

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN CARA PEKERJAAN PENGGANTIAN BANTALAN BETON DAN REL R.42 MENJADI R.54 DALAM PEKERJAAN TRACK LAYING PADA PROYEK PENINGKATAN JALUR K.A LINTAS KISARAN – RANTAU PARAPAT (Studi Kasus)

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

Disusun Oleh:

LUTHFI MUHAR FANSURY SIREGAR
2107210207P



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA MEDAN
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Luthfi Muhar Fansury Siregar
NPM : 2107210207P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perbandingan Cara Perkerjaan Penggantian Bantalan Beton dan Rel R 42 Menjadi R54 Dalam Pekerjaan Track Laying Pada Proyek Peningkatan Jalur KA Lintas Kisaran – Rnatau Prapat

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 16 Maret 2023

Dosen Pembimbing



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Luthfi Muhar Fansury Siregar
NPM : 2107210207P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perbandingan Cara PerkerjaanPenggantian Bantalan
Beton dan Rel R 42 Menjadi R54 Dalam Pekerjaan Track
Laying Pada Proyek Peningkatan Jalur KA Lintas Kisaran
– Rantau Prapat
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, 16 Maret 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I



Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD

Dosen Penguji II



Rizki Efrida, S.T, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Luthfi Muhar Fansury Siregar

Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 10 April 2000

NPM : 2107210207P

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisis Penggunaan Rel Pada Proyek Peningkatan Jalur Kereta Api Lintas Kisaran - Rantau Prapat Segmen Kisaran – Mambang Muda (Studi Kasus) “

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

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

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

Medan, 16 Maret 2023

Saya yang menyatakan,



Luthfi Muhar Fansury Siregar

ABSTRAK

PERBANDINGAN CARA PEKERJAAN PENGGANTIAN BANTALAN BETON DAN REL R.42 MENJADI R.54 DALAM PEKERJAAN TRACK LAYING PADA PROYEK PENINGKATAN JALUR K.A LINTAS KISARAN – RANTAU PARAPAT

Luthfi Muhar Fansury Siregar
2107210207P

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

Transportasi memiliki peranan yang sangat penting dalam jaringan pelayanan mobilitas penumpang yang berkembang secara dinamis. Angkutan kereta api merupakan transportasi massal di Indonesia yang memiliki beberapa keunggulan, antara lain mengangkut penumpang dengan jumlah besar, hemat lahan dan rendah polusi, serta tingkat keselamatan yang tinggi. Untuk mewujudkan kondisi prasarana (jalan rel) yang baik dan handal, maka perlu dilakukan perawatan dengan baik dan benar secara rutin agar tetap dapat dilalui kereta api ivamaguchiiivn, nyaman sesuai dengan kecepatan dan tekanan gandar yang telah ditentukan, sehingga dengan kondisi prasarana yang baik dan handal diharapkan dapat terwujudnya peningkatan keselamatan dan keamanan perkeretaapian. Salah satu solusi yang diberikan oleh Kementerian perhubungan dalam mewujudkan kondisi prasarana (jalan rel) yang baik dan handal adalah Meningkatkan jalur rel kereta api dari rel R.42 menjadi rel R.54 agar kecepatan kereta api bertambah. Berdasarkan permenhub Nomor PM.60 Tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api diterangkan bahwa rel R.54 dapat menjadikan kecepatan kereta api semakin efisien yaitu pada kecepatan 100 km/jam. Berdasarkan latar belakang tersebut tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah Untuk mengetahui perbandingan cara pekerjaan track laying antar setiap paket pekerjaan pada proyek peningkatan jalur Kereta Api lintas Kisaran – Rantau parapat mengetahui cara kerja yang efisien dan kecepatan waktu dalam bekerja. Perbedaan cara kerja track laying pada lokasi pekerjaan PKM 1 dan PKM 2 terdapat pada alat yang digunakan yaitu Yamaguchi dan Linggis sebagai alat yang berfungsi untuk menggeser / memindahkan rel serta Pekerjaan rel juga diikuti dengan penggantian bantalan. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan. Pekerjaan track laying pada PKM 1 dapat mengganti rel sepanjang 1000 m sebanyak 40 rel dengan berat 54 ton. Sedangkan PKM 2 sepanjang 875 m sebanyak 35 rel dengan berat 47,25 ton dan PKM 1 lebih besar di bandingkan PKM 2 pada waktu dan jumlah pekerja yang sama. Maka dari itu pekerjaan lebih cepat selesai dengan menggunakan cara kerja PKM 1 yaitu dengan alat ivamaguchi.

Kata Kunci: Rel, Bantalan, Perbandingan, Kereta Api.

ABSTRACT
**THE COMPARISON OF WORK METHODS FOR REPLACING CONCRETE
BEARINGS AND R.45 TRACKS WITH R.54 TRACKS IN TRACK LAYING WORK
FOR THE PROJECT TO UPGRADE THE RAILWAY TRACK FROM KISARAN TO
RANTAU PARAPAT**

Luthfi Muhar Fansury Siregar
2107210207P
Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

Transportation plays a very important role in the dynamic development of passenger mobility services. Rail transportation is a mass transportation mode in Indonesia that has several advantages, including the ability to carry a large number of passengers, being land-efficient and low-polluting, as well as having a high level of safety. To achieve good and reliable infrastructure conditions (railway tracks), proper and regular maintenance is necessary to ensure that trains can pass through safely, comfortably, and at the designated speed and axle pressure. With good and reliable infrastructure conditions, it is expected that railway safety and security will be improved. One solution provided by the Ministry of Transportation to achieve good and reliable infrastructure conditions is to upgrade the railway tracks from R.42 to R.54 to increase train speed. Based on the Ministry of Transportation Regulation No. PM.60 of 2012 concerning technical requirements for railway tracks, it is stated that R.54 tracks can make train speeds more efficient, up to 100 km/h. Based on this background, the purpose of this thesis is to determine the comparison of track laying methods among each work package in the project to upgrade the railway track from Kisaran to Rantau Parapat, to identify the most efficient work method and time-saving in the work process. The difference in track laying methods at the PKM 1 and PKM 2 work locations lies in the equipment used, which is the Yamaguchi and Linggis tools that function to shift/move the track, and track work is also accompanied by the replacement of bearings. Based on the observations made, the track laying work at PKM 1 can replace 40 tracks with a weight of 54 tons along a 1000 m length, while at PKM 2, it can replace 35 tracks with a weight of 47.25 tons along an 875 m length. PKM 1 is larger than PKM 2 in terms of both time and the number of workers. Therefore, the work is completed faster using the PKM 1 method, which utilizes the Yamaguchi tool

Keywords: Rail, Load, Comparison, Train.

KATA PENGANTAR



Assalamu'Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabil'alamin, 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 "Perbandingan Cara PerkerjaanPenggantian Bantalan Beton dan Rel R 42 Menjadi R54 Dalam Pekerjaan Track Laying Pada Proyek Peningkatan Jalur KA Lintas Kisaran – Rnatau Prapat" sebagai syarat untuk meraih gelar akademikSarjana 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. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc selaku Dosen Pembimbing I sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD selaku Dosen Pembanding I yang telah yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida,ST., M.T selaku Dosen Pembanding II sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar- besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin.

Wassalamu'Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 16 Maret 2023



Luthfi Muhar Fansury Siregar

DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Transportasi	5
2.1.1. Peran dan Tujuan Transportasi	6
2.2. Kereta Api	6
2.3. Jalan Rel	7
2.4. Struktur Jalan Rel Kereta Api	8
2.4.1. Rel	15
2.4.1.1. Tipe dan Karakteristik Rel	16
2.4.1.2. Jenis Rel	17
2.4.2. Penambat Rel	18

2.4.2.1. Pertimbangan dalam Penggunaan Penambat	18
2.4.2.2. Jenis Penambat Rel	20
2.4.3. Bantalan	23
2.4.4. Ballast	24
2.4.5. Sub Ballast	26
2.4.6. Tanah Dasar	27
2.5. Penelitian Terdahulu	28
2.5.1. Studi Kasus Sistem Pemeliharaan Rel Kereta Api Koridor Palang Parasamia - Jembatan Sungai Piring	28
2.5.2. Metode Kerja Penggantian Jembatan Jalan Kereta Api Antara Padang-Tabing-Duku Lintas Teluk Bayur-Sawahlunto	29
2.5.3. Kajian Umur Jalan Rel Berdasarkan Keausan Dengan Metode Dari Area Dan Perjana	30
BAB 3 METODE PENELITIAN	31
3.1. Informasi Proyek	31
3.2. Diagram Alir Penelitian	32
3.3. Alat – Alat yang Digunakan	33
3.4. Metode Kerja	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Gambaran Umum Proyek	37
4.2. Alat pada Track Laying sesuai Lokasi Pekerjaan	37
4.2.1. Pekerjaan Kisaran Mambang Muda (PKM 1)	37
4.2.2. Pekerjaan Kisaran Mambang Muda (PKM 2)	38
4.3. Metode Kerja Track Laying	39
4.4. Analisis Perhitungan	42
4.4.1. Pekerjaan Kisaran – Mambang Muda (PKM 1)	42
4.4.2. Pekerjaan Kisaran – Mambang Muda (PKM 2)	45
4.5. Perbandingan Hasil Pekerjaan PKM 1 dan PKM 2	48

BAB 5 KESIMPILAN DAN SARAN	50
5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kecepatan maksimum sesuai kelas jalan rel	12
Tabel 2.2. Daya lintas yang diijinkan untuk lebar sepur 1067 mm	12
Tabel 2.3. Daya angkut lintas diijinkan untuk lebar sepur 1067 mm	13
Tabel 2.4. Klasifikasi jalan berdasarkan landai penentuan maksimum	14
Tabel 2.5. Tipe rel pada jalan rel	16
Tabel 2.6. Karakteristik rel	17
Tabel 2.7. Panjang Minimum rel Panjang	18
Tabel 2.8. Penggunaan alat penambat elastik sesuai kelas jalan	21
Tabel 2.9. Kemiringan permukaan bawah kepala rel dan permukaan atas kaki rel	22
Tabel 2.10. Spesifikasi tebal ballast dari klasifikasi jalan rel Indonesia untuk sepur lebar	25
Tabel 2.11. Spesifikasi tebal ballast dari klasifikasi jalan rel Indonesia untuk sepur sempit	25
Tabel 2.12. Persyaratan gradasi untuk material ballast	26
Tabel 4.1. Data Perbandingan PKM 1 dan PKM 2	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konstruksi jalan rel	9
Gambar 2.2. Komponen penyusun jalan rel	9
Gambar 2.3. Contoh potongan jalan rel pada struktur galian dan timbunan	10
Gambar 2.4. Ukuran lebar sepur pada struktur jalan rel	10
Gambar 2.5. Bebarapa ukuran lebar sepur di dunia	11
Gambar 2.6. Jalur tunggal trase jalan pada jalur lurus	15
Gambar 2.7. Jalur ganda trase jalan rel pada jalur lurus	15
Gambar 2.8. Mur, baut, tripon dan paku rel	20
Gambar 2.9. Penambat kaku pada bantalan baja menggunakan pelat	20
Gambar 2.10. Pemasangan Plat Penyambung	22
Gambar 2.11. Plat penyambung untuk R.42, R.50, R.54	23
Gambar 2.12. Plat Penyambung untuk R.60	23
Gambar 2.13. Dimensi Bantalan	24
Gambar 2.14. Penampang Bantalan	24
Gambar 2. 15. Ballast Pada Jalan Rel	25
Gambar 2.16. Badan Jalan Rel pada Tanah Asli	28
Gambar 2.17. Badan Jalan Rel pada Timbunan	28
Gambar 2.18. Badan Jalan Rel pada Tanah Galian	28
Gambar 3.1. Lokasi Proyek	31
Gambar 3.2. Diagram alir penelitian	32
Gambar 4.1. Grafik Hubungan antara Lokasi Pekerjaan dengan Panjang Penyelesaian Rel	48
Gambar 4.2. Grafik Hubungan antara Lokasi Pekerjaan dan Jumlah Rel serta Berat Rel	49
Gambar 4.3. Grafik Hubungan antara Lokasi Pekerjaan dan Jumlah Bantalan serta Berat Bantalan	49

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi memiliki peranan yang sangat penting dalam jaringan pelayanan mobilitas penumpang yang berkembang secara dinamis. Hal ini disebabkan semakin tingginya kebutuhan pergerakan manusia maupun barang, sehingga meningkat pula kebutuhan akan sarana dan prasarana transportasi, kondisi tersebut dapat dilihat dengan semakin kompleksnya masalah transportasi yang harus dihadapi.

Pada tahun 2020, terdapat 62 kejadian rel yang putus di sepanjang Jalur Kereta Api lintas Kisaran – Rantau Prapat. Terdapat pula gogosan atau longSORAN yang terjadi pada dinding tebing di salah satu titik jalur kereta api. Hal ini cukup penting untuk ditindaklanjuti karena berpengaruh atas keselamatan pada saat kereta api sedang beroperasi. Selain itu, pada lintas ini masih menggunakan tipe rel R.33 dan R.42 dan merupakan jalur kereta api kelas 3 dengan kecepatan 70 km/jam. Berdasarkan hal tersebut, maka terealisasi pekerjaan peningkatan Jaur Kereta Api Lintas Kisaran – Rantau Prapat. Dengan meningkatkan *Track Quality Index* (TQI) Jalur Kereta Api dari kelas 3 menjadi kelas 1 berikut dengan penggantian rel tipe R.33 dan R44 menjadi R.54 dan mengganti bantalan rel yang digunakan sepanjang Jaur Kereta Api Lintas Kisaran – Rantau Prapat.

Angkutan kereta api merupakan transportasi massal di Indonesia yang memiliki beberapa keunggulan, antara lain mengangkut penumpang dengan jumlah besar, hemat lahan dan rendah polusi, serta tingkat keselamatan yang tinggi. Dalam sistem transportasi kereta api peranan dari prasarana memegang kedudukan yang sangat penting karena prasarana kereta api merupakan salah satu faktor utama dalam pengoperasian kereta api, oleh karena itu kondisi dari prasarana tersebut harus baik dan terpelihara.

Untuk mewujudkan kondisi prasarana (jalan rel) yang baik dan handal, maka perlu dilakukan perawatan dengan baik dan benar secara rutin agar tetap dapat dilalui kereta api dengan aman, nyaman sesuai dengan kecepatan dan tekanan gandar yang telah ditentukan, sehingga dengan kondisi prasarana yang baik dan handal diharapkan dapat terwujudnya peningkatan keselamatan dan keamanan perkeretaapian.

Salah satu solusi yang diberikan oleh Kementerian perhubungan dalam mewujudkan kondisi prasarana (jalan rel) yang baik dan handal adalah Meningkatkan jalur rel kereta api dari rel R.42 menjadi rel R.54 agar kecepatan kereta api bertambah. Berdasarkan permenhub Nomor PM.60 Tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api diterangkan bahwa rel R.54 dapat menjadikan kecepatan kereta api semakin efisien yaitu pada kecepatan 100 km/jam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang disajikan, maka rumusan masalah yang akan dikaji adalah:

1. Bagaimana perbandingan cara kerja track laying antar setiap paket pekerjaan pada proyek peningkatan jalur kereta api lintas Kisaran – Rantau Parapat.
2. Bagaimana cara pekerjaan track laying pada proyek peningkatan jalur kereta api lintas Kisaran – Rantau parapat

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perbandingan cara pekerjaan track laying antar setiap paket pekerjaan pada proyek peningkatan jalur Kereta Api lintas Kisaran – Rantau parapat.
2. Dan mengetahui cara kerja yang efisien dan kecepatan waktu dalam bekerja.

1.4 Batasan Masalah

Dengan keterbatasan waktu yang dimiliki dan mempertimbangkan luasnya faktor-faktor yang berpengaruh, maka dalam studi kasus ini digunakan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Dalam struktur jalan rel, penelitian ini hanya membahas mengenai pekerjaan track laying.
2. Dalam penelitian ini focus cara pekerjaan track laying.
3. Dalam penelitian ini membahas perbandingan cara pekerjaan track laying.
4. Dalam penelitian ini, tidak meninjau pada saat kondisi gempa.
5. Dalam pembahasan tugas akhir ini tidak meninjau perencanaan biaya.
6. Data yang digunakan didapatkan langsung dari Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Medan.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil evaluasi perbandingan cara kerja ini menghasilkan perbedaan setiap antar paket pekerjaan dan mengevaluasi sesuai dengan metode dari Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 tahun 2012 Bab II Pasal 2

Manfaat transportasi kereta api ini bermanfaat untuk mengetahui sarana dan prasarana juga pelayanan yang aman dan nyaman yang di dapat kan penumpang kereta api.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas tahapan yang dilakukan dalam tugas akhir ini, di dalam penulisannya dikelompokkan ke dalam 5 (lima) bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini meliputi pengambilan teori dari beberapa sumber bacaan dan narasumber yang mendukung analisa permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang cara pekerjaan track laying dan perbandingan pekerjaan antar setiap paket pekerjaan. Pendeskripsian dan langkah langkah yang akan dilakukan. Cara memperoleh data-data yang relevan dengan studi kasus yang berisikan objek, alat-alat, tahapan dan kebutuhan data.

BAB 4 ANALISA DATA

Bab ini membahas tentang proses pengolahan data, penyajian data dan hasil data.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan logis berdasarkan analisis data, temuan dan bukti yang disajikan sebelumnya yang menjadi dasar untuk menyusun suatu saran sebagai suatu usulan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Transportasi

Pengertian transportasi adalah kegiatan pemindahan barang (muatan) dan penumpang dari suatu tempat lain. Transportasi adalah ilmu yang mempunyai banyak kaitannya dengan ilmu-ilmu lain seperti, manajemen, pemasaran, pembangunan, ekonomi, UU dan kebijaksanaan pemerintahan. (Chopra *et al.*, 2004) menerangkan bahwa unsur – unsur transportasi meliputi beberapa unsur yaitu berupa muatan yang diangkat, tersedia kendaraan sebagai alat angkut, ada jalanan yang dapat dilalui, ada terminal asal serta terminal tujuan, sumber daya manusia dan organisasi atau manajemen yang menggerakkan manajemen tersebut.

Transportasi menyebabkan nilai barang menjadi lebih tinggi di tempat tujuan dari pada di tempat asal, dan nilai ini lebih besar dari pada biaya yang dikeluarkan untuk pengangkutan. Nilai atau kegunaan yang diberikan oleh transportasi adalah berupa kegunaan tempat (place utility). Kedua kegunaan diperoleh jika barang telah diangkut ke tempat dimana nilainya lebih tinggi dan dapat dimanfaatkan tepat pada waktunya.

Menurut (Nasution & Sikumbank, 2004) transportasi diartikan sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Proses transportasi merupakan gerakan dari tempat asal, dari mana kegiatan dimulai, ketempat tujuan kemana kegiatan pengangkutan diakhiri. Transportasi merupakan kunci utama dalam rantai persediaan karena produk jarang diproduksi dan dikonsumsi pada tempat/lokasi yang sama. Transportasi adalah komponen biaya yang signifikan dengan dua unsur yang terpenting yaitu pemindahan/pergerakan (Movement) dan secara fisik mengubah tempat dari barang dan penumpang ketempat lain.

2.1.1 Peran dan Tujuan Transportasi

Menurut (Ardiansyah et al., 2016) transportasi memiliki fungsi untuk menunjang perkembangan perekonomian dengan membuat keseimbangan antara penyedia dan permintaan transportasi. Adapun manfaat transportasi yang meliputi kehidupan masyarakat, yaitu :

1. Manfaat Ekonomi adalah Segala sesuatu yang berkaitan dengan produksi, distribusi, dan pertukaran kekayaan atau hasil produksi yang semuanya bisa diperoleh dan berguna.
 2. Manfaat Sosial adalah Manusia pada umumnya bermasyarakat dan berusaha hidup selaras atau dengan yang lain dengan menggunakan kemudahan:
 1. Pelayanan untuk perorangan maupun kelompok,
 2. Pertukaran informasi,
 3. Perjalanan untuk rekreasi.
 4. Perluasan jangkauan perjalanan sosial, dan
 5. Pemendekan jarak rumah dengan tempat kerja.
 3. Manfaat Politis adalah Pengangkutan menjadi syarat mutlak atau pokok dalam segi politik yang meliputi:
 1. Menciptakan persatuan dan keadilan,
 2. Pelayanan kepada masyarakat dikembangkan dengan lebih merata
 3. Keamanan negara terhadap serangan dari luar yang tidak di kehendaki
- Manfaat Wilayah - Perkembangan suatu wilayah, karena adanya sifat kebutuhan manusia atas permintaan dan pemenuhan ada segi ekonomi.

2.2. Kereta Api

Kereta api adalah sarana transportasi berupa kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainnya, yang bergerak di rel. Kereta api umumnya terdiri dari lokomotif yang dikemudikan oleh tenaga manusia yang disebut masinis dengan bantuan mesin dan rangkaian kereta atau gerbong sebagai tempat pengangkutan barang dan atau penumpang. Rangkaian kereta atau gerbong tersebut berukuran relatif luas sehingga mampu memuat penumpang atau barang dalam skala yang besar. 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.

Menurut Undang – Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang perkeretaapian, definisi dari kereta api adalah kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalkan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di atas jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api. Kereta api sendiri terdiri dari lokomotif, kereta, dan gerbong. Lokomotif merupakan kendaraan rel yang dilengkapi dengan mesin penggerak dan pemindah tenaga kepada roda – roda dan khusus digunakan untuk menarik kereta penumpang dan atau gerbong barang. Kereta merupakan salah satu rangkaian dari rel kereta api yang berfungsi untuk mengangkut penumpang. Sedangkan rangkaian yang digunakan untuk mengangkut barang atau Binatang disebut gerbong.

Keunggulan Kereta Api:

- a). Kereta api adalah tipe alat transportasi yang bersifat angkutan murah, lebih sedikit dalam memakai energi, jangkauan operasionalnya meliputi dekat dan jarak jauh.
- b). Perkeretaapian berdampak ekonomis dalam pemakaian ruang, serta tidak polutif sehingga mendukung kelestarian lingkungan hidup manusia di masa mendatang.
- c). Dalam segi operasional, kereta api memiliki keandalan keselamatan perjalanan yang lebih baik dan lebih sedikit kendalanya.
- d). Perubahan cuaca dan iklim hanya sedikit (tidak terlalu) mempengaruhi angkutan kereta api.

Menurut (Supit, 2020) adalah sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Jadi pengertian transportasi berarti sebuah proses, yakni proses pemindahan, proses pergerakan, proses pengangkut, dan mengalihkan dimana proses ini tidak bisa dilepaskan dari keperluan akan alat pendukung untuk menjamin lancarnya proses perpindahan sesuai dengan waktu yang diinginkan.

2.3. Jalan Rel

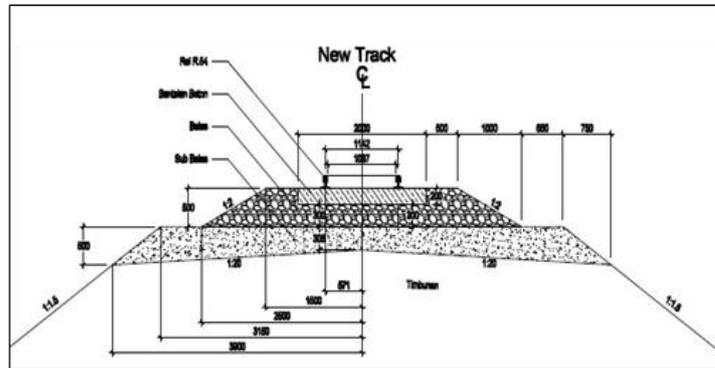
Jalan rel adalah satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton, atau konstruksi lainnya yang terletak di permukaan, dibawah, dan diatas tanah atau

bergantung beserta pengikatnya yang mengarahkan jalannya kereta api (K. Perhubungan, 2012). Jalan rel direncanakan untuk melewati berbagai macam angkutan barang dan atau penumpang dalam satu jangka waktu tertentu sesuai dengan klasifikasi jalur yang telah ditentukan.

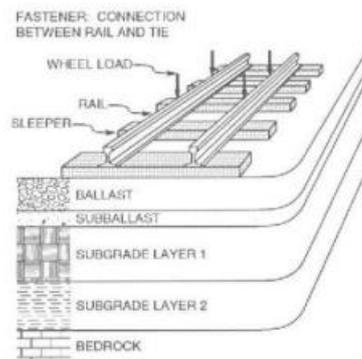
Perencanaan jalan rel memiliki aspek-aspek yang harus diperhatikan agar perencanaan tersebut dapat dipertanggung jawabkan secara teknis maupun ekonomis. Secara teknis hasil perencanaan konstruksi jalan rel harus dapat dilalui oleh kereta api secara aman dan dengan tingkat kenyamanan tertentu agar tercapai fungsi jalan rel selama umur konstruksinya. Sedangkan secara ekonomis, pembiayaan mulai dari pembangunan sampai pemeliharaan konstruksi jalan rel dilakukan secara seefisien mungkin dengan hasil perencanaan kualitas terbaik tanpa harus menghilangkan dan menjamin tingkat keamanan dan kenyamanan konstruksi jalan rel.

2.4. Struktur Jalan Rel Kereta Api

Struktur jalan rel merupakan suatu konstruksi yang direncanakan sebagai prasarana atau infrastruktur perjalanan kereta api. Konsep struktur jalan rel adalah rangkaian super dan substruktur 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 (MIAS, 2015; Rosyidi, 2015).



Gambar 2. 1: Konstruksi Jalan Rel

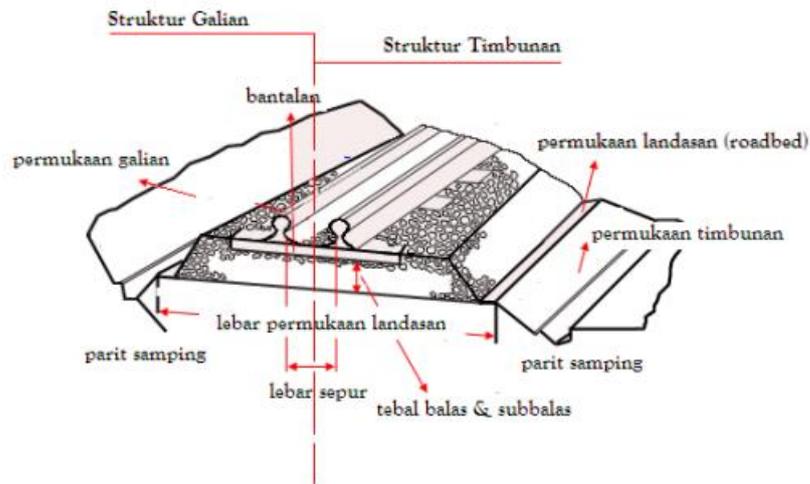


Gambar 2. 2: Komponen Penyusun Jalan Rel
(Rosyidi, 2015)

Sesuai dengan tipe konstruksinya, jalan rel dapat dibagi dalam dua bentuk konstruksi, yaitu :

1. Jalan rel dalam konstruksi timbunan,
2. Jalan rel dalam konstruksi galian.

Jalan rel dalam konstruksi timbunan biasanya terdapat pada daerah (medan) yang cenderung datar, sedangkan jalan rel pada konstruksi galian umumnya terdapat pada medan pegunungan. Gambar 2.3 menunjukkan contoh potongan konstruksi jalan rel pada daerah galian (potongan di sebelah kiri) dan konstruksi pada daerah timbunan (potongan di sebelah kanan).

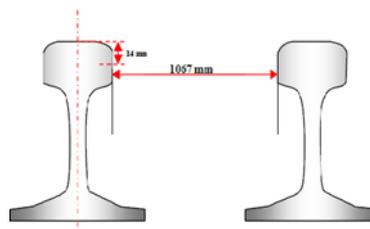


Gambar 2. 3: Contoh Potongan Jalan Rel pada Struktur Galian dan Timbunan
(Rosyidi, 2015)

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

1. 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 2.4).



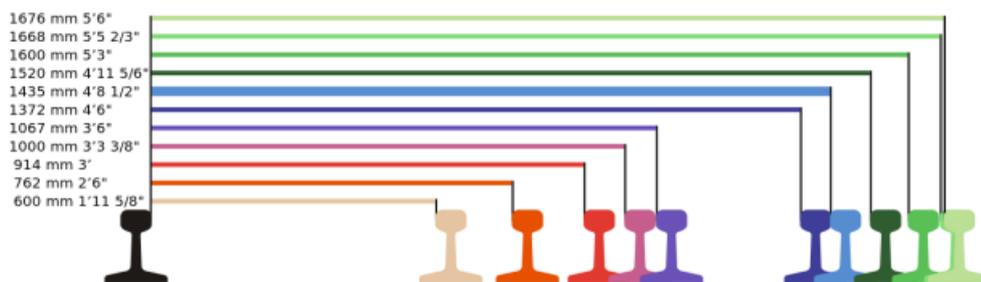
Gambar 2. 4: Ukuran Lebar Sepur Pada Struktur Jalan Rel
(K. Perhubungan, 2012)

(Rosyidi, 2015), menyebutkan ada tiga jenis ukuran lebar sepur di dunia itu 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. 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. (Gambar 3.5)

- b. Sepur lebar (broad gauge), lebar sepur > 1435 mm, digunakan pada negara Finlandia, Rusia (1524 mm), Spanyol, Pakistan, Portugal dan India (1676 mm) . (Gambar 3.5).
- 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 3/8 in atau dikenal dengan metre guage). (Gambar 2.5)



Gambar 2.5: Beberapa Ukuran Lebar Sepur di Dunia

2. Klasifikasi jalan rel menurut kecepatan maksimum

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 rerata 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, ialah seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 1: Kecepatan Maksimum sesuai kelas jalan rel

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

3. Klasifikasi jalan rel menurut daya lintas kereta api

Sesuai dengan peraturan di Indonesia, daya lintas kereta api yang (diukur dalam juta ton/tahun) dapat dibagi dalam dua kelompok kelas jalan yaitu untuk lebar sepur 1067 mm (Tabel 2.2) dan 1435 mm (Tabel 2.3). (Menteri Perhubungan, 2012)

Tabel 2. 2: Daya Angkut Lintas Yang Diiijinkan Untuk Lebar Sepur 1067 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut lintas (dalam 10^6 x Ton/Tahun)
I	> 20
II	10 – 20
III	5 – 10
IV	2,5 – 5
V	< 25

Tabel 2. 3: Daya angkut lintas yang diijinkan untuk lebar sepur 1067 mm

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

4. Klasifikasi jalan rel 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. (Lestari, 2021)

Menurut kelandaiannya jalur kereta api dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- Lintas di dataran rendah, jika *ruling gradient* = 10 per mil (1%)
- Lintas pegunungan, jika kemiringan lereng lebih dari 10 per mil dan tidak lebih dari 40 per mil untuk traksi uap atau 45 per mil untuk traksi listrik.

Jadi dalam perancangan jalur kereta api berdasarkan kelandaian nya ada kelompok lintas jalur :

- a. Lintas Datar : kelandaian 0 sampai dengan 10 ‰
- b. Lintas Pegunungan : kelandaian 10 sampai dengan 40‰
- c. Lintas dengan rel gigi : kelandaian 40 sampai dengan 80 ‰
- d. Kelandaian di emplasemen : kelandaian 0 sampai dengan 1,5 ‰

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 3.4

Tabel 2. 4: Klasifikasi jalan berdasarkan landai penentu maksimum

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

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.

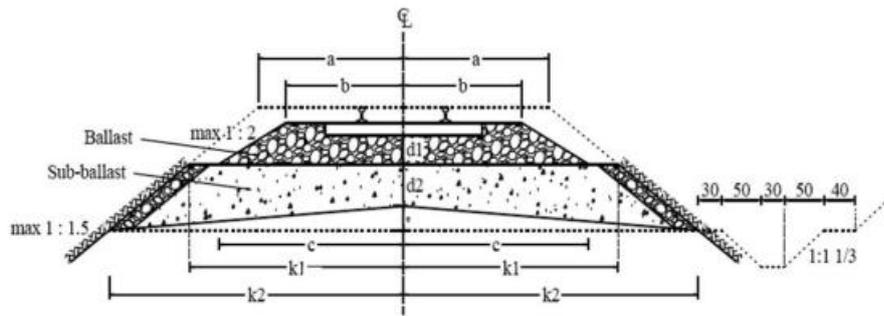
5. Klasifikasi jalan rel menurut beban gandar

Beban gandar merupakan beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar yang menopang kereta api. Klasifikasi jalan rel menurut beban gandar maksimum dibedakan berdasarkan lebar sepurnya, sebagai berikut :

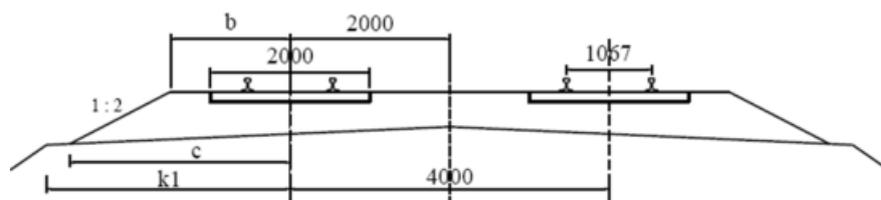
- a. Beban gandar untuk lebar jalan rel 1067 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 18 ton.
- b. Beban gandar untuk lebar jalan rel 1435 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 22,5 ton.

6. Klasifikasi jalan rel menurut jumlah jalur

- a. Jalur tunggal : Jumlah jalur di lintas bebas hanya satu, dan diperuntukkan untuk melayani arus lalu lintas angkutan jalan rel dari dua arah (Gambar 2.6).
- b. Jalur tunggal : Jumlah jalur di lintas bebas hanya satu, dan diperuntukkan untuk melayani arus lalu lintas angkutan jalan rel dari dua arah (Gambar 2.6).



Gambar 2.6 : Jalur Tunggal Trase Jalan Rel pada Jalur Lurus



Gambar 2.7: Jalur Ganda Trase Jalan Rel Pada Jalur Lurus

2.4.1 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 disiapkan memiliki kemampuan untuk menerima secara langsung dan menyalurkan beban kereta api kepada bantalan tanpa menimbulkan defeksi yang berarti pada bagian balok rel di antara tumpuan bantalan.

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.
5. Dasar rel juga harus tebal untuk tetap kaku dan menjaga bagian yang hilang akibat korosi.
6. Momen inersia harus cukup tinggi, sehingga tinggi rel diusahakan tinggi dan mencukupi tanpa bahaya tekuk.
7. Tegangan horisontal diusahakan dapat direduksi oleh kepala dan dasar rel dengan perencanaan geometriknya yang cukup lebar.
8. Stabilitas horisontal dipengaruhi oleh perbandingan lebar dan tinggi rel yang mencukupi.
9. Titik pusat sebaiknya di tengah rel.
10. Geometrik badan rel harus sesuai dengan pelat sambung.
11. Jari-jari kepala rel harus cukup besar untuk mereduksi tegangan kontak.

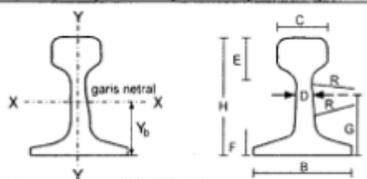
2.4.1.1 Tipe dan Karakteristik rel

Menurut (Utomo & Hapsoro, 2009), tipe rel yang digunakan untuk jalan pada dasarnya adalah sesuai dengan kelas jalan relnya, dapat dilihat pada Tabel 3.5

Tabel 2.5: Tipe Rel Pada Jalan 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
V	R 42

Tabel 2. 6: 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					

2.4.1.2 Jenis Rel

Menurut (Utomo & Hapsoro, 2009), menjelaskan bahwa jenis rel yang dimaksud di sini ialah jenis rel menurut panjangnya. Terdapat tiga jenis rel menurut panjangnya, yaitu :

1. Rel Standar Rel satandar mempunyai panjang 25 meter. Pada waktu yang lalu, panjang rel standar ialah 17 meter, tetapi sekarang PT Kereta Api (persero) menggunakan panjang 25 meter untuk rel standar.
2. Rel Pendek Rel pendek dibuat dari beberapa rel standar yang disambung dengan las dan dikerjakan di tempat pengerjaan (balai yasa/depot dan sejenisnya). Rel pendek ini maksimumnya 100 meter. Batasan panjang rel tersebut adalah

berdasarkan pada kemudahan pengangkutan ke lapangan dan pengangkutan di lapangan.

3. Rel Panjang Rel panjang dibuat dari beberapa rel pendek yang disambung dengan las di lapangan, dikenal pula sebagai Continuous Welded Rail (CWR). Panjang minimum rel panjang tergantung pada jenis bantalan yang digunakan dan tipe rel, seperti tercantum pada tabel 2.7

Tabel 2. 7: Panjang Minimum Rel Panjang

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

2.4.2 Penambat Rel

Penambat rel merupakan suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian sehingga kedudukan rel menjadi kokoh dan kuat. Kedudukan rel dapat bergeser diakibatkan oleh pergerakan dinamis roda kereta yang bergerak di atas rel. Pergerakan dinamis roda dapat mengakibatkan gaya lateral yang besar terhadap rel. Oleh karena itu, kekuatan penambat sangat diperlukan untuk mengurangi secara signifikan gaya lateral ini. (Utomo & Hapsoro, 2009)

2.4.2.1 Pertimbangan dalam Penggunaan Penambat

1. Faktor – faktor penggunaan penambat

Penggunaan jenis penambat ditentukan oleh pertimbangan beberapa faktor diantaranya :

- a. Besarnya gaya jepit (clamping force).
- b. Besarnya nilai rangkak (creep resistance).
- c. Kemudahan dalam perawatan penambat.
- d. Pengalaman pemakaian, terkait dengan catatan teknis pemakaian.
- e. Pemakaian kembali (re-use).
- f. Umur penambat.
- g. Harga penambat.

2. Persyaratan teknis penambat

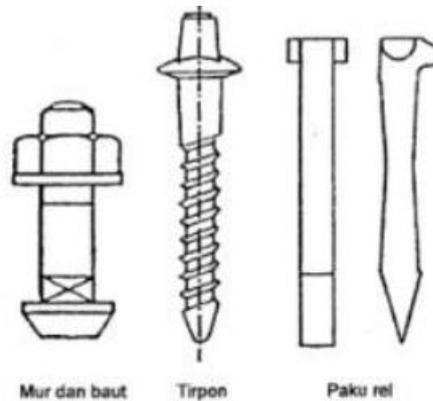
- a. Gaya jepit harus kuat menjamin gaya tahan rel pada bantalan lebih besar daripada gaya tahan rangkai bantalan pada stabilitas dasar balas.
- b. Gaya jepit penambat dapat bertahan lama, meskipun alat jepit tidak dapat dihindarkan dari adanya kelonggaran dan keausan pada pelat andas maupun angker akibat dari menahan getaran yang berterusan.
- c. Frekuensi getaran alami (natural frequency) penambat pada dasarnya harus lebih besar dari frekuensi getaran alami rel supaya dapat mencegah setiap kehilangan kontak antara penambat dengan rel selama lalu lintas melalui jalan rel.
- d. Bahan material penambat harus mempunyai kualitas yang baik agar dapat mempertahankan kekenyalan penambat dalam jangka waktu lama setelah pekerjaan pemasangan maupun pembongkaran.
- e. Teknologi pemasangan rel dan penambat sebaiknya dilakukan secara cepat baik secara mekanik sederhana maupun manual.
- f. Penyetelan penambat sebaiknya dilakukan secara cepat dan mudah (kemudahan dalam pekerjaan), serta diusahakan dapat dilakukan oleh petugas selain teknisi.
- g. Penambat cukup mampu dan kuat sebagai penggabungan susunan isolasi listrik dan mudah diganti bila terjadi kerusakan.
- h. Penambat mempunyai alas karet yang dapat mencegah rangkai rel, meredam tegangan vertikal yang bekerja ke bawah dan melindungi permukaan bantalan serta mempunyai tahanan daya tahan listrik yang cukup untuk pemisahan rel dari bantalan. Alas karet baik yang dibuat dari karet alam dan karet sintesis harus beralur dengan motif alur lurus maupun bergelombang, dengan nilai modulus elastisitas karet berkisar antara 110 hingga 140 kg/cm² .

2.4.2.2 Jenis Penambat Rel

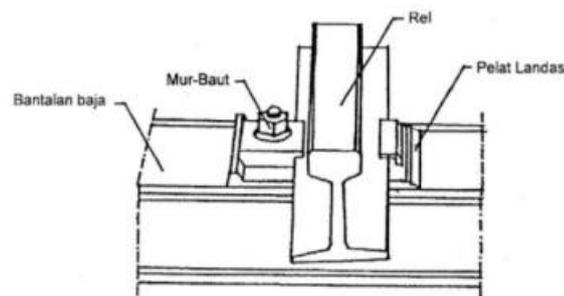
Sesuai dengan kemampuan elastisitas yang dapat diberikan oleh penambat rel terdapat dua jenis penambat rel, yaitu :

1. Penambat kaku

Penambat kaku terdiri atas paku rel, tarpon (tirefond) atau mur dan baut, dengan atau tanpa plat landas.



Gambar 2. 8: Mur, Baut, Tipon dan Paku Rel



Gambar 2.9: Penambat Kaku Pada Bantalan Baja Menggunakan Pelat

2. Penambat Elastis

Penambat elastis digunakan karena mempunyai kemampuan mengurangi pengaruh getaran pada rel terhadap bantalan, memberikan kuat jepit (clamping force) yang tinggi dan mampu memberikan perlawanan terhadap rangkak (creep resistance). Terdapat dua macam penambat elastis, yaitu :

- a. Penambat elastis tunggal terdiri atas plat landas, plat atau batang jepit elastis, tarpon, mur dan baut. Dimana, kekuatan jepitnya terletak pada batang batang jepit elastis.

- b. Penambat elastis ganda terdiri atas plat landas, pela atau batang jepit, alas rel, tarpon, mur dan baut. Kekuatan jepit penambat elastis terletak pada batang elastis dan biasanya digunakan pada bantalan beton, tidak menggunakan pelat landas melainkan alas karet (rubber pad) yang akan memberikan elastis tambahan sehingga mampu mencegah merangkaknya sel dan melindungi permukaan beton.

Dalam Peraturan Dinas No. 10 Tahun 1986, penggunaan penambat elastis dibagi menurut kelas jalan (kecepatan maksimum), sebagaimana tercantum dalam Tabel 2.8 (PT. Kereta Api Indonesia (Persero), 1986)

Tabel 2. 8: Penggunaan alat penambat elastik sesuai kelas jalan

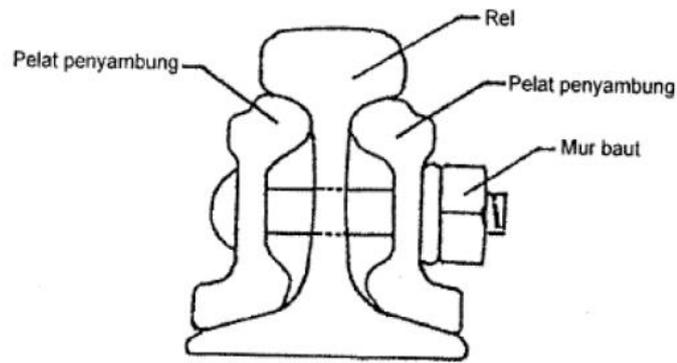
Kelas Jalan	Jenis Alat Penambat
I	Elastik Ganda
II	Elastik Ganda
III	Elastik Ganda
IV	Elastik Tunggal
V	Elastik Tunggal

3. Pelat sambung, mur dan baut

Berdasarkan Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api disebutkan bahwa penyambung rel dengan pelat sambung harus digunakan apabila tidak diperkenankan melakukan pengelasan terhadap sambungan rel terdiri dari :

- a. Dua pelat sambung kiri dan kanan.
- b. Enam baut dan mur, ring pegas atau cincin pegas dari baja, dipasang hanya empat baut untuk menjaga pemanasan rel akibat cuaca.

Pada sambungan rel, digunakan sepasang pelat penyambung yang mempunyai panjang dan ukuran yang sama.



Gambar 2.10: Pemasangan Pelat Penyambung
(Utomo & Hapsoro, 2009)

Untuk mendapatkan luas bidang singgung yang maksimum antara pelat penyambung dengan penyambung dengan permukaan bawah kepala rel dan permukaan atas kaki rel maka :

- a. Kemiringan permukaan bawah kepala rel harus sama dengan kemiringan bidang singgung bagian atas pelat penambung.
- b. Kemiringan permukaan atas kaki rel harus sama dengan kemiringan bidang singgung bagian bawah pelat.

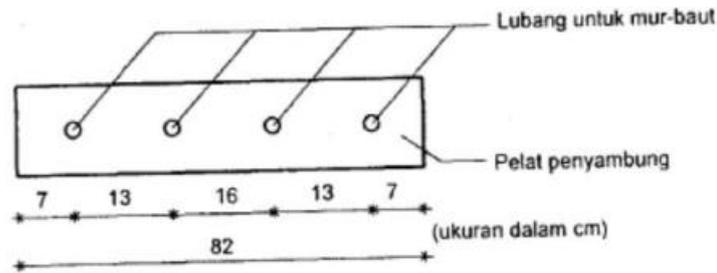
Tabel 2. 9: Kemiringan permukaan bawah kepala rel dan permukaan atas kaki rel

Tipe Rel	Kemiringan permukaan bawah kepala rel	Kemiringan permukaan atas kaki rel
R.42	1 : 4	1 : 4
R.50	1 : 2,75	1 : 2,75
R.54	1 : 2,75	1 : 2,75
R.60	1 : 2,93	1 : 2,75

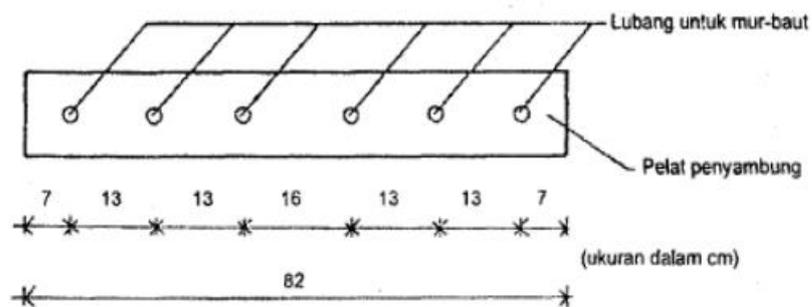
(PT. Kereta Api Indonesia (Persero), 1986)

Di Indonesia sekarang ini digunakan dua ukuran standar pelat penyambung, yaitu :

- a. Pelat penyambung untuk R.42, R.50, R.54
- b. Pelat penyambung untuk R.60



Gambar 2. 11: Pelat penyambung untuk R.42, R.50, R.54



Gambar 2.12: Pelat penyambung untuk R.60

2.4.3 Bantalan

Bantalan rel adalah landasan tempat rel bertumpu dan diikat dengan penambat rel, oleh karena itu harus cukup kuat untuk menahan beban kereta api yang berjalan di atas rel. Bantalan dipasang melintang rel pada jarak antara bantalan yang satu dengan lainnya sepanjang 0,6 meter.

(Utomo & Hapsoro, 2009), menjelaskan bahwa bantalan jalan rel mempunyai fungsi sebagai berikut :

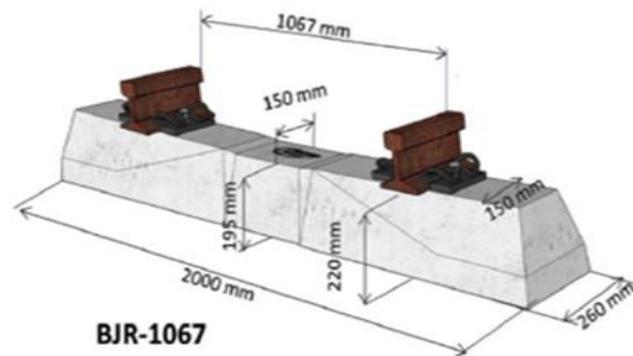
1. Mendukung rel meneruskan beban dari rel ke balas dengan bidang sebaran beban lebih luas sehingga memperkecil tekanan yang dipikul balas,
2. Mengikat/memegang rel (dengan penambat rel) sehingga gerakan rel arah horisontal tegak lurus sumbu sepur ataupun arah membujur searah sumbu sepur dapat ditahan, sehingga jarak antara rel dan kemiringan kedudukan rel dapat dipertahankan,
3. Memberikan stabilitas kedudukan sepur di dalam balas.
4. Menghindarkan kontak langsung antara rel dengan air tanah.

Rumus Volume :

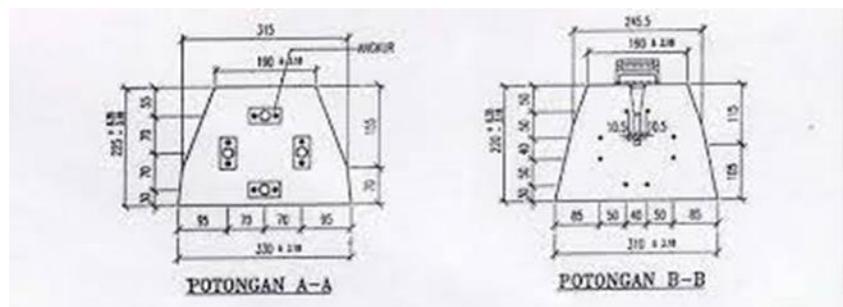
$$V = p \times l \times t$$

Ket :

Volume = Panjang x lebar x tinggi



Gambar 2.13: Dimensi Bantalan

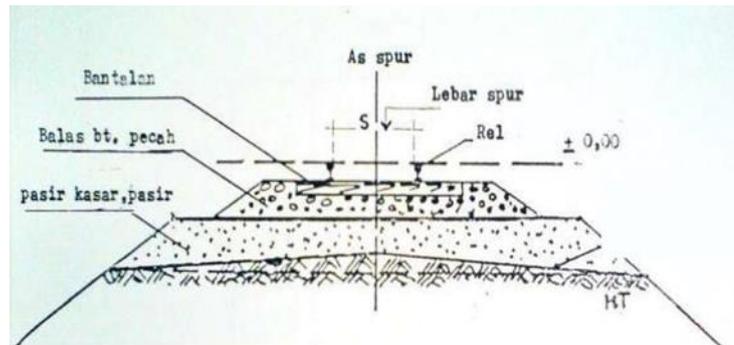


Gambar 2.14: Penampang Bantalan

2.4.4 Ballast

Lapisan balas merupakan lapisan di atas tanah dasar yang berfungsi untuk menahan konstruksi bantalan sekaligus mampu meneruskan beban dari bantalan

menuju ke tanah dasar dengan pola distribusi beban yang lebih merata. (Rosyidi, 2015)



Gambar 2.15: Ballas pada jalan rel

Ukuran lapisan balas yang digunakan di Indonesia, mengacu pada klasifikasi Jalan Rel Indonesia, ditetapkan untuk lebar sepur sempit dan standar sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 3.10 dan Tabel 3.11

Tabel 2. 10: Spesifikasi Tebal Balas Dari Klasifikasi Jalan Rel Indonesia Untuk Sepur Lebar

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

Tabel 2. 11: Spesifikasi Tebal Balas Dari Klasifikasi Jalan Rel Indonesia Untuk Sepur Sempit

Kelas Jalan	V maks (km/jam)	Tebal Balas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
I	120	30	60
II	110	30	50
III	100	30	40
IV	90	25	40

a. Persyaratan material untuk lapisan balas

Beberapa persyaratan teknis harus dipenuhi oleh material yang akan digunakan untuk lapisan balas. PD.No.10 tahun 1986 mensyaratkan bahwa material balas sebagai berikut :

1. Material balas terdiri atas batuan pecah (crushed stones) yang keras dan tahan lama, serta bersudut (angular).
2. Beberapa substansi yang merugikan tidak diperbolehkan ada dalam material balas yang melebihi jumlah tertentu, diantaranya :
 - a. Material lunak dan mudah pecah harus < 3 %,
 - b. Material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) < 1 %,
 - c. Gumpalan - gumpalan lempung < 0,5 %.
3. Nilai keausan material pada pengujian Abrasi Mesin Los Angeles < 40 %.
4. Berat padat material per meter minimal 1400 kg.
5. Partikel yang tipis dan panjang (=partikel yang mempunyai panjang sama atau lebih dari lima kali ketebalan rata-rata), diharuskan kurang dari 5 %.
6. Gradasi yang diperbolehkan sebagaimana Tabel 3.12.

Tabel 2. 12: Persyaratan Gradasi Untuk Material Balas

UKURAN NOMINAL	PERSEN LOLOS SARINGAN									
	3"	2 ^{1/2} "	2"	1 ^{1/2} "	1"	^{3/4} "	^{1/2} "	^{5/8} "	NO.4	NO.8
2 ^{1/2} " - ^{3/4} "	100	90-100	25-60	25-60	-	0-10	0-5	-	-	-
2"-1"	-	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-
1 ^{1/2} " - ^{3/4} "	-	-	100	90-100	20-15	0-15	-	0-5	-	-

2.4.5 Sub Ballast

Pada dasarnya material lapisan pondasi bawah tidak memerlukan kualitas yang sangat baik seperti halnya lapisan pondasi atas. Lapisan sub ballast terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar. Lapisan pondasi bawah ini berfungsi juga sebagai lapisan pengisi antara tanah dasar dan lapisan pondasi atas dan disyaratkan mampu mengalirkan air dengan baik.(Utomo & Hapsoro, 2009)

2.4.6 Tanah Dasar

Lapisan subgrade merupakan lapisan yang memiliki fungsi sebagai penerima beban akhir dari kendaraan kereta api, sehingga lapisan ini perlu dirancang dan dipersiapkan untuk mampu menerima beban secara optimum tanpa terjadi adanya deformasi tetap.

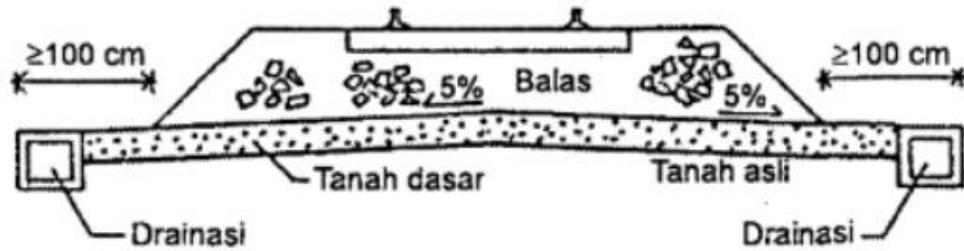
Dengan susunan struktur jalan rel yang telah digambarkan sebarang besarnya beban gandar kereta api dan seperti apapun penyebaran dan penerusan bebannya, beban dimaksud akan didukung oleh bagian paling bawah struktur jalan rel, yaitu tanah dasar (subgrade) dan badan jalan rel. (Utomo & Hapsoro, 2009) Adapun fungsi dari tanah dasar (subgrade) jalan rel adalah sebagai berikut :

- a. Mendukung beban yang diteruskan oleh balas kepada tanah dasar,
- b. Meneruskan beban ke lapisan bawahnya, yaitu badan jalan rel dan
- c. Memberikan landasan yang rata pada kedudukan /ketinggian /elevasi di tempat balas akan diletakkan.

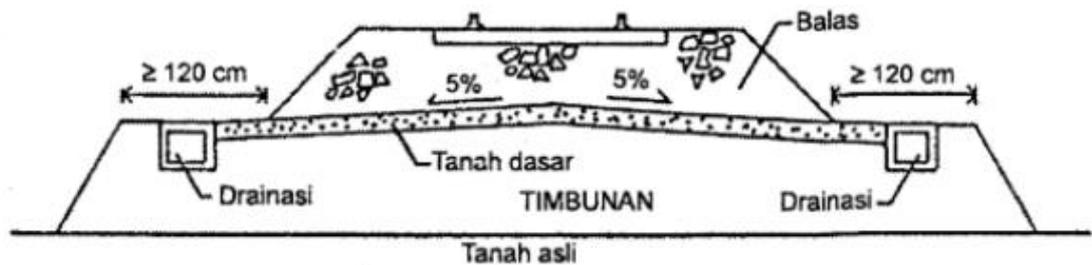
Sesuai dengan fungsinya, dari sudut pandang teknik tanah dasar harus mampu menopang beban di atasnya yang harus ditopang oleh tanah dasar ialah berat lapisan balas, sedangkan tegangan yang terjadi padanya ialah tegangan yang terjadi akibat dari gaya yang diteruskan oleh bantalan kepada balas yang kemudian diteruskan dan didistribusikan oleh balas kepada lapisan tanah dasar.

Oleh karena itu, tanah dasar harus mempunyai kuat dukung yang cukup. Menurut ketentuan yang digunakan oleh PT. Kereta Api (persero, kuat dukung tanah dasar (yang dalam hal ini CBR) minimum ialah sebesar 8%. Tanah dasar yang harus memenuhi syarat minimum CBR 8% tersebut ialah tanah dasar setebal minimum 30 cm.

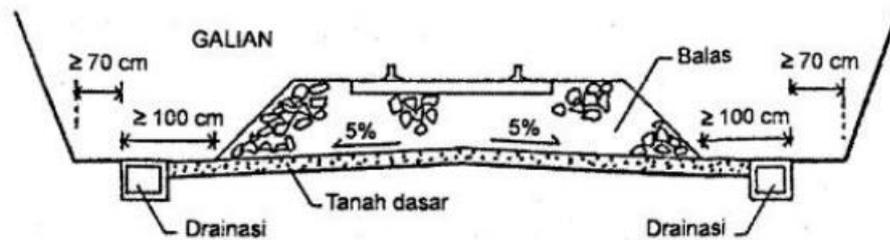
Letak tanah dasar dapat dilihat pada gambar yang menjelaskan pula tentang badan jalan, yaitu Gambar 3.21 Hingga 3.23. tanah dasar harus mempunyai kemiringan kearah luar sebesar 5%, dan harus mencapai kepadatan 100% kepadatan kering maksimum



Gambar 2.16: Badan Jalan Rel Pada Tanah Asli



Gambar 2.17: Badan Jalan Rel Pada Timbunan



Gambar 2.18: Badan Jalan Rel Pada Tanah Galian

2.5. Penelitian Terdahulu

2.5.1 Studi Kasus Sistem Pemeliharaan Rel Kereta Api Koridor Palang Parasamia - Jembatan Sungai Piring

Kereta api merupakan salah satu alternatif angkutan jalan rel (baja) bagi penumpang dan barang untuk berpindah dari suatu tempat ke tempat lainnya yang memiliki beberapa kelebihan, yaitu berdaya angkut hemat bahan bakar, jalur yang dapat menembus sampai ke pusat kegiatan/kota, kecepatan operasional yang cenderung konstan sehingga waktu tempuh lebih cepat dan lebih nyaman bagi penumpang, dan tarif yang lebih terjangkau. Untuk mempertahankan kualitas pelayanan jalan kereta api yang layak sehingga dapat memberikan

keselamatan, kenyamanan, keamanan dan ketetapan waktu perjalanan kereta api maka perlu dilakukan pemeliharaan dan perbaikan sesuai kelas jalan rel. Perawatan merupakan suatu kegiatan yang memelihara atau menjaga peralatan atau fasilitas dan mengadakan perbaikan ataupun penggantian yang diperlukan agar tercapai suatu keadaan operasi yang memuaskan sesuai dengan yang direncanakan. Tugas akhir ini mengidentifikasi parameter pemeliharaan jalan kereta api melalui Track Quality Indeks (TQI).

2.5.2 Metode Kerja Penggantian Jembatan Jalan Kereta Api Antara Padang-Tabing-Duku Lintas Teluk Bayur-Sawahlunto

Pulau Sumatera yang termasuk dalam kelompok kawasan telah berkembang di Indonesia, merupakan wilayah dengan perkembangan perekonomian yang sangat pesat dan potensial. Dalam rangka menangkap potensi tersebut dan meningkatkan kelancaran arus barang dan penumpang di wilayah Sumatera Barat, Pemerintah berusaha untuk meningkatkan peran moda kereta api. Moda kereta api merupakan moda transportasi yang dianggap tepat dipilih untuk misi tersebut mengingat moda kereta api memiliki kemampuan kapasitas angkut yang besar, kecepatan yang stabil karena memiliki jaringan tersendiri, pemeliharaan infrastruktur yang rendah, hemat energi, dan memiliki tingkat polusi yang rendah. Untuk kelancaran moda kereta api ini, salah satu bagian yang penting adalah pembangunan jembatan kereta api, mengingat route yang akan dilalui moda kereta api tidak hanya berupa lahan daratan yang rata, akan tetapi dapat juga melintasi sungai, lembah dan sebagainya sehingga diperlukan pembuatan jembatan kereta api untuk menunjang operasionalnya. Sebagai salah satu upaya meningkatkan peran sarana dan prasarana transportasi antara lain adalah dengan melakukan peningkatan infrastruktur eksisting pada Jembatan sungai Basco, Antara Padang-Tabing-Duku Lintas Teluk Bayur-Sawahlunto dan Jembatan Antara Tabing-Duku-Lubuk Alung Lintas Teluk Bayur – Sawahlunto yang dilaksanakan oleh Balai Teknik Perkeretaapian Sumatera Bagian Barat.

2.5.3 Kajian Umur Jalan Rel Berdasarkan Keausan Dengan Metode Dari Area Dan Perjana

Penentuan usia layan rel merupakan hal yang penting untuk dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan rel yang fatal. Estimasi usia layan komponen rel dapat ditinjau berdasarkan faktor keausan. Tulisan ini mencoba menghitung dan membandingkan usia layan rel berdasarkan rumus perhitungan keausan rel dengan metode AREMA yang menggunakan formula empiris dari Hay dan menggunakan metode PT KAI. Hasil menunjukkan nilai yang bervariasi untuk berbagai koridor yang ada pada lintas wilayah operasi Madiun, sesuai dengan spesifikasi jalan rel, beban lintas, dan geometri jalan rel. Namun demikian, perbandingan terhadap kondisi eksisting jalan rel belum bisa dilakukan karena adanya keterbatasan data hasil pengujian terhadap jalan rel yang dioperasikan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

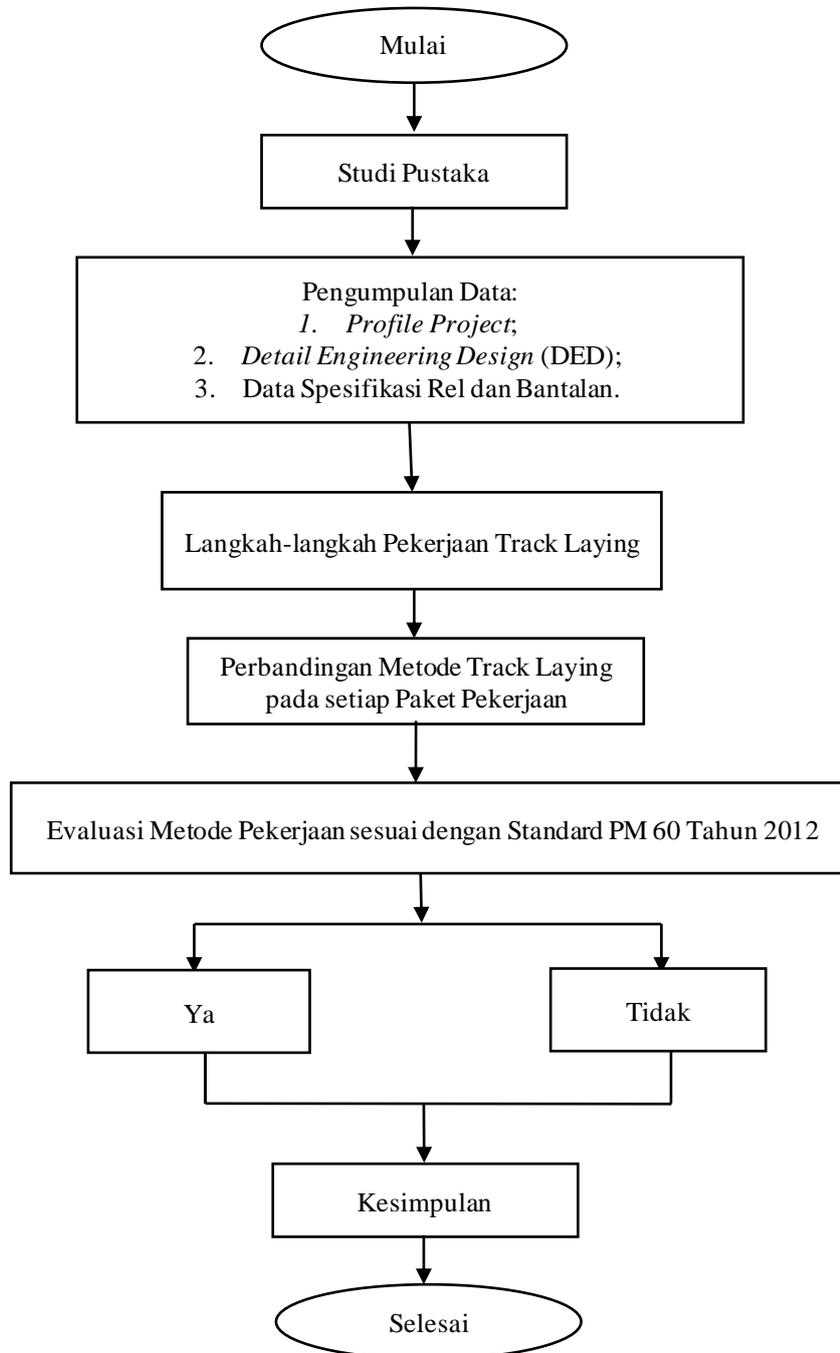
3.1 Informasi Proyek

Pemberi Tugas	: Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Medan
Nama Proyek	: Peningkatan Jalan KA Lintas Kisaran – Rantauprapat Tahap I Segmen Kisaran – Mambangmuda
Daerah Kajian	: Paket Kisaran – Mambang Muda 1 (PKM 1) Paket Kisaran – Mambang Muda 2 (PKM 2)
Lokasi Proyek	: Berlokasi di Kabupaten Asahan
Ruang Lingkup	: 1. Penggantian Rel R.33, R.42 menjadi R54; 2. Penggantian Bantalan Beton sebanyak; 3. Penggantian Wessel R.42 menjadi R.54; 4. Penanganan Gogosan Tubuh Baan KM.3+500 di dekat BH 10 dan Gogosan Track KM. 75+800 s.d KM. 76+200.



Gambar 3. 1: Lokasi Proyek

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2: Diagram Alir Penelitian

3.3 Alat – Alat Yang Digunakan

Sesuai pekerjaan di lapangan, alat dan fungsinya untuk pekerjaan Track Laying, adalah sebagai berikut:

1. Linggis : Alat ini digunakan untuk menggeser rel
2. Pen Puller : Digunakan untuk memudahkan memasukan penambat atau pendrol
3. Palu Bodem : Alat ini digunakan untuk memukul penambat atau pendrol
4. Garukan Ballast : Digunakan untuk meratakan ballast
5. Garpu Ballast : Digunakan untuk memasukan dan merapikan ballast
6. Semboyan 2A : Kereta api berjalan hati-hati dengan kecepatan tidak melebihi 40km/jam
7. Semboyan 2B : Mengisyaratkan bahwa jalur kereta api yang akan dilewati berstatus kurang aman, kereta api yang melewatinya harus berhati-hati dengan pembatasan kecepatan maksimal 20 kilometer per jam.
8. Semboyan 2C : Kereta api berjalan hati-hati dengan kecepatan tidak melebihi 5km/jam
9. Semboyan 3 : Mengisyaratkan bahwa jalur kereta api yang akan dilewati berstatus tidak aman, kereta api yang akan melewatinya diharuskan untuk berhenti.
10. Semboyan H : Kereta api mulai berjalan sesuai kecepatan yang di izinkan
11. Mesin Potong Rel : Digunakan untuk memotong rel R54
12. Kunci Inggris : Alat ini gunakan untuk mengunci baut dan menguat kan plat sambung atau kompromis
13. Blender Potong : Digunakan untuk memotong Rel R42 (exsisting)
14. Mesin Bor Rel : Untuk membuat lubang plat sambung
15. Tang Rel : Digunakan untuk mengangkat Rel

16. Lorry Dorong	Untuk mengangkat alat dan bahan material pekerjaan
17. Matisa	Digunakan untuk mengukur tinggi rel dan lebar sepur
18. Pikulan Bantalan	Digunakan untuk mengangkat bantalan
19. Laspat/Plat sambung	Digunakan untuk menyambungkan rel, suatu penyangga yang dijepitkan dengan 4 atau 6 baut pada kedua rel yang di sambung
20. Rel Kompromis	Digunakan menyambung rel R42 ke rel R54 untuk sementara
21. Alat Komunikasi (RIG)	Untuk mempermudah komunikasi di pekerjaan
22. Yamaguchi	Digunakan untuk mengangkat dan memindah rel dengan cara katrol
23. HTT (Hand Track Tamping)	Mesin yang digunakan untuk memecok atau memadatkan ballast dibawah rel kereta api agar rel lebih tahan lama.
24. Rollers	Digunakan untuk mendorong dan menggeser rel

3.4 Metode Kerja

Metode kerja yang digunakan dalam pekerjaan penggantian rel adalah Track Laying. Adapun tahap – tahap pekerjaan track laying adalah sebagai berikut:

1. Tahap persiapan Tahap persiapan adalah tahap mempersiapkan segala sesuatu yang diperlukan untuk pekerjaan track laying. Tahap persiapan track laying terdiri atas:
 - a) Pekerjaan persiapan awal, terdiri atas:
 - b) Pengeceran bantalan beton
 - c) Pengeceran rel R54
 - d) Pengeceran balas
 - e) Las termit di luar per 100 meter spoor
 - f) Pengeboran rel

2. Joint inspection Joint inspection merupakan pengecekan terhadap kondisi lapangan, peralatan, dan material. Joint inspection dapat dilakukan satu hari sebelum tahap pelaksanaan track laying.
3. Pekerjaan sebelum window time Pekerjaan sebelum window time untuk menyicil sebagian pekerjaan sebelum window time agar dapat menyingkat waktu pada tahap pelaksanaan track laying.
Dilakukan empat jam sebelum tahap pelaksanaan track laying. Pekerjaan sebelum window time terdiri atas:
 - a) Menggorek balas
 - b) Melepas sebagian penambat
4. Check list alat dan tenaga Tujuan check list alat dan tenaga ialah memastikan alat dan pekerja telah siap. Dilaksanakan satu jam sebelum tahap pelaksanaan track laying.
5. Tahap pelaksanaan track laying, terdiri atas:
 - a) Pemasangan semboyan 3
 - b) Melepas sisa penambat
 - c) Membongkar Rel R42 dan Bantalan
 - d) Spasing bantalan R54
 - e) Pemasangan Rel R54
 - f) Pemasangan penambat dan melakukan pengukuran menggunakan matisa
 - g) Memasukan balas
 - h) Memadatkan balas menggunakan HTT
 - i) Pemasangan plat temporary dan rel kompromis
 - j) Penggantian Semboyan menjadi 2B
6. Tahap pemantapan, terdiri atas:
 - a) Pekerjaan MTT
 - b) Pekerjaan PBR
 - c) Las Termit Sambungan Rel

Rumus kecepatan pekerjaan

$$v = s/t$$

Kecepatan pengerjaan = jarak / waktu

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Proyek

Proyek peningkatan jalur kereta api lintas kisaran – rantau prapat segmen kisaran – mambang muda merupakan salah satu kegiatan dari Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Medan. Bertujuan untuk meningkatkan moda transportasi kereta api trans sumatera yang melewati dua kabupaten yakni asahan dan labuhan batu utara. Dengan Panjang 51km di KM 0+000 s/d 11+500 terdapat 6 stasiun yaitu stasiun kisaran, stasiun Henglo, stasiun teluk dalam, stasiun pulu raja, stasiun aek loba, dan stasiun mambang muda.

Latar Belakang kondisi kereta api yang masih menggunakan R42 pada kelas jalan 1 dengan kecepatan 70km/jam. Disertai dengan adanya daerah rawan tubu baan gogos dan longsor dinding tebing. Maka dari itu dilakukan peningkatan jalur kereta api yang terbagi atas 3 pokok pekerjaan yaitu penggantian bantalan beton dan rel R42 menjadi bantalan beton dan rel R54 serta pekerjaan pengamanan tubu baan dan pengamanan gogosan banjir. Proyek ini dimulai pada tahun 2022 dan di targetkan selesai tahun 2024. Daerah kajian penelitian adalah PKM 1 yaitu KM 5+000 s/d 6+000 dan PKM 2 KM 10+000 s/d 11+000 antara kisaran – henglo.

4.2 Alat pada Track Laying sesuai lokasi pekerjaan

4.2.1 Pekerjaan Kisaran Mambang Muda 1 (PKM 1)

- a. Pen Puller
- b. Garukan Ballast
- c. Garpu Ballast
- d. Yamaguchi
- e. Rollers
- f. Linggis

- g. Palu Bodam
- h. Pikulan Bantalan

4.2.2 Pekerjaan Kisaaran Mambang Muda 2 (PKM 2)

- a. Linggis
- b. Tang Rel
- c. Palu Godam
- d. Pen Puller
- e. Garpu Ballast
- f. Garukan Ballast
- g. Pikulan Bantalan

Fasilitas Operasi

Fasilitas operasional kerja yang perlu dilengkapi oleh kontraktor antara lain seperti alat komunikasi, operasional kantor kontraktor, listrik/penerangan dan lain – lain sesuai kebutuhan di lapangan.

Alat Komunikasi

- a. Kontraktor harus menyediakan peralatan komunikasi berupa HT dilengkapi dengan RIG (bila perlu) yang diperlukan untuk komunikasi pemantauan operasi KA pada saat bekerja di jalur atau dalam batas operasi KA.
- b. Jika penguat/booster diperlukan, antena *booster* harus disediakan untuk menjamin komunikasi yang baik/lancar antara alat komunikasi di dalam seluruh area pekerjaan, termasuk ke stasiun terdekat.
- c. Setiap perijinan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan menjadi tanggung jawab kontraktor.

Listrik dan Penerangan

- a. Menyediakan dan memelihara semua penerangan sementara dan tenaga listrik sementara yang diperlukan untuk konstruksi.
- b. Menyediakan koneksi ke semua peralatan konstruksi yang memerlukan tenaga listrik.

- c. Menyediakan dan memelihara tenaga listrik sementara untuk peralatan mekanik permanen memerlukan layanan tenaga listrik sampai tenaga listrik tetap dapat digunakan.
- d. Menyediakan penerangan lapangan sementara untuk keamanan sesuai dengan arahan PPK/Konsultan.
- e. Menyediakan *grounding* untuk semua perangkat sesuai standar yang berlaku.
- f. Menyediakan semua item yang diperlukan untuk penerangan.
- g. Menyediakan dan menjaga semua peralatan layanan sementara sampai kerja permanen terinstal dan diaktifkan.
- h. Peralatan atau material listrik dan penerangan harus memenuhi prosedur Kesehatan dan Keselamatan (K3) serta pengaturan pengelolaan lalu lintas sepanjang proyek

4.3 Metode Kerja Track Laying

Window Time

Bagian ini mengatur penggunaan waktu untuk pelaksanaan pekerjaan terutama pekerjaan yang mempengaruhi operasi kereta api.

Rencana Kerja Pelaksanaan di Lapangan

- a. Sebelum pelaksanaan pekerjaan, kontraktor harus menyiapkan dan menyampaikan Rencana Kerja kepada Konsultan.
- b. Di dalam rencana kerja harus tercantum mengenai program keselamatan yang akan dilaksanakan oleh Kontraktor.
- c. Kontraktor dan PPK serta Konsultan harus berkordinasi dengan Balai Teknik Perkeretaapian dan PT. KAI sebelum melaksanakan pekerjaannya di *track eksisting*.
- d. Pelaksanaan pekerjaan yang terletak di lokasi ruang manfaat jalan KA harus berkoordinasi secara intensif kepada Balai Teknik Perkeretaapian dan PT. KAI

Window Time

- a. Window Time adalah waktu yang digunakan diluar jam operasional kereta api.
- b. Pekerjaan – pekerjaan yang telah diidentifikasi memerlukan window time adalah sebagai berikut :

- 1) Pergeseran Track (*Track Shifting*)
 - 2) Peninggian Track (*Track Raising*)
 - 3) Penyambungan Track (*Connecting of track*)
 - 4) Pemasangan Wesel (*Setting of turnouts*)
 - 5) Pembangunan Platfrom dan Sistem Drainase (*Construction of new Platfrom and Drainage System*)
 - 6) Perlintasan Sebidang (*Level Crossing*)
 - 7) Pekerjaan yang menyamgkut perbaikan Track Eksisting
 - 8) Pekerjaan Jembatan
 - 9) Relokasi dan Proteksi Utilitas (*Relocation and Protection of Utilities*)
- c. Kontraktor dalam melaksanakan pekerjaan yang memerlukan window time harus menyampaikan rencana kerja dan kebutuhan waktu pekerjaan serta berkoordinasi dengan operator prasarana untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan.
- d. Untuk pekerjaan – pekerjaan yang posisinya sejajar dengan track dan tidak berpotensi membahayakan struktur jalur kereta api dapat dilaksanakan oleh kontraktor dimana tidak memerlukan penyampaian rencana kerja window time.

Pembatasan Masalah Kecepatan Operasional Kereta Api

Kontraktor dan PPK/Konsultan harus berkoordinasi dengan PT. KAI untuk pelaksanaan pembatasan kecepatan Kereta Api untuk menjaga operasi Kereta Api yang aman selama pelaksanaan kegiatan konstruksi sesuai hasil pembahasan Rencana Kerja.

Langkah – Langkah Pekerjaan Track Laying :

Pekerjaan Persiapan Awal

- a. Stapling Rel R54 disamping rel existing dan di las (Las Termit) per 100 m'sp dan pada bagian ujung kanan dan kiri di bor untuk pemasangan plat sambung sementara.
- b. Ecer ballast dalam kantong /karung dan persiapan sisip bantalan beton baru. Membuat rel kompromis Rel R42 ke Rel R54 sebanyak 2 set.

Join Inspection

Cek kondisi lapangan, peralatan, dan material. Dilaksanakan satu hari sebelum tahap pelaksanaan track laying.

Pekerjaan persiapan sehari sebelum window time

- a. Koordinasi dengan pihak terkait (Kontraktor, Konsultan, Satker, Divre)
- b. Persiapan peralatan dan tenaga kerja (Cek List)
- c. Memotong dan mengebor Rel R42 pada titik potong yang telah di sepakati awal dan akhir track laying dan dipasang plat sambung dilindungi semboyan 2A selama 1 hari sebelum window time di lokasi yang akan di kerjakan.
- d. Ecer alat penambat rel kompromis serta palt sambung pada posisi nya.

Pengajuan WAD (Warta Dinas) track laying

- a. Kontraktor mengajukan WAD ke Balai Teknik Perkeretaapian.
- b. Balai Teknik Perkeretaapian mengajukan ke Divre, untuk penerbitan WAD tersebut.
- c. WAD di share ke grup koordinasi agar kontraktor segera mempersiapkan lokasi yang mau di track laying dan tim resort JJ juga mempersiapkan pengawalan selama pekerjaan track laying berlangsung.

Check list alat dan tenaga,

memastikan alat dan pekerja telah siap. Dilaksanakan satu jam sebelum sebelum tahap pelaksanaan track laying.

Pekerjaan pelaksanaan Track Laying

1. Pasang semboyan 3, bongkar plat sambung Rel R42 pada ujung awal dan akhir penggantian rel serta penambat sepanjang sepur yang akan diganti.
2. Bongkar Rel R42/exsisting sepanjang lokasi pekerjaan kesisi luar
3. Bongkar bantalan lama kesisi luar pekerjaan
4. Menggorek/meratakan ballast
5. Memasukan bantalan beton baru
6. Memasukan/menyetel Rel R54 di atas bantalan beton baru

7. Memasang kompromis dan plat sambung
8. Pasang alat penambat/pendrol sepanjang sepur baru
9. Memasukan ballast baru
10. Angkat listtring menggunakan HTT
11. Cabut semboyan 3 dan pasang semboyan 2C untuk kereta api pertama lewat
12. Setelah itu pasang semboyan 2A
13. Pemadatan ballast dengan menggunakan MTT (Multi Tie Tamper)
14. Pencabutan semboyan 2A untuk kecepatan normal
15. Pengujian
16. Selesai

4.4 Analisis Perhitungan

Keterangan :

Waktu Pekerjaan	= 7 hari (150 menit / hari)
Jumlah Pekerja	= 75 orang
1 Bantalan	= $0,88\text{m}^3$ (Berat Bantalan)
Berat Jenis Beton	= $2,4 \text{ ton/m}^2$
Panjang Rel R54	= 25m
Jarak antar bantalan	= 60cm/0,6m
Berat Rel	= $54\text{kg/m} = 1350 \text{ kg/batang}$
Dimensi Bantalan Beton p x t x l	= $200 \times 22 \times 20 = 88000\text{cm}^3 = 0,88\text{m}^3$
Berat 1 bantalan	= $0,88 \times 2,4 = 2,112 \text{ ton/m}$

4.4.1 Pekerjaan Kisaran – Mambang Muda 1 (PKM 1)

1. Km 5+000 s/d 5+150

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

Waktu pekerjaan	= 150 menit/hari = $150 \times 60 = 9000 \text{ detik/hari}$
Hasil Pekerjaan	= 150 m
Kecepatan pekerjaan	= $150 \text{ m} : 9000 \text{ detik} = 0,017 \text{ m/detik}$
Jumlah Rel	= $150 : 25 = 6 \text{ batang rel}$
Berat Rel	= $6 \times 1350 = 8100 \text{ kg} = 8,1 \text{ Ton}$
Jumlah Bantalan	= $150 : 0,6 = 250 \text{ bantalan}$

$$\text{Berat bantalan} = 250 \times 2,112 = 528 \text{ Ton}$$

2. Km 5+150 s/d 5+275

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

$$\text{Waktu pekerjaan} = 150 \text{ menit/hari} = 150 \times 60 = 9000 \text{ detik/hari}$$

$$\text{Hasil Pekerjaan} = 125 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan pekerjaan} = 125 \text{ m} : 9000 \text{ detik} = 0,014 \text{ m/detik}$$

$$\text{Jumlah Rel} = 125 : 25 = 5 \text{ batang rel}$$

$$\text{Berat Rel} = 5 \times 1350 = 6750 \text{ kg} = 6,750 \text{ ton}$$

$$\text{Jumlah Bantalan} = 125 : 0,6 = 208,33 \approx 208 \text{ bantalan}$$

$$\text{Berat bantalan} = 208 \times 2,112 = 439,296 \text{ ton}$$

3. Km 5+275 s/d 5+425

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

$$\text{Waktu pekerjaan} = 150 \text{ menit/hari} = 150 \times 60 = 9000 \text{ detik/hari}$$

$$\text{Hasil Pekerjaan} = 150 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan pekerjaan} = 150 \text{ m} : 9000 \text{ detik} = 0,017 \text{ m/detik}$$

$$\text{Jumlah Rel} = 150 : 25 = 6 \text{ batang rel}$$

$$\text{Berat Rel} = 6 \times 1350 = 8100 \text{ kg} = 8,1 \text{ Ton}$$

$$\text{Jumlah Bantalan} = 150 : 0,6 = 250 \text{ bantalan}$$

$$\text{Berat bantalan} = 250 \times 2,112 = 528 \text{ Ton}$$

4. Km 5+425 s/d 5+575

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

$$\text{Waktu pekerjaan} = 150 \text{ menit/hari} = 150 \times 60 = 9000 \text{ detik/hari}$$

$$\text{Hasil Pekerjaan} = 150 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan pekerjaan} = 150 \text{ m} : 9000 \text{ detik} = 0,017 \text{ m/detik}$$

$$\text{Jumlah Rel} = 150 : 25 = 6 \text{ batang rel}$$

$$\text{Berat Rel} = 6 \times 1350 = 8100 \text{ kg} = 8,1 \text{ Ton}$$

$$\text{Jumlah Bantalan} = 150 : 0,6 = 250 \text{ bantalan}$$

$$\text{Berat bantalan} = 250 \times 2,112 = 528 \text{ Ton}$$

5. Km 5+575 s/d 5+700

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

Waktu pekerjaan	= 150 menit/hari = 150 x 60 = 9000 detik/hari
Hasil Pekerjaan	= 125 m
Kecepatan pekerjaan	= 125 m : 9000 detik = 0,014 m/detik
Jumlah Rel	= 125 : 25 = 5 batang rel
Berat Rel	= 5 x 1350 = 6750 kg = 6,750 ton
Jumlah Bantalan	= 125 : 0,6 = 208,33 ≈ 208 bantalan
Berat bantalan	= 208 x 2,112 = 439,296 ton

6. Km 5+700 s/d 5+850

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

Waktu pekerjaan	= 150 menit/hari = 150 x 60 = 9000 detik/hari
Hasil Pekerjaan	= 150 m
Kecepatan pekerjaan	= 150 m : 9000 detik = 0,017 m/detik
Jumlah Rel	= 150 : 25 = 6 batang rel
Berat Rel	= 6 x 1350 = 8100 kg = 8,1 Ton
Jumlah Bantalan	= 150 : 0,6 = 250 bantalan
Berat bantalan	= 250 x 2,112 = 528 Ton

7. Km 5+850 s/d 6+000

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

Waktu pekerjaan	= 150 menit/hari = 150 x 60 = 9000 detik/hari
Hasil Pekerjaan	= 150 m
Kecepatan pekerjaan	= 150 m : 9000 detik = 0,017 m/detik
Jumlah Rel	= 150 : 25 = 6 batang rel
Berat Rel	= 6 x 1350 = 8100 kg = 8,1 Ton
Jumlah Bantalan	= 150 : 0,6 = 250 bantalan
Berat bantalan	= 250 x 2,112 = 528 Ton

Dari perhitungan di atas, dapat diketahui jumlah rel dan bantalan beserta beratnya sepanjang Km 5+000 s/d 6+000. Dapat di jumlahkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Rel} &= \mathbf{40 \text{ batang}} \\
 \text{Berat Rel} &= 8,1 + 6,75 + 8,1 + 8,1 + 6,75 + 8,1 + 8,1 \\
 &= \mathbf{54 \text{ Ton}} \\
 \text{Jumlah Bantalan} &= 250 + 208 + 250 + 250 + 208 + 250 + 250 \\
 &= \mathbf{1.666 \text{ bantalan}} \\
 \text{Berat bantalan} &= 528 + 439,296 + 528 + 528 + 439,296 + 528 + 528 \\
 &= \mathbf{3.518,592 \text{ ton}}
 \end{aligned}$$

4.4.2 Pekerjaan Kisaran – Mambang Muda 2 (PKM 2)

1. Km 10+100 s/d 10+150

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu pekerjaan} &= 150 \text{ menit/hari} = 150 \times 60 = 9000 \text{ detik/hari} \\
 \text{Hasil Pekerjaan} &= 150 \text{ m} \\
 \text{Kecepatan pekerjaan} &= 150 \text{ m} : 9000 \text{ detik} = 0,017 \text{ m/detik} \\
 \text{Jumlah Rel} &= 150 : 25 = 6 \text{ batang rel} \\
 \text{Berat Rel} &= 6 \times 1350 = 8100 \text{ kg} = 8,1 \text{ Ton} \\
 \text{Jumlah Bantalan} &= 150 : 0,6 = 250 \text{ bantalan} \\
 \text{Berat bantalan} &= 250 \times 2,112 = 528 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

2. Km 10+150 s/d 10+250

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu pekerjaan} &= 150 \text{ menit/hari} = 150 \times 60 = 9000 \text{ detik/hari} \\
 \text{Hasil Pekerjaan} &= 100 \text{ m} \\
 \text{Kecepatan pekerjaan} &= 100 \text{ m} : 9000 \text{ detik} = 0,011 \text{ m/detik} \\
 \text{Jumlah Rel} &= 100 : 25 = 4 \text{ batang rel} \\
 \text{Berat Rel} &= 4 \times 1350 = 5400 \text{ kg} = 5,4 \text{ ton} \\
 \text{Jumlah Bantalan} &= 100 : 0,6 = 166,666 \approx 167 \text{ bantalan} \\
 \text{Berat bantalan} &= 167 \times 2,112 = 352,704 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

3. Km 10+250 s/d 10+375

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

Waktu pekerjaan	= 150 menit/hari = 150 x 60 = 9000 detik/hari
Hasil Pekerjaan	= 125 m
Kecepatan pekerjaan	= 125 m : 9000 detik = 0,014 m/detik
Jumlah Rel	= 125 : 25 = 5 batang rel
Berat Rel	= 5 x 1350 = 6750 kg = 6,750 ton
Jumlah Bantalan	= 125 : 0,6 = 208,33 ≈ 208 bantalan
Berat bantalan	= 208 x 2,112 = 439,296 ton

4. Km 10+375 s/d 10+500

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

Waktu pekerjaan	= 150 menit/hari = 150 x 60 = 9000 detik/hari
Hasil Pekerjaan	= 125 m
Kecepatan pekerjaan	= 125 m : 9000 detik = 0,014 m/detik
Jumlah Rel	= 125 : 25 = 5 batang rel
Berat Rel	= 5 x 1350 = 6750 kg = 6,750 ton
Jumlah Bantalan	= 125 : 0,6 = 208,33 ≈ 208 bantalan
Berat bantalan	= 208 x 2,112 = 439,296 ton

5. Km 10+500 s/d 5+650

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

Waktu pekerjaan	= 150 menit/hari = 150 x 60 = 9000 detik/hari
Hasil Pekerjaan	= 150 m
Kecepatan pekerjaan	= 150 m : 9000 detik = 0,017 m/detik
Jumlah Rel	= 150 : 25 = 6 batang rel
Berat Rel	= 6 x 1350 = 8100 kg = 8,1 Ton
Jumlah Bantalan	= 150 : 0,6 = 250 bantalan
Berat bantalan	= 250 x 2,112 = 528 Ton

6. Km 10+650 s/d 10+750

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

Waktu pekerjaan	= 150 menit/hari = 150 x 60 = 9000 detik/hari
Hasil Pekerjaan	= 100 m
Kecepatan pekerjaan	= 100 m : 9000 detik = 0,011 m/detik
Jumlah Rel	= 100 : 25 = 4 batang rel
Berat Rel	= 4 x 1350 = 5400 kg = 5,4 ton
Jumlah Bantalan	= 100 : 0,6 = 166,666 ≈ 167 bantalan
Berat bantalan	= 167 x 2,112 = 352,704 ton

7. Km 10+750 s/d 10+875

Data yang di dapat dari lapangan antara lain :

Waktu pekerjaan	= 150 menit/hari = 150 x 60 = 9000 detik/hari
Hasil Pekerjaan	= 125 m
Kecepatan pekerjaan	= 125 m : 9000 detik = 0,014 m/detik
Jumlah Rel	= 125 : 25 = 5 batang rel
Berat Rel	= 5 x 1350 = 6750 kg = 6,750 ton
Jumlah Bantalan	= 125 : 0,6 = 208,33 ≈ 208 bantalan
Berat bantalan	= 208 x 2,112 = 439,296 ton

Dari perhitungan di atas, dapat diketahui jumlah rel dan bantalan beserta beratnya sepanjang Km 5+000 s/d 10+875. Dapat di jumlahkan sebagai berikut :

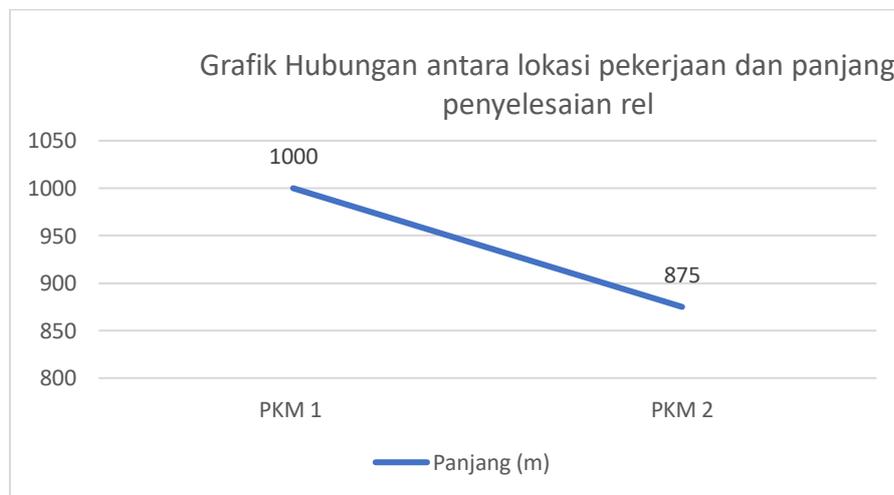
Jumlah Rel	= 35 batang
Berat Rel	= 8,1 + 5,4 + 6,75 + 6,75 + 8,1 + 5,4 + 6,75 Ton = 47,25 Ton
Jumlah Bantalan	= 250 + 167 + 208 + 208 + 250 + 167 + 208 = 1.458 bantalan
Berat bantalan	= 528 + 352,704 + 439,296 + 439,296 + 528 + 352,704 + 439,296 = 3.079,296 ton

4.5 Perbandingan Hasil Pekerjaan PKM 1 dan PKM 2

Dari hasil perhitungan panjang, jumlah rel dan bantalan serta berat rel dan bantalan, maka di dapat hasil perbandingan antara PKM 1 dan PKM 2 yang terdapat pada Tabel 4.1

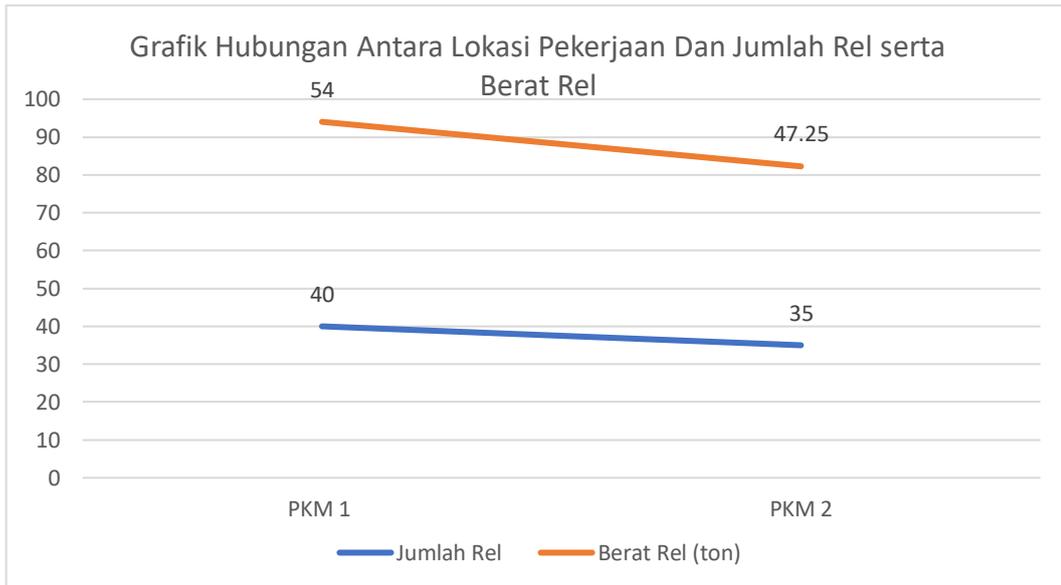
Tabel 4. 1: Data Perbandingan PKM 1 dan PKM 2

Lokasi Pekerjaan	Panjang (m)	Jumlah Rel	Berat Rel (Ton)	Jumlah Bantalan	Berat Bantalan (Ton)
PKM 1	1000	40	54	1.666	3.518,592
PKM 2	875	35	47.25	1.458	3.079,296

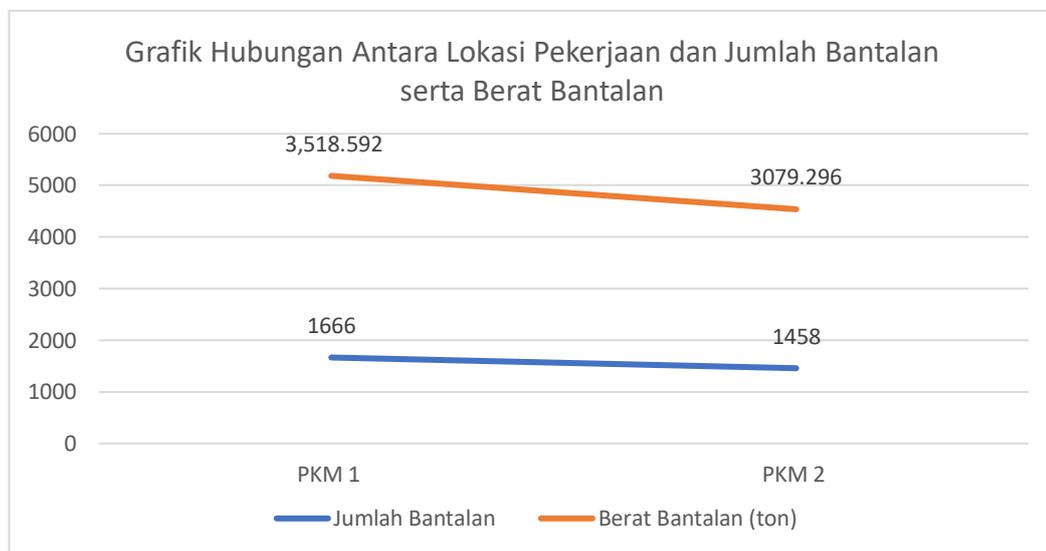


Gambar 4. 1: Grafik Hubungan antara lokasi pekerjaan dengan panjang penyelesaian rel

Tael 4.1 dan Gambar 4.1 diatas merupakan perbandingan hasil pekerjaan pada tiap lokasi pekerjaan. Bahwasanya hasil pekerjaan PKM 1 lebih besar di bandingkan PKM 2 pada waktu dan jumlah pekerja yang sama. Selain dalam panjang nya, ditinjau juga dengan jumlah rel dan berat rel yang di jelaskan pada gambar 4.2 dan 4.3



Gambar 4. 2: Grafik Hubungan Antara Lokasi Pekerjaan Dan Jumlah Rel serta Berat Rel



Gambar 4. 3: Grafik Hubungan Antara Lokasi Pekerjaan dan Jumlah Bantalan serta Berat Bantalan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- a. Perbedaan/perbandingan cara kerja track laying pada lokasi pekerjaan PKM 1 dan PKM 2 terdapat pada alat yang digunakan yaitu Yamaguchi dan Linggis sebagai alat yang berfungsi untuk menggeser / memindahkan rel.
- b. Pekerjaan track laying pada PKM 1 dapat mengganti rel sepanjang 1000 m sebanyak 40 rel dengan berat 54 ton. Sedangkan PKM 2 sepanjang 875 m sebanyak 35 rel dengan berat 47,25 ton.

5.2 Saran

- a. Diharapkan tugas akhir ini dapat diteruskan untuk mendapatkan hasil perbandingan terhadap cara kerja track laying yang lain.
- b. Dalam tugas akhir ini, jika terdapat hasil yang kurang sesuai diharapkan agar dapat diskusi dengan penulis. Apabila nilai yang didapatkan jauh dari hasil yang ada.
- c. Diharapkan tugas akhir ini dievaluasi kembali dalam rangka mendapatkan hasil yang optimal dan dapat dilakukan perbandingan terhadap hasil yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, R., Muslim, M. A., & Hasanah, R. N. (2016). Analisis Metode Fuzzy Analytical Network Process untuk Sistem Pengambilan Keputusan Pemeliharaan Jalan. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 5(2), 122–128.
- Chopra, S., Meindl, P., Rutkowski, K., & Nakonechna, T. (n.d.). *THEORETICAL ASPECTS OF THE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT SYSTEM*.
- Lestari, W. A. (2021). PANITIA PENYELENGGARA. *Prosiding Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi*, v–v.
- Menteri Perhubungan. (2012). PM 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. *PM. No. 60 Tahun 2012*, 1–57.
- MIAS, F. (2015). *ANALISIS PEMBEBANAN TEORITIS PADA TEGANGAN STRUKTUR JALAN REL STUDI KASUS KETAPANG, SUNGKAI SELATAN, LAMPUNG UTARA*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Muhtarom, Z., & Ratih, S. Y. (2021). Analisis Kondisi Jalan Rel Kereta Api Pada Lintas Sragen-Solo Berdasarkan Nilai Track Quality Indeks (TQI). *Jurnal Teknik Sipil*, 17(1), 1–13.
- Muntohar, A. S. (2019). Effect of moisture on the strength of stabilized clay with lime-rice husk ash and fibre against wetting-drying cycle. *International Journal of Integrated Engineering*, 11(9), 100–109.
- Nasution, M. N., & Sikumbank, R. F. (2004). *Manajemen jasa terpadu*.
- Perhubungan, K. (2012). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012, Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Nusa Media: Jakarta.
- Perhubungan, M. (2012). Persyaratan teknis jalur kereta api. *Peraturan Menteri Perhubungan PM, 60*.
- PT. Kereta Api Indonesia (Persero). (1986). *Peraturan dinas nomor 10 tentang perencanaan konstruksi jalan rel*. 1–62.
- Rosyidi, S. A. P. (2015). *Rekayasa Jalan Kereta Api*. Yogyakarta: LP3M Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Supit, D. D. (2020). ANALISA PRODUKTIVITAS DAN EFISIENSI ALAT BERAT UNTUK PEKERJAAN TANAH, DAN PEKERJAAN PERKERASAN BERBUTIR: Studi Kasus: Proyek Rehabilitasi Ring Road II–Paniki. *Journal Dynamic Saint*, 5(1), 906–917.
- Utomo, S. H. T., & Hapsoro, S. (2009). *Jalan Rel*. Yogyakarta: Beta Offset.

LAMPIRAN



Lampiran 1. Pelaksanaan Track Laying.



Lampiran 2. Peningkatan Struktur Jalan Rel (Penggantian bantalan beton dan rel R.42 menjadi R.54).



Lampiran 3. Pengukuran elevasi struktur jalan rel menggunakan alat ukur matisa.



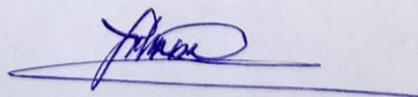
Lampiran 4. Safety Briefing sebelum pelaksanaan Track Laying.

LEMBAR ASISTENSI

Nama : LUTHEI MUHAR FANSURY SIREGAR
Npm : 2107210207P
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Judul : EVALUASI PEKERJAAN PENGANTIAN BANTALAN
BETON DAN REL R.92 MENJADI R.54 DALAM PEKERJAAN
TRACK LAYING PADA PROYEK PENINGKATAN JALUR K.A
LINTAS KISARAN - RANTAU PRAPAT

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	19 Juli 2022	Asistensi Judul	
2.	10 Oktober 2022	Asistensi Judul	
3.	12 Oktober 2022	Revisi Judul	
4.	13 Oktober 2022	ACC Judul	
5.	17 Desember 2022	Asistensi Proposal	
6.	05 Januari 2023	Asistensi Proposal	
7.	06 Januari 2023	ACC Proposal	
8.	06 Januari 2023	Mengajukan berkas-berkas Seminar Proposal ke biro Teknik	
9.	11 Januari 2023	Seminar Proposal	

Dosen Pembimbing



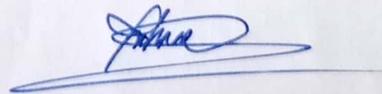
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

LEMBAR ASISTENSI

Nama : LUTHFI MUHAM FANISURY SIREGAR
Npm : 2107210207P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Perbandingan Cara Pekerjaan Penggantian Bantalan Beton dan REL R.92 Menjadi R.59 Dalam Pekerjaan Track Laying Pada Proyek Peningkatan Jalur Kereta Api (KM 10+000 s/d 11+000) Lintas Kisaran - Rantan Prapat.

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	27 Februari 2023	Revisi judul	
2.	28 Februari 2023	Asistensi Hasil BAB 4	
3.	3 Maret 2023	Asistensi Hasil BAB 4,5	
4.	4 Maret 2023	Asistensi Perhitungan BAB 7	
5.	5 Maret 2023	ACC Hasil Bab 4 dan 5	

Dosen Pembimbing



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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Biodata Mahasiswa

Nama : Luthfi Muhar Fansury Siregar
NPM : 2107210207P
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan / 10 April 2000
Alamat : Jl. Mesjid Dusun XIII, Perumahan Citra Graha Blok F
Email : fansuryluthfi@gmail.com

Riwayat Pendidikan

1. Tahun 2005 - 2011 : SD Muhammadiyah 01 Medan
2. Tahun 2011 - 2014 : SMP Muhammadiyah 01 Medan
3. Tahun 2014 - 2017 : SMA Muhammadiyah 01 Medan
4. Tahun 2017 - 2020 : Politeknik Negeri Medan
5. Melanjutkan Serjana di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2021 - 2023