

KINERJA SISTEM *MOVING BLOCK* PADA MRT JAKARTA

KERTAS KERJA WAJIB



DIAJUKAN OLEH :

NAMA : M. RIZA SAPARI

NOTAR : 18.03.039

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD
PROGRAM STUDI DIPLOMA III
MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN
BEKASI
2021**

KINERJA SISTEM *MOVING BLOCK* PADA MRT JAKARTA

KERTAS KERJA WAJIB

**DIAJUKAN DALAM RANGKA PENYELESAIAN PROGRAM STUDI
DIPLOMA III MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN
GUNA MEMPEROLEH SEBUTAN AHLI MADYA**



PTDI - STTD
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA

DIAJUKAN OLEH :

M. RIZA SAPARI
NOTAR : 18.03.039

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD
PROGRAM STUDI DIPLOMA III
MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN
BEKASI
2021**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : M. Riza Sapari

Notar : 18.03.039

Tanda Tangan : 

Tanggal : Agustus 2021

**KERTAS KERJA WAJIB
KINERJA SISTEM *MOVING BLOCK* PADA MRT JAKARTA**

Yang Dipersiapkan dan Disusun oleh :

NAMA : M. RIZA SAPARI

Nomor Taruna : 18.03.039

Telah disetujui oleh

PEMBIMBING



Dr. Ir. HERMANTO DWIATMOKO, M.STr

Tanggal: 4 Agustus 2021

PEMBIMBING



Dr. UJANG CAHYONO, MM

NIP.19561212 197501 1 001

Tanggal: 4 Agustus 2021

KERTAS KERJA WAJIB
KINERJA SISTEM *MOVING BLOCK* PADA MRT JAKARTA

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan
Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian
Oleh:

M. RIZA SAPARI

Nomor Taruna: 18.03.039

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 9 Agustus 2021
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

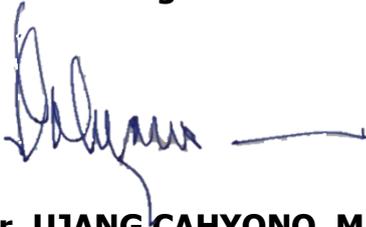
Pembimbing



Dr. Ir. HERMANTO DWIATMOKO, M.Str

Tanggal: 9 Agustus 2021

Pembimbing



Dr. UJANG CAHYONO, MM
NIP.19561212 197501 1 001

Tanggal: 9 Agustus 2021

JURUSAN MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD
BEKASI, 2021

**KERTAS KERJA WAJIB
KINERJA SISTEM *MOVING BLOCK* PADA MRT JAKARTA**

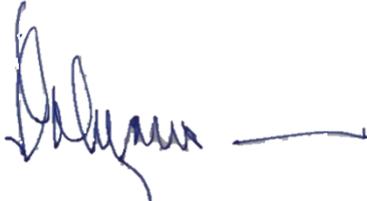
Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

M. RIZA SAPARI

Nomor Taruna: 18.03.039

**TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 9 AGUSTUS 2021
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT**

DEWAN PENGUJI

Pembimbing :	 Dr. Ir. HERMANTO DWIATMOKO, M.STr
Pembimbing :	 Dr. UJANG CAHYONO, MM NIP.19561212 197501 1 001
Penguji :	 UTUT WIDYANTO, M.Sc NIP.19840408 200604 1 002

Penguji :	 WINDI NOPRIYANTO, S.Si.T., M.Sc NIP.19861107 200812 1 002
Penguji :	 RISKY HARIWAHYUDI, M.Sc NIP.19850508 200912 1 009
Penguji :	 EVI FADILLAH, S.Ak., MM NIP.19790910 201012 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 AKADEMIS

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

Nama : M. Riza Sapari
Notar : 18.03.039
Program Studi : Diploma 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 :

KINERJA SISTEM MOVING BLOCK TERHADAP PADA MRT JAKARTA.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik 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 : Agustus 2021

Yang menyatakan



(M. Riza Sapari)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmatNya, saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW) ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Ahli Madya pada program studi D.III Manajemen Transportasi Perkeretaapian Politeknik Transportasi Darat Indonesia - STTD. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Kertas Kerja Wajib ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Kertas Kerja Wajib ini. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Orang tua dan Keluarga yang selalu ada untuk mendukung.
2. Bapak Hindro Surahmat, ATD., MS.i selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Indonesia - STTD.
3. Bapak Ir. Bambang Drajat, MM selaku Ketua Prodi Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian.
4. Bapak Dr. Ir. Hermanto Dwiatmoko, M.STr selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi bimbingan dan arahan langsung terhadap penulisan Kertas Kerja Wajib ini;
5. Bapak Dr. Ujang Cahyono, MM selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi bimbingan dan arahan langsung terhadap penulisan Kertas Kerja Wajib ini;
6. Dosen-dosen Program Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian Angkatan 40, yang telah memberikan bimbingan selama pendidikan.
7. Rekan Taruna Politeknik Transportasi Darat Indonesia - STTD. Angkatan 40
8. Bapak Ismanto selaku Kepala Bidang Perkeretaapian Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta beserta staf yang telah

9. membimbing dan mengarahkan selama pelaksanaan praktek kerja lapangan dan praktek magang.

10. Serta semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan penulisan Kertas Kerja Wajib ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Kertas Kerja Wajib ini masih jauh dari sempurna, oleh karna itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk dapat menjadi perbaikan. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Bekasi, Agustus 2021



M Riza Sapari

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	
LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
Daftar Tabel	v
Daftar Gambar	vi
BAB I PENDAHULUAN	7
1.1 Latar Belakang	7
1.2 Identifikasi Masalah.....	9
1.3 Rumusan Masalah	9
1.4 Maksud Dan Tujuan.....	9
1.5 Batasan Masalah	10
BAB II GAMBARAN UMUM	11
2.1. Kondisi Umum Mass Rapid Transit Jakarta	11
2.2. Kondisi Geografis Jakarta	11
2.3. Kondisi Demografi.....	13
2.4. Kondisi Transportasi	15
2.5. Kondisi Prasarana	16
2.6. Operasional MRT Jakarta	26
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	27
3.1 Aspek Legalitas.....	27
3.2 Aspek Teoritis.....	30
3.3 Aspek Teknis.....	39
BAB IV METODE PENELITIAN	43
4.1. Alur Pikir	43
4.2. Desain Penelitian.....	43
4.3. Bagan Alir Penelitian.....	45
4.4. Teknik Pengumpulan Data	46

4.5. Teknik Analisis Data	48
4.6. Lokasi dan Jadwal Penelitian	48
BAB V ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH	49
5.1. Analisis Kemampuan Operasi MRT Jakarta	49
5.2. Analisis Kemampuan Kapasitas Lintas MRT Jakarta	62
5.3. Analisis Pengaruh Faktor penyebab kelambatan terhadap Realisasi Perjalanan MRT Jakarta	63
5.4. Pemecahan Masalah	70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	73
6.1. Kesimpulan	73
6.2. Saran	73
LAMPIRAN	76
DAFTAR PUSTAKA	

Daftar Tabel

Tabel II.1	Jumlah Penduduk di Kecamatan Kota Administrasi Jakarta Pusat	14
Tabel II.2	Jumlah Penduduk di Kecamatan Kota Administrasi Jakarta Selatan .	14
Tabel II.3	Daftar Luasan Tiap Kecamatan Kota Administrasi Jakarta Pusat.....	14
Tabel II.4	Daftar Luasan Tiap Kecamatan Kota Administrasi Jakarta Selatan ...	15
Tabel II.5	Daftar Stasiun MRT Jakarta Fase 1.....	17
Tabel II.6	Pola Operasi Bulan Februari 2021	26
Tabel V.1	Tabel Jarak Pengereman KA MRT Jakarta	49
Tabel V.2	Waktu Pelayanan Stasiun MRT Jakarta	50
Tabel V.3	Kecepatan Rata-Rata KA MRT Jakarta Per Petak Jalan	51
Tabel V.4	Waktu Tempuh KA MRT Jakarta Tiap Petak Jalan	52
Tabel V.5	Waktu Tunggu Naik Turun Penumpang	53
Tabel V. 6	Faktor Penyebab Kelambatan	65
Tabel V. 7	Tabel Koefien perhitungan dengan SPSS	67
Tabel V. 8	Tabel Anova menggunakan SPSS	69

Daftar Gambar

Gambar II.1 Peta Lintas MRT Jakarta	12
Gambar II.2 Mode Operasi MRT Jakarta	18
Gambar II.3 Vehicle On Board Computer	20
Gambar II.4 Balise Antenna.....	21
Gambar II.5 Vehicle Radio Set	21
Gambar II.6 Tachogenerator (TG).....	22
Gambar II.7 Driver Machine Interface (DMI).....	22
Gambar II.8 <i>Station Computer (SC)</i>	23
Gambar II.9 <i>Wayside Radio Set (WRS)</i>	23
Gambar II.10 <i>Station Computer Interface (SC – IF)</i>	24
Gambar II.11 Passive Balise	24
Gambar II.12 Active Balise	25
Gambar II.13 Balise Encoder	25
Gambar III. 1 Pergerakan Blok MRT Jakarta	40
Gambar IV. 1 Bagan alir penelitian	45
Gambar V.1 Diagram Realisasi Capaian Ketepatan Perjalanan	63
Gambar V. 2 Grafik Jumlah Kelambatan MRT Jakarta	64
Gambar Lampiran 1 <i>Screenshot</i> Survei Waktu Tempuh KA Menggunakan <i>Stopwatch</i>	76
Gambar Lampiran 2 Kegiatan wawancara dengan staff OCC.....	76
Gambar Lampiran 3 Ruang OCC MRT Jakarta.....	77
Gamba Lampiran 4 Laporan Operasi Bulanan MRT Jakarta	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Khusus Ibukota Jakarta merupakan kota meteropolitan terbesar di ASEAN dan satu satunya kota yang setara dengan provinsi di Indonesia, sebagai kota besar tentu DKI Jakarta tidak lepas dari keberhasilan pembangunan daerah yang memiliki beberapa indikator penting diantaranya Struktur Ekonomi dan Urbanisasi. Dua indikator tersebut hanya dapat dicapai dengan adanya sistem transportasi yang teratur dan tertib, maka dari itu didirikan Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta yang bertugas sebagai regulator setiap moda transportasi yang ada di daerah DKI Jakarta.

Kota Jakarta membutuhkan sistem transportasi dengan kapasitas penumpang yang besar dan frekuensi perjalanan yang banyak untuk mengimbangi mobilitas warga DKI Jakarta. PT Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta hadir memberikan solusi tepat untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

MRT Jakarta dalam operasi memberlakukan *weekday* dan *weekend*. *Weekday* adalah waktu operasi yang diberlakukan pada hari Senin sampai dengan hari Jum'at. *Weekend* adalah waktu operasi yang diberlakukan pada hari Sabtu dan hari Minggu. *Weekday* juga memberlakukan *peak hour* dan *off peak hour*. *Peak hour* adalah jam sibuk yang dimana diberlakukan headway 5 menit. Dan *off peak hour* adalah jam normal atau jam diluar jam sibuk yang diberlakukan headway 10 menit.

Dalam sistem transportasi kereta api peranan dari prasarana merupakan salah satu faktor penting dalam pengoperasian kereta api seperti jalur kereta api yang diperuntukan bagi lalu lintas kereta api, stasiun sebagai tempat pemberangkatan dan pemberhentian kereta api dan dan fasilitas operasi untuk segala fasilitas yang diperlukan agar kereta api dapat dioperasikan, oleh karena itu kondisi prasarana harus selalu di perhatikan kelaikannya.

Dengan fasilitas sarana dan prasarana yang mumpuni, PT MRT Jakarta memiliki satu Depo kereta api, 13 stasiun yang tiap stasiunnya memiliki daya tampung hingga 50.000 orang, dan 16 train set yang mana satu train set terdiri 6 kereta, yang dapat menampung 1.800 penumpang sekali angkut.

Pada penulisan kertas kerja wajib ini berfokus untuk membahas mengenai hubungan blok, MRT Jakarta menggunakan sistem *moving block* yang berguna untuk menjamin keamanan perjalanan kereta api di petak blok, *moving block* merupakan paradigma baru dalam sistem persinyalan kereta api. Pada sistem *moving block* jarak aman tidak dijadikan sebagai patokan seperti yang digunakan oleh sistem *fixed block*, tetapi jarak aman yang disesuaikan berdasarkan pada perhitungan *real time* dari kecepatan kereta api sehingga dapat meningkatkan, sistem persinyalan dengan kontrol blok bergerak dapat secara signifikan mengurangi "waktu antara / headway". Pada prinsipnya, otomatisasi sistem angkutan massal yang cepat dapat mengurangi *headway* sepersekian detik.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan saat praktek kerja lapangan (PKL) selama kurang lebih 3 bulan di Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta bidang Perkeretaapian didapatkan beberapa masalah seperti belum dimaksimalkannya kemampuan operasi baik itu dari *headway* maupun dari kapasitas lintasnya padahal MRT Jakarta sudah menggunakan teknologi hubungan blok yang sangat canggih. Data realisasi perjalanan MRT Jakarta dan faktor penyebab kelambatan juga diperoleh selama PKL yang tentunya faktor tersebut berpotensi mengganggu ketepatan waktu operasi MRT Jakarta. Maka dari itu penulis ingin melakukan penelitian mengenai kinerja sistem ini agar dapat diketahui ketepatan implementasi dari sistem ini apakah sudah cocok untuk kereta perkotaan yang jumlah penduduknya sangat padat

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis tertarik melakukan penelitian tentang pengaruh hubungan blok terhadap ketepatan waktu MRT Jakarta dengan judul penelitian sebagai berikut "Kinerja Sistem *Moving Block* pada MRT Jakarta".

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, didapati beberapa masalah yang timbul, yaitu:

1. MRT Jakarta masih belum memaksimalkan *headway* berdasarkan kemampuan operasi MRT Jakarta padahal sudah menggunakan teknologi sistem *moving block*.
2. Masih terdapat banyak *headway* sisa yang dapat digunakan untuk penambahan perjalanan kereta api MRT Jakarta.
3. Masih terjadi kelambatan operasinal MRT Jakarta padahal MRT Jakarta sudah menggunakan sistem *Moving Block* yang memiliki tingkat keakuratan tinggi.

1.3 Rumusan Masalah

Dari hasil identifikasi dan latar belakang yang ada, dapat dilihat beberapa masalah yang akan dikaji antara lain:

1. Bagaimana cara memaksimalkan *headway* MRT Jakarta yang menggunakan sistem *moving block*?
2. Bagaimana kapasitas lintas yang ada di MRT Jakarta?
3. Bagaimana pengaruh faktor kelambatan terhadap realisasi perjalanan MRT Jakarta?

1.4 Maksud Dan Tujuan

Maksud dari penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW) adalah melakukan kajian untuk mengetahui kinerja sistem *Moving Block* yang ada di MRT Jakarta terhadap ketepatan waktu operasi.

Adapun Tujuan dari penulisan Kertas Kerja Wajib ini adalah:

1. Mengetahui cara perhitungan kemampuan operasi MRT Jakarta yang menggunakan sistem *moving block*..
2. Mengetahui kapasitas lintas yang ada di MRT Jakarta.
3. Mengetahui pengaruh faktor penyebab kelambatan terhadap realisasi perjalanan MRT Jakarta.

1.5 Batasan Masalah

Analisa yang dilakukan dibatasi dalam beberapa hal, sesuai dengan arah penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Penelitian ini hanya membahas kemampuan operasi MRT Jakarta yang menggunakan sistem *moving block* di *mainline* fase I.
2. Penyebab kelambatan hanya diklasifikasikan dalam 6 faktor berdasarkan *equipment* dari data yang sudah didapat yaitu Eksternal, PSD, Sistem Persinyalan, Kereta, *Human Error* dan OCC.
3. Tidak menghitung biaya Operasi, pemasangan, pemeliharaan dan perawatan fasilitas operasi sistem *Moving Block* MRT Jakarta.

BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1. Kondisi Umum Mass Rapid Transit Jakarta

Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta memiliki lintasan jalur utama yang beroperasi 15.078 km pada fase pertama dari stasiun Lebak Bulus sampai dengan Bundaran HI. Wilayah Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta pada fase pertama berada di provinsi DKI Jakarta, Kota Administrasi Jakarta Selatan dan Kota Administrasi Jakarta Pusat.

Provinsi	: DKI Jakarta
Kota Administrasi Jakarta Pusat	:1. Kecamatan Tanah Abang 2. Kecamatan Menteng
Kota Administrasi Jakarta Selatan	:1. Kecamatan Cilandak 2. Kecamatan Kebayoran Baru

Mass Rapid Transit Jakarta memiliki 13 stasiun yang beroperasi, 7 stasiun layang dan 6 stasiun bawah tanah. MRT Jakarta terbagi dalam 2 fase dalam 10 tahun kedepan. Fase pertama, menghubungkan Lebak Bulus dengan Bundaran HI. Memiliki 7 stasiun layang atau elevated station yang diantaranya, Lebak Bulus, Fatmawati, Cipete Raya, Haji Nawir, Blok A, Blok M, Sisingamangaraja. Dan memiliki 6 stasiun bawah tanah atau underground station yang diantaranya, Istora, Senayan, Bendungan Hilir, Setia Budi, Dukuh Atas dan Bundaran HI. Sedangkan fase kedua masih dalam tahap pembangunan yang mana akan menghubungkan Bundaran HI sampai dengan Jakarta Kota. Yang mana akan selesai pada tahun 2025

2.2. Kondisi Geografis Jakarta

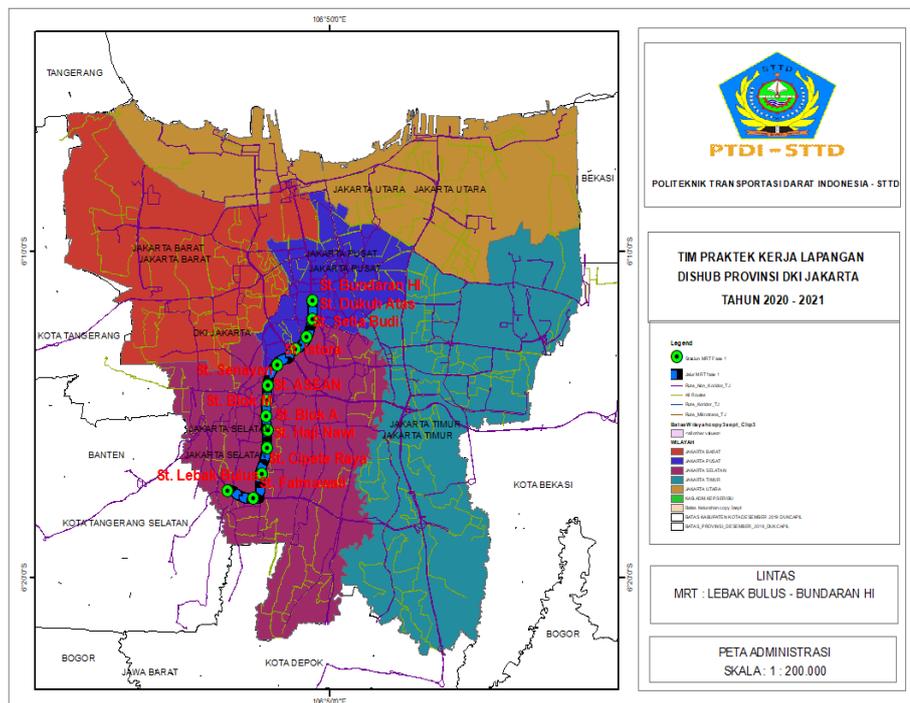
Kereta api Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta beroperasi di Provinsi DKI Jakarta yang merupakan ibu kota negara Indonesia. DKI Jakarta merupakan satu-satunya kota di Indonesia yang memiliki status setingkat provinsi. Wilayah Provinsi DKI Jakarta secara geografis berada di bagian barat laut Pulau Jawa. Posisinya terletak antara 5°19' 12" – 6°23' 54" Lintang Selatan (LS) dan 106°22' 42" – 106°58' 18" Bujur Timur (BT). Di antara provinsi-provinsi lain di Indonesia, DKI Jakarta merupakan provinsi yang wilayahnya

paling sempit. Luas daratannya lebih kurang 661,52 km persegi dan luas lautnya lebih kurang 6.977,5 km persegi. DKI Jakarta terdiri dari 4 Kota Administrasi, dan Kabupaten Administrasi antara lain:

1. Kota Administrasi Jakarta Barat
2. Kota Administrasi Jakarta Pusat
3. Kota Administrasi Jakarta Selatan
4. Kota Administrasi Jakarta Timur
5. Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu

PT Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta koridor utara-selatan Kereta api Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta saat ini mempunyai panjang total jalur KA 15,7 km. Wilayah PT MRT Jakarta berbatasan dengan:

1. Sebelah Utara : Laut Jawa
2. Sebelah Timur : Daerah Operasi 1 Jakarta
3. Sebelah Selatan : Daerah Operasi 1 Jakarta
4. Sebelah Barat : Daerah Operasi 1 Jakarta



Gambar II.1 Peta Lintas MRT Jakarta

Sumber : Hasil Analisis Tim PKL Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta, 2021

Untuk fase 1 saat ini yang telah beroperasi hanya melintasi Kota Administrasi Jakarta Pusat dan Kota Administrasi Jakarta Selatan. Kota Administrasi Jakarta Pusat memiliki 8 Kecamatan dan Kota Administrasi Jakarta Selatan memiliki 6 Kecamatan.

Wilayah PT Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta memiliki 13 Stasiun yang telah beroperasi, stasiun tersebut dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Tujuh Stasiun *Elevated*;
 - a. Lebak Bulus
 - b. Fatmawati
 - c. Cipete Raya
 - d. Haji Nawi
 - e. Blok A
 - f. Blok M
 - g. Asean
2. Enam Stasiun *Underground*;
 - a. Senayan
 - b. Istora
 - c. Bendungan Hilir
 - d. Setiabudi
 - e. Dukuh Atas
 - f. Bundaran HI

2.3. Kondisi Demografi

PT *Mass Rapid Transit* (MRT) Jakarta berada pada Kota Administrasi Jakarta Pusat dan Kota Administrasi Jakarta Selatan. Kota Administrasi Jakarta Pusat memiliki 8 Kecamatan dengan 44 Kelurahan didalamnya. Sedangkan Kota Administrasi Jakarta Selatan memiliki 10 Kecamatan dengan 65 Kelurahan didalamnya. Berdasarkan hasil Sensus Penduduk 2020 jumlah penduduk Kota Administrasi Jakarta Pusat sebesar 928.109 orang dan jumlah penduduk Kota Administrasi Jakarta Selatan sebesar 2.225.830 orang. Dengan jumlah penduduk tiap Kecamatan di Kota Administrasi Jakarta Pusat dan Kota Administrasi Jakarta Selatan sebagai berikut:

Tabel II.1 Jumlah Penduduk di Kecamatan Kota Administrasi Jakarta Pusat

KECAMATAN	JUMLAH PENDUDUK
Tanah Abang	175,150
Menteng	80,319
Senen	118,879
Johar Baru	133,713
Cempaka Putih	94,031
Kemayoran	240,631
Sawah Besar	122,500
Gambir	91,673
TOTAL	1,056,896

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta, 2021

Tabel II.2 Jumlah Penduduk di Kecamatan Kota Administrasi Jakarta Selatan

KECAMATAN	JUMLAH PENDUDUK
Jagakarsa	390.272
Pasar Minggu	307.249
Cilandak	201.563
Pesanggrahan	222.522
Kebayoran Lama	307.734
Kebayoran Baru	143.784
Mampang Prapatan	146.741
Pancoran	154.693
Tebet	211.287
Setiabudi	140.985
Total	2.226.830

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta, 2021

Tabel II.3 Daftar Luasan Tiap Kecamatan Kota Administrasi Jakarta Pusat

Kecamatan	Luas Wilayah (km²)
Gambir	18.57
Tanah Abang	9.31
Menteng	6.53
Senen	4.23
Cempaka Putih	4.69
Johar Baru	2.38
Kemayoran	1.53
Sawah Besar	6.22
Total	53.46

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta, 2021

Tabel II.4 Daftar Luasan Tiap Kecamatan Kota Administrasi Jakarta Selatan

KECAMATAN	Luas Wilayah (km²)
Jagakarsa	24,87
Pasar Minggu	21,69
Cilandak	18,16
Pesanggrahan	12,76
Kebayoran Lama	16,72
Kebayoran Baru	12,93
Mampang Prapatan	7,73
Pancoran	8,63
Tebet	9,03
Setiabudi	8,85
Total	145,73

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta, 2021

2.4. Kondisi Transportasi

Provinsi DKI Jakarta memiliki moda transportasi massal yang beragam. Mulai dari transportasi jalan raya hingga perkeretaapian. Moda transportasi di Provinsi DKI Jakarta meliputi Bus Transjakarta, Kereta Rel Listrik (KRL), *Mass Rapid Transit* (MRT) Jakarta, *Light Rail Transit* (LRT) Jakarta, Kereta Jarak Jauh, dan Kereta Cepat Jakarta – Bandung. Provinsi DKI Jakarta memiliki moda transportasi massal yang beragam. Mulai dari transportasi jalan raya seperti *Bus Rapid Transit* (BRT) atau biasa disebut juga Bus Transjakarta hingga transportasi perkeretaapian meliputi Kereta Rel Listrik (KRL), *Mass Rapid Transit* (MRT) Jakarta, *Light Rail Transit* (LRT) Jakarta, dan Kereta Api Bandara. Bus Transjakarta memiliki *headway* 7 menit untuk *Peak Hour* dan 15 menit saat *Off Peak*, dengan waktu tunggu sekitar 25 menit saat *Peak Hour* dan 30 menit saat *Off Peak*. Tarif Bus Transjakarta sendiri terbagi menjadi 3 golongan sesuai dengan jam operasinya, yaitu :

Tarif Bus Transjakarta Menurut Jam Operasi

JAM OPERASI	TARIF
05.00 – 07.00 WIB	Rp 2.000,00
07.00 – 24.00 WIB	Rp 3.500,00
24.00 – 05.00 WIB	Rp 3.500,00

Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta, 2021

Light Rail Transit (LRT) Jakarta adalah salah satu kereta api perkotaan yang menggunakan rel ketiga (*third rail*) sebagai *supply* tenaga penggerak keretanya, memiliki *headway* 10 menit baik *Peak Hour* atau *Off Peak* dengan waktu tempuh 13-15 menit. Waktu tunggu 3 menit pada Stasiun Operasi dan 30 detik pada Stasiun Non Operasi. Tarif LRTJ sendiri yaitu Rp 5.000,00 untuk semua perjalanan dengan frekuensi Kereta 30 perjalanan/hari. Kereta Api Perkotaan yang selanjutnya yaitu *Mass Rapid Transit* (MRT) Jakarta yang menggunakan *Communication Based Train Control* (CBTC) sebagai pengoperasian keretanya dan memiliki *headway* 5 menit pada *Peak Hour* dan 10 menit saat *Off Peak* dengan waktu tempuh 30 menit. Waktu tunggu 35 detik pada Stasiun Operasi dan 20-25 detik pada Stasiun Non Operasi.

Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta memasang tariff Rp 14.000,00 untuk lintas Lebak Bulus - Bundaran HI dengan frekuensi Kereta 418 perjalanan/hari. Kereta *Commuter* Indonesia (KCI) atau biasa disebut dengan Kereta Rel Listrik (KRL) yang menggunakan *pantograph* sebagai *supply* tenaga penggerak keretanya, memiliki *headway* 5-10 menit saat *Peak Hour* dan 10-30 menit saat *Off Peak* dengan waktu tunggu 10-30 menit. Kereta *Commuter* Indonesia (KCI) memasang tarif Rp 3.000,00 – Rp 10.000,00 dengan frekuensi Kereta 843 perjalanan/hari. Terakhir yaitu Kereta Api Bandara yang memiliki *headway* 30 menit dengan waktu tempuh 41-50 menit. Waktu tunggu KA BAndara sendiri yaitu 10-30 menit dengan tariff Rp 10.000,00 – Rp 50.000,00. Frekuensi Kereta Bandara 70 perjalanan/hari.

2.5. Kondisi Prasarana

2.5.1 Jalur MRT Jakarta

MRT Jakarta memiliki total panjang lintas 15,7 km dengan lintas Lebak Bulus – Bundaran HI jalur ganda. Jenis rel yang digunakan di MRT Jakarta menggunakan tipe UIC 54 (340 HB) dan UIC 54 (370 HB) yang digunakan pada rel dengan lengkung $R < 600$. *Track maintenance section* dipimpin oleh 3 orang *Section Head* dan 12 orang staf yang mempunyai tugas pokok dan tanggung jawab melaksanakan pemantauan, pengawasan, pemeriksaan, dan pembinaan mutu teknis pemeliharaan jalan rel. Dimana

mempunyai wilayah pengawasan, meliputi Depo Lebak Bulus, *Depot Access Line* (DAL), dan Lintas Lebak Bulus – Bundaran HI.

2.5.2 Stasiun MRT Jakarta

MRT Jakarta memiliki 13 stasiun yang terdapat 3 stasiun operasi dan 10 stasiun non operasi. Dengan pengertian sebagai berikut:

1. Stasiun Operasi yaitu stasiun yang memiliki peralatan *interlocking* berupa wesel yang digunakan untuk operasi langsir kereta api.
2. Stasiun Non Operasi yaitu stasiun yang tidak memiliki wesel melainkan hanya memiliki jalur.

Berikut ini adalah daftar stasiun MRT Jakarta fase 1 yang berada di lintas Lebak Bulus – Bundaran HI.

Tabel II.5 Daftar Stasiun MRT Jakarta Fase 1

NO	NAMA STASIUN	JENIS STASIUN	SINGKATAN STASIUN	LETAK KM
1.	LEBAK BULUS	OPERASI	LBB	0 + 330
2.	FATMAWATI	NON OPERASI	FTM	2 + 348
3.	CIPETE RAYA	NON OPERASI	CPR	4 + 159
4.	HAJI NAWI	NON OPERASI	HJN	5 + 457
5.	BLOK A	NON OPERASI	BLA	6 + 673
6.	BLOK M	OPERASI	BLM	7 + 942
7.	ASEAN	NON OPERASI	ASN	8 + 571
8.	SENAYAN	NON OPERASI	SNY	10 + 107
9.	ISTORA	NON OPERASI	IST	10 + 912
10.	BENDUNGAN HILIR	NON OPERASI	BNH	12 + 222
11.	SETIA BUDI	NON OPERASI	STB	12 + 987
12.	DUKUH ATAS	NON OPERASI	DKA	13 + 917
13.	BUNDARAN HI	OPERASI	BHI	14 + 971

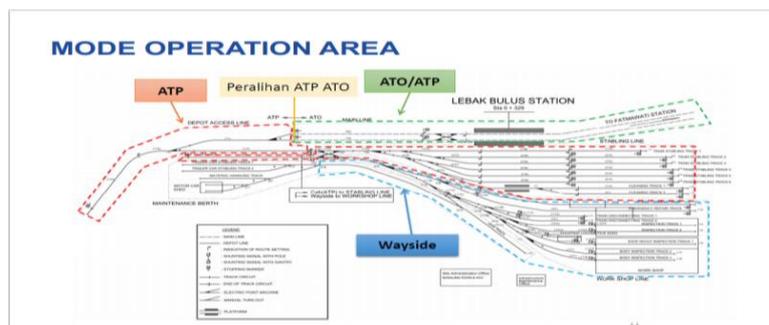
Sumber: Departemen Prasarana PT MRT Jakarta, 2021

2.5.3 Sistem Persinyalan MRT Jakarta

Sistem persinyalan yang digunakan oleh PT MRT Jakarta yaitu *communication based train control* (CBTC). CBTC merupakan sistem persinyalan kereta yang menggunakan RF (*Radio Frequency*) sebagai komunikasi data antara subsistem yang terintegrasi sesuai dengan standard IEEE 1474. CBTC dioperasikan dengan mode operasi *Automatic Train Operation* (ATO) dimana semua sistem dikendalikan secara otomatis dan terpusat. Selain itu, MRT Jakarta menggunakan *Grade Of Automation* 2 (GoA 2) dengan pengoperasian kereta secara otomatis, namun saat buka dan tutup pintu kereta dilakukan oleh masinis, dan saat dalam keadaan darurat merupakan tanggung jawab masinis.

2.5.4 Fasilitas Operasi MRT Jakarta

MRT Jakarta menggunakan sistem persinyalan CBTC dengan penentuan keberadaan kereta tidak menggunakan *Track Circuit* atau *Axle Counter*. Pada sistem *Moving Block*, panjang tiap blok tidak pasti, bahkan bloknnya sendiri berjalan. Untuk mengatur perjalanan kereta, MRT menggunakan sistem *Moving Block*, dimana keberadaan kereta api MRT dan juga kecepatan kereta dideteksi oleh sensor yang dikirim ke server. Dengan menggunakan *Moving Block* dimungkinkan blok kereta api MRT yang fleksibel, berubah-ubah, dan bergerak sesuai dengan pergerakan kereta dan parameternya sehingga lebih akurat dalam penentuan posisi kereta api MRT. Mode operasi CBTC dibagi menjadi 3, yaitu:



Sumber: Department Train Operation MRT Jakarta, 2021

Gambar II.2 Mode Operasi MRT Jakarta

1. *Automatic Train Operation (ATO)*

Merupakan suatu sistem yang bertanggung jawab memandu *track* dan pemberhentian dengan melakukan pengendalian kecepatan kereta secara otomatis. ATO artinya kereta dikendalikan oleh sistem secara otomatis tanpa campur tangan dari masinis. Masinis hanya bertugas untuk mengoperasikan pintu kereta untuk membuka dan menutup serta bertanggung jawab jika keadaan darurat. Sehingga kereta secara otomatis berhenti di stasiun tujuan. Pada saat di *mainline* dan saat langsir kereta api MRT Jakarta menggunakan mode operasi ATO.

2. *Automatic Train Protection (ATP)*

ATP Merupakan suatu sistem yang berperan penting dalam penggunaan CBTC sistem, yang ATP bertanggung jawab dalam hal keamanan perjalanan kereta. Dalam mode ATP terbagi menjadi 3 yaitu:

a. Normal

Dalam artian kereta dikendalikan oleh masinis namun masih dalam pantauan *Traffic Dispatcher* dan kecepatan kereta dibatasi oleh *speed profile* dalam sistem ini. Pengoperasian ATP normal di akses *line* dan stabling *track depot*, langsir di stasiun Blok M, stasiun Bundaran HI, dan stasiun Lebak Bulus, dan mode operasi ATO tidak berfungsi.

b. *Restricted*

Dalam artian kereta dikendalikan oleh masinis namun masih dalam pantauan *Traffic Dispatcher* dan kecepatan kereta dibatasi oleh sistem *Vehicle On-board Control (VOBC)* maksimal 25 km/jam. Mode ATP normal tidak berfungsi pada mode ini.

c. *Cut-off*

Dalam artian kereta dikendalikan oleh masinis namun tidak dalam pantauan *Traffic Dispatcher*, dengan kecepatan maksimal kereta 25 km/jam yang dibatasi oleh *Rolling Stock*. Dan pergerakan kereta harus mendapatkan instruksi dari *Traffic Dispatcher*. Mode ATP normal tidak berfungsi pada mode ini, dan hanya digunakan dalam kondisi darurat.

3. *Wayside Signal*

Dalam artian kereta dikendalikan oleh masinis namun tidak dalam pantauan *Traffic Dispatcher*. Dimana pergerakan kereta harus mendapatkan instruksi dari *Depot Dispatcher* dan *Traffic Dispatcher*. Dalam mode ini, semua sistem operasi ATO dan ATP di non-aktifkan dan digunakan di jalur menuju *workshop* dan saat uji coba di jalur utama.

Berikut ini adalah penjelasan mengenai sistem persinyalan MRT Jakarta:

1. *Programmable Route Control (PRC)*

PRC berfungsi untuk membuat rute perjalanan kereta api MRT Jakarta dan melihat posisi kereta di jalur.

2. *CBTC On Board*

CBTC On Board Berfungsi untuk memastikan kereta beroperasi dalam batasan *movement authority*. Berikut ini adalah peralatan yang terdapat pada *CBTC On Board* :

a. *Vehicle on board computer (VOBC)*

VOBC berfungsi untuk mengirimkan informasi posisi kereta melalui *Vehicle Radio Set (VRS)* yang dipengaruhi oleh *Tachogenerator*, balise, dan *radio ranging*.



Gambar II.3 Vehicle On Board Computer

Sumber: Dokumentasi Tim PKL Dishub DKI Jakarta, 2021

b. *Balise Antenna*

Balise Antenna berfungsi untuk meminta informasi posisi kereta MRT Jakarta dari balise yang terpasang di *track* untuk diberikan ke VOBC



Gambar II.4 *Balise Antenna*

Sumber: Dokumentasi Tim PKL Dishub DKI Jakarta, 2021

c. *Vehicle Radio Set (VRS)*

VRS berfungsi untuk mengirimkan informasi posisi kereta dari VOBC ke *Wayside Radio Set (WRS)* melalui VRS.



Gambar II.5 *Vehicle Radio Set*

Sumber: Dokumentasi Tim PKL Dishub DKI Jakarta, 2021

d. *Tachogenerator (TG)*

TG merupakan alat yang berfungsi untuk menghitung putaran roda dalam penentuan lokasi kereta api MRT Jakarta.

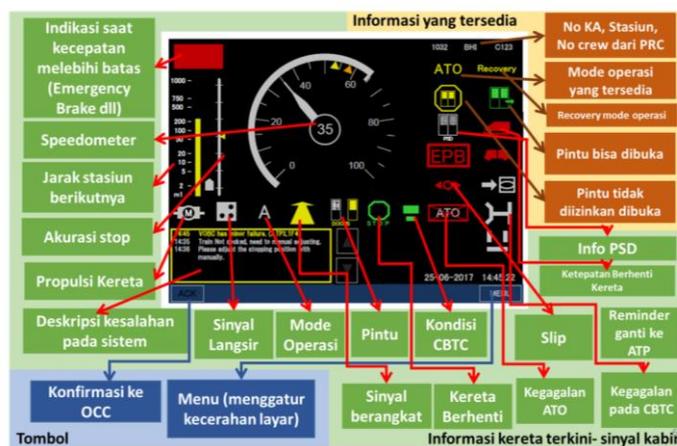


Gambar II.6 *Tachogenerator (TG)*

Sumber: Dokumentasi Tim PKL Dishub DKI Jakarta, 2021

e. *Driver / Display machine interface (DMI)*

DMI berfungsi untuk menampilkan indikasi sinyal yang ditampilkan oleh CBTC.



Gambar II.7 *Driver Machine Interface (DMI)*

Sumber: Dokumentasi Tim PKL Dishub DKI Jakarta, 2021

f. *Wayside*

Peralatan sintelis *wayside* adalah peralatan sintelis yang berada pada jalur dan berfungsi menyampaikan, informasi control, batas kewenangan gerakan dan batas kecepatan di bagian untu masing masing kereta. Peralatan *Wayside* terdiri dari:

1) *Station Computer (SC)*

SC merupakan peralatan kalkulasi pada ATP yang dipasang pada tiap ruangan peralatan siinyal. SC berfungsi untuk mendeteksi posisi kereta dan membuat pesan control untuk kereta yang terpasang di *Signal Telecommunication Equipment Room (STER)* stasiun Lebak Bulus, stasiun Blok M, stasiun Bundaran HI, dan di area depo.



Gambar II.8 *Station Computer (SC)*

*Sumber: Dokumentasi Tim PKL Dishub
DKI Jakarta, 2021*

2) *Wayside Radio Set (WRS)*



Gambar II.9 *Wayside Radio Set (WRS)*

Sumber: Dokumentasi Tim PKL Dishub DKI Jakarta, 2021

3) *Station Computer Interface (SC – IF)*

SC – IF merupakan peralatan antara SC dan WRS. Dimana SC – IF dipasang di sepanjang jalur MRT Jakarta. SC – IF terhubung ke SC dengan kabel optic, sedangkan ke WRS terhubung dengan kabel koaksial.



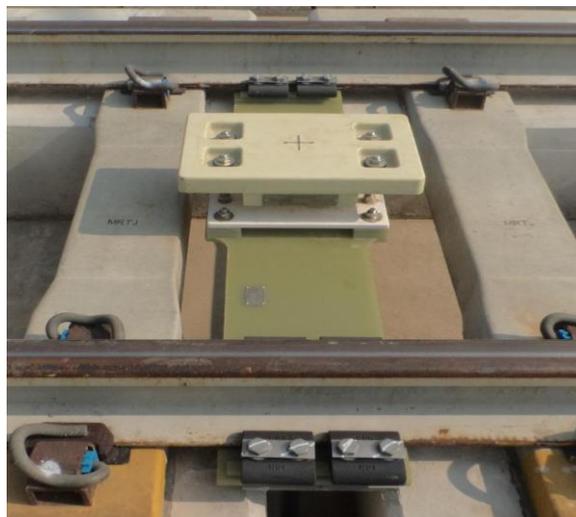
Gambar II.10 *Station Computer Interface (SC – IF)*

Sumber: : Unit Sintelis PT. MRT Jakarta

4) *Passive Balise*

Passive Balise adalah peralatan untuk memperbaiki informasi posisi lokasi kereta api dalam mode operasi (ATP / ATO).

5)

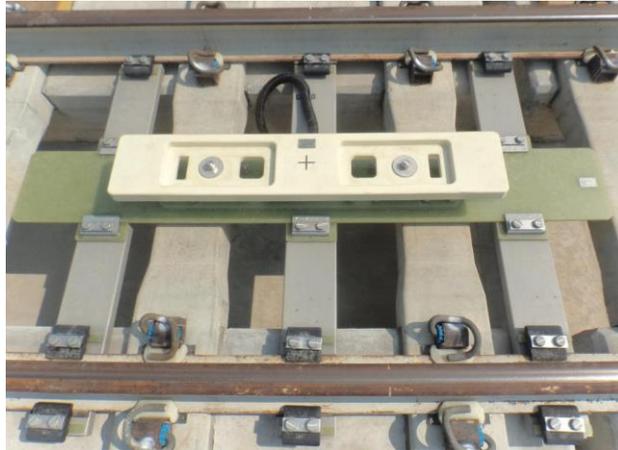


Gambar II.11 *Passive Balise*

Sumber: Dokumentasi Tim PKL Dishub DKI Jakarta, 2021

6) *Active Balise*

Berfungsi untuk menginformasikan arah buka tutup PSD dan *Rolling Stock Door (RSD)* di *Mainline*.



Gambar II.12 *Active Balise*

Sumber: Dokumentasi Tim PKL Dishub DKI Jakarta, 2021

7) *Balise Encoder*

Berfungsi untuk menyuplai power ke *active balise*.



Gambar II.13 *Balise Encoder*

Sumber: Dokumentasi Tim PKL Dishub DKI Jakarta, 2021

2.6. Operasional MRT Jakarta

Tabel II.6 Pola Operasi Bulan Februari 2021

Pola Operasi	Gapeka	Jam Operasi	Jumlah Trip	Headway	Jumlah KA	Tanggal Implementasi	Stasiun yang Beroperasi
Kebijakan Pembatasan Pola Operasi Akibat COVID-19	Gapeka Khusus 10 (Weekday)	05:00 - 21:00	249	Peak hour 5 menit Off peak 10 menit	14	1-10 Februari 2021	13
	Gapeka Khusus 11 (Weekday)	05.00-22.00	261	Peak hour 5 menit Off peak 10 menit	14	11-26 Februari 2021	
	Gapeka Khusus 04 (Weekend)	06:00 - 20:00	157	Flat 10 menit	7	1-28 Februari 2021	

Sumber: Operation Control Center (OCC) MRT Jakarta, 2021

Pada tabel diatas, merupakan pola operasi KA MRT Jakarta pada bulan Februari 2021. Pola operasi tersebut berlaku pada masa pandemi Covid-19 berdasarkan keputusan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Dengan target penumpang sebanyak 20.500 penumpang per harinya dengan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB).

Kereta Api MRT Jakarta menggunakan sistem persinyalan *Moving Block* dalam hal operasionalnya terbilang cukup efisien. Pada saat ini frekuensi KA MRT Jakarta berjumlah 249 perjalanan saat *weekday* dan 157 perjalanan saat *weekend* dengan *headway* diluar jam sibuk adalah 10 menit dan saat jam sibuk menjadi 5 menit. MRT Jakarta beroperasi mulai pukul 05.00 WIB sampai dengan pukul 23.00 WIB, dengan jam sibuk dibagi menjadi 2 sesi yaitu jam sibuk pagi (07.00-09.00) dan jam sibuk sore (17.00-19.00) terkecuali ada pembatasan operasional.

BAB III

TINJAUN PUSTAKA

3.1 Aspek Legalitas

Dalam pembahasan dan penyelesaian Kertas Kerja Wajib ini akan didukung oleh metode pendekatan yang mana berdasarkan pada teori dan landasan kebijaksanaan yang sudah ada. Aspek legalitas yang digunakan untuk dasar mendukung pembahasan, analisa, dan pemecahan masalah yang terdiri dari :

3.1.1. Undang-Undang No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian

1. Perkeretaapian Adalah satu kesatuan sistem yang terdiri dari prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api.
2. Kereta Api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api.
3. Prasarana Perkeretaapian adalah jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan.
4. Jalur Kereta Api adalah jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api, termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api.
5. Jalan rel adalah suatu satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton, atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, dibawah, dan diatas tanah atau bergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api.
6. Fasilitas operasi kereta api adalah segala fasilitas yang diperlukan agar kereta api dapat dioperasikan sesuai dengan fungsinya.
7. Sarana perkeretaapian adalah kendaraan yang dapat bergerak di jalan rel.

8. Sarana perkeretaapian menurut jenisnya terdiri dari:
 - a. Lokomotif;
 - b. Kereta;
 - c. Gerbong; dan
 - d. Peralatan khusus
 9. Kereta rangkaian listrik (KRL) adalah kereta api yang menggunakan tenaga listrik sebagai sumber energi utamanya dan cocok digunakan sebagai kereta api perkotaan
 10. Petak Blok adalah jalan rel diantara dua sinyal yang berdekatan.
 11. Tata cara berlalu lintas, Pengoperasian kereta api menggunakan prinsip berlalu lintas satu arah pada jalur tunggal dan jalur ganda atau lebih dengan ketentuan:
 - a. setiap jalur pada satu petak blok hanya diizinkan dilewati oleh satu kereta api; dan
 - b. jalur kanan digunakan oleh kereta api untuk jalur ganda atau lebih.
 12. Peralatan persinyalan adalah fasilitas pendukung operasi yang memberi petunjuk atau isyarat berupa warna atau cahaya dengan arti tertentu yang dipasang pada tempat tertentu berfungsi sebagai petunjuk dan pengendali.
- 3.1.2. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No.44 Tahun 2018 Tentang Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian
1. Sinyal adalah alat atau perangkat yang digunakan untuk menyampaikan perintah bagi pengaturan perjalanan kereta api dengan peragaan, warna dan/atau bentuk informasi lain.
 2. Tentang Persyaratan Teknis Sistem Persinyalan, peralatan Blok berfungsi harus dapat menjamin keamanan perjalanan kereta api di petak blok dengan cara hanya mengizinkan satu kereta api boleh berjalan di dalam petak blok sesuai dengan arah perjalanan kereta api. Menurut Jenisnya peralatan Blok dibedakan menjadi 2 yaitu, *Fixed Block* dan *Moving Block*.
 3. Interlocking adalah peralatan yang bekerja saling bergantung satu sama lain yang berfungsi untuk membentuk, mengunci, dan mengontrol untuk

4. mengamankan rute kereta api yaitu petak jalan dan petak blok yang akan dilalui kereta api.
 5. Petak Blok dalam pengertian fixed block adalah bagian dari petak jalan yang dibatasi oleh sinyal masuk dengan sinyal keluar pada suatu stasiun, atau sinyal masuk dengan batas berhenti pada jalur akhir di stasiun akhir, atau sinyal keluar dengan sinyal blok, atau sinyal blok dengan sinyal blok, atau sinyal blok dengan sinyal masuk yang berurutan berikut *overlap* jika ada sesuai dengan arah perjalanan kereta api
 6. *moving block* yaitu suatu sistem yang menjamin aman dengan membagi petak jalan menjadi beberapa bagian blok yang panjang dan lokasinya berubah-ubah tergantung kecepatan dan posisi kereta api yang bersangkutan dan kereta api yang di depannya.
- 3.1.3. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No.9 Tahun 2014 Tentang Tata Cara Penetapan Jaringan Pelayanan dan Lintas Pelayanan Perkeretaapian
1. Lintas pelayanan perkeretaapian adalah rute perjalanan perjalanan kereta api pada jaringan jalur kereta api dari stasiun asal ke stasiun tujuan sebagai asal tujuan perjalanan
 2. Jaringan pelayanan perkeretaapian adalah kumpulan lintas pelayanan yang tersambung satu dengan yang lain menghubungkan lintas pelayanan perkeretaapian dengan pusat kegiatan, pusat logistik dan antar moda.
 3. Jaringan pelayanan perkeretaapian perkotaan adalah jaringan pelayanan yang berada dalam wilayah perkotaan dapat melampui 1 provinsi, melampui 2 kabupaten/kota dalam 1 provinsi dan berada dalam 1 kabupaten/kota dengan ciri-ciri pelayanan sebagai berikut :
 - a. Menghubungkan beberapa stasiun di wilayah perkotaan;
 - b. Melayani banyak penumpang berdiri;
 - c. Memiliki sifat perjalanan ulang alik/komuter;
 - d. Melayani penumpang tetap;
 - e. Memiliki darak dan/atau waktu tempuh pendek; dan
 - f. Melayani kebutuhan angkutan penumpang di dalam kota dan dari daerah *sub-urban* menuju pusat kota atau sebaliknya
 4. Kapasitas lintas atau kapasitas jalur adalah kemampuan maksimum jalur kereta api yang dapat dilewati kereta api dalam waktu 24 jam atau dalam periode tertentu.

3.2 Aspek Teoritis

Landasan teori berisikan tentang penjelasan mengenai unsur – unsur yang berkaitan dengan permasalahan yang dianalisis, unsur – unsur tersebut yaitu:

3.2.1 Angkutan Kereta Api

Menurut Salim (2004), angkutan kereta api adalah penyediaan jasa-jasa transportasi di atas rel untuk membawa barang dan penumpang. Kereta api memberikan pelayanan keselamatan, nyaman, dan aman bagi penumpang.

3.2.2 Mass Rapid Transit (MRT)

Menurut Luthfi Parindu (2019), Mass Rapid Transit adalah sebuah sistem transportasi massal dan transit cepat yang merupakan transportasi berbasis rel listrik yang efektif dan nyaman dan telah terbukti hasilnya oleh kota-kota besar yang terdapat di berbagai negara.

3.2.3 Pola Operasi Kereta Api

Menurut Uned Supriadi (2008) 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.

3.2.4 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 1440 menit (24 jam) di lintas yang bersangkutan. Besarnya kapasitas lintas dipengaruhi oleh kapasitas petak jalan (di jalur tunggal) atau petak blok (di jalur ganda/kembar). Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas lintas adalah:

1. Kecepatan, dimana makin tinggi kecepatan kereta api maka kapasitas lintas akan semakin meningkat. Sebaliknya makin kecil kecepatan kereta api akan menyebabkan kapasitas lintas semakin kecil.
2. Waktu operasi sinyal, dimana semakin singkat waktu pelayanan sinyal maka kapasitas lintas akan semakin besar. *Headway* minimum petak jalan, dimana semakin besar *headway* maka semakin rendah kapasitas lintasnya.

3.2.5 Stamformasi

Berdasarkan dokumen divisi sarana MRT Jakarta, Stamformasi Kereta Api MRT merupakan susunan rangkaian kereta api untuk mengangkut penumpang. Stamformasi KA MRT sudah menjadi satu kesatuan yang terdiri :

- a. *Trailer Car* (TC) Adalah kereta yang memiliki fasilitas kabin masinis tanpa motor propulsi dan digunakan untuk mengendalikan kereta api MRT Jakarta oleh masinis
- b. *Motor Car* (MC) Adalah rangkaian kereta yang menggunakan motor propulsi dan memiliki fasilitas penumpang berupa tempat duduk penumpang prioritas dan *handstrap* untuk pegangan penumpang berdiri.

Untuk susunan rangkaian kereta MRT Jakarta, terdiri dari 6 susunan yaitu TC – MC – MC – MC – MC – TC.

3.2.6 Menurut Modul Operasi Kereta Api menjelaskan bahwa Persinyalan adalah:

1. Sistem Persinyalan adalah suatu sistem sarana untuk menjaga keselamatan dan mengatur operasi kereta api yang efisien dan efektif dengan jalan membagi ruang dan waktu. Sistem persinyalan merupakan penghubung antara *rolling stock* (sarana) dengan *track* (jalan rel) untuk efisiensi pengendalian gerakan atau operasi kereta api dalam rangka mencapai tingkat keselamatan yang direkomendasikan.
2. Peralatan persinyalan perkeretaapian berfungsi untuk memberi petunjuk atau isyarat yang berupa warna atau cahaya dengan arti tertentu yang dipasang pada tempat tertentu. Peralatan persinyalan terdiri atas: sinyal, tanda/semboyan, marka, dan peralatan pendukung.
 - a. Persyaratan Umum Sistem persinyalan adalah sebagai berikut :Syarat utama sistem persinyalan yang harus dipenuhi ialah azas keselamatan (*fail safe*), artinya jika terjadi suatu kerusakan pada sistem persinyalan, kerusakan tersebut tidak boleh menimbulkan bahaya bagi perjalanan kereta api.
 - b. Sistem persinyalan harus mempunyai keandalan tinggi dan memberikan aspek yang tidak meragukan. Dalam hal ini aspek sinyal harus tampak dengan jelas pada jarak yang ditentukan, memberikan arti atau arti yang baku, mudah ditangkap dan mudah diingat.

- c. Susunan penempatan sinyal-sinyal di sepanjang jalan rel harus sedemikian sehingga memberikan aspek menurut urutan yang baku, agar masinis dapat memahami kondisi operasional bagian petak jalan yang akan dilalui.
3. Gangguan/Kegagalan Sinyal, Yang dimaksud dengan gangguan atau kegagalan sinyal di sini adalah 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.

3.2.7 Regresi

1. Nawari (2010), Regresi adalah cara sederhana dalam melakukan investigasi terkait relasi fungsional antara variabel-variabel berbeda. Relasi antara variabel tersebut dituliskan dalam sebuah model matematika.
2. Sugiyono (2014,59), yang dimaksud variabel independen adalah "Variabel bebas/independen sering disebut sebagai *variabel stimulus, predictor, antecedent*. Dalam bahasa Indonesia sering disebut sebagai variabel bebas. Variabel Bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat)."
3. Jonathan Sarwono (2006:1), bahwa *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) adalah program aplikasi yang digunakan untuk melakukan perhitungan statistik dengan menggunakan komputer.

3.2.8 Kinerja Operasi

Menurut daft (2010), Kinerja Operasi adalah suatu bidang manajemen yang mengkhususkan pada produksi barang dan jasa, serta menggunakan alat-alat dan teknik-teknik khusus untuk memecahkan masalah produksi. Kinerja operasional merupakan pelaksanaan kegiatan-kegiatan manjerial yang dibawakan dalam pemilihan, perancangan, pembaharuan pengoperasian, dan pengawasan sistem-sistem produksi.

3.2.9 Petak blok

Menurut Suryo Hapsoro (2009), Petak blok adalah bagian jalan kereta api yang dibatasi oleh dua buah sinyal yang berurutan. Sinyal-sinyal tersebut digunakan sebagai tanda apakah kereta api boleh menggunakan petak blok yang bersangkutan apa tidak hal ini diperlukan untuk mencegah terjadinya tabrakan dan keterlambatan kereta api dengan cara membuat aturan bahwa pada

setiap waktu satu petak blok hanya boleh dilalui oleh satu perjalanan kereta api. Jenisnya peralatan Blok adalah dibedakan menjadi 2 yaitu, *Fixed Block* dan *Moving Block*.

1. *Fixed block* yaitu suatu sistem yang menjamin aman dengan membagi petak jalan menjadi beberapa bagian blok yang panjang dan lokasinya tertentu di mana hanya satu kereta dalam satu blok. *Fixed block* berada di sepanjang jalur kereta api dengan jarak tertentu tergantung *headway* kereta api. *Fixed Block* terdiri atas sistem blok tertutup dan sistem blok terbuka. *Fixed Block* saat ini diterapkan untuk operasi kereta *Commuter* Jabodetabek, KA Jarak Jauh (*Longdistance*), Kereta Bandara dan LRT Sumatera Selatan.
2. *Moving Block* yaitu suatu sistem yang menjamin aman dengan membagi petak jalan menjadi beberapa bagian blok yang panjang dan lokasinya berubah-ubah tergantung kecepatan dan posisi kereta api yang bersangkutan dan kereta api yang di depannya. *Moving Block* berada di sepanjang jalur kereta api dan sarana (indikator sinyal berada di kabin), hubungan dengan sarana menggunakan frekuensi radio. *Moving Block* saat ini diterapkan untuk operasi pada MRT Jakarta dan direncanakan diterapkan pada LRT Jabodebek.

3.2.10 Berdasarkan Buku Operasi Perkeretaapian mengenai operasi kereta api, Prinsip Lalu Lintas Kereta api adalah sebagai berikut:

1. Jalur kereta api untuk kepentingan perjalanan kereta api dibagi dalam beberapa petak blok.
2. Petak blok dibatasi oleh dua sinyal berurutan sesuai dengan arah
3. Dalam 1 (satu) petak blok pada jalur kereta api hanya diizinkan dilewati oleh 1 (satu) kereta api.
4. Dalam keadaan tertentu pada 1 (satu) petak blok pada jalur kereta api dapat dilewati lebih dari 1 (satu) kereta api berdasarkan izin yang diberikan oleh petugas pengatur perjalanan kereta api.
5. Perjalanan kereta api yang memasuki petak blok yang di dalamnya terdapat kereta api atau sarana perkeretaapian dilakukan dengan kecepatan terbatas dan pengamanan khusus.

3.2.11 Menurut Peraturan Direksi PT MRT Jakarta No. 007-5 Tahun 2019 tentang Petunjuk Operasi Kereta saat Gangguan dan Darurat:

1. CBTC (Communication Based Train Control)

Sistem CBTC adalah sistem kendali kereta otomatis yang bersifat menerus memanfaatkan kemampuan menentukan lokasi kereta dengan tingkat ketepatan tinggi, tidak bergantung pada sirkuit jalur, berkapasitas tinggi. Komunikasi data dua arah antara kereta dan jalur; Prosesor di kereta dan jalur mampu menerapkan perlindungan kereta api otomatis (ATP), serta operasi kereta api otomatis (ATO) dan fungsi pengawasan kereta api otomatis (ATS).

2. Mode Operasi Normal.

Mode pengoperasian ATP yang ditunjukkan untuk kereta api yang dioperasikan di masing-masing bagian atau lokasi sebagaimana dimaksud dalam Petunjuk Kerja Operasi Kereta Api. Digunakan dalam kondisi normal pada sistem persinyalan di kereta api dan di jalur, termasuk didalamnya mode ATO untuk lintas raya, ATP Normal mode untuk langirsan antara Depo dan jalur berbalik arah LBB serta mode Sinyal Jalur/Wayside untuk langirsan di area Pemeliharaan sarana di Depo.

3. Pembatasan Operasi Kereta Api.

Tindakan untuk mencegah kecelakaan kereta api yang disebabkan oleh keadaan yang tidak biasa. Termasuk di dalamnya adalah pembatasan kecepatan kereta api dan penanggulangan operasi kereta.

4. Ambang Batas

Suatu nilai yang ditentukan di mana pembatasan operasi kereta tertentu diterapkan. Ini termasuk curah hujan, kecepatan angin, gempa bumi dan ukuran tertentu lainnya.

5. Operasi dibawah normal/ *degraded*

Operasi terbatas pada kondisi di mana sistem operasi mengalami penurunan kinerja yang bisa menghambat operasi normal.

6. Mode Operasi Darurat.

Kejadian yang tidak terduga, sulit atau berbahaya yang dapat menyebabkan dampak langsung ke sistem, mengharuskan reaksi dan tanggapan segera

7. Saat kereta api tidak dapat dioperasikan menggunakan mode operasi kereta api normal karena tidak berfungsinya sistem, atau alasan lainnya, kereta api dapat dioperasikan menggunakan metode operasi kereta yang lain untuk sementara waktu.
8. Operasi *Bi-directional* terdiri dari operasi arah normal dan operasi berbalik arah.
9. Operasi arah normal dan operasi sebaliknya dapat di alihkan dari satu ke yang lain oleh Pengendali lalu lintas dengan fungsi mengubah arah operasi di PRC.
10. Operasi berbalik arah digunakan dalam kasus-kasus berikut, pada situasi di mana operasi arah normal tidak bisa dilakukan seperti pekerjaan pemeliharaan yang telah direncanakan, pekerjaan konstruksi yang telah direncanakan, kecelakaan, kegiatan sistem, hambatan, kebakaran di depan arah kereta berjalan, atau operasi kereta penolong
 - a. Operasi berbalik arah di stasiun interlocking.
 - b. Operasi berbalik arah di stasiun non interlocking.
 - c. Operasi berbalik arah di titik diluar stasiun disebabkan kecelakaan atau gangguan sistem.
 - d. Operasi *Bi-directional* pada lintas harus dilaksanakan dengan mode ATP Normal.

3.2.12 *Passenger Dispatcher*

Passenger Dispatcher atau pengendali penumpang bertugas sebagai berikut:

1. Mengumumkan untuk kereta khusus wanita 15 menit sebelum *peak hour* pagi (07.00-09.00) dan *peak hour* sore (17.00-19.00) dan pengulangan setiap 30 menit untuk weekday, TIDAK DIPERLUKAN SAAT WEEKEND MAUPUN HARI LIBUR.
2. Membackup laporan jumlah penumpang kereta api.
3. Monitoring alarm PIDC.
4. Input informasi saat ada keadaan darurat.
5. Berkomunikasi dengan stasiun dan *Public Announcer* ke kereta jika diperlukan.
6. Memantau masukan dari penumpang yang masuk dan mengupdate ke *complain center*.

7. Menginfokan fasilitas stasiun yang masuk ke *complain center (Fatality condition)*.
8. Membantu pencarian "*Lost and Found*" jika barang customer tertinggal di dalam kereta.
9. Mengirimkan Laporan harian permasalahan AFC (*Automatic Fare Collection*) yang harus dikirimkan setelah stasiun tutup (00.00)
10. Mengecek kesiapan stasiun (15 menit sebelum operasi)
 - a. Test PA
 - b. *Checking entrance*
 - c. *Elevator checking*
 - d. *Escalator checking*
 - e. Lift
11. Mengganti jadwal untuk PIDS setiap hari minggu (*weekday schedule -> weekend schedule*)
12. Berkomunikasi dengan stasiun dan *Public Announce* ke kereta jika diperlukan
 - a. *RollingStock Dispatcher*
Rollingstock Dispatcher atau pengendali sarana mempunyai beberapa tugas, yaitu sebagai berikut:
 - 1) Memantau kondisi kereta saat *start up, peak hour* pagi (07.00-09.00),memasuki peak hour dan peak hour sore (17.00-19.00)
 - 2) Memastikan kesiapan operasi sarana
 - 3) Menjalankan kegiatan *shunting plan*
 - a) *Daily maintenance*/pemeliharaan
 - b) *Monthly maintenance*/pemeliharaan
 - c) *Daily cleaning*
 - d) *Weekly cleaning*
 - 4) Memonitor kondisi kereta di *mainline* (berkoordinasi dengan semua *dispatcher*)
 - 5) Apabila terjadi *failure*, *Rollingstock dispatcher* mengirimkan laporan yang didapat dari *traffic dispatcher* ke *train driver* dengan instruksi sesuai prosedur yang ada, apabila masih belum usai, *rollingstock dispatcher* mengkomunikasikan ke bagian *maintenance* pemeliharaan untuk segera di-*follow up*.

- 6) Berkoordinasi dengan *rollingstock maintenance*/pemeliharaan sarana melalui email.

3.2.13 *Depot Dispatcher*

Depot Dispatcher atau pengendali depo mempunyai tugas sebagai berikut:

1. Membaca shunting plan dan menjalankannya
2. Menolak atau memberi izin kepada pihak kedua (*train driver*/petugas *maintenance*/pemeliharaan) untuk melakukan suatu gerakan atau aktivitas di area depo
3. Menyiapkan jalur untuk keluar masuk kereta dari depo saat *peak hour* pagi dan sore
4. Menolak pergerakan di area depo apabila tidak ada di *shunting plan*
5. Monitoring pergerakan di Depo
6. Koordinasi dengan awak di lapangan apabila ada *maintenance* atau *failure*
7. Mencatat kejadian dan membuat laporan jika ada *failure* di area depo

3.2.14 *Traffic Dispatcher*

Traffic Dispatcher atau pengendali lalu lintas mempunyai tugas sebagai berikut:

1. *Start up* kereta (*shift 3* dan *shift 1*)
2. Mengecek *shunting plan*
3. Koordinasi saat *maintenance*/pemeliharaan wesel dan kegiatan langsir
4. Monitoring pergerakan kereta di lintas
5. Berkoordinasi dengan train driver selama perjalanan kereta api
6. Memonitor semua train driver saat terjadi hujan dan mengubah *virtual track* menjadi mode hujan pada *elevated track* yang terkena hujan
7. Jika terjadi *failure* dalam lintas, *traffic dispatcher* mengkomunikasikan *failure* kepada *dispatcher* yang terkait
8. Apabila terjadi kelambatan, *Traffic dispatcher* menginstruksikan *train driver* untuk mempercepat *dwell time* stasiun yang sekiranya sepi penumpang
9. Memandu masinis saat *inching*

3.2.15 *Power Dispatcher*

Power Dispatcher atau Pengendali Suplai Daya mempunyai tugas sebagai berikut:

1. Memantau dan monitoring pasokan listrik dari gardu ke stasiun maupun LAA
2. Apabila ada perbaikan dan perawatan, memutus dan menghubungkan aliran listrik pada jaringan yang akan di perbaiki maupun dirawat
3. Berkoordinasi dengan awak *maintenance*/pemeliharaan
4. Apabila ada kondisi darurat mengambil langkah untuk mengamankan pasokan listrik dengan mengaktifkan *back up* dari *backup supply*
5. Membuat laporan kegiatan harian dan melaporkan ke group OCC

3.2.16 *Facility Dispatcher*

Facility Dispatcher atau pengendali fasilitas mempunyai tugas sebagai berikut:

1. *Stand by* selama dinas bekerja sesuai shift dan bertanggung jawab penuh dalam shift tersebut
2. Melihat dan mengontrol LPP
3. Monitoring dan *controlling fan* di tunnel
4. Jika ada *failure* bertanggung jawab untuk mengkoordinasikan dari stasiun yang telah melaporkan *failure* ke bagian *maintenance operator*
5. Melaporkan segala situasi dan kondisi ke laporan harian
6. Memantau pekerjaan perawatan yang terkait dengan *track, civil, mechanical electrical* dan sigtel
7. Memantau dan melakukan penanganan pertama apabila ada *failure* system maupun terjadinya *dissaster*

3.2.17 *Chief Dispatcher*

Chief Dispatcher atau Kepala pengendali mempunyai tugas sebagai berikut:

1. Update terhadap semua kondisi di lapangan maupun ruangan
2. Menggantikan *head of OCC* saat tidak ada di lokasi
3. Memanejemen staff OCC
4. Mengatur perubahan jadwal dinasan
5. Koordinasi semua pekerjaan OCC
6. Pengambilan keputusan dan instruksi yang di definisikan dalam peraturan internal operasi
7. Monitoring semua kondisi di lintas.

3.2.18 Kecepatan

Dalam kereta api MRT Jakarta dikenal empat jenis kecepatan, yaitu seperti berikut:

1. Kecepatan rencana, yaitu kecepatan yang digunakan dalam merencanakan struktur jalan rel, dan perancangan geometri jalan rel.
2. Kecepatan maksimum, yaitu kecepatan tertinggi yang diijinkan dalam suatu perasi rangkaian kereta api pada suatu lintasan tertentu. Kecepatan maksimum ini dapat digunakan untuk mengejar keterlambatan yang terjadi karena gangguan-gangguan di perjalanan.
3. Kecepatan operasi, adalah kecepatan rerata kereta api pada petak jalan tertentu. Kecepatan operasi ini bergantung pada kondisi jalan rel dan kereta/kendaraan rel yang beroperasi diatas jalan rel yang dimaksud.
4. Kecepatan komersil, merupakan kecepatan rata-rata kereta api sebagai hasil pembagian jarak tempuh dengan waktu tempuh.

3.2.19 Data

Data adalah bahan mentah yang perlu diolah sehingga menghasilkan informasi atau keterangan, baik kualitatif maupun kuantitatif yang menunjukkan fakta. (Siregar, 2013). Data yang dikumpulkan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

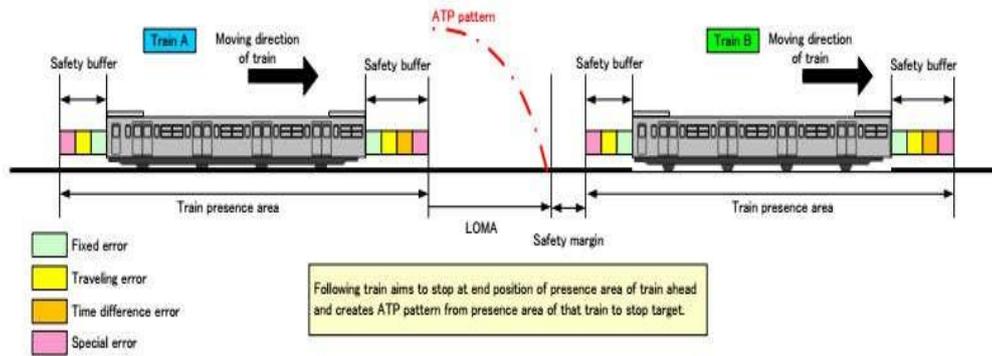
1. Data Primer adalah data yang dikumpulkan sendiri oleh peneliti langsung dari sumber pertama atau tempat objek penelitian dilakukan.
2. Data Sekunder Data Sekunder adalah data yang diterbitkan atau digunakan oleh organisasi yang bukan pengolahannya.

3.3 Aspek Teknis

merupakan rumus-rumus yang digunakan dalam melakukan kajian, berikut ini merupakan rumus-rumus yang digunakan dalam penelitian ini:

3.1.1 Kemampuan Operasi MRT Jakarta

Membahas tentang kemampuan operasi MRT Jakarta dalam melakukan operasi dari jumlah kereta. Dengan ini dapat diketahui *Safety Buffer*, kemampuan headway dan Kapasitas petak jalan MRT Jakarta.



Gambar III. 1 Pergerakan Blok MRT Jakarta
Sumber: Divisi Prasarana MRT Jakarta, 2021

KETERANGAN:

1. *Fixed Error* adalah Kesalahan yang terjadi kereta tidak dapat berjalan. Kesalahan ini terjadi baik di depan maupun di belakang kereta. Dengan panjang *fixed error* 2 meter.
2. *Trevelling Error* adalah Kesalahan yang terjadi saat kereta sedang berjalan. kesalahan ini dapat terjadi di depan dan belakang kereta. Station Computer (SC) menghitung kesalahan ini dengan asumsi kesalahan diameter roda dengan margin hingga 1 %. Dengan rumus perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Travelling Error} = \text{TG Error (\%)} \times \text{Running Distance} \dots\dots\dots(3.1)$$

Sumber: Dapertement Train Operation, 2021

3. *Time Difference Error* adalah Kesalahan yang terjadi saat kereta berjalan. Kesalahan ini hanya terjadi pada arah perjalanan kereta api. Perbedaan waktu ini dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$\text{Time Difference Error} = \text{Kecepatan Kereta} \times \text{Perbedaan Waktu} + \frac{1}{2} \text{ Akselerasi Maksimum} \times (\text{Perbedaan Waktu}^2) \dots\dots(3.2)$$

Sumber: Dapertement Train Operation, 2021

4. *Special Error* merupakan hal yang terjadi saat posisi balise yang berfungsi untuk mendeteksi lokasi kereta tidak diketahui posisi kereta, rumus perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Special Error} = \text{Kecepatan Kereta} \times \text{Perbedaan Waktu} + \frac{1}{2} \text{ Akselerasi Maksimum} \times (\text{Perbedaan Waktu}^2) \dots(3.3)$$

Sumber: Dapertement Train Operation, 2021

5. Perhitungan Jarak Pengereman atau pada MRT Jakarta disebut *ATP Pattern* berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$\text{Jarak Pengereman} = \frac{V1^2 - V2^2}{7,2 \beta} \dots\dots(3.4)$$

Sumber: Palala Press. 2016. Buku Railway Signal

KETERANGAN:

V1 : Kecepatan awal kereta

V2 : Kecepatan terakhir yang diinginkan setelah melakukan pengereman

7,2 β : 20 km/j/d (untuk KRL) 20,9 km/j/d (untuk MRT) dan 15 km/j/d (untuk Lokomotif) Dalam buku "*RAILWAY SIGNAL*" *7,2β* diberi nilai ; Untuk KRL = 20, Untuk MRT = 20,9, Untuk Lokomotif = 15

6. Perhitungan Headway Minimum berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$T_{\text{Headway}} = \frac{S_{\text{Servicebrake}} + S_{\text{Safetymargin}} + S_{\text{Trainlength}} + D_{\text{Uncertainty}}}{V_{\text{max ATO}}} \dots(3.5)$$

Sumber: Document SIG SPC Wayside CBTC MRT, 2018

KETERANGAN:

T_{Headway} : Headway Minimum

S_{Servicebrake} : Jarak Pengereman Kereta

S_{Safetymargin} : Jarak minimal ujung *safety buffer* belakang kereta depan hingga titik terjauh pengereman

S_{Trainlength} : Panjang Kereta

D_{Uncertainty} : *Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error*

V_{max ATO} : Kecepatan Maksimal Kereta Pada Mode ATO

7. Perhitungan waktu tempuh MRT Jakarta

$$TA - B = \frac{60 \times S}{V} \dots\dots(3.6)$$

Sumber : Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

TA-B : Waktu tempuh dari stasiun A ke stasiun B (menit)

60 : Angka konstan untuk menghasilkan menit

S : Jarak (km)

V : Kecepatan (km/jam)

3.2.1 kapasitas Lintas

PT MRT Jakarta memiliki periode waktu yang lebih pendek yaitu 1080 menit (18 jam) dikarenakan 6 jam sisanya digunakan untuk perawatan dan pemeliharaan prasarana.

$$K = \frac{1080}{H} \times 0,9 \times 2 \dots\dots(3.7)$$

Sumber : Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

K : Kapasitas Lintas

1080 : Jumlah menit dalam waktu operasional

H : Headway

0,9 : Untuk jalur ganda (kapasitas 100% dikurangi 10% untuk cadangan mengejar kelambatan)

2 : Faktor pengali untuk jalur ganda

3.3.1 Perhitungan Pengaruh Faktor Kelambatan Terhadap Realisasi Ketepatan Waktu Operasi MRT Jakarta

Pehitungannya menggunakan *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) yaitu program aplikasi yang digunakan untuk melakukan perhitungan statistik dengan menggunakan komputer.

a. Rumus Uji t

$$t \text{ tabel} = t(\alpha/2 ; n-k-1) = \dots\dots(3.8)$$

b. Rumus Uji F

$$F \text{ tabel} = F(k ; n-k) = (6 ; 4) = 6,16 \dots\dots(3.9)$$

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Alur Pikir

Langkah awal dalam rencana penelitian adalah mengumpulkan data, baik, baik data sekunder maupun data primer yang selanjutnya dilakukan analisis permasalahan, hingga kemudian dapat diketahui permasalahan, hingga kemudian dapat diketahui permasalahan yang ada dan dicari suatu penyelesaiannya. Adapun tahapan-tahapan rencana penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan maksud dan tujuan dilakukannya penelitian serta menentukan ruang lingkup dan batasan-batasan permasalahan dari penelitian yang dilakukan.
2. Mengumpulkan data-data yang diperlukan serta mendukung penelitian yang dilakukan baik data sekunder maupun data primer.
3. Mengidentifikasi permasalahan pada sistem *moving block* MRT Jakarta.
4. Mengajukan usulan pemecahan masalah berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan
5. Menetapkan kesimpulan dan saran dari hasil analisa dan pemecahan yang telah dilakukan

4.2. DESAIN PENELITIAN

4.2.1. Tahap Pertama: Persiapan

Ditujukan untuk menyiapkan kerangka persiapan pelaksanaan pengumpulan data sebagai literatur dan pengenalan awal wilayah studi MRT Jakarta Fase 1, terdapat kajian mengenai kinerja sistem *moving block* untuk memaksimalkan kemampuan sistem *moving block* pada MRT Jakarta.

4.2.2. Tahap Kedua: Pengumpulan Data

Yaitu tahap pengumpulan data sekunder dengan meminta data mengenai laporan kinerja operasi MRT Jakarta, data waktu perjalanan MRT Jakarta, data inventarisasi fasilitas operasi MRT Jakarta dan data penyebab keterlambatan MRT Jakarta untuk kebutuhan penjelasan data yang dianalisis dan mengetahui istilah. Data primer didapatkan dengan cara menghitung

langsung waktu perjalanan dan waktu pelayanan di Stasiun Kereta Api MRT Jakarta menggunakan aplikasi *stopwatch*. Pengumpulan data diperlukan untuk memecahkan masalah objek penelitian, untuk memperoleh rekomendasi masalah yang ada. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Metode Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dari sumber data yang diperoleh dan dikumpulkan peneliti secara tidak langsung melainkan dengan pihak lain. Data yang diperoleh berupa laporan kinerja operasi MRT Jakarta Perbulan, Waktu Perjalanan MRT Jakarta Data Inventarisasi fasilitas operasi MRT Jakarta dan Data Penyebab Keterlambatan MRT Jakarta.

2. Metode Pengumpulan Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dengan melakukan pengamatan dilapangan. Data yang diperoleh berupa Waktu Perjalanan MRT Jakarta, Waktu Pelayanan Stasiun, dan Waktu Tunggu MRT Jakarta.

4.2.3. Tahap Ketiga: Analisis

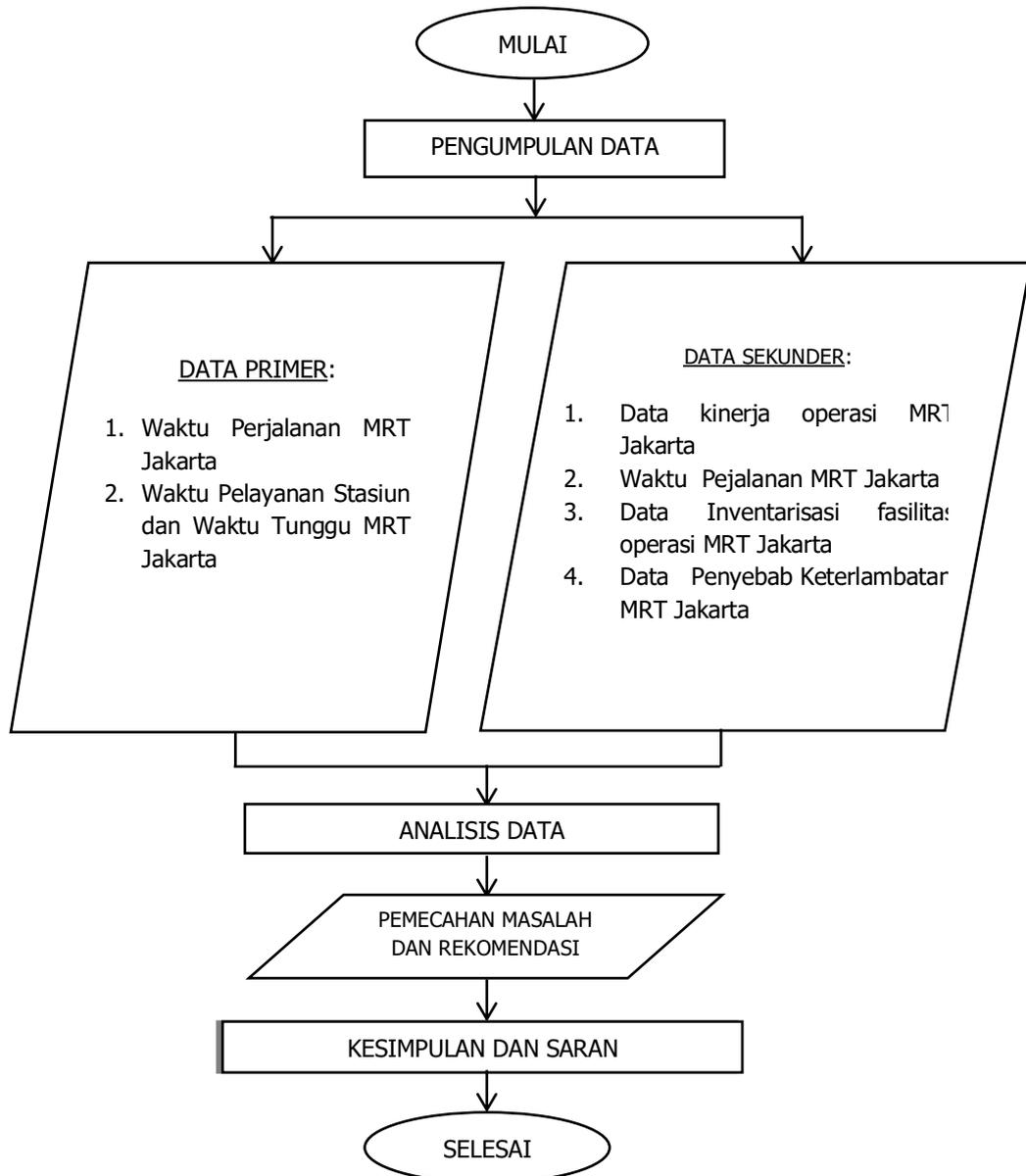
Yaitu analisis terhadap data yang diperoleh. Analisis menghitung kemampuan operasi MRT Jakarta, kemudian menghitung kemampuan kapasitas lintas MRT Jakarta, pengaruh faktor kelambatan terhadap realisasi ketepatan waktu MRT Jakarta berdasarkan data laporan kinerja operasi MRT Jakarta, data kelambatan dan faktor penyebab kelambatan MRT Jakarta.

4.2.4. Tahap Keempat: Akhir Penulisan

Yaitu pemecahan masalah yang ditunjukkan dengan hasil analisis pada Tahap ketiga sebagai masukan untuk MRT Jakarta untuk memaksimalkan kemampuan headway, kemampuan kapasitas lintas MRT Jakarta.

4.3. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir adalah bagan (*chart*) yang menunjukkan alir (*flow*) di dalam program atau prosedur sistem secara logika. Bagan alir (*flowchart*) digunakan terutama untuk alat bantu komunikasi dan untuk dokumentasi. Untuk lebih jelasnya alur dari penulisan Kertas Kerja Wajib ini dapat dilihat pada bagan alir, sebagaimana terdapat pada gambar dibawah ini:



Gambar IV. 1 Bagan alir penelitian

Sumber : Hasil Analisis Peneliti, 2021

4.4. Teknik Pengumpulan Data

4.4.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian kualitatif yang memiliki sifat deskriptif dan menggunakan analisis. Proses dan makna dalam jenis penelitian kualitatif ini lebih ditonjolkan dengan landasan teori yang dimanfaatkan sebagai pemandu agar fokus penelitian sesuai dengan fakta di lapangan. Secara umum, penelitian kualitatif memperoleh data utama dari wawancara dan observasi. Jenis penelitian kualitatif dalam penulisan KKW ini adalah penelitian studi kasus. Studi kasus, merupakan penelitian kualitatif dimana peneliti melakukan eksplorasi secara mendalam terhadap program, kejadian, proses, aktivitas, terhadap satu atau lebih orang. Suatu kasus terikat oleh waktu dan aktivitas dan peneliti melakukan pengumpulan data secara mendetail dengan menggunakan berbagai prosedur pengumpulan data dan dalam waktu yang berkesinambungan. Penelitian studi kasus disini dilakukan melalui penggalian informasi mendalam melalui permasalahan yang ada di sekitar tempat penelitian. Data atau informasi yang berkaitan dengan permasalahan menjadi penunjang dalam pencarian solusi. Oleh karena itu, data yang berupa kejadian pada saat ini atau bahkan masa lampau yang berhubungan dengan topik tersebut perlu dikumpulkan untuk membantu menyelesaikan permasalahan yang ada. Hasil penelitian kualitatif berupa kemampuan kinerja sistem *moving* pada MRT Jakarta sehingga laporan penelitian akan lebih banyak mengandung deskripsi

4.4.2. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan langkah yang paling penting dalam melakukan penelitian. Tanpa upaya pengumpulan data, berarti penelitian tidak dapat dilakukan. Dengan mengetahui pengumpulan data, peneliti menggunakan beberapa teknik dalam melengkapi dan memperdalam subjek yang akan diteliti. Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan adalah teknik pengumpulan data dengan mengadakan studi penelitian terhadap buku-buku, literatur-literatur, catatan-catatan, laporan yang ada hubungannya dengan masalah yang dipecahkan.

Pengumpulan data melalui studi kepustakaan sangat penting karena pembuktiannya dilakukan secara logis dan rasional melalui pendapat, teori, hukum-hukum yang diterima kebenarannya baik yang menolak maupun yang mendukung hal tersebut. Dalam hal ini peneliti mendalami, mencermati, menelaah, dan mengidentifikasi pengetahuan yang ada dalam kepustakaan(jurnal, sumber bacaan, buku-buku referensi, atau hasil penelitian lain).

2. wawancara

Wawancara yaitu cara pengumpulan data yang dilakukan dengan mengadakan sesi tanya jawab terhadap orang-orang yang erat kaitannya dengan permasalahan penelitian, baik secara tertulis maupun secara lisan guna mendapatkan informasi mengenai masalah yang sedang diteliti oleh penelitian.

3. Observasi

Observasi adalah pengamatan dengan melakukan pencatatan atau pengkodean perilaku individu atau suasana, kondisi, dsb. Dalam arti yang luas, observasi sebenarnya tidak hanya terbatas kepada pengamatan yang dilakukan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dari beberapa metode pengumpulan data tersebut, maka diperoleh beberapa data yaitu data primer dan data sekunder yaitu

1. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder didapat dengan cara meminta izin kepada Kepala Bidang Perkeretaapian agar berkenan memberikan file laporan kinerja operasi yang diserahkan PT MRT Jakarta setiap bulan data yang didapat berupa rekapan realisasi capaian ketepatan perjalanan MRT Jakarta periode 1 bulan. Cara kedua dengan melakukan wawancara kepada staf OCC, data yang didapat berupa gambaran sistem persinyalan, data faktor penyebab kelambatan dan tindakan yang harus dilakukan ketika terjadi gangguan yang ada di MRT Jakarta.

2. Data Primer

Pengumpulan data primer didapat dengan cara menghitung langsung waktu perjalanan dan waktu pelayanan di Stasiun MRT Jakarta menggunakan aplikasi *stopwatch*. Hasil yang didapat berupa data waktu perjalanan, waktu pelayanan MRT Jakarta.

4.5. Teknik Analisis Data

4.5.1. Gambaran Analisis dan Pemecahan Masalah

1. Pada penulisan Kertas Kerja Wajib akan menganalisa:
 - a. Analisis Perhitungan kemampuan operasi MRT Jakarta saat beroperasi di *mainline*, analisis ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan *headway* MRT Jakarta dan berapa jarak aman antar kereta MRT Jakarta.
 - b. Analisis perhitungan kemampuan kapasitas lintas, analisis ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kapasitas lintas MRT Jakarta .
 - c. Analisis pengaruh faktor kelambatan terhadap realisasi ketepatan waktu MRT Jakarta menggunakan bantuan aplikasi SPSS. Analisis ini dilakukan untuk mengatahui apakah faktor kelambatan tersebut berpengaruh terhadap realisasi ketepatan waktu operasi MRT Jakarta.
2. Setelah melakukan analisis tersebut, maka akan didapat kemampuan *headway*, kemampuan kapasitas lintas, dan pengaruh faktor kelambatan terhadap realisasi ketepatan waktu MRT Jakarta yang menggunakan sistem *moving block* sehingga dapat diketahui apakah implementasi teknologi sistem *moving block* di MRT Jakarta sudah tepat.

4.6. Lokasi dan Jadwal Penelitian

4.4.3. Lokasi

Lokasi penelitian penulisan Kertas Kerja Wajib dilakukan di MRT Jakarta fase 1, tepatnya di stasiun Lebak Bulus – Bundaran HI.

4.4.4. Jadwal peneltian

Penelitian yang dilakukan pada saat melakukan Praktek Kerja Lapangan (PKL) dan magang selama 4 bulan di Bidang Perkeretaapian Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta.

BAB V

ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

5.1. Analisis Kemampuan Operasi MRT Jakarta

5.1.1. Jarak Pengereman

Dalam memperhitungkan jarak pengereman, disesuaikan dengan pola hubungan blok Moving Block. Maka dari itu, kereta api MRT Jakarta menerima perintah pengereman dari SC melalui VOBC dengan menggunakan rumus yaitu:

$$\text{Jarak Pengereman} = \frac{VI^2 - V2^2}{7,2 \beta}$$

Sumber: Palala Press. 2016. Buku Railway Signal

Tabel V.1 Tabel Jarak Pengereman KA MRT Jakarta

7,2 β	Kecepatan (Km/jam)	Jarak Rem (meter)
20.9	10	4.8
	20	19.1
	30	43.1
	40	76.6
	50	119.6
	60	172.2
	70	234.4
	80	306.2
	90	387.6
	100	478.5

Sumber: Hasil Analisis Tim PKL Dishub Provinsi DKI Jakarta, 2021

5.1.2. Perhitungan Headway Minimum

Jika sudah diketahui jarak pengereman di tiap kecepatan maksimal, maka dilakukan perhitungan headway minimum dengan rumus perhitungan adalah:

$$T_{\text{Headway}} = \frac{S_{\text{Servicebrake}} + S_{\text{safetymargin}} + S_{\text{Trainlength}} + D_{\text{Uncertainty}}}{V_{\text{max ATO}}}$$

Sumber: Dapertement Train Operation Plan, 2021

Setelah headway minimum telah dihitung menggunakan rumus diatas, maka headway total kereta api MRT Jakarta diperoleh ditambah dengan waktu akselerasi dan deselerasi. Dapat disimpulkan dengan rumus yaitu:

Headway Total = Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Waktu Tunggu Naik Turun Penumpang (*dwell time*).

5.1.3. Waktu Pelayanan Blok

Pada sistem *Moving Block*, panjang blok tidak pasti dan fleksibel. Konsep sistem ini adalah memberikan jarak aman(*buffer*) di depan dan belakang kereta api MRT Jakarta. *Buffer* depan digunakan untuk menentukan jarak pengereman kereta tersebut, sedangkan *buffer* belakang digunakan untuk menentukan jarak pengereman kereta di belakangnya. Pada hubungan blok *Moving Block*, keberadaan dan kecepatan kereta di deteksi oleh *balise* yang dikirim ke server. Maka dari itu, panjang *buffer* ditentukan pula oleh kecepatan kereta, frekuensi kereta yang melintas di lintas, teknologi yang dipakai yaitu *Communication Based Train Control* (CBTC).

5.1.4. Waktu Pelayanan Stasiun

Waktu Pelayanan Stasiun merupakan lama waktu kereta berhenti pada sebuah stasiun yang terdiri dari waktu kereta tiba hingga kereta kembali berangkat ke stasiun berikutnya. Berikut merupakan lama waktu pelayanan stasiun MRT Jakarta.

Tabel V.2 Waktu Pelayanan Stasiun MRT Jakarta

NO	KEGIATAN	STASIUN OPERASI (DETIK)	STASIUN NON OPERASI (DETIK)
1	Kereta Tiba	-	-
2	Konfirmasi Tiba Kereta	2	2
3	Membuka Pintu Sarana dan <i>Platform Screen Door</i> (PSD)	3	3
4	Naik Turun Penumpang	35	20
5	Menutup pintu	3	3
6	Menekan tombol start dan mendapat konfirmasi	5	5
7	kereta berangkat		
	Total	48	33

Sumber: Hasil Analisis Tim PKL Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta, 2021

5.1.5. Kecepatan Rata-rata Tertimbang Kereta Api

Kecepatan rata-rata kereta api merupakan jarak perjalanan rata-rata kereta api yang ditempuh tiap satuan waktu. Berikut merupakan data realisasi kecepatan rata-rata KA MRT Jakarta tiap petak jalan.

Tabel V.3 Kecepatan Rata-Rata KA MRT Jakarta Per Petak Jalan

STASIUN	KEC. RATA2 (km/h)		JARAK (m)	
Depo Lebak Bulus	18.8			
Lebak Bulus <i>Turnback</i>				
Lebak Bulus	52.96	19.42	2.013	
Farmawati		41.73		1.815
Cipete Raya	45.86	41.92	1.299	1.216
Haji Nawii				
Blok A	45.62		1.269	
Blok M				
Asean	47.90	31.75	1.530	635
Senayan				
Istora	44.91	36.23	1.310	805
Bendungan Hilir				
Setiabudi	39.39	35.31	930	765
Dukuh Atas				
Bundaran HI		28.53		1.054
TOTAL		41.01		14.641

Sumber: Hasil Analisis Tim PKL Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta, 2021

5.1.6. Waktu Perjalanan

Waktu tempuh atau waktu perjalanan kereta api merupakan waktu yang diperlukan kereta api dari stasiun asal untuk sampai ke stasiun tujuan. Berikut merupakan data realisasi waktu tempuh KA MRT Jakarta tiap petak jalan:

Tabel V.4 Waktu Tempuh KA MRT Jakarta Tiap Petak Jalan

STASIUN	WAKTU PERJALANAN (menit)		JARAK (meter)	
	Depo Lebak Bulus	15,43	0,95	2.013
Lebak Bulus <i>Turnback</i>				
Lebak Bulus	2,25	2,6	1.299	1.815
Farmawati				
Cipete Raya	1,73	1,8	1.269	1.216
Haji Nawi				
Blok A	1,68	1,06	1.530	635
Blok M				
Asean	1,91	1,33	1.310	805
Senayan				
Istora	1,75	1,3	930	765
Bendungan Hilir				
Setiabudi	1,41	2,21		1.054
Dukuh Atas				
Bundaran HI	26,18	11,36		
TOTAL				
	37,55			
			14.641	

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Berdasarkan hasil survei waktu tempuh atau waktu perjalanan, dapat disimpulkan bahwa kereta api MRT Jakarta beroperasi mulai keluar dari depo ke *turnback* Lebak Bulus hingga ke Stasiun Bundaran HI memerlukan waktu tempuh selama 37 menit 33 detik dalam satu kali perjalanan.

5.1.7. Perhitungan Waktu Akselerasi dan Deselerasi

Pada saat kereta api MRT Jakarta berjalan mulai dari kecepatan 0 km/jam, maka dibutuhkan selang waktu untuk mencapai kecepatan maksimum di tiap petak jalan. Sehingga headway ditambah dengan selang waktu untuk akselerasi dan deselerasi.

5.1.8. Waktu Tunggu Naik Turun Penumpang (*Dwell Time*)

Dalam pengoperasian kereta api yang menjadi pertimbangan utama dalam pembuatan jadwal kereta api yaitu waktu tunggu naik turun penumpang di stasiun terkait.

Tabel V.5 Waktu Tunggu Naik Turun Penumpang

NO	KEGIATAN	STASIUN OPERASI(DETIK)	STASIUN NON OPERASI (DETIK)
1	Kereta Tiba	-	-
2	Konfirmasi Tiba Kereta	2	2
3	Membuka Pintu Sarana dan <i>Platform Screen Door</i> (PSD)	3	3
4	Naik Turun Penumpang	35	20
5	Menutup pintu	3	3
6	Menekan tombol start dan mendapat konfirmasi	5	5
7	kereta berangkat		
	Total	48	33

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Maka headway ditentukan oleh waktu tunggu naik turun penumpang yang berbeda di tiap stasiun Operasi dan Non Operasi.

5.1.9. Perhitungan Kemampuan Operasi

Sistem Moving Block memungkinkan pergerakan blok kereta api MRT Jakarta secara fleksibel, berubah-ubah, dan bergerak sesuai dengan parameter posisi kereta api MRT Jakarta pada balise. Untuk menghitung headway suatu lintas dengan hubungan blok Moving Block ditentukan dari safety buffer, ATP Pattern atau Limit Of Movement Authority (LOMA), Safety Margin, serta desain dari lintas dan turnback. Untuk mengolah data primer yang telah diperoleh, maka dilakukan perhitungan menggunakan rumus *Moving Block*. Berikut ini perhitungan headway antar kereta di tiap petak jalan dengan menggunakan perhitungan realisasi kecepatan rata-rata kereta api MRT Jakarta:

a. Stasiun Lebak Bulus – Stasiun Fatmawati

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 2.013 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 52,96 km/jam = 14,71 m/s
- (3) V_{maks} ATO = 84 km/jam = 23 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 134 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 17 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 26 detik
- (7) Dwell Time stasiun Fatmawati = 33 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 27 m + 27 m = 63 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 63 m + 36 m = 99 meter
- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 99 m + 121 m + 2 m + 134 m = 356 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{Headway\ Jarak}{V_{max\ ATO}}$) = $\frac{356}{23}$ = 15,48 detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 15,48 + 17 + 26 + 33 = 91,48 detik
= 1,55 menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{Jarak\ Total}{Headway\ Jarak}$) = $\frac{2013}{356}$ = 5,65 atau 6 rangkaian

b. Stasiun Fatmawati – Stasiun Cipete Raya

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 1.815 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 41,73 km/jam = 11,6 m/s
- (3) V_{maks} ATO = 71 km/jam = 20 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 83,3 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 17 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 18 detik
- (7) Dwell Time stasiun Cipete Raya = 33 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 21 m + 21 m = 51 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 51 m + 30 m = 81 meter

- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 81 m + 121 m + 2 m + 83,3 m = 287,3 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{Headway\ Jarak}{V_{max\ ATO}}$) = $\frac{287,3}{20}$ = 14,37 detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 14,37 + 17 + 18 + 33 = 82,37 detik = 1,37 menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{Jarak\ Total}{Headway\ Jarak}$) = $\frac{1815}{287,3}$ = 6,31 atau 6 rangkaian

c. Stasiun Cipete Raya – Stasiun Haji Nawi

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 1.299 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 45,86 km/jam = 12,74 m/s
- (3) Vmaks ATO = 88 km/jam = 24 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 107 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 18 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 20 detik
- (7) Dwell Time stasiun Haji Nawi = 33 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 23 m + 23 m = 55 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 55 m + 32 m = 87 meter
- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 87 m + 121 m + 2 m + 107 m = 317 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{Headway\ Jarak}{V_{max\ ATO}}$) = $\frac{317}{24}$ = 13,21 detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 13,21 + 18 + 20 + 33 = 84,21 detik = 1,40 menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{Jarak\ Total}{Headway\ Jarak}$) = $\frac{1.299}{317}$ = 4,1 atau 4 rangkaian

d. Stasiun Haji Nawi – Stasiun Blok A

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 1216 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 41,92 km/jam = 11,64 m/s
- (3) Vmaks ATO = 81 km/jam = 22 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 84 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 18 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 19 detik
- (7) Dwell Time stasiun Blok A = 33 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 21 m + 21 m = 51 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 51 m + 30 m = 81 meter
- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 81 m + 121 m + 2 m + 84 m = 288 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{\text{Headway Jarak}}{v_{\max \text{ ATO}}}$) = $\frac{288}{22}$ = 13,1 detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 13,1 + 18 + 19 + 33 = 83,1 detik = 1,39 menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{\text{Jarak Total}}{\text{Headway Jarak}}$) = $\frac{1216}{288}$ = 4,22 atau 4 rangkaian

e. Stasiun Blok A – Stasiun Blok M

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 1.269 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 45,62 km/jam = 12,67 m/s
- (3) Vmaks ATO = 95 km/jam = 26 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 100 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 18 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 21 detik
- (7) Dwell Time stasiun Blok M = 48 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 23 m + 23 m = 55 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 55 m + 32 m = 87 meter

- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 87 m + 121 m + 2 m + 100 m = 310 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{Headway\ Jarak}{V_{max\ ATO}}$) = $\frac{310}{26} = 11,92$ detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 11,92 + 18 + 21 + 48 = 98,92 detik = 1,65menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{Jarak\ Total}{Headway\ Jarak}$) = $\frac{1269}{310} = 4,1$ atau 4 rangkaian

f. Stasiun Blok M – Stasiun ASEAN

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 635 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 31,75 km/jam = 8,82 m/s
- (3) Vmaks ATO = 65 km/jam = 18 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 48 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 13 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 14 detik
- (7) Dwell Time stasiun ASEAN = 33 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 16 m + 16 m = 41 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 41 m + 25 m = 66 meter
- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 66 m + 121 m + 2 m + 48 m = 237 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{Headway\ Jarak}{V_{max\ ATO}}$) = $\frac{237}{18} = 13,2$ detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 13,2 + 13 + 14 + 33 = 73,2 detik = 1,22menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{Jarak\ Total}{Headway\ Jarak}$) = $\frac{635}{237} = 2,7$ atau 3 rangkaian

g. Stasiun ASEAN – Stasiun Senayan

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 1.530 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 47,90 km/jam = 13,31 m/s
- (3) Vmaks ATO = 88 km/jam = 24 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 110 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 18 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 22 detik
- (7) Dwell Time stasiun Senayan = 33 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 24 m + 24 m = 57 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 57 m + 33 m = 90 meter
- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 90 m + 121 m + 2 m + 110 m = 323 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{\text{Headway Jarak}}{V_{\text{max ATO}}}$) = $\frac{323}{24}$ = 13,46 detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 13,46 + 18 + 22 + 33 = 86,46 detik = 1,44 menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{\text{Jarak Total}}{\text{Headway Jarak}}$) = $\frac{1530}{323}$ = 4,74 atau 5 rangkaian

h. Stasiun Senayan – Stasiun Istora

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 805 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 36,23 km/jam = 10,06 m/s
- (3) Vmaks ATO = 75 km/jam = 21 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 63 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 15 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 17 detik
- (7) Dwell Time stasiun Fatmawati = 33 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 18 m + 18 m = 45 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 45 m + 27 m = 72 meter

- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 72 m + 121 m + 2 m + 63 m = 258 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{Headway\ Jarak}{V_{max\ ATO}}$) = $\frac{258}{21}$ = 12,29 detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 12,29 + 15 + 17 + 33 = 77,29 detik = 1,29 menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{Jarak\ Total}{Headway\ Jarak}$) = $\frac{805}{258}$ = 3,1 atau 3 rangkaian

i. Stasiun Istora – Stasiun Bendungan Hilir

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 1.310 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 44,91 km/jam = 12,48 m/s
- (3) Vmaks ATO = 83 km/jam = 23 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 97 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 19 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 22 detik
- (7) Dwell Time stasiun Bendungan Hilir = 33 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 23 m + 23 m = 55 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 55 m + 32 m = 87 meter
- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 87 m + 121 m + 2 m + 97 m = 307 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{Headway\ Jarak}{V_{max\ ATO}}$) = $\frac{307}{23}$ = 13,35 detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 13,35 + 19 + 22 + 33 = 87,35 detik = 1,46 menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{Jarak\ Total}{Headway\ Jarak}$) = $\frac{1310}{307}$ = 4,26 atau 4 rangkaian

j. Stasiun Bendungan Hilir – Stasiun Setiabudi

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 765 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 35,31 km/jam = 9,81 m/s
- (3) Vmaks ATO = 79 km/jam = 22 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 60 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 16 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 18 detik
- (7) Dwell Time stasiun Setiabudi = 33 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 18 m + 18 m = 45 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 45 m + 27 m = 72 meter
- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 72 m + 121 m + 2 m + 60 m = 255 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{\text{Headway Jarak}}{V_{\max \text{ ATO}}} = \frac{255}{22} = 11,59$ detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 11,59 + 16 + 18 + 33 = 78,59 detik
= 1,31 menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{\text{Jarak Total}}{\text{Headway Jarak}} = \frac{765}{255} = 3$ rangkaian

k. Stasiun Setiabudi – Stasiun Dukuh Atas

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 930 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 39,39 km/jam = 10,94 m/s
- (3) Vmaks ATO = 79 km/jam = 22 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 74 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 18 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 20 detik
- (7) Dwell Time stasiun Dukuh Atas = 33 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 20 m + 20 m = 49 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 49 m + 29 m = 78 meter

- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 78 m + 121 m + 2 m + 74 m = 275 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{Headway\ Jarak}{V_{max\ ATO}}$) = $\frac{275}{22}$ = 12,5 detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 12,5 + 18 + 20 + 33 = 83,5 detik = 1,39 menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{Jarak\ Total}{Headway\ Jarak}$) = $\frac{930}{275}$ = 3,38 atau 3 rangkaian

I. Stasiun Dukuh Atas – Stasiun Bundaran HI

Dihitung menggunakan variabel sebagai berikut:

- (1) Jarak antar stasiun = 1054 meter
- (2) Kecepatan rata-rata = 28,53 km/jam = 7,93 m/s
- (3) Vmaks ATO = 76 km/jam = 21 m/s
- (4) Jarak Pengereman = 39 meter
- (5) Waktu Akselerasi = 16 detik
- (6) Waktu Deselerasi = 18 detik
- (7) Dwell Time stasiun Bundaran HI = 48 detik
- (8) Safety Buffer (Fixed Error + Travelling Error + Time Difference Error + Special Error) = 2 m + 7 m + 15 m + 15 m = 39 meter
Safety buffer KA depan dan belakang = 39 m + 24 m = 63 meter
- (9) Panjang Satu Rangkaian Kereta = 121 meter
- (10) Safety Margin = 2 meter
- (11) Headway Jarak (safety buffer + Panjang Kereta + Safety Margin + Jarak Pengereman) = 63 m + 121 m + 2 m + 39 m = 225 meter
- (12) Headway Minimum ($\frac{Headway\ Jarak}{V_{max\ ATO}}$) = $\frac{225}{21}$ = 10,71 detik
- (13) Headway Total (Headway Minimum + Waktu Akselerasi + Waktu Deselerasi + Dwell Time) = 10,71 + 16 + 18 + 48 = 92,71 detik = 1,55 menit
- (14) Kapasitas Petak Jalan ($\frac{Jarak\ Total}{Headway\ Jarak}$) = $\frac{1054}{225}$ = 4,7 atau 5 rangkaian

5.2. Analisis Kemampuan Kapasitas Lintas MRT Jakarta

Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas lintas adalah:

1. Kecepatan, dimana semakin tinggi kecepatan kereta api maka kapasitas lintas akan semakin mengecil. Dikarenakan dalam sistem CBTC Moving block, kecepatan kereta api MRT sangat berpengaruh terhadap jarak pengereman kereta. Semakin tinggi kecepatan maka jarak antar kereta juga akan lebih menjauh sesuai jarak pengereman kereta
2. 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
3. Jarak stasiun (petak jalan), dimana semakin dekat jarak stasiun maka kapasitas lintas akan besar. Sebaliknya semakin jauh jarak stasiun maka kapasitas lintas akan kecil.
4. Headway minimum, dimana semakin besar headway maka semakin rendah kapasitas lintasnya.

Berikut ini adalah perhitungan kapasitas lintas Lebak Bulus – Bundaran HI.

Kapasitas Lintas dengan Headway Total 1,65 menit

- a. Kapasitas Lintas Jam Operasi Dalam Satu Hari (05.00 – 23.00) Kapasitas lintas jam operasi = 60 menit × 18 jam = 1080 menit

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Lintas} &= \frac{1080}{\text{Headway}} \times 0,9 \\ &= \frac{1080}{1,65} \times 0,9 = 589 \text{ KA MRT Jakarta} \end{aligned}$$

- b. Kapasitas Lintas Pada 2 Jam Sibuk (120 menit)

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Lintas} &= \frac{120}{\text{Headway}} \times 0,9 \\ &= \frac{120}{1,65} \times 0,9 = 65 \text{ KA MRT Jakarta} \end{aligned}$$

KETERANGAN:

- 1) 1164 perjalanan kereta api adalah selama 18 jam (18 jam × 60 menit)
- 2) 120 perjalanan kereta api selama adalah 2 jam sibuk (2 × 60 menit)
- 3) 0,9 adalah untuk jalur ganda (kapasitas 100% dikurangi 10%) dengan rincian 10 % merupakan waktu hilang yang disebabkan karena cadangan mengejar kelambatan jika adanya gangguan atau failure dan sulit meminimalkan waktu tunggu naik turun penumpang di stasiun dan waktu turnback di stasiun Lebak Bulus.

5.3. Analisis Pengaruh Faktor penyebab kelambatan terhadap Realisasi Perjalanan MRT Jakarta

5.3.1 Realisasi Perjalanan Berdasarkan Laporan Kinerja Operasi



Gambar V.1 Diagram Realisasi Capaian Ketepatan Perjalanan

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Keterangan :

- Arriving time* adalah ketepatan waktu kedatangan MRT Jakarta antar stasiun.
- Dwelling time* adalah waktu tunggu penumpang atau ketepatan waktu berhenti MRT Jakarta di stasiun.
- Travelling time* adalah ketepatan waktu tempuh MRT Jakarta per lintas.

Berdasarkan diagram diatas dari bulan Maret 2020 sampai Maret 2021 ketepatan waktu MRT Jakarta mencapai 99,91% dengan total perjalanan mencapai 57.673 perjalanan kereta meskipun terdapat penurunan jumlah penumpang akibat pandemi COVID-19. Ketepatan waktu MRT Jakarta terdiri dari 3 aspek, yaitu ketepatan waktu kedatangan kereta antarstasiun sebesar 99,89%, waktu tunggu penumpang atau ketepatan waktu berhenti di stasiun sebesar 99,92%, dan ketepatan waktu tempuh sebesar 99,92%. MRT Jakarta terus berkomitmen untuk memberikan layanan berstandar internasional, yaitu aman, nyaman, dan andal.

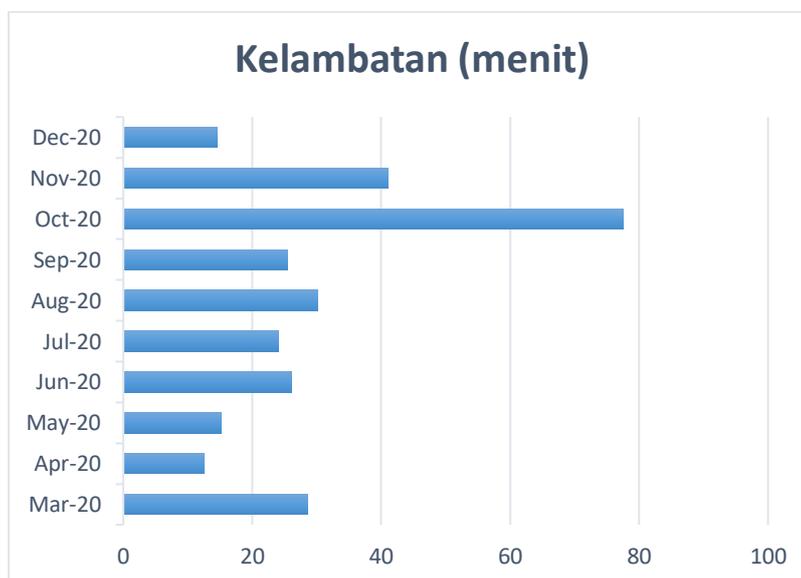
5.3.2 Kelambatan MRT Jakarta

Kinerja operasi MRT Jakarta masih terlaksana dengan sangat baik walaupun masih terdapat kelambatan dalam pengaturan dan pengoperasian kereta api. Berikut ini adalah jumlah kelambatan MRT Jakarta bulan Maret sampai Desember tahun 2020.

Tabel III. 1 Jumlah Kelambatan MRT Jakarta Tiap Bulan

No	Bulan	Tahun	Kelambatan (menit)
1	Maret	2020	28,56
2	April	2020	12,46
3	Mei	2020	15,19
4	Juni	2020	26,07
5	Juli	2020	24,09
6	Agustus	2020	30,18
7	September	2020	25,51
8	Oktober	2020	77,51
9	November	2020	41,04
10	Desember	2020	14,58

Sumber: *Department Train Operation MRT Jakarta, 2021*



Gambar V. 2 Grafik Jumlah Kelambatan MRT Jakarta

Sumber: *Department Train Operation MRT Jakarta, 2021*

Dari data kelambatan di atas bulan Maret sampai Desember tahun 2020 MRT Jakarta mengalami kelambatan tertinggi yaitu pada bulan Oktober 2020 dengan total kelambatan 77,52 menit, hal ini dikarenakan adanya gangguan sinyal MRT Jakarta. Total kelambatan yang terkecil yaitu pada

bulan April dengan total kelambatan 12,46 menit yang merupakan akumulasi dari keseluruhan perjalanan kereta api MRT Jakarta dalam satu bulan April. Apabila terjadi kelambatan *Traffic dispatcher* menginstruksikan *train driver* untuk mempercepat *dwell time* stasiun yang sekiranya sepi penumpang dan Apabila terjadi *failure*, *Rollingstock dispatcher* mengirimkan laporan yang didapat dari *traffic dispatcher* ke *train driver* dengan instruksi sesuai prosedur yang ada, apabila masih belum usai, *rollingstock dispatcher* mengkomunikasikan ke bagian *maintenance*/ pemeliharaan untuk segera di-*follow up*.

5.3.3 Penyebab Kelembatan MRT Jakarta

Tabel V. 6 Faktor Penyebab Kelambatan

Bulan	Penyebab Kelambatan						Jumlah Realisasi Perjalanan
	External (X1)	PSD (X2)	SINTEL (X3)	KERETA (X4)	HUMAN EROR (X5)	OCC (X6)	
Maret	1	29	0	4	4	0	7.063
April	0	7	0	2	3	0	2.016
Mei	1	2	5	3	3	0	6.895
Juni	0	25	3	13	5	0	5.274
Juli	0	12	6	9	0	0	5.801
Agustus	0	21	5	3	4	0	5.925
September	0	20	3	1	3	0	6.090
Oktober	1	19	7	0	0	0	6.037
November	0	27	3	6	3	2	6.642
Desember	1	8	2	1	2	0	5.930

Sumber: Hasil Analisi, 2021

1. Eksternal

Penyebab kelambatan yang diakibatkan oleh diluar operasional kereta api MRT Jakarta seperti adanya benda asing di lintas yang mengganggu operasional kereta dan faktor alam.

2. Platform Screen Door (PSD)

Penyebab kelambatan yang paling banyak diakibatkan oleh PSD mengalami failure. Namun hal ini masih dalam investigasi oleh pihak terkait dari MRT Jakarta mengenai penyebab dan solusinya.

3. Sistem Persinyalan

Sistem persinyalan menyebabkan kelambatan karena kebanyakan metode pengoperasian kereta api MRT dengan sistem otomatis, gangguan ini yang sangat berhubungan dengan sistem *moving block*, oleh karena itu sinyal sangat berperan dalam sistem tersebut, misal apabila ada terjadi gangguan seperti posisi kereta yang tidak terdeteksi atau yang lainnya, maka kereta tersebut harus berhenti dan terjadi kelambatan perjalanan,

4. Kereta

Penyebab yang disebabkan adanya gangguan teknis pada sarana kereta api MRT Jakarta seperti gangguan Train Information System (TIS).

5. Human Error

Human Error atau kesalahan manusia adalah penyebab kelambatan yang terjadi karena kesalahan masinis dalam mengoperasikan kereta api MRT Jakarta, seperti menekan tombol start, kesalahan komunikasi antara petugas keamanan, stasiun, maupun pihak OCC saat ada gangguan.

6. Operation Control Center (OCC)

Penyebab kelambatan yang diakibatkan oleh kesalahan Dispatcher di ruang OCC.

5.3.4 Regresi linear pengaruh faktor kelambatan terhadap realisasi perjalanan MRT Jakarta.

1. Hasil pengolahan data dengan bantuan SPSS, terbentuk persamaan model regresi yang dapat dilihat dari output tabel berikut:

Tabel V. 7 Tabel Koefien perhitungan dengan SPSS

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2106.187	1929.212		1.092	.355
	Eksternal (X1)	1838.779	1083.582	.667	1.697	.188
	PSD (X2)	54.224	61.771	.352	.878	.445
	SINTEL (X3)	331.794	255.863	.551	1.297	.285
	KERETA (X4)	27.305	141.644	.078	.193	.859
	HUMAN EROR (X5)	237.400	405.281	.273	.586	.599
	OCC (X6)	600.179	847.159	.266	.708	.530

a. Dependent Variable: Data Perjalanan Maret-Desember 2020

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Dari hasil tersebut apabila ditulis dalam bentuk *unstandardized*, maka persamaan regresinya adalah sebagai berikut:

$$Y = 2.106,187 + 1.1838,779X_1 + 54,224X_2 + 331,794X_3 + 27,305X_4 + 237,400X_5 + 600,179X_6$$

Dimana Data Realisasi Perjalanan (Y) merupakan fungsi dari:

2.106,187 = Konstansta

X1 = Faktor Eksternal

X2 = Faktor PSD

X3 = Faktor SINTEL

X4 = Faktor gangguan kereta

X5 = Faktor *Human Error*

X6 = Faktor OCC

2. Dasar Pengambilan Keputusan

c. Uji t

- 1) Bila nilai signifikansi < 0.05, atau t hitung > t tabel maka terdapat pengaruh variabel X terhadap variabel Y
- 2) 2. Bila nilai signifikansi > 0.05, atau t hitung < t tabel maka tidak terdapat pengaruh variabel X terhadap variabel Y

$$t \text{ tabel} = t(\alpha/2 ; n-k-1) = t(0,025 ; 3) = 3,182$$

d. Uji F

- 1) Jika nilai signifikansi $< 0,05$ atau $F \text{ hitung} > F \text{ tabel}$ maka terdapat pengaruh variabel X secara simultan terhadap variabel Y.
- 2) Jika nilai signifikansi $> 0,05$ atau $F \text{ hitung} < F \text{ tabel}$ maka tidak terdapat pengaruh variabel X secara simultan terhadap variabel Y.

$$F \text{ tabel} = F(k ; n-k) = (6 ; 4) = 6,16$$

3. Pengujian Hipotesis H1, H2, H3, H4, H5 dan H6 dengan Uji t

a. Pengujian Hipotesis Pertama (H1)

Diketahui nilai signifikansi untuk pengaruh X1 terhadap Y adalah sebesar $0,355 > 0,05$ dan nilai t hitung $1,697 < \text{nilai t tabel } 3,182$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H1 ditolak yang berarti tidak terdapat pengaruh X1 terhadap Y.

b. Pengujian Hipotesis Kedua (H2)

Diketahui nilai signifikansi untuk pengaruh X2 terhadap Y adalah sebesar $0,445 > 0,05$ dan nilai t hitung $0,878 < \text{nilai t tabel } 3,182$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H2 ditolak yang berarti tidak terdapat pengaruh X2 terhadap Y.

c. Pengujian Hipotesis Ketiga (H3)

Diketahui nilai signifikansi untuk pengaruh X3 terhadap Y adalah sebesar $0,285 > 0,05$ dan nilai t hitung $1,297 < \text{nilai t tabel } 3,182$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H3 ditolak yang berarti tidak terdapat pengaruh X3 terhadap Y.

d. Pengujian Hipotesis Keempat (H4)

Diketahui nilai signifikansi untuk pengaruh X4 terhadap Y adalah sebesar $0,859 > 0,05$ dan nilai t hitung $0,193 < \text{nilai t tabel } 3,182$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H4 ditolak yang berarti tidak terdapat pengaruh X4 terhadap Y.

e. Pengujian Hipotesis kelima (H5)

Diketahui nilai signifikansi untuk pengaruh X5 terhadap Y adalah sebesar $0,599 > 0,05$ dan nilai t hitung $0,586 < \text{nilai t tabel } 3,182$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H5 ditolak yang berarti tidak terdapat pengaruh X5 terhadap Y.

f. Pengujian Hipotesis keenam (H6)

Diketahui nilai signifikansi untuk pengaruh X6 terhadap Y adalah sebesar $0,708 > 0,05$ dan nilai t hitung $0,708 < \text{nilai t tabel } 3,182$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H6 ditolak yang berarti tidak terdapat pengaruh X6 terhadap Y.

Tabel V. 8 Tabel Anova menggunakan SPSS

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	12071352.353	6	2011892.059	.975	.555 ^b
	Residual	6189239.747	3	2063079.916		
	Total	18260592.100	9			
a. Dependent Variable: Data Perjalanan Maret – Desember 2020						
b. Predictors: (Constant), OCC , SINTEL, KERETA , PSD , External , HUMAN EROR						

Sumber: Hasil Analisis, 2021

g. Uji Hipotesis ketujuh (H7)

Pengujian Hipotesis H7 dengan Uji F Berdasarkan output diatas nilai signifikansi untuk pengaruh X1, X2, X2, X4, X5 dan X6 secara simultan terhadap Y adalah sebesar $0,555 > 0,05$ dan nilai F hitung $0,975 < 6,16$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H7 ditolak yang berarti tidak terdapat pengaruh X1, , X2, X2, X4, X5 dan X6 secara simultan terhadap Y.

4. Perumusan Hipotesis

- a. H1 = Tidak terdapat pengaruh eksternal (X1) terhadap Perjalanan MRT Jakarta (Y)
- b. H2 = Tidak terdapat pengaruh PSD (X2) terhadap Perjalanan MRT Jakarta (Y)
- c. H3 = Tidak terdapat pengaruh SINTEL (X3) terhadap Perjalanan MRT Jakarta (Y)
- d. H4 = Tidak terdapat pengaruh KERETA (X4) terhadap Perjalanan MRT Jakarta (Y)
- e. H5= Tidak terdapat pengaruh HUMAN EROR (X5) terhadap Perjalanan MRT Jakarta (Y)

- f. H_6 = Tidak terdapat pengaruh OCC (X6) terhadap Perjalanan MRT Jakarta (Y)

Tingkat Kepercayaan 95% $\alpha = 0,05$

5.4. Pemecahan Masalah

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, maka akan diberikan usulan pemecahan masalah sebagai berikut :

5.5.1 Pemecahan masalah terhadap kemampuan operasi MRT Jakarta

Dari perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa headway total tertinggi pada petak jalan Stasiun Blok A dan Stasiun Blok M, karena kecepatan setelah akselerasi merupakan yang tertinggi di antara petak jalan yang lain yaitu dengan headway 1,65 menit. Headway tersebut merupakan waktu minimum dimana terdapat 2 kereta yang berdekatan dengan jarak tertentu, waktu akselerasi hingga kecepatan maksimal tertentu dan waktu deselerasi untuk melakukan pengereman, serta waktu tunggu naik turun penumpang di stasiun. Semakin kecil headway, maka semakin banyak pula kereta yang dioperasikan. Namun di lapangan perhitungan headway tidak dijadikan acuan minimal untuk headway antar kereta. Selain headway minimum dan headway total, dalam perhitungan kapasitas lintas juga diperlukan perhitungan waktu tunggu naik turun penumpang di stasiun, serta kemampuan *Station Computer* (SC) dan listrik aliran atas. Frekuensi perjalanan kereta api MRT Jakarta saat ini adalah headway 5 menit pada jam sibuk dan headway 10 menit diluar jam sibuk. Berdasarkan perhitungan headway minimum pada MRT Jakarta masih dapat diperkecil hingga 3 menit .

5.5.2 Perhitungan Kapasitas Lintas

1. Berdasarkan kapasitas lintas atau kereta yang dapat dioperasikan untuk satu hari pada lintas Lebak Bulus – Bundaran HI berjumlah 589 kereta atau perjalanan kereta api. Kapasitas lintas tersebut berlaku untuk satu arah perjalanan. Terdapat 2 jalur (*double track*) pada lintas operasi kereta api MRT Jakarta sehingga untuk keseluruhan operasi MRT Jakarta dapat mengoperasikan 1178 perjalanan kereta api.
2. Berdasarkan perhitungan yang dapat dioperasikan pada 2 jam sibuk di lintas Lebak Bulus – Bundaran HI berjumlah 65 perjalanan kereta api. Kapasitas lintas tersebut berlaku untuk satu arah perjalanan. Terdapat 2 jalur (*double track*) pada lintas operasi kereta api MRT Jakarta, sehingga

untuk keseluruhan operasi MRT Jakarta pada 2 jam sibuk dapat mengoperasikan 130 perjalanan kereta api.

Berdasarkan perhitungan headway minimum pada MRT Jakarta terdapat banyak headway sisa yang dapat digunakan untuk penambahan perjalanan kereta api MRT Jakarta yang beroperasi di masa pandemi saat ini.

5.5.3 Berdasarkan analisis faktor penyebab kelambatan terhadap realisasi perjalanan MRT Jakarta

Berdasarkan data dari bulan Maret 2020 sampai Desember tahun 2020.

1. Dari laporan kinerja operasi didapatkan hasil ketepatan waktu MRT Jakarta mencapai 99,91% dengan total 57.631 perjalanan.
2. Hasil perhitungan regresi dari klasifikasi keseluruhan faktor penyebab kelambatan(X) tersebut tidak menyebabkan kelambatan yang mempengaruhi realisasi ketepatan waktu operasi(Y) MRT Jakarta karena sistem *moving block* yang sangat *failsafe* sehingga jika terjadi kerusakan tidak menimbulkan bahaya dan gangguan terjadi dapat ditangani dengan cepat hal tersebut yang membuat rata-rata kelambatan pada MRT Jakarta masih termasuk waktu toleransi yaitu masih dibawah 2 menit. Berikut Penyebab kelambatan MRT Jakarta dikarenakan adanya gangguan pada sistem *moving block* :
 - a. Rute tidak terbentuk, maka Tindakan yang harus dilakukan adalah merubah mode ke ATP normal dan beragkat dengan rute manual.
 - b. *Station Computer (SC) failure* yaitu gangguan saat kereta beroperasi dalam mode ATO, maka Tindakan yang harus dilakukan adalah pengoperasikan MRT Jakarta dengan mode *restricted mode (RM)* yaitu pengendalian oleh masinis dengan maksimal kecepatan 25 km/jam dan harus dipantau oleh *traffic dispatcher*.
 - c. Indikasi *Loss Communication* ke CBTC sehingga DMI mengindikasi VOBC berwarna kuning yang menyebabkan kereta tidak diperbolehkan untuk berjalan, mitigasi yang di lakukan oleh masinis melaksanakan prosedur *Start up* ulang kereta atau mematikan kereta dan kembali menghidupkan kereta tersebut agar dapat berjalan dengan normal kembali.

- d. Slide di petak jalan yaitu kereta berhenti tepat di P0 namun indikasi di PRC kereta masih belum di posisi yang seharusnya, maka tindakan yang harus dilakukan adalah OCC memberikan intruksi untuk mengubah mode ATP ke normal, bergerak sedikit mundur tapi tetap berada di area P0 dan setelah itu mengubah Kembali ke mode ATO.
- e. Terjadi *Emergency Break* (EB) yang disebabkan *Limit of Movement Authority* (LOMA) *verification error* adalah kejadian ketika kereta tiba-tiba melakukan pengereman karena ada gangguan LOMA, maka Tindakan yang harus dilakukan menunggu intruksi dari OCC, kemudian *release* EB dan memberikan *ATO departure command*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Dalam perhitungan waktu perjalanan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa *headway* minimum pada MRT Jakarta masih dapat diperkecil hingga 3 menit, semakin kecil *headway*, maka semakin banyak pula kereta yang dioperasikan. Namun pada MRT Jakarta perhitungan *headway* tidak dijadikan acuan minimal untuk *headway* antar kereta.
2. Berdasarkan perhitungan kapasitas lintas masih terdapat banyak *headway* sisa yang dapat dioperasikan 1.178 perjalanan KA pada waktu operasional dan 130 perjalanan KA pada 2 jam sibuk.
3. Berdasarkan pemecahan masalah dari hasil analisis yang dilakukan didapatkan beberapa gangguan yang berhubungan dengan teknologi sistem *moving block* lebih tepatnya gangguan pada sistem *communication based train control*, *Station Computer* dan *Programmable Route Control* yang menyebabkan kelambatan pada MRT Jakarta.

6.2. Saran

1. Mengoptimalkan kemampuan *headway* operasi kereta api MRT Jakarta menjadi 3 menit.
2. Penambahan perjalanan kereta api MRT Jakarta.
3. Ketepatan waktu operasi MRT Jakarta sudah bagus, namun tetap perlu adanya optimalisasi dari sistem *communication based train control*, *Station Computer* dan *Programmable Route Control*, agar potensi MRT Jakarta mengalami kelambatan lebih terminimalisir.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. (2007). *Undang - Undang Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian*.
- _____, (2014). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 9 Tahun 2014 Tentang Tata Cara Penetapan Jaringan Pelayanan dan Lintas Pelayanan Perkeretaapian*.
- _____. (2018). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 44 Tahun 2018 Tentang Persyaratan Teknis Persinyalan Perkeretaapian*.
- Aris, dkk. 2020, *Pengaruh Fasilitas dan Kualitas Pelayanan Terhadap Keputusan Menggunakan Jasa Transportasi MRT atau Mass Rapid Transit*. Jurnal Mediastima.
- Fakhrur, M Razy. 2020, *Kajian Pola Operasi Saat Terjadi Track Failure Di Jalur MRT Lintas Lebak Bulus-Bundaran Hi*, Jurusan Manajemen Transportasi Perkeretaapian, Politeknik Transportasi Darat Indonesi-STTD, Bekasi.
- Document Divisi Prasarana MRT Jakarta, 2021*
- <https://jakartamrt.co.id/id/proyek/fase-1>
- Huei-Huang, Y. 2017, *Managing Complex Engineering Interfaces of Urban Mass Rapid Transit Projects*, American Society of Civil Engineers.
- Kutsunoya, A. (2019). *OM Manual For SIG Onboard CBTC*. Jakarta: JMCMC
- .
- Kutsunoya, A. (2019). *OM Manual For SIG Wayside CBTC*. Jakarta: MOC-JMCMC.

Parindu, Luthfi. 2019, *Penetapan Tarif Bersubsidi Penumpang Moda Raya Terpadu Jakarta Fase I*, Jurnal SEMNASTEK UISU

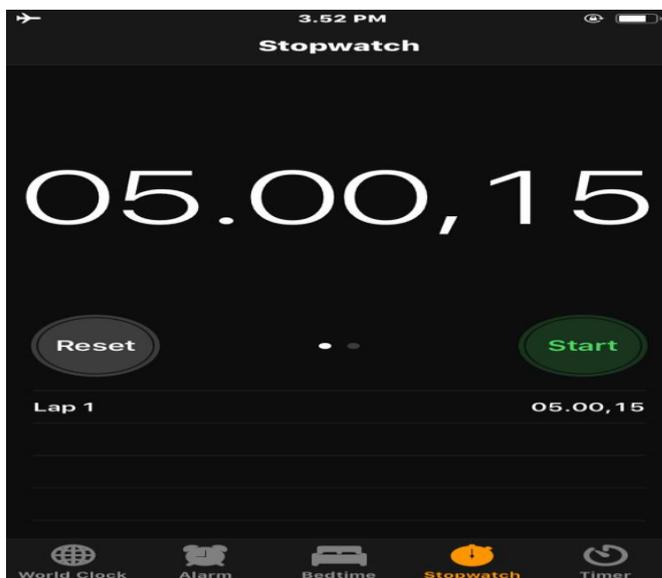
Supriadi, U. 2015, *Modul Operasi Kereta Api*, Sekolah Tinggi Transportasi Darat, Bekasi.

Supriadi, U. 2008, *Kapasitas Lintas dan Kapasitas Stasiun*, Bandung.

Qiongyan, Z. Xun, L. 2014. *Optimization of Train Headway in Moving Block Based on a Particle Swarm Optimization Algorithm*, Center of Shanghai Shen Tong Metro Group Shanghai, China.

Zein, dkk. 2019, *Pengolahan Dan Analisis Data Kuantitatif Menggunakan Aplikasi SPSS.* Jurnal Teknologi Pendidikan dan Pembelajaran.

	<p>POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD LAPORAN KERTAS KERJA WAJIB DIPLOMA III MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN TAHUN AKADEMIK 2021/2022</p>	<p>Lampiran I</p>	 <p>PTDI - STTD POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA</p>
---	--	--------------------------	---



Gambar 1 *Screenshot* Survei Waktu Tempuh KA Menggunakan *Stopwatch*



Gambar 2 Kegiatan wawancara dengan staff OCC

	<p>POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD LAPORAN KERTAS KERJA WAJIB DIPLOMA III MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN TAHUN AKADEMIK 2021/2022</p>	<p>Lampiran II</p>	 <p>PTDI - STTD POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA</p>
---	--	---------------------------	---



Gambar 3 Ruangannya OCC MRT Jakarta



Gambar 4 Laporan Operasi Bulanan MRT Jakarta