

**TUGAS AKHIR**

**EVALUASI PENGARUH LENGKUNG KERETA API DI  
KM.1+065-KM.1+279 TERHADAP KECEPATAN  
KERETA API  
(Studi Kasus)**

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

**Disusun Oleh:**

**MUSTHOFA BAHARUDDIN**  
**1207210246**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Musthofa Baharuddin

NPM : 1207210246

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api Di Km.1+065-  
Km.1+279 Terhadap Kecepatan Kereta Api.(Studi Kasus)

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, Juli 2018

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Hj. Irma Dewi, ST, M.Si

Dosen Pembimbing II / Penguji



Ir. Sri Asfiati, MT

Dosen Pembanding I / Penguji



Ir. Zurkiyah, MT

Dosen Pembanding II / Penguji



Dr. Ade Faisal, ST, MSc



Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



Fahrizal Zulkarnain, MSc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Musthofa Baharuddin

Tempat /Tanggal Lahir: Medan, 24 Oktober 1993

NPM : 1207210246

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Evaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api di Km.1+065-Km.1+279 Terhadap Kecepatan Kereta Api”,

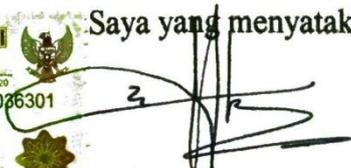
bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

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 Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Juli 2018

Saya yang menyatakan,



Musthofa Baharuddin



## **ABSTRAK**

### **EVALUASI PENGARUH LENGKUNG KERETA DI KM.1+065-KM.1+279 TERHADAP KECEPATAN KERETA API (STUDI KASUS)**

Musthofa Baharuddin  
1207210246

Hj. Irma Dewi, ST, MSi

Ir. Sri Asfiati, MT

Pengertian PT. Kereta Api Indonesia (Persero) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang jasa pelayanan angkutan darat. Salah satu moda transportasi publik, merupakan sarana transportasi yang belakangan ini menjadi alternatif pemilihan moda yang sangat efektif dalam kehidupan masyarakat. Provinsi Sumatera Utara merupakan salah satu daerah yang menggunakan moda transportasi kereta api dengan panjang lintas operasional 388,782 kilometer. Jalan rel ini menghubungkan stasiun sebagai stasiun pusat dan stasiun Rantau Prapat sebagai stasiun terjauh dalam operasional jalan rel di Sumatera Utara. Sehingga kebutuhan pemeliharaan merupakan hal mutlak yang harus dipenuhi agar jalan rel pada jalur lengkung tetap dalam keadaan layak dan aman untuk dilewati selama umur perencanaan pelayanan jalan rel kereta api. Kebutuhan pemeliharaan jalan rel dijalur lengkung dapat berupa pemeliharaan rutin terhadap struktur jalan rel kereta api yang mungkin mengalami penurunan kualitas akibat beban lintas kereta api. Dalam hal ini penulis mengambil judul “Evaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api Di Km.1+065 – Km.1+279 Terhadap Kecepatan Kereta Api.” Tujuan dan penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui seberapa besar kemiringan lengkung di km.1+065 - km.1+279 lintas Medan – Araskabu yaitu 36 mm berbanding sesuai dengan radiusnya, dan untuk mengetahui kecepatan kereta api saat melintasi di jalur lengkung km.1+065 – km.1+279 lintas Medan-Araskabu pada kecepatan maximum kereta api 53 km/jam dan kecepatan minimum 4,6 km/jam pada jalur saat melintasi dijalur lengkung lintas Medan-Araskabu.

Kata Kunci : Pengaruh lengkung, perbaikan anak panah, kereta api.

## **ABSTRACT**

### ***EVALUATION OF THE EFFECT OF RAILWAYS IN KM.1 + 065 - KM.1 + 279 ON TRAIN SPEEDS (CASE STUDY)***

Musthofa Baharuddin  
1207210246

Hj. Irma Dewi, ST, MSi  
Ir. Sri Asfiati, MT

*PT. Kereta Api Indonesia (Persero) is one of the companies engaged in the service of land transportation services. One mode of public transportation, is a means of transportation which recently became an alternative mode of selection that is very effective in people's lives. North Sumatera Province is one of the areas that use railway transportation modes with operational length of 388,782 kilometers. This railway connects the station as the central station and Rantau Prapat station as the furthest station in the operation of railroads in North Sumatera. So the need for maintenance is an absolute thing that must be fulfilled so that the rail on the curve line remains in a state of decent and safe to pass during the age of planning the railroad service. The need for rail track maintenance in a curved track can be routine maintenance of the railway structure which may experience a decrease in quality due to railway loads. In this case the authors take the title of "Evaluation of the Influence of Rail Curve at Km.1 + 065 - Km.1 + 279 Against Railway Speed." The purpose and research undertaken is to find out how big the slope of the arch in km.1 + 065 - km .1 + 279 across Medan - Araskabu is 36 mm in proportion to its radius, and to know the speed of the train as it traverses in the arc lane km.1 + 065 - km.1 + 279 cross-Medan - Araskabu at a maximum speed of 53 km / hour and a minimum speed of 4.6 km / h on the path as it crosses a curved path across Medan-Araskabu.*

*Keywords: The influence of arch, improvement of arrow, train.*

## **KATA PENGANTAR**

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran 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 “Evaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api Di Km.1+065-Km.1+279 Terhadap Kecepatan Kereta Api” 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 Hj. Irma Dewi, ST, MSi selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Sri Asfiati, MT selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Zurkiyah, MT selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, MSc selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain. MSc Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Baharuddin Burhan dan Sukarmi yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Rian Ardi Syahputra, Azmi Arif, Muhammad Suhendy, Aski Syhafrianto dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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 konstruksi teknik sipil.

Medan, Juli 2018

Musthofa Baharuddin

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xiii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup penelitian	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.5.1. Manfaat praktis	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Defenisi Kereta Api	6
2.2. Sifat Dan Karakteristik Angkutan Kereta Api	6
2.2.1. Lokomotif	8
2.2.2. Kereta ( <i>Car/Coach</i> ) dan Gerbong ( <i>Wagon</i> )	10
2.3. Frekuensi Perjalan	17
2.4. <i>Headway</i> Dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api	17
2.5. Grafik Perjalanan Kereta api	18
2.6. Pemeliharaan Jalan Rel	19
2.6.1. Pekerjaan Pemeliharaan Rel	21

2.6.2.	Geometri Jalan Rel	25
2.6.3.	Pemeliharaan Dengan Pecokan	31
2.7.	Sistem Pemeliharaan Kereta Api	32
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1.	Bagan Alir penelitian	35
3.2.	Lokasi Dan Waktu Penelitian	36
3.3.	Pengambilan Data	36
3.3.1.	Data Untuk Analisa Pemeliharaan dan Perawatan Lintas Lengkung	37
3.3.2.	Data Analisa Pemeliharaan Dan Perawatan	37
3.4.	Teknik Pengumpulan Data	37
3.4.1.	Data Untuk Analisis	37
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1.	Data Opname Lengkung	38
4.2.	Perhitungan Metode Kerja Lengkung	41
4.2.1.	Perhitungan Pengaruh Lengkung dan Kecepatan	41
4.2.2.	Perhitungan Untuk Data Opname Lengkung	43
4.2.3.	Perhitungan Anak Panah Baru	43
4.2.4.	Perhitungan Anak Panah Ideal Atau Semestinya	48
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1.	Kesimpulan	51
5.2.	Saran	51
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>52</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	
	<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Kecepatan Berdasarkan Standart Operasional Peosedur (SOP) Peraturan dinas 10 ( <i>PD 10</i> )	14
Tabel 2.2: Jarak Pandang Masinis	15
Tabel 2.3: Siklus Pemeliharaan Kereta Api	16
Tabel 2.3: Siklus Pemeliharaan Kereta Api	17
Tabel 2.4: Perhitungan Klasifikasi Untuk Kelas Jalan Rel	18
Tabel 2.5: Persyaratan jari-jari minimum lengkung horizontal	28
Tabel 2.6: Jari – jari minimum lengkung	29
Tabel 4.1: Laporan D.147 Untuk Data Opname Primer	39
Tabel 4.1: Daftar Laporan Grafik Lengkung Untuk Data Primer	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lokomotif tipe BB 301 25	8
Gambar 2.2	Lokomotif tipe CC 201 56	9
Gambar 2.3	Lokomotif tipe CC 201 56	9
Gambar 2.4	Ruang Bebas Jalan Rel	11
Gambar 2.5	Ruang Bebas Jalan Rel Single Track	12
Gambar 2.6	Ruang Muat Jalan Rel Single Track (PD 10)	13
Gambar 2.7	Ruang Muat Jalan Rel Single Track lintas Bergigi (PD 10)	13
Gambar 2.8	Penampang Melintang Jalan (PD 10)	14
Gambar 2.9	Grafik Perjalanan Kereta Api (PT. KAI 2017)	19
Gambar 2.10	Lengkung Pada Jalan Rel dengan Lengkung Peralihan	26
Gambar 2.11	Lengkung Pada Jalan Rel Tanpa Lengkung Peralihan	27
Gambar 2.12	Kedudukan Kereta Api /gerbong/lokomotif	27
Gambar 2.13	Landai Peralihan Lengkung (PD 10)	30
Gambar 2.14	Posisi Lengkung lengkung dijembatan rasuk	30
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	35
Gambar 3.2	Sket Lokasi Penelitian	36
Gambar 4.1	Hubungan Antara Roda	38
Gambar 4.2	Data Opaname Lengkung (primer)	41

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

A	= Jarak bentalan (m)
AP	= Anak Panah
ALA	= Akhir Lengkung Alih
AL	= Akhir Lengkung
B	= Berat KA
C	= Gaya sentrifugal
D	= dukungan komponen struktural rel
d	= Jarak antara sisi luar flens roda kiri dan kanan (mm)
f	= Tebal Flens roda = 2,95 mm
G	= Berat rel (kg/m)
g	= Percepatan karena daya penarik bumi = 9,78 m/det <sup>2</sup>
GAPEKA	= Grafik perjalanan kereta api
H	= Peninggian (mm)
Hmin	= Peninggiang Minimum (mm)
Hmax	= Peninggiang Maximum (mm)
L	= Panjang Lintas Transisi
M	= massa (G/g)
ML	= Mulai Lengkung
MLA	= Mulai Lengkung Alih
PLA	= Panjang Lengkung Alih
P	= Berat gandar lokomotif (ton)
R	= Jari-jari lengkung (m)
S	= Lebar Jalan Rel (mm)
V	= Kecepatan KA (km/jam)
Vmax	= Kecapatan Maximum (km/jam)
Vmin	= Kecepatan Minimum (km/jam)
W	= jarak antara kedua titik antara roda dengan kepala rel
$\alpha$	= Pengaruh kecepatan menurut "Verein" $\frac{v^2}{30.000}$ (v km/jam)

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Transportasi merupakan bagian yang tidak dapat terpisahkan dari kehidupan manusia. Transportasi memiliki hubungan yang erat dengan jangkauan dan lokasi kegiatan manusia, barang-barang, jasa bahan hasil industri. Jika dihubungkan dengan kehidupan dan kegiatan manusia, transportasi juga mempunyai peranan yang signifikan dalam aspek-aspek sosial, ekonomi, lingkungan, politik dan pertahanan keamanan.

Tersedianya transportasi yang baik dalam kehidupan masyarakat merupakan harapan besar demi tercapainya peningkatan ekonomi masyarakat. Sistem transportasi dalam masyarakat dapat dikatakan baik apabila transportasi tersebut dapat memberikan pelayanan yang aman, nyaman, cepat dan efisien. Terciptanya sistem transportasi yang baik tersebut akan dapat tercapai apabila ada kesesuaian antara penyediaan sarana dan prasarananya. Alasannya sarana dan prasarana transportasi merupakan hal yang saling berkaitan dan tidak akan dapat dipisahkan. Sarana transportasi yang baik tidak akan berfungsi secara efektif jika tidak didukung dengan prasarana yang baik pula. Dengan terciptanya sebuah sistem transportasi yang baik, maka masyarakat akan lebih tertarik menggunakan moda transportasi publik. Semakin besar jumlah masyarakat yang lebih menggunakan moda transportasi publik, maka angka kemacetan, sembrautnya lalu lintas akibat peningkatan angkutan pribadi dan tingkat polusi akan semakin berkurang.

Kereta api sebagai salah satu moda transportasi publik, merupakan sarana transportasi yang belakangan ini menjadi alternatif pemilihan moda yang sangat efektif dalam kehidupan masyarakat. Alasannya kereta api dianggap sebagai salah satu moda transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus, terutama dalam kemampuannya untuk mengangkut, baik orang maupun barang secara masal, menghemat energi, menghemat penggunaan ruang, tingkat pencemaran yang rendah, serta lebih efisien dibandingkan dengan moda

transportasi jalan untuk angkutan jarak jauh dan untuk daerah yang padat lalu lintasnya seperti angkutan perkotaan.

Provinsi Sumatera Utara merupakan salah satu daerah yang menggunakan moda transportasi kereta api dengan panjang lintas operasional 388,782 kilometer. Jalan rel ini menghubungkan stasiun sebagai stasiun pusat dan stasiun Rantau Prapat sebagai stasiun terjauh dalam operasional jalan rel di Sumatera Utara. Jalan rel di Sumatera Utara, yang menghubungkan antara stasiun ke stasiun merupakan jalan rel yang berada dalam wilayah operasi Divisi Regional I Sumatera Utara. PT. Kereta Api Indonesia khususnya DIVRE I SU ini merupakan jalan rel yang setiap hari dilintasi untuk pengangkutan penumpang dan barang, pengangkutan hasil industri dan perkebunan serta pengangkutan bahan bakar minyak. Dalam pelayanannya jalan rel tersebut tentu akan mengalami penurunan kualitas pelayanan akibat beban lintas yang setiap hari melewati jalan rel tersebut.

Undang-undang nomor 23 tahun 2007 tentang perkeretaapian menyatakan bahwa kereta api sebagai salah satu moda transportasi akan dapat berfungsi dengan baik jika disertai dengan penanganan dan pemeliharaan yang maksimal. Peraturan menteri perhubungan nomor 31 dan nomor 32 tahun 2011 tentang standar dan tata cara perawatan prasarana perkeretaapian juga menjelaskan tentang pentingnya pemeliharaan prasarana kereta api sebagai salah satu usaha terciptanya moda transportasi yang aman, nyaman, cepat dan efisien. Dengan demikian semakin jelas bahwa penyelegaraan sistem transportasi yang baik akan dapat tercapai, jika terdapat keseimbangan antara pengadaan sarana dan prasarana transportasi dengan pemeliharaan sarana dan prasarana transportasi.

Sehingga kebutuhan pemeliharaan merupakan hal mutlak yang harus dipenuhi agar jalan rel dan lengkung tetap dalam keadaan layak dan aman untuk dilewati selama umur perencanaan pelayanan jalan rel kereta api. Kebutuhan pemeliharaan jalan rel di jalur lengkung dapat berupa pemeliharaan rutin terhadap struktur jalan rel kereta api yang mungkin mengalami penurunan kualitas akibat beban lintas kereta api.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut di atas, maka diperlukan studi Evaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api Di Km.1+065 – Km.1+279 Terhadap

Kecepatan Kereta Api dan analisa untuk mengetahui kebutuhan pemeliharaan tahunan jalan rel (lengkung) dengan analisa kemiringan lengkung, lintas Medan-Araskabu Jalan Pandu - Jalan Sisingamangaraja.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dengan latar belakang tersebut di atas, maka yang menjadi permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Berapakah kemiringan lengkung di km.1+065 – km.1+279 lintas Medan – Araskabu?
2. Berapakah kecepatan kereta api saat melintas di jalur lengkung km.1+065 – km.1+279 lintas Medan-Araskabu?

## **1.3. Ruang Lingkup**

Agar pembahasan dan penyusunan skripsi terarah dan tidak menyimpang dari pokok permasalahan adapun batasan masalah dalam studi ini adalah:

1. Lokasi penelitian yang dipilih dalam penelitian ini adalah jalan rel di jalur lengkung km.1+065 – km.1+279 lintas Medan-Araskabu Jalan Pandu – Jalan Sisingamangaraja.
2. Lengkung yang diteliti adalah kemiringan lengkung dan kecepatan kereta api diatas kemiringan jalur lengkung di km.1+065 – km.1+279.
3. Mekanisme pembahasan dilakukan berdasarkan laporan pemeliharaan PT Kereta Api Indonesia dan tidak melakukan hasil uji kecepatan kereta api di jalur lengkung.
4. Dalam penelitian ini membahas mengenai pemeliharaan lengkung dengan menggunakan data opname PT. KAI untuk analisis kebutuhan pemeliharaan lengkung untuk mengembalikan fungsinya untuk pemeliharaan dengan rutin.

## **1.4. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besar kemiringan dijalur lengkung di km.1+065 – km.1+279 lintas Medan-Araskabu dengan metode geometri jalan rel (peraturan dinas).
2. Untuk mengetahui seberapa besar kecepatan kereta api saat melintas dijalur lengkung di km.1+065 – km.1+279 lintas Medan-Araskabu.

## **1.5. Manfaat Penelitian**

### **1.5.1. Manfaat Teoritis**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi mengenai pelaksanaan pemeliharaan lengkung, memberikan wacana dalam aplikasi ilmu pengetahuan khususnya ilmu bidang transportasi dalam mekanisme sistem pemeliharaan lengkung, serta memberikan bahan pertimbangan pada pihak terkait khususnya dinas perhubungan, mengenai kesesuaian pengaruh lengkung kereta api di km.1+065-km.1+279 terhadap kecepatan kereta api lintas Medan - Araskabu.

### **1.5.2. Manfaat Praktis**

Manfaat praktis dari penelitian ini ialah mendapatkan hasil berupa data mengenai hasil dari evaluasi kesesuaian pengaruh lengkung kereta api di km.1+065-km.1+279 terhadap kecepatan kereta api lintas Medan – Araskabu.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan disusun agar pembahasan lebih terarah dan tetap menjurus pada pokok permasalahan dan kerangka isi. Dalam tugas akhir ini sistematika penulisan disusun dalam 5 (Lima) bab yang secara berurutan menerangkan hal-hal sebagai berikut:

## BAB1: PENDAHULUAN

Bab ini berisikan pendahuluan yang menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

## BAB2: TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan bab yang menguraikan uraian dari beberapa teori yang diambil dari berbagai literatur yang relevan dari berbagai sumber bacaan yang mendukung analisa permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

## BAB3: METODOLOGI PENELITIAN

Merupakan bab yang membahas tentang pendeskripsian dan langkah-langkah kerja serta tata cara yang akan dilakukan untuk mengetahui kemiringan lengkung yang ada di jalan rel.

## BAB4: ANALISA DATA

Merupakan bab yang membahas tentang hasil-hasil yang diperoleh dari pengumpulan data-data yang diperlukan, selanjutnya data-data yang didapat mengenai kemiringan lengkung diolah dengan menggunakan metode analisa yang digunakan.

## BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab yang mengemukakan kesimpulan dari metode analisa yang didapatkan dan memberikan saran-saran yang diperlukan.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Kereta Api**

Menurut peraturan menteri nomor 47 tahun 2014, kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api. Sedangkan perkeretaapian adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api.

KA (kereta api) merupakan salah satu alat transportasi yang dapat mengangkut penumpang dalam jumlah besar (masal), memiliki kenyamanan keselamatan perjalanan yang lebih baik dan lebih sedikit halangannya dibandingkan dengan transportasi lain. Dalam upaya meningkatkan layanan jasa angkutan jalan rel pemerintah menempuh kebijakan sebagai berikut:

- a. Mengarahkan pengembangan perkeretaapian sebagai angkutan masal dan jarak jauh untuk mengurangi kemacetan dan kerusakan jalan antara lain dengan kereta api berteknologi tinggi.
- b. Mengembangkan kapasitas jaringan kereta api secara bertahap menuju rel ganda dan mengaktifkan fungsi lintas yang potensial.
- c. Meningkatkan kemudahan dan kenyamanan dalam pelayanan bagi penumpang, penjual karcis dan penambahan fasilitas umum pada kereta api dan Stasiun.
- d. Meningkatkan efisiensi dan perbaikan pelayanan angkutan penumpang antar kota.

#### **2.2. Sifat dan Karakteristik Angkutan Kereta Api**

Kereta api dapat dibedakan menurut sifatnya masing-masing, berikut ini adalah jenis-jenis kereta api yang dibedakan dari sifatnya antara lain:

- a. Kereta api biasa, adalah kereta api yang perjalanannya tertulis di dalam grafik perjalanan kereta api, tertulis dalam daftar waktu dan berjalan setiap hari yang ditentukan dalam grafik dan dalam daftar waktu.
- b. Kereta api fakultatif, adalah kereta api yang perjalanannya tidak tertulis di dalam grafik perjalanan kereta api dan tertulis dalam daftar waktu tetapi hanya dijalankan apabila dibutuhkan.
- c. Kereta api luar biasa, adalah kereta api yang perjalanannya tidak tertulis di dalam grafik perjalanan kereta api dan tidak tertulis di dalam daftar waktu tetapi ditetapkan menurut keperluan.

Moda angkutan kereta api memiliki keunggulan dan kelemahan dalam melakukan fungsinya sebagai salah satu moda angkutan untuk barang dan atau orang. Adapun keuntungan angkutan kereta api dapat dijelaskan, antara lain:

- a. Moda angkutan jalan rel adalah tipe moda angkutan yang memungkinkan jangkauan pelayanan orang /barang dalam jarak pendek, sedang dan jauh dengan kapasitas yang besar (angkutan masal).
- b. Energi yang digunakan relatif kecil, bahkan dengan dikembangkan tenaga penggerak baterai dari sumber listrik yang memungkinkan penggunaan hemat energi.
- c. Keandalan waktu yang cukup tinggi sehingga kecepatan lebih relatif konstan dan keselamatan perjalanan akan lebih baik dibandingkan moda lain, karena mempunyai jalur (*track*) dan fasilitas terminal tersendiri.
- d. Biaya total variabel (biaya operasional) perhitungan perhari cukup tinggi, namun biaya variabel dalam per ton tiap km sangat rendah (karena kapasitas angkut cukup besar) dibandingkan dari perkembangan moda.

Di dalam keuntungan, kereta api juga memiliki kerugian antara lain:

- a. Memerlukan fasilitas dan infrastruktur khusus yang tidak bisa digunakan oleh moda angkutan lain, sebagai konsekuensinya perlu penyediaan alat angkut yang khusus (gerbong dan lokomotif).
- b. Investasi yang dikeluarkan cukup tinggi karena kereta api memerlukan perlakuan khusus dalam proses perawatan.
- c. Pelayanan jasa orang/barang hanya terbatas pada jalurnya (tidak *door to door*).

- d. Bila ada hambatan (kecelakaan) pada jalur tersebut, maka tidak dapat segera dialihkan ke jalur lainnya.

### 2.2.1. Lokomotif (*locomotive*)

Lokomotif merupakan sumber penggerak utama yang terdiri dari lok tenaga uap, diesel dan elektrik. Perkembangan teknologi selanjutnya tidak hanya dipusatkan pada satu jenis lokomotif saja melainkan dibagi pada beberapa jenis kereta seperti Kereta Rel Diesel (KRD) dan Kereta Rel Listrik (KRL). Jenis lokomotif di Indonesia dibedakan sesuai dengan penggunaan jumlah gandarnya. Jenis lokomotif dibedakan berdasarkan:

#### 1. Lokomotif BB

Lokomotif ini berarti beban bertumpu oleh dua *bogie* yang masing- masing *bogie* terdiri dari dua gandar dengan berat kosong 48 ton dan berat siap 52 ton. Satu gandar disini terdiri dari dua roda yang saling tersambung. Lokomotif tipe BB 301 25 dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Lokomotif tipe BB 301 25 (Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No.: KM 31 tahun 2011).

## 2. Lokomotif CC

Lokomotif ini memiliki dua *bogie* yang terdiri dari masing-masing tiga gandar. Setiap gandar terdiri dari dua roda dengan berat kosong 78 ton dan berat siap 84 ton. Perhitungan distribusi gaya berat lokomotif CC menjadi beban gandar seperti halnya perhitungan pada lokomotif BB. Lokomotif tipe CC 201 56 dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan lokomotif tipe CC 201 83 70 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2: Lokomotif tipe CC 201 56 (Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No.: KM 31 tahun 2011).



Gambar 2.3: Lokomotif tipe CC 201 83 70 (Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No.: KM 31 tahun 2011).

### 2.2.2. Kereta (*Car/Coach*) dan Gerbong (*Wagon*)

Pengertian dari kereta sendiri adalah kendaraan yang sebagian atau seluruhnya dipergunakan untuk mengangkut penumpang, bagasi, dan kiriman pos. Gerbong adalah kendaraan yang khusus dipergunakan untuk mengangkut barang dan atau binatang. Terdapat tiga gerbong yang banyak dipakai yaitu gerbong tertutup, tangki dan datar.

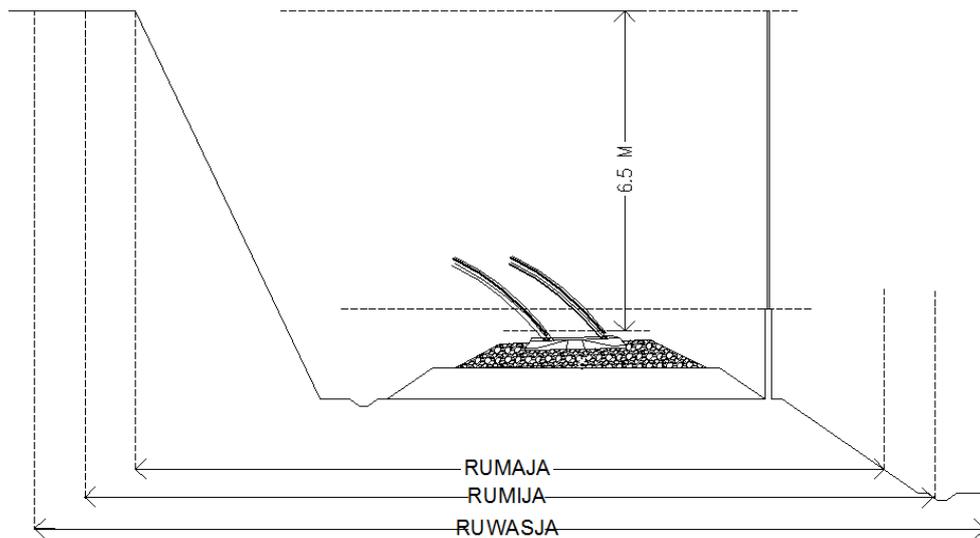
Terdapat berbagai tipe kereta dan gerbong yang pemakaiannya tergantung pada jumlah dan jenis orang/barang yang diangkut. Bagian terpenting dari kereta adalah badan kereta/gerbong, kerangka dasar dan *bogie*.

*Bogie* merupakan bagian kereta yang menghubungkan kerangka/badan kereta/gerbong dengan jalan rel. *Bogie* berfungsi sebagai pengaman perjalanan sekaligus memberikan kenyamanan kepada penumpang dan peredam energi diantara badan kereta/gerbong dengan rel.

Fasilitas penunjang kereta api adalah segala sesuatu yang melengkapi penyelenggaraan angkutan kereta api yang dapat memberikan kemudahan serta kenyamanan bagi pengguna jasa angkutan kereta api. Sedangkan untuk mendukung pengoperasian sarana kereta api diperlukan prasarana kereta api yang meliputi:

#### 1. Jalan Kereta Api (Jalan Rel)

Jalan kereta api, yaitu jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan rel dimana jalan rel adalah satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton, atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, di bawah, dan di atas tanah atau bergantung beserta perangkatnya. Fungsinya untuk mengarahkan jalannya kereta api, yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api, termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api seperti jembatan, bangunan hikmat untuk drainase, *underpass* dan *fly over* dan terowongan. Ruang bebas jalan rel dapat dilihat pada Gambar 2.4, Gambar 2.5, ruang muat jalan rel dapat dilihat pada Gambar 2.6, Gambar 2.7, dan penampang melintang jalan dapat dilihat pada Gambar 2.8, serta untuk kecepatan berdasarkan standart operasional prosedur (SOP) dapat dilihat pada Tabel 2.1.



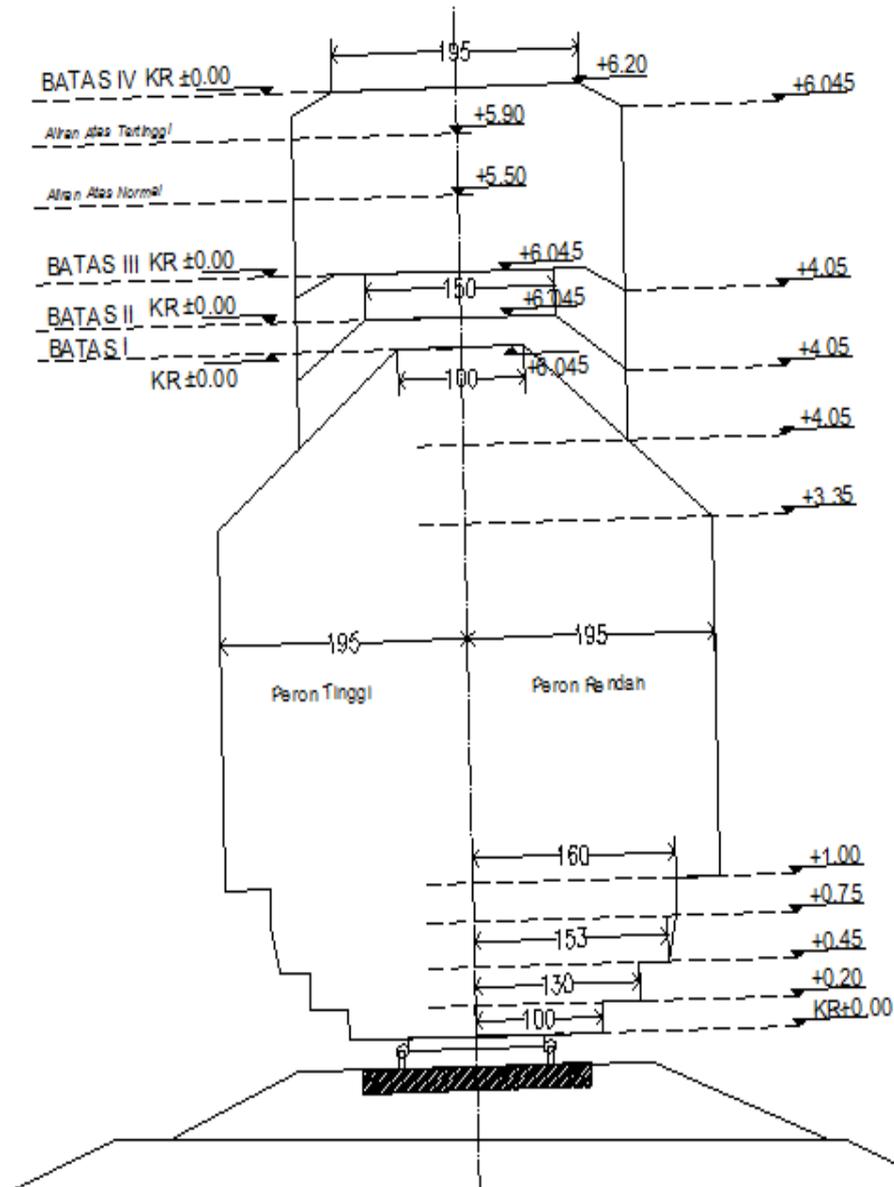
Gambar 2.4: Ruang bebas jalan rel *Single Track* ( UU RI No.23 Tahun 2007 & PP No.56 Tahun 2009 ).

Keterangan :

1. Batas Ruang:

- a. As Track - Rumaja : Ukuran Tergantung Konstruksi
- b. Rumaja - Rumija : 6 m
- c. Rumija - Ruwasja : 9 m

1. RUMAJA : *Ruang Manfaat Jalur Kereta api*. Ruang manfaat jalur kereta api diperuntukan bagi pengoperasian kereta api dan merupakan daerah yang tertutup untuk umum.
2. RUMIJA : *Ruang milik jalur kereta api*. Adalah bidang tanah dikiri dan dikanan ruang manfaat jalur kereta api yan digunakan untuk pengamanan konstruksi jalan rel.
3. RUWASJA : *Ruang pengawasan jalur kereta api*. Adalah bidang tanah atau bidang dikiri dan dikanan ruang milik jalur kereta api untuk pengamanan dan kelancaran operasi kereta api



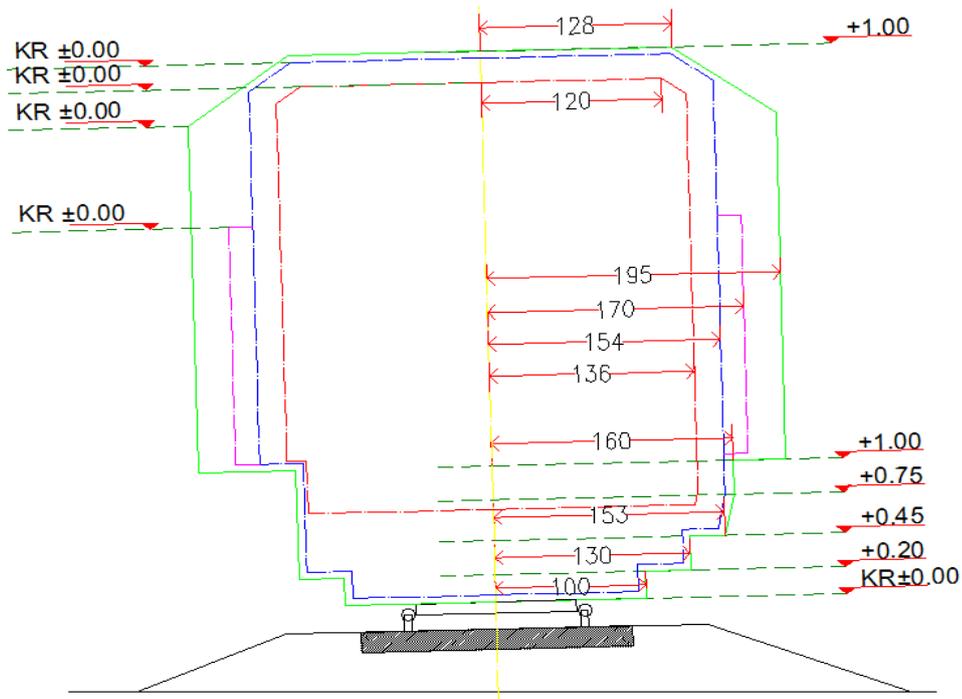
Gambar 2.5: Ruang bebas jalan rel *Single Track* (Peraturan Dinas No.10).

Keterangan :

1. BATAS I : Untuk jembatan dengan kecepatan sampai dengan 60 km/jam
2. BATAS II : Untuk 'Viaduk' dan Terowongan dengan kecepatan sampai dengan 60 km/jam dan jembatan tanpa batas kecepatan.
3. BATAS III : Untuk 'Viaduk' baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan.
4. BATAS IV : Untuk lintas kreta api.

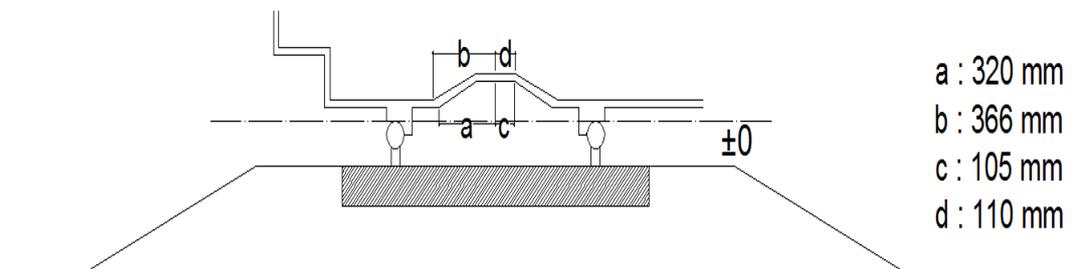
Jarak ruang bangun tersebut ditetapkan sebagai berikut :

- a. Pada Lintas Bebas : 2,35 m sampai 2,53 m dikiri kanan sumbu sepur.
- b. Pada Emplasemen : 1,95 m sampai 2,35 m dikiri kanan sumbu sepur.
- c. Pada Jembatan : 2,15 m dikiri kanan sumbu sepur.



Gambar 2.6: Ruang muat jalan rel *Single Track* (Peraturan Dinas No.10 & Peraturan Dinas No.08).

Khusus sisi bawah untuk lintas bergigi :



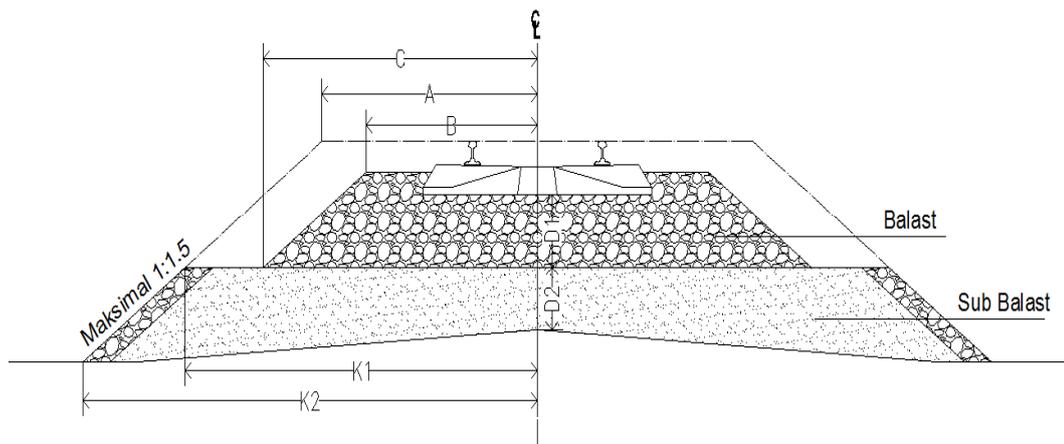
- a : 320 mm
- b : 366 mm
- c : 105 mm
- d : 110 mm

Gambar 2.7: Ruang muat jalan rel *Single Track* lintas bergigi (Peraturan Dinas No.10).

Keterangan :

1. — Profil Ruang Bebas
2. — Profil Ruang Kelonggaran
3. — Profil Ruang Kelonggaran untuk Semboyan KA
4. — Profil Ruang Muatan

Adapun profil jalan rel sebagai berikut:



Gambar 2.8: Penampang melintang jalan (Peraturan Dinas 10).

Tabel 2.1: Kecepatan berdasarkan standart operasional prosedur (Peraturan Dinas No.10).

KELAS JALAN	Vmaks (km/jam)	D1 (cm)	B (cm)	C (cm)	K1 (cm)	D2 (cm)	K2 (cm)	A (cm)
I	120	30	150	235	265-315	15-50	375	185-237
II	110	30	150	235	265-315	15-50	375	185-237
III	100	30	140	225	240-270	15-50	325	170-200
IV	90	25	140	215	240-250	15-35	300	170-190
V	80	25	135	210	240-250	15-35	300	170-190

## 2. Jarak Pandang Masinis Pada Perlintasan Sebidang

Pada perlintasan sebidang antara jalan rel dan jalan raya harus tersedia jarak pandang yang memadai bagi kedua belah pihak, terutama bagi pengendara kendaraan. Daerah pandangan pada perlintasan merupakan daerah pandang segitiga dimana jarak-jaraknya ditentukan berdasarkan pada kecepatan rencana kedua belah pihak. Jarak-jarak minimum untuk berbagai kecepatan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Jarak pandang masinis pada perlintasan sebidang (Peraturan Dinas 10).

Kecepatan KA (km/jam)	Kecepatan kendaraan jalan raya (Km/jam)						
	Mulai Bergerak	Sedang Bergerak					
		0	20	40	60	80	100
<i>Panjang pada pihak jalan rel (meter)</i>							
40	185	97	75	78	85	94	105
60	273	145	112	116	127	141	158
80	363	193	150	155	170	188	210
90	409	217	168	174	191	212	237
100	454	241	187	194	212	235	263
110	500	266	206	213	233	259	289
120	545	290	224	233	255	282	319
<i>Panjang pada pihak jalan raya (meter)</i>							
		28	57	102	162	233	322

Daerah pandang segitiga harus bebas dari benda benda penghalang 1.00 meter ke atas. Sudut perpotongan perlintasan sebidang diusahakan sebesar 90° dan bila tidak memungkinkan sudut perpotongan harus lebih besar dari 30°. Kalau akan membuat perlintasan baru, jarak antara perlintasan baru dengan yang sudah ada tidak boleh kurang dari 800 meter, berikut adalah siklus pemeliharaan berkala jalan rel seperti yang tercantum dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Siklus pemeliharaan berkala jalan rel (Peraturan Dinas No.10).

Pekerjaan	Sat	Frekuensi	Per Tahun	Sumber	Penjelasan
		Sp. Raya	Sp. KA		
<i>Pemeliharaan Sambungan</i>					
Penelitian siar rel	Titik	8	4	Perjana, D141	Pemeriksaan berupa siar yang sudah diluar toleransi, depek/aus/cacat, dilakukan juga penelitian rayapan pada rel.
Pelumasan sambungan	Titik	8	4	Perjana, D141	Setiap 1 titik sambungan, masing-masing baut sambung dilepas satu persatu dilumasi dengan oli atau sejenisnya lalu dipasang kencang kembali.
Perbaikan sambungan	Titik	8	4	Perjana, D141	Setiap 1 titik sambungan, dari hasil pemeriksaan perbaiki menurut fungsi, kelengkapannya dan kerusakannya.
<i>Pemeliharaan Rel Gongsol/ Guide Rel</i>					
Pengencangan baut	M'	4		Perjana, D141	Masing-masing baut dikencangkan.
Perbaikan sambungan	M'	4		Perjana, D141	Sambungan yang rusak (menurut fungsi, kelengkapan dan kerusakan) diperbaiki.
<i>Pemeliharaan Rel Gongsol/ Guide Rel</i>					
Lengkung $R \leq 500$	M'	4		R.13 BAB.II. Ps.IV, Perjana, D141	Pemeriksaan dilakukan sesuai dengan jadwal pemeriksaan (siklus lengkung); Periksa papan lengkung di BB dan EB, Patok lengkung per 10m.
Lengkung $500 < R < 1000$	M'	2			

Tabel 2.3: Lanjutan.

Pekerjaan	Sat	Frekuensi	Per Tahun	Sumber	Penjelasan
		Sp. Raya	Sp. KA		
LengkungR ≥1000	M'	1			Tanda/nomor lengkung tiap 10 m (Termasuk tanda BB,ED,MBA, dan ABA pada sisi dalam kiri rel.)

### 2.3. Frekuensi Perjalanan

Frekuensi perjalanan adalah jumlah perjalanan sebenarnya yang telah melewati jalur tertentu. Banyaknya frekuensi yang terjadi dalam satu jalur dapat kita lihat pada Grafik Perjalanan Kereta Api (GAPEKA). Frekuensi keberangkatan rangkaian kereta api bergantung pada tingkat kedatangan dari penumpang ataupun barang yang diangkut. Semakin tinggi tingkat kedatangan maka frekuensi keberangkatan juga akan semakin tinggi. Frekuensi perjalanan kereta api dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Frekuensi rendah ialah maksimum 2 kereta api tiap jam.
2. Frekuensi sedang ialah maksimum 3–5 kereta api tiap jam.
3. Frekuensi tinggi ialah maksimum 6 atau lebih kereta api tiap jam.

### 2.4. Headway dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api

Keselamatan merupakan faktor utama dalam perjalanan kereta api. Prinsip keselamatan perjalanan kereta api adalah dengan membagi suatu ruas jalan rel menjadi beberapa blok yang dibatasi oleh sinyal. Tiap blok hanya boleh ditempati oleh satu kereta pada suatu selang waktu tertentu. Sebelum KA memasuki suatu blok sinyal, lampu maupun *semaphore* menunjukkan keadaan blok yang dimasuki. Satuan *headway* adalah menit per kereta api (menit/KA). *Headway* minimum dalam suatu jarak dan jalan/blok dapat dihitung dengan cara simulasi pada diagram waktu-ruang atau grafik berdasarkan data sarana dan prasana lapangan. Berikut perhitungan klasifikasi untuk kelas jalan rel dapat dilihat pada Tabel 2.4.

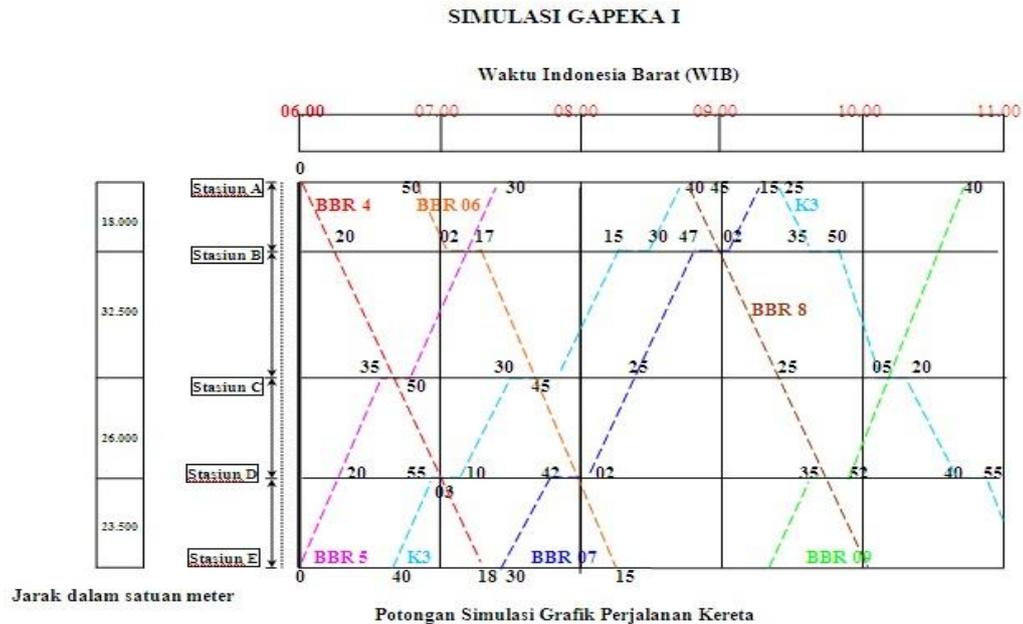
Tabel 2.4: Perhitungan klasifikasi untuk kelas jalan rel (Peraturan Dinas No.10).

Kelas	Rel	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan Izin (Kg/cm <sup>2</sup> ) (Menurut JNR)
II	R.54	1146	1325
	R.50	1236	
III	R.54	1097	1663
	R.50	1183	
	R.42	1474	
IV	R.54	1048	1843
	R.50	1130	
	R.42	1409	
V	R.42	1343	1843

## 2.5. Grafik Perjalanan Kereta Api (GAPEKA)

Gapeka merupakan daftar perjalanan kereta api dalam bentuk grafis. Jadwal antara satu dengan jadwal kereta lainnya tidak dapat berdiri sendiri karena sangat erat kaitannya dengan jadwal perjalanan lainnya, terutama pada sepur tunggal dimana kereta yang satu hampir pasti harus berpotongan dengan jadwal kereta lainnya. Cara terbaik dalam merencanakan perjalanan kereta api adalah dengan menggambarkan garis perjalanan kereta pada sebuah grafik dua dimensi, dengan demikian dapat diketahui tempat persilangan antara perjalanan kereta.

Bentuk Gapeka adalah berupa suatu grafik 2 dimensi yang terdiri dari waktu sebagai sumbu X dan tempat pemberhentian sebagai sumbu Y. Dalam Gapeka, perjalanan dari suatu rangkaian kereta api dimodelkan sebagai garis linier dengan kemiringan tertentu dan bentuk tertentu untuk setiap perjalanan kereta api. Kemiringan ini dipengaruhi oleh kecepatan dari suatu perjalanan kereta api, semakin besar sudut kemiringan yang dibentuk menunjukkan bahwa kecepatan kereta api semakin tinggi. Contoh grafik perjalanan kereta api dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9: Grafik perjalanan kereta api (PT.KAI 2017).

## 2.6. Pemeliharaan Jalan Rel

Pemeliharaan jalan rel merupakan kegiatan pengawasan, pemeriksaan dan perbaikan yang dilakukan oleh PT Kereta Api Indonesia untuk mempertahankan, memulihkan dan meningkatkan kualitas pelayanan struktur jalan rel agar tetap dapat beroperasi. Pemeliharaan yang dilakukan oleh PT. Kereta Api Indonesia (persero) terbagi atas dua kategori utama, yaitu pemeliharaan berkala dan perbaikan untuk mengembalikan fungsi. Pemeliharaan berkala adalah tindakan pencegahan yang terdiri dari pemeliharaan harian, bulanan dan tahunan. Pemeliharaan untuk mengembalikan fungsi dilakukan apabila komponen pada lintas jalan rel dianggap tidak lagi memenuhi atau dapat mengganggu operasional kereta api sehingga diperlukan penggantian ataupun penambahan komponen guna penyesuaian kebutuhan lintas operasi (Peraturan Menteri Perhubungan No.32 Tahun 2011).

Kondisi geometrik jalan rel yang baik sangat diperlukan untuk kenyamanan dan keamanan perjalanan kereta api. Beban lintas, peristiwa alam ataupun kemungkinan sabotase jalan rel akan mengakibatkan perubahan bentuk geometrik jalan kereta api. Selain itu perubahan bentuk geometri jalan rel, kehilangan ataupun kerusakan komponen jalan rel akan berakibat risiko kecelakaan apabila

tidak dilakukan pemeliharaan pada jalan rel. Dalam operasional jalan rel kegiatan pemeliharaan jalan rel dilakukan dalam dua jenis, yaitu pemeliharaan jalan rel terencana (pemeliharaan berkala) ataupun pemeliharaan jalan rel yang bersifat mendadak (*urgently*). Pemeliharaan berkala misalnya, pemeliharaan harian, pemeliharaan mingguan, pemeliharaan bulanan ataupun pemeliharaan tahunan jalan rel. Sedangkan pemeliharaan yang bersifat mendadak dapat berupa penggantian komponen struktur jalan rel akibat bantalan yang patah, pemotongan dan penggantian rel aus, penggantian balas mati serta longsor pada badan jalan rel. Dari setiap laporan pemeliharaan jalan rel ini dapat dilihat kualitas pelayanannya selama operasional jalan kereta api.

Pemeliharaan yang dilakukan di Indonesia apabila dibandingkan dengan beberapa pelaksanaan pemeliharaan jalan rel dengan negara lain, misalnya India dan Amerika Serikat terdapat persamaan pelaksanaan pemeliharaan jalan rel. Persamaan itu mencakup pelaksanaan pemeliharaan berkala yang bersifat pemeliharaan harian, bulanan dan tahunan. Perbedaan pelaksanaan pemeliharaan jalan rel terdapat teknis, sarana dan prasarana pemeliharaan. Penyebab dari perbedaan tersebut adalah factor kondisi lingkungan, iklim, jenis rel yang digunakan, jenis bantalan yang serta teknologi pemeriksaan dan pemeliharaan yang digunakan dalam system pemeliharaan jalan rel pada masing-masing negara tersebut.

Persamaan lain yang terdapat dalam pemeliharaan jalan rel antara Indonesia, India dan Amerika Serikat tersebut adalah terdapatnya persamaan dalam penentuan item-item pengawasan mengenai kualitas jalan rel. Perbedaannya terdapat pada jenis dan ukuran komponen jalan rel yang akan dipelihara. Misalnya untuk *Indian Railways Peramanent Way Manual*, standar pemeliharaan jalan rel India dan *Railroad Track Maintanance & Safety Standards, Unified Facilities Criteria* (UFC), standar pemeliharaan Amerika Serikat toleransi keausan pada kepala rel sekitar 5/8 inch (13-15 mm), di Indonesia toleransi keausan antara 10 - 15 mm bergantung pada tipe rel yang digunakan pada setiap lintas jalan rel. Persamaan lain yang terdapat pada pemeliharaan berkala antara Indonesia, India dan Amerika Serikat antara lain pada pemeliharaan lengkung, pemeliharaan

drainase, pemeliharaan rel, serta pemeliharaan lingkungan yang terdapat pada lintas operasional kereta api.

Namun untuk standar pemeliharaan antara ketiga negara tersebut, Indonesia memaparkan secara jelas mengenai nilai koefisien dan frekuensi pemeliharaan sehingga dapat dengan mudah dihitung kebutuhan pemeliharannya. Terdapatnya persamaan dalam pemeliharaan jalan rel antara Indonesia dengan negara lain, umumnya karena di Indonesia sistem dan manajemen pemeliharaan jalan rel yang dilaksanakan mengadopsi standar dan metode yang berlaku di negara lain, namun disesuaikan dengan keadaan iklim kebutuhan jalan rel di Indonesia.

### **2.6.1. Pekerjaan Pemeliharaan Rel**

Pekerjaan pengawasan untuk pemeliharaan rel dibagi atas beberapa pekerjaan pengawasan, antara lain:

#### **a. Pemeriksaan Siar Rel**

Pemeriksaan Siar Rel merupakan pemeriksaan celah yang terdapat diantara sambungan rel. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mencegah terjadinya patah pada sambungan rel akibat beban yang melintasinya. Penelitian siar rel meliputi:

1. Pengukuran nilai atau lebar siar rel
2. Pengukuran dilakukan pada kondisi siar rel yang defect, cacat, dan aus
3. Frekuensi pemeriksaan dilakukan 8 kali dalam 1 tahun untuk sepur raya dan 4 kali dalam 1 tahun untuk sepur KA
4. Standar JO untuk pekerjaan ini adalah 0.25 Jam/Titik artinya 1 titik pemeriksaan siar rel dikerjakan dalam 0.25 jam, (1 Titik = 15 menit) atau (1 Jam untuk 4 titik)
5. Volume yang dirawat adalah seluruh titik siar rel yang terdapat pada rel kanan dan kiri

Penjelasan volume yang dirawat untuk pekerjaan penelitian siar rel pada sepur raya dan sepur KA sebagai berikut:

1. Volume yang dirawat adalah seluruh titik sambungan pada sepur raya

2. Titik Sambungan yang dimaksud adalah titik sambungan yang menggunakan pelat sambung, sedangkan sambungan dengan las tidak dihitung pada analisa ini
3. Pekerjaan pemeliharaan sambungan ini (angkatan/listringan) disarankan dengan manual.

b. Pelumasan Sambungan

Frekuensi pemeliharaan pelumasan sambungan ini dilakukan 8 kali dalam 1 tahun untuk sepur raya dan 4 kali dalam 1 tahun untuk sepur KA. Volume yang dirawat adalah seluruh titik sambungan dengan pelat sambung yang terdapat pada rel kanan atau kiri. Standar JO untuk pekerjaan ini adalah 10 titik pelumasan dilakukan dalam waktu 1 jam.

c. Perbaikan Sambungan

Frekuensi pemeliharaan untuk pemeriksaan sambungan adalah 8 kali dalam 1 tahun untuk sepur raya dan 4 kali dalam 1 tahun untuk sepur KA. Pekerjaan yang termasuk dalam pemeriksaan sambungan rel meliputi:

1. Perbaikan kondisi rel pada sambungan yang sudah dalam keadaan *fatigue* (aus)
2. Perbaikan rel yang cacat pada sambungan
3. Perbaikan siar rel yang terlalu lebar
4. Perbaikan plat dan baut sambungan yang kendur, putus dan tidak lengkap
5. Perbaikan tubuh ban yang labil atau amblas pada sambungan

d. Pemeliharaan Rel Gongsol

Rel gongsol merupakan konstruksi rel yang dipasang pada lengkung (rel dalam) radius  $R \leq 250$  meter, yang berfungsi untuk mengurangi keausan rel luar. Pekerjaan pemeliharaan yang termasuk dalam pemeliharaan rel gongsol antara lain:

1. Pengencangan baut pada rel gongsol

Frekuensi pekerjaan pengencangan baut ini dilakukan 4 kali dalam 1 tahun. Standar JO untuk pekerjaan ini adalah 12 meter diperbaiki dalam 1 jam. Volume yang dirawat pada pengencangan baut rel gongsol ini

adalah sepanjang rel gongsol dikiri atau dikanan pada lengkung (bukan *track*).

2. Perbaikan sambungan rel gongsol

Frekuensi pekerjaan untuk perbaikan sambungan rel gongsol dilakukan tiap 4 kali dalam 1 tahun. Volume yang dirawat adalah sepanjang rel gongsol yang terpasang pada rel (bukan *track*). Standar JO yang ditetapkan untuk perbaikan sambungan rel gongsol adalah tiap 1 meter perbaikan sambungan pada rel gongsol dibutuhkan waktu 5 menit (tiap 1 jam = 12 meter).

e. Pemeliharaan alat penambat

Alat penambat merupakan komponen jalan rel yang berfungsi untuk menambatkan rel dengan bantalan dan menjaga kedudukan rel tetap pada posisinya. Pekerjaan pemeriksaan dan pemeliharaan alat penambat meliputi:

1. Pekerjaan dilakukan dengan berjalan kaki mengamati seluruh alat penambat *rigid* yang ada.
2. Pemeriksaan dilakukan dengan cara uji petik setiap 50 meter dalam 1 kilometer jalan lintas untuk penambat rigid.
3. Pemeriksaan dilakukan yang meliputi penambat yang hilang, rusak ataupun kendor.

Frekuensi pemeriksaan alat penambat dilakukan 4 kali dalam 1 tahun dengan standar JO 20 meter/jam, artinya dalam 1 jam pemeriksaan alat penambat dapat dilakukan sepanjang 20 meter.

Berikut cara menghitung kekuatan rel berdasarkan Pers. 2.1.

$$P = \frac{0,4}{1+\alpha} \times \frac{G}{a} \quad (2.1)$$

Keterangan :

P = Berat gandar lokomotif dalam ton

$$\alpha = \text{Pengaruh kecepatan menurut "Verein"} \frac{v^2}{30.000} \text{ (v km/jam)}$$

G = Berat rel dalam kg/m

A = Jarak bantalan dalam m

f. Lengkung Jalan Rel

Tidak selamanya trace jalan rel selalu dalam lurus, pada kondisi lapangan tertentu atau untuk merubah arah pada lintas bebas terpaksa dibuat lengkungan. Untuk membuat nyaman waktu kereta api melalui lengkungan biasanya didahului oleh lengkung peralihan.

Panjang jarak peralihan diatur sebagai berikut:

$$\ell = 400 \text{ h untuk kecepatan } 45 \text{ km/jam}$$

$$\ell = 600 \text{ h untuk kecepatan } 59 \text{ km/jam}$$

$$\ell = 1000 \text{ h untuk kecepatan } > 60 \text{ km/jam}$$

g. Pengaruh lengkung dan kecepatan

Pada perjalanan melingkar dari suatu kereta api (lengkung melingkar) terdapat kekuatan centrifugal yang arahnya keluar radial. Makin berat KA, besarnya K semakin besar pula, makin cepat perjalan KA, besarnya bertambah kwadratis, makin besar jari-jari lengkung maka makin kecil K. Menurut *Stalsel* tahun 1938, besarnya K dibatasi sampai 4,78% x berat KA, sehingga terdapat rumus – rumus sebagai berikut:

$$1. \text{ Peninggian rel luar h normal} = 6 \frac{v^2}{R} \text{ mm.} \quad (2.2)$$

$$2. \text{ Ordinat lengkung peralihan } \left( Y = \frac{x^2}{C} = \frac{x^2}{6R} \right) \text{ m.} \quad (2.3)$$

$$3. \text{ Peninggian rel luar h min} = \left( 8,86 \frac{v^2}{R} - 54,01 \right) \text{ mm.} \quad (2.4)$$

(V dalam km/jam, R dalam m).

$$4. \text{ Pada h min sama dengan Vmin} = \sqrt{\frac{h \text{ min } x R}{6}} \text{ (km/jam).} \quad (2.5)$$

$$5. \text{ Panjang minimum lengkung peralihan } \left( X_{\text{min}} = 41,15 \frac{v^2}{R} \right) \text{ m.} \quad (2.6)$$

$$6. \text{ Ordinat lengkung } \gamma = \frac{x^2}{6R} \quad (2.7)$$

$$7. \text{ Kecepatan max : Vmax} = 4,3\sqrt{R} \text{ dalam (km/jam)} \quad (2.8)$$

h. Lengkung yang bermuatan penuh

Lengkung yang bermuatan penuh, ialah yang dapat dijalani dengan kecepatan max. ( $V_{max} = 4,3\sqrt{R}$ ). Pada umumnya hal ini terjadi pada lintas bebas (*vrije baan*). Yang dinamakan muatan lengkung (*boogbelasting*) adalah angka yang didapatkan dari  $V : \sqrt{R} \leq 4,3$ . Tidak perlu memakai lengkung peralihan dan cukup dengan jarak peralihan jika  $R \geq \frac{1}{6}v^2$  panjangnya jarak peralihan :

I = 400 h untuk kecepatan 45 km/jam

I = 600 h untuk kecepatan 59 km/jam

I = 1000 h untuk kecepatan > 60 km/jam.

Pada keadaan memaksal I dapat diperkecil dengan memakai  $h < h_n$  sampai  $h_{min}$ . Pengaruh V terhadap bangunan-bangunan hikmat adalah timbulnya koefisien  $\phi$  yang harus dikalikan dengan tekanan gandar lok, dan makin cepat V, makin besar pula  $\phi$  nya =  $1,3(1+0,0065 V)$ .

Pada V = 60 km/jam, maka  $\phi = 1,807$

Pada V = 80 km/jam, maka  $\phi = 1,976$

Pada V = 100 km/jam, maka  $\phi = 2,145$

Dengan bertambahnya tekanan gandar, tebal harus diperbesar dan pecokan/gantoan dibawah bantalan ditempat duduknya rel harus intensip dan kuat, umpama dikerjakan gentoannya dengan alat mesin (*Tamping machine*).

### 2.6.2. Geometri Jalan Rel

Yang dimaksud dengan geometri jalan rel adalah bentuk dan ukuran jalan rel, baik pada arah memanjang maupun arah melebar. Dimana perhitungan metode kerja perbaikan lengkung berdasarkan kecepatan dari radius lengkung sebagai berikut :

1. Berdasarkan nilai V, hitung R min dengan  $R_{min} = 0,054^2V$  (2.9)

2. Hitung nilai anak panah lengkung penuh =  $\frac{50}{R}$  (2.10)

3. Anak panah lengkung peralihan dihitung pertambahannya =  $\frac{6V^2}{R}$  (2.11)

4. Hitung peninggian lengkung peralihan h penuh =  $\frac{Ap\ penuh}{PLA}$ ,

$$\text{pertinggian penuh peralihan} = \frac{h \text{ penuh}}{PLA} \quad (2.12)$$

$$5. \text{ Hitung panjang lengkung alih (PLA)} = 0,01 \cdot h \cdot v \quad (2.13)$$

$$6. \text{ Pengecekan pelebaran sepur (LS) berdasarkan PD.10. } h = \frac{6v^2}{R} \quad (2.14)$$

$$R \geq 600, LS = 0.$$

$$550R < 600, LS = 5$$

$$350R < 550, LS = 10$$

$$350R < 400, LS = 15$$

7. Mengklasifikasikan data lengkung berdasarkan radius untuk menentukan

- Untuk  $300 < R < 1000$  2 kali dalam setahun.

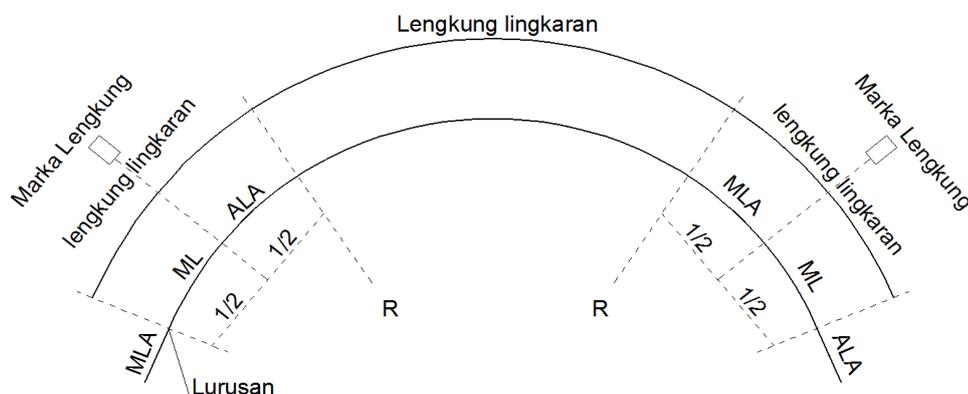
Berikut ini yang meliputi lengkung horizontal, lengkung vertical dan lengkung jembatan.

#### A. Lengkung Horizontal

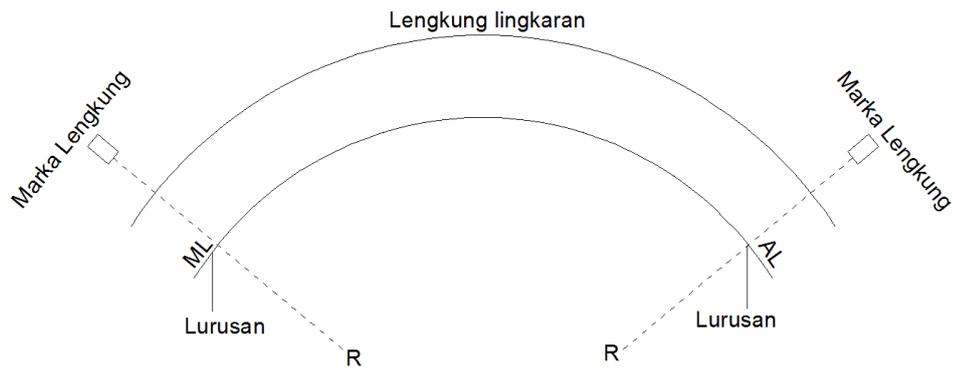
Pada saat kereta api berjalan melalui lengkung horizontal, timbul gaya sentrifugal kearah luar yang berakibat sebagai berikut:

1. Rel luar mendapat tekanan yang lebih besar dibandingkan rel dalam
2. Keausan rel luar akan lebih banyak dibandingkan dengan yang terjadi pada rel dalam
3. Bahaya tergulingnya kereta api.

Lengkung horizontal pada jalan rel dengan lengkung peralihan dapat dilihat pada Gambar 2.10, dan lengkung jalan rel tanpa lengkung peralihan dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.10: Lengkung pada jalan rel dengan lengkung peralihan (Peraturan Dinas No.10A).



Gambar 2.11: Lengkung pada jalan rel tanpa lengkung peralihan (Peraturan Dinas No.10A).

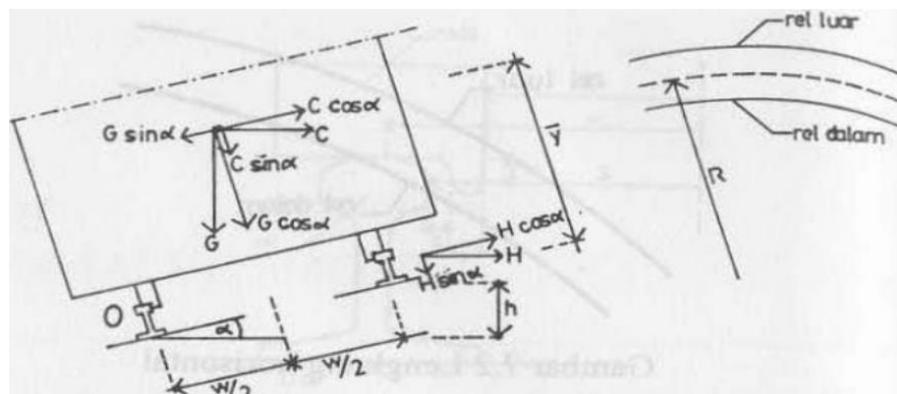
Keterangan :

- MLA : Mulai lengkung alih
- ML : Mulai lengkung
- AL : Akhir lengkung
- ALA : Akhir lengkung alih

Untuk mencegah hal-hal diatas, maka lengkung horizontal perlu diberi peninggi pada luarnya, ada 4 jenis lengkung horizontal sebagai berikut:

1. Lengkung lingkaran

Lengkung lingkaran yang perlu diberikan peninggi pada kedudukan kereta/gerbong/lokomotif pada saat melalui lengkung horizontal dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12: Kedudukan kereta/gerbong/lokomotif pada saat melalui lengkung horizontal (Peraturan Dinas No.10).

Pada gambar diatas, untuk berbagai kecepatan, jari-jari minimum yang digunakan perlu ditinjau dari dua kondisi, yaitu:

- a. Gaya sentrifugal yang timbul diimbangi oleh gaya berat saja.
- b. Gaya sentrifugal yang timbul.

## 2. Lengkung lingkaran tanpa lengkung transisi

Lengkung lingkaran tanpa lengkung transisi dengan persyaratan jari-jari minimum lengkung horizontal dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Persyaratan jari-jari minimum lengkung horizontal (Peraturan Dinas No.10).

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

## 3. Lengkung Transisi

Untuk mengurangi pengaruh perubahan gaya sentrifugal sehingga penumpang kereta api tidak terganggu kenyamanannya, dapat digunakan lengkung transisi yang tergantung pada perubahan gaya sentrifugal tiap satuan waktu, kecepatan, dan jari-jari lengkung lingkaran.

## 4. Lengkung S

Pada dua lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungannya terletak bersambungan akan membentuk suatu lengkung membaik (*reverse curve*) dengan membentuk huruf S yang dikenal dengan lengkung S, dimana harus diberi bagian lurus minimum 20 m diluar lengkung transisi.

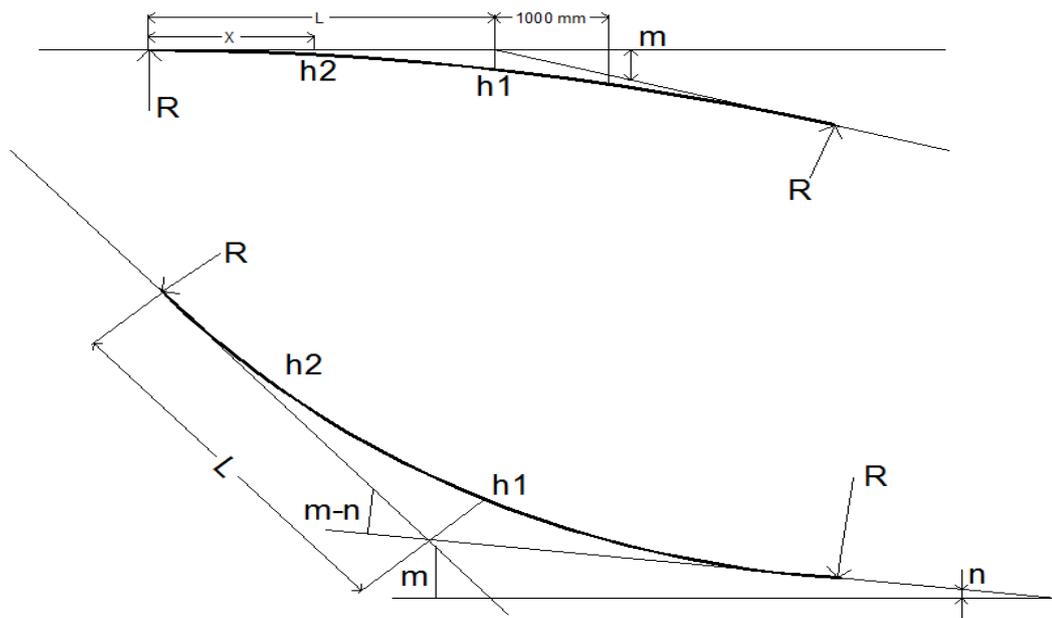
## B. Lengkung Vertical

Pada jalan rel dari bagian datar yang beralih ke landai atau dari bagian landai ke landainya, harus dibuat peralihan berangsur dengan memakai lengkung peralihan vertikal berbentuk lingkaran yang dibuat sebelah menyebelah titik potong antara bagian datar dan bagian landai dengan panjang yang sama, serta besarnya jari-jari minimum lengkung peralihan ditentukan berdasar pada kecepatan rencana sebagian pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Jari-jari minimum lengkung vertikal (Peraturan Dinas 10A).

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-jari minimum lengkung vertikal (meter)
$V \geq 100$	8000
$60 \leq V < 100$	6000
$45 \leq V < 60$	4000
$V < 45$	3000

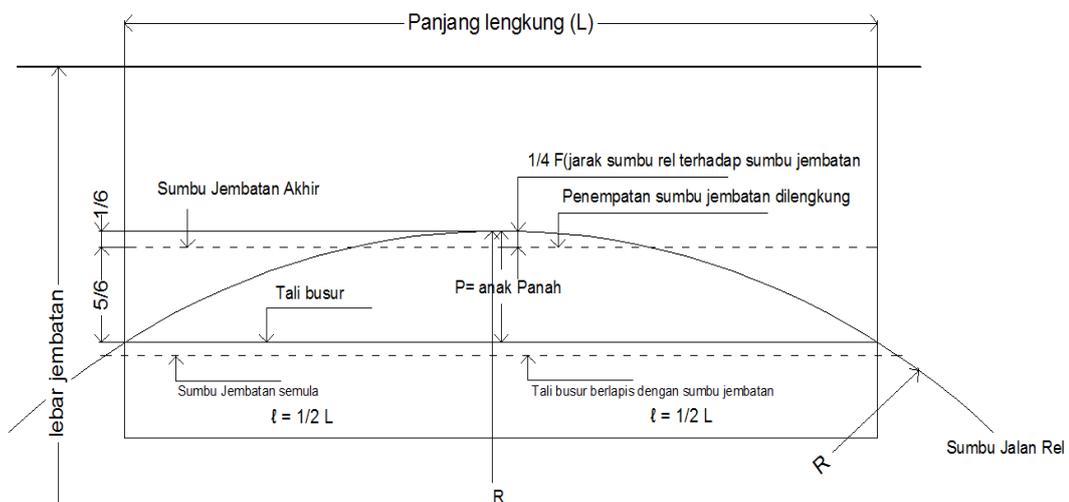
Lengkung peralihan dengan panjang landai peralihan sebelah menyebelah titik potong ( $L$  dalam meter),  $h_1$  (meter) adalah peninggian atau penurunan peralihan pada titik potong,  $h_2$  (meter) adalah peralihan ditengah – tengah antara awal peralihan dengan titik potongan yang harus diangkat atau diturunkan, dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2.13: Landai peralihan lengkung (Peraturan Dinas 10A).

### C. Lengkung Jembatan

Jembatan (rasuk atau dinding) yang terletak dilengkung, sumbu jembatan terletak sejajar dengan tali busur lengkung. Pada jembatan rasuk, jarak sumbu jembatan pada masing-masing ujungnya terhadap tali busur lengkung adalah  $\frac{5}{6}$  panjang anak panah sesuai panjang jembatan tersebut, sehingga jarak sumbu jalan rel terhadap sumbu jembatan ditengah panjang jembatan adalah  $\frac{1}{6}$  dari panjang anak panah tersebut, dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14: Posisi lengkung dijembatan rasuk (Peraturan Dinas 10).

### 2.6.3. Pemeliharaan dengan Pemecokan

Yang termasuk dalam kelompok pekerjaan pemecokan pada pemeliharaan jalan rel antara lain:

#### A. Angkatan dan Listringan untuk Oprit jembatan dan Perlintasan

Pekerjaan angkatan dan listringan merupakan pekerjaan yang dilakukan dengan memeriksa sambungan rel yang menghubungkan jalan rel dengan jembatan ataupun jalan rel pada perlintasan. Alasannya pada titik ini terdapat landai peralihan yang pada umumnya mempunyai elevasi yang lebih tinggi, sehingga sangat besar risiko keausan akibat beban lintas yang melewatinya.

Pemeriksaan dan pemeliharaan angkatan dan listringan pada jembatan atau perlintasan meliputi:

1. Pemeriksaan angkatan yang dilakukan secara manual
2. Angkatan dan listringan dikerjakan setiap 20 meter sepur (m'sp) kanan dan kiri jembatan, total menjadi 40 m'sp pemeriksaan
3. Angkatan dan listringan dikerjakan setiap 20 meter sepur (m'sp) kanan dan kiri perlintasan, total menjadi 40 m'sp pemeriksaan.

Frekuensi kebutuhan pekerjaan untuk angkatan dan listringan dilakukan setiap 6 bulan sekali dalam 1 tahun. Standar JO apabila harus dilaksanakan pekerjaan angkatan dan listringan antara lain:

1. Untuk angkatan yang dilakukan secara manual dilakukan 3 jam/sambungan
2. Untuk angkatan yang dilakukan dengan (alat bantu angkatan HTT) 2 jam/sambungan.

#### a. Pengukuran dengan Optik untuk menyiapkan lahan MTT

Pemeliharaan dengan alat MTT merupakan pekerjaan pemeliharaan untuk memeriksa ataupun memperbaiki struktur bawah jalan rel dengan menggunakan alat mesin pemecokan. Sedangkan pengukuran optik merupakan pemeliharaan sebagai pengawasan geometrik jalan rel agar tidak bergeser akibat beban lintas yang melewatinya.

Frekuensi pemeliharaan ini dilakukan setiap 6 bulan sekali sesuai dengan siklus MTT dan standar JO untuk pekerjaan ini adalah 3 km per 7 jam untuk 3 orang, artinya dalam 7 jam pengukuran dengan optik dapat dilakukan sepanjang 3 km oleh 3 orang.

b. Pemeliharaan Lengkung

Program pemeliharaan lengkung jalan rel dibagi dalam dua bagian utama pemeliharaan yaitu pemeriksaan lengkung dan perbaikan lengkung apabila terdapat kerusakan atau pergeseran. Pemeriksaan lengkung pada jalan rel merupakan tindakan pengukuran nilai anak panah pada lengkung dengan maksud untuk mengetahui kondisi geometri dari lengkung tersebut. Sedangkan perbaikan lengkung merupakan pemeliharaan yang berbentuk tindakan angkatan dan listringan pada lengkung dengan tujuan mengembalikan lengkung pada posisi semula. Volume pemeriksaan dan perbaikan lengkung dihitung sepanjang 25 % total lengkung dalam satuan meter. Alasannya adalah terjadinya kerusakan pada lengkung pada umumnya diasumsikan sepanjang 25 % panjang lengkung jalan rel.

## 2.7. Sistem Pemeliharaan Kereta Api

Untuk menjamin lokomotif dapat beroperasi dengan baik, salah satu factor yang harus diperhatikan adalah *reliability* sistem lokomotif. *Reliability* yang dimaksud adalah kemampuan sistem dapat menjalankan fungsinya selama beroperasi. Agar *reliability* sistem tinggi maka diperlukan kebijakan perawatan berbasis *Reliability Centered Maintenance* serta mengoptimalkan jumlah *repair channel*. Perencanaan kebijakan perawatan berbasis RCM melalui tujuh tahapan, yaitu:

- a. Pemilihan sistem
- b. Pengumpulan informasi
- c. Deskripsi sistem
- d. Fungsi dan kegagalan fungsional
- e. Analisis efek modus kegagalan (*Failure mode effect analysis*)
- f. Analisis pohon logika (*Logic tree analysis*), dan

- g. Temuan tugas (*Task selection*), apabila alternatif perawatan yang tersedia tidak efisien dan efektif untuk diaplikasikan pada sistem.

Secara umum sistem pemeliharaannya dibagi menjadi dua macam, yaitu:

A. Pemeliharaan Terencana (*Scheduled Maintenance*)

Yaitu Pemeliharaan yang dilakukan sesuai jadwal yang telah ditentukan. Pemeliharaan ini dilakukan berdasarkan kalender dan lamanya kereta beroperasi. Pemeliharaan terencana dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Pemeliharaan Kerusakan (*Breakdown maintenance*)

Pemeliharaan yang dilakukan setelah mesin atau komponen rusak, kemudian diganti dengan yang baru.

2. Pemeliharaan Berdasarkan Waktu (*Time based maintenance*)

Pemeliharaan yang dilaksanakan berdasarkan kalender (periodik)

3. Pemeliharaan Berdasarkan Kondisi (*Condition based maintenance*)

Pemeliharaan yang dilaksanakan berdasarkan kondisi mesin atau komponen.

4. Pemeliharaan pencegahan (*Preventive maintenance*)

Pemeliharaan yang dilakukan secara berkala, merupakan gabungan dari *time based maintenance* dan *condition based maintenance*.

B. Pemeliharaan Tidak Terjadwal (*Unscheduled Maintenance*)

Pemeliharaan yang dilakukan diluar pemeliharaan terjadwal, pemeliharaan ini dilakukan jika terjadi hal yang dapat mengganggu kerja kereta api kedepannya, misalnya ketika kereta api tiba-tiba berhenti ditengah jalan, maka dilakukan inspeksi sehingga dapat dianalisis penyebab kerusakannya.

Proses Pemeliharaan pada kereta api merupakan hal yang sangat penting mengingat kerugian yang akan ditimbulkan jika proses tersebut diabaikan. Jika dilihat dari sisi organisasi angkutan yang baik, PT KAI seharusnya mempunyai system perawatan yang dianggarkan secara khusus dan terlepas dari organisasi PT KAI sehingga bisa lebih optimal, Kalau ada yang rusak dapat segera diperbaiki atau memprediksi kemungkinan lainnya. Ini memang bisa menjadi boros, namun

dengan sistem perawatan yang ada saat ini masih potensial menempatkan konsumen sebagai korban. Pemeliharaan tidak hanya dilakukan pada kereta apinya saja, fasilitas-fasilitas yang mendukung berjalannya kereta api perlu dilakukan perawatan, contohnya rel keretayang harus rajin diinspeksi untuk melihat apakah ada rel yang rusak, atau kerusakan pada modul sinyal atau terputusnya kabel konektor sehingga menyebabkan gangguan pada komunikasi data antara stasiun dan kereta api. Semua masalah teknis ini menggilalantaran kualitas perawatan ternyata begitu buruk yang mengakibatkan terjadinya kecelakaan.

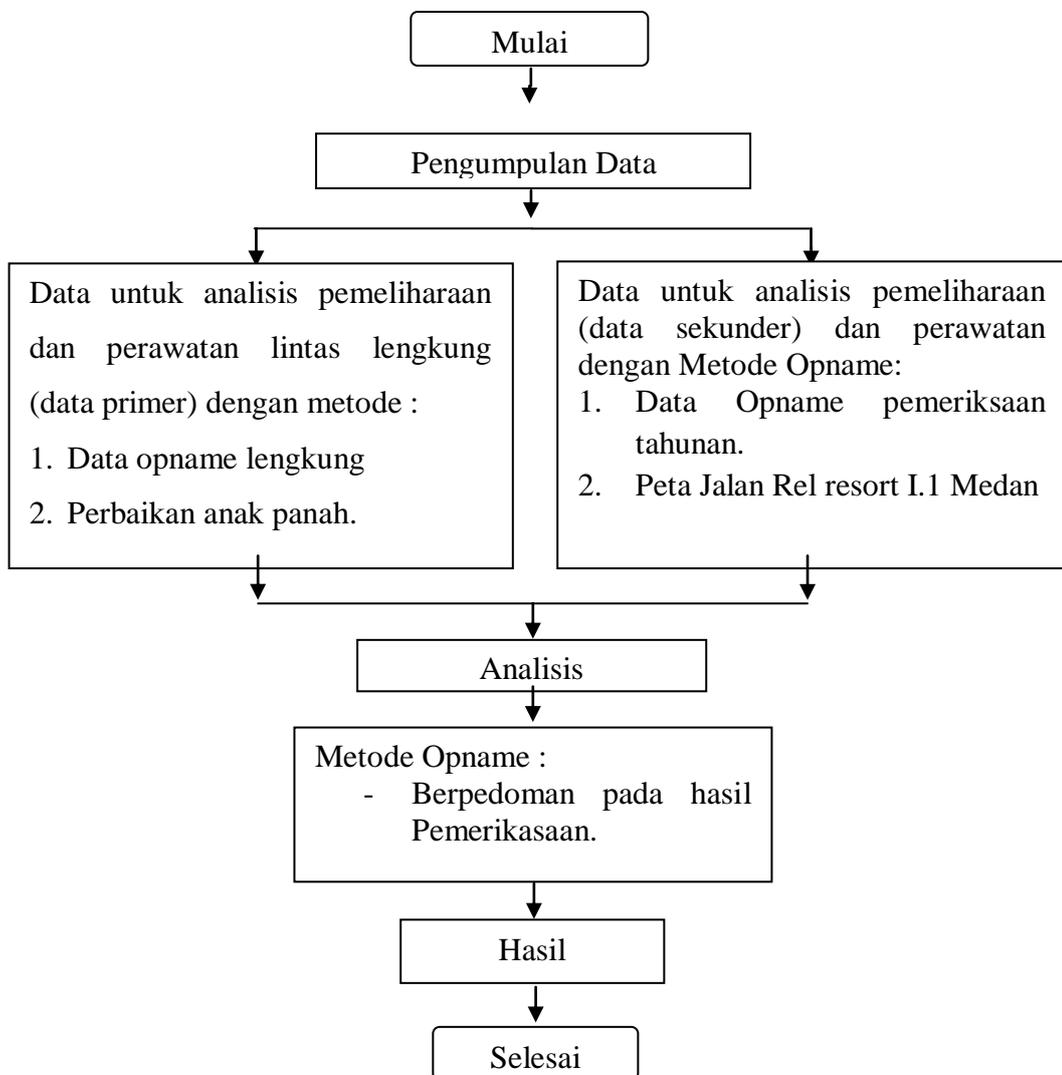
Pemeliharaan jalan rel merupakan kegiatan pengawasan, pemeriksaan dan perbaikan yang dilakukan oleh PT Kereta Api Indonesia untuk mempertahankan, memulihkan dan meningkatkan kualitas pelayanan struktur jalan rel agar tetap dapat beroperasi. Pemeliharaan yang dilakukan oleh PT Kereta Api terbagi atas dua kategori utama, yaitu pemeliharaan berkala dan perbaikan untuk mengembalikan fungsi. Pemeliharaan berkala adalah tindakan pencegahan (Preventif) yang terdiri dari pemeliharaan harian, bulanan dan tahunan.

Pemeliharaan untuk mengembalikan fungsi dilakukan apabila komponen pada lintas jalan rel dianggap tidak lagi memenuhi atau dapat mengganggu operasional kereta api sehingga diperlukan penggantian ataupun penambahan komponen guna penyesuaian kebutuhan lintas operasi (Peraturan Menteri Perhubungan No.32 Tahun 2011). Pemeliharaan untuk mengembalikan fungsi dilakukan dengan menganalisis tegangan yang terjadi pada komponen jalan rel dibandingkan dengan daya angkut jalan rel kereta api.

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Bagan Alir Penelitian

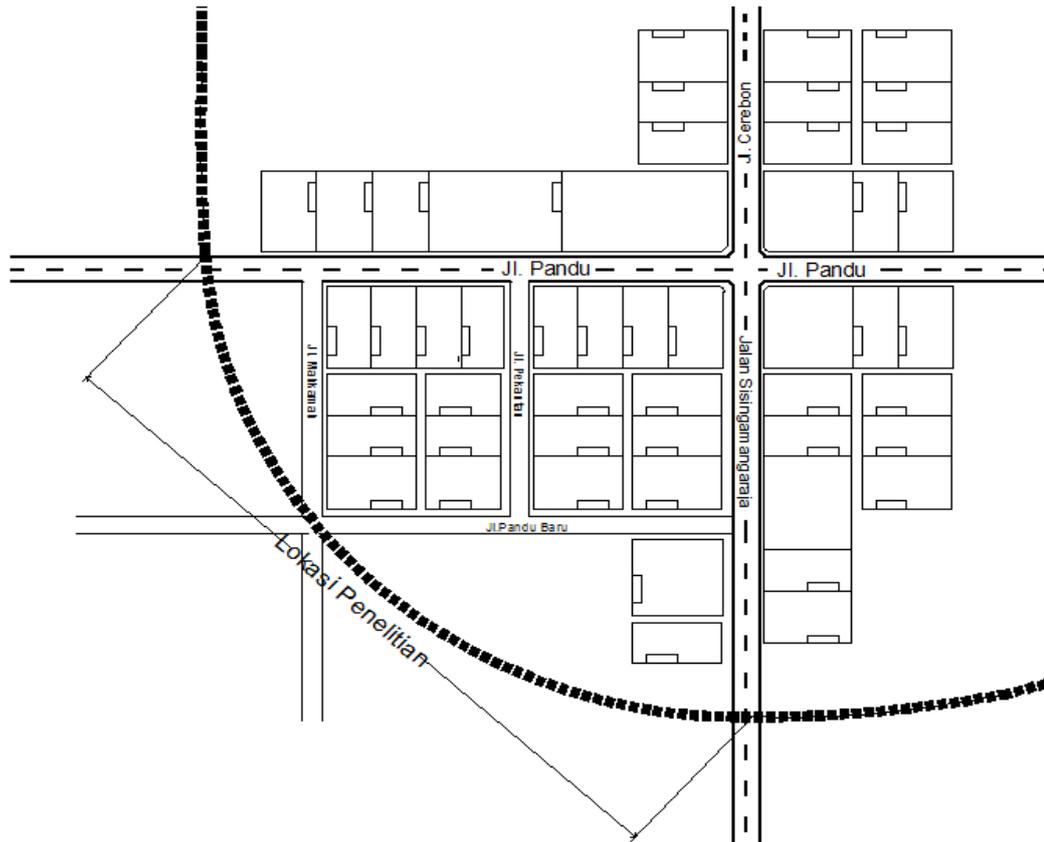
Penelitian ini sifatnya deskriptif, penelitian ini hanya mengkaji dan mengevaluasi komponen jalan rel berdasarkan Pengaruh Kecepatan Lengkung Kereta Api di km.1+065 – km.1+279 Terhadap Kecepatan Kereta Api lintas Medan – Araskabu Jalan Pandu – Jalan Sisingamangaraja. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

### 3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi yang dipilih untuk penelitian yaitu pada ruas jalur kereta api lintas Medan - Araskabu Jalan Pandu - Jalan Sisingamangaraja pada salah – salah waktu kereta api lengang yaitu 15 menit sekali (jam operasional kereta api) tanggal 18 – 19 Desember 2017. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Sket Lokasi Penelitian.

### 3.3. Pengambilan Data

Dalam suatu penelitian tentunya harus memiliki dasar-dasar pembahasan dari suatu objek yang akan diteliti, hal ini sangat berkaitan dengan data-data yang akan dikumpulkan untuk menunjang hasil penelitian tersebut. Data-data yang diperlukan pada tugas akhir terbagi yaitu sebagai berikut:

- Data untuk analisis pemeliharaan dan perawatan lintas lengkung
- Data untuk analisis pemeliharaan dan perawatan.

### **3.3.1. Data untuk analisis pemeliharaan dan perawatan lintas lengkung**

Untuk menunjang hasil yang dianalisis pemeliharaan dan perawatan lintas lengkung yaitu sebagai berikut:

1. Data opname lengkung
2. Perbaikan anak panah.

### **3.3.2. Data untuk analisis pemeliharaan dan perawatan**

Data untuk analisis pemeliharaan dan perawatan adalah data pendukung yang dapat membantu dalam proses kelancaran analisa data pemeliharaan dan perawatan lintas lengkung.

## **3.4. Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini terdiri dari 2 (dua) hal, yaitu:

1. Data untuk analisis pemeliharaan dan perawatan lintas lengkung
2. Data untuk analisis pemeliharaan dan perawatan dengan Metode Opname

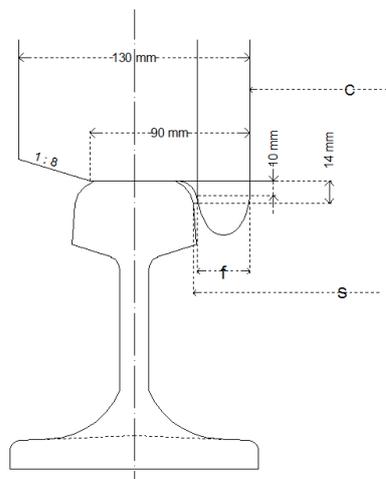
### **3.4.1. Data untuk Analisis**

Survei dilakukan dengan secara mengamati langsung geometri jalan rel kereta api di km.1+065 – km.1+279 survei dilakukan oleh beberapa orang pada titik pengamatan.

## BAB 4 ANALISA DATA

### 4.1. Data Opname Lengkung

Pada bab ini membahas tentang hasil-hasil yang diperoleh dari pengumpulan data-data yang diperlukan, selanjutnya data-data yang didapat mengenai metode kerja perbaikan lengkung. Adapun hubungan antara roda dan rel sebagai pelengkap data, dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Hubungan antara roda dan rel (Peraturan Dinas No.10).

Persamaan :  $S = d + 2.e$

Dimana :  $S =$  Lebar jalan rel (mm)

$d =$  Jarak antar sisi luar flens roda kiri dan kanan (mm)

$e =$  Kelonggaran antara roda rel = 4 mm

$C =$  Jarak antar bagian dua sisi terdalam roda 1000 mm  
(pembuatan +1/ -1, pemeliharaan +3/3).

$f =$  tebal flens roda = 29,5 mm

sehingga  $d = C + 2.f = 1000 + 2 \times 29,5 = 1059$  mm

maka  $S = d + 2.e = 1059 + 2 \times 4 = 1067$  mm,

Bantalan yang digunakan untuk jalur lengkung kereta api di km.1+065 – km.1+279 lintas Medan – Araskabu yaitu bantalan beton R42, kecepatan maksimal 100 km/jam dengan jarak bantalan 0,60 m pada peraturan dinas 10.

$$P = \frac{0,4}{1 + \alpha} \times \frac{42}{0,60} = \frac{0,4}{1 + 0,33} \times \frac{42}{0,60}$$

$$P = \frac{28}{1,33} = \pm 21 \text{ ton, untuk } \alpha = 0,80 \text{ m}$$

$$P = \frac{0,4}{1,33} \times \frac{42}{0,80} = 18 \text{ ton}$$

Jarak pada bantalan sangat mempengaruhi besarnya P.

Adapun standart operasional prosedur (SOP) pemeriksaan lengkung dan laporan lengkung dapat dilihat pada Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan data opname primer lengkung pada Gambar 4.2.

Tabel 4.1: Laporan D.147 untuk data opname primer.

PT.KERETA API (PERSERO)  
DIVRE I SUMATERA UTARA  
DINAS JALAN REL DAN JEMBATAN

Wasi : Jalan Rel A Mdn

**LAPORAN BUSUR (FHOM D.147)**

Hasil Pemeriksaan Busur no. 1 Di Lapangan Km. 1 + 065,65 s/d Km. 1 + 279,77

No Ttk	Letak Pada		Tempat tetap Jembatan ,perlintasan dan wesel	Letak Mba - Aba		Anak Panah ( Tali Busur = m )		Lebar sepur pengukuran	Pertinggian Hasil pengukuran	1/4 Anak Panah	Ket
	Km	Hm		Hasil pengukuran	Hasil perhitungan	Hasil pengukuran	Besar penggeseran hasil perhitungan				
-5											
-4											
-3											
-2						0					
-1						0					
0						5					
1						33					
2						79					
3						150					
4						233					
5						325					
6						330					
7						353					
8						365					
9						392					
10						391					
11						373					
12						378					
13						382					
14						364					
15						371					
16						368					
17						365					
18						365					
19						367					
20						370					
21						371					
22						352					
23						310					
24						252					
25						210					
26						200					
27											



Perhitungan metode kerja lengkung Km. 01+065 s/d Km. 01+279 antara Medan - Bandar Khalifah lintas Medan - Araskabu dapat dilihat dari perhitungan lengkung berdasarkan kecepatan dari radius.

8. Berdasarkan nilai V, hitung R min dengan  $R_{min} = 0,054^2 V$
9. Hitung nilai AP lengkung penuh  $= \frac{50}{R}$ , AP lengkung peralihan dihitung pertambahannya  $= \frac{6V^2}{R}$
10. Hitung peninggian lengkung peralihan h penuh  $= \frac{Ap\ penuh}{PLA}$ , peninggian penuh peralihan  $= \frac{h\ penuh}{PLA}$
11. Hitung panjang lengkung PLA  $= 0,01.h.v$
12. Pengecekan pelebaran sepur (LS) berdasarkan PD.10.
  - $R \geq 600, LS = 0.$
  - $550 R < 600, LS = 5$
  - $350 R < 550, LS = 10$
  - $350R < 400, LS = 15$
13. Mengklasifikasikan data lengkung berdasarkan radius untuk menentukan
  - Untuk  $300 < R < 1000$  2 kali dalam setahun.

#### 4.2.1. Perhitungan Pengaruh Lengkung Dan Kecepatan

$$R = 150 \text{ m}$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

Perhitungan :

- a. h normal  $= 6 \frac{V^2}{150} = 6 \frac{30 \times 30}{150} \text{ mm} = 36 \text{ mm}$
- b. Panjang lengkung peralihan  $X1 = 10.V.hn$ 

$$= 10 \times 30 \times 36$$

$$= 10800 \text{ mm} = 10,80 \text{ m.}$$
- c. Besar Ordinat  $\gamma_1 = \frac{x^3}{C} = \frac{x^2}{6R} = \frac{10,80^2}{6 \times 150} = 0,13 \text{ m}$
- d. Peninggian h min  $= \left( 8,86 \frac{V^2}{R} - 54,01 \right)$

$$= \left( 8,86 \frac{30^2}{150} - 54,01 \right) = 0,85 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Pada } h \text{ min} = V \text{ min} &= \sqrt{\frac{h \text{ min} \times R}{6}} = \sqrt{\frac{(-0,85) \times 150}{6}} \\ &= \sqrt{21,25} = 4,6 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. Panjang lengkung peralihan min} \quad x &= 41,15 \frac{V^3}{R} \\ x &= 41,15 \frac{30^3}{150} = 7407 \text{ mm} = 7,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{g. Ordinat Lengkung} \quad \gamma = \frac{x^2}{6R} = \frac{7,4^2}{6 \times 150} = 8,2 \times 10^{-3}$$

$$\text{h. } V \text{ max} = 4,3\sqrt{150} = 53 \text{ km/jam}$$

Melihat perhitungan tersebut diatas, ternyata pada R tertentu, bila mana h berubah dari h min = 0,85 mm, hn = 36 m sampai h max = 110 mm, kecepatan V berubah pula dari Vmin = 4,6 km/jam, Vnormal = 30 km/jam sampai Vmax = 53 km/jam.

Dan pada wesel 1:10 dengan R = 150 m, V yang diperkenankan max =  $2,47\sqrt{R}$  dimana  $= 2,47\sqrt{150} = 30 \text{ km/jam}$  untuk kecepatan normal pada spoor bengkok.

#### 4.2.2. Perhitungan Untuk Data Opname Lengkung

$$R = 150 \text{ m}$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} 1. \text{ Perhitungan } R_{\text{min}} &= 0,054^2 \cdot 60 \\ &= 0,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Nilai lengkung penuh dapat dihitung dengan analisis  $AP = \frac{50}{R}$   
 $= 50/150$   
 $AP = 0,333 \times 1000$   
 $AP = 333 \text{ mm.}$
3. Nilai lengkung peralihan dihitung berdasarkan PD.  $10 \quad h = \frac{6V^2}{R}$   
 $h = 6.30^2/150$   
 $= 36 \text{ mm}$

Dimana Peninggian (h) sama dengan kemiringan.

4. Nilai Panjang Lengkung Alih (PLA)  $= 0,01 \cdot V \cdot h$   
 $= 0,01 \cdot 30 \cdot 36$   
 $= 10,8 \text{ mm}$
5. Perhitungan peninggian lengkung peralihan  $h \text{ penuh} = \frac{Ap \text{ penuh}}{PLA}$   
 $= 0,33 / 10,8$   
 $= 0,030$   
 $= 0.030 \cdot 1000 = 30 \text{ mm}$
6. Perhitungan Peninggian lengkung  $= \frac{h \text{ penuh}}{PLA}$   
 $= 30/10,8 = 2,77 \text{ mm}$

#### 4.2.3. Perhitungan Anak Panah Baru

Adapun hasil perhitungan anak panah baru disajikan pada lampiran dan secara rinci diuraikan sebagai berikut:

1. Titik 0  
 $= AP \text{ lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik -1}) + \text{geseran no titik 0} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 1}).$   
 $= 11 - (0,5 \times 0) + 0 - (0,5 \times 10)$   
 $= 6 \text{ mm.}$
2. Titik 1  
 $= AP \text{ lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 0}) + \text{geseran no titik 1} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 2}).$   
 $= 22 - (0,5 \times 0) + 10 - (0,5 \times 0)$   
 $= 32 \text{ mm.}$

3. Titik 2  

$$= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 1}) + \text{geseran no titik 2} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 3}).$$

$$= 86 - (0,5 \times 10) + 0 - (0,5 \times 0)$$

$$= 81 \text{ mm.}$$
4. Titik 3  

$$= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 2}) + \text{geseran no titik 3} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 4}).$$

$$= 151 - (0,5 \times 0) + 0 - (0,5 \times 0)$$

$$= 151 \text{ mm.}$$
5. Titik 4  

$$= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 3}) + \text{geseran no titik 4} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 5}).$$

$$= 223 - (0,5 \times 0) + 0 - (0,5 \times -16)$$

$$= 231 \text{ mm.}$$
6. Titik 5  

$$= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 4}) + \text{geseran no titik 5} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 6}).$$

$$= 332 - (0,5 \times 0) + -16 - (0,5 \times 20)$$

$$= 306 \text{ mm.}$$
7. Titik 6  

$$= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 5}) + \text{geseran no titik 6} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 7}).$$

$$= 327 - (0,5 \times -16) + 20 - (0,5 \times 30)$$

$$= 340 \text{ mm.}$$
8. Titik 7  

$$= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 6}) + \text{geseran no titik 7} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 8}).$$

$$= 345 - (0,5 \times 20) + 30 - (0,5 \times 15)$$

$$= 358 \text{ mm.}$$
9. Titik 8  

$$= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 7}) + \text{geseran no titik 8} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 9}).$$

$$= 359 - (0,5 \times 30) + 15 - (0,5 \times (-30))$$

$$= 374 \text{ mm.}$$

10. Titik 9

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 8}) + \text{geseran no titik 9} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 10}). \\ &= 401 - (0,5 \times 15) + (-30) - (0,5 \times (-32)) \\ &= 380 \text{ mm.} \end{aligned}$$

11. Titik 10

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 9}) + \text{geseran no titik 10} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 11}). \\ &= 397 - (0,5 \times (-30)) + (-32) - (0,5 \times 0) \\ &= 380 \text{ mm.} \end{aligned}$$

12. Titik 11

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 10}) + \text{geseran no titik 11} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 12}). \\ &= 365 - (0,5 \times (-32)) + 0 - (0,5 \times 8) \\ &= 377 \text{ mm.} \end{aligned}$$

13. Titik 12

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 11}) + \text{geseran no titik 12} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 13}). \\ &= 368 - (0,5 \times 0) + 8 - (0,5 \times 0) \\ &= 376 \text{ mm.} \end{aligned}$$

14. Titik 13

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 12}) + \text{geseran no titik 13} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 14}). \\ &= 394 - (0,5 \times 8) + 0 - (0,5 \times 30) \\ &= 375 \text{ mm.} \end{aligned}$$

15. Titik 14

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 13}) + \text{geseran no titik 14} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 15}). \\ &= 355 - (0,5 \times 0) + 30 - (0,5 \times 28) \\ &= 371 \text{ mm.} \end{aligned}$$

16. Titik 15

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 14}) + \text{geseran no titik 15} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 16}). \\ &= 360 - (0,5 \times 30) + 28 - (0,5 \times 14) \\ &= 366 \text{ mm.} \end{aligned}$$

17. Titik 16

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 15}) + \text{geseran no titik 16} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 17}). \\ &= 374 - (0,5 \times 28) + 14 - (0,5 \times 14) \\ &= 367 \text{ mm.} \end{aligned}$$

18. Titik 17

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 16}) + \text{geseran no titik 17} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 18}). \\ &= 372 - (0,5 \times 14) + 14 - (0,5 \times 24) \\ &= 367 \text{ mm.} \end{aligned}$$

19. Titik 18

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 17}) + \text{geseran no titik 18} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 19}). \\ &= 358 - (0,5 \times 14) + 24 - (0,5 \times 14) \\ &= 368 \text{ mm.} \end{aligned}$$

20. Titik 19

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 18}) + \text{geseran no titik 19} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 20}). \\ &= 367 - (0,5 \times 24) + 14 - (0,5 \times 0) \\ &= 369 \text{ mm.} \end{aligned}$$

21. Titik 20

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 19}) + \text{geseran no titik 20} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 21}). \\ &= 379 - (0,5 \times 14) + 0 - (0,5 \times (-4)) \\ &= 374 \text{ mm.} \end{aligned}$$

22. Titik 21

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 20}) + \text{geseran no titik 21} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 22}). \\ &= 379 - (0,5 \times 0) + (-4) - (0,5 \times 0) \\ &= 375 \text{ mm.} \end{aligned}$$

23. Titik 22

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 21}) + \text{geseran no titik 22} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 23}). \\ &= 350 - (0,5 \times 379) + 0 - (0,5 \times 0) \\ &= 352 \text{ mm.} \end{aligned}$$

24. Titik 23

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 22}) + \text{geseran no titik 23} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 24}). \\ &= 313 - (0,5 \times 0) + 0 - (0,5 \times 0) \\ &= 313 \text{ mm.} \end{aligned}$$

25. Titik 24

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 23}) + \text{geseran no titik 24} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 25}). \\ &= 252 - (0,5 \times 0) + 0 - (0,5 \times 0) \\ &= 252 \text{ mm.} \end{aligned}$$

26. Titik 25

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 24}) + \text{geseran no titik 25} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 26}). \\ &= 210 - (0,5 \times 0) + 0 - (0,5 \times 0) \\ &= 210 \text{ mm.} \end{aligned}$$

27. Titik 26

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 25}) + \text{geseran no titik 26} - (0,5 \times \\ &\text{Geseran no titik 27}). \\ &= 195 - (0,5 \times 0) + 0 - (0,5 \times 0) \\ &= 195 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4.2.4. Anak Panah Ideal / Semestinya

Adapun hasil perhitungan anak panah ideal disajikan pada lampiran dan secara rinci diuraikan dengan kriteria penentuan rumus sebagai berikut:

- a. Jika No. Titik selanjutnya  $\leq 1,08$  maka rumus AP ideal  $= \text{AP} / (\text{PLA} / 10) \times$   
No. Titik selanjutnya;
- b. Jika No. Titik selanjutnya  $> 1,08$  maka AP ideal = AP

Berdasarkan titik selanjutnya dan kriteria penentuan rumus di atas maka diperoleh perhitungan anak panah ideal sebagai berikut:

1. Titik 0, karena titik selanjutnya 1 ( $\leq 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP / (PLA/10) \times \text{No. Titik selanjutnya}$   
 $= 333 / (10,8/10) \times 1$   
 $= 333 / 1,08 \times 1$   
 $= 309 \text{ mm.}$
2. Titik 1, karena titik selanjutnya 2 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$
3. Titik 2, karena titik selanjutnya 3 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$
4. Titik 3, karena titik selanjutnya 4 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$
5. Titik 4, karena titik selanjutnya 5 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$
6. Titik 5, karena titik selanjutnya 6 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$
7. Titik 6, karena titik selanjutnya 7 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$
8. Titik 7, karena titik selanjutnya 8 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$
9. Titik 8, karena titik selanjutnya 9 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$
10. Titik 9, karena titik selanjutnya 10 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$
11. Titik 10, karena titik selanjutnya 11 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$
12. Titik 11, karena titik selanjutnya 12 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$
13. Titik 12, karena titik selanjutnya 13 ( $> 1,08$ ) maka AP ideal  
 $= AP$   
 $= 333 \text{ mm.}$

14. Titik 13, karena titik selanjutnya 14 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
15. Titik 14, karena titik selanjutnya 15 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
16. Titik 15, karena titik selanjutnya 16 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
17. Titik 16, karena titik selanjutnya 17 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
18. Titik 17, karena titik selanjutnya 18 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
19. Titik 18, karena titik selanjutnya 19 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
20. Titik 19, karena titik selanjutnya 20 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
21. Titik 20, karena titik selanjutnya 21 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
22. Titik 21, karena titik selanjutnya 22 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
23. Titik 22, karena titik selanjutnya 23 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
24. Titik 23, karena titik selanjutnya 24 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
25. Titik 24, karena titik selanjutnya 25 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
26. Titik 25, karena titik selanjutnya 26 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.
27. Titik 26, karena titik selanjutnya 27 ( $>1,08$ ) maka AP ideal  
= AP  
= 333 mm.



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan evaluasi analisa pengaruh kecepatan kereta api terhadap lengkung kereta api di km.1+065 - km.1+279 maka dapat disimpulkan:

1. Kemiringan lengkung di km.1+065 - km.1+279 lintas Medan – Araskabu, yaitu: 36 mm berbanding sesuai dengan radius.
2. Kecepatan kereta api saat melintas di jalur lengkung km.1+065 – km.1+279 lintas Medan-Araskabu, yaitu:
  - a. V max 53 km/jam.
  - b. V min 4,6 km/jam.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan temuan pada penelitian ini, maka diperoleh beberapa saran yang disampaikan untuk meningkatkan kualitas geometri jalan rel kereta api, yaitu:

1. Kepada Dinas Perhubungan ataupun pihak PT. Kereta Api Indonesia Persero diharapkan agar lebih memperhatikan atau meningkatkan kualitas geometri jalan rel karena pemeriksaan dilakukan dengan periode tahunan.
2. Kepada peneliti lainnya yang akan meneliti pada permasalahan, metode ataupun instrumen penelitian yang sama walaupun simpel dan lokasinya berbeda maka kecenderungan hasilnya juga tidak akan jauh berbeda. Dan diharapkan peneliti lainnya dapat meminimalisir kekurangan yang diperoleh dari penelitian ini sehingga dapat dihasilkan penelitian yang lebih sempurna.

## DAFTAR PUSTAKA

- PJKA (1986) *Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10)*, Bandung
- PJKA (1986) *Penjelasan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10)*, Bandung
- PT KAI (2010) *Perencanaan Jalan Rel*, Jakarta.
- Anonim (2010) *Standar Spesifikasi Teknis Lokomotif*, Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor KM.40 tahun 2010, Jakarta.
- Anonim (2011) *Standar Dan Tata Cara Pemeriksaan Prasarana Perkeretaapian*, Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor: KM 32 tahun 2011, Jakarta.
- PT KAI (2014) *Buku Grafik Perjalanan Kereta Api Tahun 2014 (GAPEKA) Divisi Regional I Sumatera Utara Tahun 2014*, Medan.
- PT KAI (2014) *PTDO GAPEKA Divisi Regional I Sumatera Utara Tahun 2014*, Medan.
- Yoeti, O.A. (1999) *Psikologi Pelayanan Wisata*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Anonim (2016) *Perawatan Jalan Rel Dengan Lebar 106.7 mm*, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 11 tahun 2016.
- PJKA (2012) *Buku Saku Perawatan Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10)*, Bandung.
- PJKA (2017) *Ilmu jalan Rel*
- PJKA (2017) *Geometri Jalan Rel*
- Anonim (2016) *Konstruksi Rel Kereta Api*, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 11 tahun 2016.

## LAMPIRAN



Gambar L.1: Pengukuran pada lebar spoor.



Gambar L.2: Survei lengkung rel pada patok no.1.



Gambar L.3: Tipe rel lengkung.



Gambar L.4: Survey lengkung rel pada patok no.3.



Gambar L.5: Tipe rel 42.



Gambar L.6: Jenis lokomotif yang melintasi.

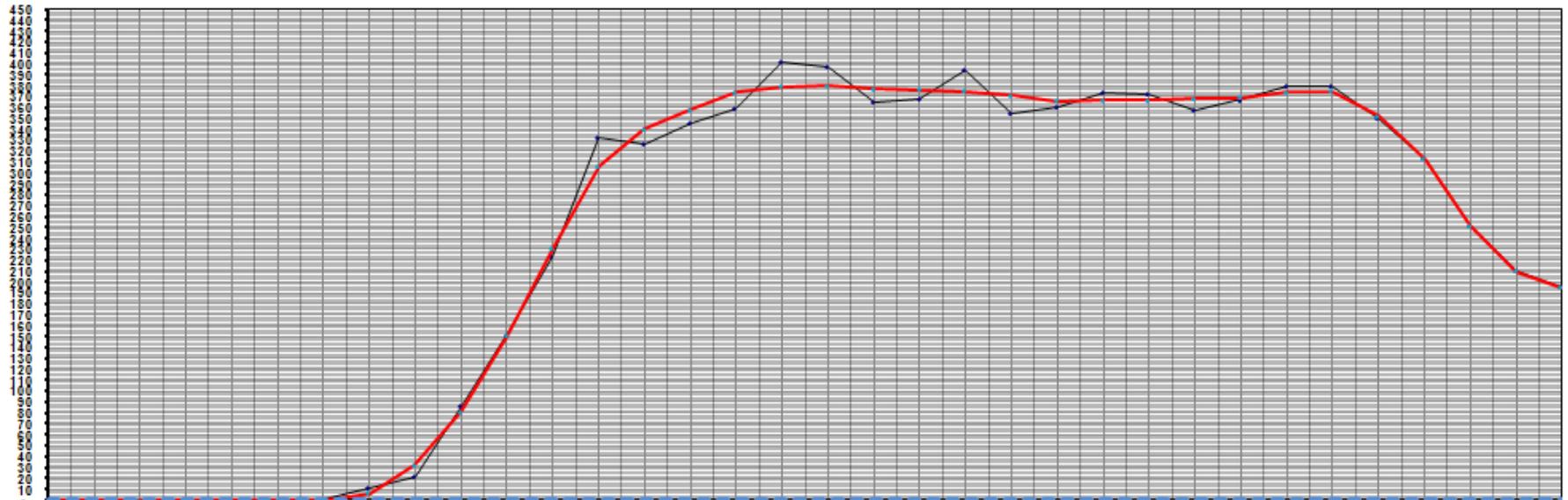


Gambar L.7: Tangki BBM.

### L.8 : Data Laporan Grafik Resort

RESORT : I.1 MDN  
 DISTRIK :  
 LENGKUNG NO : 1  
 KM-HM s.d KM-HM : 1+065 s.d. 1+279  
 ANTARA : MDN - BAP  
 KORIDOR : MDN - LBP

**DATA LENGKUNG :**  
 V : 30 km/jam  
 RADIUS : 150 m  
 Pertinggian : 36 mm  
 PLA : 10,8 m  
 AP : 333 mm  
 PL : 214 m 225



AP LAMA / opname						0	0	11	22	86	151	223	332	327	345	359	401	397	365	368	394	355	360	374	372	358	367	379	379	350	313	252	210	195	
GESERAN									10				-16	20	30	15	-30	-32		8	0	30	28	14	14	24	14		-4						
AP BARU	0	0	0	0	0	0	0	6	32	81	151	231	306	340	358	374	380	380	377	376	375	371	366	367	367	368	369	374	375	352	313	252	210	195	
No. Titik	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
AP MTT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP IDEAL							0	309	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333

L.9 : Data Laporan Busur Medan

KERETA API		PT. KERETA API INDONESIA (Persero)		Wasi		: Jalan Rel A Mdn							
DIVISI REGIONAL I SUBNAD		UNIT JALAN REL & JEMBATAN		Resort		: I.1 MDN							
<b>LAPORAN BUSUR</b>													
Pemeriksaan Busur no. 1 Km 1 + 065 s/d Km. 1 + 279 antara MDN - BAP lintas MDN-TBI													
No Tt k	Letak Pada		Tempat tetap Jembatan ,perlintasa n dan wesel	Letak		Anak Panah ( Tali Busur = m )			Lebar sepur pengu kuran	Pertinggian Hasil pengukuran	1/4 Anak Panah	No Tt k	Keterangan
	Km	Hm		Mba -	Aba	Hasil pengu kuran	Hasil I perhit ungan	Hasil pengu kuran					
-5													
-4											0		
-3											0		
-2						0	0	0	1069	5	0		
-1						0	0	0	1069	15	0		
0				ML		11	0	6	1069	13	1,5	9,5	
1						22	10	32	1071	32			
2						86	0	81	1076	45	28	58	
3						151	0	151	1076	55			
4						223	0	231	1086	60	96	134	
5						332	-16	306	1088	66			
6						327	20	340	1088	60	162	174	
7						345	30	357	1086	88			
8						359	15	374	1085	93	183	188	
9						401	-30	379	1087	88			
10						397	-32	380	1087	77	190	189	
11						365	0	377	1087	93			
12						368	8	376	1088	97	188	188	
13						394	0	375	1088	91			
14						355	30	371	1088	98	187	184	
15						360	28	366	1088	98			
16						374	14	367	1089	99	183	184	
17						372	14	367	1089	87			
18						358	24	368	1087	93	184	184	
19						367	14	369	1088	99			
20						379	0	374	1089	106	186	187	
21						379	-4	375	1089	109			
22						350	0	352	1088	112	182	166	
23						313	0	313	1083	106			
24						252	0	252	1083	109	141	116	Pemeriksaan :
25						210	0	210	1083	98			Tgl. 04-01-2018
26						195	0	195	1085	85	101	49	Perbaikan :
27													Tgl. 04 -01-2018
28													

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. Biodata Mahasiswa

NPM : 1207210246  
Nama : Musthofa Baharuddin  
Tempat/Tanggal lahir : Medan, 24 Oktober 1993  
Alamat : Jl. M.Yakub Lubis Gg. Bersama No.2 Bandar khaliah

### B. Riwayat Pendidikan Formal dan Non formal

1. SD Negeri 101765 Percut Sei Tuan, Lulus Tahun 2006
2. MTS N 2 Medan, lulus Tahun 2009
3. SMK N 1 Percut Sei Tuan, lulus Tahun 2012

Medan, Juli 2018  
Saya yang bersangkutan

Musthofa Baharuddin