

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

3.1 Landasan Teori dan Normatif

3.1.1 Gambaran Umum Persinyalan

Peralatan Persinyalan adalah seperangkat fasilitas yang berfungsi untuk memberikan isyarat berupa bentuk, warna atau cahaya yang ditempatkan pada suatu tempat tertentu dan memberikan isyarat dengan arti tertentu dan memberikan isyarat dengan arti tertentu untuk mengatur dan mengontrol pengoperasian kereta api.

Peralatan Persinyalan Perkeretaapian adalah fasilitas operasi kereta api yang berfungsi memberi petunjuk atau isyarat berupa warna, cahaya atau informasi lainnya dengan arti tertentu. Jenis sinyal pada perkeretaapian digolongkan dalam sinyal elektrik dan sinyal mekanik.

Sinyal elektrik adalah isyarat lampu seperti halnya lampu lalu lintas untuk mengatur jalan/ tidak jalannya kereta api. Sinyal berangkat terbagi menjadi 3 aspek yaitu aspek berjalan dengan indikasi lampu hijau, aspek berjalan hati-hati dengan indikasi lampu kuning, dan aspek berhenti dengan indikasi lampu merah.

Sedangkan Sinyal mekanik adalah perangkat sinyal yang digerakan secara mekanik, disini ada papan/lengan semapur yang dinaikan atau diturunkan untuk memberi perintah kepada masinis kereta api. Sistem ini masih digunakan di Indonesia pada lintasan dengan frekuensi yang rendah namun mulai ditinggalkan dan digantikan dengan sistem yang lebih modern. Sinyal mekanik juga dibagi menjadi dua jenis yaitu yang pertama peralatan dalam ruangan diantaranya *interlocking* mekanik dan pesawat blok, yang kedua peralatan luar ruangan diantaranya peraga sinyal mekanik, penggerak wesel mekanik, petunjuk kedudukan wesel mekanik, penghalang sarana dan media transmisi atau saluran kawat.

Dalam persinyalan ada yang disebut dengan interlocking. Interlocking adalah peralatan yang bekerja saling bergantung satu sama lain yang berfungsi untuk membentuk, mengunci, dan mengontrol untuk mengamankan rute kereta api yaitu petak jalan dan petak blok yang akan dilalui kereta api. *Interlocking* bisa diartikan sebagai komputer khusus yang dirancang dengan tujuan mengatur keselamatan perjalanan kereta api dan kereta api yang masuk dan keluar dari stasiun. Hal ini dilakukan agar kereta tidak berada di satu jalur pada waktu yang sama yang akan menyebabkan kecelakaan. Prinsip utama interlocking adalah mencegah kereta berada di jalur yang sama pada waktu yang sama.

Interlocking sendiri memiliki beberapa jenis seperti:

1. Mekanik Interlocking

Metode ini adalah yang pertama ditemukan. Prinsip interlocking mekanik adalah dengan prinsip pengunci atau dengan *locking bed*. Interlocking mekanik pertama diaplikasikan di Inggris pada tahun 1843.

2. Elektro-Mekanik Interlocking

Interlocking adalah perpaduan antara interlocking mekanik dengan sistem elektrik, dimana *switch* memiliki interlocking mekanik, sedangkan action dari *switch* tersebut menuju aktuator pemindah wesel disalurkan melalui kabel.

3. Relay Interlocking

Metode relay interlock sepenuhnya memanfaatkan sistem elektrik/listrik yaitu dengan mengatur *logic* sinyal elektrik. Perusahaan pembuat relay interlocking pertama adalah GRS (*General Railway Signal*) dengan produknya yang diberi nama *Extrance-Exit Interlocking* (NX).

4. Elektronik Interlocking

Pada prinsipnya sama dengan *relay interlocking*, hanya saja pada interlocking ini logic pengolah sinyal listrik berupa software bukan relay asli, seperti contohnya dengan menggunakan PLC/*Relay*. Elektronik *interlocking* sangat praktis, selain bentuknya yang simpel,

juga mudah dilakukan perubahan daripada jenis interlock lain yang memakai hard device (*relay*). Elektronik interlocking juga dikenal dengan *processor base interlocking* dan pada perkembangan selanjutnya disebut sebagai *computer base interlocking (CBI)*.

3.1.2 Peralatan Persinyalan

Peralatan Persinyalan Perkeretaapian sebagaimana dimaksud harus dilengkapi dengan peralatan berupa:

1. pengendalian/pengawasan perjalanan Kereta Api terpusat;
2. perangkat sistem keselamatan Kereta Api otomatis;
3. sistem peringatan dini untuk bencana; dan
4. pengaman perlintasan sebidang.

Peralatan dalam ruangan persinyalan terdiri dari:

1. peralatan elektrik
2. peralatan mekanik

Adapun beberapa persyaratan umum sistem persinyalan, antara lain:

1. Syarat utama sistem persinyalan yang harus dipenuhi adalah azas keselamatan (*fail-safe*), 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 yang 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.

3.1.3 Definisi Peralatan Persinyalan

Menurut UU 23 tahun 2007, Peralatan persinyalan adalah seperangkat fasilitas yang berfungsi untuk memberikan isyarat berupa, bentuk, warna atau cahaya yang ditempatkan pada suatu tempat tertentu, memberi isyarat dengan arti tertentu untuk mengatur dan mengontrol pengoperasian kereta api.

Persinyalan yang ada di wilayah DIVRE I Sumatera Utara ada 2 yaitu:

- a. Sinyal elektrik terdapat di stasiun Medan, stasiun Kualanamu, Bandarkhalifa, Batangkuis, Araskabu, Belawan, Tebingtinggi, Kisaran, Ujungbaru;
- b. Sinyal mekanik S & H dengan blok TBI (*Tokenless Blok Instrumen*) terdapat di stasiun Binjai, Pulobrayan, Titi Papan, Labuan, Lubukpakam, Perbaungan, Lidahtanah, Telukmengkudu, Rampah, Baman, Rambutan, Lauttador, Bandartinggi, Bahlias, Perlanaan, Limapuluh, Dusun, Sei Bejangkar, Bunut, Tanjungbalai, Henglo, Telukdalam, Puloraja, Aekloba, Mambangmuda, Situngir, Pamingke, Padanghalaban, Merbau, Rantauprapat, Bajalinggei, Dolokmerangir, Pematang Siantar.



Sumber: dokumentasi penulis, 2021

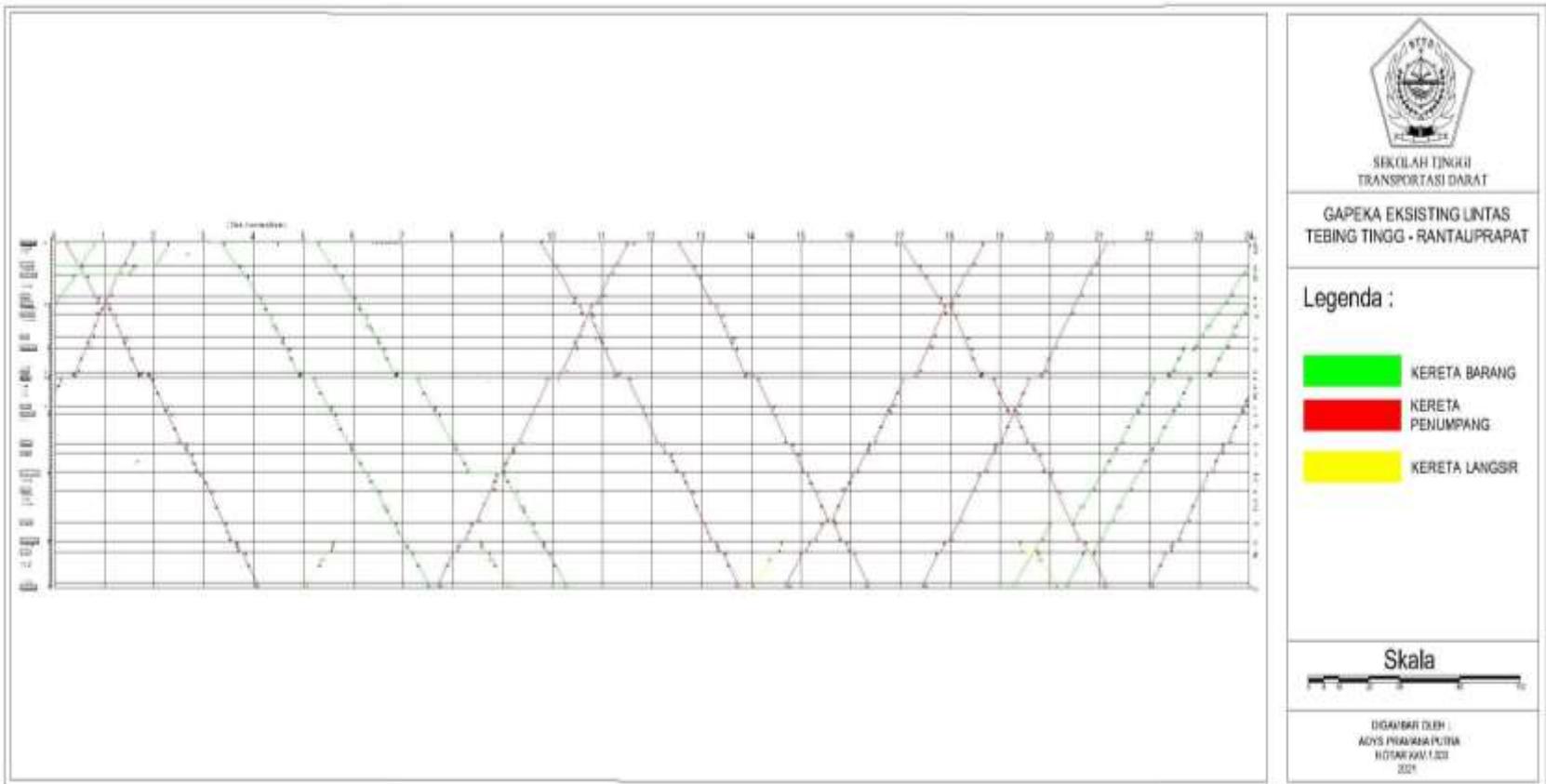
Gambar 3.1 Peralatan Dalam Sinyal S&H di stasiun Rantauprapat

3.1.4 Grafik Perjalanan Kereta Api (GAPEKA)

Grafik perjalanan kereta api adalah pedoman pengaturan pelaksanaan perjalanan kereta api yang digambarkan dalam bentuk garis yang menunjukkan stasiun, waktu, jarak, kecepatan dan posisi perjalanan kereta api mulai dari berangkat, bersilang, bersusulan dan berhenti yang digambarkan secara grafis untuk pengendalian perjalanan kereta api.

Pada jaringan jalur ganda juga terdapat kaitannya antara perjalanan kereta dengan kereta lainnya. Karena kereta api yang berjalan lebih lambat akan disusul oleh kereta api yang lebih cepat di stasiun. Sehingga cara terbaik dalam merencanakan perjalanan kereta api adalah dengan menggambarkan garis perjalanan kereta api pada sebuah grafik dua dimensi, dengan demikian dapat diketahui tempat persilangan dan penyusulannya.

Bentuk Gapeka adalah berupa suatu grafik 2 dimensi yang terdiri dari waktu sebagai sumbu X dan stasiun sebagai sumbu Y. Dalam Gapeka, perjalanan dari suatu rangkaian kereta api dimodelkan sebagai garis linier dengan kemiringan tertentu dan bentuk tertentu untuk setiap perjalanan kereta api. Kemiringan ini dipengaruhi oleh kecepatan dari suatu perjalanan kereta api, semakin besar sudut kemiringan yang dibentuk menunjukkan bahwa kecepatan kereta api semakin tinggi.



Sumber: GAPEKA,2021

Gambar 3.2 GAPEKA EKSISTING

3.1.5 Waktu Tempuh

Menurut Uned Supriadi (2008) waktu tempuh sebagai hasil perhitungan dari unsur kecepatan, jarak, percepatan, perlambatan. Pada jalur tunggal, semakin rendah urutan tingkat kelas kereta api akan semakin lama waktu perjalanannya dan semakin menambah waktu perjalanan. Apabila waktu perjalanan sudah melebihi 30 persen sebaiknya dijadikan jalur ganda.

Perhitungan waktu tempuh merupakan salah satu unsur yang dominan dalam membuat perencanaan perjalanan kereta api yang dituangkan dalam Gapeka. Kesalahan dalam menentukan besaran waktu tempuh akan mengakibatkan secara akumulatif mengganggu ketertiban perjalanan kereta api, kesalahan dimaksud dapat terjadi beberapa kemungkinan, yaitu:

- a. Kesalahan menghitung, kemungkinan penggunaan rumus yang salah
- b. Kesalahan menghitung jarak antara dua stasiun bersebelahan (petak jalan)
- c. Adanya tanjakan atau turunan, perhitungan pada petak jalan tersebut disamakan, padahal jika dihitung secara realistis memiliki perbedaan yang mencolok, karena pada waktu perjalanan menanjak akan terjadi perlawanan tanjakan
- d. Puncak kecepatan yang ditetapkan terlalu tinggi, sehingga kereta api tidak dapat melaksanakannya
- e. Adanya taspas (pembatas kecepatan tetap) yang sangat berpengaruh terhadap besaran waktu tempuh tidak dihitung waktu tambahannya.

Waktu tempuh dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Waktu\ Tempuh = \frac{Jarak \times 60}{Kecepatan (v)}$$

Sumber: Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

S = Jarak (km)

V= kecepatan (km/jam)

WT= Waktu tempuh (menit)

60= Angka konstan untuk menghasilkan menit (jam/km dijadikan menit/km)

3.1.6 Kecepatan Rata-Rata

Merupakan kemampuan kereta untuk melakukan perjalanan dari satu tempat ke tempat lain yang disesuaikan dengan kondisi kecepatan sarana maupun prasarana sehingga dapat diketahui kecepatan rata-rata yang seharusnya dapat dilewati di lintas tersebut.

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

Sumber: Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

Vrata- rata = Kecepatan rata – rata (km/jam)

Np = Jumlah kereta api penumpang

Vp = Kecepatan kereta api penumpang (km/jam)

Nb = Jumlah kereta api barang

Vb = Kecepatan kereta api barang (km/jam)

3.1.7 Headway

Menurut Uned Supriadi, headway dapat didefinisikan yaitu interval atau selang waktu antara dimana bagian depan kereta api melalui satu

titik (umumnya stasiun) sampai dengan saat bagian depan kereta api berikutnya melalui titik yang sama dengan satuan menit/ka. Interval waktu ini terdiri dari waktu perjalanan suatu kereta api dari suatu stasiun ke stasiun berikutnya/sebelahnya ditambah waktu pelayanan blok dan sinyal antara dua berdekatan. Unsur-unsur headway adalah sistem persinyalan, kecepatan, jarak, dan sistem jalur. Tahapan yang perlu dipertimbangkan agar headway lebih efektif dan efisien dalam penggunaan jalur dan sinyal adalah sebagai berikut:

- a. Jika headway masih diatas 60 menit maka jalur cukup dengan jalur tunggal, sinyal mekanik dan sistem hubungan bloknya manual telegraf
- b. Jika headway sudah diantara 30 sampai dengan headway 60 menit maka jalur cukup dengan jalur tunggal, sinyal mekanik dan sistem hubungan bloknya cukup manual blok elektro mekanik
- c. Jika headway sudah diantara 20 sampai 30 menit maka jalur harus mulai jalur kembar/ganda tapi sinyal masih bisa mekanik dan sistem hubungan bloknya cukup manual blok elektro mekanik atau hubungan blok manual elektrik walaupun bisa saja sinyalnya mekanik
- d. Jika headway sudah diantara 5 sampai dengan 20 menit maka jalur harus jalur kembar/ganda dan sinyal harus elektrik dan sistem hubungan bloknya otomatis tertutup
- e. Jika headway sudah diantara 2 sampai dengan headway 5 menit maka jalur harus jalur kembar/ganda, dan sinyal harus elektrik dan sistem hubungan bloknya otomatis terbuka

Headway dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

1) Persinyalan mekanik

Sumber: Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

$$H = \frac{60 \times S_{AB} + 90}{V} + 0,25$$

H = Headway (menit)

S_{ab} = jarak antara stasiun terpanjang (km)

180= Ketentuan untuk persinyalan mekanik

1 = 1 menit, waktu pelayanan blok manual

V = kecepatan rata – rata (km/jam)

2) Persinyalan Elektrik

Sumber: Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

H = Headway (menit)

S_{ab} = Jarak antar stasiun terpanjang (km)

1 = 1 menit, waktu pelayanan blok manual

90= Ketentuan untuk persinyalan mekanik

V = kecepatan rata – rata (km/jam)

$$H = \frac{60 \times S_{AB} + 180}{V} + 1$$

3.1.8 Kapasitas Lintas

Menurut Uned Supriadi, kapasitas lintas adalah banyaknya kereta api yang dapat dioperasikan pada satu petak jalan per satuan waktu, dapat diambil dalam kurun waktu satu hari. Besarnya kapasitas lintas dipengaruhi oleh kapasitas petak jalan (di jalur tunggal) atau petak blok (di jalur ganda/kembar) di lintas yang bersangkutan dengan syarat – syarat tertentu sesuai dengan sistem persinyalannya dan hubungan blok. Faktor – faktor yang mempengaruhi kapasitas lintas adalah:

Kecepatan, dimana makin tinggi kecepatan kereta api maka kapasitas lintas akan semakin meningkat. Sebaliknya semakin kecil kecepatan kereta api akan menyebabkan kapasitas lintas semakin kecil.

- a. Jarak stasiun (petak jalan), dimana semakin dekat jarak stasiun maka kapasitas lintas akan besar. Sebaliknya semakin jauh jarak stasiun maka kapasitas lintas akan kecil.
- b. Waktu operasi sinyal, dimana semakin singkat waktu pelayanan sinyal maka kapasitas lintas akan semakin besar. Begitu sebaliknya jika pelayanan sinyal berlangsung lama kapasitas lintas kecil.
- c. Headway minimum petak jalan, dimana semakin besar headway maka semakin rendah kapasitas lintasnya.

Kapasitas lintas dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

1) Jalur tunggal

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

Sumber: Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

K = Kapasitas Lintas

1440 = Total waktu selama 24 jam (24x60)

H = Headway

60% = Faktor pengali setelah dikurangi faktor waktu untuk perawatan dan waktu karena pola operasi perjalanan kereta api

2) Jalur Ganda

$$K = \frac{1440}{H} \times 0,7 \times 2$$

Sumber: Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

K = Kapasitas pada petak jalan yang dihitung, atau kapasitas lintas apabila nilainya K yang diambil yang terendah

1440 = total waktu selama 24 jam (24x60)

H = Headway

70% = Faktor pengali setelah dikurangi faktor waktu untuk perawatan dan waktu karena pola operasi perjalanan kereta api.

Menurut Uned Supriadi, pola operasi setiap lintas atau daerah akan selalu berbeda baik dari segi waktu maupun dari segi jumlah kereta api yang beroperasi di lintas atau daerah tersebut, hal ini dikarenakan pada umumnya beroperasi bukan hanya bergerak atau berjalan di lintas atau daerah tersebut namun sebelum dan sesudahnya sudah berjalan dengan trayek kereta api tersebut. Khususnya di jalur tunggal ada lintas atau daerah yang merupakan titik pertemuan antara kereta api dari arah hilir dengan kereta api dari arah hulu, sehingga pada periode waktu waktu tertentu merupakan jam puncak yang seolah-olah lintas atau daerah tersebut sudah jenuh kapasitas lintasnya padahal secara perhitungan bahwa kemampuan lintas masih jauh memadai apabila dibandingkan dengan jumlah kereta api yang beroperasi. Apabila sudah terjadi hal demikian maka harus diatasi dengan beberapa alternatif, yaitu:

a. Peningkatan sistem persinyalan

Untuk meningkat kapasitas lintas bisa juga dengan cara meningkatkan persinyalan agar di lintas terkait tidak jenuh, apabila kapasitas jenuh akan membahayakan dalam sisi oprasional kereta api, solusinya dapat mengganti persinyalan/meningkatan sistem persinyalan.

b. Menghindari atau mengurangi persilangan/penyusulan

Untuk mengurangi persilangan atau penyusulan di lintas ini adalah mengurangi perjalanan kereta api atau merubah jam pemberangkatan beberapa kereta api baik diawalkan atau diakhirkan, namun harus diingat bahwa apabila menggeser jam pemberangkatan apakah masih cocok atau tidak dengan pasar.

c. Membangun jalur kembar/ganda

d. Membangun jalur ganda yang semula jalur tunggal, memang ini sangat membantu terhadap kapasitas lintas dan yang lebih pokok adalah akan mengurangi waktu perjalanan. Namun harus diingat bahwa apabila pola operasi berubah baik akibat perubahan cukup besar pada umumnya mengenai jam pemberangkatan atau pengurangan jumlah kereta api yang melewati di lintas yang bersangkutan maka akan memindahkan kemacetan ke lintas lain yang masih jalur tunggal.

3.2 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian adalah jawaban sementara terhadap pertanyaan-pertanyaan penelitian. Menurut Sugiyanto (2010) perumusan

hipotesis penelitian merupakan langkah ketiga dalam penelitian, setelah penelitian mengemukakan landasan teori dan kerangka berpikir. Dalam hal ini peneliti menggunakan hipotesis deskriptif yang didefinisikan sebagai dugaan atau jawaban sementara terhadap suatu nilai atau variabel. Pada penelitian ini, rumusan masalah sebagai berikut maka hipotesis (jawaban sementara) yang dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Apakah dampak yang terjadi apabila akan adanya penambahan KA/relasi pada segi operasi di stasiun Rantauprapat.
2. Apa sistem persinyalan yang efektif dan efisiensi pelayanan persinyalan tersebut?
3. Bagaimana kondisi sistem persinyalan mekanik yang ada pada stasiun Rantauprapat pada saat ini?

Dari kedua pertanyaan tersebut dapat dirumuskan hipotesis sebagai berikut :

1. Ho: Kondisi dari segi operasi berdampak perubahan untuk pelaksanaan penyelenggaraan perkeretaapian.

Atau

H1: Kondisi dari segi operasi tidak ada perubahan untuk pelaksanaan penyelenggaraan perkeretaapian.

2. Ho: Persinyalan elektrik efektif dan efisiensi pelayanan persinyalan.

Atau

Ho: Persinyalan elektrik efektif dan efisiensi pelayanan persinyalan.

3. Ho: Kondisi stasiun Rantauprapat saat ini memadai untuk dilakukan pelayanan persinyalan.

Atau

H1: Kondisi stasiun Rantauprapat saat ini tidak memadai untuk dilakukan pelayanan persinyalan.