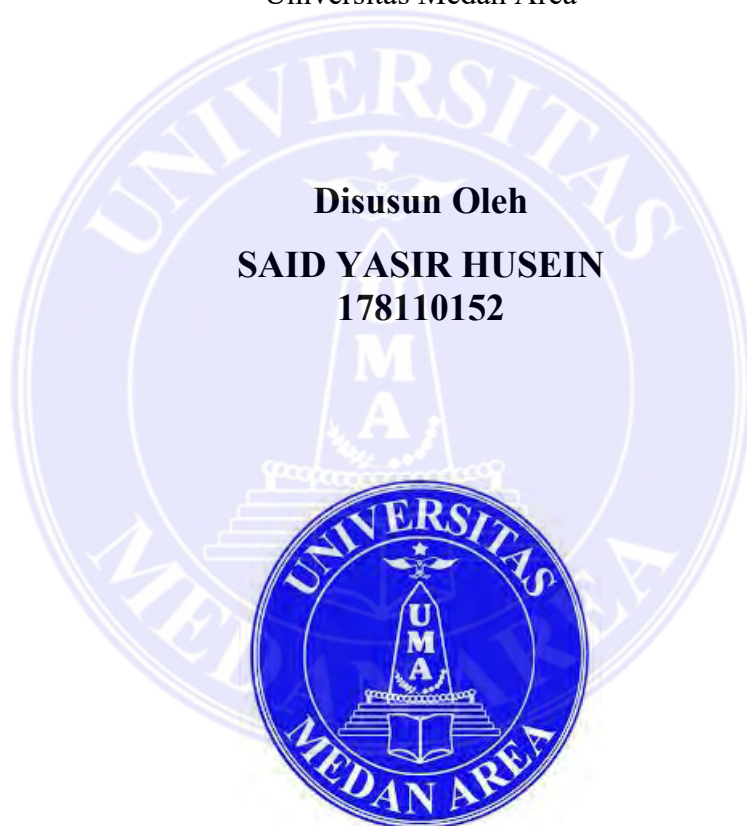


**ANALISIS PERBANDINGAN REL TIPE R33 DENGAN TIPE R54
DAN PENGARUH TERHADAP KINERJA KERETA (STUDI
KASUS JALUR REL KERETA MEDAN – BINJAI)**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

Disusun Oleh
SAID YASIR HUSEIN
178110152



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 27/7/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)27/7/22

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN REL TIPE R33 DENGAN TIPE R54 DAN PENGARUH TERHADAP KINERJA KERETA (STUDI KASUS JALUR REL KERETA MEDAN – BINJAI)

SKRIPSI

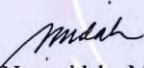
Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

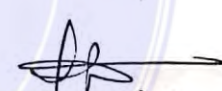
Disusun Oleh
SAID YASIR HUSEIN
178110152

Disetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2


Ir. Nurmaidah, M.T
NIDN : 0108016101


Suranto, S.T., M.T
NIDN:0129127605

Mengetahui,

Dekan, fakultas Teknik

Dr. Rafiqat Syah, S. Kom, M. Kom
NIDN : 0105058804

Ka. Prodi Teknik Sipil

Hermansyah, S.T., M.T
NIDN: 0106088004

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Said Yasir Husein
NIM : 178110152
Judul : Analisis Perbandingan Rel Tipe 33 Dengan Tipe 54 Dan Pengaruh Terhadap Kinerja Kereta (Studi Jalur Rel Kereta Medan – Binjai)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Medan, April 2022

Yang membuat pernyataan



LEMBAR PERNYATAAN PESETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

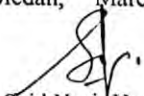
Nama : Said Yasir Husein
NPM : 178110152
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Analisis Perbandingan Rel Tipe R33 Dengan Tipe R54 Dan Pengaruh Terhadap Kinerja Kereta (Studi Kasus Jalur Rel Kereta Medan – Binjai).”

Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini, Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media format-kan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, Maret 2022


Said Yasir Husein
178110152

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan rel tipe R33 dengan R54 serta pengaruhnya terhadap kinerja kereta api.

Selama penyusunan skripsi ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini kepada:

1. Orang tua tercinta Nurhasima, yang senantiasa menemani, dan memberikan doa serta dukungan yang luar biasa
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Rahmad Syah, S. Kom, M. Kom, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Hermansyah, S.T, M.T, selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area
5. Ibu Ir. Nurmaidah, M.T., selaku Dosen Pembimbing 1.
6. Bapak Suranto, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing 2.

7. kepada seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil, terutama angkatan 2017.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan skripsi ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

Medan,April 2022



Penyusun



DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	1
1.2.1 Maksud Penelitian.....	2
1.2.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Review Penelitian Sejenis Sebelumnya.....	4
2.2 Sejarah Perkeretaapian Indonesia	7
2.3 Struktur Jalan Rel	10
2.4 Pengertian Jalan Rel.....	10
2.5 Bentuk Konstruksi Jalan Rel Kereta Api.....	11
2.6 Komponen Struktur Rel Kereta Api	12
2.6.1 Rel (<i>Rail</i>).....	14

2.6.2 Penambat (<i>Fastening System</i>).....	17
2.6.3 Bantalan (<i>Sleeper</i>).....	19
2.6.4 Lapisan Pondasi Atas (<i>Ballast</i>).....	24
2.6.5 Lapisan Pondasi Bawah (<i>Subballast</i>)	25
2.6.6 Lapisan Tanah Dasar (<i>Sugrade</i>)	26
2.7 Bentuk dan Dimensi Rel Kereta	26
2.8 Kriteria Struktur Jalan Rel	28
2.9 Klasifikasi Jalan Rel	30
2.10 Pembebanan dan Gaya.....	35
BAB III. METODE PENELITIAN.....	41
3.1 Metode Penelitian	41
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	42
3.2.1 Tempat Penelitian	42
3.2.2 Waktu Penelitian.....	42
3.3 Jenis dan Sumber Data.....	43
3.3.1 Jenis Data	43
3.3.2 Sumber Data	43
3.4 Teknik Pengumpulan Data	44
3.5 Teknik Analisis Data Penelitian	44
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Hasil.....	46
4.2 Pengumpulan Data.....	46
4.2.1 Data Primer	47
4.2.2 Data Sekunder.....	47
4.3 Analisa Perhitungan.....	55
4.3.1 Gaya Lokomotif.....	55

4.3.2 Desain Dimensi Rel	56
4.4 Pembahasan	61
BAB V. Kesimpulan dan Saran	64
5.1 kesimpulan	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Potongan Jalan Rel Kereta Api pada daerah galian dan timbunan ...	11
Gambar 2.2 Komponen Struktur Jalan Rel Kereta Api.....	13
Gambar 2.3 Rel	15
Gambar 2.4 Sambungan Rel	16
Gambar 2.5 Jenis-Jenis Penambat Rel	18
Gambar 2.6 Penambatan	19
Gambar 2.7 Bantalan Kayu.....	22
Gambar 2.8 Bantalan Besi	22
Gambar 2.9 Bantalan Beton	23
Gambar 2.10 Plat Landas	24
Gambar 2.11 Tipe Rel Double-Headed, bull-headed dan flate footed.....	26
Gambar 2.12 Ukuran dari Tipe-tipe Rel	27
Gambar 2.13 Ukuran Lebar Sepur pada Struktur Jalan Rel.....	30
Gambar 2.14 Lebar Sepur.....	31
Gambar 2.15 Gaya yang bekerja pada rel.....	36
Gambar 2.16 Beban Pada rel	38
Gambar 3.1 Lokasi Sumber.....	42
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian.....	45
Gambar 4.1 Grafik Jumlah Penumpang KA Per tahun.....	50
Gambar 4.2 Bantalan Beton	50
Gambar 4.3 Penambat Rigid.. ..	52

Gambar 4.4 Dimensi rel	53
Gambar 4.5 Potongan Melintang KA Lintas Medan Binjai.....	53
Gambar 4.6 Kedudukan roda pada rel.....	54
Gambar 4.7 Struktur Wesel.....	55
Gambar 4.8 Dimensi Rel 33.....	54
Gambar 4.7 Dimensi Rel 54.....	59

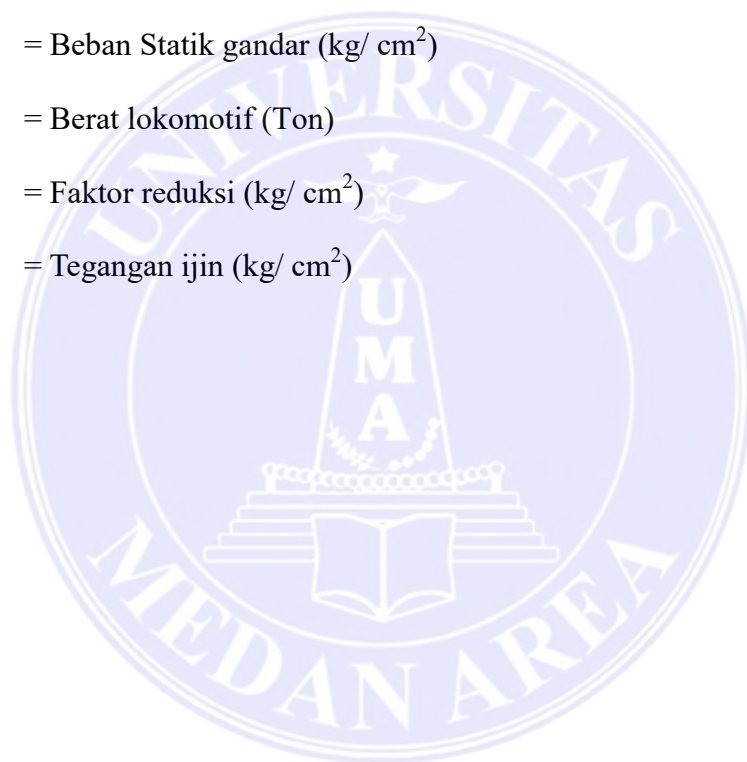


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Besar Celah Untuk Rel Standart Dan Rel Pendek	11
Tabel 2.2 Besar Celah Untuk Rel Panjang.....	11
Tabel 2.3 Lebar Sepur.....	19
Tabel 2.4 Klasifikasi standar jalan rel.....	19
Tabel 2.5 Kelas Jalan Berdasarkan Tipe Rel	20
Tabel 2.6 Kelas Jalan Rel menurut Daya Lintas Kereta Api	20
Tabel 2.7 Panjang Minimum bantalan Untuk Rel Panjang.....	21
Tabel 2.8 Tegangan ijin profil rel berdasarkan kelas jalan di Indonesia	23
Tabel 3.1 Waktu Penelitian.....	19
Tabel 4.1 Data Teknis.....	30
Tabel 4.2 Rencana Program Pembangunan Kereta Api NAD 2011 - 2030.....	30
Tabel 4.3 Rencana Program Pembangunan Kereta Api Sumatera Utara 2011 - 2030	31
Tabel 4.4 Kelas jalan rel dengan lebar 1067 mm.....	33
Tabel 4.5 Karakteristik Rel dan Tipe Rel.....	34
Tabel 4.6 Dimensi Rel.....	42
Tabel 4.7 Hasil perhitungan lokomotif CC	42
Tabel 4.8 Hasil perhitungan lokomotif BB	42

DAFTAR NOTASI

I_p	= Faktor dinamis (kg/ cm^2)
M_a	= Momen Maksimum (kg/ cm^2)
P_{boogie}	= Gaya berat pada boogie (Ton)
P_d	= Beban dinamis (kg/ cm^2)
P_g	= Gaya pada gandar (Ton)
P_s	= Beban Statik gandar (kg/ cm^2)
W_{lok}	= Berat lokomotif (Ton)
λ	= Faktor reduksi (kg/ cm^2)
σ	= Tegangan ijin (kg/ cm^2)



ABSTRAK

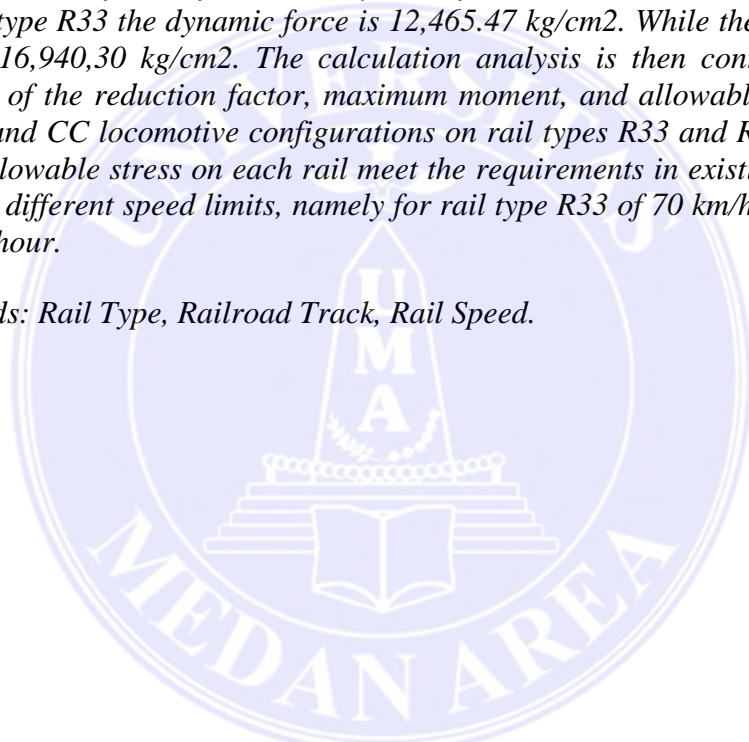
Jalur perlintasan sebidang kereta merupakan perpotongan sebidang antara jalur rel kereta yang dipergunakan untuk melintasnya kereta dengan jalur yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan jalan raya. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan tipe rel R33 dengan R54 serta pengaruhnya terhadap kinerja kereta pada jalur perlintasan tepatnya di Medan - Binjai. Dalam penelitian ini, beberapa analisa telah dilakukan, antara lain analisa diameter rel tipe R33 dengan R54. Metode penelitian dilakukan secara kuantitatif melalui pengamatan ukuran diameter dilakukan dengan cara mengambil data di lapangan, perusahaan, serta beberapa referensi dari literatur yang ada dan dilanjutkan dengan menganalisis perhitungan pembebanan dengan beban gandar sebesar 18 ton. Dari gaya vertikal yang bekerja pada masing - masing rel berbeda, diantaranya terjadinya transformasi gaya statik ke gaya dinamik dengan persamaan TALBOT. Pada rel tipe R33 gaya dinamik sebesar 12.465,47 kg/ cm². Sedangkan pada R54 lebih besar yakni 16.940,30 kg/ cm². Analisis perhitungan kemudian dilanjutkan dengan analisis faktor reduksi, momen maksimum, dan tegangan ijin rel pada konfigurasi lokomotif BB dan CC pada rel tipe R33 dan R54. Hasil dari tegangan ijin pada tiap rel memenuhi persyaratan dalam peraturan yang ada, akan tetapi dengan batas kecepatan yang berbeda yaitu untuk rel tipe R33 sebesar 70 km/ jam dan R54 120 km/ jam.

Kata kunci: Tipe Rel, Jalur Perlintasan Kereta api, Kecepatan Rel.

ABSTRACT

A railroad crossing line is a plot of intersection between the railroad tracks used for the passage of trains and the lines used for road vehicle traffic. This research was conducted with the aim of knowing the different types of rail R33 and R54 and their effect on the performance of the train on the crossing, precisely in Medan - Binjai. In this study, several analyzes have been carried out, including the diameter analysis of the R33 and R54 type rails. The research method was carried out quantitatively by observing the diameter size by taking data in the field, the company, as well as several references from the existing literature and continued by analyzing the calculation of loading with an axle load of 18 tons. From the vertical force acting on each rail is different, including the transformation of static forces into dynamic forces with the TALBOT equation. On the rail type R33 the dynamic force is 12,465.47 kg/cm². While the R54 is bigger, namely 16,940,30 kg/cm². The calculation analysis is then continued with the analysis of the reduction factor, maximum moment, and allowable rail stress on the BB and CC locomotive configurations on rail types R33 and R54. The results of the allowable stress on each rail meet the requirements in existing regulations, but with different speed limits, namely for rail type R33 of 70 km/hour and R54 of 120 km/hour.

Keywords: Rail Type, Railroad Track, Rail Speed.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Angkutan kereta api merupakan transportasi massal di Indonesia yang memiliki beberapa keunggulan, antara lain mengangkut penumpang dengan jumlah besar, rendah polusi, serta tingkat keselamatan yang tinggi.

Perkembangan transportasi kereta api menggunakan jalan rel bertujuan meningkatkan pelayanan transportasi antara lain kuantitas pengangkutan, kecepatan perjalanan, dan keawetan sarana – sarannya.

Selama masa layanannya, kebutuhan akan pelayanan mobilitas penumpang berkembang secara dinamis sehingga menyebabkan meningkatnya kebutuhan pergerakan manusia maupun barang. Dalam hal ini, peningkatan kebutuhan akan sarana dan prasarana kereta api, menimbulkan kondisi yang dapat dilihat dengan semakin kompleksnya masalah jalur perlintasan kereta api yang harus dihadapi.

Jalan rel akan terus menerima beban roda kereta api yang menyebabkan komponen jalan rel mengalami degradasi bentuk dan penurunan kekuatan terhadap fungsi waktu. Sehingga, komponen jalan rel akan membutuhkan pemeliharaan yang merupakan upaya untuk mempertahankan keandalan jalan rel dan laik operasi jalan.

Sejalan dengan hal tersebut, untuk mewujudkan kondisi prasarana (jalan rel) yang prima, maka perlu dilakukan peningkatan mutu yang tepat sesuai kebutuhan agar tetap dapat dilalui kereta api dengan aman, nyaman

sesuai dengan kecepatan dan tekanan yang telah ditentukan, sehingga dengan kondisi prasarana yang baik dan handal diharapkan dapat terwujudnya peningkatan keselamatan dan keamanan perkeretaapian.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Perbandingan Rel Tipe 33 Dengan Tipe 54 Dan Pengaruh Terhadap Kinerja Kereta (Studi Kasus Jalur Rel Kereta Medan – Binjai)”.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk melakukan analisis perbandingan Rel Tipe 33 dengan Tipe 54 dan pengaruh terhadap kinerja kereta (Studi Jalur Rel Kereta Medan – Binjai).

1.2.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat seberapa besar pengaruhnya terhadap kinerja kereta berdasarkan perbandingan antara rel tipe 33 dengan tipe 54.

1.3 Rumusan masalah

Sesuai dengan maksud dan tujuan, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perbandingan antara rel tipe R33 dengan R54?
2. Bagaimana kinerja kereta berdasarkan perbandingan antara rel tipe 33 dengan tipe 54?

1.4 Batasan Masalah

Perlintasan jalur kereta Medan – Binjai, terdapat banyak permasalahan yang dapat ditinjau dan dibahas, maka didalam penelitian ini sangatlah perlu kiranya diadakan suatu pembatasan masalah. Namun dalam penelitian ini, penulis hanya membatasi permasalahan yang ditinjau pada studi literatur yang terkait dengan perbandingan tipe rel R33 dengan R54 pada perlintasan kereta api meda – binjai.

1.5 Manfaat Penelitian

Penulisan Skripsi ini diharapkan bermanfaat bagi:

- a. sebagai bahan referensi bagi siapa saja yang mebacanya, khususnya bagi mahasiswa yang menghadapi masalah yang sama.
- b. Sebagai bahan referensi perkembangan ilmu pengetahuan, masyarakat, atau pemerintah. Manfaat penelitian tersebut dapat dijabarkan secara rinci untuk setiap sasaran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Review Penelitian Sejenis Sebelumnya

Sebelum melakukan penelitian mengenai Analisis Perbandingan Rel Tipe R33 Dengan Tipe R54 Dan Pengaruh Terhadap Kinerja Kereta (Studi Kasus Jalur Rel Kereta Medan – Binjai), peneliti terlebih dahulu melakukan tinjauan pustaka. Tinjauan pustaka yang dilakukan peneliti adalah melakukan tinjauan dengan penelitian sebelumnya yang sejenis atau terkait dengan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti. Berikut adalah beberapa penelitian sejenis dan terkait yang peneliti jadikan acuan untuk melakukan penelitian ini :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Yusup Kristian di Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon pada tahun 2016. Judul penelitian “Analisis kerusakan UPT Railroad Resort 3.13 kawasan KA Tanjung berdasarkan hasil KA yang diukur”. Penelitian ini menggunakan metode analisis data, berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa kerusakan rel kereta api dibagi menjadi kategori sedang dan buruk menurut nilai numeriknya, kemudian dilakukan perbaikan program. Hasil dari penelitian ini adalah rusaknya jalur kereta api di sepanjang jalur penelitian, kecepatan kereta api yang menanjak dan goyang menyebabkan kinerjanya tidak maksimal, dan dilakukan pemeliharaan preventif sesuai siklus pemeliharaan untuk mempertahankan keadaan konstruksi kereta api, agar kereta api dapat lewat dengan kecepatan yang direncanakan, dan pemeriksaan secara berkala, terutama di titik-titik lemah rel kereta api.

2. Kajian yang dilakukan oleh Wilton Wahab mahasiswa Institut Teknologi Padang tahun 2017 dengan topik “Analisis Kelayakan Pembangunan Kereta Api Pada Kegiatan Revitalisasi Kereta Api Lubuk Alung-Kayu Tanam (Km 39.699-Km 60.038)”. Penelitian ini mengadopsi beberapa tahapan metodologi, yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan dan analisis data serta penarikan kesimpulan. Latar belakang penelitian ini adalah melakukan revitalisasi atau peningkatan infrastruktur berupa infrastruktur, perlengkapan jalan, keamanan dan telekomunikasi, penerangan, penyediaan air bersih, dll untuk mendukung kelancaran revitalisasi Jalur Kereta Api Lubuk Alung-Kayu Tanam Jalur Tengah Kabupaten 2 Barat Sumatra. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa secara umum dapat disimpulkan bahwa pembangunan rel kereta api berupa revitalisasi jalur Lubuk Alung-Kayu Tanam layak untuk ditingkatkan.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Erwin Herdianto mahasiswa Universitas Trisakti 2018. Dengan judul penelitian “Kapasitas Kekuatan Lentur Bantalan Beton Pada Jalan Rel Kelas 1 Di Indonesia”. Penelitian dilakukan dengan metodologi perhitungan pada setiap tipe bantalan beton monoblok untuk mencari gaya vertikal berdasarkan Peraturan Dinas No.10 Tahun 1986 dan Peraturan Menteri Perhubungan No.60 Tahun 2012. Metode yang digunakan penelitian ini adalah dengan membandingkan nilai aktual momen dan tegangan dari setiap tipe bantalan. Selanjutnya dari setiap tipe dicari dimensi minimumnya sampai mendekati batas momen ijin bantalan beton. Setelah mencari dimensi

minimum maka selanjutnya menghitung tegangan dengan menggunakan variasi jumlah baja prategang yang disesuaikan terhadap batas tegangan ijin beton. Langkah terakhir adalah mencari pengaruh momen inersia dengan momen lentur dan pengaruh jumlah baja dengan tegangan beton. Hasil dari penelitian ini yaitu didalam analisis ini hanya membandingkan gaya vertikal, gaya longitudinal, gaya geser, gaya gempa dan lainnya perlu ditambahkan untuk dilakkukan penelitian lebih lanjut. Dalam melakukan perbandingan tegangan hanya dibandingkan pada jumlah baja saja untuk penelitian lebih lanjut bisa berdasarkan mutu, diameter, jarak antar baja dan lainnya. Perhitungan momen dan tegangan hanya berdasarkan peraturan PD 10 – 1986 dan PM 60 2012 saja mungkin bisa menggunakan peraturan dari luar Indonesia atau yang lainnya.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Ah. Sulhan Fauzi, mahasiswa Universitas Nusantara PGRI Kediri 2019. Topik penelitian adalah “Medan Magnet Di Sekitar Rel Kereta Api”. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif, dengan menggunakan mode perekaman untuk mengukur nilai medan magnet secara langsung menggunakan Tesla meter yang ditempatkan di tengah lintasan. Dengan mempertimbangkan perbedaan kecepatan kereta api yaitu kecepatan rendah, kecepatan sedang dan kecepatan tinggi tempat ketiga, pengambilan data dilakukan pada 3 perlintasan KA di sekitar Kabupaten Kediri dan Kota. Waktu pengukuran adalah 3 menit atau 180 detik, dimulai dari sekitar 1 menit sebelum kereta lewat. Hasil dari penelitian ini adalah ketika kereta api lewat, tidak ada medan magnet

akibat gesekan antara roda dan rel. Ketika kereta api lewat, medan magnet bumi di sekitar rel berubah.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Wahyu Tamtomo Adi, mahasiswa Institut Teknologi Perkeretaapian Madien, Indonesia tahun 2019. Topik penelitian adalah “Studi Umur Kereta Api Berdasarkan Keausan Dengan Metode Dari Area dan Perjana”. Penelitian ini mengadopsi metode penghitungan umur kawasan perkeretaapian dengan mengidentifikasi karakteristik rel dan jalan raya. Hasil dari penelitian ini adalah metode perhitungan umur rel di wilayah studi, dan diperoleh hasil umur rel yang tidak jauh berbeda dengan metode AREA dan metode PERJANA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai berbagai koridor yang ada di wilayah operasi Madiun bervariasi sesuai dengan spesifikasi perkeretaapian, beban lalu lintas, dan geometri perkeretaapian. Namun, karena terbatasnya data hasil pengujian perkeretaapian yang beroperasi, tidak mungkin membandingkan kondisi perkeretaapian eksisting.

2.2 Sejarah Perkeretaapian Indonesia

Sejarah perkeretaapian Indonesia dimulai dengan grounding pertama perkeretaapian di desa Kemijen pada hari Jumat tanggal 17 Juni 1864 oleh Gubernur Hindia Belanda. L.A.J Baron Sloet van den Beele. Pembangunan ini diprakarsai oleh Naamlooze Venootschap Nederlandsch Indische Spoorweg Maatschappij (NV. NISM) yang dipimpin oleh Ir. J.P de Bordes membentang dari Kemijen ke Desa Penanggungjawab (26 km), lebar lintasan 1.435 mm. Ruas jalan ini dibuka untuk angkutan umum pada hari Sabtu, 10 Agustus 1867. Sukses pribadi, Nevada. NISM membangun jalur kereta api antara Semarang dan Keraton

Tang, yang mampu menghubungkan Kota Semarang dengan Surakarta (110 km) kemudian pada 10 Februari 1870, dan akhirnya mendorong investor untuk membangun jalur kereta api di daerah lain.

Tidak mengherankan, pertumbuhan panjang rel antara tahun 1864 dan 1900 meningkat pesat. Pada tahun 1867 hanya 25 km, menjadi 110 km, pada tahun 1880 mencapai km, pada tahun 1890 menjadi 1 427 km pada tahun 1900 menjadi 3.338 km. Setelah Indonesia masuk di bawah pendudukan Jepang, perkeretaapian berkembang pesat. Hingga tahun 1939, panjang jalan kereta api di Indonesia 6.811 km. Namun, pada 1950 panjangnya dikurangi menjadi 910 km, sekitar 901 km hilang, yang disebabkan oleh pembongkaran pada masa pendudukan Jepang dan di Burma untuk pembangunan rel kereta api.

Jenis jalan rel KA di Indonesia dibedakan dengan lebar sepur 1.067 mm; 750 mm (di Aceh) dan 600 mm di beberapa lintas cabang dan tram kota. Jalan rel yang dibongkar semasa pendudukan Jepang (1942 - 1943) sepanjang 473 km, sedangkan jalan KA yang dibangun semasa pendudukan Jepang adalah 83 km antara Bayah - Cikara dan 220 km antara Muaro - Pekanbaru. Ironisnya, dengan teknologi yang seadanya, jalan KA Muaro - Pekanbaru diprogramkan selesai pembangunannya selama 15 bulan yang memperkerjakan 27.500 orang, 25.000 diantaranya adalah Romusha. Jalan yang melintasi rawa-rawa, perbukitan, serta sungai yang deras arusnya ini, banyak menelan korban yang makamnya bertebaran sepanjang Muaro - Pekanbaru. Setelah kemerdekaan Indonesia diproklamkan pada tanggal 17 Agustus 1945, karyawan KA yang tergabung dalam "Angkatan Moeda Kereta Api" (AMKA) mengambil alih kekuasaan perkeretaapian dari pihak Jepang. Peristiwa bersejarah yang terjadi pada tanggal

28 September 1945, pembacaan pernyataan sikap oleh Ismangil dan sejumlah anggota AMKA lainnya, menegaskan bahwa mulai tanggal 28 September 1945 kekuasaan perkeretaapian berada ditangan bangsa Indonesia. Orang Jepang tidak diperkenankan lagi campur tangan dengan urusan perkeretaapian di Indonesia. Inilah yang melandasi ditetapkannya 28 September 1945 sebagai Hari Kereta Api di Indonesia, serta dibentuknya "Djawatan Kereta Api Republik Indonesia" (DKARI). Lalu Perusahaan Jawatan Kereta Api (PJKA) menerima lokomotif baru kelas CC201 dari General Electric Amerika Serikat. CC201 merupakan keluarga lokomotif diesel tersukses di Indonesia dengan jumlah lebih dari 140 unit. Seiring perkembangan waktu, kereta api menjadi pesat hingga pada tahun 1981 industri Kereta Api (INKA) pabrik kereta api Indonesia didirikan di Madiun. Unit kereta api terus ditambah hingga PJKA membeli lokomotif CC202 yang merupakan lokomotif terkuat di Indonesia dari General Motor Diesel Division, Ontario Canada. Lokomotif ini digunakan di Sumatera Selatan untuk menarik kereta batubara rangkaian panjang (babaranjang) dari Muara Enim. Selama bertahun-tahun, industri kereta api telah berkembang pesat. Pada tahun 1999 atau tepatnya 1 Juni 1999 pemerintah melalui BUMN mendirikan PT Kereta Api (PT KA) resmi dibentuk menggantikan Perumka sebagai perusahaan industri dan pengelolaan perkeretaapian Indonesia.

2.3 Struktur Jalan Rel

Struktur jalan rel merupakan suatu konstruksi yang direncanakan sebagai prasarana atau infrastruktur perjalanan kereta api. Konsep struktur jalan rel adalah rangkaian super dan sub-struktur yang menjadi satu kesatuan komponen yang mampu mendukung pergerakan kereta api secara aman. Karena menopang

pergerakan kereta api, maka struktur jalan rel merupakan sistem dinamik antar komponen penyusunnya yang dapat mendistribusikan beban rangkaian kereta api dan sekaligus menyediakan pergerakan yang stabil dan nyaman. Dengan demikian, konsep akhir dari distribusi beban ini adalah menyalurkan tegangan dari beban kereta api kepada tanah dasar tanpa menimbulkan perubahan bentuk permanen pada tanah.

Perlindungan perkeretaapian juga harus dirancang agar ekonomis dalam konstruksi dan mudah perawatannya. Perencanaan pembangunan jalur kereta api sesuai dengan peraturan Menteri No.60 Tahun 2012 tentang persyaratan teknis perkeretaapian, bahwa perkeretaapian harus direncanakan dengan persyaratan teknis sehingga dapat ditempuh secara teknis dan ekonomis. Secara teknis, hal ini berarti bahwa pembangunan jalur tersebut harus dilalui secara aman oleh instalasi dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya.

2.4 Pengertian Jalan Rel

Jalan rel adalah suatu kesatuan konstruksi pada konstruksi baja, beton atau konstruksi lainnya yang terletak di permukaan, di bawah dan di atas tanah atau tergantung pada tim yang mengarahkan kereta api (UU No. 23 Tahun 2007). Perkeretaapian terdiri dari komponen perkeretaapian, yaitu: rel, bantalan, alat penjepit, pemberat, underpass dan sub-base. Setiap komponen perkeretaapian memiliki fungsi menerima dan menyalurkan beban dari roda-roda kereta api yang melewatinya ke komponen-komponen lain di bawahnya.

Moda transportasi kereta api dalam menjalankan fungsinya sebagai salah satu moda transportasi untuk orang dan barang mempunyai karakteristik yang berkaitan dengan keunggulan dan kelemahan.

Keunggulan :

- Memungkinkan jangkauan pelayanan transportasi barang dan orang dalam jarak pendek, sedang dan jauh dalam kapasitas besar.
- Penggunaan energy relative kecil
- Kehandalan keselamatan perjalanan lebih baik dibandingkan dengan moda lain. Hal ini karena mempunyai jalur sendiri yaitu berupa jalan rel dan fasilitas pendukung tersendiri.
- Kehandalan dalam ketepatan waktu.
- Ekonomis dalam hal penggunaan ruang untuk jalurnya dibandingkan dengan moda transportasi darat lainnya.
- Sangat baik untuk pelayanan khusus dalam aspek pertahanan keamanan, karena mempunyai kapasitas angkut yang besar dan dapat dilaksanakan tanpa banyak memberikan dampak sosial.
- Mempunyai akseibilitas yang baik dibanding dengan transportasi air dan udara.

Kelemahan :

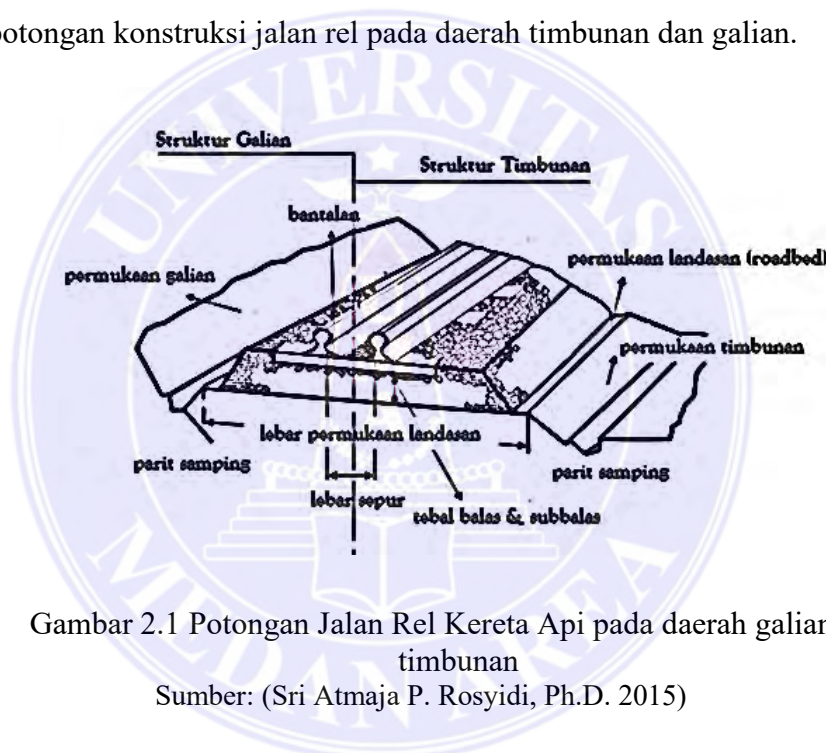
- Memerlukan fasilitas sarana dan prasarana yang khusus dan tidak bisa digunakan oleh moda transportasi yang lain.
- Dibutuhkannya investasi, biaya operasi, biaya perawatan, dan tenaga yang cukup besar.
- Pelayanan barang dan penumpang hanya terbatas pada jalurnya.

2.5 Bentuk Konstruksi Jalan Rel Kereta Api

Secara konstruksi, jalan rel dibagi dalam dua bentuk konstruksi, yaitu :

- Jalan rel dalam konstruksi timbunan.
- Jalan rel dalam konstruksi galian.

Jalan rel dalam konstruksi timbunan biasanya terdapat pada daerah persawahan atau daerah rawa, sedangkan jalan rel pada konstruksi galian umumnya terdapat pada medan pergunungan. Gambar berikut menunjukkan contoh potongan konstruksi jalan rel pada daerah timbunan dan galian.



Gambar 2.1 Potongan Jalan Rel Kereta Api pada daerah galian dan timbunan

Sumber: (Sri Atmaja P. Rosyidi, Ph.D. 2015)

Pada prinsipnya, lapisan landasan (track foundation) ini dibuat untuk menjaga kestabilan trek rel saat rangkaian Kereta Api lewat. Sehingga trek rel tetap berada pada tempatnya, tidak bergoyang-goyang, tidak ambles ke dalam tanah, serta kuat menahan beban rangkaian Kereta Api yang lewat. Selain itu, lapisan landasan juga berfungsi untuk mentransfer beban berat (axle load) dari rangkaian Kereta Api untuk disebar ke permukaan bumi. Lapisan landasan merupakan lapisan yang harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum membangun

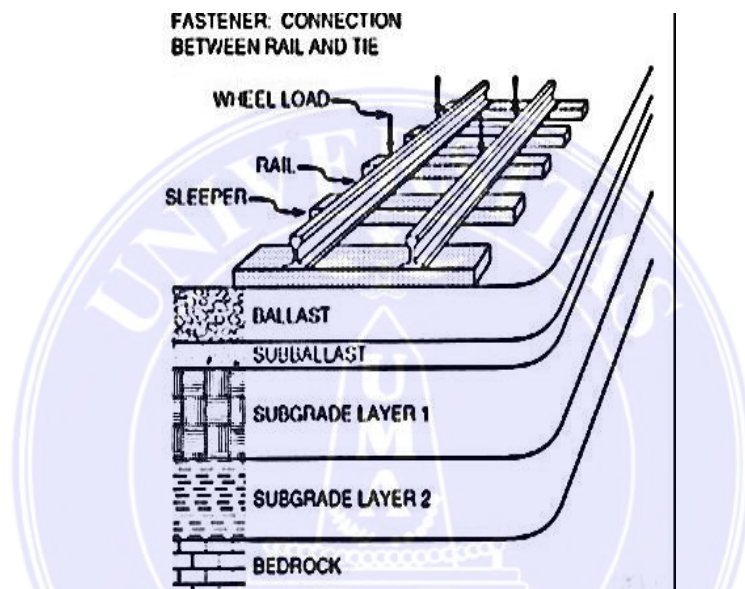
trek rel, sehingga posisinya berada di bawah trek rel dan berfungsi sebagai pondasi. Sebagaimana struktur pondasi pada suatu bangunan, lapisan landasan juga tersusun atas lapisan-lapisan material tanah dan bebatuan, diantaranya Formation Layer, Ballast dan Sub Ballast (Hendriyana, 2013).

2.6 Komponen Struktur Rel Kereta Api

Bahan logam pada jenis besi adalah material yang sering digunakan dalam membuat paduan logam lain untuk mendapatkan sifat bahan yang diinginkan. Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencairan dan penempaan. Karbon merupakan unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik. Penggunaan logam baja seperti untuk poros, roda gigi, dan lain - lain, dalam proses pemesinan akan berinteraksi dengan benda kerja lain sehingga menimbulkan tekanan dan gesekan. (Pujono, 2017). Struktur jalan rel dibagi menjadi dua bagian struktur yang terdiri dari sekumpulan komponen perkeretaapian, yaitu :

- Struktur bagian atas, atau dikenal sebagai *superstructure* yang terdiri dari komponen-komponen seperti rel (*rail*), penambat (*fastening*) dan bantalan (*sleeper, tie*).
- Struktur bagian bawah, atau dikenali sebagai *substructure*, yang terdiri dari komponen balas (*ballast*), subbalas (*subballast*), tanah dasar (*improve subgrade*) dan tanah asli (*natural ground*). Tanah dasar merupakan lapisan tanah di bawah subbalas yang berasal dari tanah asli

tempatan atau tanah yang didatangkan (jika kondisi tanah asli tidak baik), dan telah mendapatkan perlakuan pemadatan (*compaction*) atau diberikan perlakuan khusus (*treatment*). Pada kondisi tertentu, balas juga dapat disusun dalam dua lapisan, yaitu : balas atas (*top ballast*) dan balas bawah (*bottom ballast*).



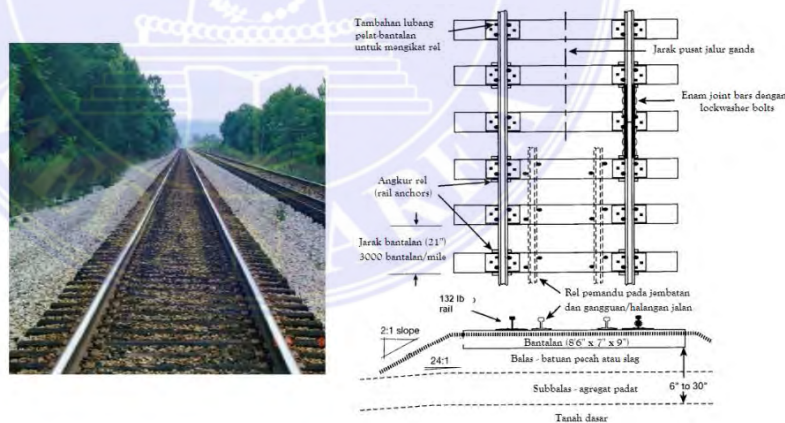
Gambar 2.2 Komponen Struktur Jalan Rel Kereta Api
Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)

Secara umum, komponen-komponen yang membentuk rel kereta api dijelaskan di bawah ini :

2.6.1 Rel (*Rail*)

Rel merupakan batangan baja longitudinal yang berhubungan secara langsung, dan memberikan tuntunan dan tumpuan terhadap pergerakan roda kereta api secara berterusan. Oleh karena itu, rel juga harus memiliki nilai kekakuan tertentu untuk menerima dan mendistribusikan beban roda kereta api dengan baik.

Batang rel terbuat dari besi ataupun baja bertekanan tinggi, dan juga mengandung karbon, mangan, dan silikon. Batang rel khusus dibuat agar dapat menahan beban berat (axle load) dari rangkaian Kereta Api yang berjalan di atasnya. Inilah komponen yang pertama kalinya menerima transfer berat (axle load) dari rangkaian Kereta Api yang lewat. Tiap potongan (segment) batang rel memiliki panjang 20-25 m untuk rel modern, sedangkan untuk rel jadul panjangnya hanya 5-15 m tiap segmen. Batang rel dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan berat batangan per meter panjangnya. Di Indonesia dikenal 4 macam batang rel, yakni R25, R33, R42, dan R54. Misalkan, R25 berarti batang rel ini memiliki berat rata - rata 25 kilogram/meter. Makin besar “R”, makin tebal pula batang rel tersebut (Umar, 2016).



Gambar 2.3 Rel
Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)

Rel berguna untuk mentransfer tekanan dari roda kereta ke bantalan dan juga sebagai penggerak roda. Sambungan rel adalah suatu konstruksi yang menghubungkan kedua ujung rel sedemikian rupa

sehingga pengoperasian kereta api tetap aman dan nyaman.. Dari kedudukan terhadap bantalan, sambungan rel dibedakan menjadi dua macam yaitu sambungan melayang dan sambungan menumpu. Penempatan sambungan di sepur ada dua macam yaitu:

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



Gambar 2.4 Sambungan Rel
Sumber: Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)

Di sambungan rel harus ada celah untuk menampung timbulnya perubahan panjang rel akibat perubahan suhu.

Tabel 2.1 Besar Celah Untuk Rel Standart Dan Rel Pendek

Suhu Pemasangan (°C)	Panjang Rel			
	25	50	75	100
≤20	8	14	16	16
22	7	13	16	16
24	6	12	16	16
26	6	10	15	16
28	5	9	13	16
30	4	8	11	14
32	4	7	9	12
34	3	6	7	9
36	3	4	6	7
38	2	3	4	4
40	2	2	2	2
42	1	1	0	0
44	0	0	0	0
≥46	0	0	0	0

Sumber : Hapsoro, Suryo 2009

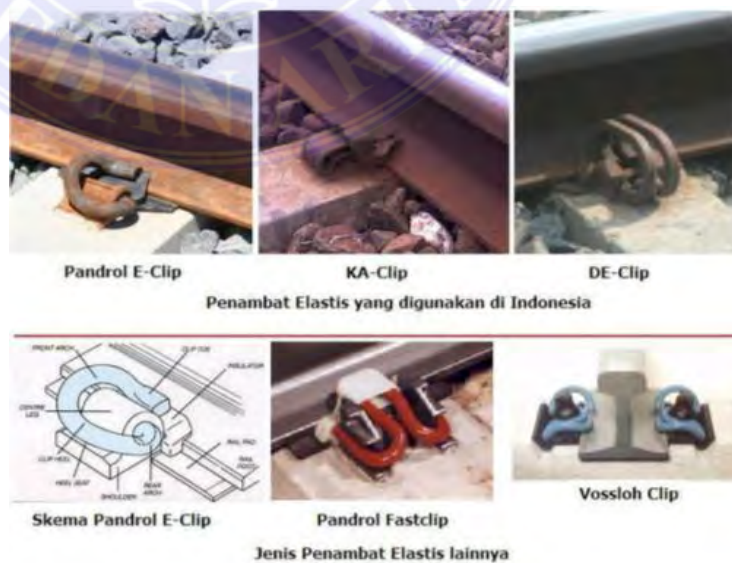
Tabel 2.2 Besar Celah Untuk Rel Panjang

Suhu Pemasangan (°C)	Panjang Rel			
	R42	R50	R54	R60
≤22	16	16	16	16
24	14	16	16	16
26	13	14	15	16
28	13	12	13	14
30	10	11	11	12
32	8	9	10	10
34	7	8	8	9
36	6	6	7	7
38	5	5	5	6
40	4	4	4	5
42	3	3	3	4
44	3	3	3	3
≥46	2	2	2	2

Sumber : Hapsoro, Suryo. 2009

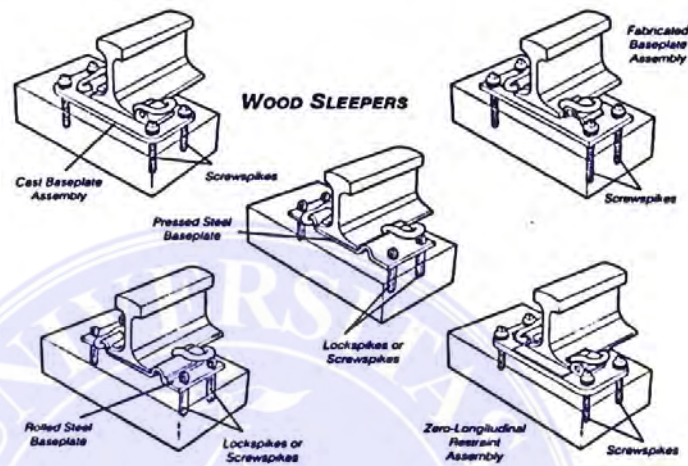
2.6.2 Penambat (*Fastening System*)

Penambat rel adalah pengikat rel ke bantalan rel kereta api. Penambat rel ada dua jenis, yakni jenis penambat kaku dan jenis penambat elastis. Jenis penambat kaku biasanya terdiri dari paku rel, mur, baut, atau menggunakan tarpon (tirefond) yang dipasang menggunakan pelat landas. Umumnya penambat kaku ini digunakan pada jalur kereta api tua, baik yang masih aktif maupun tidak aktif. Karakteristik dari penambat kaku, selalu dipasang pada bantalan kayu atau bantalan baja. Penambat kaku kini sudah tidak layak digunakan untuk semua rel kereta api, khususnya dengan beban lalu lintas yang tinggi. Jenis penambat elastis diciptakan untuk meredam getaran dengan frekuensi tinggi pada rel yang diakibatkan oleh kereta api ketika bergerak di atasnya (Andri Haryanto Kumila, 2016).



Gambar 2.5 Jenis-jenis Penambat rel
Sumber: (Andri Haryanto Kumila, 2016)

Sistem penguncian digunakan untuk sambungan antara bantalan dan rel, jenis dan bentuknya bervariasi sesuai dengan jenis bantalan yang digunakan dan klasifikasi kereta api yang akan dilayani.



Gambar 2.6 Penambatan
Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)

2.6.3 Bantalan (*Sleeper*)

Bantalan adalah alas tempat rel bersandar dan dibatasi dengan pengencang rel, sehingga harus cukup kuat untuk menopang berat kereta yang berjalan di atas rel. Bantalan dipasang di sepanjang rel pada jarak 0,6 meter antara bantalan dan bantalan.

Bantalan digunakan untuk mentransfer beban dari rel ke balas untuk menjaga lebar lintasan dan stabilitas luar. Bantalan dapat dibuat dari kayu, baja (besi) atau beton. Pemilihan dilakukan sesuai dengan kelas yang sesuai dengan klasifikasi perkeretaapian. Bantalan rel (*sleepers*) dipasang sebagai landasan dimana batang rel diletakkan dan ditambatkan. Berfungsi untuk (1) meletakkan dan menambat batang rel, (2) menjaga kelebaran trek (*track gauge*,

adalah ukuran lebar trek rel. Indonesia memiliki track gauge 1067 mm) agar selalu konstan, dengan kata lain agar batang rel tidak meregang atau menyempit, (3) menumpu batang rel agar tidak melengkung ke bawah saat dilewati rangkaian Kereta Api, sekaligus (4) mentransfer axle load yang diterima dari batang rel dan plat landas untuk disebarkan ke lapisan batu Ballast di bawahnya. Oleh karena itu bantalan harus cukup kuat untuk menahan batang rel agar tidak bergeser, sekaligus kuat untuk menahan beban rangkaian Kereta Api. Bantalan dipasang melintang dari posisi rel pada jarak antarbantalan maksimal 60 cm (Umar, 2016).

Bantalan kayu merupakan bantalan yang pertama sekali digunakan dalam dunia kereta api, serta digunakan di jembatan karena kayu lebih elastis dari beton. Kelemahan kayu adalah daya tahan yang tidak terlalu lama terutama di daerah yang hujan dan kelembabannya tinggi. Fungsi bantalan kayu adalah :

- a. Mengikat rel sehingga lebar jalur tetap terjaga.
- b. Mendistribusikan beban dari rel ke balas.
- c. Stabilitas ke arah luar jalan rel, dengan mendistribusikan gaya longitudinal dan lateral dari rel ke balas.

Pada jalan yang lurus bantalan kayu mempunyai ukuran :

- Panjang = $P = 2000$ mm
- Tinggi = $T = 130$ mm
- Lebar = $L = 220$ mm

Bantalan beton dibuat dari beton bertulang prategang, pada bantalan beton juga sekaligus ditempatkan angker penambat. Bantalan beton digunakan karena mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

- a. Mempunyai kekuatan yang lebih besar, tidak mengalami korosi dan merupakan konduktor listrik yang jelek dan tidak mudah rusak.
- b. Konstruksi lebih berat sehingga bantalan beton akan lebih stabil letaknya pada balas sehingga mempertahankan kedudukan track.

Kerugiannya adalah :

- a. Penanganannya lebih sulit karena berat, sehingga harus menggunakan alat-alat khusus dan membuatnya membutuhkan ketepatan ukuran yang sangat tinggi sehingga cukup mahal harganya.
- b. Agak keras sehingga perlu landas elastis.

Bantalan memiliki beberapa fungsi penting, antara lain menerima beban rel dan mendistribusikannya ke lapisan balas dengan tingkat tekanan yang kecil, menahan sistem penguncian untuk menahan rel pada tempatnya, dan menahan gerakan rel pada arah memanjang, lateral dan samping. Bantalan dibagi menurut bahan konstruksinya, seperti bantalan yang terbuat dari besi, kayu atau beton. Desain bantalan yang baik diperlukan untuk fungsi bantalan yang optimal.



Gambar 2.7 Bantalan kayu
Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)



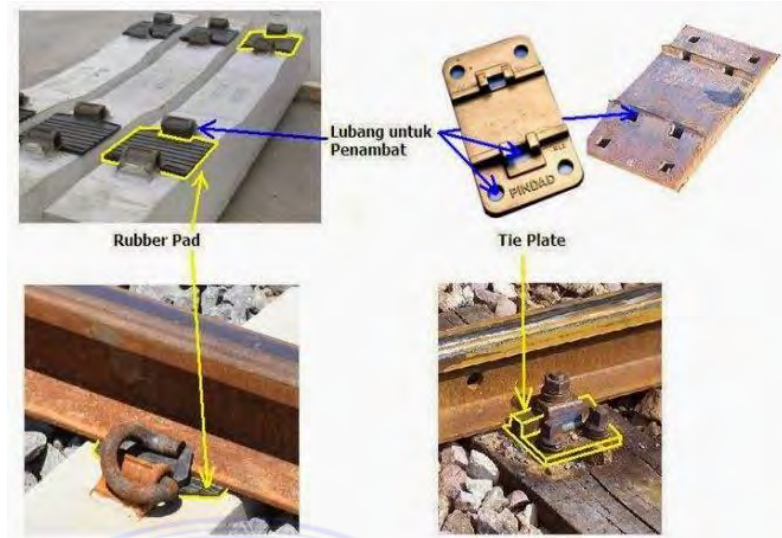
Gambar 2.8 Bantalan besi
Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)



Gambar 2.9 Bantalan beton
Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)

Pada bantalan kayu maupun besi, di antara batang rel dengan bantalan dipasang Tie Plate (plat landas), semacam plat tipis berbahan besi tempat diletakkannya batang rel sekaligus sebagai lubang tempat dipasangnya penambat (Spike). Sedangkan pada bantalan beton, dipasang Rubber Pad, sama seperti Tie Plate, tapi berbahan plastik atau karet dan fungsinya hanya sebagai landasan rel, sedangkan lubang / tempat dipasangnya penambat umumnya terpisah dari rubber pad karena telah melekat pada beton.

Fungsi plat landas selain sebagai tempat perletakan batang rel dan juga lubang penambat, juga untuk melindungi permukaan bantalan dari kerusakan karena tindihan batang rel, dan sekaligus untuk mentransfer axle load yang diterima dari rel di atasnya ke bantalan yang ada tepat di bawahnya (Faizal Arifin, 2014).



Gambar 2.10 Plat Landas
Sumber : (Faizal Arifin, 2014)

2.6.4 Lapisan Pondasi Atas (*Ballast*)

Lapisan ballast disebut pula sebagai Tack Bed, karena fungsinya sebagai tempat pembaringan trek rel Kereta Api. Lapisan Ballast merupakan suatu lapisan berupa batu batu berukuran kecil yang ditaburkan di bawah trek rel, tepatnya di bawah, samping, dan sekitar bantalan rel (sleepers). Bahkan terkadang dijumpai bantalan rel yang “tenggelam” tertutup lapisan Ballast, sehingga hanya terlihat batang relnya saja. Fungsi lapisan Ballast adalah:

- a) untuk meredam getaran trek rel saat rangkaian Kereta Api melintas.
- b) menyebarkan axle load dari trek rel ke lapisan landasan di bawahnya, sehingga trek rel tidak ambles.

- c) menjaga trek rel agar tetap berada di tempatnya.
- d) sebagai lapisan yang mudah direlokasi untuk menyesuaikan dan meratakan ketinggian trek rel (Levelling).
- e) memperlancar proses drainase air hujan.
- f) mencegah tumbuhnya rumput yang dapat mengganggu drainase air hujan

Struktur ballast terdiri dari material granular dan diletakkan sebagai lapisan atas (atas) dari substruktur. Bahan balas yang baik berasal dari batuan yang miring, pecah, keras, rata, bebas debu, bebas kotoran, dan tidak rata (rentan). Namun pada kenyataannya klasifikasi butir di atas sulit untuk didapatkan/dipatuhi, sehingga masalah pemilihan material batu pecah yang layak secara ekonomi dan teknis terus menarik perhatian dalam kajian dan penelitian. Lapisan ballast digunakan untuk menahan gaya vertikal (angkat), lateral dan longitudinal yang bekerja pada bantalan, sehingga bantalan dapat menjaga jalur rel pada posisi yang diperlukan.

2.6.5 Lapisan Pondasi Bawah (*Subballast*)

Lapisan diantara lapisan balas dan lapisan tanah dasar adalah lapisan subbalas. Lapisan ini berfungsi sebagaimana lapisan balas, diantaranya mengurangi tekanan

di bawah balas sehingga dapat didistribusikan kepada lapisan tanah dasar sesuai dengan tingkatannya.

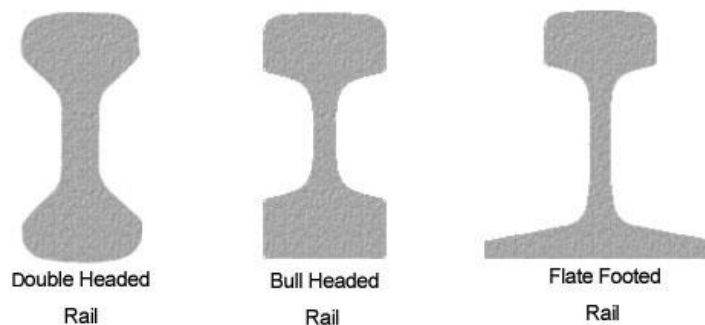
2.6.6 Lapisan Tanah Dasar (*Sugrade*)

Lapisan tanah dasar merupakan lapisan dasar pada struktur jalan rel yang akan dibangun terlebih dahulu. Fungsi utama dari tanah dasar adalah untuk membuat dasar yang stabil untuk lapisan ballast dan sub-ballast. Perilaku tanah dasar merupakan komponen yang sangat penting dari bangunan bawah, yang memegang peranan penting dalam hal sifat teknis dan pemeliharaan jalur kereta api.

2.7 Bentuk Dan Dimensi Rel Kereta

Bentuk rel didesain sedemikian rupa agar dapat menahan momen rel sehingga dibentuk sebagai batang. Dibagi berdasarkan bentuknya, rel terdiri atas 3 macam, yaitu :

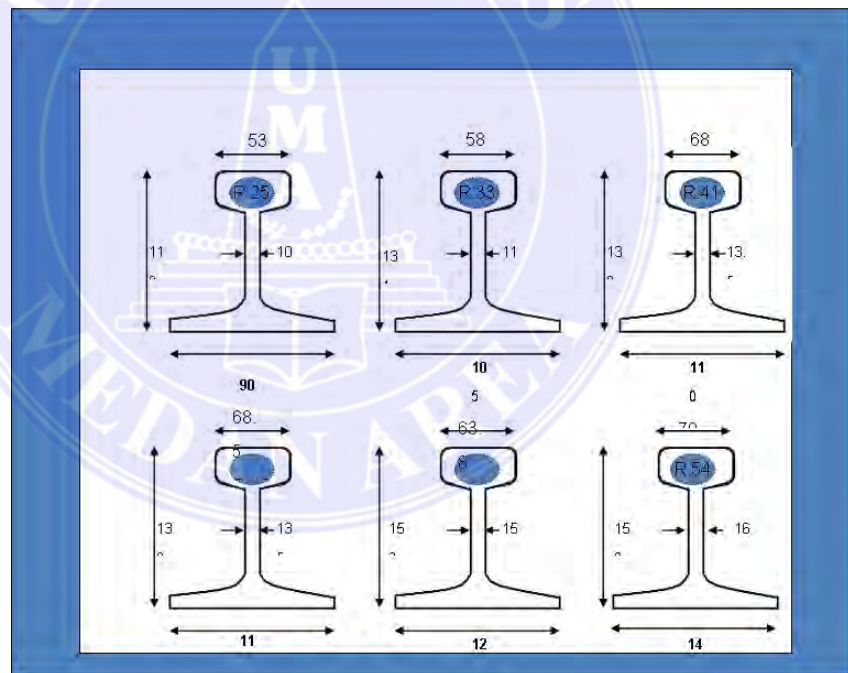
- Rel berkepala dua (*double bullhead rails*).
- Rel beralur (*grooved rails*).
- Rel Vignola (*flat bottom rails*).



Gambar 2.11 Tipe rel *double-headed*, *bull-headed* dan *flate footed*
Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)

Bagian – bagian rel dibagi menjadi tiga bagian, yaitu :

- Kepala Rel (*Head*) yang dirancang sesuai dengan bentuk permukaan bandasi roda untuk memperoleh kombinasi kualitas perjalanan yang baik dengan kontak minimum.
- Badan Rel (*Web*) yang dirancang untuk menghasilkan kuat geser yang cukup untuk melindungi kerusakan khususnya di sekitar lobang sambungan rel.
- Kaki Rel (*Foot*) yang dirancang untuk memberi kestabilan akibat guling dan bidang untuk penambat, dengan bidang dasar yang datar untuk distribusi beban yang merata ke bantalan.



Gambar 2.12 Ukuran dari tipe-tipe Rel
Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)

Rel yang digunakan di Indonesia menggunakan standar UIC dengan Standar: Rel 25 , Rel 33, Rel 42, Rel 44, Rel 52, Rel 54, dan Rel 60. Angka ini menunjukkan berat rel per 1 meter panjang.

2.8 Kriteria Struktur Jalan Rel Kereta

Ada lima kriteria penting yang harus diperhatikan dalam struktur jalan rel kereta api. Kriteria tersebut adalah sebagai berikut :

- Kekakuan (*Stiffness*)

Kekakuan struktur untuk menjaga deformasi vertikal dimana deformasi vertikal yang diakibatkan oleh distribusi beban lalu lintas kereta api merupakan indikator utama dari umur, kekuatan dan kualitas jalan rel. Deformasi vertikal yang berlebihan akan menyebabkan geometrik jalan rel tidak baik dan keausan yang besar diantara komponen - komponen struktur jalan rel.

- Elastisitas (*Elastic/Resilience*)

Elastisitas diperlukan untuk kenyamanan perjalanan kereta api untuk mencegah asroda dari patah, meredam gundukan, gundukan dan getaran vertikal. Jika struktur kereta api terlalu kaku, misalnya menggunakan pelat beton, pelat karet dapat digunakan di bawah kaki rel untuk memastikan elastisitas struktur.

- Ketahanan terhadap Deformasi Tetap

Deformasi vertikal yang berlebihan akan cenderung menjadi deformasi permanen, sehingga geometri perlintasan

rel(ketidakteraturan vertikal, horizontal dan torsional) tidak baik, yang pada akhirnya akan mengganggu kenyamanan dan keamanan.

- Stabilitas

Jalan rel yang stabil dapat mempertahankan struktur jalan pada posisi yang tetap/semula (vertikal dan horisontal) setelah pembebanan terjadi. Untuk ini diperlukan balas dengan mutu dan kepadatan yang baik, bantalan dengan penambatyang selalu terikat dan drainasi yang baik.

- Kemudahan untuk Pengaturan dan Pemeliharaan (*Adjustability*)

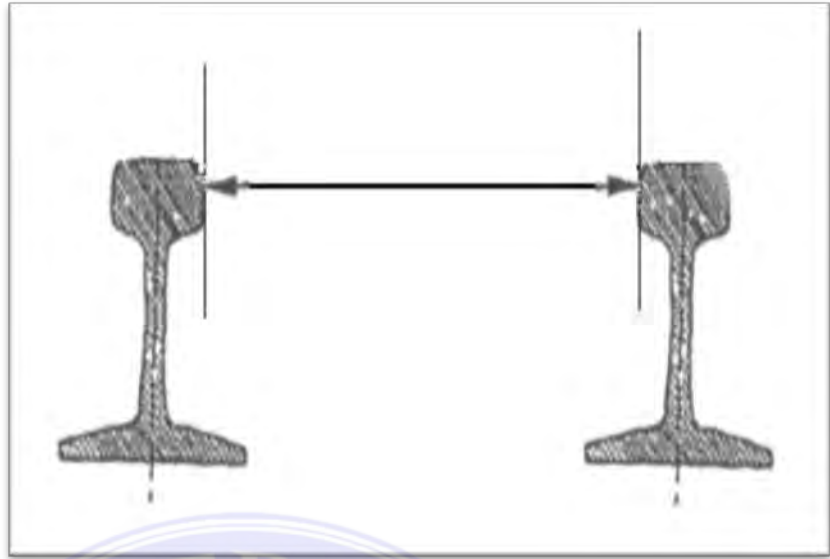
Perlintasan perkeretaapian harus memiliki karakteristik dan kemudahan dalam penataan dan perawatannya sehingga apabila terjadi perubahan geometri akibat beban operasi dapat kembali ke posisi geometrik dan struktur perkeretaapian yang benar.

2.9 Klasifikasi Jalan Rel

Secara umum jalan rel dibedakan menurut beberapa klasifikasi (menurut PD.10 Tahun 1986), antara lain :

1. Penggolongan menurut Lebar Sepur

Lebar sepur merupakan jarak terkecil diantara kedua sisi kepala rel, diukur pada daerah 0 – 14 mm di bawah permukaan teratas kepala rel.



Gambar 2.13 Ukuran Lebar Sepur pada Struktur Jalan Rel
Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)

- Sepur Standar (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. Sekurangnya 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 negaranegara 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
- standard gauge), lebar sepur 1435 mm, digunakan di negaranegara Eropa, Turki, Iran, USA dan Jepang.

- Sepur Lebar (broad gauge), lebar sepur > 1435 mm, digunakan pada negara Finlandia, Rusia (1524 mm), Spanyol, Pakistan, Portugal dan India (1676 mm).
- Sepur Sempit (narrow gauge), lebar sepur < 1435 mm, digunakan di negara Indonesia, Amerika Latin, Jepang, Afrika Selatan (1067 mm), Malaysia, Birma, Thailand, dan Kamboja (1000 mm).

Tabel 2.3 Lebar Sepur

lebar sepur (mm)	Digunakan dinegara	Kelompok
1067	Indonesia, Jepang, Australia, Afrika Selatan	Sepur Sempit
1435	Amerika, Jepang, beberapa negara Eropa, Turki, Iran	Sepur Standar
1672	Spanyol, Portugal, Argentina	Sepur Lebar
1676	India	Sepur Lebar
1524	Rusia, Finlandia	Sepur Lebar
762	India	Sepur Sempit
1000	Myanmar, Thailand, Malaysia, India	Sepur Sempit

Sumber : Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)

Catatan :

- Lebar sepur 1000 mm disebut juga *Metre Gauge*.
- Lebar sepur 1067 mm disebut juga *Cape Gauge*.

Tabel 2.4 Klasifikasi standar jalan rel

Klasifikasi Jalan KA	Pasing Ton Tahunan (Juta Ton)	Perencanaan Kecepatan Ka Maksimum Vmax (Km/Jam)	Tekanan Gandar Pmax (Ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan Jarak Antar Sumbu Bantalan (cm)	Tipe Alat Penambat	Tebal Balas dibawah Bantalan (cm)	Lebar Bahu Balast (cm)
1	>20	120	18	R.60/ R54	Beton - 60	BG	30	50
2	10 - 20	110	18	R.54/ R50	Beton/ Kayu - 60	BG	30	50
3	5 - 10	100	18	R.54/ R50/ R.42	Beton/ Kayu/ Baja - 60	BG	30	40
4	2,5 - 5	90	18	R.54/ R50/ R.42	Beton/ Kayu/ Baja - 60	BG/ ET	25	40
5	<2,5	80	18	R.42	Kayu/ Baja - 60	ET	25	35

Sumber: Hapsoro, Suryo. 2009

2. Penggolongan Kelas Jalan Rel menurut Kecepatan Maksimum yang diijinkan untuk Indonesia. Menurut Utomo (2009), sebelum menjelaskan kecepatan maksimum, perlu dijelaskan bahwa 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 geometrik jalan.
- b. Kecepatan maksimum (maximum speed), yaitu kecepatan tertinggi yang diijinkan dalam operasi suatu rangkaian kereta api pada suatu lintas.
- c. Kecepatan operasi (operational speed), ialah kecepatan rata-rata kereta api pada petak jalan tertentu.

d. Kecepatan komersial (Commercial speed), merupakan kecepatan yang dijual kepada konsumen. Kecepatan komersial ini diperoleh dengan cara membagi jarak tempuh dengan kecepatan (V) maksimum kereta api yang diijinkan dengan kelas jalan rel.

Penggolongan kelas jalan rel kereta api di Indonesia, yaitu :

- Kelas Jalan I : 120 km/jam
- Kelas Jalan II : 110 km/jam
- Kelas Jalan III : 100 km/jam
- Kelas Jalan IV : 90 km/jam
- Kelas Jalan V : 80 km/jam

Tipe rel sendiri masing - masing kelas jalan tercantum pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.5 Kelas Jalan Berdasarkan Tipe Rel

Kelas Jalan	Tipe Rel
I	R. 60 / R. 54
II	R. 54 / R. 50
III	R. 54 / R. 50 / R. 42
IV	R. 54 / R. 50 / R. 42

Sumber: Hapsoro, Suryo. 2009

3. Klasifikasi kelas perkeretaapian menurut kapasitas lalu lintas perkeretaapian (juta ton/tahun) yang diperbolehkan untuk Indonesia.

Penggolongan ini dijelaskan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.6 Kelas Jalan Rel menurut Daya Lintas Kereta Api

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (dalam 10^6 x Ton/Tahun)
I	>20
II	10 – 20
III	5 – 10
IV	2,5 – 5
V	<2,5

Sumber: Hapsoro, Suryo. 2009

Menurut panjangnya rel dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

- a. Rel standar adalah rel yang panjangnya 25 meter.
- b. Rel pendek adalah rel yang panjangnya maksimal 100 meter.
- c. Rel panjang adalah rel yang panjang minimumnya tercantum pada tabel berikut :

Tabel 2.7 Panjang Minimum bantalan Untuk Rel Panjang

Jenis Bantalan	Tipe Rel			
	R. 42	R. 50	R. 54	R. 60
Kayu	325 m	375 m	400 m	450 m
Beton	200 m	225 m	250 m	275 m

Sumber: Hapsoro, Suryo. 2009

4. Penggolongan berdasarkan Kelandaian (tanjakan) Jalan

- Lintas Datar : kelandaian 0 - 10 %
- Lintas Pegunungan : kelandaian 10 - 40 %
- Lintas dengan rel gigi : kelandaian 40 - 80 %
- Kelandaian di emplasemen : kelandaian 0 s.d. 1,5 %

5. Penggolongan menurut Jumlah Jalur

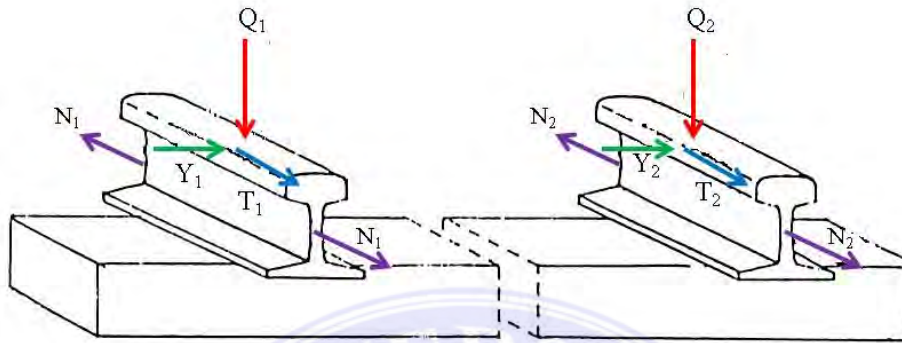
- Jalur Tunggal : jumlah jalur di lintas bebas hanya satu, diperuntukkan untuk melayani arus lalu lintas angkutan jalan rel dari 2 arah.
- Jalur Ganda : jumlah jalur di lintas bebas >1 (2 arah) dimana masing-masing jalur hanya diperuntukkan untuk melayani arus lalu lintas angkutan jalan rel dari 1 arah.

2.10 Pembebanan dan Gaya

Pembebanan dan pergerakan kereta api di atas struktur jalan rel menimbulkan berbagai gaya pada rel. Prinsipnya, jalan rel KA harus dapat mentransfer tekanan yang diterimanya dengan baik yang berupa beban berat (axle load) dari rangkaian KA melintas. Dalam arti, jalan rel KA harus tetap kokoh ketika dilewati rangkaian KA, sehingga rangkaian KA dapat melintas dengan cepat, aman, dan nyaman.

Roda-roda KA yang melintas akan memberikan tekanan berupa beban berat (axle load) ke permukaan trek rel. Oleh batang rel (rails) tekanan tersebut diteruskan ke bantalan (sleepers) yang ada dibawahnya. Lalu, dari bantalan akan diteruskan ke lapisan ballast dan sub-ballast di sekitarnya.

Oleh lapisan ballast, tekanan dari bantalan ini akan disebar ke seluruh permukaan tanah disekitarnya, untuk mencegah amblesnya trek rel Gaya-gaya tersebut diantaranya gaya vertical.



Gambar 2.15 Gaya yang bekerja pada rel
Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)

A. Gaya vertical

Gaya ini merupakan beban yang paling dominan pada struktur perkeretaapian. Gaya vertikal menyebabkan defleksi vertikal, yang merupakan indikator terbaik untuk menentukan kualitas, kekuatan dan umur kereta api. Secara global, tingkat gaya vertikal dipengaruhi oleh pemuatan lokomotif, kereta api, dan gerbong.

- Gaya Lokomotif

Jenis lokomotif akan menentukan jumlah bogie dan gandar yang akan mempengaruhi berat beban gandar di atas rel yang dihasilkannya.

- Gaya kereta

Karakteristik beban kereta dipengaruhi oleh jumlah bogie dan gandar yang digunakan. Selain itu, faktor kenyamanan

penumpang dan kecepatan (faktor dinamis) mempengaruhi beban yang dihasilkan.

- Gaya gerbong

Prinsip pembebanan pada gerbong adalah sama dengan lokomotif dan kereta. Meskipun demikian, kapasitas muatan gerbong sebagai angkutan barang perlu diperhatikan dalam perencanaan beban.

Perhitungan gaya vertikal yang ditimbulkan oleh beban gandar lokomotif, kereta api dan gerbong merupakan beban statis, sedangkan pada kenyataannya beban yang terjadi pada struktur perkeretaapian merupakan beban dinamis yang dipengaruhi oleh faktor aerodinamis (hambatan udara dan beban angin), kondisi geometrik dan kecepatan gerak deret kereta api. Oleh karena itu, perlu mengubah gaya statis menjadi gaya dinamis untuk merancang beban yang lebih realistis. Persamaan TALBOT (1918) memberikan transformasi gaya dalam bentuk faktor pengali dinamis sebagai berikut :

$$I_p = 1 + 0,01 \left(\frac{v}{1,609} - 5 \right).$$

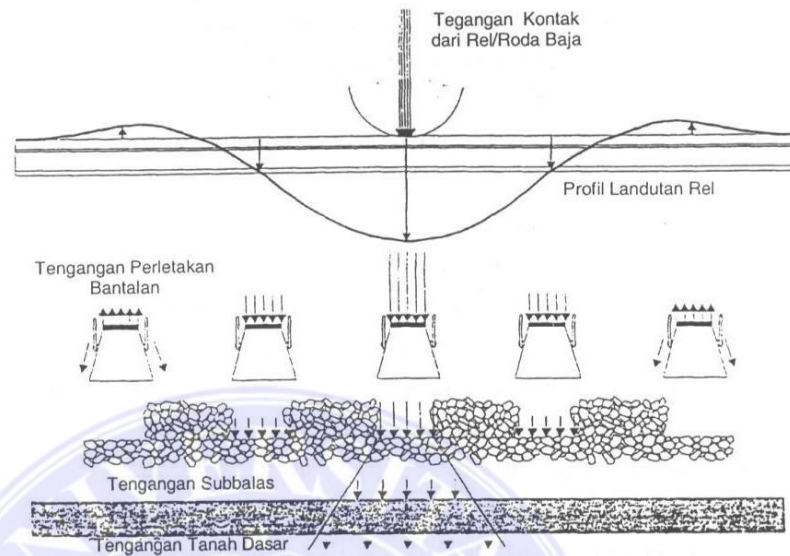
Dimana:

I_p : faktor dinamis

P_d : beban dinamis

P_s : beban static gandar

Berikut merupakan gambar gaya beban yang berkerja pada rel.



Gambar 2.16 Beban pada rel
Sumber: (P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015)

B. Tegangan Ijin

Tegangan ijin yang diijinkan tergantung pada kualitas jalan rel yang digunakan. Untuk merencanakan ukuran rel yang akan digunakan, Perumka (Perusahaan Kereta Api) Indonesia menggunakan dasar kelas jalan untuk menentukan tegangan ijin. Tabel berikut menjelaskan tegangan ijin untuk setiap kelas jalan dan tegangan dasar rel kereta api untuk menghitung dimensi lajur.

Tabel 2.8 Tegangan ijin profil rel berdasarkan kelas jalan di Indonesia

Kelas jalan	Daya Angkut Lintas (Juta Ton/Tahun)	Kecepatan Rencana (KPJ)	Beban Gandar (Ton)	Beban Roda Dinamis (Kg)	Jenis Rel	Tegangan Ijin (Kg/ Cm ²)
I	> 20	150	18	19940	R 60 R 54	1325
II	10-20	140	18	16241	R 54 R 50	1325
III	5 - 10	125	18	15542	R 54 R 50 R 42	1663
IV	2,5 - 5	115	18	14843	R 54 R 50 R 42	1843
V	> 2,5	100	18	14144	R 42	2000

Sumber: P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015

C. Parameter Perhitungan Dimensi Rel

Ketika menghitung desain dimensi rel, konsep "balok pada pondasi elastis" digunakan, yaitu beban berdasarkan teori balok pada tumpuan elastis. Intinya, beban untuk roda tunggal dengan jarak roda saat ini hampir tidak ada. Sebagian besar roda digabungkan dalam bogie dengan 2 atau 3 roda. Oleh karena itu, akan terjadi pengurangan momen maksimum yang terjadi pada titik di bawah beban roda akibat tumpang tindih dan konfigurasi roda. Untuk mengurangi perhitungan momen akibat konfigurasi roda 4 (BB) dan 6 (CC) digunakan persamaan sebagai berikut :

a. Gaya lokomotif :

- Berat Lokomotif (W_{lok})
- Gaya berat pada bogie (P_{bogie}) : $\frac{W_{lok}}{2}$
- Gaya pada gandar ($P_{gandar} = P_g$) : $\frac{P_b}{2}$
- Gaya pada roda statis ($P_{statis} = P_s$) : $\frac{P_g}{2}$

b. Analisa faktor reduksi/ pengurangan

- $\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI\kappa}}$

c. Analisa momen maksimum

- Konfigurasi roda 4 (BB) : $M_a = 0,75 \frac{P_d}{4\lambda}$
- Konfigurasi roda 6 (CC) : $M_a = 0,82 \frac{P_d}{4\lambda}$

d. Analisa tegangan ijin

- $\sigma = \frac{M \kappa y}{I\kappa}$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah metode ilmiah untuk mencari dan memperoleh data yang berkaitan dengan tata cara pelaksanaan penelitian dan teknis penelitian. Proses perencanaan untuk melakukan investigasi membutuhkan analisa yang cermat. Semakin kompleks masalahnya, semakin kompleks analisisnya. Analisis yang baik membutuhkan data atau informasi yang lengkap dan akurat, dilengkapi dengan teori atau konsep dasar yang terkait. Metode penelitian yang digunakan antara lain.

- **Metode Survei**

Metode survei merupakan pengamatan secara langsung melihat keadaan yang sebenarnya di tempat penelitian. Untuk memahami situasi yang ada dilapangan, hal ini perlu dilakukan, agar tidak terjadi kesalahan dalam penilaian dan perancangan.

- **Metode Studi Literatur**

Metode studi literatur diperlukan sebagai referensi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini, yang diperoleh dari buku-buku, pendapat dan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Pekerjaan yang dilaksanakan jalur rel terdiri dari 10,5 km. Adapun petunjuk gambar lokasi proyek adalah :



Gambar 3.1 Lokasi Sumber
Sumber: PT. Karya Alriz Utama.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 12 (dua belas) bulan yang dimulai sejak 14 Oktober 2020 s.d. September 2021 dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 3.1 waktu penelitian

No	Kegiatan	Bulan Ke					
		1	2	3	4	5	6
1	Survey Awal Dan Penentuan Lokasi	14 Oktober 2020					
2	Penyusunan Proposal		15 Oktober 2020	17 Desember 2020			
3	Seminar Proposal			07 Januari 2021			
4	Pelaksanaan Penelitian			19 Februari 2021	20 Mei 2021		
5	Pengolahan Data, Analisis, Dan Penyusunan Skripsi				22 Mei 2021	Sep- 21	
6	Seminar Hasil						Sep- 21

3.3 Jenis dan Sumber Data

3.3.1 Jenis Data

Terdapat dua jenis data penelitian yaitu data primer dan data sekunder. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Data Primer

Data primer adalah data yang berasal dari sumber asli, yang diperoleh langsung dari objek penelitian yaitu proyek pengawasan peningkatan jalur Kereta api Medan Binjai. Data primer untuk penelitian ini diperoleh melalui daftar pertanyaan dari survey lapangan yang merupakan alat untuk mengumpulkan data saat bepergian dengan bertanya kepada pemimpin proyek..

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari sumbernya. Data tersebut diperoleh melalui alat penelitian berupa dokumen-dokumen yang diperoleh PT. Karya Alriz Utama.

3.3.2 Sumber Data

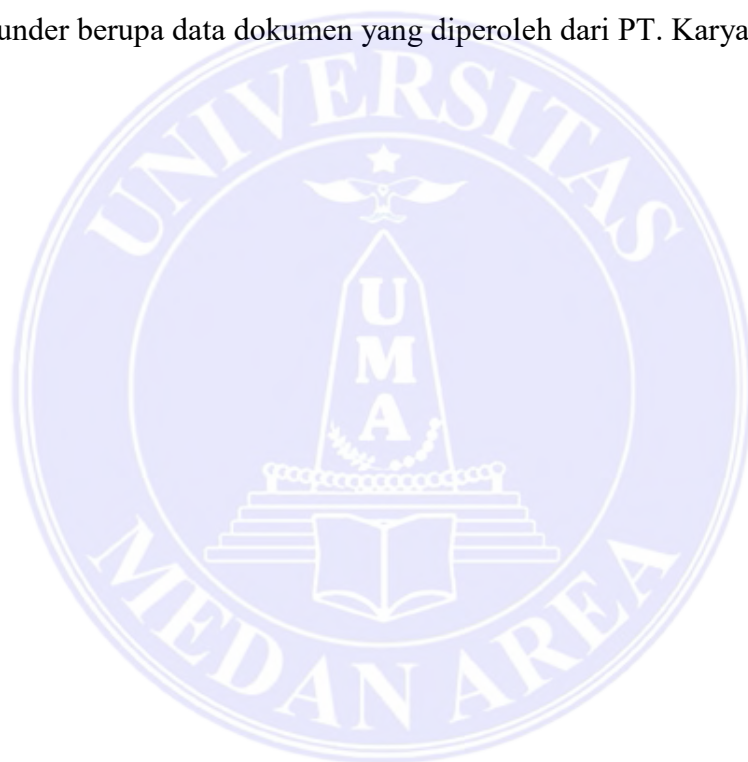
Sumber data adalah data primer dan data sekunder yang diperoleh dari subjek pemeriksaan yaitu dokumen PT. Karya Alriz Utama.

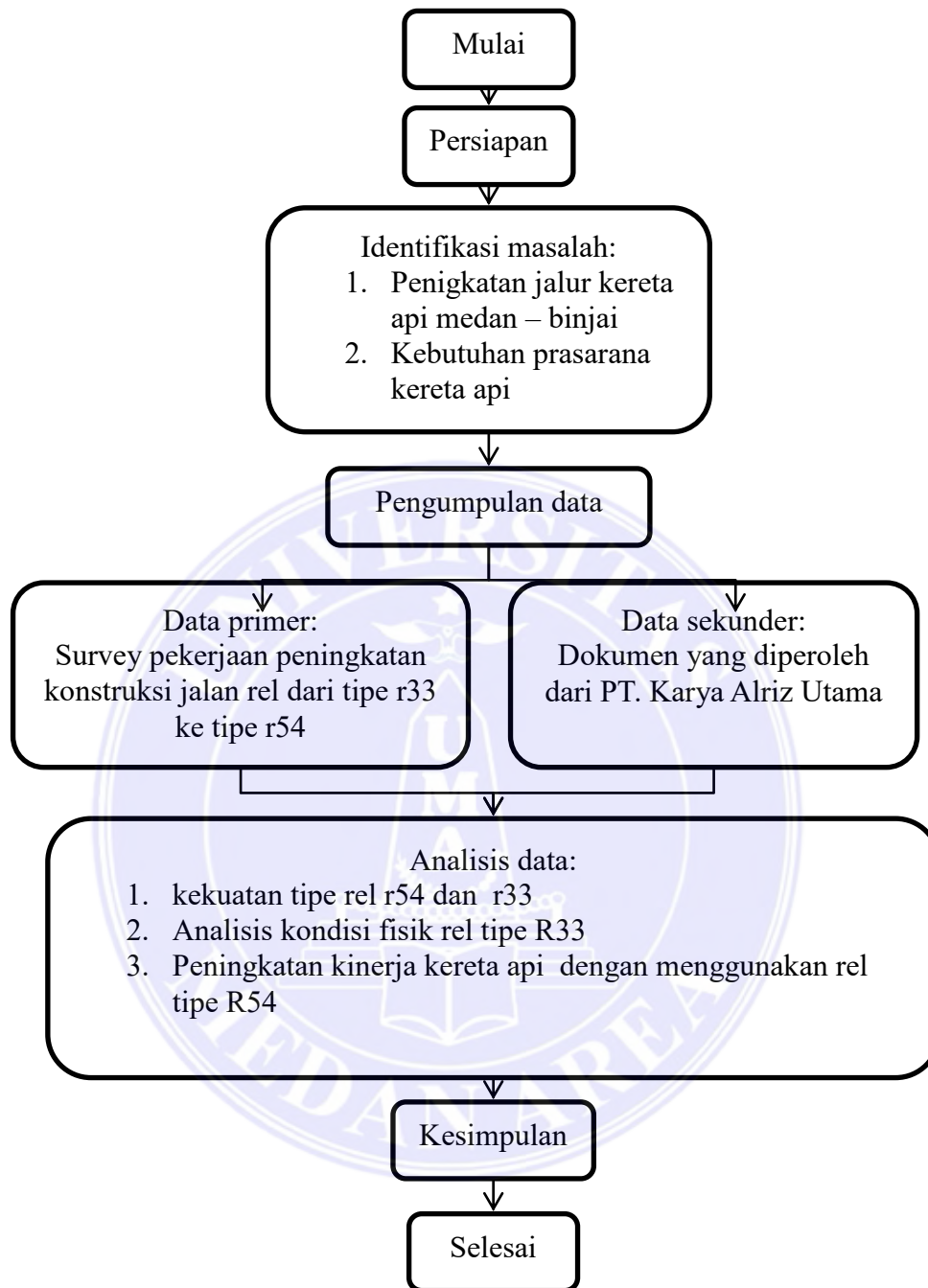
3.4 Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan penulis dalam penelitian ini diperoleh melalui Metode Survey, yaitu metode pengumpulan data primer dan sekunder.

3.5 Teknik Analisis Data Penelitian

Teknik analisis data yang digunakan adalah dengan membandingkan kekurangan, kelebihan, serta alasan mengapa rel sebelumnya yaitu rel tipe R33 diganti dengan rel tipe R54. Perbandingan tersebut dilakukan dengan membandingkan data primer yang di dapat pada saat penelitian berlangsung dilapangan dari hasil pertanyaan yang di ajukan kepada pengawas poyek dengan data sekunder berupa data dokumen yang diperoleh dari PT. Karya Alriz Utama.





Gambar 3.2 Bagan alir penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka yang menjadi kesimpulan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Perbandingan yang dirasakan peneliti pada saat naik kereta api pada rel tipe R33 dengan tipe R54 yaitu pada kecepatannya. Perbedaan disebabkan karena dimensi rel berbeda, R33 dengan dimensi kecil mempunyai syarat kecepatan maximum 70 km/ jam, sedangkan pada R54, kecepatan maximum yang diijinkan yaitu sebesar 120 km/ jam. Hal ini sesuai dengan literature ketetapan peraturan menteri perhubungan no.12 tahun 2012.
2. Berdasarkan perhitungan dari peraturan dinas no 10 tahun 1986, tegangan ijin pada rel tersebut memenuhi persyaratan dengan kecepatan rencana yang disesuaikan. Sehingga pergantian rel keretaapi dari tipe R33 menjadi R54 dinyatakan aman.
3. Pengaruh dari perbedaan dimensi rel R33 dengan R54 adalah pada kekuatan perhitungan pembebanan, sehingga mempengaruhi kinerja kereta api dalam hal kecepatan yang diizinkan.
4. Semakin besar tipe rel, maka semakin besar pula dimensi dari batang rel tersebut. Hal ini menyebabkan meningkatnya kapasitas kecepatan untuk kereta api sesuai dengan ijin yang ada.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hal-hal yang disarankan adalah sebagai berikut :

1. Dalam analisis tugas akhir ini hanya membandingkan perbedaan tipe rel R33 dengan R54. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan membahas konstruksi bagian bawah rel, umur rencana rel, spesifik pada wesel dan lainnya mengingat pentingnya pembahasan tentang konstruksi perlintasan kereta api.
2. Perhitungan dilakukan hanya berdasarkan pada literatur peraturan dinas no. 10 tahun 1986 dan peraturan menteri perhubungan no.12 tahun 2012 dan beberapa sumber lainnya. Untuk penelitian selanjutnya mungkin bisa menggunakan referensi dari Indonesia, luar negeri, dan lainnya.
3. Peningkatan jalur kereta api Medan - Binjai dalam bentuk kegiatan pergantian jenis rel dari tipe R33 ke R54 layak dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Wahyu Tamtomo. 2019. Kajian Umur Jalan Rel Berdasarkan Keausan Dengan Metode Dari Area Dan Perjana. *Perkeretaapian Indonesia*, 3(2), 1 - 13.
- Adriyansyah. 2015. *Manajemen Transportasi Dalam Kajian dan Teori*. Jakarta Pusat: Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Prof. Dr. Moestopo Beragama.
- Balaik Teknik Perkeretaapian Sumatera Bagian Utara – Direktorat Jendral Perkeretaapian – Kementrian Perhubungan. 2019. *Rencana Strategis Balai Teknik Perkeretaapian*.
- Direktorat Jenderal Perkeretaapian Nasional – Kementerian Perhubungan. 2018. *Review Rencana Induk Perkeretaapian Nasional*.
- Dwiwandonoa, Robby, Leksono Firmansyaha, Satrio Herbirowob, M Yunan Hasbib, dan Fatayalkadri Citrawatib. 2017. Analisa Strukturmikro dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Mekanis Batangan Rel Tipe R54. *Metalurgi*, 32(2), 67 – 76.
- Kristian, Yusup dan Roesdiana, Tira. 2016. Analisis Kerusakan Jalan Rel Wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tanjung Berdasarkan Hasil Kereta Ukur. *Konstruksi*, 5(1), 1 - 16.
- Peraturan Dinas (PD) no 10. 1986 PT.KERETA API INDONESIA (Persero), Bandung.
- Peraturan Menteri (PM) Perhubungan Republik Indonesia. 2012. *Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*, Jakarta.

P. Rosyidi, Sri Atmaja. 2015. *Rekayasa Jalan Kereta Api*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian, Publikasi & Pengabdian Masyarakat (LP3M) dan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tri Utomo, Suryo Hapsoro. 2006. *Jalan Rel*. Yogyakarta: Beta Offset.

Wahab, Wilton dan Afriyani, Sicilia. 2017. Analisis Kelayakan Konstruksi Bagian Atas Jalan Reldalam Kegiatan Revitalisasi Jalur Kereta Api Lubuk Alung-Kayu Tanam (Km 39,699-Km 60,038). *Teknik Sipil ITP*, 4(2), 1 - 8.





UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBSI Nomor 1 ☎(061) 7366878, 7360168, 7364348, 7366781, Fax (061) 7366998 Medan 20223
Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A, ☎(061) 8225602, Fax. (061) 8226331 Medan 20122
Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 225/FT.1/01.10/IX/2021

13 September 2021

Lamp : -

Hal : Perpanjangan SK Pembimbing Tugas Akhir

Yth. Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Nurmaidah, MT

Ir. Suranto, MT

di

Tempat

Dengan hormat,

Sehubungan telah berakhirnya waktu masa berlaku SK pembimbing nomor 021/FT.1/01.10/II/2021 tertanggal 15 Februari 2021 maka perlu diterbitkan kembali SK Pembimbing Skripsi baru atas nama mahasiswa berikut :

N a m a : Said Yasir Husein

N P M : 178110152

Jurusan : Teknik Sipil

Oleh karena itu kami mengharapkan kesediaan saudara :

1. Ir. Nurmaidah, MT

(Sebagai Pembimbing I)

2. Ir. Suranto, MT

(Sebagai Pembimbing II)

Adapun Tugas Akhir Skripsi berjudul :

“Analisis Perbandingan Rel Tipe R33 dengan Tipe R54 dan Pengaruh terhadap Kinerja Kereta Api (Studi Kasus: Jalur Kereta Api Medan-Binjai)”

SK Pembimbing ini berlaku selama enam bulan terhitung sejak SK ini diterbitkan. Jika proses pembimbing melebihi batas waktu yang telah ditetapkan, SK ini dapat ditinjau ulang.

Demikian kami sampaikan, atas kesediaan saudara diucapkan terima kasih.



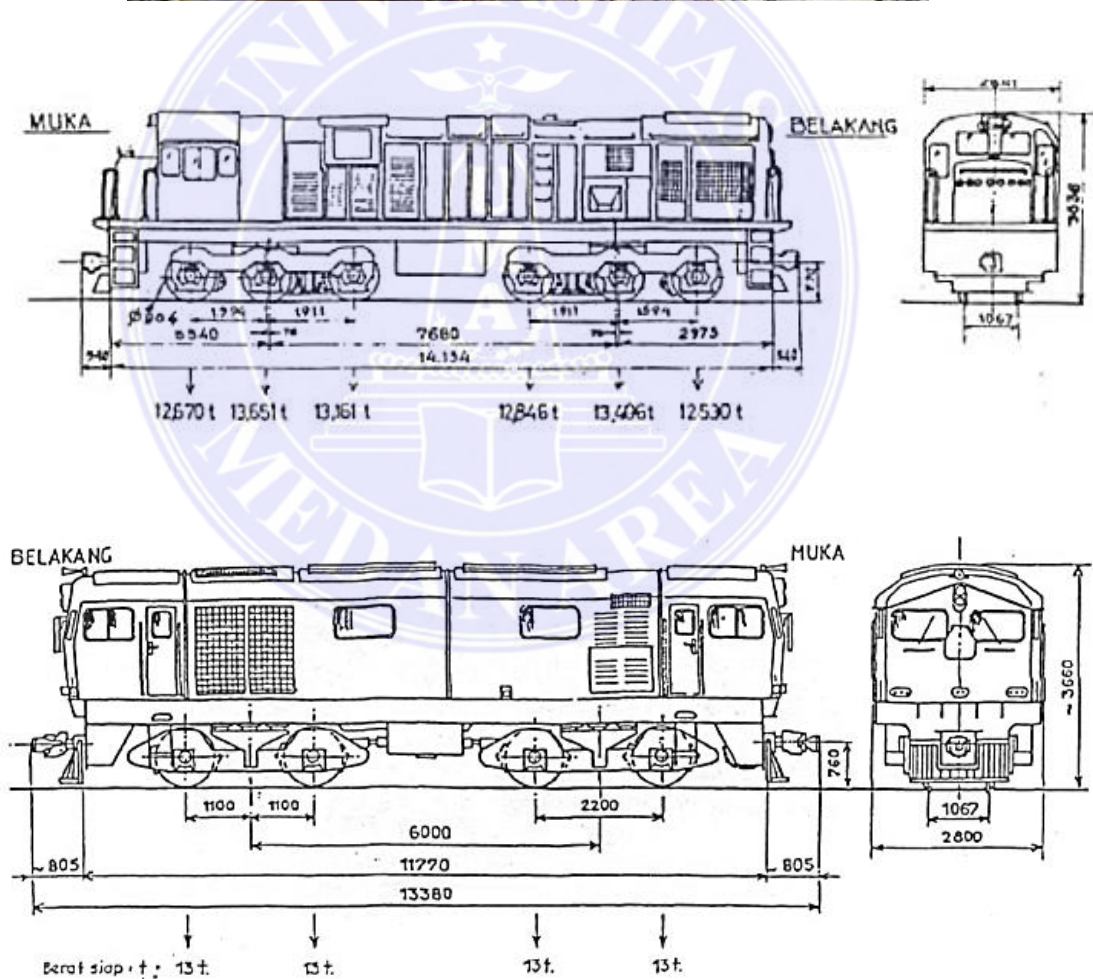
Dekan,

Dr. Ir. Dina Maizana, MT

LAMPIRAN







Lokomotif BB.301 51 - 301 55 ⁽⁶⁾