

TUGAS AKHIR

EVALUASI PENGARUH LENGKUNG KERETA API TERHADAP KECEPATAN KERETA API DI JALAN POKOK BAMBU KEC. BERINGIN LINTAS MEDAN – ARASKABU (Studi Kasus)

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

Disusun Oleh:

HARIS RINALDI

1707210086



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Haris Rinaldi
Npm : 1707210086
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api Terhadap
Kecepatan Kereta Api Di Jalan Pokok Bambu Kec.
Beringin Lintas Medan – Araskabu (Studi Kasus)
Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, September 2021

Dosen Pembimbing



Ir. Tri Rahayu, M. Si

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Haris Rinaldi
NPM : 1707210086
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api Terhadap Kecepatan Kereta Api Di Jalan Pokok Bambu Kec. Beringin Lintas Medan – Araskabu (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, September 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Ir. Tri Rahayu, M. Si

Dosen Pembimbing I



Hj. Irma Dewi, ST, M.Si

Dosen Pembimbing II



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Haris Rinaldi
Tempat/Tanggal Lahir : Sei Muka, 24 November 1999
NPM : 1707210086
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Evaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api Terhadap Kecepatan Kereta Api Di Jalan Pokok Bambu Kec. Beringin Lintas Medan – Araskabu”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya Karen ahubungan 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 menegakan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, September 2021

Saya yang menyatakan,


Haris Rinaldi

ABSTRAK

EVALUASI PENGARUH LENGKUNG KERETA API TERHADAP KECEPATAN KERETA API DI JALAN POKOK BAMBU KEC. BERINGIN LINTAS MEDAN – ARASKABU (STUDI KASUS)

Haris Rinaldi
1707210086
Ir. Tri Rahayu, M.Si

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). 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 Terhadap Kecepatan Kereta Api Di Jalan Pokok Bambu Kec. Beringin Lintas Medan - Araskabu.” Tujuan dan penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui seberapa besar kemiringan lengkung di jalan Pokok Bambu Kec. Beringin lintas Medan – Araskabu, yaitu 64 mm berbanding sesuai dengan radiusnya, dan untuk mengetahui kecepatan kereta api saat melintasi di jalur lengkung lintas Medan-Araskabu pada kecepatan maximum kereta api 55 km/jam dan kecepatan minimum 50 km/jam pada jalur saat melintasi dijalur lengkung lintas Medan-Araskabu.

Kata Kunci : Kereta Api, Lengkung, Kecepatan

ABSTRACT

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF RAIL CURRENCE ON TRAIN SPEED AT ROAD POKOK BAMBU KEC. BERINGIN LINTAS MEDAN – ARASKABU (CASE STUDY)

Haris Rinaldi
1707210086
Ir. Tri Rahayu, M.Si

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 will or are moving on the rails. Train is a means of mass transportation which generally consists of locomotives (vehicles with self-propelled power) and a series of trains or carriages (coupled with other vehicles). The need for rail road maintenance 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 this case the author takes the title “Evaluation Of The Influence Of Rail Currence On Train Speed At Road Pokok Bambu Kec. Beringin Lintas Medan – Araskabu.” The purpose and research carried out is to find out how big the slope of the curve is on Road Pokok Bambu Kec. Beringin Lintas Medan – Araskabu, which is 64 mm compared to its radius, and to determine the speed of the train when crossing the Medan-Araskabu cross curve at a maximum train speed of 55 km/hour and a minimum speed of 40 km/hour on the track when crossing the curved path Medan-Araskabu cross.

Keywords :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 Di Jalan Pokok Bambu Kec. Beringin Lintas Medan - Araskabu” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Ibu Ir. Tri Rahayu M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Hj. Irma Dewi, ST, MSi selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.S selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Rizki Efrida S.T M .T sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Suparmo dan Ibunda Siti Alawiah yang telah berjuang membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Rahayu Ningtyas, Surya Pradana, Ilham Ramadhan Ritonga, Riski Lubis, Tondi Mulia Raja N, Dhea Nabila, Yuirena, Tiara Amalia 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, September 2021

Penulis

Haris Rinaldi
NPM.1707210086

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Manfaat Teoritis	3
1.5.2 Manfaat Praktis	3
1.6 Sistematis Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Kereta Api	5
2.1.1 Peran Dan Karakteristik Kereta Api	6
2.1.2 Sistem Perkeretaapian	7
2.1.3 Lokomotif	8
2.1.4 Gerbong (<i>Wagon</i>)	10
2.2 Geometri Jalan Rel	10
2.2.1 Lebar Sepur	11
2.2.2 Lengkung Horizontal	14
2.2.3 Lengkung Vertikal	17
2.2.4 Pelebaran Jalur	18

2.3	Standart Jalan Rel	19
2.3.1	Standart Jalan Rel	19
2.3.2	Tipe dan Karakteristik rel	21
2.4	Ruang Bebas Dan Ruang Bangun	22
2.4.1	Ruang Bebas	22
2.4.2	Ruang Bangun	25
2.5	Pengelompokan Jalan Rel	26
2.5.1	Pengelompokan Menurut Lebar Sepur	26
2.5.2	Pengelompokan Menurut Kecepatan Maksimum	26
2.5.3	Pengelompokan Menurut Kelandaian	27
2.5.4	Pengelompokan Menurut Jumlah Jalur	29
2.5.5	Pengelompokan Menurut Kelas Jalan Rel	29
2.6	Pekerjaan Pemeliharaan Rel	31
2.7	Peninggian Rel	34
2.7.1	Penampang Rel	36
2.7.2	Koordinasi Alinyemen	36
BAB 3 METODE PENELITIAN		
3.1	Diagram Alir Penelitian	38
3.2	Tahapan	39
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian	40
3.3.1	Lokasi Penelitian	40
3.3.2	Waktu Penelitian	40
3.4	Teknik Pengumpulan Data	41
3.5	Alat Yang Digunakan	41
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Data Opname Lengkung	42
4.2	Data Kecepatan Kereta Api	43
4.3	Perhitungan Pengaruh Lengkung Dan Data Kecepatan	43
4.3.1	Perhitungan Untuk Data Opname Lengkung	45
4.3.2	Perhitungan Perbaikan Anak Panah	46

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan jari-jari minimum lengkung horizontal	16
Tabel 2.2 Jari-jari minimum vertical	17
Tabel 2.3 Pelebaran jalan rel	18
Tabel 2.4 Standart jalan rel	19
Tabel 2.5 Karakteristik rel	21
Tabel 2.6 Jarak Ruang Bangun	25
Tabel 2.7 Kecepatan maksimum yang diijinkan sesuai kelas jalan rel	27
Tabel 2.8 Lintas jalan rel menurut kelayakan	27
Tabel 2.9 Klasifikasi jalan berdasarkan landai penentu maksimum	28
Tabel 2.10 Klarifikasi jalan rel	30
Tabel 2.11 Peninggian rel pada lengkung	35
Tabel 2.12 Dimensi penambang rel	36
Tabel 3.1 Waktu penelitian	40
Tabel 4.1 Data opname lengkung	42
Tabel 4.2 Daftar Kecepatan kereta Api	43
Tabel 4.3 Perbandingan Kecepatan Dengan Radius Lengkung	43

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 suatu sistem yang terdiri dari fasilitas tertentu beserta arus dan sistem control yang memungkinkan orang atau barang dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain secara efisien dalam setiap waktu untuk mendukung aktivitas manusia. 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 (Papecostas, 1987) .

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). Rangkaian kereta atau gerbong tersebut berukuran relatif luas sehingga mampu memuat penumpang maupun barang dalam skala besar. Karena sifatnya sebagai angkutan massal efektif, beberapa negara berusaha memanfaatkannya secara maksimal sebagai alat transportasi utama angkutan darat baik di dalam kota, antarkota, maupun antarnegara (Utomo, 2009).

Maka dengan adanya penelitian ini bermaksud untuk mengevaluasi Pengaruh Lengkung Kereta Api Terhadap Kecepatan Kereta Api Di Jalan Pokok Bambu Kec. Beringin dan analisa untuk mengetahui kebutuhan pemeliharaan tahunan jalan rel dengan analisa kemiringan lengkung, lintas Medan- Araskabu.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Berapa kecepatan yang diizinkan saat kereta api melintas di jalur lengkung jalan Pokok Bambu Kec.Beringin lintas Medan-Araskabu?
2. Berapa peninggian kemiringan lengkung di jalan Pokok Bambu Kec.Beringin lintas Medan-Araskabu?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini mempunyai batasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian adalah jalan rel di jalur lengkung Jalan Pokok Bambu Kec.Beringin lintas Medan-Araskabu.
2. Lengkung yang diteliti adalah kecepatan kereta api di atas kemiringan jalur lengkung di Jalan Pokok Bambu Kec.Beringin dan pengaruh lengkung terhadap kecepatan kereta api.
3. Pembahasan dilakukan berdasarkan laporan pemeliharaan PT Kereta Api Indonesia dan tidak melakukan hasil uji kecepatan kereta api di jalur lengkung.
4. Penelitian ini membahas mengenai pemeliharaan lengkung untuk menganalisis kebutuhan pemeliharaan lengkung dan 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 berapa kecepatan kereta api yang diizinkan saat melintas di jalur lengkung di jalan Pokok Bambu Kec.Beringin lintas Medan – Araskabu.
2. Untuk mengetahui berapa peninggian kemiringan lengkung kereta api yang melintas di jalur lengkung di jalan Pokok Bambu Kec.Beringin 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 terhadap kecepatan kereta api di jalan Pandu 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 terhadap kecepatan kereta api di jalan Pandu lintas Medan – Araskabu.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut :

BAB1: PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan penjelasan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan.

BAB2: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan penjelasan mengenai 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: METODELOGI PENELITIAN

Bab ini akan menampilkan bagaimana metode penelitian yang digunakan dari awal sampai akhir penelitian dan melakukan observasi mengenai data-data yang akan diperoleh untuk mengetahui kemiringan lengkung yang ada di jalan rel.

BAB4: ANALISA DATA

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai data primer dan sekunder yang di peroleh dan selanjutnya melakukan pengolahan data mengenai penelitian yang dilakukan

BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan sesuai dengan analisis terhadap penelitian dan beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut yang lebih baik dimasa yang akan datang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian 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). Rangkaian kereta atau gerbong tersebut berukuran relatif luas sehingga barang dalam skala besar. Karena sifatnya sebagai angkutan massal efektif, beberapa negara berusaha memanfaatkannya secara maksimal darat baik di dalam kota, antarkota, maupun antar negara. (Sriastuti, 2015).

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2014 tentang organisasi dan tata kerja balai teknik perkeretaapian bahwa balai teknik perkeretaapian merupakan unit pelaksana teknis di lingkungan kementerian perhubungan berada di bawah dan bertanggung jawab kepada Direktorat Jenderal Perkeretaapian. Dalam peraturan tersebut juga disebutkan bahwa balai teknik perkeretaapian mempunyai tugas melaksanakan peningkatan dan pengawasan prasarana lalu lintas, angkutan dan keselamatan perkeretaapian. Dalam melaksanakan tugasnya, Balai Teknik Perkeretaapian menyelenggarakan fungsi sebagai berikut :

- a. Pelaksanaan peningkatan prasarana perkeretaapian
- b. Pelaksanaan pengawasan penyelenggaraan prasarana perkeretaapian
- c. Pelaksanaan pengawasan penyelenggaraan sarana, lalu lintas, dan angkutan kereta api
- d. Pelaksanaan pengawasan keselamatan lalu lintas dan angkutan kereta api
- e. Pelaksanaan pemantauan kelaikan prasarana dan sarana perkeretaapian
- f. Pelaksanaan pencegahan dan penindakan pelanggaran perundang-undangan di bidang perkeretaapian

- g. Pelaksanaan analisis dan penanganan kecelakaan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan dan
- h. Pengelolaan urusan tata usaha, rumah tangga, kepegawaian, keuangan, hukum, dan hubungan masyarakat.

2.1.1. Peran dan Karakteristik Angkutan Kereta Api

Peran kereta api dalam tataran transportasi nasional telah disebutkan dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. 43 Tahun 2011 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas) bahwa Pembangunan transportasi perkeretaapian nasional diharapkan mampu menjadi tulang punggung angkutan barang dan angkutan penumpang. Penyelenggaraan transportasi perkeretaapian nasional yang saling terintegrasi dengan moda transportasi yang lain dapat meningkatkan efisiensi penyelenggaraan perekonomian nasional.

Utomo (2009), menyebutkan moda transportasi kereta api dalam menjalankan fungsinya sebagai salah satu moda transportasi untuk barang dan orang mempunyai karakteristik yang berkaitan dengan keunggulan dan kelemahan. Adapun keunggulan dari karakteristik angkutan kereta api nasional adalah sebagai berikut:

- a. Mempunyai jangkauan pelayanan transportasi barang dan orang untuk jarak pendek, sedang dan jauh dengan kapasitas yang besar.
- b. Penggunaan energi relatif kecil.
- c. Mempunyai jalur tersendiri sehingga keselamatan perjalanan lebih baik dibandingkan dengan moda lain.
- d. Mempunyai jalur tersendiri sehingga mempunyai kehandalan tepat waktu.
- e. Polusi, getaran, dan kebisingan relatif kecil.
- f. Ekonomis dalam hal penggunaan ruang untuk jalurnya dibandingkan dengan moda transportasi yang lain.

Karakteristik angkutan kereta api juga mempunyai kelemahan antara lain :

- a. Memerlukan fasilitas sarana – prasarana yang khusus (tersendiri)
- b. Membutuhkan investasi, biaya operasi, biaya perawatan dan tenaga yang cukup besar karena fasilitas sarana – prasarana dan pengelolaan yang tersendiri (khusus)
- c. Pelayanan barang dan penumpang hanya terbatas pada jalurnya.

2.1.2. Sistem Perkeretaapian

Menurut Undang – Undang No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian, menjelaskan bahwa 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. Sarana perkeretaapian adalah kendaraan yang dapat bergerak di jalan rel.

Berdasarkan Undang – Undang No.23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian pasal 96, sarana perkeretaapian menurut jenisnya terdiri dari :

- a. Lokomotif adalah sarana perkeretaapian yang memiliki penggerak sendiri yang bergerak dan digunakan untuk menarik dan /atau mendorong kereta, gerbong, dan/atau peralatan khusus, antara lain lokomotif listrik dan lokomotif diesel.
- b. Kereta adalah sarana perkeretaapian yang ditarik lokomotif atau mempunyai penggerak sendiri yang digunakan untuk mengangkut orang, antara lain kereta rel listrik (KRL), kereta rel diesel (KRD), kereta makan, kereta bagasi, dan kereta pembangkit.
- c. Gerbong adalah sarana perkeretaapian yang ditarik lokomotif digunakan untuk mengangkut barang, antara lain gerbong datar, gerbong tertutup, gerbong terbuka, dan gerbong tangki.
- d. Peralatan khusus adalah sarana perkeretaapian yang tidak digunakan untuk angkutan penumpang atau barang, tetapi untuk keperluan khusus, antara lain kereta inspeksi (lori), gerbong penolong, derek (*crane*), kereta ukur, dan kereta pemeliharaan jalan rel.

2.1.3. Lokomotif

Lokomotif diartikan sebagai kepala kereta api (yang menarik gerbong kereta). Lokomotif terletak di depan rangkaian kereta api dengan mesin sebagai tenaga penggerak. Lokomotif pertama yang menjadi cikal bakal lokomotif yang berkembang hingga saat ini adalah lokomotif uap. Selanjutnya teknologi 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 penggunaan jumlah gandarnya, yaitu :

1. Lokomotif BB

Lokomotif ini berarti beban bertumpu oleh dua bogie yang masing-masing bogie terdiri dari dua gandar. Satu gandar disini terdiri dari dua roda yang saling tersambung. Lokomotif tipe BB 304 06 dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Sumber : *PM_31_TAHUN_2019*

Gambar 2.1: Lokomotif tipe BB 304 06

2. Lokomotif CC

Lokomotif ini memiliki dua bogie yang terdiri dari masing-masing tiga gandar. Setiap gandar terdiri dari dua roda. 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.



Sumber : PM_31_TAHUN_2019

Gambar 2.2: Lokomotif tipe CC 201 20.



Sumber : PM_31_TAHUN_2011

Gambar 2.3: Lokomotif tipe CC 201 83 70.

2.1.4. Gerbong (*Wagon*)

Gerbong adalah sarana perkeretaapian yang ditarik lokomotif digunakan untuk mengangkut barang, antara lain gerbong datar, gerbong tertutup, gerbong terbuka, dan gerbong tangki.

- a. Gerbong datar adalah gerbong yang tidak berdinding dan tidak beratap untuk mengangkut barang-barang yang berukuran panjang dan peti kemas.
- b. Gerbong tertutup adalah gerbong yang berdinding dan beratap agar barang yang diangkut terlindung dari cuaca buruk pada saat diangkut, seperti parsel, peralatan elektronik.
- c. Gerbong terbuka adalah pada umumnya digunakan untuk mengangkut bahan galian atau hasil tambang, seperti batu bara.
- d. Gerbong tangki adalah gerbong yang digunakan untuk mengangkut angkutan atau muatan yang berbentuk cair, seperti BBM.

2.2. Geometri Jalan Rel

Menurut Utomo (2006), geometri jalan rel adalah bentuk dan ukuran jalan rel baik pada arah melebar yang meliputi lebar sepur, kelandaian, lengkung horizontal dan lengkung vertikal, peninggian rel, pelebaran sepur. Geometri jalan rel harus direncanakan dan dirancang sedemikian rupa sehingga dapat mencapai hasil yang efisien, aman, nyaman, dan ekonomis.

Geometri jalan rel direncanakan berdasarkan pada kecepatan rencana serta ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan keserasian dengan lingkungan sekitarnya. Perencanaan geometri jalan rel pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kereta api yang berjalan pada kecepatan rencana (V_r).

Kecepatan Rencana dan Beban Gandar hal yang cukup mendasar dalam perencanaan jalan ialah kecepatan rencana dan beban gandar :

1. Kecepatan rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel. Kecepatan berkaitan dengan jenis kereta yang dipakai,

lebar sepur, peletakan jalur (at grade, elevated, atau underground) dan banyaknya perlintasan dengan jalan.

2. Beban gandar

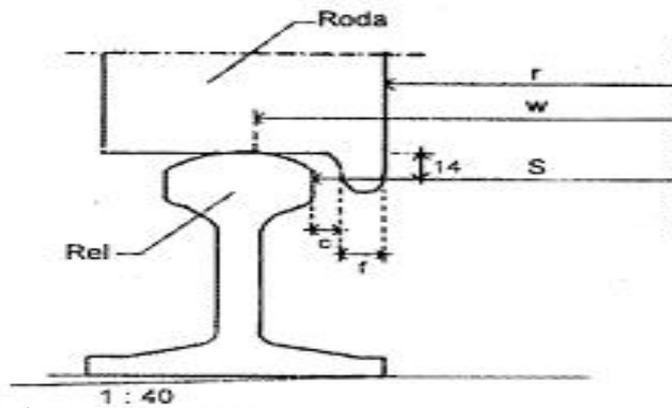
Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar untuk semua kelas jalur maksimum sebesar 18 ton untuk lebar jalan rel 1067 mm. Untuk lebar jalan rel 1435 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 22,5 ton.

Adapun metode kerja perbaikan lengkung berdasarkan kecepatan dari radius lengkung sebagai berikut :

- Berdasarkan nilai V, hitung R min dengan $R_{min} = 0,054^2 V$
- Hitung nilai anak panah lengkung penuh = $\frac{50}{R}$
- Anak panah 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 alih (PLA) = 0,01.h.v

2.2.1. Lebar Sepur

Lebar sepur adalah jarak terpendek antara kedua kepala rel, diukur dari sisi dalam kepala rel yang satu sampai sisi dalam kepala rel lainnya. Lebar sepur yang digunakan di Indonesia 1067 mm (3 feet 6 inches) yang tergolong pada sepur sempit. Lebar sepur 1067 mm dan hubungan tersebut ialah untuk jalur lurus dan besarnya tetap, tidak tergantung pada jenis serta dimensi rel yang digunakan. Sedangkan pada lengkung horisontal, lebar sepur memerlukan pelebaran yang tergantung pada jari-jari lengkung horisontalnya. Hubungan antara lebar sepur, ukuran dan posisi roda diatas kepala rel ialah sebagai berikut:



Sumber : Utomo, 2009

Gambar 2.4. Lebar Sepur

Keterangan :

S : Lebar jalur (mm)

r : Jarak antara bagian terdalam roda (mm)

f : Tebal flens (mm)

c : Celah antara tepi dalam flens dengan kepala rel (mm)

Lebar sepur 1067 mm hubungan tersebut adalah untuk jalur lurus dan besarnya tetap, tidak tergantung pada jenis serta dimensi rel yang digunakan. Sedangkan pada lengkung horizontal, lebar sepur memerlukan pelebaran yang tergantung pada jari-jari lengkung horizontalnya.

Secara umum jalan rel di Indonesia dibedakan menurut beberapa klasifikasi antara lain sebagai berikut :

Klasifikasi jalan rel menurut lebar sepur

Lebar sepur merupakan jarak terkecil di antara kedua sisi kepala rel (bagian dalam) diukur pada daerah 0 – 14 mm di bawah permukaan teratas kepala rel (Gambar 2.5).

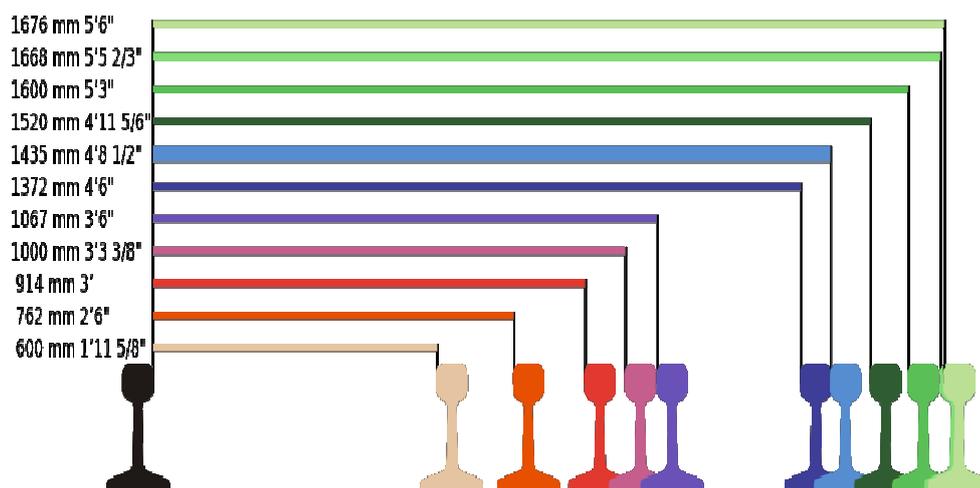


Sumber: Rosyidi, 2015

Gambar 2.5 Ukuran lebar sepur pada struktur jalan rel

ada tiga jenis ukuran lebar sepur di dunia aitu sebagai berikut :

- a) Sepur Standar (*standard gauge*). Sepur standar juga disebut *Stephenson gauge* merupakan ukuran internasional untuk lebar sepur normal (*normal gauge*) yang banyak digunakan sebagai ukuran sepur di dunia. Sekurang- kurangnya 60% jalan rel di dunia menggunakan lebar sepur normal ini. Lebar sepur normal adalah 1,435 mm 4 ft 8½ in yang digunakan di US, Kanada dan Inggris, selain itu juga digunakan pada beberapa negara- negara Eropa, Turki, Iran dan Jepang. Malaysia juga telah menggunakan sepur standar ini untuk KLIA Express, angkutan kereta api sepanjang 57 km yang menghubungkan Kuala Lumpur dan Kuala Lumpur International Airport, Sepang.
- b) Sepur lebar (*broad gauge*), lebar sepur > 1435 mm, digunakan pada negara Finlandia, Rusia (1524 mm), Spanyol, Pakistan, Portugal dan India (1676 mm) .
- c) Sepur Sempit (*narrow gauge*), lebar sepur < 1435 mm, sebagian besar digunakan di negara Indonesia, Amerika Latin, Jepang, Afrika Selatan (1067 mm), Malaysia, Birma, Thailand dan Kamboja (1000 mm/3 ft 3 ⅜ in atau dikenal dengan *metre gauge*).



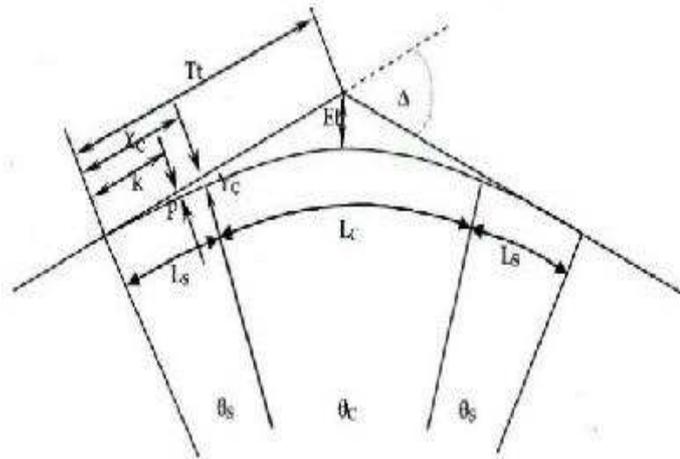
Sumber : Rosyidi, 2015

Gambar 2.6 Ukuran Lebar Sepur

2.2.2. Lengkung Horizontal

Lengkung horizontal untuk mendapatkan perubahan secara bertahap arah alinemen horizontal sepur. Pada saat kereta api berjalan melalui lengkung horizontal, timbul gaya sentrifugal ke arah luar yang akan berakibat :

- a. Rel luar mendapat tekanan yang lebih besar dibandingkan dengan rel dalam.
- b. Keausan rel luar banyak dibandingkan dengan yang terjadi pada rel dalam.
- c. Bahaya tergulingnya kereta api.



Sumber : Utomo, 2009

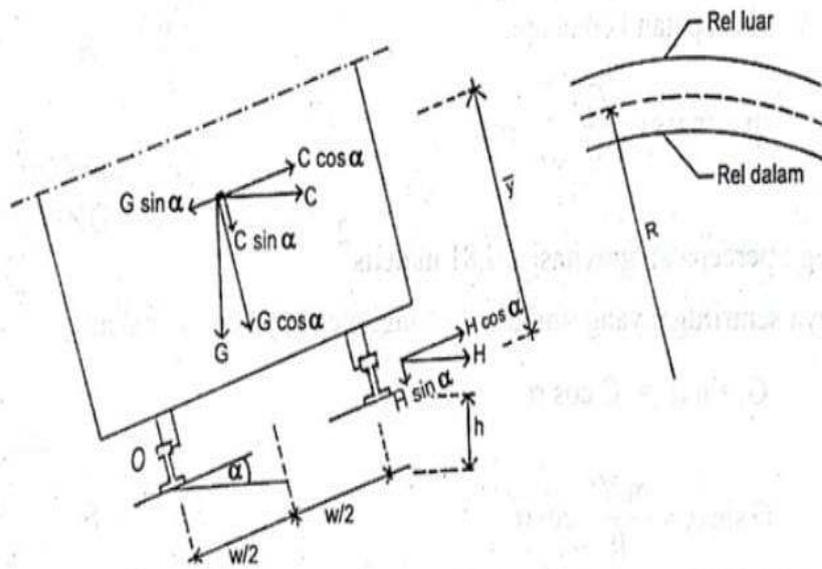
Gambar 2.7 Skema Lengkung Horizontal

Untuk mencegah terjadinya akibat-akibat tersebut di atas, maka lengkung horizontal perlu diberi peninggian rel luarnya. Oleh karena itu, maka perancangan lengkung horizontal berkaitan dengan peninggian rel.

Terdapat tiga jenis lengkung horizontal, yaitu : lengkung lingkaran, lengkung transisi dan lengkung S. Ketiga jenis lengkungan horizontal tersebut akan diuraikan sebagai berikut :

1. Lengkung Lingkaran

Pada saat kereta api melalui lengkung horizontal, kedudukan kereta/gerbang/lokomotif, gaya berat kereta gaya sentrifugal yang timbul dan dukungan komponen struktur jalan rel, dapat digambarkan dengan Gambar 2.8.



Gambar 2.8 : Kedudukan kereta/gerbong/lokomotif pada saat melalui lengkung horizontal (Utomo, 2006)

Keterangan :

R : jari-jari lengkung

D : dukungan komponen struktur jalan rel

C : gaya sentrifugal

G : berat kereta/gerbong/lokomotif

h : peninggian rel

w : jarak antara kedua titik kontak antara roda dengan kepala rel

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

Pada bentuk lingkaran horizontal tanpa adanya lengkung transisi dan tidak ada peninggian rel yang harus dicapai. Lengkung lingkaran tanpa lengkung transisi dengan persyaratan jari-jari minimum lengkung horizontal dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Persyaratan jari-jari minimum lengkung horizontal (Utomo, 2006).

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
70	810	270
60	600	200

Sumber : Utomo, 2006

3. Lengkung Transisi

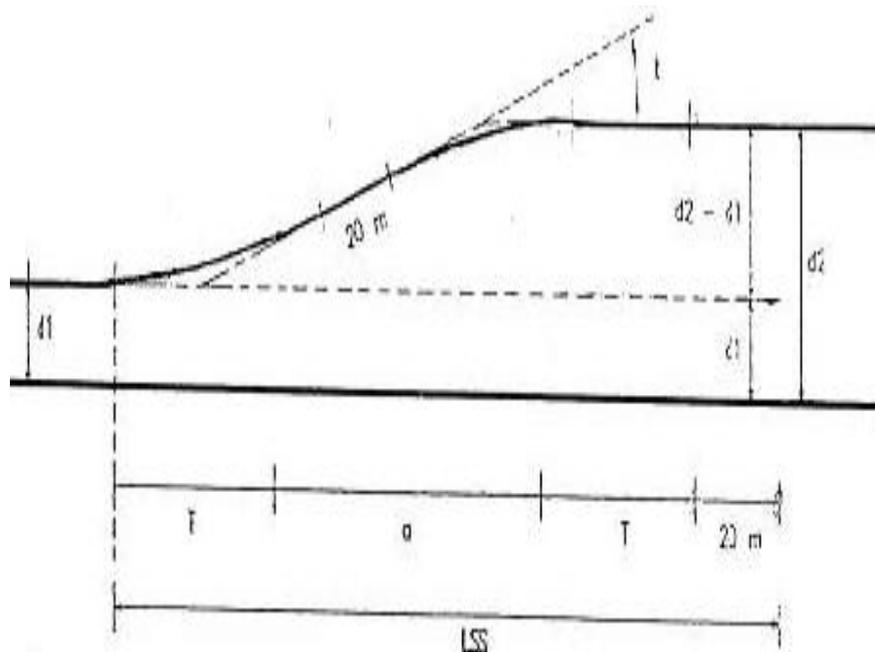
Untuk mengurangi pengaruh perubahan gaya sentrifugal sehingga penunggang kereta api tidak terganggu kenyamanannya, dapat digunakan lengkung transisi (*transition curve*). Panjang lengkung transisi tergantung pada perubahan gaya sentrifugal tiap satuan waktu, kecepatan, dan jari-jari lengkung lingkaran. Untuk mendapatkan panjang lengkung transisi dapat dijelaskan berikut:

$$\text{Gaya sentrifugal} = m \cdot a = V^2/R$$

Apabila t adalah waktu yang diperlukan untuk berjalan melintasi lengkung transisi, maka $t=L/V$.

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. Antara kedua lengkung yang berbeda sehingga membentuk huruf S ini harus diberi bagian lurus minimum 20 meter di luar lengkung transisi.



Sumber : PT. Dinamika Konsultan Mandiri, 2015

Gambar 2.9. Skematik Lengkung S

2.2.3. Lengkung Vertikal

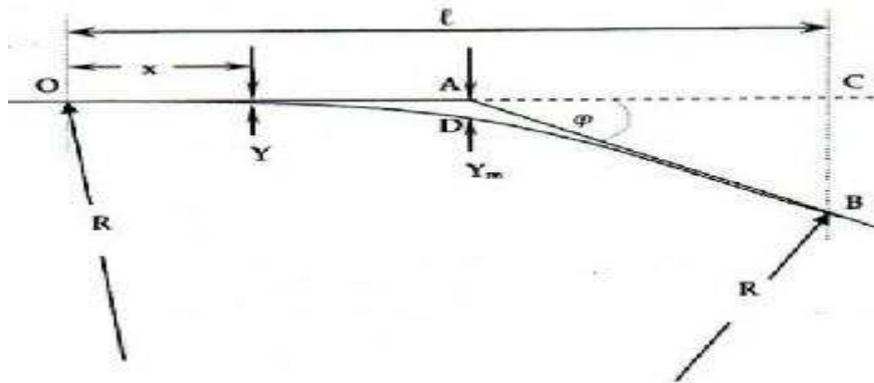
Lengkung vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut; alinemen vertikal terdiri dari garis lurus, dengan atau tanpa kelandaian, dan lengkung vertikal yang berupa busur lingkaran. Besar jari-jari minimum dari lengkung vertikal bergantung pada besar kecepatan rencana dan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2: 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

Sumber : Peraturan Dinas 10A

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 2.10.



Sumber : Rosyida, 2015

Gambar 2.10: Skematik Lengkung Vertikal

2.2.4. Pelebaran Jalur

Pelebaran jalur dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung horizontal tanpa mengalami hambatan, dimana roda gandar muka bagian sisi terluar akan menekan rel. Besar pelebaran jalur untuk berbagai jari-jari tikungan adalah seperti yang tercantum dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3. Pelebaran Jalan Rel

Jari-jari Tikungan (m)	Pelebaran (mm)	Lebar sepur menjadi (mm)
$R > 600$	0	1067
$550 < R \leq 600$	5	1072
$400 < R \leq 550$	10	1077
$350 < R \leq 400$	15	1082
$100 < R \leq 350$	20	1087

Sumber : Kementerian Perhubungan, 2012

Pemasangan pelebaran jalan rel dilakukan mengikuti hal-hal berikut :

- Jika terdapat lengkung peralihan, maka pengurangan dilakukan sepanjang lengkung peralihan.
- Dalam hal tidak terdapat lengkung peralihan, maka pengurangan dilakukan sedapatnya dengan panjang pengurangan yang sama. Untuk yang tanpa peninggian rel, pengurangan dilakukan menurut panjang standar 5 m atau lebih diukur dari ujung lengkungan. Namun untuk lengkungan wesel maka panjang pengurangan ditentukan secara terpisah bergantung pada kondisi yang ada.

2.3. Standart Jalan Rel

Untuk keperluan perencanaan dan perancangan struktur bagian atas jalan rel, dalam hal ini PT. Kereta Api (persero) menggunakan standart sebagai berikut (lihat tabel 2.4).

Tabel 2.4 Standart jalan rel (Utomo,2006)

Kelas Jalan Rel	Kapasitas Angkut (x 10 ⁶ ton/tahun)	Kecepatan Maksimu m (km/jam)	Tipe Rel	Jenis Bantalan/ Jarak (mm)	Jenis Hambatan Rel
I	> 20	120	R.60/ R.54	Beton/600	EG
II	10 – 20	110	R.54 / R.50	Beton/Kayu/ 600	EG
III	5 – 10	100	R.54 / R.50 / R.42	Beton/Kayu/ Baja/600	EG
IV	2,5 – 5	90	R.54 / R.50 / R.42	Beton/Kayu/ Baja/600	EG/ET
V	< 2,5	80	R.42	Kayu/Baja/ 600	ET

Sumber : Unissula,2012

Komponen struktur jalan rel secara umum dijelaskan sebagai berikut :

a. Rel

Menurut Rosyidi (2015), rel merupakan struktur balok menerus yang diletakkan di atas tumpuan bantalan yang berfungsi sebagai penuntun dan mengarahkan pergerakan roda kereta api.

Rel juga berfungsi sebagai struktur pengikat dalam pembentukan struktur jalan rel yang kokoh. Bentuk dan geometrik rel perlu dirancang sedemikian sehingga dapat berfungsi sebagai penahan gaya akibat pergerakan dan beban kereta api.

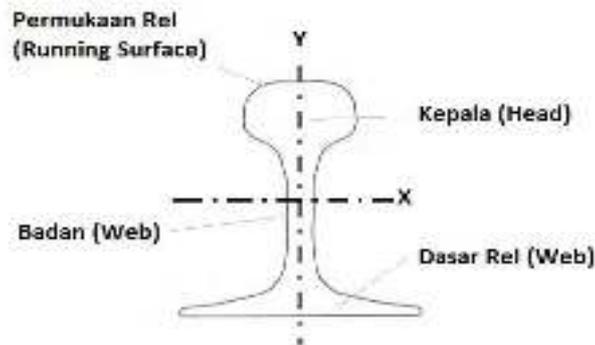
Pertimbangan yang diperlukan dalam membuat geometrik jalan rel adalah :

- 1) Permukaan rel harus dirancang memiliki permukaan yang cukup lebar untuk membuat tegangan kontak di antara rel dan roda sekecil mungkin.
- 2) Kepala rel harus cukup tebal untuk memberikan umur manfaat yang panjang.
- 3) Badan rel harus cukup tebal untuk menjaga dari pengaruh korosi dan mampu menahan tegangan lentur serta tegangan horisontal.
- 4) Dasar rel harus cukup lebar untuk dapat mengecilkan distribusi tegangan ke bantalan baik melalui pelat andas maupun tidak.

b. Persyaratan Umum Rel

Rel dirancang dengan berat tertentu yang terdiri dari bagian-bagian rel yang terintegrasi dan dibentuk dari distribusi bahan metalurgi yang efektif.

- 1) Kepala rel (*head*), ukuran kepala rel termasuk didalamnya permukaan rel harus direncanakan sedemikian sehingga memiliki daya tahan terhadap keausan selama waktu pelayanan rel yang direncanakan.
- 2) Badan rel (*web*), badan rel ditentukan dengan tebal yang memadai untuk dapat menahan beban dan momen akibat pergerakan kereta api dan mempunyai daya tahan terhadap korosi.
- 3) Kaki rel (*foot*), kaki rel harus dirancang selebar yang mungkin sehingga kedudukan rel menjadi stabil terhadap dorongan maupun puntiran akibat pergerakan kereta api, dan mampu mendistribusikan beban yang diterima kepada bantalan dengan baik.



Sumber : Rosyidi, 2015
Gambar 2.11 Bagian – bagian rel

2.3.1. Tipe Dan Karakteristik Rel

Menurut Utomo (2009), tipe rel yang digunakan untuk jalan pada dasarnya adalah sesuai dengan kelas jalan relnya, dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Karakteristik rel

Karakteristik Rel		Tipe Rel			
Karakteristik	Notasi dan satuan	R.42	R.50	R.54	R.60
Tinggi rel	H (mm)	138,00	153,00	159,00	172,00
Lebar kaki	B (mm)	110,00	127,00	140,00	150,00
Lebar kepala	C (mm)	68,50	65,00	70,00	74,30
Tebal badan	D (mm)	13,50	15,00	16,00	16,50
Tinggi kepala	E (mm)	40,50	49,00	49,40	51,00
Tinggi kaki	F (mm)	23,50	30,00	30,20	31,50
Jarak tepi bawah kaki rel ke garis horisontal dari pusat kelengkungan badan rel	G (mm)	72,00	76,00	74,97	80,95
Jari-jari kelengkungan badan rel	R (mm)	320,00	500,00	508,00	120,00
Luas penampang	A (cm ²)	54,26	64,20	69,34	76,86
Berat rel	W (kg/m)	42,59	50,40	54,43	60,34
Momen inersia terhadap sumbu X	I_x (cm ⁴)	1.369	1.960	2.346	3.055
Jarak tepi bawah kaki rel ke garis netral	Y_b (mm)	68,50	71,60	76,20	80,95
Penampang melintang					

Sumber : Peraturan Dinas No. 10 Tahun 1986

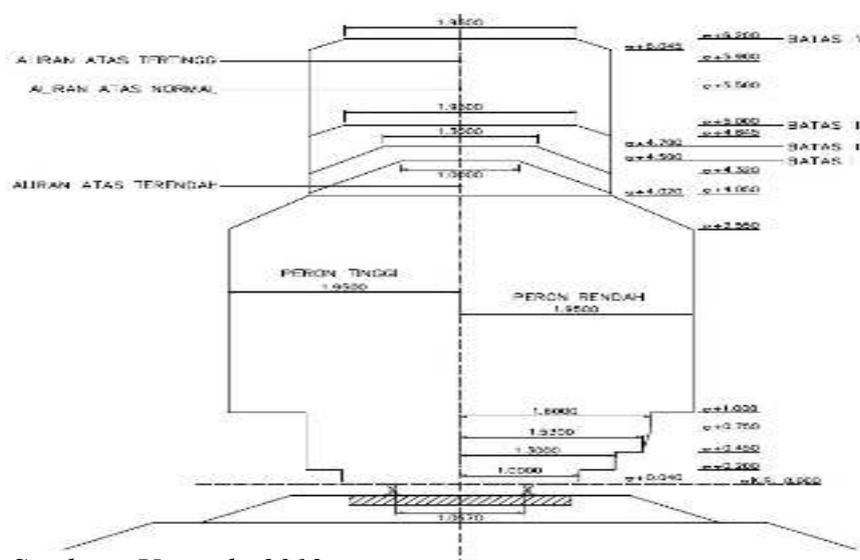
2.4. Ruang Bebas Dan Ruang Bangun

2.4.1. Ruang Bebas

Ruang bebas adalah ruang diatas sepur yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang; ruang ini disediakan bagi lalu lintas kereta api. Ukuran ruang bebas untuk jalur tunggal, untuk bagian lintas yang lurus maupun tikungan, lintas dengan elektrifikasi maupun non-elektrifikasi.

Ukuran-ukuran ruang bebas tersebut sudah memperhitungkan hal-hal berikut :

- Bergeraknya kendaraan jalan rel (lokomotif, kereta, gerbong) ke kanan dan ke kiri dalam perjalanan (akibat adanya kelonggaran antara flens roda dan kepala rel, maupun cacat-cacat sepur atau (*track irregularities*)).
- Pelebaran ruang yang diperlukan sewaktu kereta api melewati tikungan/lengkung.
- Ukuran gerbong peti kemas standrt ISO (*ISO container size*) tipe *standard height*.
- Penyediaan ruang bebas untuk memasang saluran-saluran kawat listrik beserta tiang-tiang pendukungnya, dan pantograf listrik pada kereta elektrifikasi.
- Tinggi peron, baik untuk barang maupun untuk penumpang.

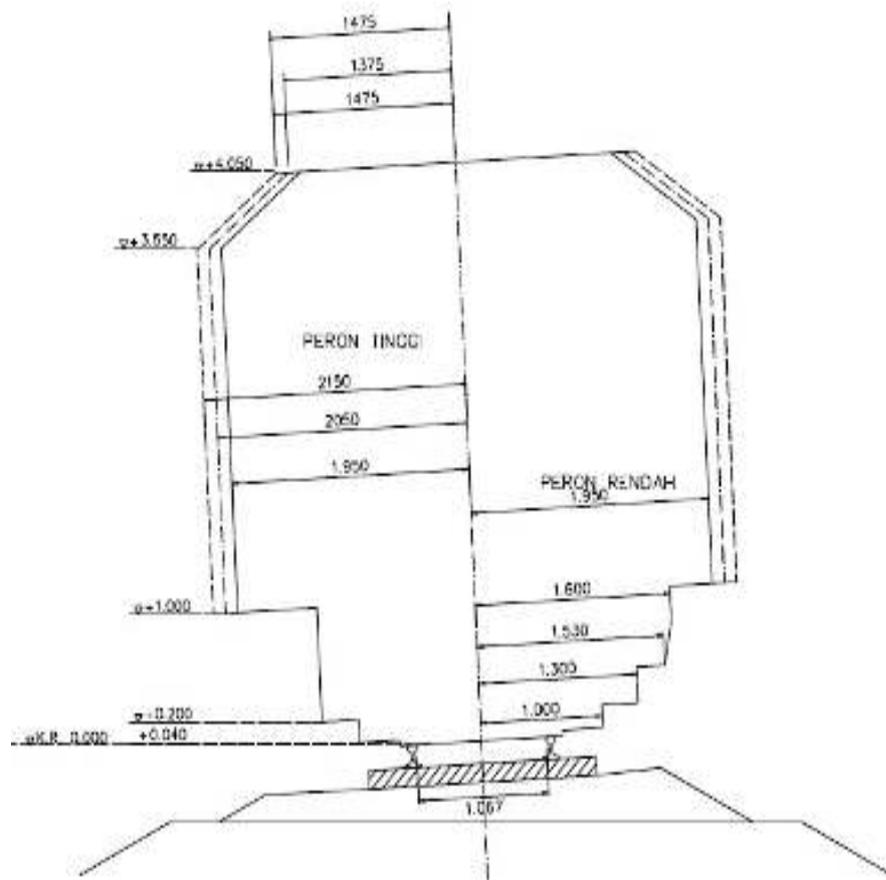


Sumber : Unissula,2012

Gambar 2.12: Ruang bebas jalan rel lurus

Keterangan :

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



Sumber : Unissula, 2012

Gambar. 2.13 Ruang bebas pada jalan rel di tikungan

Keterangan:

- Batas ruang bebas pada lintas lurus dan pada bagian lengkungan dengan jari-jari > 3000 m.
- - - - - Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari-jari 300 sampai dengan 3000 m.
- - - - - Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari-jari < 300 m.

Prasarana jalur kereta api yang terdapat pada pasal 36 Undang-Undang Kereta Api Nomor 23 Tahun 2007 meliputi :

a. Ruang manfaat jalur kereta

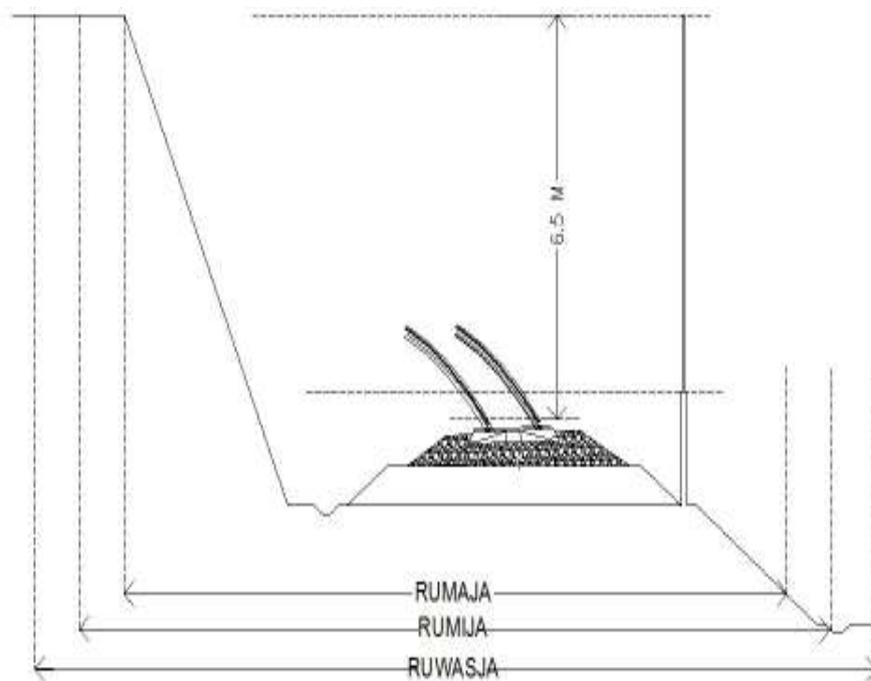
Ruang manfaat adalah jalur kereta api yang diperuntukkan bagi pengoperasian kereta api yang merupakan daerah tertutup untuk umum dimana jalan relnya dapat berada pada permukaan tanah, dibawah permukaan tanah, dan diatas permukaan tanah.

b. Ruang milik kereta api

Ruang milik jalur kereta api adalah bidang tanah di kiri dan di kanan ruang manfaat jalur kereta api yang digunakan untuk pengamanan konstruksi jalur rel.

c. Ruang pengawasan jalur kereta api

Ruang pengawasan jalur kereta api adalah bidang tanah atau bidang lain di kiri dan di kanan ruang milik jalur kereta api untuk pengamanan dan kelancaran operasi kereta api.



Gambar 2.14: Ruang bebas jalan rel *Single Track* (UU RI No.23 Tahun 2007& PP No.56 Tahun 2009).

2.4.2. Ruang Bangun

Ruang bangun adalah ruang di sisi sepur yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap, seperti tiang listrik, pagar, tiang semboyan/rambu, tiang sinyal elektrik dan sebagainya. Jarak horizontal ruang bangun ditetapkan sebagai berikut :

- a. Pada lintas bebas ialah 2,35 m sampai 2,53 m di kiri dan kanan sumbu sepur.
- b. Pada emplasemen ialah 1,95 m sampai 2,35 m di kiri dan kanan sumbu sepur.
- c. Pada jembatan ialah 2,15 m di kiri dan kanan sumbu sepur.

Pengalokasian Ruang untuk Perencanaan

- a. Untuk kepentingan perencanaan, suatu jalur kereta api harus memiliki pengaturan ruang yang terdiri dari :
 1. ruang manfaat jalur kereta api;
 2. ruang milik jalur kereta api; dan
 3. ruang pengawasan jalur kereta api.

Batas ruang bangun diukur dari sumbu jalan rel pada tinggi 1 meter sampai 3,55 meter. Jarak ruang bangun tersebut ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 2.6 Jarak Ruang Bangun

Segmen Jalur	Lebar Jalan Rel 1067 mm dan 1435 mm	
	Jalur Lurus	Jalur Lengkung $R < 800$
Lintas Bebas	minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel	$R \leq 300$, minimal 2,55 m $R > 300$, minimal 2,45 m di kiri kanan as jalan rel
Emplasemen	minimal 1,95 m di kiri kanan as jalan rel	minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel
Jembatan, Terowongan	2,15 m di kiri kanan as jalan rel	2,15 m di kiri kanan as jalan rel

Sumber : Utomo 2012

2.5. Pengelompokan Jalan Rel

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

2.5.1. Pengelompokan Menurut Lebar Sepur

Lebar sepur adalah (*Rail Gauge*) adalah jarak terpendek antara kedua kepala rel, diukur dari sisi dalam kepala rel yang satu sampai sisi dalam rel lainnya. Lebar sepur ini tetap (tidak berubah) meskipun dimensi rel yang digunakan berbeda. Terdapat tiga kelompok lebar sepur, yaitu :

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

2.5.2. Pengelompokan Menurut Kecepatan Maksimum

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

- a. Kecepatan perancangan (*design speed*), yaitu kecepatan yang digunakan dalam perancangan struktur jalan rel, dan perancangan geometri jalan rel.
- b. Kecepatan maksimum (*maximum speed*), yaitu kecepatan tertinggi yang diijinkan dalam operasi suatu rangkaian kereta api pada suatu lintas.
- c. Kecepatan operasi (*operationnal speed*), yaitu kecepatan rerata kereta api pada petak jalan tertentu.
- d. Kecepatan komersial (*commercial speed*), yaitu kecepatan yang dijual kepada konsumen. Kecepatan Komersial ini diperoleh dengan cara membagi jarak tempuh dengan waktu tempuh.

Kecepatan (V) maksimum kereta api yang diijinkan berkaitan dengan kelas jalan rel, seperti yang terdapat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 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

Sumber : Utomo, 2006

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

- a. Untuk perencanaan struktur jalan rel

$$V_{\text{perancangan}} = 1,25 \times V_{\text{maksimum}}$$

- b. Untuk perencanaan jari-jari tikungan/lengkung, dan lengkung peralihan

$$V_{\text{perancangan}} = V_{\text{maksimum}}$$

2.5.3. Pengelompokan Menurut Kelandaian

Kelandaian jalan atau tanjakan merupakan parameter penting dalam perencanaan geometrik jalan. Kelandaian jalan dipengaruhi oleh kondisi topografi medan. Meskipun demikian, rangkaian pergerakan kereta api memiliki keterbatasan untuk bergerak pada kondisi medan curam atau kelandaian yang tinggi. Berikut, pengelompokan lintas jalan rel berdasarkan kelandaian jalan :

Tabel 2.8. Lintas Jalan Rel menurut kelandaian (Utomo, 2006)

Kelompok lintas jalan rel	Kelandaian ($^{\circ}/_{00}$)
Lintas Datar	0 – 10
Lintas Pegunungan	10 – 40
Lintas Dengan Rel Gigi	40 - 80

Sumber : Utomo, 2006

Kelandaian jalan rel di emplesemen dibatasi 0 – 1,5 ‰. Kelandaian 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 pada saat mulai berjalan memerlukan tenaga besar untuk melawan tahanan besar, tidak terbebani lagi dengan tenaga yang diperlukan untuk mengatasi tahanan.

Dalam Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012, klasifikasi jalan rel menurut kelandaian jalan ditentukan berdasarkan persyaratan landai penentu, persyaratan landai curam dan persyaratan landai emplasemen. Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Persyaratan landai penentu harus memenuhi persyaratan seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.9 Klasifikasi jalan berdasarkan landai penentu maksimum

Kelas Jalan	Landai penentu maksimum
I	10 ‰
II	10 ‰
III	20 ‰
IV	25 ‰
V	25 ‰

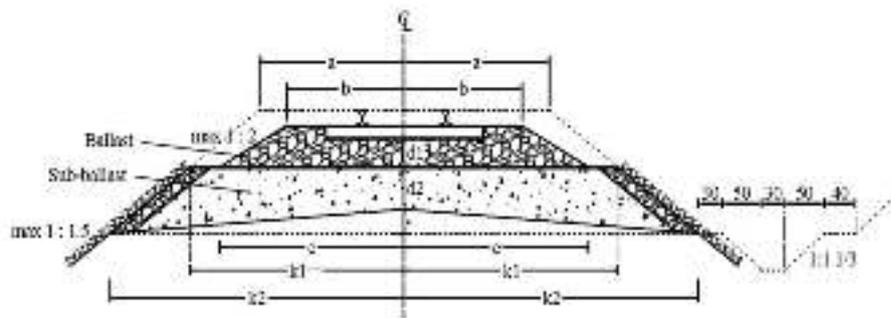
(Sumber : Peraturan Menteri No.60 Tahun 2012)

Dalam kondisi tertentu, kelandaian lintas lurus dapat melebihi landai penentu. Meskipun demikian, nilai kelaikan kelandaian yang melebihi landai curam perlu dihitung secara cermat. Apabila di suatu kelandaian terdapat lengkung atau terowongan, maka kelandaian di lengkung atau terowongan itu harus dikurangi sehingga jumlah tahanannya tetap.

2.5.4. Pengelompokan Menurut Jumlah Jalur

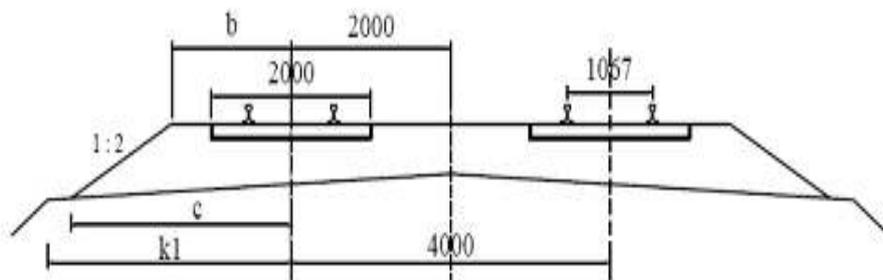
Jumlah jalur yang dimaksud di dalam pengelompokan ini ialah jumlah jalur pada lintas bebas. Sesuai pengelompokannya ialah sebagai berikut :

- Jalur tunggal (*single track*) : Jumlah jalur pada lintas bebas hanya satu dan digunakan untuk melayani arus kereta api dari dua arah.
- Jalur ganda (*double track*) : Jumlah jalur pada lintas bebas dua buah : masing-masing jalur hanya digunakan untuk melayani arus kereta api dari satu arah saja.



Sumber : Peraturan Menteri No.60 Tahun 2012

Gambar 2.15 Jalur tunggal trase jalan rel pada jalur lurus



Sumber : Peraturan Menteri No.60 Tahun 2012

Gambar 2.16 Jalur ganda trase jalan rel pada jalur lurus

2.5.5. Pengelompokan Menurut Kelas Jalan Rel

perencanaan dan perancangan jalan rel di Indonesia sejak tahun 1986 (dengan Peraturan Dinas 10 PJKA) menggunakan satu macam beban gandar saja, yaitu 18 ton. Penggunaan satu macam beban gandar sebesar 18 ton tersebut mempunyai maksud sebagai berikut :

- a. Perpindahan kereta api, baik kereta api penumpang maupun barang dari satu sepur ke sepur lainnya yang kelasnya lebih rendah, dapat dilakukan tanpa harus mengurangi muatannya lebih dahulu.
- b. Setiap lokomotif dapat digunakan di semua sepur meskipun kelasnya berbeda.

Oleh karena beban gandar yang ditetapkan sama untuk setiap kelas, maka klasifikasi jalan rel hanya didasarkan atas kapasitas angkut lintas atau kecepatan maksimum. Kapasitas angkut lintas yang dimaksud ialah jumlah angkutan anggapan yang melewati suatu lintas jangka waktu setahun, dengan satuan ton/tahun.

Klasifikasi jalan rel di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Klasifikasi jalan rel (Utomo, 2006)

Kelas Jalan Rel	Kapasitas Angkut Lintas (x 10 ⁶ ton/tahun)	Kecepatan Maksimum (km/jam)	Beban gandar Maksimum (ton)
I	> 20	120	18
II	10 – 20	110	18
III	5 – 10	100	18
IV	2,5 – 5	90	18
V	< 2,5	80	18

Sumber : Utomo, 2006

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 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).

2.6. Pekerjaan Pemeliharaan Rel

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

1. 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 setahun untuk sepur raya dan 4 kali dalam setahun untuk sepur KA
4. Standart 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

2. 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.

3. 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. Perbaiki tubuh ban yang labil atau amblas pada sambungan

4. Pemeliharaan Rel Gongsol

Rel gongsol adalah 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.

2. Perbaiki 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).

5. Pemeliharaan alat penambat

Alat penambat adalah komponen jalan rel yang berfungsi sebagai 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.

6. 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 perjalanan 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. Peninggian rel luar h normal = $6 \frac{v^2}{R}$ mm.
2. Ordinat lengkung peralihan $(Y = \frac{K^2}{c} = \frac{K^2}{6R})$ m.
3. Peninggian rel luar h min = $(8,86 \frac{v^2}{R} - 54,01)$ mm
(V dalam km/jam, R dalam m).
4. Pada h min sama dengan $V_{min} = \sqrt{\frac{h_{min} \times R}{6}}$ (km/jam).
5. Panjang minimum lengkung peralihan $(X_{min} = 41,5 \frac{v^2}{R})$
6. Ordinat lengkung $Y = \frac{K^2}{6R}$
7. Kecepatan max : $V_{max} = 4,3\sqrt{R}$ dalam (km/jam)

7. Lengkung yang bermuatan penuh

Lengkung yang bermuatan penuh adalah yang dapat dijalani dengan kecepatan maksimal $(V_{max} = 4,3\sqrt{R})$. Pada umumnya hal ini terjadi pada lintas bebas. Yang dinamakan muatan lengkung (*boogbelasting*) adalah angka yang didapat 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.

2.7. Peninggian Rel

Peninggian rel diperlukan untuk mengimbangi timbulnya gaya sentrifugal pada kereta saat memasuki suatu lengkung horisontal. Gaya sentrifugal tersebut mengakibatkan kereta cenderung terlempar ke luar dari lengkung. Kegunaan peninggian rel dan kaitannya dengan perancangan lengkung horisontal. Dijalan bebas, besar peninggian untuk berbagai kecepatan rencana tercantum pada tabel 2.11.

Tabel 2.11. Peninggian rel pada lengkung

Jari-jari (m)	Peninggian (mm) pada setiap kecepatan rencana (km/jam)						
	120	110	100	90	80	70	60
100							
150							-
200							110
250						-	90
300					-	100	75
350					110	85	65
400				-	100	75	55
450				110	85	65	50
500			-	100	80	60	45
550			110	90	70	55	40
600			100	85	65	50	40
650		-	95	75	60	50	35
700		105	85	70	55	45	35
750	-	100	80	65	55	40	30
800	110	90	75	65	50	40	30
850	105	85	70	60	45	35	30
900	100	80	70	55	45	35	25
950	95	80	65	55	45	35	25
1000	90	75	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
4000	25	20	15	15	10	10	10

Sumber : PD 10. PJKA

2.7.1. Penampang Rel

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

Tabel 2.12 Dimensi Penampang Rel

Besaran Geometri Rel	Tipe			
	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 (cm ²)	54,26	64,20	69,34	76,86
W (kg/m)	42,59	50,40	54,43	60,34
I _x (cm ⁴)	1369	1960	2346	3055
Y _b (mm)	68,50	71,60	76,20	80,95
A	= luas penampang			
W	= berat rel permeter			
I _x	= momen inersia terhadap sumbu x			
Y _b	= jarak tepi bawah rel ke garis netral			

2.7.2. Koordinasi Alinyemen

Alinyemen vertikal, alinemen horisontal 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

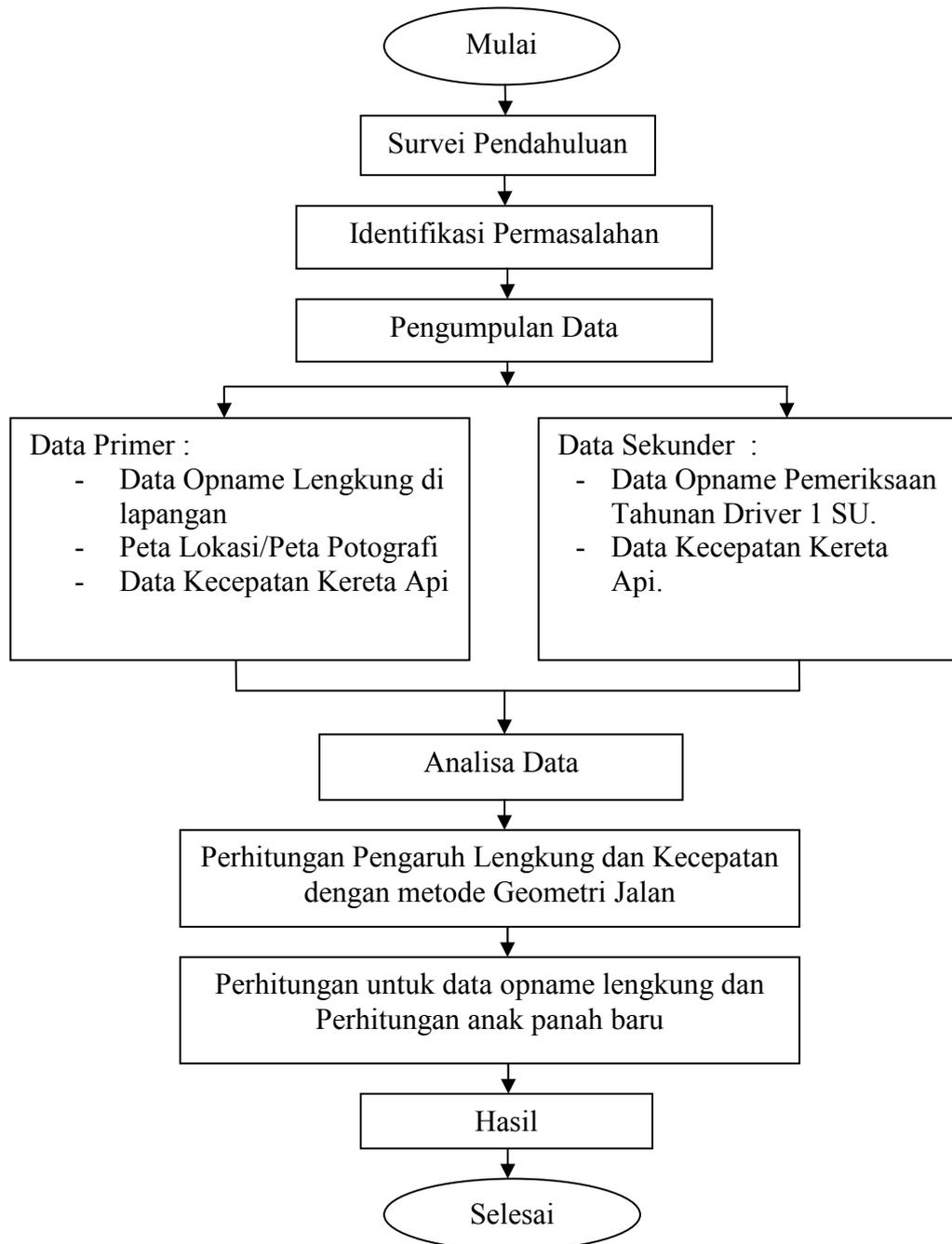
adalah beberapa hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan koordinasi alinyemen.

1. Alinyemen horisontal sebaiknya berimpit dengan alinemen vertikal dan secara ideal alinemen horisontal 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 horisontal harus dihindarkan.
5. Tikungan yang tajam diantara 2 bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian

3.2. Tahapan

Metode yang digunakan dalam pembahasan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut :

1. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan untuk mengumpulkan informasi tentang lengkung yang akan ditinjau serta untuk mengetahui keadaan lengkung dilapangan.

2. Identifikasi Permasalahan

Setelah mengetahui permasalahan yang ada pada lokasi penelitian tersebut selanjutnys akan dilakukan dengan proses pengumpulan data.

3. Pengumpulan Data

Pada pelaksanaan, penulis melakukan pengumpulan data dengan :

- a. Pengumpulan data dengan survei data pada instasi terkait untuk mengetahui data pemeliharaan lengkung jalan jalan kereta api yang sudah dikerjakan.
- b. Survei lapangan untuk mendapatkan data opname lengkung jalan kereta api pada lokasi lengkung yang ditinjau.

Data – data yang diperlukan untuk analisis antara lain :

- (1) Data Primer

- (i) Data opname lengkung dilapangan
- (ii) Peta Lokasi/Peta Potografi
- (iii) Data Kecepatan

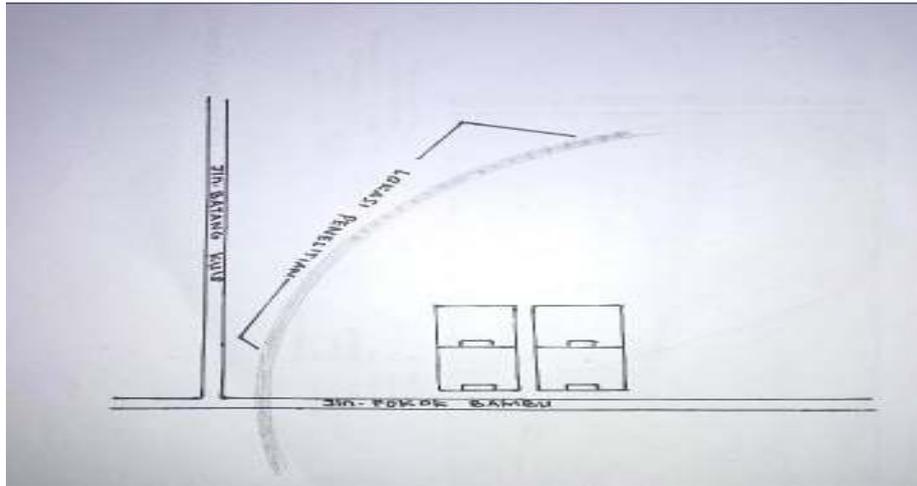
- (2) Data Sekunder

- (i) Data Opname Pemeriksaan Tahunan

3.3. Lokasi dan Waktu Peneletian

3.3.1. Lokasi Penelitian

Dalam lokasi penelitian ini yaitu ruas pada jalur kereta api lintas Medan – Araskabu di Jalan Pokok Bambu Kec. Beringin – Jalan Batang Kuis. Lokasi ini dipilih karena jalan tersebut merupakan jalur lengkungan kereta api .Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Sketsa Lokasi Penelitian.

3.3.2. Waktu Penelitian

Tabel 3.1. Waktu Penelitian

No	Keterangan	Bulan															
		Februari 2021				Maret 2021				Juni 2021				September 2021			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengajuan Judul	■															
2	Survei Lapangan		■														
3	Pengumpulan Data			■													
4	Penyusunan Proposal				■												
5	Bimbingan Proposal					■											
6	Seminar Proposal						■										
7	Bimbingan Skripsi									■	■						
8	Seminar Hasil													■			

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

3.5. Peralatan Yang Digunakan

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

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

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Opname Lengkung

Tabel 4.1. Data Opname Lengkung

Jari-jari (m)	Peninggian (mm) pada setiap kecepatan rencana (km/jam)						
	120	110	100	90	80	70	60
100							
150							-
200							110
250						-	90
300					-	100	75
350					110	85	65
400				-	100	75	55
450				110	85	65	50
500			-	100	80	60	45
550			110	90	70	55	40
600			100	85	65	50	40
650		-	95	75	60	50	35
700		105	85	70	55	45	35
750	-	100	80	65	55	40	30
800	110	90	75	65	50	40	30
850	105	85	70	60	45	35	30
900	100	80	70	55	45	35	25
950	95	80	65	55	45	35	25
1000	90	75	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
4000	25	20	15	15	10	10	10

4.2. Data Kecepatan Kereta Api

Data kecepatan kereta api yang melintas lengkungan di jalan pokok bambu kec. Beringin dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Daftar kecepatan kereta api

No.	Nama Kereta	Kode	Kecepatan (Km/Jam)
1	PUTRI DELI (MDN-TNB)	U 65	75
2	PUTRI DELI (KIS-MDN)	U 68	75
3	PUTRI DELI (MDN-SBJ)	U 70	75
4	SRIBILAH (MDN-RAP)	U 59	75
5	SRIBILAH (RAP-MDN)	U 70	75
6	SRIBILAH (MDN-RAP)	U 68	75

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
500	97	11
400	86	10
300	75	9
200	61	7
150	53	6
100	43	5

Sumber: Analisis data Pemeriksaan Lengkung 2019

4.3. Perhitungan Pengaruh Lengkung Dan Kecepatan

$$R = 300 \text{ m}$$

$$V = 50 \text{ km/jam}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} 1. \quad h \text{ normal} &= 6 \frac{V^2}{R} \\ &= 6 \frac{50 \times 50}{300} \\ &= 50 \text{ mm.} \end{aligned}$$

2. Panjang lengkung peralihan

$$\begin{aligned}Lh &= 10.V.hn \\ &= 10 \times 50 \times 50 \\ &= 25000 \sim 25 \text{ m.}\end{aligned}$$

3. Besar Ordinat

$$\begin{aligned}\gamma_1 &= \frac{X^2}{6R} \\ &= \frac{25^2}{6 \times 300} \\ &= 0,34 \text{ m}\end{aligned}$$

4. Peninggian h min

$$\begin{aligned}h_{\min} &= \left(8,86 \frac{V^2}{R} - 54,01 \right) \\ &= \left(8,86 \frac{50^2}{300} - 54,01 \right) \\ &= 19,82 \text{ mm}\end{aligned}$$

5. Pada $h_{\min} = V_{\min} = \sqrt{\frac{h_{\min} \times R}{6}}$

$$\begin{aligned}&= \sqrt{\frac{19,82 \times 300}{6}} \\ &= \sqrt{31,48} \\ &= 5,6 \text{ km/jam}\end{aligned}$$

6. Panjang minimum lengkung peralihan

$$\begin{aligned}X &= 41,15 \frac{V^3}{R} \\ &= 41,15 \frac{50^3}{300} \\ &= 17145 \text{ mm} \\ &= 17,1 \text{ m}\end{aligned}$$

7. Ordinat lengkung

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{x^2}{6R} \\ &= \frac{17,1^2}{6 \times 300} \\ &= 0,16 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

8. $V_{\max} = 4,3\sqrt{300} = 75 \text{ km/jam}$

Ternyata pada R tertentu, bila mana h berubah dari $h_{\min} = 19,79 \text{ mm}$, $h_n = 49 \text{ m}$ sampai $h_{\max} = 110 \text{ mm}$, kecepatan V berubah pula dari $V_{\min} = 5,6 \text{ km/jam}$, $V_{\text{normal}} = 50 \text{ km/jam}$ sampai $V_{\max} = 75 \text{ km/jam}$.

4.3.1. Perhitungan Untuk Data Opname Lengkung

$$R = 300 \text{ m}$$

$$V = 50 \text{ km/jam}$$

Dimana :

1. Perhitungan Rmin

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

2. Nilai lengkung penuh dapat dihitung dengan analisis

$$\begin{aligned} AP &= \frac{50}{R} \\ &= \frac{50}{300} \\ AP &= 0,166 \times 1000 \\ AP &= 166 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Nilai lengkung peralihan

$$h = 6 \frac{V^2}{R} = 6 \frac{50^2}{300} = 50 \text{ mm}$$

4. Nilai Panjang Lengkung Alih (PLA)

$$\begin{aligned} &= 0,01 \times V \times h \\ &= 0,01 \times 50 \times 50 \end{aligned}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

5. Perhitungan peninggian lengkung peralihan h penuh

$$= \frac{Ap \text{ penuh}}{PLA}$$

$$= \frac{0,33}{25}$$

$$= 0,022$$

$$= 0,013 \times 1000 = 13 \text{ mm}$$

6. Perhitungan Peninggian lengkung

$$= \frac{h \text{ penuh}}{PLA}$$

$$= \frac{13}{25}$$

$$= 0,52 \text{ mm}$$

4.3.2. Perhitungan Perbaikan Anak Panah

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

1. Titik 5

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

$$= 21 - (0,5 \times 0) + 19 - (0,5 \times 10)$$

$$= 35 \text{ mm}$$

2. Titik 6

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

$$= 32 - (0,5 \times 0) + 28 - (0,5 \times 10)$$

$$= 55 \text{ mm}$$

3. Titik 7

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

$$= 96 - (0,5 \times 10) + 19 - (0,5 \times 0)$$

$$= 110 \text{ mm}$$

4. Titik 8

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 7}) + \text{geseran no titik 8} - (0,5 \times \\ &\quad \text{Geseran no titik 9}) \\ &= 251 - (0,5 \times 0) + 14 - (0,5 \times 0) \\ &= 265 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. Titik 9

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 8}) + \text{geseran no titik 9} - (0,5 \times \\ &\quad \text{Geseran no titik 10}) \\ &= 323 - (0,5 \times 0) + 24 - (0,5 \times 16) \\ &= 339 \text{ mm} \end{aligned}$$

6. Titik 10

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 9}) + \text{geseran no titik 10} - (0,5 \times \\ &\quad \text{Geseran no titik 11}) \\ &= 432 - (0,5 \times 0) + 14 - (0,5 \times 20) \\ &= 427 \text{ mm} \end{aligned}$$

7. Titik 11

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 10}) + \text{geseran no titik 11} - (0,5 \times \\ &\quad \text{Geseran no titik 12}) \\ &= 427 - (0,5 \times 0) + 0 - (0,5 \times 30) \\ &= 422 \text{ mm} \end{aligned}$$

8. Titik 12

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 11}) + \text{geseran no titik 12} - (0,5 \times \\ &\quad \text{Geseran no titik 13}) \\ &= 445 - (0,5 \times 20) + 30 - (0,5 \times 0) \\ &= 485 \text{ mm} \end{aligned}$$

9. Titik 13

$$\begin{aligned} &= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 12}) + \text{geseran no titik 13} - (0,5 \times \\ &\quad \text{Geseran no titik 14}) \end{aligned}$$

$$= 459 - (0,5 \times 30) + 15 - (0,5 \times (-30))$$

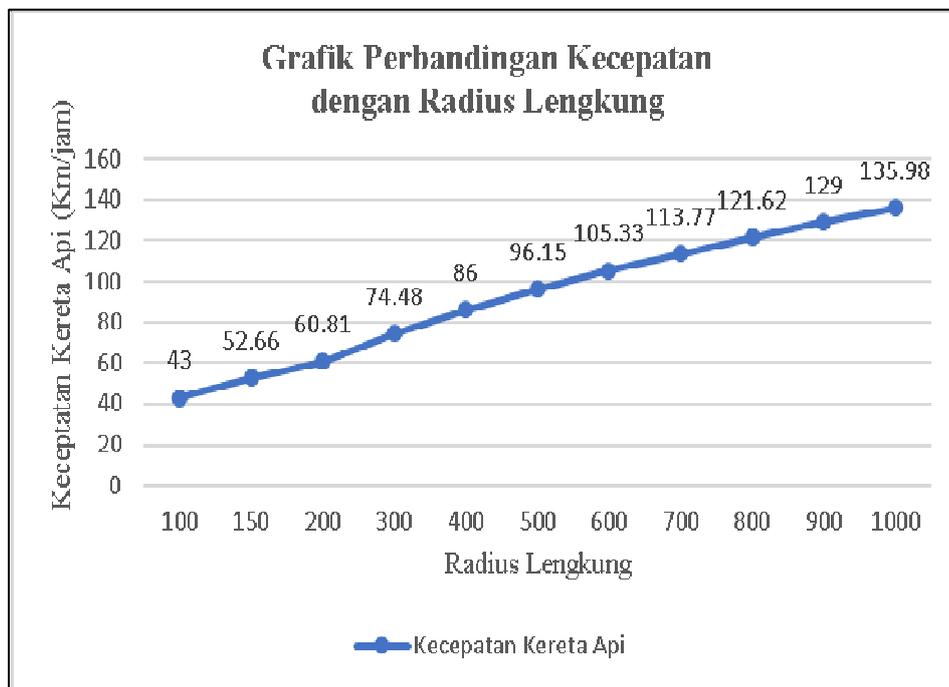
$$= 452 \text{ mm}$$

10. Titik 14

$$= \text{AP lama} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 13}) + \text{geseran no titik 14} - (0,5 \times \text{Geseran no titik 15})$$

$$= 473 - (0,5 \times 10) + 0 - (0,5 \times 0)$$

$$= 468 \text{ mm}$$



Gambar 4.1 Grafik perbandingan kecepatan dengan radius lengkung.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan Evaluasi pengaruh lengkung kereta api terhadap kecepatan kereta api di jalan pokok bambu kec.beringin maka dapat disimpulkan :

1. Kecepatan kereta api saat melintas di jalur lengkung jalan pokok bambu kec.beringin lintas Medan – Arasakabu masih relavan dengan batas kecepatan setiap kereta api yang melintas yaitu sebesar 50 km/jam hingga 55 km/jam.
2. Peninggian kemiringan pada lengkung di jalan pokok bambu kec. Beringin lintas medan – araskabu masih relavan dengan peraturan peraturan dan batas kenyamanan sesuai dengan yang telah ditetapkan oleh yaitu 50 mm.

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 di harap dapat mengawasi dan mengontrol opname lengkung di setiap lengkung jalan kereta api.
2. Kepada peneliti selanjutnya yang akan meneliti pada permasalahan ataupun metode yang sama diharapkan dapat meneliti lebih detail tentang batas kecepatan kereta api agar dapat mengoptimalkan perjalanan kereta api.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2016) *Konstruksi Rel Kereta Api*, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 11 tahun 2016.
- Arbie, 2015, Evaluasi Kelayakan Jalan Rel, Jurnal Penelitian Transportasi Darat, Vol 17, No 1
- Atmaja, S dan Rosyidi, 2015. *Rekayasa Jalan Kereta Api*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Fitria, D, dan Pamuji M, 2015, Sistem Transmisi Elektrik Pada Lokomotif Cc201 Di Lubuk Linggau, Jurnal Desiminasi Teknologi, Vol 3, No. 2
- Gatot, R, 2012. *Konstruksi Jalan Baja*. Semarang. Unissula press. ISBN:978-602-7525-429.
- 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
- 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
- PJKA (2012) *Buku Saku Perawatan Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10)*,Bandung.
- PJKA (1986) *Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10)*, Bandung
- PJKA (2017) *Ilmu jalan Rel*

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.

PT KAI (2012) *Buku Saku Perawatan Jalan Rel*, Bandung.

LAMPIRAN



Gambar 1 : Survai Lengkung Rel Pada Titik No.5



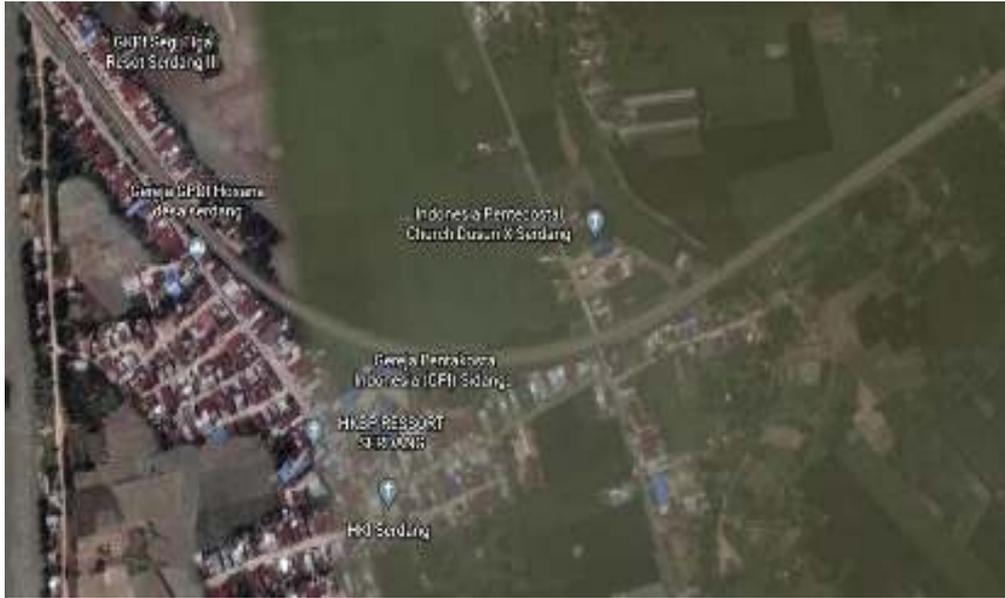
Gambar 2 : Pengukuran Pada Lebar Sepur



Gambar 3 : Tipe Rel Lengkung



Gambar 4 : Survai Lengkung Rel Pada Titik No.7



Gambar 5 : Peta Lokasi Penelitian