatan 20 km/jam dari 5 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 35.500,00	Rp 35.500,00
s.d kecepatan 40 km/jam dari 20 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 64.200,00	Rp 64.200,00
s.d kecepatan 60 km/jam dari 40 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 69.900,00	Rp 69.900,00
> dari kecepatan 60 km/jam dikerjakan dengan alat berat (MTT, PBR, dsb)	1,0000	m'sp	Rp 165.600,00	Rp 165.600,00
Jumlah				Rp 335.200,-00
Galian				
Pekerja	0,0857	OH	Rp 85.000,00	Rp 7.284,50
Mandor	0,0014	OH	Rp 130.000,00	Rp 182,00
Excavator	0,2730	Jam	Rp 450.500,00	Rp 122.986,50
Dump truck 3.5 ton	0,0877	Jam	Rp 160.500,00	Rp 14.075,85
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 15.000,00	Rp 15.000,00
Jumlah				Rp 159.528,85

Lanjutan Tabel 4.6.Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Timbunan				
Pekerja	0,3750	OH	Rp 85.000,00	Rp 31.875,00
Mandor	0,0125	OH	Rp 130.000,00	Rp 1.625,00
Dump truck 3.5 ton	0,2289	Jam	Rp 260.500,00	Rp 59.514,00
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 15.000,00	Rp 15.000,00
Jumlah				Rp 97.014,00
Pemasangan bantalan beton lengkap degan alat penambat elastis termasuk angkut dan Ecer				
Mandor	0,2114	OH	Rp 130.000,00	Rp 27.482,00
Pekerja	0,0043	OH	Rp 85.000,00	Rp 365,50
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 15.000,00	Rp 15.000,00
Jumlah				Rp 42.847,50
Menyetel dan pemasangan rel R 54Pekerja				
Mandor	2,2620	OH	Rp 85.000,00	Rp 192.270,00
	0,0836	OH	Rp 130.000,00	Rp 10.790,00
Jumlah				Rp 203.060,00

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Ongkos angkut dan ecer bantalan beton + Penambat				
Pekerja	0,3700	OH	Rp 85.000,00	Rp 31.450,00
Mandor	0,0300	OH	Rp 130.000,00	Rp 3.900,00
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 15.000,00	Rp 15.000,00
Jumlah				Rp 50.350,00
Angkutan termasuk muat bongkar rel R 54				
Pekerja	0,0550	OH	Rp 85.000,00	Rp 4.675,00
Mandor	0,0260	OH	Rp 130.000,00	Rp 3.380,00
Kawat pral	0,0500	Kg	Rp 40.800,00	Rp 2.040,00
Jumlah				Rp 10.095,00
Mengelas rel dengan las thermit				
Pembantu tukang las	0,7500	OH	Rp 70.000,00	Rp 52.000,00
Pengawa pekerjaan las	0,2500	OH	Rp 90.000,00	Rp 22.500,00
Tukang gerinda	0,5000	OH	Rp 80.000,00	Rp 40.000,00
Tukang las	0,5000	OH	Rp 120.000,00	Rp 60.000,00
Pengetetan dengan ultrasonic	1,0000	Ls	Rp 19.260,00	Rp 19.260,00
Mesin gerinda MP 12 (/hari)	0,2500	Hari	Rp 170.000,00	Rp 42.500,00
Mesin gerinda tangan (/hari)	0,2500	Hari	Rp 80.000,00	Rp 20.000,00

Lanjutan Tabel 4.6.Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Mesin weld sher (manual) (/hari)	0,2500	Hari	Rp 170.500,00	Rp 42.625,00
Bensin	1,5000	Ltr	Rp 6.000,00	Rp 9.000,00
Gas LPG	0,0300	Kg	Rp 8.000,00	Rp 240,00
Oksigen	0,1500	m3	Rp 36.750,00	Rp 5.512,50
Oli SAE 30-40	0,0600	Ltr	Rp 25.000,00	Rp 1.500,00
Tenda plastik 3x4	0,0100	Buah	Rp 235.000,00	Rp 2.350,00
Apron	0,0150	Buah	Rp 140.500,00	Rp 2.107,50
Batu gerinda tangan	0,1500	Buah	Rp 27.500,00	Rp 4.125,00
Blender pemanas	0,0090	Set	Rp 3.267.245,00	Rp 29.405,50
Kikir segi empat uk 1.5"	0,0200	Buah	Rp 30.000,00	Rp 600,00
Kunci baut lasplat	0,0010	Buah	Rp 95.000,00	Rp 95,00
Kunci inggris 12"	0,0020	Buah	Rp 65.000,00	Rp 130,00
Kunci ring/pas	0,0020	Set	Rp 73.000,00	Rp 146,00
Kunci tirepond	0,0010	Buah	Rp 80.000,00	Rp 80,00
Linggis bengkok	0,0060	Buah	Rp 180.000,00	Rp 1.080,00
Mistas pelurus rel 1 m	0,0100	Buah	Rp 360.000,00	Rp 600,00
Pahat ganjal	0,0150	Buah	Rp 88.000,00	Rp 1.320,00
Palu konde 1 kg	0,0100	Buah	Rp 42.000,00	Rp 420,00

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Palu/martil 4 kg	0,0040	Buah	Rp 53.000,00	Rp 212,00
Pandpuller	0,0010	Buah	Rp 127.000,00	Rp 127,00
Regulator elpiji	0,0050	Buah	Rp 440.000,00	Rp 1.760,00
Regulator oksigen	0,0050	Buah	Rp 460.000,00	Rp 1.840,00
Sarung tangan panjang	0,0300	Set	Rp 16.000,00	Rp 480,00
Sarung tangan pendek	0,0300	Set	Rp 8.000,00	Rp 240,00
Sekop	0,1000	Buah	Rp 35.000,00	Rp 3.500,00
Sepatu las	0,0010	Set	Rp 160.000,00	Rp 160,00
Set bahan las	1,0000	Set	Rp 1.365.000,00	Rp 1.365.000,00
Sikat baja	0,0500	Buah	Rp 12.000,00	Rp 600,00
Stop watch	0,0010	Buah	Rp 308.695,00	Rp 308,50
Kacamata las	0,0100	Buah	Rp 39.000,00	Rp 390,00
Kain lap/majun	0,0200	Lbr	Rp 7.000,00	Rp 140,00
Dongkrak alignment beam	0,0050	Bh	Rp 4.500.000,00	Rp 22.500,00
Jumlah				Rp 1.497.994,00

Lanjutan Tabel 4.6.Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Mengelas sambungan rel dengan elektroda di siang hari				
Pekerja	0,2000	OH	Rp 85.000,00	Rp 17.000,00
Pengawas	0,2000	OH	Rp 130.000,00	Rp 26.000,00
Tukang Gerinda	0,4000	OH	Rp 60.500,00	Rp 24.200,00
Tukang las	0,4000	OH	Rp 105.000,00	Rp 42.000,00
Mesin gerinda profil	1,0000	Jam	Rp 35.600,00	Rp 35.600,00
Mein las 40 Amp	1,0000	Jam	Rp 277.210,00	Rp 277.210,00
Acetylin @45kg	0,0700	Tabung	Rp 395.900,00	Rp 27.713,00
Bensin	1,5000	Ltr	Rp 6.000,00	Rp 9.000,00
Oksigen	0,1500	m3	Rp 29.000,00	Rp 4.012,00
Oli SAE 30-40	0,0500	Ltr	Rp 30.000,00	Rp 4.500,00
Solar	7,0000	Ltr	Rp 7.000,00	Rp 70.000,00
Tenda plastik 3x4	0,0100	Buah	Rp 235.000,00	Rp 2.350,00
Batu gerinda profil	0,0200	Buah	Rp 450.000,00	Rp 9.000,00
Batu gerinda tangan	0,3000	Buah	Rp 27.500,00	Rp 8.250,00
Blender pemanas	0,0090	Set	Rp 3.267.245,00	Rp 31.038,83
Kunci baut lasplat	0,0020	Buah	Rp 95.000,00	Rp 190,00
Kunci ring/pas	0,0020	Set	Rp 73.000,00	Rp 146,00

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Kunci tirepond	0,0010	Buah	Rp 75.000,00	Rp 75,00
Linggis bengkok	0,0060	Buah	Rp 180.081,00	Rp 1.080,50
Mistar pelurus rel 1 m	0,0010	Buah	Rp 360.000,00	Rp 360,00
Mold tembaga	0,0100	Kg	Rp 810.311,00	Rp 8.103,11
Pahat ganjal	0,0100	Buah	Rp 88.000,00	Rp 880,00
Palu konde 1 kg	0,0100	Buah	Rp 42.000,00	Rp 42,00
Palu/martil 4 kg	0,0040	Buah	Rp 53.000,00	Rp 212,00
Pandpuller	0,0020	Buah	Rp 127.330,00	Rp 254,66
Regulator acetyln	0,0050	Set	Rp 550.000,00	Rp 2.750,00
Regulator oksigen	0,0050	Set	Rp 440.000,00	Rp 2.200,00
Sarung tangan panjang	0,0100	Set	Rp 16.000,00	Rp 160,00
Sarung tangan pendek	0,0100	Set	Rp 8.000,00	Rp 80,00
Sepatu las	0,0010	Set	Rp 160.000,00	Rp 160,00
Sikat baja	0,0500	Buah	Rp 12.000,00	Rp 600,00
Kacamata las	0,0100	Buah	Rp 39.000,00	Rp 39,00
Kain lap/majun	0,0500	Lbr	Rp 7.000,00	Rp 350,00
Elektroda untuk layer	1,2000	Kg	Rp 120.000,00	Rp 144.000,00
Elektroda untuk pengerasan	0,3000	Kg	Rp 238.000,00	Rp 71.400,00
Jumlah				Rp 820.956 ,10

Lanjutan Tabel 4.6.Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Memotong rel				
Pekerja	0,1250	OH	Rp 85.000,00	Rp 10.625,00
Mandor	0,0370	OH	Rp 130.000,00	Rp 4.810,00
Gergaji standar	0,5000	Buah	Rp 15.000,00	Rp 7.500,00
Jumlah				Rp 22.935,00
Mengebor rel titik potong				
Pekerja	0,1250	OH	Rp 85.000,00	Rp 10.625,00
Mandor	0,0220	OH	Rp 130.000,00	Rp 2.860,00
Sewa mesin bor dan bahan bakat/lubang	1,0000	Buah	Rp 89.000,00	Rp 89.000,00
Jumlah				Rp 102.485,00
Pasang dan stel wesel R 54				
Menyetel wesel baru per unit wesel R54	1,0000	Unit	Rp 5.096.800,00	Rp 5.096.800,00
Membuat stapling pergeseran Wesel	1,0000	Unit	Rp 280.500,00	Rp 280.500,00
Memasukkan/mengeluarkan wesel per unit	1,0000	Unit	Rp 16.296.800,00	Rp16.296.800,00
Angkat listring R54	1,0000	Unit	Rp 169.500,00	Rp 169.500,00
Jumlah				Rp 21.843.600,00

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Pembuatan saluran pembuangan				
Pekerja	0,3010	OH	Rp 85.000,00	Rp 25.585,00
Mandor	0,0105	OH	Rp 130.000,00	Rp 1.365,00
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 15.000,00	Rp 15.000,00
Jumlah				Rp 42.250,00

4.3.3.Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Rekapitulasi dari volume dan daftar satuan harga dari pekerjaan di jadikan rencana anggaran biaya pada Tabel 4.6. di bawah.

Tabel 4.7. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Pekerjaan Persiapan				
Pembebasan Lahan	331722	m ²	Rp 1.500.000,00	Rp 497.583.000.000,00

Pembersihan lahan (25%)	82931	m ²	Rp 15.405,00	Rp 1.277.552.055,00
Membuat direksi keet	126	m ²	Rp 368.667,00	Rp 46.452.087,89
Perlengkapan dan penerangan direksi keet	7	Ls	Rp 228.000,00	Rp 1.596.000,00
Membuat alat Semboyan	277	Unit	Rp 1.046.197,00	Rp 289.796.569,00
Pengukuran dan pasang patok	55300	m'sp	Rp 633.290,00	Rp 3.502.093.700,00
Bongkar direksi keet dan gudang Kerja	126	m ²	Rp 13.713,00	Rp 1.727.838,00
Pengadaan Bahan				
Volume balas Pecah	19528,15	m ³	Rp 398.626,35	Rp 16.205.727.589,12
Volume bantalan beton dan penambat	46073	Set	Rp 620.000,00	Rp 28.565.260.000,00
Volume rel R54	5530	m'	Rp 11.414.000,00	Rp 63104581800
Pekerjaan Balas dan Rel				
Pengadaan menggelar sub balas	39541,61	m ³	Rp 576.541,27	Rp 27.090.129.219,81

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Angkat listring dengan MTT, didahului HTT >60 km/jam	27643,5	M	Rp 335.200,00	Rp 9.266.101.200,00
Galian	90969.68	m ³	Rp 159.528,85	Rp 1.451.228.844,00
Timbunan	167649.45	m ³	Rp 97.000,00	Rp 15.235.210.239,00
Angkutan termasuk muat bongkar rel R 54	27643,5	m'	Rp 10.095,00	Rp 279.061.132,50
Pemasangan bantalan beton lengkap dengan alat penambat elastic	46073	Set	Rp 42.847,50	Rp 1.974.112.868,00
Menyetel dan pemasangan rel R 54	27643,5	m'	Rp 203.060,00	Rp 536.789.110,00
Mengelas rel	2765	Titik	Rp 1.497.994,00	Rp 4.141.953.410,00

Pasang dan stel wesel R54	17	Unit	Rp 21.843.600,00	Rp 371.341.200,00
Pembuatan saluran pembuangan	15950	M	Rp42.250,00	Rp 673.887.500,00
Jumlah				Rp 640.000.000.000,00
PPN 10%				Rp 71.458.670.184,09
Total				Rp 711.458.670.184,09
Pembulatan				Rp 711.458.680.000,00
Terbilang : <i>Tujuh Ratus Sebelas Milyar Empat Ratus Lima Puluh Delapan Juta Enam ratus Delapan Puluh Ribu Rupiah</i>				

Tabel 4.8.Rencana Anggaran Biaya Kwala Bingai-Stabat(KM 13+950-KM 22+427
Hasil Hitungan

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Pengadaan Bahan				
Balas kricak ukuran 2x6 ecer di lokasi Harga balas batu pecah 2/6 di Quarry	1,0000	m ³	Rp 550.000,00	Rp 550.000,00
Ongkos angkut maksimum dari Quary ke Depo balas tempat muat				
PekerjaMandor	0,3700	OH	Rp 125.000,00	Rp 46.250,00
Ongkos muat ke gerbong dengan orang	0,0300	OH	Rp 180.000,00	Rp 5.400,00
Pekerja				
Ongkos bongkar dan ecer di lokasi	0,1333	OH	Rp 125.000,00	Rp 16.662,50
Pekerja Mandor				
Biaya administrasi angkutan balas dengan KA	0,1170	OH	Rp 125.000,00	Rp 14.625,00
	0,0030	OH	Rp 180.000,00	Rp 540,00
	1,0000	m ³	Rp 120.500,00	Rp 120.500,00
Jumlah				Rp 753.977,50

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Bantalan beton lengkap dengan penambat elastic	1,0000	Set	Rp. 809.600,00	Rp. 809.600,00
Jumlah				Rp. 809.600,00
Harga Rel R54 per batang (10m)	1,0000	Batang	Rp. 13.442.000,00	Rp. 13.442.000,00
Jumlah				Rp. 13.442.000,00
Pekerjaan Persiapan				
Pembersihan lahan (25% x L = 4 m' x P)				
Mandor	0,0050	OH	Rp 180.000,00	Rp 900,00
Kepala tukang	0,0500	OH	Rp 135.000,00	Rp 6.750,00
Tukang kayu	0,0500	OH	Rp 110.00,00	Rp 5.500,00
Pekerja	0,0500	OH	Rp 125.000,00	Rp 6.250,00
Jumlah				Rp 19.000,00
Membuat direksi keet	0,0556	m ²	Rp 6.630.707,00	Rp 368.667,00
Perlengkapan dan penerangan direksi keet	1,0000	Ls	Rp 228.000,00	Rp 228.000,00

Lanjutan Tabel 4.8.Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Membuat alat semboyan				
Pekerja	2,0000	OH	Rp 125.000,00	Rp 270.000,00
Bambu dia. 5-7cm	3,0000	Batang	Rp 42.500,00	Rp 127.500,00
Triplek t=4mm	1,0000	Lbr	Rp 145.000,00	Rp 145.000,00
Cat besi	1,0000	Kg	Rp 85.000,00	Rp 85.000,00
Kain bendera	1,5000	m ²	Rp 65.000,00	Rp 97.500,00
Lampu semboyan	2,0000	Buah	Rp 380.000,00	Rp 760.000,00
Jumlah				Rp 1.485.000,00

Pengukuran dan pasang patok (track baru)				
Juru ukur	0,0286	OH	Rp 100.000,00	Rp 2.860,00
Pekerja	0,0286	OH	Rp 135.000,00	Rp 3.861,00
Patok beton	0,2286	Buah	Rp 100.000,00	Rp 22.860,00
Theodolite	0,0571	Jam	Rp 100.000,00	Rp 5.710,00
Alat bantu pengukuran dan stacking out	0,0286	Ls	Rp 25.000,00	Rp 715,00
Pengadaan dan pemasangan patok HM/KM				
Bekisting patokHM/KM	0,4800	m ²	Rp 946.332,89	Rp 454.239,79
Beton K-250	0,0160	m ³	Rp 1.713.135,05	Rp 27.410,16

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Pemasangan PatokHM/KM	1,0000	Buah	Rp 387.000,00	Rp 387.000,00
Pengecatan tanda-tanda di lintas (patok KM/HM dll)	0,5000	m ²	Rp 63.000,00	Rp 63.000,00
Jumlah				Rp 450.000,00
Jaga malam/keamanan peralatan kerja dan mesin-mesin				
Pekerja	1,0000	OH	Rp 135.000,00	Rp 135.000,00
Jumlah				Rp 135.000,00
Bongkar direksi keet dan gudang kerja				
Pekerja	0,1286	OH	Rp 135.000,00	Rp 17.361,00
Mandor	0,0214	OH	Rp 180.000,00	Rp 3.852,00
Jumlah				Rp 21.213,00
Pekerjaan Balas dan Rel				

Pengadaan dan menggelar sub balas				
Subbalas sirtu uk. 0.2-2 cm ecer di lokasi	1,2000	m ³	Rp 453.132,55	Rp 543.759,06
Menghampar, meratakan subbalas berikut pemadatan	0,0167	60 m ³	Rp 1.963.006,68	Rp 32.782,21

Jumlah				Rp 576.541,27
Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Angkat listring dengan MTT, didahului HTT >60 km/jam				
s.d kecepatan 20 km/jam dari 5 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 230.000,00	Rp 230.000,00
s.d kecepatan 40 km/jam dari 20 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 230.000,00	Rp 230.000,00
s.d kecepatan 60 km/jam dari 40 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 250.000,00	Rp 250.000,00
> dari kecepatan 60 km/jam dikerjakandengan alat berat (MTT, PBR, dsb)	1,0000	m'sp	Rp 350.000,00	Rp 350.000,00
Jumlah				Rp 1.060.000,00
Galian				
Pekerja	0,0857	OH	Rp 135.000,00	Rp 11.569,50
Mandor	0,0014	OH	Rp 180.000,00	Rp 252,00
Excavator	0,2730	Jam	Rp 500.000,00	Rp 136.500,00
Dump truck 3.5 ton	0,0877	Jam	Rp 150.000,00	Rp 13.155,00
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00
Jumlah				Rp 286,476,50

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Timbunan				
Pekerja	0,3750	OH	Rp 135.000,00	Rp 50.265,00
Mandor	0,0125	OH	Rp 180.000,00	Rp 2.250,00
Dump truck 3.5 ton	0,2289	Jam	Rp 150.000,00	Rp 34.335,00
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00
Jumlah				Rp 99.350,00
Pemasangan bantalan beton lengkap degan alat penambat elastis termasuk angkut dan Ecer				
Mandor	0,2114	OH	Rp 180.000,00	Rp 38.052,00
Pekerja	0,0043	OH	Rp 135.000,00	Rp 580,50
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00
Jumlah				Rp 51.132,50

Menyetel dan pemasangan rel R 54Pekerja Mandor	2,2620 0,0836	OH OH	Rp 135.000,00 Rp 180.000,00	Rp 305.370,00 Rp 15.048,00
Jumlah				Rp 320.418,00

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Ongkos angkut dan ecer bantalan beton + Penambat				
Pekerja	0,3700	OH	Rp 135.000,00	Rp 49.950,00
Mandor	0,0300	OH	Rp 180.000,00	Rp 5.400,00
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00
Jumlah				Rp 67.850,00
Angkutan termasuk muat bongkar rel R 54				
Pekerja	0,0550	OH	Rp 135.000,00	Rp 7.425,00
Mandor	0,0260	OH	Rp 180.000,00	Rp 4.680,00
Kawat pral	0,0500	Kg	Rp 42.000,00	Rp 2.100,00
Jumlah				Rp 14.205,00
Mengelas rel dengan las thermit				
Pembantu tukang las	0,7500	OH	Rp 65.000,00	Rp 48.750,00
Pengawas pekerjaan las	0,2500	OH	Rp 89.000,00	Rp 22.250,00
Tukang gerinda	0,5000	OH	Rp 100.000,00	Rp 50.000,00
Tukang las	0,5000	OH	Rp 100.000,00	Rp 50.000,00
Pengetetan dengan ultrasonic	1,0000	Ls	Rp 19.260,00	Rp 19.260,00
Mesin gerinda MP 12 (/hari)	0,2500	Hari	Rp 200.000,00	Rp 50.000,00
Mesin gerinda tangan (/hari)	0,2500	Hari	Rp 140.000,00	Rp 35.000,00
Jumlah				Rp 275.260,00

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Mengelas sambungan rel dengan elektroda di siang hari				
Pekerja	0,2000	OH	Rp 135.000,00	Rp 27.000,00
Pengawas	0,2000	OH	Rp 180.000,00	Rp 36.000,00
Tukang Gerinda	0,4000	OH	Rp 100.000,00	Rp 40.000,00
Tukang las	0,4000	OH	Rp 100.000,00	Rp 40.000,00
Mesin gerinda profil	1,0000	Hari	Rp 345.000,00	Rp 345.000,00
Mesin las 40 Amp	1,0000	Hari	Rp 495.000,00	Rp 495.000,00
Acetylin @45kg	0,0700	Tabung	Rp 400.000,00	Rp 28.000,00
Bensin	1,0000	Ltr	Rp 8.500,00	Rp 8.500,00
Oksigen	0,1500	Tbg	Rp 200.000,00	Rp 30.000,00
Oli SAE 30-40	0,0500	Ltr	Rp 50.000,00	Rp 2.500,00
Solar	7,0000	Ltr	Rp 6.800,00	Rp 47.600,00
Tenda plastik 3x4	0,0100	Buah	Rp 265.000,00	Rp 2.650,00
Batu gerinda profil	0,0200	Buah	Rp 470.000,00	Rp 9.400,00

Lanjutan Tabel 4.8. Rencana Anggaran Biaya

Batu gerinda tangan	0,3000	Buah	Rp 48.000,00	Rp 14.400,00
Blender pemanas	0,0090	Set	Rp 3.667.245,00	Rp 29.405,21
Kunci baut lasplat	0,0020	Buah	Rp 89.987,00	Rp 179,97
Kunci ring/pas	0,0020	Set	Rp 129.626,00	Rp 259,25
Jumlah				Rp 1.155.894,43

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Mengelas sambungan rel dengan elektroda di malam hari				
Pekerja	0,3000	OH	Rp 135.000,00	Rp 40.500,00
Pengawas	0,3000	OH	Rp 180.000,00	Rp 54.000,00
Tukang Gerinda	0,6000	OH	Rp 100.000,00	Rp 60.000,00
Tukang las	0,6000	OH	Rp 100.000,00	Rp 60.000,00
Biaya pengamanan dan transportasi	1,0000	Ls	Rp 42.500,00	Rp 42.500,00
Pengetesan dengan ultrasonic	1,0000	Ls	Rp 19.260,00	Rp 19.260,00
Generator set	1,2500	Jam	Rp 272.850,00	Rp 341.062,50
Mesin gerinda profil	1,0000	Hari	Rp 345.000,00	Rp 345.000,00
Mesin las 40 Amp	1,0000	Hari	Rp 495.000,00	Rp 495.000,00
Acetylin @45kg	0,0700	Tabung	Rp 395.900,00	Rp 27.713,00
Bensin	1,5000	Ltr	Rp 8.500,00	Rp 15.000,00
Oksigen	0,1500	Tbg	Rp 200.000,00	Rp 30.000,00
Oli SAE 30-40	0,0500	Ltr	Rp 50.000,00	Rp 2.500,00
Solar	7,0000	Ltr	Rp 6.800,00	Rp 42.600,00
Tenda plastik 3x4	0,0100	Buah	Rp 235.079,00	Rp 2.350,79
Batu gerinda profil	0,0200	Buah	Rp 470.000,00	Rp 9.400,00
Batu gerinda tangan	0,3000	Buah	Rp 48.000,00	Rp 14.400,00
Blender pemanas	0,0090	Set	Rp 3.267.245,00	Rp 29.405,21
Kunci baut lasplat	0,0020	Buah	Rp 89.987,00	Rp 179,97
Kunci ring/pas	0,0020	Set	Rp 119.626,00	Rp 239,25

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Har ga
Kunci tirepond	0,0010	Buah	Rp 133.964,00	Rp 133,96
Linggis bengkok	0,0060	Buah	Rp 180.081,00	Rp 1.080,49
Mistar pelurus rel 1 m	0,0010	Buah	Rp 565.923,00	Rp 565,92
Mold tembaga	0,0100	Kg	Rp 810.311,00	Rp 8.103,11
Pahat ganjal	0,0100	Buah	Rp 9.951,00	Rp 99,51
Palu konde 1 kg	0,0100	Buah	Rp 42.479,00	Rp 424,79
Palu/martil 4 kg	0,0040	Buah	Rp 63.665,00	Rp 254,66
Pandpuller	0,0020	Buah	Rp 127.330,00	Rp 254,66
Regulator acetyln	0,0050	Set	Rp 854.181,00	Rp 4.270,91
Regulator oksigen	0,0050	Buah	Rp 455.000,00	Rp 2.275,00
Sarung tangan panjang	0,0100	Set	Rp 25.947,00	Rp 259,47
Sarung tangan pendek	0,0100	Set	Rp 18.990,00	Rp 189,90

Lanjutan Tabel 4.8. Rencana Anggaran Biaya

Sepatu las	0,0010	Set	Rp 185.241,00	Rp 185,24
Sikat baja	0,0500	Buah	Rp 17.400,00	Rp 870,00
Kacamata las	0,0100	Buah	Rp 45.000,00	Rp 450,00
Kain lap/majun	0,0500	Lbr	Rp 14.000,00	Rp 700,00
Elektroda untuk layer	1,2000	Kg	Rp 129.800,00	Rp 155.760,00
Elektroda untuk pengelasan	0,3000	Kg	Rp 145.100,00	Rp 43.530,00
Jumlah				Rp 1.809.648,84

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Memotong rel				
Pekerja	0,1250	OH	Rp 135.000,00	Rp 16.875,00
Mandor	0,0370	OH	Rp 180.000,00	Rp 6.660,00
Gergaji standar	1,0000	Buah	Rp 20.000,00	Rp 20.000,00
Jumlah				Rp 43.535,00
Mengebor rel titap titik potongan				
Pekerja	0,1250	OH	Rp 135.000,00	Rp 16.875,00
Mandor	0,0220	OH	Rp 180.000,00	Rp 3.960,00
Sewa mesin bor dan bahan bakat/lubang	1,0000	Buah	Rp 85.500,00	Rp 85.500,00
Jumlah				Rp 106.335,00
Pasang dan stel wesel R 54				
Menyetel wesel baru per unit wesel R54	1,0000	Unit	Rp 5.796.874,38	Rp 5.796.874,38
Membuat stapling pergeseran Wesel	1,0000	Unit	Rp 280.542,66	Rp 280.542,66
Memasukkan/mengeluarkan wesel per unit	1,0000	Unit	Rp 16.296.874,38	Rp16.296.874,38
Angkat listring R54	1,0000	Unit	Rp 169.584,89	Rp 169.584,89
Jumlah				Rp 22.543.876,31
Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Pembuatan saluran pembuangan				
Pekerja	0,3010	OH	Rp 135.000,00	Rp 40.635,00
Mandor	0,0105	OH	Rp 180.000,00	Rp 1.890,00
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00
Jumlah				Rp 55.025,00

Setelah dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya dengan teliti, didapatkan biaya yang harus dikeluarkan untuk proyek konstruksi jalan rel kereta api Kwala Bingai-Stabat Lintas Binjai-Besitang adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Biaya
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 26.533.687.925,00
2	Pengadaan Bahan	Rp 107.255.621.219,50
3	Pekerjaan Balas dan Rel	Rp 48.875.287.793,33
4	Pekerjaan finishing	Rp 619.242.169,61
Jumlah		Rp 183.284.545.107,45
PPn 10 %		Rp 15.451.217.170,60
Jumlah total		Rp 198.735.762.278,00
Dibulatkan		Rp 198.735.762.300,00

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil evaluasi, perhitungan perencanaan peningkatan jalur kereta api lintas Binjai - Besitang ini sebagaimana dijelaskan diatas didapatkan rincian sebagaimana berikut:

- 1) Struktur yang digunakan pada jalan rel adalah tipe R54 sesuai dengan kelas jalan rel III dengan menggunakan bantalan yang digunakan pada jalur kereta api ini adalah bantalan beton yang dipasang dengan jarak 60 cm. Jenis penambat yang digunakan adalah penambat jenis EG (Elastis Ganda). bantalan beton panjang 200 cm, tipe penambat pandrol (elastik ganda), sambungan baut, tebal balas 30 cm dan tebal subbalas 40 cm, lebar jalan rel 1067 mm, Tegangan ijin kelas jalan III menurut Standat Jalan Rel Indonesia = 1097 kg / cm^2 dari hasil perhitungan tersebut didapat $998,57 \text{ kg / cm}^2 < 1097 \text{ kg / cm}^2$.

- 2) Biaya yang dibutuhkan dalam peningkatan jalur kereta api lintas Binjai – Besitang ini sebesar Rp 640.000.000.000,00.-. Rencana anggaran biaya untuk pekerjaan peningkatan jalan kereta api jalur Kwala Bingai-Stabat KM 13+950-KM 22+427 sebesar Rp 198.735.762.300,00

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan studi lanjutan untuk melakukan survei lapangan secara lebih detail pada trase jalan rel.
2. Perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap faktor – faktor lain yang dapat mempengaruhi kestabilan dari jalur Kreta Api Lintas Binjai-Besitang tersebut.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai dampak bencana alam yang spesifik terhadap perencanaan jalan KA tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Perhubungan, Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Tengah, 2009. *Rencana Induk Perkeretaapian Provinsi Jawa Tengah*, Dishubkominfo Jateng, Semarang.
- Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan RI, 2013. *Studi Kelayakan Reaktivasi Jalan Kereta Api Lintas Semarang – Magelang*, Kemenhub RI, Jakarta.
- Fitriasari, Gita. 2014. *Moda Transportasi Kereta Api*. Makalah pada Scribd.com.
- Hazubi, Syara. 2015. *Perencanaan Geometrik Jalan Rel Socah – Pamekasan*. Tugas Akhir di Jurusan Teknik Sipil FTSPITS.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2011. *Peraturan Menteri Perhubungan No.10 Tahun Tentang Persyaratan Teknis Peralatan Perkeretaapian*, Kemenhub RI, Jakarta.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2011. *Peraturan Menteri Perhubungan No.29 Tahun 2011 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta Api*,Kemenhub RI, Jakarta.
- Kementerian Perhubungan Balai Kereta Api Kelas 1 Medan. (2023). *Penyempurnaan Jalur KA Antara Kuala Bingai – Besitang Lintas Binjai i-Besitang*. Medan: Kementerian Perhubungan.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2012. *Peraturan Menteri Perhubungan No.60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*, Kemenhub RI, Jakarta.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2000. *Keputusan Menteri Perhubungan No. 52 Tahun 2000 Tentang Jalur Kereta Api*, Kemenhub RI, Jakarta.
- Mohammad Hafidz Ali Mughni, F. C. (2018). *Perencanaan Reaktivasi Jalan Rel Kereta Api Rute YOGYAKARTA – PARANGTRITIS. Prosiding Kolokium Program Studi Teknik Sipil (KPSTS) FTSP UII* , 1-10.
- Mataputun, Andrian. 2013. *Rancang Ulang Stasiun Kereta Api Solobalapan*. Tugas Akhir di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya.

- Peraturan Menteri, 2011. Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (PM No. 43 Tahun 2011).
- Peraturan Menteri, 2012. Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api (PM No. 11 Tahun 2012).
- Peraturan Menteri, 2012. Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api (PM No. 60 Tahun 2012).
- Peraturan Menteri, 2014. Standar Biaya Di Lingkungan Kementerian Perhubungan (PM No. 78 Tahun 2014).
- Perusahaan Jawatan Kereta Api, 1986. *Peraturan Dinas No. 10 Tahun 1986 Tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel*, PJKA, Bandung.
- PT. Wijaya Karya Beton. 2016. **Sleeper Brochure Wika Beton**. Katalaog yang diambil dari www.wika-beton.co.id/index.php/products-and-services/products/railway-sleepers
- Teguh, Dodik. 2013. Desain Geometrik, Struktur beserta Perkiraan Biaya Perencanaan Jalan Rel Sebagai Alternatif Transportasi Angkutan Tambang di Kabupaten Lumajang. Tugas Akhir di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.

LAMPIRAN DATA

Rencana Anggaran Biaya Kwala Bingai-Stabat(KM 13+950-KM 22+427 Hasil Hitungan

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Pengadaan Bahan				
Balas kricak ukuran 2x6 ecer di lokasi	1,0000	m ³	Rp 550.000,00	Rp 550.000,00
Harga balas batu pecah 2/6 di Quary				
Ongkos angkut maksimum dari Quary ke Depo balas tempat muat	0,3700	OH	Rp 125.000,00	Rp 46.250,00
PekerjaMandor	0,0300	OH	Rp 180.000,00	Rp 5.400,00
Ongkos muat ke gerbong dengan orang				
Pekerja	0,1333	OH	Rp 125.000,00	Rp 16.662,50
Ongkos bongkar dan ecer di lokasiPekerja				
Mandor	0,1170	OH	Rp 125.000,00	Rp 14.625,00
Biaya administrasi angkutan balasdengan KA	0,0030	OH	Rp 180.000,00	Rp 540,00
	1,0000	m ³	Rp 120.500,00	Rp 120.500,00
Jumlah				Rp 753.977,50

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Bantalan beton lengkap denganpenambat elastic	1,0000	Set	Rp. 809.600,00	Rp. 809.600,00
Jumlah				Rp. 809.600,00
Harga Rel R54 per batang(10m)	1,0000	Batang	Rp. 13.442.000,00	Rp. 13.442.000,00
Jumlah				Rp. 13.442.000,00
Pekerjaan Persiapan				
Pembersihan lahan (25% x L = 4 m' x P)				
Mandor	0,0050	OH	Rp 180.000,00	Rp 900,00
Kepala tukang	0,0500	OH	Rp 135.000,00	Rp 6.750,00
Tukang kayu	0,0500	OH	Rp 110.00,00	Rp 5.500,00
Pekerja	0,0500	OH	Rp 125.000,00	Rp 6.250,00
Jumlah				Rp 19.000,00
Membuat direksi keet	0,0556	m ²	Rp 6.630.707,00	Rp 368.667,00
Perlengkapan dan penerangan direksi keet	1,0000	Ls	Rp 228.000,00	Rp 228.000,00

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Membuat alat semboyan				
Pekerja	2,0000	OH	Rp 125.000,00	Rp 270.000,00
Bambu dia. 5-7cm	3,0000	Batang	Rp 42.500,00	Rp 127.500,00
Triplek t=4mm	1,0000	Lbr	Rp 145.000,00	Rp 145.000,00
Cat besi	1,0000	Kg	Rp 85.000,00	Rp 85.000,00
Kain bendera	1,5000	m ²	Rp 65.000,00	Rp 97.500,00
Lampu semboyan	2,0000	Buah	Rp 380.000,00	Rp 760.000,00
Jumlah				Rp 1.485.000,00

Pengukuran dan pasang patok (track baru)				
Juru ukur	0,0286	OH	Rp 100.000,00	Rp 2.860,00
Pekerja Patok beton	0,0286	OH	Rp 135.000,00	Rp 3.861,00
Theodolite	0,2286	Buah	Rp 100.000,00	Rp 22.860,00
Alat bantu pengukuran dan stacking out	0,0571	Jam	Rp 100.000,00	Rp 5.710,00
Pengadaan dan pemasangan patok HM/KM	0,0286	Ls	Rp 25.000,00	Rp 715,00
Bekisting patok HM/KM	0,4800	m ²	Rp 946.332,89	Rp 454.239,79
Beton K-250	0,0160	m ³	Rp 1.713.135,05	Rp 27.410,16

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Pemasangan Patok HM/KM	1,0000	Buah	Rp 387.000,00	Rp 387.000,00
Pengecatan tanda- tanda di lintas (patok KM/HM dll)	0,5000	m ²	Rp 63.000,00	Rp 63.000,00
Jumlah				Rp 450.000,00
Jaga malam/keamanan peralatan kerja dan mesin-mesin				
Pekerja	1,0000	OH	Rp 135.000,00	Rp 135.000,00
Jumlah				Rp 135.000,00
Bongkar direksi keet dan gudang kerja				
Pekerja	0,1286	OH	Rp 135.000,00	Rp 17.361,00
Mandor	0,0214	OH	Rp 180.000,00	Rp 3.852,00
Jumlah				Rp 21.213,00
		Pekerjaan Balas dan Rel		

gPengadaan dan menggelar sub balas Subbalas sirtu uk. 0.2-2 cm ecer di lokasi Menghampar, meratakan subbalas berikut pemadatan	1,2000	m ³	Rp 453.132,55	Rp 543.759,06
	0,0167	60 m ³	Rp 1.963.006,68	Rp 32.782,21

Jumlah				Rp 576.541,27
Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Angkat listring dengan MTT, didahului HTT >60 km/jam				
s.d kecepatan 20 km/jam dari 5 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 230.000,00	Rp 230.000,00
s.d kecepatan 40 km/jam dari 20 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 230.000,00	Rp 230.000,00
s.d kecepatan 60 km/jam dari 40 km/jam	1,0000	m'sp	Rp 250.000,00	Rp 250.000,00
> dari kecepatan 60 km/jam dikerjakan dengan alat berat (MTT, PBR, dsb)	1,0000	m'sp	Rp 350.000,00	Rp 350.000,00
Jumlah				Rp 1.060.000,00
Galian	0,0857	OH	Rp 135.000,00	Rp 11.569,50
Pekerja	0,0014	OH	Rp 180.000,00	Rp 252,00
Mandor	0,2730	Jam	Rp 500.000,00	Rp 136.500,00
Excavator	0,0877	Jam	Rp 150.000,00	Rp 13.155,00
Dump truck 3.5 ton	1,0000	Ls	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00
Alat bantu				
Jumlah				Rp 286,476,50

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Timbunan				
Pekerja	0,3750	OH	Rp 135.000,00	Rp 50.265,00
Mandor	0,0125	OH	Rp 180.000,00	Rp 2.250,00
Dump truck 3.5 ton	0,2289	Jam	Rp 150.000,00	Rp 34.335,00
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00
Jumlah				Rp 99.350,00
Pemasangan bantalan beton lengkap degan alat penambat elastis termasuk angkut dan Ecer				
Mandor	0,2114	OH	Rp 180.000,00	Rp 38.052,00
Pekerja	0,0043	OH	Rp 135.000,00	Rp 580,50
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00

Jumlah				Rp 51.132,50
Menyetel dan pemasangan rel R 54				
Pekerja	2,2620	OH	Rp 135.000,00	Rp 305.370,00
Mandor	0,0836	OH	Rp 180.000,00	Rp 15.048,00
Jumlah				Rp 320.418,00

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Ongkos angkut dan ecer bantalan beton + Penambat				
Pekerja	0,3700	OH	Rp 135.000,00	Rp 49.950,00
Mandor	0,0300	OH	Rp 180.000,00	Rp 5.400,00
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00
Jumlah				Rp 67.850,00
Angkutan termasuk muat bongkar rel R 54				
Pekerja	0,0550	OH	Rp 135.000,00	Rp 7.425,00
Mandor	0,0260	OH	Rp 180.000,00	Rp 4.680,00
Kawat pral	0,0500	Kg	Rp 42.000,00	Rp 2.100,00
Jumlah				Rp 14.205,00
Mengelas rel dengan las thermit				
Pembantu tukang las	0,7500	OH	Rp 65.000,00	Rp 48.750,00
Pengawas pekerjaan las	0,2500	OH	Rp 89.000,00	Rp 22.250,00
Tukang gerinda	0,5000	OH	Rp 100.000,00	Rp 50.000,00
Tukang las	0,5000	OH	Rp 100.000,00	Rp 50.000,00
Pengetetan dengan ultrasonic	1,0000	Ls	Rp 19.260,00	Rp 19.260,00
Mesin gerinda MP 12 (/hari)	0,2500	Hari	Rp 200.000,00	Rp 50.000,00
Mesin gerinda tangan (/hari)	0,2500	Hari	Rp 140.000,00	Rp 35.000,00
Jumlah				Rp 275.260,00

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Mengelas sambungan rel dengan elektroda di siang hari				
Pekerja	0,2000	OH	Rp 135.000,00	Rp 27.000,00
Pengawas	0,2000	OH	Rp 180.000,00	Rp 36.000,00
Tukang Gerinda	0,4000	OH	Rp 100.000,00	Rp 40.000,00
Tukang las	0,4000	OH	Rp 100.000,00	Rp 40.000,00
Mesin gerinda profil	1,0000	Hari	Rp 345.000,00	Rp 345.000,00
Mesin las 40 Amp	1,0000	Hari	Rp 495.000,00	Rp 495.000,00
Acetylin @45kg	0,0700	Tabung	Rp 400.000,00	Rp 28.000,00
Bensin	1,0000	Ltr	Rp 8.500,00	Rp 8.500,00
Oksigen	0,1500	Tbg	Rp 200.000,00	Rp 30.000,00
Oli SAE 30-40	0,0500	Ltr	Rp 50.000,00	Rp 2.500,00
Solar	7,0000	Ltr	Rp 6.800,00	Rp 47.600,00
Tenda plastik 3x4	0,0100	Buah	Rp 265.000,00	Rp 2.650,00

Batu gerinda profil	0,0200	Buah	Rp 470.000,00	Rp 9.400,00
Batu gerinda tangan	0,3000	Buah	Rp 48.000,00	Rp 14.400,00
Blender pemanas	0,0090	Set	Rp 3.667.245,00	Rp 29.405,21
Kunci baut lasplat	0,0020	Buah	Rp 89.987,00	Rp 179,97
Kunci ring/pas	0,0020	Set	Rp 129.626,00	Rp 259,25
Jumlah				Rp 1.155.894,43

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Mengelas sambungan rel dengan elektroda di malam hari				
Pekerja	0,3000	OH	Rp 135.000,00	Rp 40.500,00
Pengawas	0,3000	OH	Rp 180.000,00	Rp 54.000,00
Tukang Gerinda	0,6000	OH	Rp 100.000,00	Rp 60.000,00
Tukang las	0,6000	OH	Rp 100.000,00	Rp 60.000,00
Biaya pengamanan dan transportasi	1,0000	Ls	Rp 42.500,00	Rp 42.500,00
Pengetesan dengan ultrasonic	1,0000	Ls	Rp 19.260,00	Rp 19.260,00
Generator set	1,2500	Jam	Rp 272.850,00	Rp 341.062,50
Mesin gerinda profil	1,0000	Hari	Rp 345.000,00	Rp 345.000,00
Mesin las 40 Amp	1,0000	Hari	Rp 495.000,00	Rp 495.000,00
Acetylin @45kg	0,0700	Tabung	Rp 395.900,00	Rp 27.713,00
Bensin	1,5000	Ltr	Rp 8.500,00	Rp 15.000,00
Oksigen	0,1500	Tbg	Rp 200.000,00	Rp 30.000,00
Oli SAE 30-40	0,0500	Ltr	Rp 50.000,00	Rp 2.500,00
Solar	7,0000	Ltr	Rp 6.800,00	Rp 42.600,00
Tenda plastik 3x4	0,0100	Buah	Rp 235.079,00	Rp 2.350,79
Batu gerinda profil	0,0200	Buah	Rp 470.000,00	Rp 9.400,00
Batu gerinda tangan	0,3000	Buah	Rp 48.000,00	Rp 14.400,00
Blender pemanas	0,0090	Set	Rp 3.267.245,00	Rp 29.405,21
Kunci baut lasplat	0,0020	Buah	Rp 89.987,00	Rp 179,97
Kunci ring/pas	0,0020	Set	Rp 119.626,00	Rp 239,25

Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Kunci tirepond	0,0010	Buah	Rp 133.964,00	Rp 133,96
Linggis bengkok	0,0060	Buah	Rp 180.081,00	Rp 1.080,49
Mistar pelurus rel 1 m	0,0010	Buah	Rp 565.923,00	Rp 565,92
Mold tembaga	0,0100	Kg	Rp 810.311,00	Rp 8.103,11
Pahat ganjal	0,0100	Buah	Rp 9.951,00	Rp 99,51
Palu konde 1 kg	0,0100	Buah	Rp 42.479,00	Rp 424,79
Palu/martil 4 kg	0,0040	Buah	Rp 63.665,00	Rp 254,66
Pandpuller	0,0020	Buah	Rp 127.330,00	Rp 254,66
Regulator acetyln	0,0050	Set	Rp 854.181,00	Rp 4.270,91
Regulator oksigen	0,0050	Buah	Rp 455.000,00	Rp 2.275,00
Sarung tangan panjang	0,0100	Set	Rp 25.947,00	Rp 259,47
Sarung tangan pendek	0,0100	Set	Rp 18.990,00	Rp 189,90
Sepatu las	0,0010	Set	Rp 185.241,00	Rp 185,24

Sikat baja	0,0500	Buah	Rp 17.400,00	Rp 870,00
Kacamata las	0,0100	Buah	Rp 45.000,00	Rp 450,00
Kain lap/majun	0,0500	Lbr	Rp 14.000,00	Rp 700,00
Elektroda untuk layer	1,2000	Kg	Rp 129.800,00	Rp 155.760,00
Elektroda untuk pengelasan	0,3000	Kg	Rp 145.100,00	Rp 43.530,00
Jumlah				Rp 1.809.648,84
Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Memotong rel				
Pekerja	0,1250	OH	Rp 135.000,00	Rp 16.875,00
Mandor	0,0370	OH	Rp 180.000,00	Rp 6.660,00
Gergaji standar	1,0000	Buah	Rp 20.000,00	Rp 20.000,00
Jumlah				Rp 43.535,00
Mengebor rel titik potongan				
Pekerja	0,1250	OH	Rp 135.000,00	Rp 16.875,00
Mandor	0,0220	OH	Rp 180.000,00	Rp 3.960,00
Sewa mesin bor dan bahanbakat/lubang	1,0000	Buah	Rp 85.500,00	Rp 85.500,00
Jumlah				Rp 106.335,00
Pasang dan stel wesel R 54				
Menyetel wesel baru per unitwesel R54	1,0000	Unit	Rp 5.796.874,38	Rp 5.796.874,38
Membuat stapling pergeseran Wesel	1,0000	Unit	Rp 280.542,66	Rp 280.542,66
Memasukkan/mengeluarkan wesel per unit	1,0000	Unit	Rp 16.296.874,38	Rp16.296.874,38
Angkat listring R54	1,0000	Unit	Rp 169.584,89	Rp 169.584,89
Jumlah				Rp 22.543.876,31
Kegiatan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga
Pembuatan saluran pembuangan				
Pekerja	0,3010	OH	Rp 135.000,00	Rp 40.635,00
Mandor	0,0105	OH	Rp 180.000,00	Rp 1.890,00
Alat bantu	1,0000	Ls	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00
Jumlah				Rp 55.025,00

Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Biaya
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 26.533.687.925,00
2	Pengadaan Bahan	Rp 107.255.621.219,50
3	Pekerjaan Balas dan Rel	Rp 48.875.287.793,33
4	Pekerjaan finishing	Rp 619.242.169,61
Jumlah		Rp 183.284.545.107,45
PPn 10 %		Rp 15.451.217.170,60
Jumlah total		Rp 198.735.762.278,00
Dibulatkan		Rp 198.735.762.300,00

LAMPIRAN DOKUMENTASI



Gambar 1. Jalan Rel Lurus



Gambar 2 . Pergantian Rel Dan Bantalan



Gambar 3 . Sepur Peralihan



Gambar 4 .Tikungan



Gambar 5. Tikungan Meliuk



Gambar 6. Jalan Rel Melintasi Jalan Raya



Gambar 7 . Bantalan beton



Gambar 8 . Bantalan Beton Sudah Tak Terpakai



Gambar 9 . Bantalan,Rel,Ballast,Penambat Pandrol (EG)



Gambar 10. Sebelum Dipasang Penambat Pandrol



Gambar 11. Rel Kereta Api



Gambar 12. Rel Dan Bantalan Yang Sudah Tak Terpakai



Gambar 13. Rel KA Lama

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Eka Ananda Ambiyogi Pratama
Tempat/Tanggal Lahir : Cinta Raja, 10 September 1999
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Dsn III Desa Tamaran, Kec. Hinai, Kab. Langkat
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Suherman
Ibu : Susanti
No. Hp : 081390973024
E-Mail : anandaambiyogi@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nama : Eka Ananda Ambiyogi Pratama
Npm : 1707210180
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

No	Tingkat Pendidikan	Nama pendidikan	Tahun kelulusan
1	SD	SD Negeri 050719 Tamaran	2011
2	SMP	SMP Negeri 1 Hinai	2014
3	SMA	SMK Negeri 1 Stabat	2017
4	Universitas	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2018- selesai

