

TUGAS AKHIR

**EVALUASI PENGARUH LENGKUNG KERETA API TERHADAP
KECEPATAN KERETA API PADA LINTAS TEBING TINGGI-SIANTAR
KM 23+100 s.d 48+350
(Studi Kasus)**

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

Disusun Oleh:

HANIFAH MAYVIRAH HASIBUAN
1807210104



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan Oleh:

Nama : Hanifah Mayvirah Hasibuan

NPM : 1807210104

Program Studi : Teknik Sipil

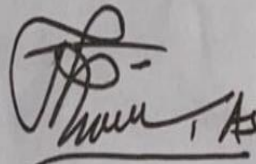
Judul Skripsi : Evaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api Terhadap
Kecepatan Kereta Api Pada Lintas Tebing Tinggi-Siantar
KM 23+100 s.d 48+350

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 06 Oktober 2022

Dosen Pembimbing



Ir. Tri Rahayu M.Si

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan Oleh:

Nama : Hanifah Mayvirah Hasibuan

NPM : 1807210104

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api Terhadap
Kecepatan Kereta Api Pada Lintas Tebing Tinggi-Siantar
KM 23+100 s.d 48+350

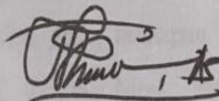
Bidang Ilmu : Transportasi

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, 06 Oktober 2022

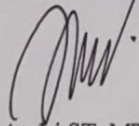
Mengetahui, dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



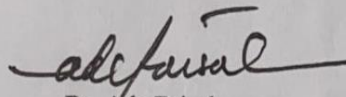
Ir. Tri Rahayu M.Si

Dosen Pembanding I



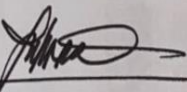
Andri ST, MT

Dosen Pembanding II



Dr. Ade Faisal

Kepala Prodi Teknik Sipil



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hanifah Mayvirah Hasibuan
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan / 17 Juni 2001
NPM : 1807210104
Fakultas : Teknik
Program Studi : Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“Evaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api Terhadap Kecepatan Kereta Api Pada Lintas Tebing Tinggi-Siantar KM 23+100 s.d 48+350”.

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

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

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

Medan, 06 Oktober 2022

Saya yang menyatakan



Hanifah Mayvirah Hasibuan

NPM. 1807210104

ABSTRAK

EVALUASI PENGARUH LENGKUNG KERETA API TERHADAP KECEPATAN KERETA API PADA LINTAS TEBING TINGGI – SIANTAR KM 23+100 s.d 48+350

HANIFAH MAYVIRAH HASIBUAN

1807210104

Ir. Tri Rahayu M.si

Kereta api adalah sarana transportasi berupa kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainnya, yang bergerak di rel. Kereta api umumnya terdiri dari lokomotif yang dikemudikan oleh tenaga manusia yang disebut masinis dengan bantuan mesin dan rangkaian kereta atau gerbong sebagai tempat pengangkutan barang dan atau penumpang. Rangkaian kereta atau gerbong tersebut berukuran relatif luas sehingga mampu memuat penumpang atau barang dalam skala yang besar. Angkutan kereta api adalah penyediaan jasa-jasa transportasi di atas rel untuk membawa barang dan penumpang. Kereta api memberikan pelayanan keselamatan, nyaman, dan aman bagi penumpang. Kereta api ditemukan pada sekitar tahun 1800 dan mengalami perkembangan sampai tahun 1860. 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 maka diperlukan Studi Evaluasi Pengaruh Lengkung Jalan Kereta Api Terhadap Kecepatan Kereta Api Pada Lintas Tebing Tinggi-Siantar KM 23+100 s.d 48+350 (Studi Kasus). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kecepatan kereta api saat melintasi di jalur lengkung Tebing Tinggi-Siantar pada kecepatan maksimum 70 km/jam dan kecepatan minimum 45 km/jam pada jalur saat melintasi di jalur lengkung lintas Tebing Tinggi-Siantar.

Kata kunci : Kereta Api, Lengkung, Kecepatan

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECT OF RAIL CURRENCE ON TRAIN SPEED ON CROSSING TEBING TINGGI – SIANTAR KM 23+100 s.d 48+350

HANIFAH MAYVIRAH HASIBUAN

1807210104

Ir. Tri Rahayu M.si

A train is a means of transportation in the form of a vehicle with motion power, either running alone or in combination with other vehicles, which move on rails. Trains generally consist of a locomotive driven by human power called a machinist with the help of an engine and a series of trains or carriages as a place for transporting goods and/or passengers. The series of trains or carriages are relatively large in size so that they are able to load passengers or goods on a large scale. Rail transportation is the provision of transportation services on rails to carry goods and passengers. The train provides safety, comfort, and security services for passengers. The train was invented around 1800 and experienced development until 1860. The need for maintenance of rail roads on curved lines can be in the form of routine maintenance of the railroad structure which may experience a decrease in quality due to railroad crossing loads. In connection with these problems, it is necessary to study the evaluation of the influence of the curve of the railroad on the speed of the train in traffic Tebing Tinggi-Siantar KM 23+100 to 48+350 (Case study). The purpose of this study is to determine the speed of the train when crossing on a curved path Tebing Tinggi-Siantar at a maximum speed of 70 km / h and a minimum speed of 45 km/ h on the track when crossing the arch traffic lane Tebing Tinggi-Siantar.

Kata kunci : Train, Arch, Speed

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 Terhadap Kecepatan Kereta Api Pada Lintas Tebing Tinggi-Siantar KM 23+100 s.d 48+350”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Ir. Tri Rahayu selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir saya di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
2. Bapak Andri ST, MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ade Faisal selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Kepala Prodi Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Rizki Efrida, ST, MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis.

8. Teristimewa untuk orang yang paling saya tersayang dan tercinta Ibunda Y.J Lubis dan Ayahanda M.T Hasibuan yang memberikan semangat dan inspirasi kepada saya, berjuang dengan segenap kemampuan, membesarkan, mendidik, memberi dorongan motivasi dan doa yang luar biasa sehingga membawa saya sebagai penulis menjadi manusia yang berguna bagi keluarga.
9. Kakak tercinta dan tersayang Faradilla Hasibuan SE, M.Si dan Mella Anggraini Hasibuan SE kemudian Abang tercinta dan tersayang Muhammad Abdillah Taher Hasibuan SE penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya karna telah banyak memberi dorongan motivasi, saran, doa dan mengarahkan memberi semangat tiada henti atas segala apa yang diberikan selama ini.
10. Kepada teman spesialku Alfarazi saya mengucapkan terima kasih karena telah memberi dorongan motivasi, dan memberikan semangat dari awal perkuliahan sampai saat ini.
11. Kepada para sahabat penulis terutama untuk teman-teman kelas B1 pagi Angkatan tahun 2018 dan seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusun Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan,06 Oktober 2022

Penulis



Hanifah Mayvirah Hasibuan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1. Manfaat Teoritis	3
1.5.2. Manfaat Praktis	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kereta Api	4
2.2 Karakteristik Moda Transportasi Kereta Api	5
2.2.1. Lokomotif	6
2.2.2. Kereta Api dan Gerbong	8
2.2.3. Frekuensi Perjalanan	12
2.3 Headway dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api	13
2.4 Pengelompokkan Jalan Rel	14
2.4.1. Pengelompokkan Menurut Lebar Sepur	14
2.4.2. Pengelompokkan Menurut Kecepatan Maksimum	14
	viii

2.4.3.	Pengelompokkan Menurut Kelandaian	15
2.5	Geometri Jalan Rel	16
2.6	Peninggian Rel	23
2.6.1.	Penampang Rel	25
2.6.2.	Koordinasi Alinyemen	25
2.7	Sebelum dan Sesudah Terjadinya Lengkung	26
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1	Lokasi Penelitian	28
3.2	Diagram Alir Penelitian	28
3.3	Pengambilan Data	29
3.1.1.	Data Untuk Analisis Pemeliharaan dan Perawatan Lintas Lengkung	29
3.3.2.	Data Untuk Analisis Pemeliharaan Dan Perawatan	29
3.4	Peralatan Yang Digunakan	30
3.5	Teknik Pengumpulan Data	30
BAB 4	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Pendahuluan	31
4.2	Perhitungan Metode Kerja Lengkung	30
4.3	Data Opname Lengkung	33
4.4.	Daftar Kecepatan Kereta Api	37
4.5	Pengumpulan Data	38
4.6	Analisis Dan Pembahasan Masalah	40
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kecepatan berdasarkan standart operasional prosedur	9
Tabel 2.2 Hubungan anatar jarak pandang dengan kecepatan	10
Tabel 2.3 Siklus pemeliharaan berkala jalan rel	11
Tabel 2.4 Perhitungan klasifikasi untuk kelas jalan rel	13
Tabel 2.5 Kecepatan maksimum yang di izinkan sesuai kode jalan rel	15
Tabel 2.6 Lintas jalan rel menurut kelandaian umum	15
Tabel 2.7 Klasifikasi jalan berdasarkan landai penentu maksimum	16
Tabel 2.8 Persyaratan jari-jari minimum lengkung horizontal	19
Tabel 2.9 Jari-jari minimum lengkung verikal	20
Tabel 2.10 Peniggian rel pada lengkungan	24
Tabel 2.11: Dimensi Penampang Rel.	25
Tabel 4.1 Data opname lengkung	33
Tabel 4.2 Daftar kecepatan kereta api Tebing Tinggi-Siantar	37
Tabel 4.3 Perbandingan kecepatan pada radius lengkung	37
Tabel 4.4 Ketentuan Pelebaran rel di lengkung	40
Tabel 4.5 Perbandingan ukuran komponen sebelum terjadinya lengkung	43
Tabel 4.6 Perbandingan ukuran komponen sesudah terjadinya lengkung	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokomotif tipe BB 301 25	7
Gambar 2.2 Lokomotif tipe CC 206	7
Gambar 2.3 Ruang Rekayasa Jalan Rel	8
Gambar 2.4 Lengkung pada jalan rel tanpa lengkung peralihan	18
Gambar 2.5 Lengkung pada jalan rel dengan lengkung peralihan	18
Gambar 2.6 Kedudukan Kereta pada saat melauai lengkung horizontal	19
Gambar 2.7 Posisi lengkung dijembatan rasuk	21
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	28
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian	29
Gambar 4.1 Hubungan antara roda dan rel	31
Gambar 4.2 Profil melintang peninggian lengkung	39

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Jarak bantalan (m)
AP	= Anak Panah
ALA	= Akhir Lengkung Alih
AL	= Akhir Lengkung
B	= Berat KA
C	= Gaya Sentrifugal
d	= Jarak antara sisi luar flens roda kiri dan kanan (mm)
G	= Berat rel (kg/m)
H	= Peninggian (mm)
Hmin	= Peninggian Minimum (mm)
Hmax	= Peninggian 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
R	= Jari-jari Lengkung
S	= Lebar Jalan Rel (mm)
V	= Kecepatan Kereta Api (km/jam)
Vmax	= Kecepatan Maximum (km/jam)
Vmin	= Kecepatan Minimum (km/jam)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi adalah perpindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan sebuah kendaraan yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Transportasi sendiri dibagi 3 yaitu, transportasi darat, laut, dan udara.

Kereta api adalah sarana transportasi berupa kendaraan dengan tenaga gerak, baik bejalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainnya, yang bergerak di rel. Kereta api umumnya terdiri dari lokomotif yang dikemudikan oleh tenaga manusia yang disebut masinis dengan bantuan mesin dan rangkaian kereta atau gerbong sebagai tempat pengangkutan barang dan atau penumpang. Rangkaian kereta atau gerbong tersebut berukuran relatif luas sehingga mampu memuat penumpang atau barang dalam skala yang besar. Angkutan kereta api adalah penyediaan jasa-jasa transportasi di atas rel untuk membawa barang dan penumpang. Kereta api memberikan pelayanan keselamatan, nyaman, dan aman bagi penumpang. Kereta api ditemukan pada sekitar tahun 1800 dan mengalami perkembangan sampai tahun 1860 (Salim, 2004).

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 dijalur lengkung dapat berupa pemeliharaan rutin terhadap struktur jalan rel kereta api yang mungkin mengalami penurunan kualitas akibat beban lintas kereta api.

Maka dengan adanya penelitian ini bermaksud untuk mengevaluasi pengaruh lengkung kereta api terhadap kecepatan kereta api di lintas Tebing Tinggi-Siantar dan analisa untuk mengetahui kebutuhan pemeliharaan tahunan jalan rel dengan analisa kemiringan lengkung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Seberapa berpengaruh peninggian kemiringan lengkung kereta api di jalur rel lintas Tebing Tinggi-Siantar?
2. Berapakah kecepatan yang diizinkan saat kereta api melintas di jalur lengkung rel lintas Tebing Tinggi-Siantar?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui seberapa berpengaruh peninggian lengkung kereta api yang melintas di jalur lengkung di lintas Tebing Tinggi-Siantar.
2. Untuk mengetahui berapa kecepatan yang diizinkan saat melintas di jalur lengkung di Tebing Tinggi-Siantar.

1.4 Ruang Lingkup

Agar pembahasan dan penyusunan skripsi ini lebih terarah serta tidak menyimpang dari pokok permasalahan maka ruang lingkup penelitian terdiri dari:

1. Lokasi penelitian ini dilakukan pada jalan rel di jalur lengkung Tebing Tinggi-Siantar. Lengkung yang diteliti adalah peninggian kemiringan lengkung dan kecepatan kereta api yang diizinkan.
2. Mekanisme pembahasan dilakukan berdasarkan laporan pemeliharaan PT Kereta Api Indonesia dan tidak melakukan hasil uji kecepatan kereta api di jalur lengkung. Dalam penelitian ini membahas mengenai pemeliharaan lengkung dengan menggunakan data PT. Kereta Api Indonesia (KAI) untuk menganalisis kebutuhan pemeliharaan lengkung.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini bisa dijadikan sebagai referensi penelitian berikutnya dalam masalah yang berkaitan dengan pelaksanaan pemeliharaan lengkung dan kecepatan kereta api, serta memberikan bahan pertimbangan pada pihak terkait mengenai kesesuaian pengaruh lengkung kereta api di Tebing Tinggi-Siantar terhadap kecepatan kereta api lintas Tebing Tinggi-Siantar.

1.5.1 Manfaat Praktis

Hasil dari penelitian ini ialah mendapatkan hasil berupa mengenai hasil dari evaluasi kesesuaian pengaruh lengkung kereta api terhadap kecepatan kereta api di lintas Tebing Tinggi-Siantar.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1: PENDAHULUAN

Dalam bab I ini dibahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan dan bagan alir.

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai dasar teori yang digunakan dalam menyelesaikan masalah-masalah yang ada.

BAB 3: METODELOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan mengenai beberapa teori yang akan diambil dari berbagai sumber yang relevan dari sumber bacaan yang mendukung analisa permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

BAB 4: ANALISA DATA

Bab ini berisi tentang hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai data skunder yang diperoleh dan melakukan pengolahan data.

BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini mengenai kesimpulan hasil penelitian, Sebagai pelengkap laporan disertakan juga beberapa data hasil penelitian sebagai lampiran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kereta Api

Menurut (Nasution, 2004:151), kereta api merupakan salah satu jenis transportasi darat yang tersedia bagi masyarakat. Angkutan kereta api adalah jenis angkutan yang menggunakan kereta api. Kereta api yang muncul pada masa revolusi industri merupakan alat transportasi untuk pengangkutan barang dalam jumlah besar dan jarak jauh. Sebuah gerbong barang dengan beban gandar 18 ton dapat mengangkut puluhan ton barang. Kereta penumpang dapat menampung 90 orang dan lokomotif memiliki kapasitas hingga 5.000 tenaga kuda. Dalam memberikan pelayanannya, kereta api dapat terdiri dari ratusan gerbong atau kereta penumpang, biasanya ditarik oleh beberapa lokomotif, membawa ribuan ton barang atau ratusan penumpang.

Menurut Undang-Undang Nomor 23 Republik Indonesia, Perkeretaapian adalah suatu kesatuan sistem norma, standar, persyaratan, dan tata cara penyelenggaraan prasarana, peralatan, personel, dan angkutan kereta api. Pasal 3 Perkeretaapian mendorong pergerakan massa orang dan barang secara aman, selamat, nyaman, cepat, lancar, tepat, tertib dan efisien, serta memajukan keadilan dan pertumbuhan. Stabilitas, penggerak, penggerak pembangunan nasional. Angkutan kereta api bersifat istimewa karena mengangkut baik orang maupun barang curah, hemat energi, hemat tempat, memiliki faktor keamanan yang tinggi, emisi yang rendah dan lebih efisien dibandingkan sarana transportasi lainnya, memiliki karakteristik dan keunggulan. Untuk daerah jarak jauh dan lalu lintas padat, misalnya Angkutan Perkotaan (UU Perkeretaapian No. 23, 2007).

PT. Kereta Api Indonesia (Persero) menghadapi tanggung jawab sebagai pekerja pembangunan yang bertanggung jawab secara sosial terhadap kebutuhan. Sementara itu, PT. Kereta Api Indonesia (Persero) harus merupakan perusahaan yang mencari laba untuk mempertahankan dan mengembangkan usahanya serta menjadi salah satu sumber pendapatan nasional. Keunggulan kereta api:

1. Kereta api merupakan alat transportasi yang murah, hemat energi, dan dapat menempuh jarak dekat maupun jauh.
2. Kereta api memiliki dampak ekonomi pada pemanfaatan ruang dan tidak ada polusi yang akan membantu melindungi lingkungan manusia di masa yang akan mendatang.
3. Dari sudut pandang operasional, kereta api memiliki keamanan berkendara yang lebih baik dan lebih sedikit hambatan.
4. Perubahan cuaca dan iklim berdampak kecil (tidak terlalu signifikan) terhadap transportasi kereta api.

2.2 Karakteristik Moda Transportasi Kereta Api

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi nasional yang telah ada sejak zaman penjajahan hingga masa kini dan masa yang akan datang. Untuk mengetahui tentang perkeretaapian, perlu diperhatikan pengertian kereta api dalam Peraturan Biro Perhubungan No.43 Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPnas) Tahun 2011 beserta pengertian penting berikut ini:

1. Perkeretaapian adalah kesatuan sistem prasarana, sarana, staf, serta standar, standar, persyaratan, dan tata cara penyelenggaraan angkutan kereta api.
2. Kereta api umum adalah jalan kereta api yang digunakan untuk mengangkut orang dan barang dengan dipungut bayaran.
3. Kereta api antar kota adalah jalur kereta api yang digunakan untuk mengangkut orang dan barang dari satu kota ke kota lain.
4. Kereta api perkotaan adalah jalur kereta api yang membantu angkutan orang di perkotaan dan perjalanan pulang pergi.
5. Rencana Induk Perkeretaapian adalah rencana dan arah kebijakan pembangunan perkeretaapian yang meliputi perkeretaapian negara, perkeretaapian daerah, dan perkeretaapian kabupaten/kota.
6. Penyelenggara prasarana perkeretaapian adalah perusahaan yang menyelenggarakan prasarana perkeretaapian.
7. Penyelenggara fasilitas perkeretaapian adalah perusahaan yang mengoperasikan fasilitas perkeretaapian umum.

Angkutan kereta api merupakan salah satu alat transportasi nasional yang sudah ada sejak zaman penjajahan hingga saat ini. Sabathingtyas (2015) menyatakan bahwa transportasi kereta api merupakan bagian penting dari pembangunan negara dan salah satu sektor pendukung kemajuan sistem logistik Indonesia. Kereta api ramah lingkungan dan sedikit mengeluarkan emisi, dan dengan berkembangnya teknologi kereta listrik, kereta api berperan sebagai alat transportasi yang dapat memecahkan masalah lingkungan manusia di masa depan. Sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 43 Tahun 2011 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPnas), pembangunan perkeretaapian nasional akan menjadi tulang punggung angkutan penumpang dan barang sehingga diharapkan dapat menjadi salah satu penggerak utama. Telah. Dari perekonomian nasional.

2.2.1 Lokomotif

Lokomotif adalah bagian dari rangkaian kereta api yang memiliki motor penggerak kereta api. Lokomotif ini biasanya berada di awal kereta. Pengemudi lokomotif disebut masinis. Insinyur biasanya mengemudikan kereta atas perintah dari operator kereta melalui sinyal di ujung lintasan. Selain itu, jenis lokomotif di Indonesia tergantung dari jumlah as yang digunakan. Jenis lokomotif dibedakan sebagai berikut:

1. Lokomotif BB

Lokomotif BB adalah lokomotif diesel hidraulik milik PT Kereta Api Indonesia (Persero) buatan pabrik Fried Krupp dan KraussMaffei, Jerman Barat. Lokomotif ini pertama kali dipesan oleh KAI saat masih bernama Perusahaan Negara Kereta Api (PNKA). Lokomotif ini berdaya mesin sebesar 1010 kW (1350 hp) dengan berat lokomotif sebesar 52 ton (51 ton panjang; 57 ton pendek). Lokomotif ini biasa digunakan untuk menarik kereta penumpang ataupun kereta barang, termasuk untuk langsiran Lokomotif ini dapat berjalan dengan kecepatan maksimum 120 km/h (33 m/s). Lokomotif ini bergandar B`B', artinya lokomotif ini memiliki dua bogie yang masing-masing memiliki dua poros penggerak yang saling dihubungkan.



Gambar 2.1: Lokomotif tipe BB 301 25.

2. Lokomotif CC

Lokomotif CC 206 adalah lokomotif diesel elektrik yang diproduksi oleh General Electric Transportation di Amerika Serikat dan dioperasikan oleh PT Kereta Api Indonesia (Persero). Lokomotif ini memiliki dua bogie dengan konfigurasi CC (Co`Co'), yaitu tiga buah roda terpasang pada setiap bogie. Terdapat perbedaan antara lokomotif CC 206 1363 dengan lokomotif 13100 sebelumnya, seperti pengurangan konsumsi daya dan pengurangan emisi.



Gambar 2.2: Lokomotif tipe CC 206.

2.2.2 Kereta Api dan Gerbong

Kereta api adalah kendaraan yang sebagian atau seluruhnya dipergunakan untuk mengangkut penumpang, bagasi, dan kiriman pos. Sedangkan gerbong adalah sarana perkeretaapian tak berpengerak yang dioperasikan untuk angkutan barang. Dan ada 3 (tiga) gerbong yang banyak dipakai yaitu: gerbong tertutup, gerbong tangki dan gerbong datar.

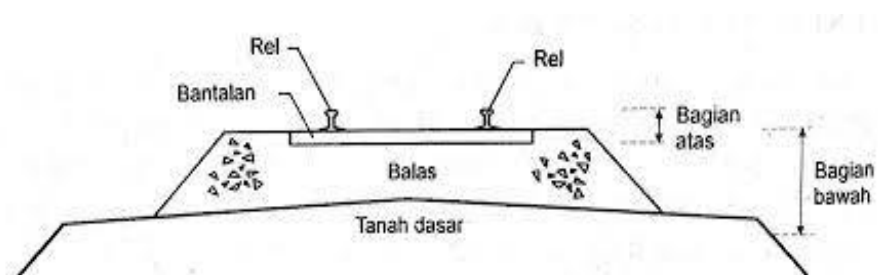
Tipe kereta dan gerbong yang pemakaiannya tergantung pada jumlah dan jenis orang/barang yang akan diangkut. Bagian yang terpenting dari kereta adalah badan kereta/gerbong, kerangka dasar dan bogie.

Gerbong ialah bagian kereta yang menghubungkan kerangka/badan kereta/gerbong dengan jalan rel. Bogie inipun 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. Kereta Api

Kereta api adalah sarana transportasi berupa kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di rel. Kereta api merupakan alat transportasi massal yang umumnya terdiri dari lokomotif (kendaraan dengan tenaga gerak yang berjalan sendiri) dan rangkaian kereta atau gerbong (dirangkaikan dengan kendaraan lainnya).



Gambar 2.3 Ruang Rekayasa Jalan Rel.

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

Tabel 2.1: Kecepatan berdasarkan standart operasional prosedur (Peraturan Dinas).

2. Daerah Pengaruh Perlintasan Sebidang

Sebuah perlintasan sebidang dapat didefinisikan dalam istilah domain fungsional dan fisik. Area fungsional perlintasan sebidang adalah zona ekstensi hulu dan hilir zona fisik perlintasan sebidang, termasuk rel pelengkap dan ulirnya. Area fungsional saat mendekati perlintasan sebidang mencakup 3 elemen dasar itu adalah:

- a. Jarak Persepsi-reaksi.
- b. Jarak manuver.
- c. Jarak antrian.

Jarak yang ditempuh selama waktu reaksi persepsi tergantung pada kecepatan kendaraan, perhatian pengemudi, dan kontrol posisi pengemudi. Ketika pandangan pengemudi kendaraan dan pandangan pengemudi lokomotif memiliki pengaruh besar pada reaksi dan manuver pengemudi kendaraan dan pengemudi lokomotif.

Visibilitas digunakan untuk perlintasan kereta api tanpa pintu. Penyeberangan harus terjadi jika persyaratan visibilitas tidak terpenuhi dilengkapi dengan pintu gerbang. Ada dua hal yang berhubungan dengan ini menentukan jarak pandang:

- a. Pengemudi kendaraan dapat mengawasi kereta yang mendekat garis pandang yang dapat dilalui kendaraan itu aman.
- b. Pengemudi kendaraan dapat melihat kereta yang mendekat. Berikan kendaraan garis pandang kesempatan untuk berhenti.

Pengukuran visibilitas harus dilakukan di sepanjang sumbu rel kebakaran ekstrim dari persimpangan dengan sumbu jalan raya ke titik terjauh Track dilihat dari titik tertinggi 1 meter permukaan jalan.

Jarak di perlintasan kereta api antara rel dan jalan raya Visibilitas yang memadai untuk kedua belah pihak, terutama pengemudi kendaraan. Bidang pandang di persimpangan adalah bidang pandang segitiga yang jaraknya ditentukan berdasarkan kecepatan rencana kedua sisi. Jarak bebas minimum untuk berbagai kecepatan tercantum dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Hubungan antara jarak pandang dengan kecepatan.

Kecepatan Kereta (km/jam)	Bergerak dari posisi	Kendaraan sedang bergerak						KET
		Kecepatan kendaraan (km/jam)						
	0	10	20	30	40	50	60	
Jarak Pandang terhadap jalan rel, dari perlintasan, d_T (m)								
10	45	38	24	20	16	13	18	
20	91	77	48	40	37	37	38	
30	136	115	72	60	56	56	58	
40	181	153	96	80	75	75	77	
50	227	192	120	100	94	93	96	
60	272	230	144	120	112	112	115	
70	317	268	168	140	132	133	135	Diusahakan untuk dihindari
80	363	307	192	160	151	152	154	
90	408	345	216	180	170	172	174	
100	454	384	240	200	189	191	193	
110	499	422	264	220	209	210	212	
120	544	460	288	240	228	230	232	
Jarak Pandang terhadap jalan raya, dari perlintasan, d_H (m)								
		16	26	38	52	71	93	

Bidang pandang segitiga harus 1,00 meter tidak terhalang ke atas. Persimpangan perlintasan kereta api harus 90°. Sudut pemotongan tidak boleh melebihi 30°. Jika kamu mau buat simpang baru, jarak simpang baru dengan simpang yang sudah ada harus setidaknya 800 meter, di bawah ini adalah siklus perawatan reguler jalan kereta api tercantum pada Tabel 2.3.

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

Pekerjaan	Sat	Frekuensi Sp. Raya	Per Tahun	Sumber	Penjelasan
<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 Guide Rel</i>					
Pengencangan baut	M'	4		Perjana, D141	Masing-masing baut dikencangkan

Tabel 2.3: *Lanjutan*

Pekerjaan	Sat	Frekuensi Sp. Raya	Per Tahun	Sumber	Penjelasan
Perbaikan sambungan	M'	4		Perjana , D141	Sambungan yang rusak (menurut fungsi, kelengkapan dan kerusakan) diperbaiki.
Pemeliharaan	RelGong sol/	Guide rel			
Lengkung R 500	M'	4		R.13 BAB II. Ps. IV, Perjana , D141	Pemeriksaan dilakukan sesuai dengan jadwal pemeriksaan (siklus lengkung); Pemeriksa papan lengkung di BB dan EB, patok lengkung per 10m.
Lengkung 500<R<1000	M'	2			
Lengkung 1000	M'	1			Tanda/nomor lengkung tiap 10m (termasuk tanda BB,ED,MBA, dan ABA pada sisi dalam kiri rel).

2.2.3 Frekuensi Perjalanan

Frekuensi perjalanan adalah jumlah perjalanan yang benar-benar dilakukan. Dengan cara tertentu. Jumlah frekuensi yang ditampilkan pada sebuah garis adalah sebagai berikut: Silakan lihat peta perjalanan kereta api (GAPEKA). frekuensi keberangkatan rangkaian kereta tergantung pada tingkat kedatangan orang atau barang yang diangkut. Tingkat kedatangan yang tinggi frekuensi keberangkatan juga tinggi. Frekuensi pemicu kereta api dapat dibagi menjadi tiga bagian:

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.

2.3 Headway dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api

Keamanan saat bepergian dengan kereta api merupakan faktor penting. prinsip mencapai keselamatan lalu lintas kereta api dengan membagi bagian kereta api itu dibagi menjadi beberapa blok yang dipisahkan oleh lampu lalu lintas. Setiap blok dapat ditempati dengan kereta api pada interval waktu tertentu. Sebelum kereta tiba blok sinyal, lampu lalu lintas, dan lampu lalu lintas menunjukkan keadaan blok yang dimasuki. Satuan urutan kereta api adalah jumlah menit (menit/ pergerakan) per kereta. Jarak minimum anda dapat menggunakan simulasi untuk menghitung lebih lanjut jalan / pagar pembatas di lokasi terpencil diagram atau grafik ruang-waktu berdasarkan pengaturan lapangan dan data infrastruktur. Berikut perhitungan klasifikasi kelas rel ditunjukkan pada Tabel 2.4.

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

Kelas	Rel	Tegangan (kg/	Tegangan Izin (kg/ (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

2.4 Pengelompokan Jalan Rel

Jalan rel dapat dikelompokkan menurut beberapa cara sesuai dengan kebutuhan dan sudut pandangnya, diantaranya ialah pengelompokan sebagai berikut:

2.4.1. Pengelompokan Menurut Lebar Sepur

Pengukur adalah jarak terpendek antara keduanya ukur dari kepala rel, bagian dalam kepala rel ke bagian dalam rel yang lain. Lebar rel ini tetap (tidak berubah) meskipun dimensi relnya berbeda. Penggunaannya berbeda. Ada tiga kelompok pengukur yaitu :

- a. Sepur standart (standard gauge), lebar sepurnya ialah 1435 mm atau 4 feet 8,5 in
- b. Sepur lebar (broad gauge), lebar sepurnya lebih besar dari 1435 mm.
- c. Sepur sempit (narrow gauge), lebar sepurnya kurang dari 1435 mm.

2.4.2. Pengelompokan Menurut Kecepatan Maksimum

Dalam transportasi kereta api dikenal adanya empat kecepatan, sebagai berikut:

- a. Kecepatan draft, itulah kecepatannya desain struktur kereta api dan bentuk relnya.
- b. Kecepatan maksimum (maximum speed), yaitu kecepatan maksimum diizinkan untuk banyak operasi kereta api di menyeberang.
- c. Kecepatan operasi (operationnal speed), yaitu kecepatan rerata kereta api pada petak jalan tertentu.
- d. Kecepatan komersial (kecepatan komersial), itulah kecepatannya dijual ke konsumen. Kecepatan komersial ini adalah cara membagi jarak tempuh dengan waktu tempuh.

Kecepatan (V) maksimum kereta api yang diijinkan berkaitan dengan kelas jalan rel, seperti yang terdapat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: kecepatan maksimum yang diijinkan sesuai kelas jalan rel (Utomo,2006).

Kelas Jalan Rel	Kecepatan Maksimum (km/jam)
I	120
II	110
III	100
IV	90
V	80

Penentuan besarnya kecepatan perancangan (design speed) yang digunakan ialah sebagai berikut:

- a. Untuk perencanaan struktur jalan rel
- b. Untuk perencanaan jari-jari tikungan/lengkung, dan lengkung peralihan.

2.4.3. Pengelompokan Menurut Kelayakan

Kemiringan atau kemiringan jalan perencanaan geometrik jalan. Kemiringan jalan dipengaruhi oleh kondisi topografi. Tapi kereta api memiliki gerakan pembatasan pergerakan di medan curam dan lereng curam mahal. Di bawah ini adalah pengelompokan perlintasan kereta api berdasarkan kemiringan jalan.

Tabel 2.6: Lintas Jalan Rel menurut kelayakan (Utomo, 2006).

Kelompok Lintas Jalan Rel	Kelayakan
Lintas Datar	0-10
Lintas Pegunungan	10-40
Lintas Dengan Rel Gigi	40-80

Kelayakan jalan rel di emplesemen dibatasi 0–1,5 0/00. Kelayakan ini dibatasi agar supaya:

- a. Kereta api yang dalam keadaan berhenti di emplesemen tidak “berjalan sendiri” akibat dari beratnya, tiupan angin, dan dorongan dorongan lainnya.
- b. Lokomotif yang membutuhkan banyak tenaga untuk memulai gaya yang diperlukan tidak lagi dimuat dalam menghadapi hambatan besar untuk mengatasi lereng.

Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012, Klasifikasi Jalur Kereta Api ditentukan berdasarkan persyaratan tanjakan tujuan, tergantung pada kemiringan jalan, persyaratan lereng curam dan persyaratan jalan stasioner. lampu penting gradien maksimum pada sebuah persimpangan namun. Menentukan persyaratan landai harus memenuhi persyaratan berikut hal ini ditunjukkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Klasifikasi jalan berdasarkan landai penentu maksimum.

Kelas Jalan	Landai Penentu Maksimum
I	10
II	10
III	20
IV	25
V	25

Dalam kondisi tertentu, kemiringan garis lurus dapat melebihi landai memutuskan. Namun, nilai nilai kemiringan lebih tinggi dari kemiringan kemiringan yang curam perlu diperhitungkan dengan cermat. Jika di lereng kurva atau terowongan, lalu lengkungan atau kemiringan terowongan perlu mengurangi untuk mempertahankan jumlah tahanan.

2.5 Geometri Jalan Rel

Bentuk rel kereta api berarti bentuk dan ukuran rel kereta api. Baik vertikal maupun horizontal. Dimana metode perhitungan pekerjaan perbaikan tekukan berdasarkan kecepatan radius tekukan kurang dari :

- Berdasarkan nilai V, hitung R min dengan $R_{min} = 0,054^2 \cdot V$

- Hitung nilai AP lengkung penuh = $\frac{50}{R}$, AP lengkung peralihan dihitung pertambahannya = $\frac{6V^2}{R}$
- Hitung peninggian lengkung peralihan h penuh = $\frac{Ap\ penuh}{PLA}$, peninggian penuh peralihan = $\frac{h\ penuh}{PLA}$
- Hitung panjang lengkung PLA = 0,01.h.v
Pengecekan pelebaran sepur (LS) berdasarkan PD.10.
R ≥ 600, LS = 0.
550 R < 600, LS = 5
350 R < 550, LS = 10
350R < 400, LS = 15
- 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

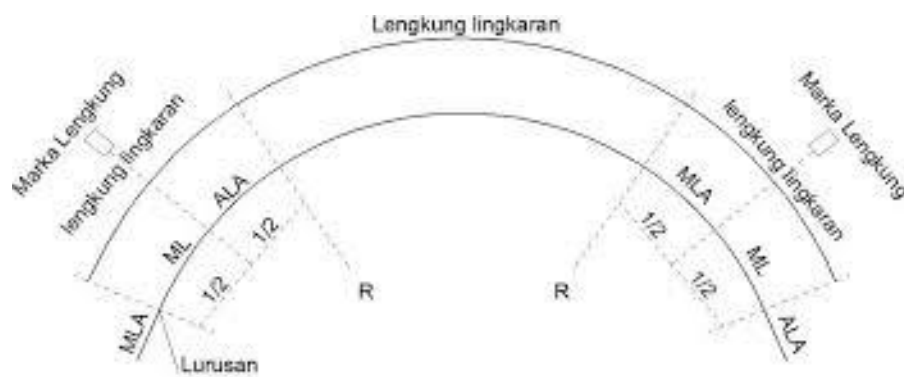
Gaya dihasilkan ketika kereta melintasi kurva horizontal Ternyata keluar secara sentrifugal dan terlihat seperti ini :

1. Rel luar berada di bawah tekanan lebih dari rel dalam.
2. Keausan rel luar rel bagian dalam.
3. bahaya tergulingnya kereta api.

Lengkung horizontal pada jalan rel dengan lengkung peralihan dapat dilihat pada Gambar 2.4, dan lengkung jalan rel tanpa lengkung peralihan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4: Lengkung rel tanpa lengkung peralihan (Peraturan Dinas No.10A).



Gambar 2.5: Lengkung rel dengan lengkung peralihan (Peraturan Dinas No.10A).

Keterangan :

MLA : Mulai lengkung alih

ML : Mulai lengkung

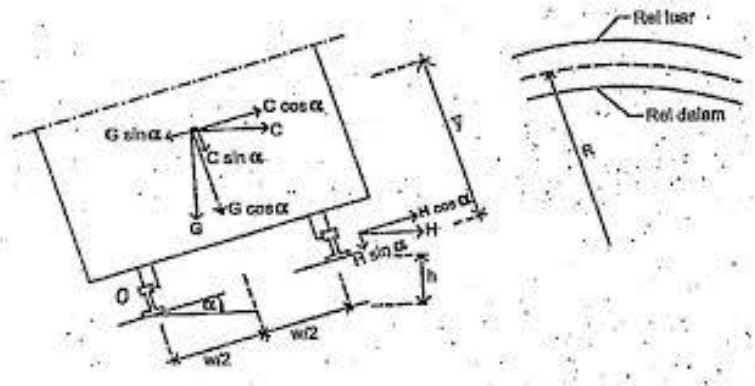
AL : Akhir lengkung

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

Lengkungan lingkaran yang tingginya perlu ditentukan di lokasi itu Kereta/ mobil/ lokomotif saat melewati tikungan horizontal lihat Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Kedudukan kereta/gerbong/lokomotif pada saat melalui lengkung horizontal (Peraturan Dinas No.10).

Gambar di atas menunjukkan jari-jari minimum untuk berbagai kecepatan. jika anda menggunakannya, anda perlu memeriksanya dengan dua kondisi berikut:

- Gaya sentrifugal yang timbul diimbangi oleh gaya berat saja.
- 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 2.8:

Tabel 2.8: Persyaratan jari-jari minimum lengkung horizontal.

Kecepatan Perencanaan (km/jam)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa transisi (m)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung transisi (m)
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350

Tabel 2.8: *lanjutan*

Kecepatan Perencanaan (km/jam)	Jari-jari minimum lengkun lingkran tanpa transisi (m)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung transisi (m)
70	810	270
60	600	200

3. Lengkung Transisi

Untuk mengurangi efek perubahan gaya sentrifugal dan untuk memastikan penumpang kereta api tidak terganggu dengan nyaman, Anda dapat menggunakan kurva transisi yang bergantung pada perubahan gaya sentrifugal per satuan waktu, kecepatan, dan jari-jari lingkaran.

4. Lengkung S

Untuk dua kurva persilangan yang bergerak dalam arah yang berbeda, kelengkungannya kontinu. Dengan membentuk huruf S, kita membentuk kurva terbalik yang disebut kurva S. Ini harus menerima bagian garis lurus setidaknya 20 m di luar kurva transisi.

B. Lengkung Vertikal

Lintasan menggunakan kurva transisi vertikal melingkar yang terletak di satu sisi persimpangan datar dan tanjakan untuk membuat transisi bertahap dari datar ke tanjakan atau dari bagian yang naik perlahan ke tanjakan. Bagian ramp dibuat dengan panjang yang sama dan radius minimum kurva. Transisi ditentukan dengan menggunakan kecepatan desain parsial pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9: 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

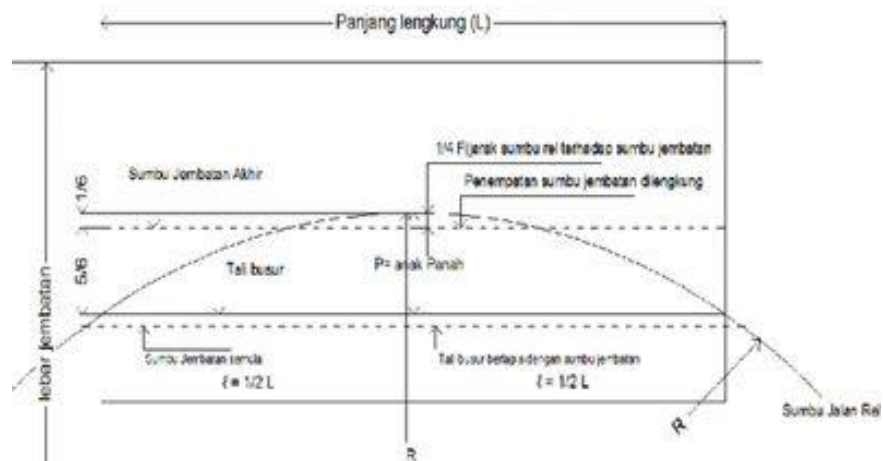
Tabel 2.9: *lanjutan*

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-jari minimum lengkung vertikal (meter)
$V < 45$	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.

C. Lengkung Jembatan

Sebuah jembatan (balok atau dinding) disusun secara melengkung, dengan sumbu jembatan sejajar dengan kabel lengkung melengkung. Dalam kasus jembatan gelagar, jarak antara sumbu jembatan dikedua ujungnya ke tali busur melengkung adalah $5/6$ dari panjang anak panah yang sesuai dengan panjang jembatan, jadi panjang sumbu kereta api dari sumbu dari jembatan ke pusat jembatan panjang jarak adalah $1/6$ dari panjang panah lihat Gambar 2.7.



Gambar 2.7: Posisi lengkung dijembatan rasuk (Peraturan Dinas 10).

D. Pengaruh Lengkung Dengan Kecepatan

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:

Perhitungan metode kerja lengkung KM 23+100 s.d 48+350 antara Tebing Tinggi – Siantar dapat dilihat dari perhitungan lengkung berdasarkan kecepatan dari radius.

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

E. Lengkung yang bermuatan penuh

Lengkung yang bermuatan penuh, ialah yang dapat dijalani dengan kecepatan max. $V_{max} = 4,3$. Pada umumnya hal ini terjadi pada lintas bebas (vrije baan). Yang dinamakan muatan lengkung (boogbelasting) adalah

angka yang didapatkan dari $e = 4,3$. Tidak perlu memakai lengkung peralihan dan cukup dengan jarak peralihan jika R 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 ϕ yang harus dikalikan dengan tekanan gandar lok, dan makin cepat V , makin besar pula ϕ 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. Peninggian Rel

Rel perlu dinaikkan untuk melawan gaya sentrifugal kereta saat memasuki kurva horizontal. Karena gaya sentrifugal, kereta cenderung menyimpang dari kurva. Hubungan antara penggunaan rail riser dan desain lengkung horizontal. Sebuah survei dari berbagai kecepatan desain untuk jalan raya ditunjukkan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10: Peninggian rel pada lengkungan.

Jari-jari (m)	Peninggian (mm) pas (km/hr)						
	120	110	100	90	80	70	60
100							----
150							110
200							90
250						----	75
300					----	100	65
350					110	85	55
400				----	100	75	50
450				110	85	65	45
500			----	100	80	60	40
550			110	90	70	55	40
600			100	85	65	50	35
650		----	95	75	60	50	35
700		105	85	70	55	45	30
750	----	100	80	65	55	40	30
800	110	90	75	65	50	40	30
850	105	85	70	60	45	35	25
900	100	80	70	55	45	35	25
950	95	80	65	55	45	35	25
1000	90	75	50	50	40	30	25
1100	80	70	55	45	35	30	20
1200	75	60	55	45	35	25	20
1300	70	60	50	40	30	25	20
1400	65	55	45	35	30	25	20
1500	60	50	40	35	30	20	15
1600	55	45	40	35	25	20	15
1700	55	45	35	30	25	20	15
1800	50	40	35	30	25	20	15
1900	50	40	35	30	25	20	15
2000	45	40	30	25	20	15	15
2500	35	30	25	20	20	15	10
3000	30	25	20	20	15	10	10
3500	25	25	20	15	15	10	10
4000	25	20	15	15	10	10	10

2.6.1. Penampang Rel

Penampang Rel harus memenuhi ketentuan dimensi rel seperti pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 2.11: Dimensi Penampang Rel.

Besaran Geometri Rel	Ti		Pe	
	R 42	R 50	R 54	R 60
H (mm)	138,00	153,00	159,00	172,00
B (mm)	110,00	127,00	140,00	150,00
C (mm)	68,50	65,00	70,00	74,30
D (mm)	13,50	15,00	16,00	16,50
E (mm)	40,50	49,00	49,40	51,00
F (mm)	23,50	30,00	30,20	31,50
G (mm)	72,00	76,00	74,79	80,95
R (mm)	320,00	500,00	508,00	120,00
A (mm)	54,26	64,20	69,34	76,86
W (mm)	42,59	50,40	54,34	60,34

2.6.2. Koordinasi Alinyemen

Alinyemen vertikal, alinemen horizontal dan potongan melintang jalan adalah bagian-bagian jalan sebagai hasil perencanaan harus dikoordinasikan sedemikian sehingga menghasilkan suatu bentuk jalan yang baik sesuai peraturan yang ada dalam hal ini kereta dapat melaju dengan aman dan nyaman serta memerlukan biaya pembangunan yang ekonomis. Bentuk kesatuan ketiga bagian jalan rel tersebut diharapkan dapat memberikan kesan atau petunjuk kepada masinis akan bentuk jalan rel kereta api sebagai prasarana kereta api. Berikut ini adalah beberapa hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan koordinasi alinyemen.

1. Alinyemen horizontal sebaiknya berimpit dengan alinemen vertikal dan secara ideal alinemen horizontal lebih panjang (sedikit) melingkupi alinyemen vertikal.
2. Tikungan yang tajam pada bagian bawah lengkung vertikal cekung atau pada bagian atas lengkung vertikal cembung harus dihindarkan sedemikian rupa.
3. Lengkung vertikal cekung pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.
4. Dua atau lebih lengkung vertikal dalam satu lengkung horizontal harus dihindarkan.
5. Tikungan yang tajam diantara 2 bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

2.7 Sebelum dan Sesudah Terjadinya Lengkung

Jalur Kereta Api Tebing Tinggi-Siantar ini adalah jalur kereta api yang menghubungkan stasiun Tebing Tinggi dengan stasiun Siantar. Jalur ini berada di Provinsi Sumatera Utara.

Jenis Kereta Api yang lewat pada lintas Tebing Tinggi-Siantar ini adalah jenis jalur lintas cabang dan memakai sistem jalur kereta api rel berat. Type dari kereta api pada lintas tersebut awalnya memakai Type R42 setelah terjadinya perubahan sekarang memakai Type R54.

Lintas tebing tinggi-siantar kenapa bisa terjadinya pergantian rel dari R42 ke R54 di karena Makin besar “R”, makin tebal pula batang rel tersebut. Perbedaan tipe batang rel mempengaruhi beberapa hal, yaitu : besar tekanan maksimum (axle load) yang sanggup diterima rel saat KA melintas, dan kecepatan laju KA yang diijinkan saat melewati rel. Semakin besar “R”, maka makin besar axle load yang sanggup diterima oleh rel tersebut, dan KA yang melintas di atasnya dapat melaju pada kecepatan yang tinggi dengan stabil dan aman. Selain itu, KAI mengoptimalkan kecepatan kereta api pada jalur lengkung sesuai desain lengkungnya. KAI melakukan perbaikan-perbaikan sesuai desain optimalnya pada lengkung tersebut agar kecepatan kereta api dapat ditingkatkan.

Artinya perubahan pada R berpengaruh pada peningkatan kecepatan waktu tempuh kereta api dan keutamaan keselamatan pelanggan ini sebagai bentuk peningkatan layanan KAI kepada pelanggan.

Dan sama seperti jalan raya, jalan rel pun musuhnya air. Air menggenangi di struktur tanah dasar pada jalan rel mengakibatkan ketidakstabilan batuan balas dan struktur atas (bantalan dan rel). Air yang menggenangi rel tersebut akan rembes dan menyebabkan fungsi operasional dari rem tidak berjalan mulus. Akibatnya, kereta dapat kapan saja mengalami rem blong dan tidak menutup kemungkinan mengakibatkan kecelakaan. Selain itu, rel yang tergenang banjir dikhawatirkan akan mengakibatkan pergeseran dudukan rel jika dilewati, dan tidak menutup kemungkinan kereta akan anjlok.

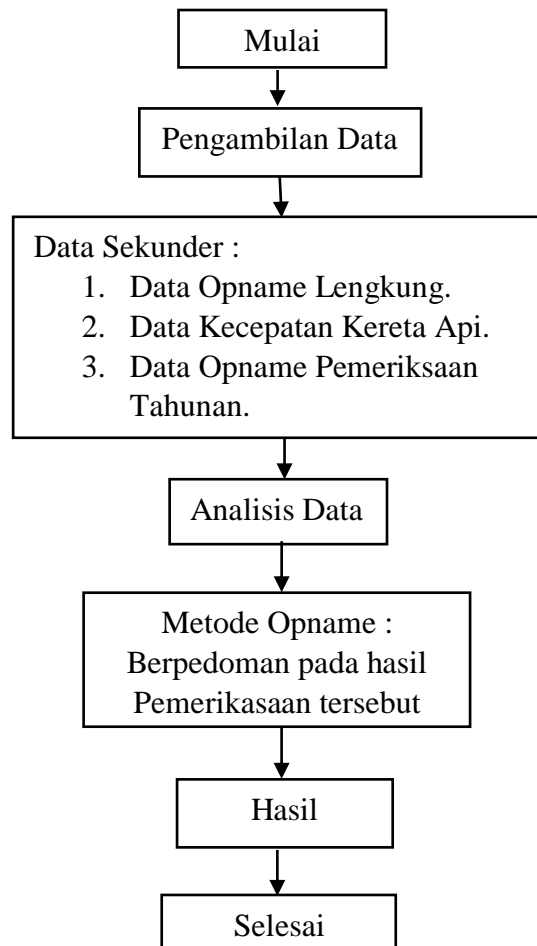
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih untuk survei adalah pada penampang Lintasan Tebing Tinggi–Siantar Lokasi ini dipilih karena jalan tersebut merupakan jalur lengkungan kereta api.

3.2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini hanya mengkaji dan mengevaluasi komponen jalan rel berdasarkan Pengaruh Kecepatan Lengkung Kereta Api di lintas Tebing Tinggi-Siantar KM 23+100 s.d 48+350. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada pada Gambar 3.1.

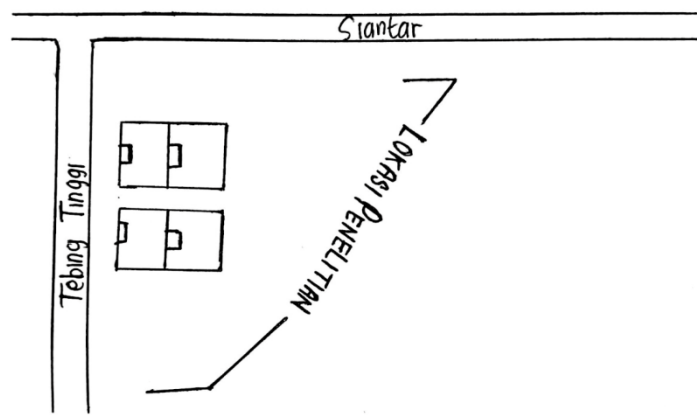


Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian.

3.3. Pengambilan Data

Tentu saja penelitian membutuhkan dasar untuk membahas objek yang diselidiki. Hal ini berkaitan erat dengan data yang dikumpulkan untuk mendukung hasil survei. Data yang dibutuhkan untuk tugas akhir ini dikategorikan sebagai berikut:

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



Gambar 3.2: Lokasi Penelitian.

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 Peralatan Yang Digunakan

Pada tahap pengumpulan data diperlukan peralatan pendukung untuk survai, antara lain:

- a. Alat tulis berupa pulpen untuk mencatat data di lapangan tersebut.
- b. Meteran untuk mengukur lebar rel.
- c. Alat hitung berupa kalkulator.
- d. Kamera untuk mendokumentasikan kondisi lokasi penelitian.

3.5. Teknik Pengumpulan Data

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

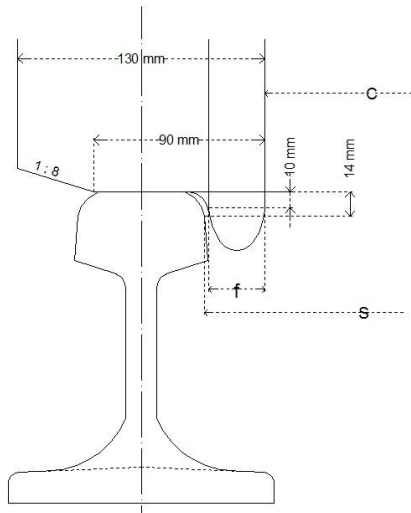
1. Data untuk analisis pemeliharaan dan perawatan lintas lengkung.
2. Data untuk analisis pemeliharaan dan perawatan dengan Metode Opname.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Pada bab ini akan dilakukan penelitian dengan data sekunder dan dengan jenis data kuantitatif. Dengan cara 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).

4.2. Perhitungan Metode Kerja Lengkung

Perhitungan metode kerja lengkung KM 23+100 s.d 48+350 antara Tebing Tinggi – Siantar dapat dilihat dari perhitungan lengkung berdasarkan kecepatan dari radius.

- Berdasarkan nilai V, hitung R min dengan $R_{min} = 0,054^2 \cdot V$
- Hitung nilai AP lengkung penuh $= \frac{50}{R}$, AP lengkung peralihan dihitung pertambahannya $= \frac{6V^2}{R}$

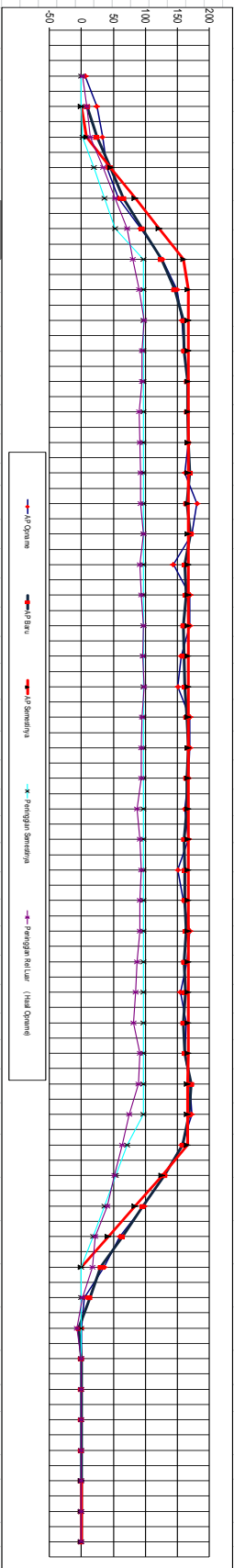
- Hitung peninggian lengkung peralihan h penuh = $\frac{Ap \text{ penuh}}{PLA}$, peninggian penuh peralihan = $\frac{h \text{ penuh}}{PLA}$
- Hitung panjang lengkung $PLA = 0,01 \cdot h \cdot v$
Pengecekan pelebaran sepur (LS) berdasarkan PD.10.
 $R \geq 600, LS = 0.$
 $550 R < 600, LS = 5$
 $350 R < 550, LS = 10$
 $350R < 400, LS = 15$
- Mengklasifikasikan data lengkung berdasarkan radius untuk menentukan -
Untuk $300 < R < 1000$ 2 kali dalam setahun.

4.3 Data Opname Lengkung

Tabel 4.1: Data Opname Lengkung

Jari-jari (m)	Peninggian (mm) pada setiap kecepatan rencana						
	120	110	100	90	80	70	60
100							
150							-
200							110
250						-	90
300					-	100	75
350					110	85	65
400				-	100	75	55
450				110	85	65	50
500			-	100	80	60	45
550			110	90	70	55	40
600			100	85	65	50	40
650		-	95	75	60	50	35
700		105	85	70	55	45	35
750	-	100	80	65	55	40	30
800	110	90	75	65	50	40	30
850	105	85	70	60	45	35	30
900	100	80	70	55	45	35	25
950	95	80	65	55	45	35	25
1000	90	75	60	50	40	30	25
1100	80	70	55	45	35	30	20
1200	75	60	55	45	35	25	20
1300	70	60	50	40	30	25	20
1400	65	55	45	35	30	25	20
1500	60	50	40	35	30	20	15
1600	55	45	40	35	25	20	15
1700	55	45	35	30	25	20	15
1800	50	40	35	30	25	20	15
1900	50	40	35	30	25	20	15
2000	45	40	30	25	20	15	15
2500	35	30	25	20	20	15	10
3000	30	25	20	20	15	10	10
3500	25	25	20	15	15	10	10

Pemeriksaan Busur No.50 Km.43+060,87 s/d Km. 43+440,99antara Dmr - Sir Irtas Tpi - Sir.



No. Titik	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	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
d' of Opname	6	24	31	40	58	93	122	150	158	161	166	166	167	162	161	173	144	170	170	156	151	170	170	168	162	168	151	160	170	165	155	164	162	170	173	157	130	98	60	36	5	0	0	0	0	0	0	0	
d' of Busur	0	26	22	0	12	8	0	-4	0	0	0	0	0	0	-16	0	20	4	0	16	22	6	0	0	6	6	20	12	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P' of Sempunya	13	-16	-9	5	8	2	-4	2	0	0	0	0	0	0	8	16	2	18	4	-10	5	11	-5	-3	-3	3	-7	11	2	6	-4	8	-4	0	2	-4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P' of Tinggi Balok	108	106	108	108	107	108	108	107	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	

R : 300
 Sudut : 24' 19" 8"
 Panjang PL : 211 m
 Panjang P.L.A : 68 m
 AP : 167 mm
 Hn : 97 mm
 Lebar Spoor : 1087 mm
 V.Maks : 70 km/jam

Wilayah : QC.I B TBI
Resort : I.6 Sir

LAPORAN BUSUR

Pemeriksaan Busur No. 50 Radius (R) 300 Km: 43+060, s/d Km: 43+407, Antara: Dmr - Sir Lintas : TBI - SIR

No. Titik	Letak Pada		Tempat Tetap	Letak MBA-MB-AB-ABA		Anak Panah (Tali Busur 20m)			Pertinggian		1/4 Anak Panah	3/4 Anak Panah	Keterangan
	KM	HM		Hasil Pengukuran	Hasil Perhitungan	Hasil Pengukuran	Besarnya Penggeseran Hasil Perhitungan	Hasil Perhitungan	lbr sepur pengukuran	Opnem			
-4						8	0		0	0			
-3						25	0	25	1065	10	0	7,75	
-2		56		MLA		37	0	37	1070	16	0	9,63	
-1						40	0	40	1069	37	12	19,6	7,22
0	43	78		ML		60	0	60	1070	56	24	12,5	9,38
1						97	0	97	1083	73	36	19,6	14,7
2		100		ALA		132	0	132	1080	81	48	28,6	21,5
3						154	-3	151	1078	91	60	35,4	26,5
4						161	4	165	1084	100	72	39,5	29,6
5						162	1	163	1080	101	72	41,1	30,8
6						168	-2	166	1080	96	72	41,1	30,8
7						166	0	166	1083	90	72	42,3	31,1
8						169	3	172	1081	93	72	42,3	31,7
9						169	3	172	1079	95	72	43	32,3
10						185	-13	172	1,1E+07	95	72	43	32,3
11						177	-5	172	1085	100	72	43	32,3
12						147	22	169	1079	92	72	42,6	32
13						176	-7	169	1082	94	72	42,3	31,7
14						175	-8	167	1082	98	72	42	31,5
15						160	3	163	1081	97	72	41,3	30,9
16						157	7	164	1082	91	72	40,9	30,7
17						173	-3	170	1080	98	72	41,8	31,3
18						175	-5	170	1083	92	72	42,5	31,9
19						165	3	168	1080	94	72	42,3	31,7
20						165	2	167	1085	95	72	41,9	31,4
21						174	2	176	1984	92	72	42,9	32,2
22						160	6	166	1082	96	72	42,8	32,1
23						165	2	167	1080	94	72	41,6	31,2
24						175	-8	167	1080	94	72	41,8	31,3
25						170	0	170	1080	89	72	42,1	31,6
26						158	8	166	1081	87	72	42	31,5
27						166	-4	162	1087	84	72	41	30,8
28						164	6	170	1080	94	72	41,5	31,1
29						174	-3	171	1080	90	72	42,6	32
30		381		ALA		176	-9	167	1081	77	60	42,3	31,7
31						160	3	163	1075	65	60	41,3	30,9
32	43	403		AL		135	3	138	1070	53	36	37,6	28,2
33						101	-3	98	1067	42	24	29,5	22,1
34		425		MLA		60	6	66	1062	23	12	20,5	15,4
35						40	-3	37	1065	19	0	12,9	9,66
36						5	0	5	0	4	0	5,25	3,94
37						0	0	0	0	0	0	0,63	0,47
38						0	0	0	0	0	0	0	0
52						0	0	0	3			###	###

4.4 Daftar Kecepatan Kereta Api

Data kecepatan kereta api yang melintas di lengkungan lintas Tebing Tinggi-Siantar dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2: Daftar kecepatan Kereta Api Tebing Tinggi-Siantar (DIVRE SU I).

No	Stasiun Antara	Jarak Antar Stasiun		Radius Lengkung Minimum	Landai Penentu		Vmax Gapeka Existing (Km/Jam)	KET
		(Km Sp)	(m')		Naik	Turun		
				(‰)	(‰)			
1	TEBING TINGGI - BAJA LINGGEI	22,690			12	15	45	
2	BAJA LINGGEI - DOLOK MERANGIR	5,852	150	10	6,7	45		
3	DOLOK MERANGIR - SIANTAR	19,925			20	15	45	

Tabel 4.3: Perbandingan kecepatan dengan radius lengkung.

Radius Lengkung (m)	Kecepatan Kereta Api (Km/jam)	Lengkung Peralihan (m)
1000	136	15
900	129	15
800	122	14
700	114	13
600	106	12

Tabel 4.3: *lanjutan*

500	97	11
400	86	10
300	75	9
200	61	7
150	53	6

4.5 Pengumpulan Data

1. Rumus dan Ketentuan di Lengkung

a) Panjang Lengkung Peralihan (PLA)

Cara menentukan dan menghitung panjang lengkung peralihan pada suatu lengkung.

$$\begin{aligned} \text{PLA Normal} &= \left[0,06 \frac{V^2}{R}\right] : [Hn] \\ &= \left[0,06 \frac{V^2}{R}\right] : \left[\frac{6V^2}{R}\right] \\ &= 0,01 HV \end{aligned}$$

$$(L) = 10 V \times h \text{ normal}$$

Keterangan :

L = Panjang lengkung peralihan

V = Kecepatan yang berlaku

H = Peninggian rel

b) Panjang Peralihan Minimum (PLA)

$$41,15 \times \frac{V}{R} \text{ atau } 0,0001 \cdot h \cdot V$$

Keterangan :

V = Kecepatan yang berlaku

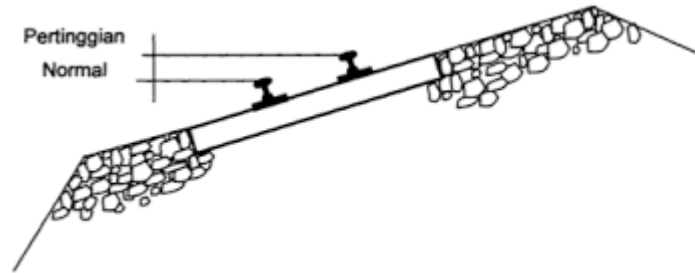
h = Peninggian rel

R = jari-jari lengkung

c) Lengkung tanpa peralihan Suatu lengkung diizinkan tanpa adanya lengkung peralihan jika radius lengkung tersebut :

$$R > \frac{1}{6} \times V^2$$

d) Peninggian (h normal) $\frac{6V^2}{R}$



Gambar 4.2: Profil Melintang Peninggian Lengkung.

e) Peninggian maximum (h max)

Keseluruhan dari sebuah lengkung untuk peninggian maksimum adalah = 110 mm atau 11 cm.

f) Peninggian minimum (h min) $8,86 \frac{V^2}{R} - 54,01$

g) Radius Baru R Baru = $\frac{50000}{AP \text{ Rata2}}$

h) Radius minimum R min = $\left[\frac{V \text{ max}}{4,3} \right]^2$

i) Anak Panah (AP)

$$\begin{aligned} AP &= \left[\frac{1}{8} \times \frac{L^2}{R} \right] \times 1000 \\ &= \left[\frac{1}{8} \times \frac{20 \times 20}{R} \right] \times 1000 \\ &= \frac{50000}{R} \text{ (mm)} \end{aligned}$$

j) Kecepatan maksimal dilengkung (V max)

$$\begin{aligned} V_{\text{max}} &= 110 = \frac{6V^2}{R} \\ 110 R &= 6V^2 \\ V_{\text{max}} &= \sqrt{\frac{110}{6}} R \\ &= 4,3 \sqrt{R} \end{aligned}$$

k) Ketentuan pelebaran rel berdasarkan radius Suatu lengkung dengan radius tertentu dibangun dengan pelebaran tertentu untuk menjaga agar roda tidak bergesekan langsung dengan kepala rel atau memberi ruang bagi roda kereta saat berbelok. Ketentuan pelebaran rel dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.4: Ketentuan pelebaran rel di lengkung.

PELEBARAN REL (mm)	RADIUS (m)
0	R > 600
5	550 s/d < 600
10	300 s/d < 550
15	350 s/d < 400
20	100 s/d < 350
25	<225

4.6 ANALISIS DAN PEMBAHASAN MASALAH

Atas dasar itulah maka penulis mencoba menguraikan tentang variabel-variabel apa saja yang perlu diteliti untuk menentukan standart seharusnya perawatan agar kondisi lengkung dapat sesuai grafik normalnya, dapat ditingkatkan kecepatan lintasnya serta meningkatkan keselamatan di lengkung tersebut. Dan mengevaluasi sebelum dan sesudahnya terjadi pergantian lengkung tersebut diantaranya:

1) Peninggian Rel Sebelum Terjadinya Pergantian Lengkung:

- Peninggian normal

Peninggian normal berdasar pada kondisi komponen jalan rel tidak ikut menahan gaya sentrifugal. Pada kondisi ini gaya sentrifugal sepenuhnya diimbangi oleh gaya berat saja. Peninggian normal dapat dihitung dengan

rumus:
$$h = \frac{6V^2}{R}$$

Keterangan :

Hnormal = peninggian normal (mm)

V = kecepatan perancangan (km/jam)

R = jari – jari lengkung horizontal (m)

- Peninggian Normal untuk R = 150 dengan Vmaks = 45 km/jam yaitu:

$$h = \frac{6 \times 45^2}{150} \text{ mm}$$

$$h = 81 \text{ mm}$$

- Peninggian normal untuk $R = 150$ dengan $V = 30$ km/jam yaitu:

$$h = \frac{6 \times 30^2}{150} \text{ mm}$$

$$h = 36 \text{ mm}$$

- Peninggian Maksimal

Peninggian maksimal ditentukan berdasarkan pada stabilitas kereta api pada saat berhenti dibagian lengkung horizontal dengan pembatasan kemiringan 10%. Apabila kemiringan melebihi 10% maka benda-benda yang terletak pada lantai kereta api dapat bergeser kearah sisi dalam. Dengan menggunakan kemiringan maksimum 10% peninggian rel maksimum yang digunakan yaitu 110 mm atau 11 cm. $H = 110$ mm.

- Peninggian Minimal

Peninggian minimal berdasar pada kondisi gaya maksimum yang dapat ditahan oleh komponen jalan rel dan kenyamanan penumpang kereta api. Peninggian minimum dapat dihitung dengan rumus:

$$h = 8,86 \frac{V^2}{R} - 54,01$$

- Peninggian minimum pada rel dengan $R = 150$ dan $V_{maks} = 45$ km/ jam

$$\text{adalah: } h = \frac{8.86 \times 45^2}{150} - 54,01$$

$$h = 65,6 \text{ mm}$$

- Peninggian minimum pada rel dengan $R = 150$ dan $V = 30$ km/ jam adalah:

$$h = \frac{8.86 \times 30^2}{150} - 54,01$$

$$h = 0,85 \text{ mm}$$

2) Lengkung Peralihan

Untuk mengurangi pengaruh perubahan gaya sentrifugal sehingga penumpang kereta api tidak terganggu kenyamanannya, dapat digunakan lengkung peralihan. Panjang lengkung peralihan tergantung pada perubahan gaya sentrifugal tiap satuan waktu, kecepatan, dan jari-jari lengkung lingkaran. Untuk mendapatkan panjang lengkung peralihan minimum dapat dihitung dengan rumus:

$$L = 0,01.h.V$$

Keterangan:

L = panjang lengkung peralihan (m)

V = kecepatan perancangan (km/jam)

h = peninggian rel (mm)

- Peninggian Normal

- Panjang lengkung peralihan untuk peninggian normal dengan R = 150 dan Vmaks = 45 km/jam adalah:

$$L = 0,01 \times 81 \times 45$$

$$L = 36,45 \text{ m}$$

- Panjang lengkung peralihan untuk peninggian normal dengan R = 150 dan V 30 km/jam adalah:

$$L = 0,01 \times 36 \times 30$$

$$L = 10,8 \text{ m}$$

- Peninggian Maksimal Panjang lengkung peralihan untuk peninggian maksimal R = 150 dengan Vmaks = 45 dan V = 30 km/jam adalah:

- $L = 0.01 \times 110 \times 45$

$$L = 49,5 \text{ m}$$

Dan

- $L = 0.01 \times 110 \times 30$

$$L = 33 \text{ m}$$

- Peninggian Minimal

- Panjang lengkung peralihan untuk peninggian minimum R = 150 dengan Vmaks = 45 km/jam adalah :

$$L = 0.01 \times 65,6 \times 45$$

$$L = 29,52 \text{ m}$$

- Panjang lengkung peralihan untuk peninggian minimum R = 150 dengan V = 30 km/jam adalah:

$$L = 0.01 \times 0,85 \times 30$$

$$L = 0,26 \text{ m}$$

3) Anak Panah (AP)

$$AP = \frac{50000}{R}$$

$$AP = \frac{50000}{150}$$

$$AP = 333,3 \text{ mm}$$

4) Kecepatan Maximal di Lengkung (V max)

Kecepatan maksimal yang dapat dicapai untuk lengkung dengan R tertentu. Untuk R = 150 kecepatan maksimal yang dapat dicapai adalah : $4,3 \sqrt{R}$

$$\begin{aligned} V_{maks} &= 4,3 \sqrt{150} \\ &= 52,66 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Cara mengetahui lengkung yang kurang standar dan masalah pergeserannya antara mengukur kembali kondisi lengkung agar sesuai antara data dan register dengan kondisi di lapangan misalnya ukuran radius, panjang lengkung, panjang lengkung peralihan, pelebaran, peninggian, anak panah, dan bila perlu memperbaiki lengkung dengan menggunakan ukuran yang mempunyai kemampuan operasi prasarana sampai diatas pada Vmin yang ada di lapangan nya, tetapi dengan menghitung kondisi eksisting sekarang yang sebelum terjadi pergantian lengkung, perhitungan ukuran Vmin = 30 km/jam dan Vmaks = 45 km/jam. Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6 di bawah ini:

Tabel 4.5: Perbandingan ukuran komponen sebelum pergantian lengkung.

Komponen	Register	Normal V 30 km/jam	Normal Vmaks 45 km/jam
R	150 m	150 m	150 m
PLA	-	10,8 m	36,45 m
Min	-	0,85	65,60 m
Maks	-	33 m	49,5m
h	-	36 mm	81 mm

Tabel 4.5: *lanjutan*

Min	-	0,85 mm	65,6 mm
H	110 mm	110 mm	110 mm
AP	333,3 mm	333,3 mm	333,3 mm
Vmaks	45 km/jam	-	52,6 km/jam

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa komposisi dari data register lengkung R = 150. Hal ini dapat dilihat dari beberapa angka komponen register yang sebetulnya sudah lebih dari angka yang menjadi angka standar minimal yaitu dengan V maks 52,6 km/jam, untuk ukuran lengkung dengan R 150 dan V maks 45 km/jam dengan perhitungan teori yang telah dihitung. Akan tetapi kecepatan di lengkung tersebut dibatasi dengan V 30 km/jam dengan alasan keselamatan. Oleh karena itu perlu diadakannya pemeriksaan tahunan dan memastikan kondisi eksisting lengkung agar lebih stabil dengan apa yang diharapkan.

1) Peninggian Rel Sesudah Terjadinya Pergantian Lengkung

- Peninggian normal

Peninggian normal berdasar pada kondisi komponen jalan rel tidak ikut menahan gaya sentrifugal. Pada kondisi ini gaya sentrifugal sepenuhnya diimbangi oleh gaya berat saja. Peninggian normal dapat dihitung dengan

rumus :
$$h = \frac{6V^2}{R}$$

Keterangan :

Hnormal = peninggian normal (mm)

V = kecepatan perancangan (km/jam)

R = jari – jari lengkung horizontal (m)

- Peninggian Normal untuk R 300 dengan V = 70 km/jam yaitu:

$$h = \frac{6 \times 70^2}{300} \text{ mm}$$

$$h = 98 \text{ mm}$$

- Peninggian normal untuk R 300 dengan V = 45 km/jam yaitu:

$$h = \frac{6 \times 45^2}{300} \text{ mm}$$

$$h = 40,5 \text{ mm}$$

- Peninggian Maksimal

Peninggian maksimal ditentukan berdasarkan pada stabilitas kereta api pada saat berhenti dibagian lengkung horizontal dengan pembatasan kemiringan 10%. Apabila kemiringan melebihi 10% maka benda-benda yang terletak pada lantai kereta api dapat bergeser kearah sisi dalam. Dengan menggunakan kemiringan maksimum 10% peninggian rel maksimum yang digunakan yaitu 110 mm atau 11 cm. $H = 110 \text{ mm}$.

- Peninggian Minimal

Peninggian minimal berdasar pada kondisi gaya maksimum yang dapat ditahan oleh komponen jalan rel dan kenyamanan penumpang kereta api. Peninggian minimum dapat dihitung dengan rumus:

$$h = 8,86 \frac{V^2}{R} - 54,01$$

- Peninggian minimum pada rel dengan $R = 300$ dan $V = 70 \text{ km/ jam}$ adalah:

$$h = \frac{8,86 \times 70^2}{300} - 54,01$$

$$h = 90,7 \text{ mm}$$

- Peninggian minimum pada rel dengan $R = 300$ dan $V = 45 \text{ km/ jam}$ adalah:

$$h = \frac{8,86 \times 45^2}{300} - 54,01$$

$$h = 5,8 \text{ mm}$$

2) Lengkung Peralihan

Untuk mengurangi pengaruh perubahan gaya sentrifugal sehingga penumpang kereta api tidak terganggu kenyamanannya, dapat digunakan lengkung peralihan. Panjang lengkung peralihan tergantung pada perubahan gaya sentrifugal tiap satuan waktu, kecepatan, dan jari-jari lengkung lingkaran. Untuk mendapatkan panjang lengkung peralihan minimum dapat dihitung dengan rumus:

$$L = 0,01 \cdot h \cdot V$$

Keterangan :

L = panjang lengkung peralihan (m)

V = kecepatan perancangan (km/jam)

h = peninggian rel (mm)

- Peninggian Normal

- Panjang lengkung peralihan untuk peninggian normal dengan R 300 dan V 70 km/jam adalah:

$$L = 0,01 \times 98 \times 70$$

$$L = 68,6 \text{ m}$$

- Panjang lengkung peralihan untuk peninggian normal dengan R 300 dan V 45 km/jam adalah:

$$L = 0,01 \times 40,5 \times 45$$

$$L = 18,2 \text{ m}$$

- Peninggian Maksimal Panjang lengkung peralihan untuk peninggian maksimal R 300 dengan V 45 dan 70 km/jam adalah:

- $L = 0,01 \times 110 \times 45$

$$L = 49,5 \text{ m}$$

Dan

- $L = 0,01 \times 110 \times 70$

$$L = 77 \text{ m}$$

- Peninggian Minimum

- Panjang lengkung peralihan untuk peninggian minimum R 300 dengan V 70 km/jam adalah:

$$L = 0,01 \times 90,7 \times 70$$

$$L = 63,5 \text{ m}$$

- Panjang lengkung peralihan untuk peninggian minimum R 200 dengan V 45 km/jam adalah:

$$L = 0,01 \times 5,8 \times 45$$

$$L = 2,6 \text{ m}$$

3) Anak Panah (AP)

$$AP = \frac{50000}{R}$$

$$AP = \frac{50000}{300}$$

$$AP = 167 \text{ mm}$$

4) Kecepatan Maximal di lengkung (V max)

Kecepatan maksimal yang dapat dicapai untuk lengkung dengan R tertentu. Untuk

R 300 kecepatan maksimal yang dapat dicapai adalah: $4,3 \sqrt{R}$

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 4,3 \sqrt{300} \\ &= 74,5 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Cara mengetahui lengkung yang kurang standar dan masalah pergeserannya antara mengukur kembali kondisi lengkung agar sesuai antara data dan register dengan kondisi di lapangan misalnya ukuran radius, panjang lengkung, panjang lengkung peralihan, pelebaran, peninggian, anak panah, dan bila perlu memperbaiki lengkung dengan menggunakan ukuran yang mempunyai kemampuan operasi prasarana sampai diatas pada Vmin yang ada di lapangan nya, 70 km/jam. Tetapi dengan menghitung kondisi eksisting sekarang, perhitungan ukuran Vmin = 45 km/jam dan Vmaks = 70 km/jam. Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.7:

Tabel 4.6: Perbandingan ukuran komponen lengkung pada analisis secara manual

Komponen	Register	Normal V 45 km/jam	Normal V 70 km/jam
R	300 m	300 m	300 m
PL	211 m	211 m	211 m
PLA	49,5 m	18,2 m	68,6 m
Min	-	2,6 m	63,5 m

Tabel 4.6: *lanjutan*

Maks	-	49,5 m	77 m
H	-	40,5 mm	98 mm
Min	-	5,8 mm	90,7 mm
Maks	110 mm	110 mm	110 mm
AP	167 mm	167 mm	167 mm
Vmaks	70 km/jam	-	74,5 km/jam

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa komposisi dari data register lengkung $R = 300$. Hal ini dapat dilihat dari beberapa angka komponen register yang sebetulnya sudah lebih dari angka yang menjadi angka standar minimal yaitu dengan V maks 74,5 km/jam, untuk ukuran lengkung dengan $R = 300$ dan V maks 70 km/jam dengan perhitungan teori yang telah dihitung. Akan tetapi kecepatan di lengkung tersebut dibatasi dengan $V = 45$ km/jam dengan alasan keselamatan. Oleh karena itu perlu diadakannya pemeriksaan tahunan dan memastikan kondisi eksisting lengkung agar lebih stabil dengan apa yang diharapkan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Evaluasi pengaruh lengkung kereta api terhadap kecepatan kereta api di lintas Tebing Tinggi-Siantar KM 23+100 s.d 48+350 maka dapat disimpulkan:

1. Perubahan pertinggian pada lengkung KM 23+100 s.d 48+350 jalur rel lintas Tebing Tinggi-Siantar masih relevan dengan peraturan yang ada dan sesuai dengan batas kenyamanan yaitu sebesar 45 km/jam hingga 70 km/jam
2. Berdasarkan perbandingan antara kecepatan dengan radius lengkung jalan kereta api dapat disimpulkan bahwa semakin besar radius lengkung maka akan semakin tinggi kecepatan kereta api pada saat melintasi lengkung tersebut. Namun demikian atas dasar faktor keamanan dan kenyamanan telah ditentukan pada lintas Tebing Tinggi-Siantar untuk batas maksimal kecepatan kereta api dengan $R = 300$ berarti kecepatan maksimal yang akan dilaju adalah 70 km/jam.
3. Pergantian/peninggian rel pada Tebing Tinggi-Siantar ini juga disebabkan oleh faktor banjir yang mengganggu kenyamanan dan keamanan perjalanan pada kereta api.

5.2 Saran

Berdasarkan pada penelitian ini, maka diperoleh beberapa saran yang disampaikan untuk meningkatkan kualitas dan efisien sarana perkeretaapian khususnya pada daerah lengkungan yaitu :

1. Kepada Dinas Perhubungan ataupun pihak PT. Kereta Api Indonesia Persero di harapkan agar lebih dapat mengontrol dan meningkatkan kualitas opname lengkung di setiap lengkung jalan kereta api dengan adanya dilakukan dengan pemeriksaan periode tahunan.

2. Kepada peneliti selanjutnya yang akan meneliti pada permasalahan ataupun metode yang sama diharapkan dapat meneliti lebih detail tentang batas kecepatan kereta api.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2016) Kontruksi Rel Kereta Api, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 11 tahun 2016.
- Anonim (2016) Perawatan Jalan Rel Dengan Lebar 106.7 mm, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 11 tahun 2016.
- Arbie, 2015, Evaluasi Kelayakan Jalan Rel, Jurnal Penelitian Transportasi Darat, Vol 17, No 1.
- Haris, S, dan Hedrianto, T, 2017, Pengaruh Geometrik Jalan Rel Terhadap Batas Kecepatan Maksimal Kereta Api, Isu Teknologi Stt Mandala Vol.12 No.2, Issn 1979-4818.
- Karyanto, T.A, dan Handayani, A.T, Evaluasi Pengaruh Lengkung Jalan Kereta Api Terhadap Kecepatan Kereta Api, Vol. 01, No. Hal : 53- 62. ISSN: 2622-0180.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor: KM 43 Tahun 2011 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional, Jakarta.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor: KM 32 Tahun 2011 tentang Standar Dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian, Jakarta.
- PJKA (1986) Penjelasan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10), Bandung.
- PJKA (1986) Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10), Bandung.
- PJKA (2012) Buku Saku Perawatan Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10), Bandung.
- PJKA (2017) Geometri Jalan Rel.
- Sholihin, M, dan Dwiatmoko,H, 2020, Perawatan Lengkung, Jurnal Perkeretaapian Indonesia, , Vol IV, No 1, P-ISSN : 2550-1127.
- Utomo, S.H.T, 2009, JALAN REL, Universitas Gajah Mada, ISBN : 978-979-8541-31-6 Diterbit Yogyakarta.

LAMPIRAN





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Hanifah Mayvirah Hasibuan
Panggilan : Hanifah
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 17 Juni 2001
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Jl. Cempaka Gg. Cempaka 17
Agama : Islam

Nama Orang Tua
Ayah : M.T Hasibuan
Ibu : Y.J Lubis
No.HP : 085276321956
E-Mail : mayvirahhsb17@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1807210104
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Sipil
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Mughtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD 060884	2012
2	SMP	SMP N 18 Medan	2015
3	SMA	SMA N 15 Medan	2018
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2018 sampai selesai.		