

**KAJIAN PENGGANTIAN PERSINYALAN
STASIUN MAMBANG MUDA**

KERTAS KERJA WAJIB



Diajukan Oleh:

AHMAD ALFARIZI

NOTAR: 19.03.003

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD
PROGRAM STUDI DIPLOMA III MANAJEMEN
TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN
BEKASI
2022**

**KAJIAN PENGANTIAN PERSINYALAN
STASIUN MAMBANG MUDA**

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian Program Studi
Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya



Diajukan Oleh:

AHMAD ALFARIZI

NOTAR: 19.03.003

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA–STTD
PROGRAM STUDI DIPLOMA III MANAJEMEN
TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN
BEKASI
2022**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Kertas Kerja Wajib (KKW) ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama	: Ahmad Alfarizi
Notar	: 19.03.003
Tanda Tangan	: 
Tanggal	: 14 Agustus 2022

**HALAMAN PENGESAHAN
KERTAS KERJA WAJIB
KAJIAN PENGGANTIAN PERSINYALAN
STASIUN MAMBANG MUDA**

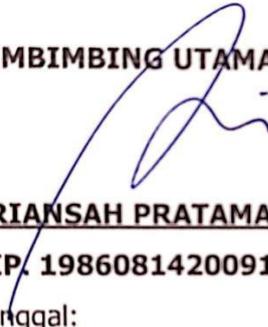
Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

AHMAD ALFARIZI

NOTAR: 19.03.003

Telah disetujui oleh:

PEMBIMBING UTAMA

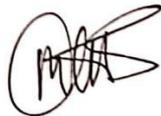


URIANSAH PRATAMA, MM.

NIP. 198608142009121002

Tanggal:

PEMBIMBING PENDAMPING



MEGA SURYANDARI S. SiT, MT.

NIP. 198708302008122002

Tanggal:

KERTAS KERJA WAJIB
KAJIAN PENGGANTIAN PERSINYALAN
STASIUN MAMBANG MUDA

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan
Program Studi Diploma III

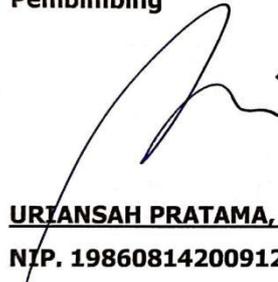
Oleh:

AHMAD ALFARIZI

NOMOR TARUNA: 19.03.003

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 3 AGUSTUS 2022
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

Pembimbing



URIANSAH PRATAMA, MM.

NIP. 198608142009121002

Pembimbing

Tanggal: 9 Agustus 2022



MEGA SURYANDARI S. SIT, MT.

NIP. 198708302008122002

Tanggal: 9 Agustus 2022

PROGRAM STUDI DIPLOMA III MANAJEMEN
TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN

KERTAS KERJA WAJIB
KAJIAN PENGGANTIAN PERSINYALAN
STASIUN MAMBANG MUDA

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

AHMAD ALFARIZI

NOMOR TARUNA: 19.03.003

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 3 AGUSTUS 2022
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

DEWAN PENGUJI

Penguji I  <u>Dr. Ir. HERMANTO DWIATMOKO, M.STr</u>	Penguji II  <u>AZHAR HERMAWAN R., MT.</u> NIP. 19881013 201012 1 003
Penguji III  <u>MEGA SURYANDARI, S.Si., MT.</u> NIP. 19870830 200812 2 002	Penguji IV  <u>Ir. THERESIA FAJAR P., MT., IPP</u> NIP. 19851128 200812 2 001

MENGETAHUI,

KETUA PROGRAM STUDI

MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN


Ir. BAMBANG DRAJAT, MM

NIP.19581228 198903 1 002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI

Sebagai civitas akademik Politeknik Transportasi Darat Indonesia -STTD saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Alfarizi

Notar : 19.03.003

Program Studi : D-III Manajemen Transportasi Perkeretaapian

Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD. **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

KAJIAN PENGGANTIAN PERSINYALAN STASIUN MAMBANG MUDA

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Politeknis Transportasi Darat Indonesia-STTD berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bekasi

Pada tanggal : 14 Agustus 2022

Yang Menyatakan



(Ahmad Alfarizi)

ABSTRAK

Saat ini sistem persinyalan *Siemens & Halske* (S&H) di stasiun Mambang Muda sudah beroperasi sejak 1982 dan memiliki ketersediaan suku cadang yang terbatas, Kondisi ini sangat memungkinkan untuk terjadinya gangguan persinyalan. Ditambah peningkatan penumpang dan barang setiap tahunnya, Oleh karena itu perlu di adakan kajian penggantian sistem persinyalan mekanik ke elektrik.

Kajian penggantian persinyalan dilakukan melalui survei kelembagaan dan survei lapangan untuk mendapatkan data sekunder dan primer yang digunakan sebagai dasar kajian penggantian sinyal, poin-poin utama yang termasuk dalam analisis ini adalah analisis ketersediaan suku cadang, analisis gangguan persinyalan, analisis peramalan penumpang dan barang, analisis frekuensi dan analisis kapasitas lintas.

Hasil analisis penggantian persinyalan menunjukkan bahwa ketersediaan suku cadang hanya 13%, gangguan terbanyak terdapat pada peralatan luar sinyal mekanik sebesar 67%, dan pada tahun 2031 perjalanan kereta api 48 kereta api dan untuk kapasitas lintas 45 KA perhari menggunakan sistem persinyalan mekanik. Dan 51 KA perhari menggunakan sistem persinyalan elektrik.

Kata kunci : Sistem persinyalan kereta api, ketersediaan suku cadang, gangguan persinyalan, frekuensi.

ABSTRACT

Currently, the Siemens & Halske (S&H) signaling system at Mambang Muda station has been operating since 1982 and has limited spare parts availability. This condition is very possible for signal interference to occur. Plus the increase in passengers and goods every year, therefore it is necessary to study the replacement of the mechanical signaling system to the electric one.

The study of signaling replacement is carried out through institutional surveys and field surveys to obtain secondary and primary data that is used as the basis for the study of signal replacement, the main points included in this analysis are analysis of spare parts availability, analysis of signaling disturbances, analysis of passenger and freight forecasting, analysis of frequency and cross capacity analysis.

The results of signaling replacement analysis show that the availability of spare parts is only 13%, the most interference is in equipment outside of mechanical signals by 67%, and in 2031 train trips 48 trains and for a cross capacity of 45 trains per day using a mechanical signaling system. And 51 trains per day use an electric signaling system.

Keywords : Railway signaling system, availability of spare parts, signal disturbance, frequency.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat ALLAH SWT karena dengan petunjuk serta limpahan rahmat-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Kertas Kerja Wajib (KKW) yang berjudul "Kajian Pergantian Sistem Persinyalan Di Stasiun Aekloba - Mambang Muda" tepat pada waktunya.

Penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW) ini merupakan salah satu tugas akhir dari Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian Politeknik Transportasi Darat Indonesia - STTD Angkatan XLI tahun 2021/2022 guna memperoleh gelar Ahli Madya Manajemen Transportasi Perkeretaapian (Amd.MTP)

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi – tingginya atas bimbingan, arahan, serta dukungan pemikiran yang telah diberikan selama ini kepada yang terhormat :

1. Bapak Ahmad Yani, ATD, MT selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD;
2. Bapak Ir. Bambang Drajat, MM selaku Ketua Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian;
3. Bapak Uriansah Pratama, MM. selaku Dosen Pembimbing I;
4. Ibu Mega Suryandari, S.SiT., MT. selaku Dosen Pembimbing II;
5. Balai Teknik Perkeretaapian Kelas II Sumatera Utara bersama pihak – pihak terkait yang telah membantu dalam pengumpulan data–data guna penelitian;
6. Kedua orang tua tercinta Kusmanto dan Herni Sustinah yang telah memberikan dukungan baik secara moril maupun materil;
7. Kedua kakak tersayang Santi Margianti dan Dian Sukmasari yang telah memberikan dukungan baik secara moril maupun materil;
8. Rekan – rekan Taruna/i Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian angkatan XLI;
9. Rekan-rekan tim PKL Balai Teknik Perkeretaapian Sumatera Bagian Utara 2021/2022;
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu sehingga Kertas Kerja Wajib ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Kertas Kerja Wajib ini masih banyak terdapat kekurangan karena berbagai keterbatasan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Kertas Kerja Wajib ini. Semoga Kertas Kerja Wajib ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Bekasi, 14 Agustus 2022



Ahmad Alfarizi

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
ABSTRAKSI	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Rumusan Masalah	3
D. Maksud dan Tujuan	4
E. Batasan Masalah	4
BAB II GAMBARAN UMUM	5
A. Balai Teknik Perkeretaapian Kelas II Wilayah Sumatera Bagian Utara	5
B. Kondisi Angkutan Perkeretaapian Sumatera Utara	8
C. Divisi Regional I Sumatera Utara	10
D. Wilayah Kajian	13
BAB III KAJIAN PUSTAKA	23
A. Perkeretaapian	23
B. Fasilitas Operasi Kereta Api dan Sistem Persinyalan	23
C. Peramalan Penumpang Dan Barang	28
D. Frekuensi Perjalanan Kereta Api	31
E. Headway	31
F. Kapasitas Lintas	32
BAB IV METODE PENELITIAN	33
A. Alur Pikir Penelitian	33
B. Bagan Alir Penelitian	33

C. Teknik pengumpulan data	35
D. Teknik Analisis	36
E. Lokasi dan Jadwal Penelitian	36
BAB V ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH	37
A. Kondisi Peralatan Persinyalan	37
B. Analisis Peningkatan Frekuensi	41
C. Pemecahan Masalah	58
BAB VI PENUTUP	64
A. Kesimpulan	64
B. Saran	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Peta Wilayah Kerja BTP SUMBAGUT	5
Gambar II. 2 Diagram Angkutan Jumlah Penumpang	9
Gambar II. 3 Diagram Angkutan Barang DIVRE I Sumatera Utara	9
Gambar II. 4 Peta Fasilitas Operasi Unit Sintelis DIVRE I Sumatera Utara,2022	11
Gambar II. 5 Tampak Depan Stasiun Mambang Muda	14
Gambar II. 6 Tampak Samping Stasiun Mambang Muda	14
Gambar II. 7 Perkakas Hendel Stasiun Mambang Muda	16
Gambar II. 8 Lemari Blok di Stasiun Mambang Muda	16
Gambar II. 9 Meja Mistar di Stasiun Mambang Muda	17
Gambar II. 10 Peraga Sinyal di Stasiun Mambang Muda	18
Gambar II. 11 Wesel Mekanik di Stasiun Mambang Muda	18
Gambar II. 12 Saluran Kawat Peraga sinyal Mekanik	19
Gambar V.1 Ketersediaan Suku Cadang	39
Gambar V.2 Gangguan Persinyalan	40

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Laju Pertumbuhan dan Kepadatan Penduduk Kabupaten/Kota Provinsi Sumatera Utara	6
Tabel II.2 Aset peralatan luar mekanik	20
Tabel II.3 Aset peralatan dalam Mekanik	20
Tabel II.4 Aset peralatan sintelis Mekanik	21
Tabel II.5 Suku cadang persinyalan	21
Tabel II.6 Gangguan persinyalan	22
Tabel V. 1 Ketersediaan Suku Cadang	38
Tabel V. 2 Jumlah Penumpang KA Sribilah Utama Pertahun	41
Tabel V. 3 Hasil Perhitungan Metode Aritmatik	44
Tabel V. 4 Hasil Perhitungan Metode Geometrik	45
Tabel V. 5 Bahan Perhitungan Least Square	46
Tabel V. 6 Hasil Perhitungan Metode Least Square	48
Tabel V. 7 Hasil Pehitungan Aritmatik, Geometrik, dan Least Square	48
Tabel V. 8 Hasil Perhitungan	49
Tabel V. 9 Jumlah Ton Barang	50
Tabel V. 10 Hasil Perhitungan Metode Aritmatik Angkutan barang	52
Tabel V. 11 Hasil Perhitungan Metode Geometrik Angkutan barang	54
Tabel V. 12 Bahan Perhitungan Least Square	55
Tabel V. 13 Hasil Perhitungan Metode Least Square Angkutan barang	56
Tabel V. 14 Hasil Pehitungan Aritmatik, Geometrik, dan Least Square Angkutan Barang	56
Tabel V. 15 Hasil Perhitungan Angkutan Barang	57
Tabel V. 16 Jumlah KA di Stasiun Mambang Muda saat ini	59
Tabel V. 17 kapasitas lintas Aekloba-Mambang Muda saat ini	59
Tabel V. 18 Proyeksi Frekuensi KA berdasarkan demand	61

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Transportasi merupakan salah satu sistem kegiatan yang akan sangat membantu pergerakan dan pengembangan dalam suatu kota. Kelancaran transportasi sangat diharapkan oleh semua pihak yang terkait langsung maupun tidak langsung didalamnya, baik pengguna jasa maupun penyedia jasa transportasi. Mobilitas penduduk di suatu kota akan dapat berjalan lancar apabila di dukung oleh adanya prasarana dan sarana transportasi yang memadai dan handal.

Kereta Api merupakan moda transportasi dengan multi keunggulan komparatif, hemat lahan dan energi, rendah polusi, dan bersifat massal serta memiliki banyak keunggulan apabila dibandingkan dengan transportasi darat lainnya.

Untuk meningkatkan peran perkeretaapian sebagai transportasi massal perlu diperhatikan keseluruhan sistem perkeretaapian dari segi sarana, prasarana, dan operasional perjalanan kereta api. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga kehandalan dan keamanan kereta api agar tetap laik operasi dengan melakukan pemeriksaan, pemeliharaan, dan perawatan sarana dan prasarana kereta api guna mengurangi kecelakaan perjalanan kereta api.

Dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk yang begitu pesat akan mengakibatkan masyarakat untuk melakukan aktifitas yang sangat dipengaruhi oleh mobilitas masyarakat yang semakin meningkat. Pada masyarakat yang sudah maju pada saat ini terutama dengan adanya teknologi maka fungsi dari transportasi adalah menjadi penggerak pembangunan dan untuk melayani kegiatan nyata pada ekonomi yang sudah berjalan.

Divisi Regional (DIVRE) I Sumatera Utara sebagai operator angkutan kereta api telah melakukan penyediaan sarana dan prasarana angkutan kereta api. Pelayanan angkutan kereta api ini akan menjadi aman, nyaman,

dan cepat dalam perjalanannya apabila di tunjang dengan sistem yang baik. Untuk membangun suatu sistem yang baik maka setiap komponen-komponen dalam sistem tersebut harus diperbaiki, baik dari segi sarana, prasarana maupun sistem operasi. Untuk meningkatkan keamanan perjalanan kereta api, di butuhkan sistem persinyalan yang handal. Namun untuk meningkatkan kehandalan persinyalan tersebut banyak faktor yang harus diperhatikan salah satunya adalah dengan memoderenisasi persinyalan.

Saat ini sistem persinyalan *Siemens & Halske* (S&H) pada wilayah Sumatera utara sudah beroperasi sejak 1982 dan memiliki ketersediaan suku cadang yang terbatas, seperti hanya ada *Draad Spanner, Joint Closure 12 Core, Patch Core Fo, Olie Meditrans*. Dan untuk suku cadang peralatan lainnya sudah tidak lagi di produksi. Hal ini tentu mempersulit pekerjaan perawatan dan perbaikan peralatan persinyalan dan penggantian suku cadang tersebut. Karenanya perbaikan pada peralatan persinyalan yang rusak menggunakan sistem *kanibalisme* atau mengambil peralatan persinyalan pada fasilitas lain yang jarang terpakai. Kondisi ini sangat memungkinkan untuk terjadinya hal – hal yang tidak diinginkan terhadap keamanan perjalanan kereta api apabila terjadi gangguan pada peralatan persinyalan seperti pada periode bulan Januari-Maret 2022 terdapat gangguan seperti : warta aman dari stasiun mbm tidak sampai ke stasiun akb, wesel 1 gagal balik, peraga sinyal kurang tegas atau naik, dan pelayanan sinyal berat karena sosok kawat tarik sinyal masuk kedalam roda. Hal ini akan mengakibatkan semakin lambatnya pelayanan persinyalan terhadap perjalanan kereta api.

Maka dalam upaya meningkatkan keamanan perjalanan perkeretaapian untuk mengurangi gangguan, menghindari sistem *kanibalisme* dan saat ini terdapat 20 perjalanan kereta api, dengan peningkatan jumlah penumpang dari rentang tahun 2015-2019 rata-rata 23% setiap tahunnya dan peningkatan volume barang rentang tahun 2017-2019 rata-rata 29% setiap tahunnya. Sehingga dengan peningkatan setiap tahunnya maka melalui peralaman *demand* penumpang dan barang pada tahun 2031 terdapat 48 perjalanan. untuk itu perlu di adakan kajian penggantian sistem persinyalan mekanik ke elektrik dengan tujuan

mempermudah pelayanan persinyalan, dan untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan terhadap perjalanan kereta api maka penulis mengambil judul untuk penelitian Kertas Kerja Wajib dengan judul **"KAJIAN PENGGANTIAN SISTEM PERSINYALAN STASIUN MAMBANG MUDA"**

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada maka identifikasi masalah yang dapat disimpulkan bahwa :

1. Ketersediaan suku cadang yang terbatas sehingga menyebabkan sistem *kanibalisme*.
2. Adanya gangguan peralatan persinyalan di stasiun Mambang Muda yang menyebabkan gangguan perjalanan kereta api.
3. Adanya peningkatan jumlah angkutan penumpang dan volume angkutan barang setiap tahunnya.

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimana ketersediaan suku cadang persinyalan mekanik *Siemens & Halske (S&H)* yang ada pada stasiun Mambang Muda pada saat ini?
2. Apa gangguan yang paling sering terjadi terjadi di stasiun Mambang Muda?
3. Bagaimana peningkatan frekuensi KA berdasarkan *demand* penumpang dan barang sampai dibutuhkan pergantian sistem persinyalan mekanik ke sistem persinyalan elektrik?
4. Bagaimana usulan penanganan masalah persinyalan mekanik di Mambang Muda?

D. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan kertas kerja wajib (KKW) ini adalah melakukan kajian terhadap rencana pergantian persinyalan mekanik menjadi persinyalan elektrik pada stasiun Mambang Muda dikaitkan dengan kondisi persinyalan saat ini dan kenaikan jumlah frekuensi berdasarkan *demand* penumpang dan barang.

Tujuan dari penulisan Kertas kerja Wajib ini adalah :

1. Untuk mengetahui ketersediaan suku cadang persinyalan mekanik di stasiun Mambang Muda saat ini.
2. Untuk mengetahui gangguan persinyalan yang sering terjadi di stasiun Mambang Muda
3. Mengetahui peningkatan frekuensi perjalanan kereta api tahun 2031

E. Batasan Masalah

Supaya Penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW) ini lebih terarah, maka perlu di lakukan pembatasan ruang lingkup penelitian. Adapun batasan masalah penelitian ini yaitu :

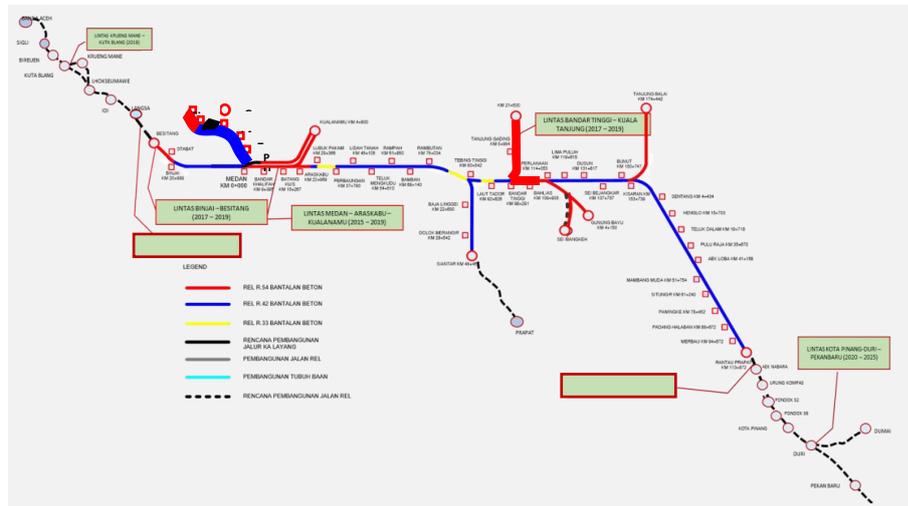
1. Penelitian ini dilakukan di wilayah studi khususnya di stasiun Mambang Muda di Kabupaten Labuhanbatu Utara, Sumatera Utara.
2. Tidak membahas anggaran biaya penggantian persinyalan elektrik.
3. Tidak membahas tentang dampak operasi kereta api saat pengerjaan pergantian persinyalan elektrik.
4. Tidak membahas ketersediaan sarana.

BAB II

GAMBARAN UMUM

A. Balai Teknik Perkeretaapian Kelas II Wilayah Sumatera Bagian Utara

Balai Teknik Perkeretaapian Kelas II Wilayah Sumatera Bagian Utara merupakan Unit Pelaksana Teknis dibawah naungan Kementerian Perhubungan yang bertempat di Jalan Kenanga Raya No. 37B, Tanjung Sari, Kecamatan Medan Selayang, Kota Medan, Sumatera Utara. Provinsi Sumatera Utara terletak pada garis 10 - 40° LU dan 980° - 1000° BT dengan memiliki luas mencapai 72.981,23 km².



Sumber: BTP SUMBAGUT, 2022

Gambar II. 1 Peta Wilayah Kerja BTP SUMBAGUT

Berdasarkan gambar II.1. Wilayah kerja Balai Teknik Perkeretaapian Kelas II Wilayah Sumatera Bagian Utara meliputi:

1. Sumatera Utara I
 - a. Medan – Binjai
 - b. Medan – Belawan
2. Sumatera Utara II
 - a. Medan – Tebing Tinggi
3. Sumatera Utara III
 - a. Tebing Tinggi – Rantauprapat

Balai Teknik Perkeretaapian Kelas II Wilayah Sumatera Bagian Utara berada di Provinsi Sumatera Utara yang merupakan Provinsi keempat dengan jumlah penduduk terbesar di Indonesia setelah Jawa Barat, Jawa Timur, dan Jawa Tengah. Kondisi Demografi Sumatera Utara yang diambil dari data Badan Pusat Statistik (BPS) menurut hasil Sensus Penduduk (SP) 2020, penduduk tahun 2021 berjumlah 14.936.148 jiwa. Sementara itu hasil sensus penduduk pada tahun 2020 mencapai 14.799.361 jiwa. Dan berdasarkan tabel II.I untuk jumlah penduduk paling banyak ada pada kabupaten Medan.

Berikut tabel jumlah penduduk Provinsi Sumatera Utara beserta laju pertumbuhan dan kepadatan penduduk 2021 menurut Provinsi Sumatera Utara dalam Angka 2022.

Tabel II. 1 Laju Pertumbuhan dan Kepadatan Penduduk Kabupaten/Kota Provinsi Sumatera Utara

No	Kabupaten/Kota	Penduduk (Ribuan)	Persentase penduduk (%)	Laju Pertumbuhan	Kepadatan Penduduk
1	Kabupaten Nias	147.794	0,99	1,02	80,21
2	Kabupaten Mandailing Natal	478.062	3,2	1,46	77,94
3	Kabupaten Tapanuli Selatan	303.685	2,03	1,23	50,36
4	Kabupaten Tapanuli Tengah	369.300	2,47	1,51	168,78
5	Kabupaten Tapanuli Utara	315.222	2,11	1,05	83,14
6	Kabupaten Toba	208.754	1,4	1,66	89,64
7	Kabupaten Labuhanbatu	499.982	3,35	1,65	231,9
8	Kabupaten Asahan	777.626	5,21	1,33	210,04
9	Kabupaten Simalungun	1.003.727	6,72	1,82	229,74

No	Kabupaten/Kota	Penduduk (Ribuan)	Presentase penduduk (%)	Laju Pertumbuhan	Kepadatan Penduduk
10	Kabupaten Dairi	311.665	2,09	1,25	161,67
11	Kabupaten Karo	409.077	2,74	1,35	192,33
12	Kabupaten Deli Serdang	1.941.374	13	0,69	866,04
13	Kabupaten Langkat	1.034.519	6,93	0,56	165,21
14	Kabupaten Nias Selatan	366.163	2,45	2,09	200,62
15	Kabupaten Humbang Hsundutan	199.719	1,34	1,33	85,52
16	Kabupaten Pakpak Bharat	53.315	0,35	2,46	43,76
17	Kabupaten Samosir	137.696	0,92	1,23	66,55
18	Kabupaten Batu Bara	413.171	2,77	0,81	448,03
19	Kabupaten Serdang Berdagai	662.076	4,44	0,93	348,42
20	Kabupaten Padang Lawas Utara	263.551	1,76	1,45	67,27
21	Kabupaten Padang Lawas	263.719	1,76	1,39	67,75
22	Kabupaten Labuhan Batu Selatan	316.798	2,12	1,15	88,1
23	Kabupaten Labuhan Batu Utara	385.869	2,58	1,35	108,06
24	Kabupaten Nias Utara	148.790	1	1,37	123,71
25	Kabupaten Nias Barat	90.585	0,61	0,88	191,22

No	Kabupaten/Kota	Penduduk (Ribu)	Presentase penduduk (%)	Laju Pertumbuhan	Kepadatan Penduduk
26	Kabupaten Sibolga	89.932	0,61	0,52	2.177,00
28	Kabupaten Pematang Siantar	270.768	1,81	1,25	4.864,68
29	Kabupaten Tebing Tinggi	174.969	1,17	1,65	5.644,16
30	Kota Medan	2.460.858	16,46	1,4	9.286,26
31	Kota Binjai	295.361	1,97	1,61	4.990,05
32	Kota Padang Sidempuan	227.674		1,52	1.985,64
33	Kota Gunung Sitoli	136.707	0,52	0,68	486,88

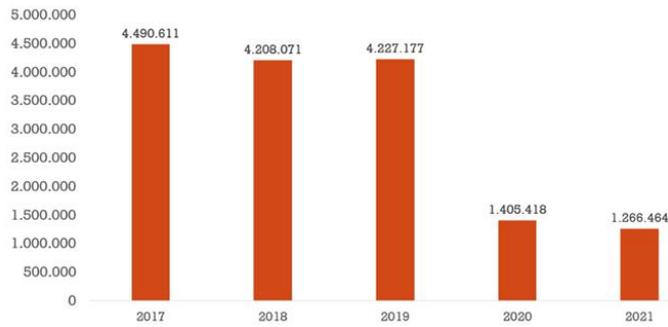
Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, 2022

B. Kondisi Angkutan Perkeretaapian Sumatera Utara

1. Angkutan Penumpang

KA Reguler merupakan angkutan penumpang yang beroperasi melintasi lintas Kisaran – Mambang Muda. Adapun yang termasuk KA Reguler yaitu hanya KA Sribilah kelas Bisnis dan Eksekutif dengan total 8 perjalanan yang melewati lintas Kisaran – Mambang Muda. Untuk tarif kelas bisnis sebesar Rp80.000,00 dan kelas Eksekutif sebesar Rp115.000,00 dengan jarak tempuh total 53 km.

Menurut data yang diperoleh dari DIVRE I Sumatera Utara, jumlah penumpang dari tahun 2017 hingga 2019 terjadi penarikan jumlah penumpang namun terjadi penurunan pada tahun 2020 hingga 2021. Diagram jumlah penumpang dapat dilihat secara jelas pada grafik berikut.



Sumber: Divisi Regional I Sumatera Utara, 2022

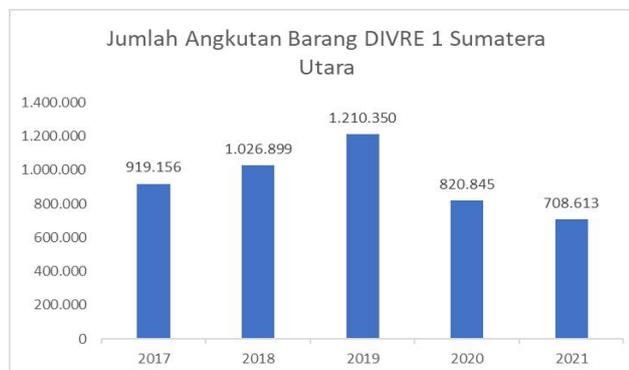
Gambar II.2 Diagram Angkutan Jumlah Penumpang

Pada gambar II.2 dapat dilihat perubahan yang signifikan pada tahun 2017 hingga tahun 2019 mengalami kenaikan dan pada tahun 2020 mengalami penurunan jumlah penumpang yang dikarenakan terjadinya pandemi sehingga sesuai peraturan Menteri Nomor 41 Tahun 2020 tentang Pengendalian Transportasi Dalam Rangka Pencegahan Penyebaran *Corona Virus Deases (Covid – 19)* yang menjelaskan bahwa adanya pembatasan jumlah penumpang yang awalnya 100% menjadi 75%.

2. Angkutan Barang

Kereta barang merupakan angkutan yang mengangkut barang dari lintas Kisaran – Mambangmuda. Jenis barang yang diangkut secara umum, yaitu peti kemas, BBM, CPO (kelapa sawit), dan karet.

Menurut data yang diperoleh dari DIVRE I Sumatera Utara, jumlah barang dari tahun 2017 hingga 2021 yang tertinggi yaitu CPO (kelapa sawit) dan yang terendah yaitu *lateks/karet*. Dinamika volume barang dapat dilihat secara jelas pada grafik berikut.



Sumber: DIVRE I Sumatera Utara, 2022

Gambar II. 3 Diagram Angkutan Barang DIVRE I Sumatera Utara

Pada gambar II.3 bisa dilihat grafik angkutan barang tersebut terlihat konsisten dari tahun 2017 hingga tahun 2019 karena pada tahun 2020 dan 2021 terjadi pandemi COVID – 19 yang mengakibatkan pembatasan dalam semua kegiatan. Untuk jumlah angkutan barang yang tertinggi yaitu terjadi pada tahun 2019 dan yang terendah yaitu pada tahun 2021. Dan untuk jumlah perjalanan kereta barang 12 perjalanan.

C. Divisi Regional I Sumatera Utara

1. Lintas Divre I Sumatera Utara

Divre I Sumatera Utara memiliki 5 jalur lintas dan memiliki panjang yang berbeda-beda, berikut adalah data masing-masing data panjang jalur lintas Divre 1 Sumatera Utara :

a. Lintas Medan-Binjai

Lintas Medan–Binjai memiliki total panjang 20,889 km kearah Aceh dan memiliki dua stasiun yaitu stasiun Medan yang bertipe Stasiun besar A dan stasiun Binjai yang bertipe stasiun kelas II. Untuk lintasMedan-Binjai hanya beroperasi kereta penumpang.

b. Lintas Medan-Belawan

Lintas Medan–Belawan memiliki total panjang 21,607 KM membentang ke arah utara menuju ke pelabuhan, untuk lintas ini memilki 4 stsiun yaitu Stasiun medan yang ber tipekelas Besar A, stasiun Pulu Brayan kelas II, stasiun Labuan Kelas II dan stasiun Belawan Besar C, Untuk lintas ini hanya beroperasi kereta barang

c. Lintas Araskabu-Kualanamu

Lintas Araskabu–Kualanamu memiliki total panjang lintas 4,6 km yang menghubungkan stasiun Araskabu-Bandara Kualanamu dimana stasiun Araskabu bertipe Kelas I dan stasiun Kualanamu bertipe besar B pada lintas ini beroperasi kereta api bandara

d. Lintas Kisaran–Tanjung Balai

Lintas Kisaran–Tanjung Balai memiliki panjang 20,461 km yang menghubungkan Pelabuhan Tanjung Balai yang terdapat 2 stasiun yaitu stasiun Kisaran bertipe besar C dan stasiun Tanjung Balai bertipe Kelas II pada lintas ini melayani kereta api Barang dan penumpang.

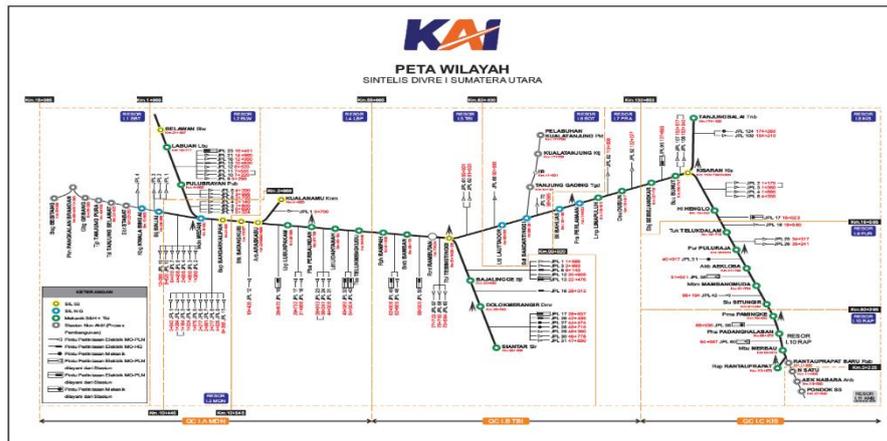
e. Lintas Medan–Kisaran

Lintas Medan–Kisaran memiliki total 153,739 km, terdapat 21 stasiun pada lintas ini, pada lintas ini melayani kereta api penumpang maupun barang

f. Lintas Kisaran–Rantauprapat

Lintas Kisaran–Rantauprapat memiliki total panjang 135,333 km di lintas ini ada 12 stasiun yang memiliki 4 jenis kelas stasiun dalam operasi melayani kereta api penumpang dan barang

2. Fasilitas Operasi di Divre I Sumatera Utara



Sumber : Unit Sintelis DIVRE 1 Sumatera Bagian Utara, 2022

Gambar II. 4 Peta Fasilitas Operasi Unit Sintelis DIVRE I Sumatera Utara, 2022

a. Sistem persinyalan di Divre 1 Sumatera Utara masih banyak menggunakan sistem persinyalan mekanik dibandingkan dengan sistem persinyalan elektrik bisa dilihat dari grafik diatas menunjukkan bahwa sinyal mekanik masih banyak di Divre 1 Sumatera Utara

Persinyalan yang ada di wilayah Divre I Sumatera Utara ada yaitu:

- 1) Sinyal elektrik SIL-02 (HIMA) memiliki 2 motor penggerak yang ada di lintas Medan;
- 2) Sinyal elektrik sistem *Interlocking Len 02* (SIL – 02)
SIL – 02 merupakan sistem persinyalan yang menggunakan *PLC (programmable logic controller)* buatan PT. LEN Industri Indonesia yang disebut juga sitem persinyalan Sistem *Interlocking LEN* versi 2. Sistem persinyalan ini menggunakan lampu LED (*light emitting diode*) Sistem persinyalan ini hanya ada di lintas Kualanamu, Bandarkhalifa, Batangkuis, Araskabu, Belawan, Tebingtinggi, Kisaran, Ujungbaru;
- 3) Sinyal mekanik S & H dengan blok TBI (*Tokenless Blok Instrumen*)
Sistem persinyalan mekanik merupakan sistem persinyalan yang menggunakan sistem manual yang menggunakan hendel-hendel yang dihubungkan dengan kawat tarik untuk menggerakkan peralatan luar. Teknologi interlocking elektro mekanik, dengan serangkaian perkakas hendel yang sama dengan tambahan peralatan lemari blok (pesawat blok) untuk hubungan blok antar stasiun yang dikaitkan dengan adanya warta kereta api boleh/tidaknya suatu kereta masuk ke dalam blok. Hubungan blok sistem persinyalan ini mutlak hanya mengijinkan satu kereta api dalam satu petak jalan, untuk hubungan blok lokal maupun antar stasiun waktu pelayanannya lebih cepat dari tipe sebelumnya. Stasiun yang menggunakan sistem persinyalan mekanik terdapat di lintas Binjai, Pulobrayan, Titi Papan, Labuan, Lubukpakam, Perbaungan, Lidahtanah, Telukmengkudu, Rampah, Baman, Rambutan, Lauttador, Bandartinggi, Bahlias, Perlanaan, Limapuluh, Dusun, Sei Bejangkar, Bunut, Tanjungbalai, Henglo, Telukdalam, Pulo Raja, Aekloba, Mambangmuda, Situngir, Pamingke, Padanghalaban,

Merbau, Rantauprapat, Bajalinggei, Dolok merangir,
Pematang Siantar.

3. Stasiun Divre 1 Sumatera Utara

Stasiun di Divre 1 Sumatera Utara memiliki 50 stasiun yang beroperasi yang digunakan untuk oprasional KA setiap harinya, dari 50 stasiun itu dibagi menjadi menjadi beberapa kelas yaitu:

- a. Stasiun besar A yaitu stasiun Medan;
- b. Stasiun besar B yaitu stasiun Kisaran dan stasiun Kualanamu;
- c. Stasiun besar C yaitu stasiun Rantauprapat;
- d. Selebihnya adalah Stasiun kelas I,II,III

4. Operasi Divre 1 Sumatera Utara

Divre 1 Sumatera Utara masih banyak menggandakan dari sektor KA barang dibandingkan KA penumpang untuk pendapatan Divre 1 tersebut. Oleh karena itu Divre 1 Sumatera Utara lebih mengoptimalkan dalam sektor KA barang.

Jumlah jenis KA di Divre 1 Sumatera Utara terdiri dari:

- a. KA bandara yang beroperasi di lintas dari stasiun Medan-Kualanamu;
- b. KA penumpang lokal sebanyak 4 jenis yaitu KA Sribilah, KA Siantar Ekspres, KA Putri deli dan KA Sri Lelawangsa;
- c. KA barang sebanyak 4 jenis yaitu KA BBM, KA CPO, KA Tembakau, dan KA kontainer Sei Mangkei.

D. Wilayah Kajian

1. Gambaran umum Stasiun Aekloba - Mambang Muda

- a. Gambaran umum Mambang Muda

Stasiun Mambang Muda (MBM) merupakan stasiun kereta api kelas II yang terletak di Aek Kanopan Timur, Kualuh Hulu, Labuhanbatu Utara. Stasiun Mambang Muda terletak ketinggian +27,50 meter pada kilometer (KM) 51+754 dan termasuk dalam Divisi Regional I Sumatra Utara dan Aceh. Stasiun Mambang Muda merupakan stasiun naik turun penumpang yang meng

hubungkan arah hulu ke stasiun Rantau Prapat dan ke arah hilir ke stasiun Medan. Stasiun Mambang Muda berada tak jauh dari jalan lintas Sumatra, ini mempermudah akses jalan untuk ke stasiun Mambang Muda. Stasiun Mambang Muda berbatasan di sisi barat dengan stasiun aek loba dan sisi timur dengan stasiun Situnggir.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022

Gambar II. 5 Tampak depan stasiun Mambang Muda



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022

Gambar II. 6 Tampak samping stasiun Mambang Muda

b. Kondisi Transportasi di stasiun Aekloba - Mambang Muda
Pada stasiun Mambang Muda terdapat kereta api penumpang dan kereta api barang yang beroperasi, untuk kereta api penumpang yaitu kereta api sribilah utama, Sedangkan untuk kereta api barang yang beroperasi kereta barang CPO. Untuk jumlah kereta api yang melintasi stasiun Mambang Muda sebanyak 20 kereta api yang terdiri dari KA barang sebanyak 12 KA dan 8 KA penumpang.

c. Peralatan persinyalan stasiun Mambang Muda
Peralatan persinyalan perkeretaapian adalah fasilitas pengoperasian kereta api yang berfungsi memberi petunjuk atau isyarat yang berupa warna, cahaya atau informasi lainnya dengan arti tertentu. Saat ini stasiun Mambang Muda masih menggunakan persinyalan mekanik *Siemens Halske* (S&H) + Tbi sejak tahun 1982. Sistem persinyalan *Siemens & Halske* (S&H) menggunakan handel-handel untuk menggerakkan peralatan luar yang dihubungkan dengan kawat tarik. Interlocking antara sinyal, wesel dan peralatan lainnya dilakukan di meja mistar dan dikerjakan oleh sistem mekanik yang terdiri mistar-mistar dan sentil sentil. Stasiun ini termasuk dalam resort 2.11 Puluraja dimana resort tersebut mempunyai tanggung jawab terhadap perawatan aset-aset fasilitas operasi.

Pada persinyalan mekanik terdiri atas :

1) Peralatan dalam ruangan

a) Interlocking mekanik

Interlocking berfungsi untuk membentuk, mengunci, dan mengontrol untuk mengamankan rute kereta api yaitu petak jalur kereta api yang akan di lalui kereta api secara mekanis.

Interlocking mekanik terdiri dari :

(1) Perkakas Hendel

Hendel berfungsi untuk menggerakkan kawat sinyal dan wesel. Akan tetapi hendel tidak dapat digerakkan sebelum kruk pada meja mistar dilayani karena pada

prinsipnya kruk tersebut mengunci roda hendel dengan senat sehingga menyebabkan hendel tidak bisa dilayani



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022

Gambar II. 7 Perakasan Hendel Stasiun Mambang Muda

(2) Lemari Blok

Lemari blok merupakan alat yang mengatur boleh atau tidaknya kereta api berjalan ke stasiun berikutnya. Pada lemari blok ini warta KA dilakukan seperti minta aman dan memberi aman. Perangkat ini terdiri dari beberapa tingkapan, bel dan engkol untuk minta aman ke stasiun di sebelahnya.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022

Gambar II. 8 Lemari Blok di Stasiun Mambang Muda

(3) Meja Mistar

Meja mistar merupakan meja yang komponennya berupa mistar dan poros-poros yang digerakkan oleh kruk. Kemudian kruk tersebut terhubung dengan sentil-sentil yang berada di dalam meja mistar. Sentil-sentil itu yang merupakan *interlocking* pada persinyalan mekanik



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022

Gambar II. 9 Meja Mistar di Stasiun Mambang Muda

2) Peralatan luar sinyal mekanik

a) Peraga sinyal mekanik

Peraga sinyal mekanik berfungsi untuk menunjukkan perintah "berjalan", "berjalan hati-hati" "berhenti" kepada masinis yang mendekati sinyal yang bersangkutan. Peraga sinyal pada dasarnya harus berada di sisi sebelah kanan jalan rel yang terlihat oleh bersangkutan, di luar batas ruang bebas, dan harus oleh masinis, dan jika kondisi di lapangan memungkinkan

maka penempatan sinyal bisa ditempatkan disebelah kiri jalan rel.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022

Gambar II. 10 Peraga Sinyal di Stasiun Mambang Muda

- b) Perangkat penggerak wesel mekanik
Penggerak wesel mekanik berfungsi untuk mengerakan lidah wesel secara mekanik mengikuti arah rute yang dibentuk menggunakan hendel.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022

Gambar II. 11 Wesel Mekanik di Stasiun Mambang Muda

c) Media transmisi/saluran kawat

Media transmisi/saluran kawat berfungsi untuk menggerakkan sinyal, wesel, kancing dan sekat di stasiun Mambang Muda. Untuk perangkat penggerak wesel mekanik menggunakan kawat baja berukuran 3 mm sedangkan untuk perangkat penggerak sinyal mekanik menggunakan kawat baja berukuran 4 mm.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022

Gambar II. 12 Saluran Kawat Peraga sinyal Mekanik

d. Aset Peralatan Persinyalan

Tabel II. 2 Aset peralatan luar mekanik

Aset Peralatan			Sat	I.9 Pur
Peralatan Luar Sinyal Mekanik	Peraga Sinyal Mekanik	Peraga Sinyal Mekanik Utama	Unit	16
		Peraga Sinyal Mekanik Pembantu	Unit	14
		Peraga Sinyal Mekanik Pelengkap	Unit	0
	Penggerak Wesel Mekanik		Unit	8
	Pengontrol Dan Petunjuk Kedudukan Wesel Mekanik		Unit	0
	Pengaman Wesel Setempat Mekanik		Unit	0
	Pendeteksi Sarana Perkeretaapian	Kontak Deteksi	Unit	10
	Penghalang Sarana		Unit	2
	Saluran Kawat		M	35

Sumber: Unit Sintelis DIVRE I Sumatera Utara, 2022

Dari tabel II.2 dapat dilihat jumlah peralatan luar sinyal mekanik di Resort Sintel I.9 Pur

Tabel II. 3 Aset peralatan dalam Mekanik

Aset Peralatan			Sat	I.9 Pur
Peralatan Dalam Sinyal Mekanik	Interlocking Mekanik		Unit	4
	Pesawat Blok	Pesawat Blok Elektromagnetik	Unit	0
		Pesawat Blok Berbasis Plc	Unit	8

Sumber: Unit Sintelis DIVRE I Sumatera Utara, 2022

Dari tabel II.3 dapat dilihat jumlah peralatan dalam mekanik di Resort Sintel I.9 Pur

Tabel II. 4 Aset peralatan sintelis Mekanik

Aset Peralatan			Sat	I.9 Pur
Pesawat Telepon	Telepon Antar Stasiun	Sentral telepon antar Stasiun	Unit	5
		Peswat Cabang telepon Antar Stasiun	Unit	5
	Telepon Penjaga Perlintasan		Unit	10
	Telepon Traindispatching	Radio Traindispatching Fixed Station	Unit	5
	Perekam Suara		Unit	5
Transmisi Komunikasi	Kabel FO		M	120
	Radio Microwave		Unit	2
	Multiplex Radio Microwave		Unit	1
	Tower		Unit	5
Sistem Proteksi Sintel	Sistem Proteksi Telekomunikasi		Unit	5
Catu Daya Sintel	Catu Daya Telekomunikasi		Unit	5

Sumber: Unit Sintelis DIVRE I Sumatera Utara, 2022

Dari tabel II.4 dapat dilihat jumlah peralatan sintelis mekanik di Resort Sintel I.9 Pur

e. Ketersediaan Suku Cadang

Tabel II. 5 Suku cadang persinyalan

DATA MATERIAL / SUKU CADANG UPT RESOR SINTELIS I.9 PULURAJA			
NO MATERIAL	NAMA BARANG	SATUAN	JUMLAH
110000032	DRAAD SPANNER	PC	8
110000660	PATCH CORE FO	Un	3
110004860	JOINT CLOSURE 12 CORE	Un	2
210000003	OLIE MEDITRAN SAE 40	L	20

Sumber: Unit Sintelis DIVRE I Sumatera Utara, 2022

Dari tabel II.5 dapat dilihat ketersediaan suku cadang di Resort Sintel I.9 Pur

f. Gangguan Persinyalan

Tabel II. 6 Gangguan persinyalan

		Gangguan Peralatan Sintelis Stasiun			
		Mambang Muda			
No	Gangguan	Peralatan	Kategori	Tanggal	Andil
1	Wesel gagal balik	Wesel	PLSM	06/01/2022	33
2	Warta aman dari Mbm tidak sampai ke Akb	Pesawat Blok	PDSM	12/01/2022	45
3	Sosok Kawat tarik sinyal masuk kedalam roda	Saluran Kawat Sinyal	PLSM	02/02/2022	22
4	Pelayanan handel sinyal keluar berat	Perkakas Handel	PDSM	03/02/2022	27
5	Peraga sinyal kurang tegas/naik	Peraga Sinyal	PLSM	24/01/2022	41
6	Telekomunikasi ke stasiun sebelahnya terganggu	Telekomunikasi	Trasn misi Komunikasi	02/02/2022	32
7	Draad Spanner kawat tarik ulur sinyal keluar tidak daat disetel	Saluran Kawat	PLSM	03/02/2022	26
8	Wesel gagal balik	Wesel	PLSM	03/03/2022	10
9	Pipa selubung saluran kawat penyok	Saluran Kawat	PLSM	10/03/2022	69
10	Roda patok kawat hilang	Saluran Kawat	PLSM	11/03/2022	38
11	Kawat jatuh dari penopang patok	Saluran Kawat	PLSM	16/03/2022	41
12	Telekomunikasi ke stasiun sebelahnya terganggu	Telekomunikasi	Trasn misi Komunikasi	19/03/2022	40

Sumber: Unit Sintelis DIVRE I Sumatera Utara, 2022

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

A. Perkeretaapian

Dasar dari semua peraturan tentang perkeretaapian di Indonesia telah diatur dalam Undang-undang Nomor 23 Tahun 2007 didalam undang - undang tersebut dijelaskan dalam Pasal 1 yang menjelaskan bahwa Perkeretaapian adalah suatu kesatuan system yang terdiri atas prasarana, sarana dan sumber daya manusia serta norma, kriteria, persyaratan dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi. Berdasarkan pengertian diatas bahwa sistem perkeretaapian terbagi menjadi 3 yaitu prasarana, sarana dan sumber daya manusia. Sesuai dengan Undang-undang tersebut prasarana adalah jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan. Pada pasal 59 menjelaskan bahwa fasilitas pengoperasian kereta api meliputi peralatan persinyalan, peralatan telekomunikasi, dan instalasi listrik.

B. Fasilitas Operasi Kereta Api dan Sistem Persinyalan

Fasilitas pengoperasian kereta api menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 24 Tahun 2015 tentang Standar Keselamatan Perkeretaapian, dijelaskan bahwa fasilitas pengoperasian kereta api ialah segala fasilitas yang diperlukan agar kereta api dapat beroperasi, diantaranya berupa sistem persinyalan, peralatan telekomunikasi dan instalasi listrik. Sebagaimana dalam PM no. 44 tahun 2018 tentang persyaratan teknis peralatan persinyalan bahwasanya peralatan persinyalan perkeretaapian merupakan alat atau perangkat yang digunakan untuk menyampaikan perintah nagi pengatur perjalanan kereta api dengan peragaan, warna dan/atau bentuk informasi lain serta terdiri atas :

1. Sinyal

Sinyal merupakan alat atau perangkat yang digunakan untuk menyampaikan perintah bagi pengatur perjalanan kereta api dengan peragaan, warna dan/atau bentuk informasi lain.

2. Tanda

Tanda merupakan isyarat yang berfungsi untuk memberi peringatan atau petunjuk kepada petugas yang mengendalikan pergerakan sarana kereta api.

3. Marka

Marka merupakan informasi berupa gambar atau tulisan yang berfungsi sebagai peringatan atau petunjuk tentang kondisi tertentu pada suatu tempat yang terkait dengan perjalanan kereta api.

Adapun beberapa persyaratan umum sistem persinyalan, antara lain :

1. Syarat utama sistem persinyalan yang harus dipenuhi adalah azas keselamatan (*fail – safe*), yang artinya jika terjadi sesuatu kerusakan pada sistem persinyalan, kerusakan tersebut tidak boleh menimbulkan bahaya bagi perjalanan kereta api.
2. Sistem persinyalan harus mempunyai tingkat kehandalan yang tinggi dan memberikan aspek yang tidak meragukan. Dalam hal ini aspek sinyal harus tampak dengan jelas dan tegas dari jarak yang ditentukan, memberikan arti atau aspek baku, mudah dimengerti dan mudah diingat.
3. Susunan penempatan sinyal-sinyal di sepanjang jalan rel harus sedemikian rupa sehingga aspek menurut jalan rel memberikan aspek sesuai urutan yang baku, agar masinis dapat memahami kondisi operasional bagian petak yang akan dilalui.

Berdasarkan PM No. 44 Tahun 2018 dijelaskan bahwa peralatan persinyalan mekanik terdiri atas :

1. Peralatan dalam ruangan persinyalan mekanik, yaitu :
 - a. Interlocking mekanik, berfungsi untuk membentuk, mengunci dan mengontrol serta untuk mengamankan rute kereta api yaitu petak jalur kereta api yang akan dilalui kereta api secara mekanis.
 - b. Pesawat blok, berfungsi untuk berhubungan dengan stasiun sebelah, mengunci peralatan interlocking mekanik pada saat pengoperasian

kereta api di petak jalan dan menjamin hanya ada satu kereta api dalam satu petak jalan.

1. Peralatan luar ruangan persinyalan mekanik, yaitu :
 - a. Peraga sinyal mekanik, berfungsi untuk menunjukkan perintah berjalan, berjalan hati-hati atau berhenti kepada masini yang mendekati sinyal yang bersangkutan.
 - b. Penggerak wesel mekanik, berfungsi untuk menggerakkan lidah wesel secara mekanik mengikuti arah rute yang dibentuk.
 - c. Pengontrol kedudukan lidah wesel, berfungsi untuk mengetahui kedudukan akhir lidah wesel yang dilalui dari depan.
 - d. Penghalang sarana, berfungsi untuk menjamin aman dari kemungkinan adanya luncuran sarana yang mengarah ke jalur kereta api.
 - e. Media transmisi/saluran kawat, berfungsi untuk menggerakkan sinyal, wesel, kancing dan sekat.

Selain itu, dijelaskan bahwa peralatan persinyalan elektrik terdiri atas :

1. Peralatan dalam ruangan persinyalan elektrik, yaitu :
 - a. Interlocking elektrik, berfungsi membentuk, mengunci, dan mengontrol semua peralatan persinyalan elektrik untuk mengamankan perjalanan kereta api.
 - b. Panel pelayanan, berfungsi untuk melayani dan mengendalikan seluruh bagian peralatan sinyal yang berada di luar ruangan sesuai dengan tabel rute, untuk mengatur dan mengamankan perjalanan kereta api dan untuk memberikan indikasi status peralatan sinyal.
 - c. Peralatan blok, berfungsi untuk menjamin keamanan perjalanan kereta api di petak blok sesuai dengan arah perjalanan kereta api.
 - d. Data logger, berfungsi untuk mencatat/merekam/menyimpan data semua proses yang terjadi di peralatan interlocking lengkap dengan waktu kejadian.
 - e. Catu daya, berfungsi untuk mensuplai daya secara terus-menerus untuk peralatan sinyal elektrik dalam dan luar ruangan serta peralatan telekomunikasi.

1. Peralatan luar ruangan persinyalan elektrik, yaitu :

- a. Peraga sinyal elektrik, berfungsi untuk menunjukkan aspek berjalan, berjalan hati-hati atau berhenti bagi perjalanan kereta api. Penggerak wesel elektrik, berfungsi untuk menggerakkan lidah wesel baik secara individual atau mengikuti arah rute yang dibentuk.
- b. Pendeteksi sarana perkeretaapian, berfungsi untuk mendeteksi keberadaan sarana pada jalur kereta api baik di tata letak jalur maupun di petak jalan. Penghalang sarana, berfungsi untuk pencegahan luncuran sarana yang mengarah ke jalur kereta api.
- c. Media transmisi, berfungsi untuk menyalurkan daya dan data dari sumber ke peralatan atau sebaliknya.
- d. Proteksi, berfungsi untuk melindungi instalasi peralatan telekomunikasi dan gangguan petir yang berupa sambaran langsung atau induksi tegangan lebih/tinggi.

Selain penjelasan mengenai persinyalan di PM No. 44 Tahun 2018, pada PP No. 72 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Kereta Api juga menjelaskan mengenai sinyal-sinyal yang digunakan untuk pengaturan perjalanan kereta api, diantaranya sebagai berikut.

1. Sinyal utama, terdiri dari :

- a. Sinyal masuk, adalah sinyal yang berfungsi untuk memberi petunjuk melalui isyarat berupa warna atau cahaya bahwa kereta api akan memasuki stasiun.
- b. Sinyal keluar, adalah sinyal yang berfungsi untuk memberi petunjuk melalui isyarat berupa warna atau cahaya bahwa kereta api boleh berangkat meninggalkan stasiun.
- c. Sinyal blok, adalah sinyal yang berfungsi untuk memberi petunjuk melalui isyarat berupa warna atau cahaya bahwa jalur kereta api dibagi dalam beberapa petak blok.
- d. Sinyal darurat, adalah sinyal yang berfungsi untuk memberikan petunjuk melalui isyarat berupa warna atau cahaya, diantaranya :
 - 1) Dalam hal sinyal utama berwarna merah dan sinyal darurat tidak menyala putih (padam), masinis harus memberhentikan kereta apinya di muka sinyal yang berwarna merah;

- 2) Dalam hal sinyal utama berwarna merah dan sinyal darurat menyala putih, masinis boleh menjalankan kereta apinya sesuai dengan kecepatan yang diizinkan oleh pengatur perjalanan kereta api (setempat, daerah, dan terpusat); dan
 - 3) Dalam hal sinyal utama (untuk sinyal masuk) tidak dilengkapi dengan sinyal darurat, masinis menjalankan kereta apinya dengan kecepatan 30 km/jam.
- e. Sinyal langsir, adalah sinyal yang berfungsi untuk memberi petunjuk melalui isyarat berupa warna atau cahaya bahwa kereta api boleh atau tidak boleh melakukan gerakan langsir.
2. Sinyal pembantu, terdiri dari :
- a. Sinyal muka, adalah sinyal yang berfungsi untuk memberi petunjuk melalui isyarat berupa warna atau cahaya bahwa sinyal muka sebagai peringatan awal atas aspek yang menyala pada sinyal masuk di depannya agar kereta api dapat menyesuaikan kecepatan secara bertahap.
 - b. Sinyal pendahulu, adalah sinyal yang berfungsi untuk memberi petunjuk melalui isyarat berupa warna atau cahaya bahwa kereta api harus bersiap untuk berjalan/berhenti ketika sinyal pendahulu menunjukkan indikasi aman/tidak aman.
 - c. Sinyal pengulang, adalah sinyal yang dapat dipasang pada peron stasiun, umumnya memiliki banyak jalur dengan frekuensi kereta api yang padat, berfungsi untuk memberi petunjuk sinyal yang diwakilinya:
 - 1) Dalam hal sinyal pengulang menyala putih, menunjukkan bahwa sinyal yang diwakilinya berindikasi aman, pembantu petugas pengatur perjalanan kereta api (pengawas peron) atau kondektur boleh memberikan tanda kereta api boleh berangkat; dan
 - 2) Dalam hal sinyal pengulang tidak menyala(padam),menunjukkan bahwa sinyal yang diwakilinya berindikasi tidak aman, pembantu petugas pengatur perjalanan kereta api (pengawas peron) atau kondektur dilarang memberikan tanda kereta api boleh berangkat.

3. Sinyal pelengkap, terdiri dari :
- a. Sinyal penunjuk arah adalah sinyal yang berfungsi untuk memberikan petunjuk bahwa kereta api berjalan kearah seperti yang ditunjukkan oleh sinyal (ke kiri atau ke kanan).
 - b. Sinyal pembatas kecepatan adalah sinyal yang berfungsi untuk memberikan petunjuk melalui isyarat warna atau cahaya bahwa masinis harus menjalankan kereta apinya sesuai dengan kecepatan terbatas yang ditunjukkan oleh sinyal pembatas kecepatan:
 - 1) Dalam hal sinyal utama berwarna hijau atau kuning dan sinyal pembatas kecepatan menyala atau menunjukkan angka tertentu masinis boleh menjalankan kereta apinya (di wesel atau jalur) dengan kecepatan puncak sesuai dengan angka yang ditunjukkan dikalikan 10 dan:
 - 2) Dalam hal sinyal utama berwarna hijau atau kuning dan sinyal pembatas kecepatan tidak menyala (padam), masinis boleh menjalankan kereta apinya dengan kecepatan puncak sesuai dengan warna sinyal.
 - c. Sinyal berjalan jalur tunggal sementara adalah sinyal yang berfungsi untuk memberi petunjuk melalui isyarat berupa warna atau cahaya bahwa kereta api akan berjalan di jalur kiri (jalur tunggal sementara).

C. Peramalan Penumpang Dan Barang

Kebutuhan transportasi dapat diperkirakan dari permintaan atas jasa transportasi. permintaan jasa transportasi merupakan cerminan kebutuhan akan transportasi dari pemakai tersebut, baik angkutan manusia maupun angkutan barang. Menurut Muhammad Hajarul Aswad A (2013), Peramalan atau *forecasting* merupakan cara untuk memperkirakan secara kuantitatif apa yang terjadi pada masa depan dengan menggunakan data yang relevan pada masa lalu. Keberhasilan dari suatu peramalan sangat ditentukan oleh keakuratan data yang relevan di masa lalu serta ketetapan dalam memilih metode peramalan yang akan digunakan. Peramalan terhadap jumlah penumpang dan jumlah barang merupakan hal yang penting dilakukan, hal tersebut

dikarenakan dapat dijadikan dasar untuk perencanaan ataupun sasaran pembangunan di masa yang akan datang dan juga untuk menentukan kebutuhan prasarana dalam pemenuhan pelayanan penumpang untuk beberapa tahun kedepan. Metode yang digunakan dalam meramalkan jumlah penumpang yang biasanya diterapkan yaitu metode Aritmatik, metode Geometrik, dan metode *Least Square*, berikut rumus untuk perhitungan peramalan:

1. Metode Aritmatik

Proyeksi penumpang dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penumpang pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun.

$$Ka = \frac{(P_n - P_o)}{(T_n - T_o)}$$

$$P_n = P_o + Ka (T_n - T_o)$$

Sumber: Stefan Rayer & Stanley K Smith, 2008:h29

Keterangan:

P_n = jumlah penumpang pada tahun ke-n;

P_o = jumlah penumpang pada tahun dasar;

T_n = tahun ke-n;

T_o = tahun dasar;

Ka = konstanta aritmatik

2. Metode Geometrik

Proyeksi penumpang dengan metode geometri menggunakan asumsi bahwa jumlah penumpang dan barang akan bertambah secara geometri dengan dasar perhitungan. Laju pertumbuhan penumpang dan barang dianggap sama untuk setiap tahun. Dalam peramalan menggunakan metode Geometri, dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1 + r)^{(T_n - T_o)}$$

Sumber: *United Nations publications, 1952:h29*

Keterangan:

P_n : jumlah penumpang pada tahun ke-n (p_n)

P_o : jumlah penumpang pada awal tahun (p_n)

T_n : tahun ke - n

T_o : tahun awal

R : Laju pertumbuhan

3. Metode Least Square

Metode Least Square merupakan salah satu metode berupa deret berkala atau time series, yang mana dibutuhkan data data dimasa lampau untuk melakukan peramalan penumpang dan barang dimasa mendatang sehingga dapat ditentukan hasilnya.

Dalam peramalan menggunakan metode Least Square, dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{\Sigma y \cdot \Sigma x^2 - \Sigma x \cdot \Sigma xy}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{n \cdot \Sigma xy - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$Y = a + bx$$

Keterangan :

y = Data Berkala

b = Rata-rata pertumbuhan trend tiap tahun

a = Nilai trend pada tahun dasar

x = Selisih antara tahun ke-n dengan tahun ke-1 yang diketahui

D. Frekuensi Perjalanan Kereta Api

Frekuensi perjalanan kereta api adalah jumlah perjalanan kereta api pada suatu jalur kereta api dalam waktu 24 jam atau dalam periode waktu tertentu dengan satuan frekuensi kereta api adalah jumlah kereta api dalam satuan waktu. Frekuensi kereta dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\frac{\text{Jumlah Angkutan Perhari}}{\text{Kapasitas x Jumlah Cars}}$$

E. Headway

Headway adalah selang waktu pergerakan antar kereta dengan satuan menit. Headway minimum dalam suatu jarak dalam suatu petak jalan/blok dapat dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan dan dipengaruhi oleh sistem persinyalan yang digunakan, sistem jalur, petak blok terpanjang, dan kecepatan operasi sarana.

1. Rumus Headway Mekanik

$$H = \frac{180 + 60 \times Sa - b}{v} + 1$$

Sumber : Supriadi, 2008

- H : Headway (menit)
- Sa-b : Jarak antara stasiun
- V : Kecepatan rata-rata grafis (km/jam)
- 180 : Ketentuan Sinyal Mekanik
- 1 : waktu bloking (menit)

2. Rumus Headway Blok Otomatik Tertutup

$$H = \frac{90 + 60 \times Sa - b}{v} + 0,25$$

Sumber : Supriadi, 2008

- H : Headway (menit)
- Sa-b : Jarak antara stasiun
- V : Kecepatan rata-rata grafis (km/jam)
- 90 : Ketentuan Sinyal Elektrik
- 0,25 : waktu bloking (menit)

F. Kapasitas Lintas

Menurut Supriadi (2008), Kapasitas Lintas adalah kemampuan suatu lintas jalan kereta api untuk menampung operasi perjalanan kereta api dalam periode atau kurun waktu 1440 menit (24 jam) di lintas yang bersangkutan. Satuan yang dipergunakan untuk kapasitas lintas adalah jumlah kereta api per satuan waktu (umunya 24 jam). Kapasitas lintas adalah banyaknya atau jumlah kereta api yang dapat lewat atau di jalankan dengan aman pada suatu lintas atau petak jalan tertentu dan dalam waktu tertentu. Kapasitas lintas diartikan sebagai frekuensi tertinggi yang dapat dicapai satu lintas pada satu kurun waktu tertentu.

Kapasitas lintas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{1440}{H} \times 0,6$$

Sumber: Supriadi, 2008

Keterangan :

K : Kapasitas Lintas (KA)

1440 : Jumlah menit dalam satu hari (menit)

H : Headway (menit)

0,6 : Faktor pengali untuk jalur tunggal setelah dikurangi 40% waktu untuk perawatan dan waktu karena pola operasi perjalanan KA.

BAB IV

METODE PENELITIAN

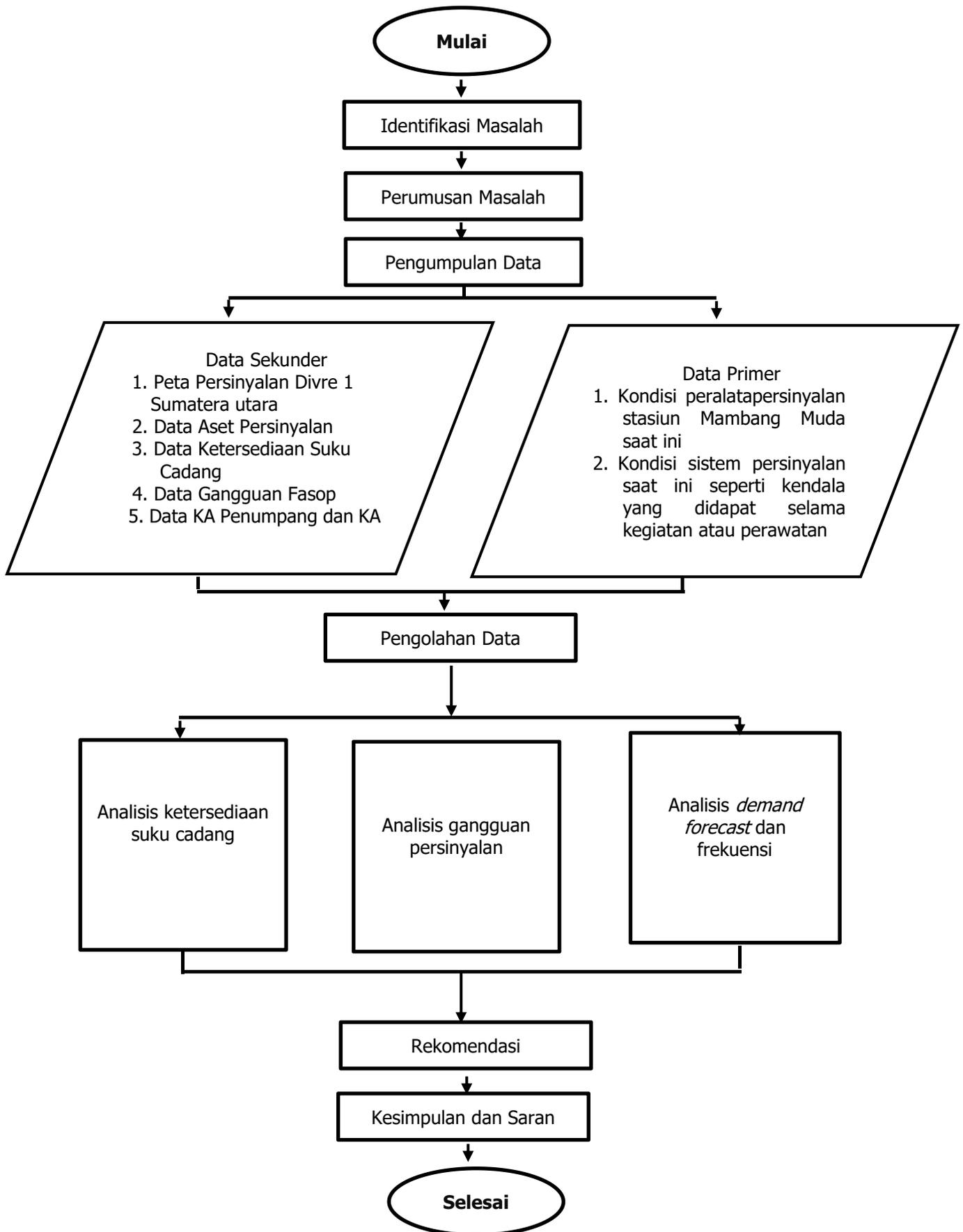
A. Alur Pikir Penelitian

Alur pikir merupakan suatu metode dalam menjelaskan suatu permasalahan yang ada agar dapat ditemukan penyelesaian. Langkah awal dalam rencana penelitian ini adalah dengan merumuskan masalah, dilanjutkan dengan pengumpulan data baik bersifat kuantitatif maupun kualitatif. Data tersebut terdiri dari data sekunder dan data primer, kemudian data ini akan diolah dan dianalisis untuk diketahui permasalahannya sehingga dapat dicari suatu penyelesaian. Adapun alur pikir untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan maksud dan tujuan dilakukannya penelitian serta menentukan ruang lingkup dan batasan masalah dari penelitian yang sudah dilakukan serta melakukan studi pustaka terkait penelitian yang dilakukan.
2. Mengidentifikasi permasalahan yang ada dan melakukan pengolahan data dengan melihat kondisi saat ini di lapangan.
3. Mengumpulkan data-data yang diperlukan serta mendukung penelitian yang dilakukan baik data sekunder maupun data primer.
4. Mengajukan usulan pemecahan masalah berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan.
5. Melakukan evaluasi dari hasil pemecahan masalah berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan.
6. Menetapkan kesimpulan dan memberikan saran dari hasil analisis dan pemecahan permasalahan yang telah dilakukan

B. Bagan Alir Penelitian

Dalam pembuatan suatu penelitian dibutuhkan sebuah bagan alir untuk mengetahui lebih jelas seperti apa tahapan yang akan dilakukan saat membuat penelitian. Berikut adalah gambar dari bagan alir penelitian :



C. Teknik pengumpulan data

Pengumpulan data untuk mendapatkan data-data yang akan digunakan dalam pengolahan dan analisis permasalahan yang timbul. Pengumpulan data dari penelitian ini terbagi menjadi dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan dari kondisi nyata atau eksisting di lapangan, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari lembaga atau instansi terkait.

1. Data Sekunder

Data sekunder adalah data penelitian yang diperoleh secara tidak langsung melalui perantara, misalnya diperoleh dari instansi atau sumber yang terkait, dalam hal ini khususnya Balai Teknik Perkeretaapian kelas 2 wilayah Sumatera bagian Utara dan Divisi regional 1 Sumatera Utara. Untuk data sekunder berupa Peta persinyalan divre 1 Sumatera Utara, data Aset persinyalan, data gangguan fasilitas operasi dan ketersediaan suku cadang peralatan persinyalan, dan data jumlah penumpang dan kereta barang.

2. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di lapangan, data primer didapat dari sumber asli atau tanpa perantara. Data primer dapat berupa opini subjek secara individual maupun kelompok, hasil observasi, kejadian atau kegiatan dan hasil pengujian. Adapun data primer dalam penelitian ini berupa Dokumentasi kondisi peralatan persinyalan stasiun Mambang Muda dan pada petak jalan, Kondisi sistem persinyalan saat ini seperti kendala yang didapat selama kegiatan atau perawatan.

D. Teknik Analisis

Melakukan analisis berdasarkan data-data yang diperoleh dari pengumpulan data sekunder maupun data primer guna mengidentifikasi masalah yang ada :

1. Analisa kondisi saat ini sistem persinyalan di stasiun Mambang Muda
Menganalisis kondisi saat ini peralatan persinyalan, ketersediaan suku cadang dan gangguan sistem persinyalan mekanik berguna untuk mengetahui apakah sistem persinyalan masih dengan keadaan baik.

2. Analisis *demand forecast*

Digunakan sebagai dasar perencanaan serta untuk memproyeksikan pertumbuhan penumpang dan barang untuk 20 tahun yang akan datang.

3. Analisis Frekuensi

Digunakan untuk mengetahui jumlah frekuensi kereta api penumpang dan barang berdasarkan *demand forecast*.

E. Lokasi dan Jadwal Penelitian

1. Tempat Penelitian

Tempat penelitian adalah suatu area dengan batasan yang jelas dimana dilakukannya penelitian. Penelitian ini dilakukan di stasiun Mambang Muda, Divre 1 Sumatra Utara.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan oleh penulis setelah selesai kegiatan Praktek Kerja Lapangan (PKL) selama 2,5 bulan mulai tanggal 1 Maret 17 Mei 2022 dan Magang selama 4 minggu mulai tanggal 23 Mei 17 Juni 2022 dan bimbingan penulisan ini dilakukan pada tanggal 1 Juli 2021 30 Juli 2022.

BAB V

ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

A. Kondisi Peralatan Persinyalan

Sistem persinyalan yang digunakan pada Stasiun Mambang Muda menggunakan peralatan persinyalan *Siemens & Halske* (S&H) yang sudah beroperasi sejak tahun 1982. Dalam perangkat peralatan persinyalan mekanik *Siemens & Halske* (S&H) untuk mengubah kedudukan persinyalannya menggunakan handel dengan transmisi atau media penghubung berupa kawat dan handel harus diangkat saat mengubah kedudukan wesel dan kedudukan sinyal. Untuk dapat menggerakkan handel tersebut membutuhkan tenaga yang ekstra dikarenakan panjangnya kawat sinyal maupun wesel dan juga sistem persinyalan mekanik cukup memakan waktu untuk menggerakkan atau mengganti sinyal. Pada sistem persinyalan mekanik jika terdapat kerusakan pada peralatan tidak dapat langsung terdeteksi. Karena tidak ada sistem yang dapat mendeteksi secara langsung terhadap gangguan pada peralatan persinyalan.

Sistem persinyalan harus mempunyai prinsip *failsafe* yaitu jika terjadi kerusakan pada sistem persinyalan tidak boleh menimbulkan bahaya bagi perjalanan kereta api, dengan kehandalan tinggi dan harus berfungsi sesuai dengan standar kelayakan karena sistem persinyalan adalah alat yang digunakan untuk mendukung operasi kereta api.

1. Analisis Ketersediaan Suku Cadang

Berdasarkan data pada tabel II.5 dan hasil survey serta wawancara dapat disimpulkan bahwa ketersediaan suku cadang peralatan persinyalan mekanik sebagian besar sudah tidak diproduksi lagi sehingga untuk memenuhi kebutuhan perawatan serta perbaikan dari komponen yang rusak menggunakan sistem *kanibalisme* (memakai peralatan persinyalan pada komponen lain) Hal ini tentunya tidak bisa terus digunakan karena jika dilakukan secara berkelanjutan tidak menjamin peralatan berfungsi dengan baik dan aman.

Tabel V. 1 Ketersediaan Suku Cadang

1	Rangka	Tidak Ada
2	Handel	Tidak Ada
3	Mistar	Tidak Ada
4	Pegas Mistar	Tidak Ada
5	Poros Kanan	Tidak Ada
6	Poros Kiri	Tidak Ada
7	Pegas poros	Tidak Ada
8	Roset poros	Tidak Ada
9	Sentil	Tidak Ada
10	Kruk	Tidak Ada
11	Pesawat Blok	Tidak Ada
12	Peraga Sinyal	Tidak Ada
13	Penggerak Wesel	Tidak Ada
14	Sekat	Tidak Ada
15	Kancing	Tidak Ada
16	Alat Perintang	Tidak Ada
17	Pelalau	Tidak Ada
18	Saluran kawat	Tidak Ada
19	Kawat Tarik diameter 4 mm	Tidak Ada
20	Kawat Tarik diameter 5 mm	Tidak Ada
21	Roda Kawat	Tidak Ada
22	Penyangga Roda Kawat	Tidak Ada
23	Rantai Lorak	Tidak Ada
24	Roda Rantai	Tidak Ada
25	Penyambung Rantai	Tidak Ada
26	Mur Penegang Kawat	Tidak Ada
27	Draad Spanner	Ada
28	Pesawat Cabang telepon Antar Stasiun	Tidak Ada
29	Telepon Traindispatching	Tidak Ada
30	Perekam Suara	Tidak Ada
31	Kabel FO	Ada
32	Joint Closure 12	Ada
33	Patch Core FO	Ada
34	Radio Microwave	Tidak Ada
35	Sistem Proteksi Telekomunikasi	Tidak Ada
36	Catu Daya Telekomunikasi	Tidak Ada

NO	Peralatan Persinyalan	Ketersediaan Suku Cadang
37	Pendeteksi Sarana Perkeretaapian	Tidak Ada
38	Olie Meditran	Ada

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan pada tabel V.I dapat dilihat Untuk ketersediaan suku cadang dari aset persinyalan, suku cadang yang masih ada atau masih di produksi hanya *Draad Spanner* untuk mengencangkan saluran kawat, kabel fo, *joint closure 12 core* untuk menaruh hasil sambungan dari kabel fo ketika putus karena terpotong atau terbakar dan *patch core fo* untuk penghubung teminal kabel fo ke terminal kabel fo di telekomunikasi dan *Olie Meditran*.



Sumber: Hasil Analisis, 2022

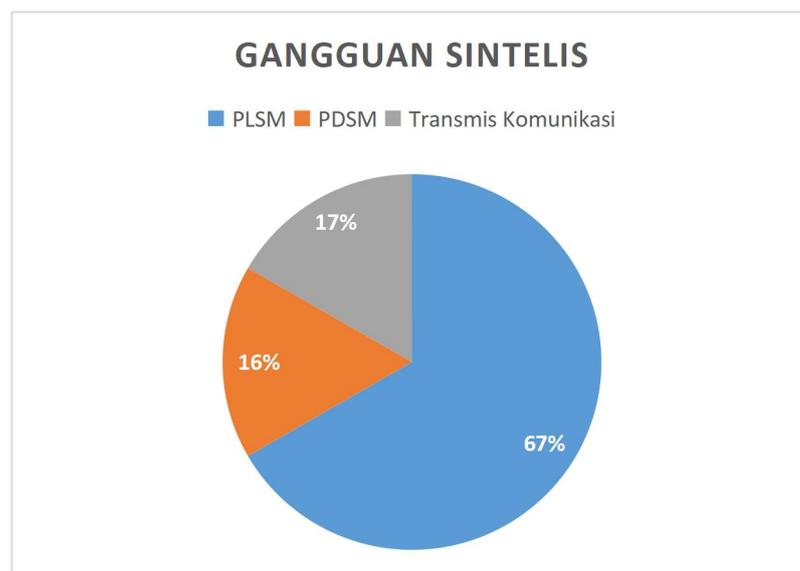
Gambar V.1 Ketersediaan Suku Cadang

Berdasarkan Gambar V.1 Ketersediaan suku cadang hanya 13% yang tersedia, untuk suku cadang yang tidak ada dan sudah tidak diproduksi lagi ketika dipakai untuk menggantikan peralatan persinyalan yang rusak menggunakan barang yang sudah dipakai pada peralatan persinyalan lain sebelumnya. Dengan begini masa pakai dari suku cadang tersebut juga berkurang dan tidak utuh. Hal ini tentunya tidak bisa terus digunakan karena jika dilakukan secara berkelanjutan tidak menjamin peralatan berfungsi dengan baik dan aman. Selain itu, Hal seperti ini tidak menjamin suku cadang layak pakai dan jika terus menggunakan sistem kanibalisme secara terus menerus di khawatirkan di jangka panjang akan

habis dan sudah tidak ada lagi. Tentu saja hal ini dapat membahayakan perjalanan kereta jika sewaktu-waktu terjadi kerusakan pada peralatan persinyalan.

2. Analisis Gangguan

Gangguan atau kegagalan di sini termasuk terganggunya sistem kerja persinyalan baik sebagian atau keseluruhan baik di lintas ataupun di stasiun yang dapat mengganggu pengoperasian kereta api sehingga perjalanan kereta api mengalami hambatan baik keterlambatan atau bahkan kecelakaan kereta api. Berikut adalah diagram gangguan fasilitas operasi di Lintas Kisaran-Mambang Muda berdasarkan data gangguan di Bab II Tabel II.6



Sumber: Hasil Analisis, 2022

Gambar V.2 Gangguan Persinyalan

Berdasarkan gambar V.2 dapat diketahui bahwa selama periode bulan Januari-Maret tahun 2022 di Stasiun Mambang Muda yang paling sering terjadi gangguan yaitu peralatan luar sinyal mekanik dengan presentase sebesar 67%. Diantaranya yaitu gangguan pada Wesel 1 tidak bisa dilayani ke arah lurus setelah dilayani ke arah belok keterlambatan, Sosok kawat tarik sinyal masuk kedalam roda di

selubung, *Draad spanner* kawat tarik ulur sinyal keluar tidak dapat disetel, Pipa selubung saluran kawat sinyal penyok diperlintasan. Adapun temuan dari hasil survey seperti roda pada kawat sinyal hilang yang bisa menyebabkan kawat mudah terbelit akibat hentakan handel sinyal dikarenakan jarak antara patok sudah tidak ada penahannya, sosok kawat ulur masuk ke roda, Selain itu kawat sinyal dan wesel sering dililit secara sengaja oleh orang tidak dikenal yang menyebabkan handel sinyal susah ditarik. Untuk andil gangguan paling lama ada pada saluran kawat penyok sehingga menyebabkan beratnya pelayanan sinyal dan wesel. Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa kondisi peralatan sistem persinyalan mekanik saat ini di stasiun Mambang Muda sudah mengalami penurunan kinerja. Dan menyebabkan terganggunya perjalanan kereta api karena proses pelayanannya menjadi lambat karena adanya gangguan tersebut.

B. Analisis Peningkatan Frekuensi

1. Peramalan penumpang

Terlebih dahulu akan dihitung rata-rata pertumbuhan penumpang dari tahun 2015-2019.

Tabel V. 2 Jumlah Penumpang KA Sribilah Utama Pertahun

Tahun	Jumlah Penumpang	Pertumbuhan Penumpang	
		Penumpang	Prosentase
2015	612.157		
2016	329.621	-282.536	-46%
2017	755.803	426.182	129%
2018	739.534	-16.269	-2%
2019	825.570	86.036	12%
Jumlah	3.262.685	213.413	93%

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Pada tabel V.2 dapat dilihat kenaikan penumpang rata-rata tiap tahun sebesar 23%. Data yang diambil merupakan data penumpang tahun 2015 – 2019, dengan catatan pada tahun 2020 dan 2021 tidak digunakan karena sedang terjadinya pandemi Covid – 19 dengan adanya Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) yang berdampak pada pertumbuhan jumlah penumpang kereta api.

Proyeksi penumpang sangat bermanfaat dan merupakan kunci aktivitas perencanaan peningkatan persinyalan karena dapat dijadikan langkah dalam menentukan suatu arah dan dasar pengambilan keputusan rencana dimasa yang akan datang. Proyeksi penumpang adalah suatu perkiraan jumlah penumpang dimasa yang akan datang. Disebut proyeksi yang baik adalah proyeksi yang menghasilkan penyimpangan antara hasil ramalan dan kenyataan sekecil mungkin. Untuk menentukan pilihan rumus perhitungan yang paling mendekati kebenaran dan dilakukan analisis dengan cara menghitung standar deviasi dan memilih metode yang tepat untuk menghitung proyeksi jumlah penumpang 20 tahun mendatang dengan menggunakan beberapa metode, yaitu metode Aritmatik, Geometrik, dan *Least Square*.

a. Metode Aritmatik

Proyeksi penumpang dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penumpang pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun.

Rata – rata pertambahan volume penumpang dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2019 adalah:

$$K_a = \frac{(P_n - P_o)}{(T_n - T_o)}$$

$$P_n = P_o + K_a (T_n - T_o)$$

Keterangan:

P_n = jumlah penumpang pada tahun ke- n ;

P_o = jumlah penumpang pada tahun dasar;

T_n = tahun ke- n ;

T_o = tahun dasar;

K_a = konstanta aritmatik.

Contoh Perhitungan data tahun 2019

Dengan rumus diatas dapat diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$Ka = \frac{(P_{19} - P_{15})}{(2019 - 2015)}$$

$$Ka = \frac{(825.570 - 612.157)}{4}$$

$$Ka = 53.353$$

$$P_n = P_o + Ka (T_n - T_o)$$

$$P_{2019} = 825570 + 53.353 (2019 - 2015)$$

$$P_{2019} = 825570 + 213.412$$

$$P_{2019} = 1.038.983 \text{ penumpang}$$

Untuk mencari nilai korelasi (r) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r^2 = \frac{\Sigma(P_n - P_r)^2 - \Sigma(P_n - P)^2}{\Sigma(P_n - P_r)^2}$$

$$r^2 = \frac{\Sigma(3.796.218 - 213.413)^2 - \Sigma(3.796.218 - 3.262.685)^2}{\Sigma(3.796.218 - 213.413)^2}$$

$$r^2 = 0,97782$$

Untuk mencari nilai standar deviasi (STD) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$STD = \left(\frac{\Sigma(P_n - P)^2 - \left(\frac{\Sigma(P_n - P)^2}{n} \right)}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = \left(\frac{\Sigma(3.796.218 - 3.262.685)^2 - \left(\frac{\Sigma(3.796.218 - 3.262.685)^2}{5} \right)}{5} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = \left(\frac{(533.533)^2 - \left(\frac{(533.533)^2}{5} \right)}{5} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = 213.41$$

Tabel V. 3 Hasil Perhitungan Metode Aritmatik

TAHUN	EKSISTING	ARITMATIK
2015	612.157	612.157
2016	329.621	382.974
2017	755.803	862.510
2018	739.534	899.594
2019	825.570	1.038.983
JUMLAH	3.262.685	3.796.218
	R ²	0,97782
	R	0,98885
	St.D	213.413

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel V.3 nilai standar deviasi sebesar 213.413 dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,98885 yang merupakan hasil dari jumlah penumpang dengan proyeksi menggunakan metode aritmatika.

b. Metode Geometrik

Proyeksi penumpang dengan metode geometri menggunakan asumsi bahwa jumlah penumpang akan bertambah secara geometri dengan dasar perhitungan. Laju pertumbuhan penduduk dianggap sama untuk setiap tahun.

Dalam peramalan menggunakan metode Geometri, dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Keterangan:

P_n: jumlah penumpang pada tahun ke-n (pnp)

P_o: jumlah penumpang pada awal tahun (pnp)

T_n : tahun ke – n

T_o: tahun awal

R : rasio

Dengan rumus diatas dapat diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$P_{2019} = 825570 (1 + 0,23155412)^4$$

$$P_{2019} = 825570 (1,23155412)^4$$

$$P_{2019} = 1.889.188$$

Untuk mencari nilai korelasi (r) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$STD = \left(\frac{\sum(P_n - P)^2 - \left(\frac{\sum(P_n - P)^2}{n} \right)}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = \left(\frac{\sum(5.445.034 - 3.262.685)^2 - \left(\frac{\sum(5.445.034 - 3.262.685)^2}{5} \right)}{5} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = \left(\frac{(2.182.349)^2 - \left(\frac{(2.182.349)^2}{5} \right)}{5} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = 872.940$$

Tabel V. 4 Hasil Perhitungan Metode Geometrik

TAHUN	EKSISTING	GEOMETRIK
2015	612.157	612.157
2016	329.621	405.946
2017	755.803	1.146.346
2018	739.534	1.381.397
2019	825.570	1.899.188
JUMLAH	3.262.685	5.445.034
	R ²	0,83936
	R	0,91617
	St.D	872.940

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan hasil perhitungan tabel V.4 didapat nilai standar deviasi sebesar 872.940 dan nilai korelasi sebesar 0,91617 yang merupakan hasil dari jumlah penumpang dengan proyeksi menggunakan metode geometrik.

c. Metode Least Square

Dalam peramalan menggunakan metode Least Square, dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum xy}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$Y = a + bx$$

Keterangan:

y: Peubah tidak bebas

x: Peubah bebas

a: konstanta Regresi

b: koefisien regresi

Berikut data jumlah penumpang KA Sribilah Utama dari hasil perhitungan Least Square:

Tabel V. 5 Bahan Perhitungan Least Square

TAHUN KE	PNP	X.Y	X²
(X)	(Y)		
1	612.157	612.157	1
2	329.621	659.242	4
3	755.803	2.267.409	9
4	739.534	2.958.136	16
5	825.570	4.127.850	25
15	3.262.685	10.624.794	55

Sumber: Hasil Analisis, 2022

$$a = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum xy}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{3.262.685 \cdot 55 - 15 \cdot 10.624.794}{5 \cdot 55 - (15)^2}$$

$$a = 401.515$$

$$b = \frac{n \cdot \Sigma xy - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{5 \cdot 10.624.794 - 15 \cdot 3.262.685}{5 \cdot 55 - (15)^2}$$

$$b = 83.674$$

Contoh perhitungan :

Sehingga didapat persamaan sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

$$Y = 401.515 + 83.674 (n - 1)$$

$$Y_5 = 401.515 + 83.674 (5 - 1)$$

$$2019 = 736.211 \text{ penumpang}$$

Untuk mencari nilai korelasi (r) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r^2 = \frac{\Sigma(P_n - P_r)^2 - \Sigma(P_n - P)^2}{\Sigma(P_n - P_r)^2}$$

$$r^2 = \frac{\Sigma(2.844.316 - 213.413)^2 - \Sigma(2.844.316 - 3.262.685)^2}{\Sigma(2.844.316 - 213.413)^2}$$

$$r^2 = 0,97471$$

Untuk mencari nilai korelasi (r) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$STD = \left(\frac{\Sigma(P_n - P)^2 - \left(\frac{\Sigma(P_n - P)^2}{n} \right)}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = \left(\frac{\Sigma(2.844.316 - 3.262.685)^2 - \left(\frac{\Sigma(2.844.316 - 3.262.685)^2}{5} \right)}{5} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = 167.348$$

Tabel V. 6 Hasil Perhitungan Metode Least Square

TAHUN	EKSISTING	LEAST SQUARE
2015	612.157	401.515
2016	329.621	485.189
2017	755.803	568.863
2018	739.534	652.537
2019	825.570	736.211
JUMLAH	3.262.685	2.844.316
R ²		0,97471
R		0,98728
St.D		167.348

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan hasil perhitungan tabel V.6 didapatkan nilai standar deviasi sebesar 167.348 dan nilai korelasi sebesar 0,98728 yang merupakan hasil dari jumlah penumpang dengan proyeksi menggunakan metode *Least Square*.

Dari hasil perhitungan di atas di dapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel V. 7 Hasil Pehitungan Aritmatik, Geometrik, dan Least Square

TAHUN	JUMLAH PENUMPANG	HASIL PERHITUNGAN		
		ARITMATIK	GEOMETRIK	LEAST SQUARE
2015	612.157	612.157	612.157	401.515
2016	329.621	382.974	405.946	485.189
2017	755.803	862.510	1.146.346	568.863
2018	739.534	899.594	1.381.397	652.537
2019	825.570	1.038.983	1.899.188	736.211
JUMLAH	3.262.685	3.796.218	5.445.034	2.844.316
R ²		0,97782	0,83936	0,83936
R		0,98885	0,91617	0,98728
STD		213.413	872.940	167.348

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dengan adanya nilai korelasi (r) dan nilai deviasi (SD) dari ketiga metode diatas, metode proyeksi yang dipilih adalah metode

proyeksi dengan nilai standar deviasi paling rendah dan koefisien korelasi paling besar. Oleh karena itu metode yang dipilih adalah metode Least Square

Tabel V. 8 Hasil Perhitungan

NO	TAHUN	JUMLAH PENUMPANG PER TAHUN	JUMLAH PENUMPANG RATA-RATA PERHARI	KETERANGAN
1	2015	612.157	1.677	Data Skunder
2	2016	329.621	903	Data Skunder
3	2017	755.803	2.071	Data Skunder
4	2018	739.534	2.026	Data Skunder
5	2019	825.570	2.262	Data Skunder
6	2020	819.885	2.246	Hasil Prediksi
7	2021	903.559	2.476	Hasil Prediksi
8	2022	987.233	2.705	Hasil Prediksi
9	2023	1.070.907	2.934	Hasil Prediksi
10	2024	1.154.580	3.163	Hasil Prediksi
11	2025	1.238.254	3.392	Hasil Prediksi
12	2026	1.321.928	3.622	Hasil Prediksi
13	2027	1.405.602	3.851	Hasil Prediksi
14	2028	1.489.276	4.080	Hasil Prediksi
15	2029	1.572.950	4.309	Hasil Prediksi
16	2030	1.656.624	4.602	Hasil Prediksi
17	2031	1.740.298	4.834	Hasil Prediksi

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dari tabel V.8 dapat diketahui bahwa jumlah penumpang semakin bertambah setiap tahunnya. Berdasarkan hasil perhitungan peramalan diatas diketahui pertumbuhan penumpang akan terus bertambah hingga tahun 2031 dapat mencapai 1.740.298 penumpang.

2. Peramalan Jumlah Angkutan Barang

Terlebih dahulu akan dihitung rata-rata pertumbuhan angkutan barang dari tahun 2017-2019.

Tabel V. 9 Jumlah Ton Barang

Tahun	Jumlah Barang	Pertumbuhan Barang	
		Barang	(%)
2017	338.100		
2018	426.472	88.372	26%
2019	559.317	132.845	31%
Jumlah	1.323.889	221.217	57%

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dapat dilihat pada tabel V.9 rata-rata kenaikan per tahun adalah 28% . Data yang diambil merupakan data barang tahun 2017-2019, dengan catatan pada tahun 2020 dan 2021 tidak digunakan karena sedang terjadinya pandemic Covid – 19 dengan adanya Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) yang berdampak pada pertumbuhan jumlah angkutan barang KA. Proyeksi barang sangat bermanfaat dan merupakan kunci aktifitas perencanaan peningkatan persinyalan karena dapat dijadikan Langkah dalam menentukan suatu arah dan dasar pengambilan keputusan rencana dimasa yang akan datang. Proyeksi barang adalah suatu perkiraan jumlah angkutan barang dimasa yang akan datang. Disebut proyeksi yang baik adalah proyeksi yang menghasilkan penyimpangan antara hasil ramalan dan kenyataan sekecil mungkin. Untuk menentukan pilihan rumus perhitungan yang paling mendekati kebenaran dan dilakukan analisis dengan cara menghitung standar deviasi dan memilih metode yang tepat untuk menghitung proyeksi jumlah barang 20 tahun mendatang dengan menggunakan beberapa metode, yaitu metode Aritmatik, Geometrik, dan *Least Square*.

a. Metode Aritmatik

Proyeksi barang dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah angkutan barang pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun.

Rata – rata pertambahan volume barang CPO dari tahun 2017 sampai dengan tahun 2019 adalah:

$$Ka = \frac{(P_n - P_o)}{(T_n - T_o)}$$

$$P_n = P_o + Ka (T_n - T_o)$$

Keterangan:

P_n = jumlah angkutan barang pada tahun ke-n;

P_o = jumlah angkutan barang pada tahun dasar;

T_n = tahun ke-n;

T_o = tahun dasar;

Ka = konstanta aritmatik.

Perhitungan data tahun 2019

Dengan rumus diatas dapat diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$Ka = \frac{(P_{19} - P_{17})}{(2019 - 2017)}$$

$$Ka = \frac{(559.317 - 338.100)}{2}$$

$$Ka = 110.608,5$$

$$P_n = P_o + Ka (T_n - T_o)$$

$$P_{2019} = 559.317 + 110.608,5 (2019 - 2017)$$

$$P_{2019} = 559.317 + 221.217$$

$$P_{2019} = 780534 \text{ ton}$$

Untuk mencari nilai korelasi (r) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r^2 = \frac{\Sigma(P_n - P_r)^2 - \Sigma(P_n - P)^2}{\Sigma(P_n - P_r)^2}$$

$$r^2 = \frac{\Sigma(1.655.714,5 - 221.217)^2 - \Sigma(1.655.714,5 - 1.323.889)^2}{\Sigma(1.655.714,5 - 221.217)^2}$$

$$r^2 = 0,946491852$$

Untuk mencari nilai standar deviasi (STD) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$STD = \left(\frac{\Sigma(P_n - P)^2 - \left(\frac{\Sigma(P_n - P)^2}{n} \right)}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = \left(\frac{\Sigma(1.655.714,5 - 1.323.889)^2 - \left(\frac{\Sigma(1.655.714,5 - 1.323.889)^2}{3} \right)}{3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = \left(\frac{(331.825,5)^2 - \left(\frac{(331.825,5)^2}{3} \right)}{3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = 156.424,0$$

Tabel V. 10 Hasil Perhitungan Metode Aritmatik Angkutan barang

Tahun	Eksisting	Aritmatik
2017	338.100	338100
2018	426.472	537080,5
2019	559.317	780534
Jumlah	1.323.889	1655714,5
	R ²	0,946491852
	R	0,972878128
	St.D	156424,0

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan hasil perhitungan tabel V.10 nilai standar deviasi sebesar 156424,0 dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,946491852 yang merupakan hasil dari jumlah angkutan CPO dengan proyeksi menggunakan metode aritmatika.

b. Metode Geometrik

Proyeksi barang dengan metode geometri menggunakan asumsi bahwa jumlah penumpang akan bertambah secara geometri dengan dasar perhitungan. Laju pertumbuhan dianggap sama untuk setiap tahun.

Dalam peramalan menggunakan metode Geometri, dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Keterangan:

P_n : jumlah angkutan barang pada tahun ke- n (pnp)

P_o : jumlah angkutan barang pada awal tahun (pnp)

T_n : tahun ke - n

T_o : tahun awal

R : rasio

Contoh perhitungan

Dengan rumus diatas dapat diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$P_{2019} = 559.317 (1 + 0,291333)^4$$

$$P_{2019} = 559.317 (1,291333)^4$$

$$P_{2019} = 925626$$

Untuk mencari nilai korelasi (r) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$STD = \left(\frac{\sum(P_n - P)^2 - \left(\frac{\sum(P_n - P)^2}{n}\right)}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$$
$$STD = \left(\frac{\sum(1.812.356 - 1.323.889)^2 - \left(\frac{\sum(1.812.356 - 1.323.889)^2}{3}\right)}{3} \right)^{\frac{1}{2}}$$
$$STD = \left(\frac{(488.467)^2 - \left(\frac{(488.467)^2}{3}\right)}{3} \right)^{\frac{1}{2}}$$
$$STD = 230.266$$

Tabel V. 11 Hasil Perhitungan Metode Geometrik Angkutan barang

Tahun	Eksisting	Geometric
2017	338.100	338100
2018	426.472	548630
2019	559.317	925626
Jumlah	1.323.889	1812356
R ²		0,905755866
R		0,951712071
St.D		230266

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan hasil perhitungan tabel V.11 didapat nilai standar deviasi sebesar 230.266 dan nilai korelasi sebesar 0,905755866 yang merupakan hasil dari jumlah angkutan barang dengan proyeksi menggunakan metode geometrik.

c. Metode *Least Square*

Dalam peramalan menggunakan metode *Least Square*, dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum xy}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$Y = a + bx$$

Keterangan:

y: Peubah tidak bebas

x: Peubah bebas

a: konstanta Regresi

b: koefisien regresi

Berikut data jumlah angkutan barang dari hasil perhitungan *Least Square*:

Tabel V. 12 Bahan Perhitungan Least Square

TAHUN KE	BRG	X.Y	X ²
(X)	(Y)		
1	338.100	338100	1
2	426.472	852944	4
3	559.317	1677951	9
6	1.323.889	2868995	14

Sumber: Hasil Analisis, 2022

$$a = \frac{\Sigma y \cdot \Sigma x^2 - \Sigma x \cdot \Sigma xy}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$a = \frac{1.323.889 \times 14 - 6 \times 2.868.995}{3 \cdot 14 - (6)^2}$$

$$a = 220.079$$

$$b = \frac{n \cdot \Sigma xy - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{3 \times 2.868.995 - 6 \times 1.323.889}{3 \times 14 - (6)^2}$$

$$b = 110.608$$

Contoh Perhitungan :

Sehingga didapat persamaan sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

$$Y = 220.079 + 110.608 (n - 1)$$

$$Y_5 = 220.079 + 110.608 (3 - 1)$$

$$2019 = 441.295 \text{ ton}$$

Untuk mencari nilai korelasi (r) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r^2 = \frac{\Sigma(P_n - P_r)^2 - \Sigma(P_n - P)^2}{\Sigma(P_n - P_r)^2}$$

$$r^2 = \frac{\Sigma(992.063 - 221.217)^2 - \Sigma(992.063 - 1.323.889)^2}{\Sigma(992.063 - 221.217)^2}$$

$$r^2 = 0,814696465$$

Untuk mencari nilai korelasi (r) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$STD = \left(\frac{\sum(P_n - P)^2 - \left(\frac{\sum(P_n - P)^2}{n} \right)}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = \left(\frac{\sum(992.063 - 1.323.889)^2 - \left(\frac{\sum(992.063 - 1.323.889)^2}{3} \right)}{3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$STD = 156.424,0$$

Tabel V. 13 Hasil Perhitungan Metode Least Square Angkutan barang

Tahun	Eksisting	Least Square
2017	176.015	220079
2018	233.331	330688
2019	293.205	441296
Jumlah	702.651	526.716
R ²		0,815348154
R		0,815348154
St.D		82.936,6

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan hasil perhitungan tabel V.13 didapatkan nilai standar deviasi sebesar 82.936,6 dan nilai korelasi sebesar 0,828753939 yang merupakan hasil dari jumlah barang dengan proyeksi menggunakan metode *Least Square*.

Dari hasil perhitungan di atas di dapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel V. 14 Hasil Pehitungan Aritmatik, Geometrik, dan Least Square Angkutan Barang

Tahun	Jumlah Barang/ton	Hasil Perhitungan		
		Aritmatik	Least Square	Geometrik
2017	338.100	338100	220079	338100
2018	426.472	537080,5	330688	548630
2019	559.317	780534	441296	925626
Jumlah	1.323.889	1655714,5	992063,5	1812356
R ²		0,946491852	0,814696465	0,905755866
R		0,972878128	0,902605376	0,951712071
Sd.T		156424,0	156424,0	230266

Sumber: Hasil Analisis Pribadi, 2022

Dapat dilihat pada tabel V.14 dengan adanya nilai korelasi (r) dan nilai deviasi (SD) dari ketiga metode diatas, metode proyeksi yang dipilih adalah metode proyeksi dengan nilai standar deviasi paling rendah dan koefisien korelasi paling besar. Oleh karena itu metode yang dipilih adalah metode Aritmatik.

Tabel V. 15 Hasil Perhitungan Angkutan Barang

No	Tahun	Jumlah Barang Ton/Tahun	Jumlah Barang rata-rata perhari	Keterangan
1	2017	338.100	1208	Data Sekunder
2	2018	426.472	1523	Data Sekunder
3	2019	559.317	1998	Data Sekunder
4	2020	891.143	3183	Hasil Analisa
5	2021	1.001.751	3578	Hasil Analisa
6	2022	1.112.360	3973	Hasil Analisa
7	2023	1.222.968	4368	Hasil Analisa
8	2024	1.333.577	4763	Hasil Analisa
9	2025	1.437.911	5135	Hasil Analisa
10	2026	1.659.128	5925	Hasil Analisa
11	2027	1.880.345	6716	Hasil Analisa
12	2028	2.101.562	7506	Hasil Analisa
13	2029	2.322.779	8296	Hasil Analisa
14	2030	2.543.996	9086	Hasil Analisa
15	2031	2.765.213	9876	Hasil Analisa

Sumber: Hasil Analisis, 2022

3. Analisis Frekuensi

a. Frekuensi Penumpang

Jumlah angkutan perhari pada tahun 2031 yaitu sebesar 4.834 penumpang dan kemampuan daya angkut kereta sebesar 420 penumpang. Dari data tersebut maka didapat nilai frekuensi perhari sebagai berikut:

$$F = \frac{\text{Jumlah Angkutan Perhari}}{\text{Kapasitas x Jumlah Cars}}$$

$$F = \frac{4.834}{420}$$

$$F = 12$$

Dari perhitungan diatas diperoleh hasil frekuensi kereta untuk satu hari yaitu 12 perjalanan.

b. Frekuensi Barang

Jumlah angkutan perhari pada tahun 2031 yaitu sebesar 9.876 ton dan kemampuan daya angkut kereta sebesar 540 ton. Dari data tersebut maka didapat nilai frekuensi perhari sebagai berikut:

$$F = \frac{\text{Jumlah Angkutan Perhari}}{\text{Kapasitas x Jumlah Cars}}$$

$$F = \frac{9.876}{540}$$

$$F = 18$$

Dari perhitungan diatas diperoleh hasil frekuensi kereta barang untuk satu hari yaitu 18 perjalanan dengan muatan isi dan 18 perjalanan dengan muatan kosong dan total frekuensi kereta barang untuk satu hari adalah 36 perjalananan

C. Pemecahan Masalah

1. Permasalahan

Berdasarkan hasil analisis diatas, Dengan adanya gangguan persinyalan dan ketersediaan suku cadang peralatan persinyalan mekanik yang hanya tersedia 13% maka ini akan menyebabkan tidak optimalnya pelayanan persinyalan serta sulitnya melakukan perawatan dan perbaikan karena untuk mengganti peralatan persinyalan menggunakan sistem *kanibalisme* (memakai peralatan pada komponen lain) dimana peralatan persinyalan yang sudah tidak 100% masa pakainya karena sudah dipakai pada stasiun lain sebelumnya. Serta akan adanya peningkatan frekuensi KA berdasarkan proyeksi *demand* penumpang dan barang tahun 2031 menjadi 48 KA Perhari yang menyebabkan kejenuhan pada kapasitas lintas Aekloba-Mambang Muda seperti yang dijelaskan di bawah ini.

Tabel V. 16 Jumlah KA di Stasiun Mambang Muda saat ini

Jumlah total KA	
Ka Penumpang	8 KA
Ka Barang	12 KA

Sumber: Unit Penumpang Divre 1 Sumatera Utara 2022

Tabel V.16 menunjukkan jumlah KA yang beroperasi di stasiun Mambang Muda saat ini dan apabila dihitung kapasitas lintas Aekloba-Mambang Muda saat ini dengan rumus dibawah:

Tabel V. 17 kapasitas lintas Aekloba-Mambang Muda saat ini

NO	Uraian	Keterangan
1	Lokasi stasiun Mambang Muda(Sa)	km 51+ 754
2	Lokasi stasiun Aekloba(Sb)	km 41+ 168
3	Jarak antar stasiun(Sa-b)	10,586 km
4	Kecepatan KA barang(Vb)	40 km/jam
5	Kecepatan KA Penumpang(Vp)	70 km/jam

Sumber: Gapeka, 2021

Dalam menghitung kecepatan kereta api menggunakan kecepatan grafis, kecepatan grafis 85 % dari puncak kecepatan sarana atau prasarana. Sesuai dengan GAPEKA 2021 pada puncak kecepatan maksimum prasarana jalan yang diberlakukan pada lintas Aekloba-Mambang Muda adalah 70 km/jam untuk kereta penumpang dan 40 km/jam untuk kereta barang. Sehingga didapatkan hasil untuk kecepatan grafis pada lintas Aekloba-Mambang Muda adalah 59,5 km/jam untuk KA Penumpang dan 34 km/jam untuk KA Barang.

Menghitung kecepatan Rata- Rata :

$$\begin{aligned} V_{\text{grafis KA pnp}} &= 85\% \times 70 \\ &= 59,5 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{grafis KA Brg}} &= 85\% \times 40 \\ &= 34 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Maka kecepatan rata – rata grafisnya adalah

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{(\sum KA \text{ Penumpang} \times V) + (\sum KA \text{ Barang} \times V)}{\sum KA \text{ Penumpang} + \sum KA \text{ Barang}}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{(8 \times 59,5) + (12 \times 34)}{12 + 8}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 44,2 \text{ Km/Jam}$$

Perhitungan *headway* persinyalan mekanik di stasiun Mambang Muda :

$$H = \frac{60 \times (Sa-b + 3)}{V} + 1$$

$$H = \frac{60 \times (10,6 + 3)}{V} + 1$$

$$H = \frac{816}{44,2} + 1$$

$$H = 19 \text{ menit}$$

Sumber: buku operasi, Uned Supriadi, 2008

Keterangan :

H = *Headway* (menit)

Sa-b = jarak antar stasiun (km)

V = kecepatan rata-rata grafis (km/jam)

Perhitungan Kapasitas lintas Aekloba-Mambang Muda :

$$K = \frac{1440}{H} \times n$$

$$K = \frac{1440}{19} \times 60\%$$

$$K = 45/\text{HARI}$$

Sumber: buku operasi, Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

K = Kapasitas Lintas (KA/hari)

n = Faktor Pengali

H = *Headway* (menit)

Dari perhitungan diatas jumlah kapasitas lintas Aekloba- Mambang Muda sebesar 45 KA/hari. Saat ini KA yang beroperasi di stasiun Mambang Muda sebesar 20 KA/hari. Apabila peningkatan Frekuensi KA yang direncanakan dari data *demand* penumpang dan barang tahun 2031 yang dijelaskan pada tabel dibawah yaitu :

Tabel V. 18 Proyeksi Frekuensi KA berdasarkan demand

Jumlah total KA	
Ka Penumpang	12 KA
Ka Barang	36 KA

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dari data diatas menunjukkan akan adanya penambahan KA berdasarkan proyeksi *demand* penumpang dann barang tahun 2031 menjadi 48 KA Perhari oleh karena itu dari segi Persinyalan juga harus dioptimalkan dengan maksimal. Dan apabila sudah ada penambahan KA tersebut dan persinyalan di stasiun Mambang Muda masih menggunakan sistem persinyalan mekanik maka akan menimbulkan kejenuhan pada kapasitas lintas Aekloba - Mambang Muda.

2. Pemecahan Masalah

Stasiun Mambang Muda saat ini masih menggunakan persinyalan mekanik sedangkan pada tahun 2031 guna mengangkut kebutuhan penumpang dan hasil-hasil sumber daya bumi, apabila masih menggunakan persinyalan mekanik di stasiun Mambang Muda saat ini maka akan mengakibatkan kejenuhan pada kapasitas lintas Aekloba - Mambang Muda karena pada tahun 2031 KA yang melewati lintas Aekloba - Mambang Muda ada 48 KA per hari.

Apabila dilakukan pergantian persinyalan mekanik ke persinyalan elektrik di stasiun Aekloba - Mambang Muda akan mengurangi tingkat kejenuhan di lintas Aekloba - Mambang Muda yang dijelaskan pada perhitungan dibawah ini :

Perhitungan headway persinyalan elektrik di stasiun Mambang Muda:

$$H = \frac{60 \times (Sa-b + 1,5)}{V} + 0,25$$

$$H = \frac{60 \times (10,6 + 1,5)}{44,2} + 0,25$$

$$H = \frac{726}{44,2} + 0,25$$

$$H = 17 \text{ menit}$$

Sumber: buku operasi, Uned Supriadi, 2008

Keterangan :

H = Headway (menit)

Sa-b = jarak antar stasiun (km)

V = kecepatan rata-rata grafis (km/jam)

Perhitungan Kapasitas lintas Aekloba - Mambang Muda :

$$K = \frac{1440}{H} \times n$$

$$K = \frac{1440}{17} \times 60\%$$

$$K = 51/\text{HARI}$$

Sumber: buku operasi, Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

K = Kapasitas Lintas (KA/hari)

n = Faktor Pengali

H = *Headway* (menit)

Perhitungan diatas menjelaskan bahwa apabila dilakukan pergantian persinyalan dari persinyalan mekanik menuju persinyalan elektrik di stasiun Mambang Muda akan terjadi penambahan dalam kapasitas lintas guna menghindari adanya kejenuhan kapasitas lintas di Aekloba - Mambang Muda

Kapasitas yang awalnya sebesar 45 KA per hari apabila di ganti menuju ke persinyalan elektrik menjadi 51 KA per hari. Dan apabila terjadi peningkatan KA menjadi 48 KA perhari karena berdasarkan peningkatan *demand* penumpang dan barang di tahun 2031 maka kapasitas lintas di Aekloba - Mambang Muda tidak akan jenuh.

Maka atas dasar kondisi sistem persinyalan mekanik di stasiun Mambang Muda saat ini, seperti dengan adanya gangguan persinyalan, terbatasnya ketersediaan suku cadang dan ditambah akan adanya peningkatan jumlah frekuensi berdasarkan proyeksi *demand* penumpang dan barang maka disarankan adanya pergantian sistem persinyalan dari persinyalan mekanik ke persinyalan elektrik .

BAB VI

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari Hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diketahui sebagai berikut :

1. Pada sistem persinyalan stasiun Mambang Muda saat ini ketersediaan suku cadang peralatan persinyalan hanya tersedia 13% .
2. Pada persinyalan stasiun Mambang Muda saat ini gangguan terbanyak terdapat pada peralatan luar sinyal mekanik sebanyak 67% dan andil paling lama (69 menit) yaitu pipa selubung saluran kawat penyok.
3. Pada tahun 2031 frekuensi KA yang melewati stasiun Mambang Muda mengalami peningkatan menjadi 48 KA Perhari dan Kapasitas lintas Aekloba - Mambang Muda 45 KA Perhari.
4. Dengan kondisi persinyalan stasiun Mambang Muda saat ini maka harus dilakukan penggantian sistem persinyalan dari mekanik ke elektrik maksimal pada tahun 2031.

B. Saran

Dengan Kesimpulan diatas, maka saran–saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Untuk menghilangkan sistem *kanibalisme* pada stasiun Mambang Muda maka disarankan untuk penggantian persinyalan dari mekanik ke elektrik.
2. Untuk mengurangi gangguan persinyalan karena faktor umur peralatan dan ketersediaan suku cadang yang terbatas sehingga menggunakan sistem kanibalisme maka disarankan untuk penggantian persinyalan dari mekanik ke elektrik
3. Untuk mengatasi kapasitas lintas Aekloba - Mambang Muda pada tahun 2031 maka disarankan untuk penggantian persinyalan dari mekanik ke elektrik.
4. Untuk penelitian selanjutnya untuk membahas ketersediaan sarana.

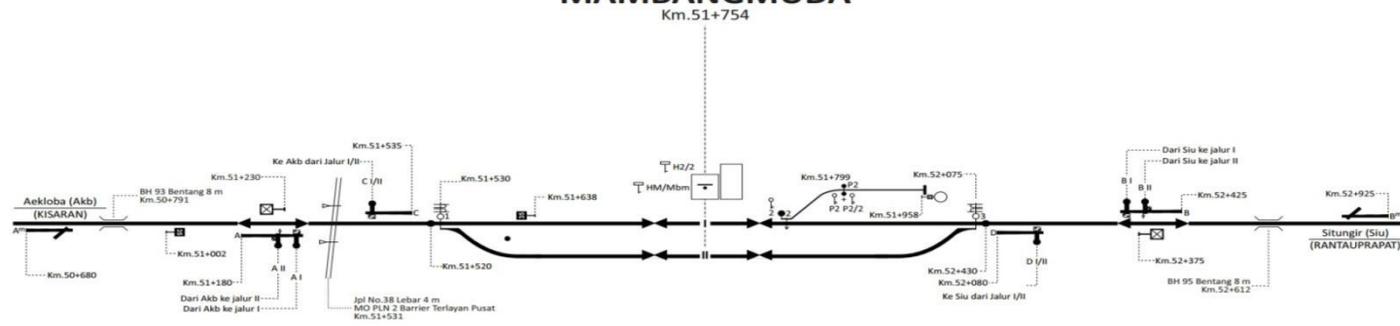
DAFTAR PUSTAKA

- _____, (2007), *Undang–Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian*.
- _____, (2009), *Peraturan Pemerintah Nomor 72 tahun 2009 tentang Lalu Lintas Angkutan Kereta Api*.
- _____, (2015), *Peraturan Menteri Nomor 24 tahun 2015 tentang Standar keselamatan perkeretaapian*.
- _____, (2018), *Peraturan Menteri Nomor 44 tahun 2018 tentang Persyaratan Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian*.
- Aswad A, M. H. 2018, Analisis Peramalan Jumlah Penduduk Kota Palopo Tahun 2013-2017. Al-Khwarizmi: *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 1(1), 49–58
- Jayanti, Dwi. 2018, *Pergantian Sistem Persinyalan Ansaldo pada Stasiun Sepanjang-Mojokerto*,. KKW, Jurusan Perkeretaapian, Sekolah Tinggi Transportasi Darat
- Hartati, Indrawati, Sitepu, R., & Tamba, N. 2019, Metode geometri, metode aritmatika, dan metode eksponensial untuk memproyeksikan penduduk Provinsi Sumatera Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Matematika Informatika Dan Aplikasinya IV*, 4 (4), 7–18.
- Pramana, Adys. (2020). *Aktivasi Jalur Ke Kota Pinang Dengan Pergantian Sistem Persinyalan di Stasiun Rantauprapat*,. KKW, Jurusan Perkeretaapian, Sekolah Tinggi Transportasi Darat
- Sari, P., & Rosi, K. 2016, *Metode Least Square Untuk Prediksi*. 7(2), 731–736.
- Supriadi, U. 2008, *Buku Operasi*. Garut : Sekolah Tinggi Trasnportasi Darat

Supriadi, U. 2014, *Frekuensi, Headway, Kapasitas Lintas dan Kapasitas Emplasemen*. Garut : Sekolah Tinggi Transportasi Darat.

LAMPIRAN

MAMBANGMUDA



KETERANGAN :

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> — = Perkakas hendel ⌋ = Kunci perkakas hendel ⌋ = Kedudukan biasa wesel terlayan pusat ⌋ = Kedudukan biasa wesel terlayan tempat — = Sekat — = Kontak rel | <ul style="list-style-type: none"> ⌋ = Pintu Perlintasan ⌋ = Semboyan 8E ⌋ = Semboyan BG ⌋ = Semboyan BK ● = Semboyan 18 ● = Perintang |
|--|--|



PTDI - STTD

KARTU ASISTENSI

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN
TAHUN AKADEMIK 2021/2022**

NAMA : AHMAD ALFARIZI
NOTAR : 19.03.003
DOSEN : 1. URIANSAH PRATAMA, S. ST, MM.
2. MEGA SUBYANDAKI, S. SIT., MT.

JUDUL KKW: KASIH PERANTIAN
SISTEM PERSINYA LAN STASIUN MAMBAANG MUDA

NO	TGL	KETERANGAN	PARAF	NO	TGL	KETERANGAN	PARAF
1	1 JULI 2022	Asistensi Bab 1			4/7 2022	Asistensi BAB 1	
2	8 JULI 2022	Asistensi BAB 2			11/7 2022	Asistensi BAB 11	
3	19/2022 /7	Asistensi BAB 3 dan BAB 4			15/7 2022	Asistensi BAB II dan III	

NO	TGL	KETERANGAN	PARAF	NO	TGL	KETERANGAN	PARAF
4	22/7/2022	Asistensi BAB 5		4	20/7/2022	Asistensi BAB IX dan X	
5	26/7/2022	Asistensi BAB 5 dan 6		5	25/7/2022	Asistensi BAB X dan XI	
6	27/7/2022	Asistensi BAB 5 dan 6		6	27/7/2022	Asistensi PPT	

