

Rencana Pola Operasi Jalur Ganda Pada Lintas Malang-Wlingi

Plan Of Double Lane Operation Pattern On The Malang-Wlingi

Aulia Akbar Maulana¹, Uned Supriadi², M. Popik Montanasyah³

Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD^{1,2,3}

Jl. Raya Ps. Setu No.89, Cibuntu, Kec. Cibitung, Kabupaten Bekasi,

Jawa Barat 17520, Indonesia

**E-mail: [1Aakbarmaulana112@gmail.com](mailto:Aakbarmaulana112@gmail.com)*

Riwayat Perjalanan naskah

Tanggal diterima : Juli 2024, Tanggal direvisi : Juli 2024, Tanggal disetujui : Juli 2024, Tanggal diterbitkan
online : Juli 2024

ABSTRACT

The Malang-Wlingi route is part of the double track development plan by RIPNAS in 2018. There are 38 trains that pass through and for local trains that only pass through the upgrading train, the volume of passengers increases every year and causes an increase in the number of train frequencies. fire and facility requirements. This route still uses a single track, where there are many delays caused by crossing times and crossing waiting times between trains. With increasing train frequency, the traffic will certainly become more dense, causing more crossings and traffic capacity will approach saturation, which means double tracks must be built to eliminate train crossings and increase traffic capacity. Based on these problems, it is necessary to conduct research on plans for double track operation patterns to support the construction of double track on the Malang-Wlingi route. To find out when the Malang-Wlingi route needs to be built on a double track, a passenger forecasting calculation is made to know the number of passengers and the frequency of train transportation so that all passengers will be transported. Calculation of passenger forecasting for the next 10 years using the least squares method shows that the number of passengers is 9,074,382 passengers with an average daily passenger of 24,861 passengers, which means that many frequencies are needed to transport all passengers, namely 33 frequencies with the need for 12 trainset facilities and arrangement calculations. The train operation pattern between single track and double track will result in a faster travel time of 6.05 minutes and the average speed will increase by 5.08 km/hour. And the resulting traffic capacity will increase 2-3 times and it will be necessary to create a new gapeka for the planned double track crossing Malang-Wlingi.

Keywords: *Passenger forecasting, operating patterns, traffic capacity, Gapeka.*

ABSTRAK

Lintas Malang-Wlingi merupakan masuk kedalam rencana pembangunan jalur ganda oleh RIPNAS tahun 2018. pada kereta api yang melintas sebanyak 38 kereta api dan untuk kereta api lokal yang melintas hanyalan kereta api penataran yang setiap tahunnya untuk jumlah penumpang volumenya meningkat dan menyebabkan meningkatnya jumlah frekuensi kereta api dan kebutuhan sarana. Lintas ini masih menggunakan jalur tunggal yang dimana banyak keterlambatan yang disebabkan oleh waktu persilangan dan waktu tunggu bersilang antar kereta api. Dengan meningkatnya frekuensi kereta api pastinya akan semakin padat lintasnya akan menyebabkan banyaknya persilangan dan kapasitas lintas akan mendekati jenuh, yang artinya harus di bangun jalur ganda untuk menghilangkan persilangan kereta api dan menambah kapasitas lintas. Dari permasalahan tersebut, maka diperlukan adanya penelitian pada rencana pola operasi jalur ganda untuk menunjang pembangunan jalur ganda dilintas Malang-Wlingi. Untuk mengetahui kebutuhan kapan lintas Malang-Wlingi harus di bangun jalur ganda, maka dibuat perhitungan peramalan penumpang agar mengetahui jumlah kisaran penumpang dan frekuensi angkut kereta supaya penumpang akan terangkut semua. Perhitungan peramalan penumpang untuk 10 tahun yang akan datang dengan menggunakan metode least square didapatkan jumlah

penumpang sebanyak 9.074.382 penumpang dengan rata-rata penumpang perhari 24.861 penumpang yang artinya membutuhkan banyaknya frekuensi untuk mengangkut keseluruhan penumpang yakni 33 frekuensi dengan kebutuhan sarana 12 trainset dan perhitungan penyusunan pola operasi kereta api antara jalur tunggal dengan jalur ganda untuk waktu tempuh lebih cepat 6,05 menit dan kecepatan rata-rata akan meningkat 5,08 km/jam. Dan kapasitas lintas yang dihasilkan akan meningkat 2-3 kali lipat dan dibutuhkan pembuatan gapeka baru untuk rencana jalur ganda lintas Malang-Wlingi.

Kata Kunci: Peramalan Penumpang, pola operasi, kapasitas lintas, Gapeka

I. PENDAHULUAN

Perkeretaapian merupakan transportasi yang terdiri dari adanya sarana, prasarana, dan sumber daya manusia yang mengerjakan pergerakan dari perkeretaapian. Transportasi perkeretaapian merupakan angkutan masal yang dapat banyak mengangkut orang atau pun mengangkut banyak barang yang hanya dalam sekali perjalanan, maka dari itu banyak masyarakat yang berminat menggunakan jasa angkutan kereta api.

Lintas Malang-Wlingi penumpang kereta api di dominasi pengguna angkutan kereta api lokal yaitu kereta api *Commuter Line* Penataran dilihat dari jumlah penumpangnya yang meningkat pada setiap tahunnya, maka dibutuhkan penambahan pola operasi frekuensi kereta api agar dapat mengangkut seluruh penumpang. Penambahan pola operasi frekuensi kereta api pada suatu lintas harus mempertimbangkan kapasitas lintasnya, jika dengan adanya penambahan frekuensi kereta api membuat kapasitas lintas menjadi jenuh dan harus dilaksanakan pembangunan jalur ganda untuk memperbesar kapasitas lintas saat ini.

Lintas Malang-Wlingi mengacu pada Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNAS) Tahun 2018 termasuk ke dalam rencana pembangunan jalur ganda untuk lintas Bangil-Malang-Blitar-Kertosono. Lintas Malang-Wlingi termasuk ke dalam Daerah Operasi (DAOP) 8 Surabaya dan terdapat 9 stasiun aktif.

Kondisi eksisting lintas Malang-Wlingi menggunakan jalur tunggal (*single track*), dalam jalur tunggal ini menyebabkan banyak terjadinya persilangan antara kereta api karena pola operasi frekuensi meningkat. Dalam suatu lintas jalur tunggal semakin tinggi persilangan antara kereta api maka semakin tinggi waktu perjalanan di lintas tersebut dan kecepatan rata-rata setiap kereta semakin rendah. Adapaun permasalahan lainnya untuk kereta api lokal penataran yang melintasi Malang-Wlingi dengan jumlah penumpang yang banyak sering kali terjadi keterlambatan karena untuk naik turun penumpang memakan waktu lama karena peron stasiun lintas Malang-Wlingi masih menggunakan peron rendah jadi untuk penumpang naik turun harus menggunakan bancik dan jika kereta api penataran ini terlambat pastinya akan mempengaruhi lalu lintas kereta api lainnya karena lintas Malang-Wlingi masih menggunakan jalur tunggal yang dimana saling bergantian menggunakan jalur di setiap petak bloknnya. Maka dari itu perlu adanya pembangunan jalur ganda (*double track*).

Pembangunan jalur ganda dapat meningkatkan kapasitas lintas menjadi dua kali lipat. Pada pembangunan jalur ganda juga dapat mengurangi adanya persilangan kereta api bahkan tidak ada sama sekali ataupun bergantian jalur kereta api antara hulu dan hilir di suatu lintas tersebut sehingga berpengaruh tidak adanya keterlambatan kereta api ataupun pada kecepatan rata-rata kereta api dan mempersingkat waktu perjalanan kereta api. Maka dari itu perlu dilakukan pembahasan tentang rencana pola operasi jalur ganda pada lintas Malang - Wlingi untuk mengetahui dampak dari penambahan jumlah frekuensi kereta api yang melintas pada lintas Malang – Wlingi.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di daerah kerja Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Surabaya dan Daerah Operasi (DAOP) 8 Surabaya dengan terpusat lintas studi Malang-Wlingi. Waktu penelitian dilaksanakan pada saat Praktik Kerja Lapangan dan Magang di kantor Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Surabaya yang terhitung dari tanggal 5 Februari 2024 samapi dengan 31 Mei 2024.

B. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data ialah pencarian data-data yang diperlukan untuk menunjang keberlangsungan penelitian. Pada penelitian ini data yang diperlukan dengan menggunakan dua

metode yang diantaranya metode pengumpulan data primer dan metode pengumpulan data sekunder.

1. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data-data yang diperoleh dari suatu instansi ataupun milik lembaga bukan diperoleh secara langsung dan data sekunder digunakan untuk mendukung data primer. Berikut data – data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- a. Jumlah penumpang Kereta Api Lokal penataran 5 Tahun terakhir,
- b. Daftar perjalanan kereta api lintas Malang – Wlingi,
- c. Kapasitas Lintas eksisting lintas Malang – Wlingi,
- d. Gapeka 2023,
- e. Daftar Waktu Perjalanan Kereta Api lintas Malang – Wlingi,
- f. Rencana Strategis Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Surabaya.

2. Data Primer

Data primer merupakan data – data yang diperoleh atau didapatkan dari pengamatan langsung dilapangan sehingga nantinya mendapatkan suatu gambaran kondisi eksisting atau kondisi pada saat ini di lintas kajian yaitu di lintas Malang-Wlingi. Berikut data – data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Waktu tempuh perjalanan lintas Malang – Wlingi yang terhitung dari mulai kereta api berjalan dari stasiun Malang sampai dengan stasiun Wlingi atau sebaliknya dengan menggunakan alat hitung waktu (*stopwatch*),
- b. Realisasi waktu persilangan di lapangan dengan menggunakan alat ukur waktu (*stopwatch*) yang dimulai dari kereta api berhenti untuk menunggu kereta api dari arah berlawanan datang sampai dengan kereta api mulai bergerak jalan setelah kereta api yang berlawanan melintas,
- c. Realisasi waktu naik turun penumpang di lapangan dengan menggunakan alat ukur waktu (*stopwatch*) yang dimulai dari kereta api berhenti sampai dengan kereta api mulai bergerak jalan.

C. Analisis Data

1. Analisis kebutuhan Angkutan (*forecasting*)

Memprediksi atau meramal untuk masa depan tentang meningkatnya penumpang kereta api khususnya KA lokal Penataran untuk keperluan mengangkut semua penumpang baik penambahan frekuensi ataupun tentang kebutuhan trainset agar dapat mengangkut seluruh penumpang. Untuk peramalan penumpang dimasa depan menggunakan metode least square maka jika sudah diketahui berapa penumpang di setiap tahunnya dapat dihitung kebutuhan frekuensi KA setiap harinya karena dalam jumlah kapasitas angkut KA penataran mampu mengangkut 763 penumpang dengan kapasitas tempat duduk 636 penumpang dan sisanya dapat berdiri. Adapun kebutuhan trainset untuk memenuhi penambahan frekuensi untuk perhitungannya terdapat waktu edar sarana dari stasiun awal ke stasiun terakhir lalu dapat Kembali lagi ke stasiun awal. Terdapatan perhitungan untuk mendapatkan waktu edar tersebut dengan adanya waktu tempuh perjalanan, waktu tunggu terminal, dan *headway*. Untuk rumus least square sebagai berikut:

$$y = a + b(x)$$

Jadi untuk menentukan harga konstanta a dan b dengan metode least square itu menggunakan metode persamaan sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum Y}{n}$$

$$b = \frac{\sum xy}{x^2}$$

Keterangan:

- n : Jumlah data
Y : Nilai variabel berdasarkan garis regresi
a : Konstanta

- b : Koefisien arah regresi linier
- x : variabel independent

2. Analisis Waktu tempuh dan kecepatan rata-rata

Perhitungan waktu tempuh didalamnya terdapat nilai dari kecepatan, jarak, percepatan, dan perlambatan dari sarana. Dalam perencanaan perjalanan kereta api waktu tempuh dapat dilihat dalam grafik perjalanan kereta api(Gapeka). Adapun waktu tempuh itu waktu durasi untuk perjalanan kereta dari stasiun awal sampai dengan stasiun tujuan akhir karena didalamnya terdapat waktu kereta berjalan, waktu kereta berhenti untuk naik turun penumpang distasiun, waktu penundaan karena teknis seperti tertahan sinyal. Pada jalur tunggal kelas kereta paling tinggi dengan penomoran kecil akan didahului perjalanannya waktu tempuhnya dalam satu petak jalan semakin cepat. menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T = \frac{60xS}{V}$$

Sumber: Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

- Waktu Tempuh (t) : Waktu tempuh, dalam satuan menit atau detik
- 60 : Konversi waktu untuk menghasilkan menit
- Jarak (s) : Jarak dalam satuan kilometer (Km)
- Kecepatan (v) : Kecepatan dalam satuan Km/jam

Perhitungan kecepatan rata-rata dihitung dari kecepatan persetiap petak jalan karena kecepatan dipengaruhi terhadap medan kondisi di lapangan. Jika menggunakan jalur tunggal akan lebih pelan kecepataannya ketimbang di jalur ganda kecepataannya akan semakin tinggi karena tidak ada persilangan dan tertahan sinyal maka dapat lebih tinggi kecepatan sarannya.

3. Analisis Headway dan kapasitas lintas Jalur tunggal maupun rencana jalur ganda

Headway didapatkan dari jarak atau selang waktu antar kereta api satu dengan kereta api di belakngnya dengan perhitungan satuan menit per keretaapi. Perhitungan headway antara jalur tunggal dengan jalur ganda berbeda karena dipengaruhi oleh sinyal blok mekanik dan elektrik.

Kapasitas lintas merupakan daya tampung frekuensi kereta api distiap petak jalan dengan periode perhitungan 24 jam atau 1 hari. Pada petak jalan jalur tunggal jika frekuensi kereta api sudah memenuhi kata jenuh maka segera dibangun jalur ganda karena dapat memperbesar kapasitas lintas menjadi 2 sampai 3 lipat dan kapasitas lintas dapat diambil pada petak jalan terjauh dalam setiap lintas. menggunakan rumus sebagai berikut:

a. Jalur tunggal

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

Sumber: Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

- K : Kapasitas Lintas (KA/hari)
- 1440 : Jumlah menit dalam satu hari
- H : Headway (Menit)
- 0,6 : Waktu yang digunakan untuk operasi KA hanya 60%, 20% untuk perawatan jalan dan 20% untuk cadangan waktu yang hilang karena menunggu persilangan

b. Jalur Ganda

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

Sumber: Uned Supriadi, 2008

Keterangan:

- K : Kapasitas Lintas (KA/hari)
- 1440 : Jumlah menit dalam satu hari
- H : *Headway* (Menit)
- 2 : Dua arah (antara Jalur hulu dan hilir)
- 0,7 : Waktu yang digunakan untuk operasi KA hanya 70%, 20% untuk perawatan jalan dan 10% untuk cadangan waktu yang hilang karena menunggu persilangan

4. Analisis perubahan waktu perjalanan Kereta Api

Perubahan perjalanan pada lintas dikarenakan dengan adanya penambahan frekuensi KA maka banyak terjadi persilangan antar kereta api. Jika pada lintas akan dihilangkan persilangannya maka harus dibangun jalur ganda karena tidak akan adanya kereta api menunggu untuk bergantian jalur antara hulu dan hilir.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Analisis Kebutuhan Angkutan

Mengetahui kebutuhan angkut dengan menggunakan peramalan dengan metode least square untuk jumlah penumpang kereta api penataran 5 tahun yang lalu sejumlah sebagai berikut:

Tabel 1. Perhitungan Jumlah Penumpang

No	Tahun (n)	Volume Penumpang (Y)	Prediksi (X)	XY	X ²
1	2019	1.070.946	-2	-2141892	4
2	2020	1.423.200	-1	-1423200	1
3	2021	897.019	0	0	0
4	2022	2.457.931	1	2457931	1
5	2023	3.551.214	2	7102428	4
Jumlah		9.400.310	0	5.995.267	10

Sumber: Hasil Analisis 2024

Didapatkan jumlah penumpang untuk 10 tahun yang akan datang dengan rumus least square:

$$a = \frac{\sum Y}{n} \qquad b = \frac{\sum xy}{x^2}$$

$$a = \frac{9.400.310}{5} \qquad b = \frac{5.995.267}{10}$$

$$a = 1.880.062 \qquad b = 599.527$$

Maka didapatkan hasil persamaan $Y = 1.880.062 + 599.527 (X)$

Tabel 2. Hasil Peramalan Penumpang

No	Tahun	Volume Penumpang	Penumpang Rata-Rata Per Hari	Keterangan
1	2019	1.070.946	2.934	Data Sekunder
2	2020	1.423.200	3.888	Data Sekunder
3	2021	897.019	2.458	Data Sekunder
4	2022	2.457.931	6.734	Data Sekunder
5	2023	3.551.214	9.729	Data Sekunder
6	2024	3.678.643	10.051	Hasil Prediksi
7	2025	4.278.169	11.721	Hasil Prediksi
8	2026	4.877.695	13.363	Hasil Prediksi
9	2027	5.477.222	15.006	Hasil Prediksi
10	2028	6.076.749	16.603	Hasil Prediksi
11	2029	6.676.276	18.291	Hasil Prediksi
12	2030	7.275.802	19.934	Hasil Prediksi
13	2031	7.875.329	21.576	Hasil Prediksi
14	2032	8.474.856	23.155	Hasil Prediksi
15	2033	9.074.382	24.861	Hasil Prediksi

Sumber: Hasil Analisis 2024

Jumlah kapasitas angkut kereta api penataran untuk regulasinya sebesar 120% dengan 1 rangkaian kereta api penataran 636 tempat duduk maka didapatkan jumlah angkut kereta api penataran sejumlah:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Angkut} &= 120\% \times \text{tersedia kapasitas tempat duduk} \\ &= 120\% \times 636 \\ &= 763 \text{ Penumpang} \end{aligned}$$

Dengan diketahuinya kapasitas angkut dari kereta api penataran maka dapat dicari jumlah penambahan frekuensi untuk mengangkut jumlah seluruh penumpang disetiap tahunnya didapatkan:

Tabel 3. Kebutuhan Jumlah Angkutan

No	Tahun	Volume Penumpang	Penumpang Rata-Rata Per Hari	Jumlah Frekuensi Kereta Api
1	2024	3.678.643	10.051	13
2	2025	4.278.169	11.721	15
3	2026	4.877.695	13.363	17
4	2027	5.477.222	15.006	20
5	2028	6.076.749	16.603	22
6	2029	6.676.276	18.291	24
7	2030	7.275.802	19.934	26
8	2031	7.875.329	21.576	28
9	2032	8.474.856	23.155	30
10	2033	9.074.382	24.861	33

Sumber: Hasil Analisis 2024

Adanya penambahan frekuensi kereta api penataran pastinya membuat kapasitas lintas di lintas Malang-Wlingi semakin mendekati jenuh maka didapatkan sisa kapasitas lintasnya

Tabel 4. Kapasitas Lintas Malang-Wlingi

NO	TAHUN	LINTAS	KAPASITAS LINTAS	JUMLAH KA YANG MELINTAS	SISA KAPLIN
1	2029	ML - WG	70	54	16
2	2030	ML - WG	70	56	14
3	2031	ML - WG	70	58	12
4	2032	ML - WG	70	60	10
5	2033	ML - WG	70	63	7

Sumber: Hasil Analisis 2024

Adanya penambahan frekuensi setiap tahunnya pasti membutuhkan sarana untuk menunjangnya maka didapatkan untuk kebutuhan sarana 10 tahun yang akan datang didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan Sarana} = \frac{\text{Roundtrip Time}}{\text{Headway} \times 0,85}$$

Perhitungan *roundtrip time* dapat diketahui sebagai berikut:

Diketahui :

$$\text{Waktu bola-balik KA} = 2 \times 80,3 = 160,6 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu tunggu KA di stasiun} = 2 \text{ Menit tiap stasiun (12)}$$

$$\text{Waktu tunggu terminal (WTT)} = 15 \text{ Menit}$$

Maka perhitungan *roundtrip time* yakni:

$$\text{roundtrip time} = \text{WP (Waktu bola-balik KA + Waktu tunggu KA distasiun)} + 2 \times \text{WTT}$$

$$\text{roundtrip time} = (160,6 + 2 \times 12) + 2 \times 15$$

$$\text{roundtrip time} = 214,6$$

Tabel 5. Jumlah Perhitungan Kebutuhan Sarana

TAHUN	KAPASITAS	ROUNDRIP		HEADWAY (Menit)	KEBUTUHAN SARANA (Trainset)
		TIME (Menit)	FREKUENSI		
2024	763	214,6	13	55	5
2025	763	214,6	15	48	5
2026	763	214,6	17	42	6
2027	763	214,6	20	36	7
2028	763	214,6	22	33	8
2029	763	214,6	24	30	8
2030	763	214,6	26	28	9
2031	763	214,6	28	26	10
2032	763	214,6	30	24	10
2033	763	214,6	33	22	11

Sumber: Hasil Analisis 2024

Masa yang akan datang kebutuhan frekuensi akan meningkat diimbangi dengan penambahan kebutuhan sarana dengan kondisi eksisting kereta api local penataran sebanyak 3 trainset dan 1 cadangan dengan stamformasi 6K3Split dan 1KMP3 maka pada tahun 2033 dengan frekuensi sebanyak 33 frekuensi KA dibutuhkan trainset sebanyak 11 trainset.

B. Analisis Waktu Tempuh dan Kecepatan Rata-rata

Waktu tempuh perjalanan kereta api ialah suatu bagian penting dalam perencanaan pengoperasian perjalanan kereta api yang membahas tentang perhitungan jarak petak jalan, kecepatan, percepatan dan perlambatan kereta api. Perhitungan waktu tempuh dengan rumus:

$$\text{Waktu Tempuh} = \frac{60 \times \text{Jarak}}{V}$$

Untuk menghitung V yang digunakan ialah V grafis yang dihitung sebagai berikut:

V grafis = kecepatan puncak prasarana x 85%

$$\begin{aligned} V \text{ grafis} &= 80 \text{ km/jam} \times 85\% \\ &= 68 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Jadi untuk waktu tempuh lintas Malang – Wlingi ialah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waktu Tempuh lintas Malang – Wlingi} &= \frac{60 \times 55,569}{68} \\ &= 49,03 \text{ menit} \end{aligned}$$

Lintas Malang – Wlingi untuk kondisi eksisting yang mengacu pada grafik perjalanan kereta api (GAPEKA) tahun 2023 dengan frekuensi KA 38 KA dalam sehari untuk kereta api yang melintas di lintas Malang – Wlingi memiliki perhitungan rata-rata waktu tempuh sebesar 51,26 Menit. Adapun rencananya pembangunan jalur ganda lintas Malang – Wlingi maka untuk waktu tempuhnya berkurang atau lebih singkat di lintas malang – wlingi menjadi 45,21 menit. Perubahan waktu tempuh perjalanan kereta api antara eksisting dan rencana jalur ganda memiliki waktu lebih cepat sebesar 6,05 menit.

Kecepatan rata-rata kereta api Pada lintas Malang – Wlingi masih menggunakan jalur tunggal dengan persinyalan mekanik yang disambungkan dengan hubungan blok. Kecepatan maksimum kereta api terbagi menjadi 2 yang dimana pada lintas Malang-Malang Kotalama puncak kecepatan maksimum kereta api penumpang 50 km/jam dan untuk kereta api barang 35 km/jam sedangkan untuk lintas Malang Kotalama-Wlingi puncak kecepatan maksimum kereta api penumpang 80 km/jam dan untuk kereta api barang 65 km/jam. Lintas Malang – Wlingi kereta api yang melintas sebanyak 38 KA dengan kereta api penumpang sebanyak 24 KA dan kereta api barang sebanyak 14 KA. Untuk mengetahui kecepatan rata-rata lintas Malang – Wlingi untuk kondisi jalur tunggal dan pada rencana jalur ganda dapat dihitung berikut ini:

1. Malang – Malang Kotalama
 - a. Jalur tunggal

$$\begin{aligned} \text{Kereta Api jenis penumpang} &= 85\% \times 50 = 42,5 \text{ km/jam} \\ \text{Kereta Api jenis barang} &= 85\% \times 35 = 29,75 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Maka kecepatan rata-rata grafisnya adalah:

$$\text{Vrata-rata} = \frac{\sum KA \text{ Penumpang} \times V + \sum KA \text{ barang} \times V}{\sum KA \text{ Penumpang} + \sum KA \text{ Barang}}$$

$$\text{Vrata-rata} = \frac{24 \times 42,5 + 14 \times 29,75}{24 + 14}$$

$$\text{Vrata-rata} = 37,80 \text{ Km/jam}$$

b. Jalur ganda

$$\text{Kereta Api jenis penumpang} = 90\% \times 50 = 45 \text{ km/jam}$$

$$\text{Kereta Api jenis barang} = 90\% \times 35 = 31,5 \text{ km/jam}$$

Maka kecepatan rata-rata grafisnya adalah:

$$\text{Vrata-rata} = \frac{\sum KA \text{ Penumpang} \times V + \sum KA \text{ barang} \times V}{\sum KA \text{ Penumpang} + \sum KA \text{ Barang}}$$

$$\text{Vrata-rata} = \frac{24 \times 45 + 14 \times 31,5}{24 + 14}$$

$$\text{Vrata-rata} = 40,02 \text{ km/jam}$$

2. Malang Kotalama – Wlingi

a. Jalur tunggal

$$\text{Kereta Api jenis penumpang} = 85\% \times 80 = 68 \text{ km/jam}$$

$$\text{Kereta Api jenis barang} = 85\% \times 65 = 55,25 \text{ km/jam}$$

Maka kecepatan rata-rata grafisnya adalah:

$$\text{Vrata-rata} = \frac{\sum KA \text{ Penumpang} \times V + \sum KA \text{ barang} \times V}{\sum KA \text{ Penumpang} + \sum KA \text{ Barang}}$$

$$\text{Vrata-rata} = \frac{22 \times 68 + 2 \times 55,25}{22 + 2}$$

$$\text{Vrata-rata} = 66,93 \text{ km/jam}$$

b. Jalur ganda

$$\text{Kereta Api Jenis penumpang} = 90\% \times 80 = 72 \text{ km/jam}$$

$$\text{Kereta Api Jenis barang} = 90\% \times 65 = 58,5 \text{ km/jam}$$

Maka kecepatan rata-rata grafisnya adalah:

$$\text{Vrata-rata} = \frac{\sum KA \text{ Penumpang} \times V + \sum KA \text{ barang} \times V}{\sum KA \text{ Penumpang} + \sum KA \text{ Barang}}$$

$$\text{Vrata-rata} = \frac{22 \times 72 + 2 \times 58,5}{22 + 2}$$

$$\text{Vrata-rata} = 70,87 \text{ km/jam}$$

Kecepatan rata-rata lintas Malang – Wlingi dilihat dari kondisi eksisting sistem jalur tunggal dan adanya rencana jalur ganda dengan frekuensi KA 38 KA per hari di dapat perhitungan untuk kecepatan rata-rata ada kenaikan sebesar 5,08 km/jam pada rencana jalur ganda. Dengan adanya kenaikan kecepatan rata-rata pastinya waktu tempuh kereta api akan berkurang dan semakin singkat.

3. Analisis Headway dalam kapasitas lintas

Analisis kapasitas lintas pada penelitian ini membahas tentang dua hal yang pertama kapasitas lintas untuk saat ini eksisting jalur tunggal dan rencana jalur ganda. Dengan adanya jalur ganda membuat rencana kapasitas lintas menggunakan hubungan blok elektromekanik dan hubungan blok otomatis tertutup.

a. Kapasitas lintas eksisting Jalur tunggal

Perhitungan headway kapasitas lintas diambil petak jalan terjauh yaitu pada petak jalan kesamben-wlingi dengan jarak 9,316 km dapat dihitung sebagai berikut:

Perhitungan Headway petak jalan Kesamben – Wlingi.

$$\text{KA jenis penumpang} = 85\% \times 80 = 68 \text{ km/jam}$$

$$KA \text{ jenis barang} = 85\% \times 65 = 55,25 \text{ km/jam}$$

Maka kecepatan rata-rata grafisnya adalah:

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

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{22 \times 68 + 2 \times 55,25}{22 + 2}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 66,93 \text{ km/jam}$$

$$Headway = \frac{180 + 60 \times Sab}{V} + 1$$

$$Headway = \frac{180 + 60 \times 9,316}{66,93} + 1$$

$$Headway = 12,10 \text{ Menit}$$

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

$$K = \frac{1440}{12,10} \times 0,6$$

$$K = 71 \text{ KA/Hari}$$

b. Kapasitas lintas rencana jalur ganda

Pada rencana pembanguna jalur ganda lintas Malang – Wlingi akan dibuat perbandingan sebagai berikut:

- a. Sistem jenis persinyalan mekanik dengan hubungan blok elektromekanik
- b. Sistem jenis persinyalan elektrik dengan hubungan blok otomatis tertutup

Maka untuk mendapatkan hasil perhitungan headway dan kapasitas lintas dapat dihitung diambil contoh petak jalan terjauh di Kesamben-Wlingi dengan jarak 9,316 km.

1) Hubungan Blok elektromekanik

Perhitungan Headway petak jalan Kesamben - Wlingi

$$KA \text{ jenis penumpang} = 90\% \times 80 = 72 \text{ km/jam}$$

$$KA \text{ jenis barang} = 90\% \times 65 = 58,5 \text{ km/jam}$$

Maka kecepatan rata-rata grafisnya adalah:

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

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{22 \times 72 + 2 \times 58,5}{22 + 2}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 70,87 \text{ km/jam}$$

$$Headway = \frac{180 + 60 \times Sab}{V} + 1$$

$$Headway = \frac{180 + 60 \times 9,316}{70,87} + 1$$

$$Headway = 11,42 \text{ Menit}$$

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

$$K = \frac{1440}{11,42} \times 0,7 \times 2$$

$$K = 176 \text{ KA/Hari}$$

2) Hubungan Blok Otomatik Tertutup

Perhitungan Headway petak jalan Kesamben – Wlingi

$$KA \text{ jenis penumpang} = 90\% \times 80 = 72 \text{ km/jam}$$

$$KA \text{ jenis barang} = 90\% \times 65 = 58,5 \text{ km/jam}$$

Maka kecepatan rata-rata grafisnya adalah:

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

$$\begin{aligned} \text{Vrata-rata} &= \frac{22 \times 72 + 2 \times 58,5}{22 + 2} \\ \text{Vrata-rata} &= 70,87 \text{ km/jam} \\ \text{Headway} &= \frac{90 + 60 \times Sab}{v} + 0,25 \\ \text{Headway} &= \frac{90 + 60 \times 9,316}{70,87} + 0,25 \\ \text{Headway} &= 9,40 \text{ Menit} \\ K &= \frac{1440}{H} \times 0,7 \times 2 \\ K &= \frac{1440}{9,40} \times 0,7 \times 2 \\ K &= 214 \text{ KA/Hari} \end{aligned}$$

Perbandingan headway dan kapasitas lintas antara jalur tunggal dengan adanya rencana jalur ganda yang dihitung berdasarkan dengan kondisi tertentu maka perbandingannya sebagai berikut:

Tabel 6. Daftar Perbandingan Kapasitas Lintas

Petak Jalan	Panjang Lintas	Frekuensi KA	Kaplin Tunggal (KA)	Rencana Kaplin 1 (KA)	Rencana Kaplin 2 (KA)
ML - MLK	2,136	38	94	232	354
MLK - PSI	9,085	24	72	180	218
PSI - KPN	7,647	24	81	201	252
KPN - NB	6,982	24	86	213	271
NB - SBP	4,363	24	107	279	386
SBP - PGJ	8,487	24	76	188	231
PGJ - KSB	7,58	24	82	203	254
KSB - WG	9,316	24	71	177	214

Sumber: Hasil Analisis 2024

4. Analisis Perubahan Waktu Perjalanan Kereta Api

Pada perjalanan kereta api akan berubah bisa disebabkan karena adanya pembangunan jalur ganda yang menyebabkan berkurangnya waktu tempuh kereta api yang beroperasi khususnya pada lintas Malang-Wlingi. hal ini akan mengakibatkan sedikit perubahan waktu perjalanan kereta api untuk berangkat dan datang di suatu stasiun. Lama waktu tunggu naik turun penumpang di stasiun untuk waktu hitungannya berdasarkan waktu berhenti kereta api kondisi dilintas Malang-Wlingi sebagai berikut:

Tabel 7. Lama Waktu Berhenti KA Setiap Stasiun

NO	STASIUN	LAMA WAKTU BERHENTI
1	Malang	4 Menit
2	Malang Kotalama	2 Menit
3	Pakisaji	2 Menit
4	Kepanjen	3 Menit
5	Ngebruk	2 Menit
6	Sumberpucung	2 Menit
7	Pogajih	2 Menit
8	Kesamben	2 Menit
9	Wlingi	3 Menit

Sumber: Hasil Analisis 2024

Eksisting lintas Malang-Wlingi untuk perjalanan kereta api dilalui sebanyak 38 perjalanan kereta api dalam 1 hari dengan kondisi lintas menggunakan jalur tunggal yang mana masih dapat terjadi persilangan antar kereta. Sesuai dengan peramalan yang telah di hitung untuk tahun 2029 terjadi penambahan frekuensi perjalanan kereta api sebanyak 16 frekuensi. Berikut jadwal untuk penambahan 16 frekuensi perjalanan kereta api:

Tabel 8. Jadwal Penambahan Frekuensi KA

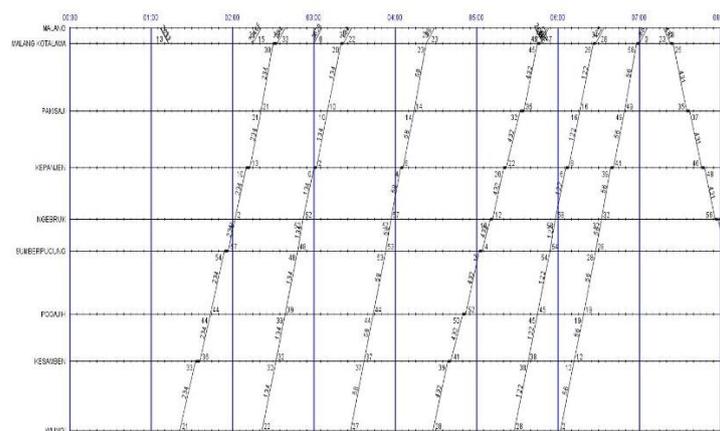
No	NO KA	NAMA KERETA API	BERANGKAT	DATANG
1	(1)	PENATARAN	05:00	06:23
2	(2)	PENATARAN	05:45	07:16
3	(3)	PENATARAN	05:30	06:53
4	(4)	PENATARAN	05:00	06:23
5	(5)	PENATARAN	06:15	07:38
6	(6)	PENATARAN	06:15	07:38
7	(7)	PENATARAN	06:45	08:08
8	(8)	PENATARAN	07:00	08:23
9	(9)	PENATARAN	12:00	13:23
10	(10)	PENATARAN	12:15	13:38
11	(11)	PENATARAN	15:30	16:53
12	(12)	PENATARAN	15:15	16:38
13	(13)	PENATARAN	17:00	18:23
14	(14)	PENATARAN	16:30	17:53
15	(15)	PENATARAN	17:30	18:53
16	(16)	PENATARAN	19:00	20:23

Sumber: Hasil Analisis 2024

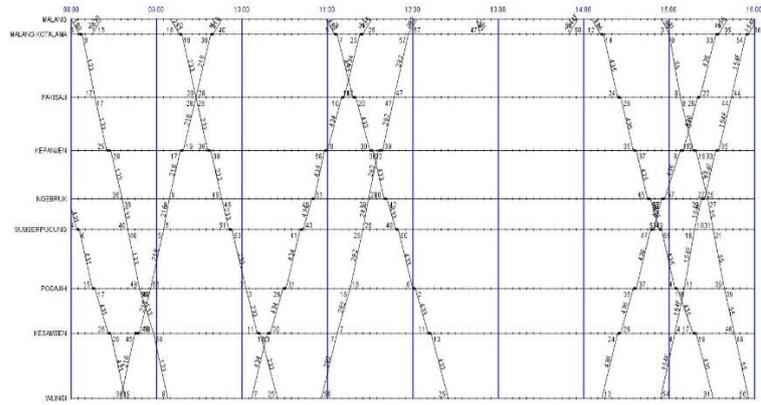
Hilangnya waktu tunggu bersilang pasti akan berubahnya waktu tempuh sehingga dapat mengurangi untuk keterlambatan kereta api dan peningkatan kecepatan kereta api dengan adanya rencana jalur ganda mengakibatkan mempengaruhi jadwal kedatangan dan keberangkatan kereta api yang melintas. Dengan adanya perubahan-perubahan dapat diketahui untuk pembangunan jalur ganda di Malang-Wlingi memiliki potensi untuk meningkatkan aspek operasi keretaapi, seperti menurunkan ataupun meniadakan jumlah kereta yang tertahan sinyal muka karena tidak ada lagi kereta yang harus menunggu untuk bersilang, meningkatkan layanan Keretaapi untuk penumpang dan barang, selain itu dapat mengurangi dan meniadakan potensi tabrakan kepala dengan kepala kereta api di satu petak jalan atau bisa disebut *head to head*.

Adapun untuk grafik perjalanan keretaapi (Gapeka) dengan kondisi frekuensi eksisiting dengan adanya rencana jalur ganda dan gapeka jalur ganda dengan adanya penambahan frekuensi KA di tahun 2029 sebanyak penambahan 16 frekuensi KA

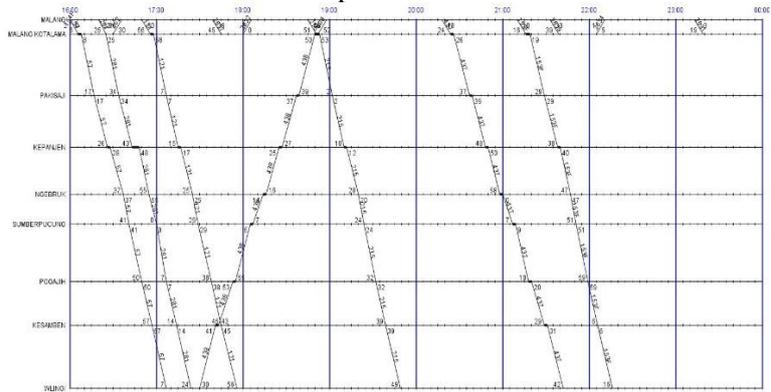
a. Gapeka perubahan rencana jalur ganda



Gambar 1. Gapeka Perubahan Jalur Ganda

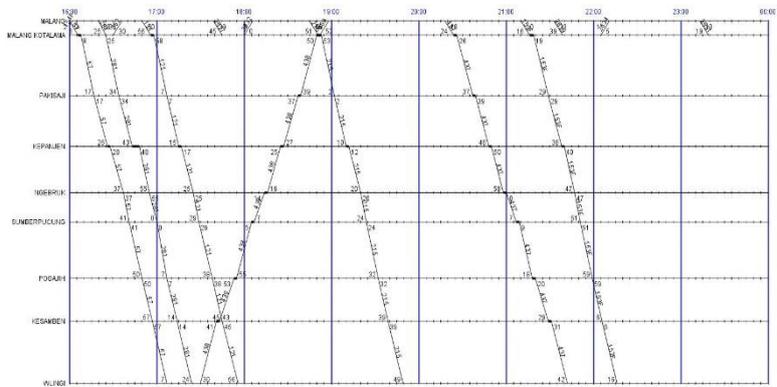


Gambar 2. Gapeka Perubahan Jalur Ganda

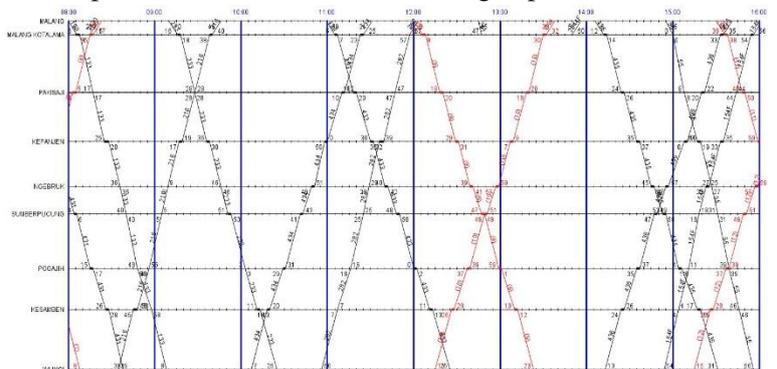


Gambar 3. Gapeka Perubahan Jalur Ganda

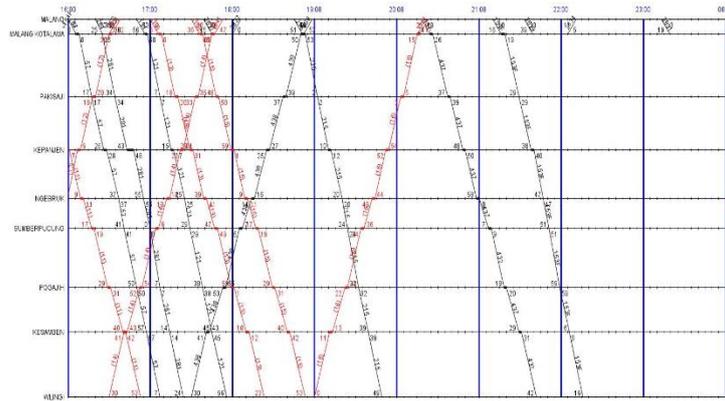
b. Gapeka perubahan rencana jalur ganda dengan penambahan 16 frekuensi



Gambar 4. Gapeka Perubahan Jalur Ganda dengan penambahan 16 Frekuensi



Gambar 5. Gapeka Perubahan Jalur Ganda dengan penambahan 16 Frekuensi



Gambar 6. Gapeka Perubahan Jalur Ganda dengan penambahan 16 Frekuensi

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari analisis maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada peramalan penumpang untuk tahun 2033 penumpang kereta api lokal penataran diprediksi mencapai 9.074.382 penumpang atau per hari dapat mencapai 24.861 penumpang. Dari adanya hal tersebut dibutuhkan adanya penambahan frekuensi sebanyak 25 frekuensi untuk memenuhi kebutuhan angkut penumpang dan penambahan kebutuhan sarana sebanyak 7 trainset dengan stamformasi 6K3SPLIT+1KMP3. dengan adanya penambahan frekuensi kereta api dan kebutuhan sarana maka kapasitas lintas di lintas Malang – Wlingi akan menjadikan jenuh dan membutuhkan untuk direkomendasikan menjadi jalur ganda.
2. Perubahan pola operasi untuk seperti waktu tempuh dan kecepatan rata-rata dengan adanya rencana jalur ganda yaitu untuk waktu tempuh dapat meningkat lebih cepat sebanyak 6,05 menit dengan kecepatan rata-rata meningkat sebanyak 5,08 km/jam hal tersebut dikarenakan tidak adanya persilangan dan waktu tunggu bersilang antar kereta api dengan kereta api kelas yang lebih tinggi
3. Dengan adanya rencana jalur ganda untuk headway yang menggunakan persinyalan mekanik dengan hubungan blok elektromekanik menghasilkan *headway* sebesar 11,42 menit, dibandingkan dengan *headway* sebesar 9,40 menit untuk rencana *headway* menggunakan persinyalan elektrik dengan hubungan blok otomatis tertutup
4. Pembangunan jalur ganda untuk kapasitas lintas akan semakin besar yang dapat dilihat pada petak jalan Kesamben – Wlingi kapasitas pada jalur tunggal dapat menampung 71 KA sedangkan pada rencana jalur ganda kapasitas lintas dapat menampung sebanyak 214 KA
5. Waktu perjalanan (Gapeka) kereta api lintas Malang-Wlingi akan berubah karena tidak ada antara kereta api saling bersilang sehingga keterlambatan kereta api memiliki potensi berkurang dan peningkatan kecepatan kereta api mengakibatkan mempengaruhi jadwal datang dan berangkat kereta api yang melintas. Dengan adanya pembangunan jalur ganda di Malang-Wlingi memiliki potensi untuk meningkatkan aspek operasi keretaapi, seperti menurunkan ataupun meniadakan jumlah kereta yang tertahan sinyal muka karena tidak ada lagi kereta yang harus menunggu untuk bersilang, meningkatkan layanan Keretaapi untuk penumpang dan barang, selain itu dapat mengurangi dan meniadakan potensi tabrakan kepala dengan kepala kereta api di satu petak jalan atau bisa disebut *head to head*.

V. SARAN

1. Dengan adanya peningkatan penumpang kereta api lokal penataran pada setiap tahunnya, operator dalam hal ini PT Kereta Api Indonesia membutuhkan dan mempersiapkan penambahan frekuensi kereta api dan penambahan sarana untuk memenuhi kebutuhan angkut penumpang. Untuk perencanaan ke depan, direkomendasikan untuk tahun 2033 lintas Malang – Wlingi dibangun jalur ganda.
2. Dengan adanya pembangunan jalur ganda lintas Malang – Wlingi harus terealisasi karena dapat mengurangi waktu tempuh perjalanan KA dan meningkatkan kecepatan kereta api maka dapat dipertimbangkan oleh pembuat kebijakan atau pihak pembuat aturan (regulator) dalam hal ini Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Surabaya.

3. Pada headway rencana jalur ganda yang digunakan secara efektif yaitu dengan menggunakan hubungan blok otomatis tertutup sehingga dapat disesuaikan untuk kebutuhan headwaynya yang di inginkan dengan cara mengatur jarak petak bloknnya.
4. Peningkatan frekuensi kereta api diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan kapasitas lintas Malang – Wlingi baik itu jalur tunggal maupun jalur ganda agar lebih efektif dan optimal lagi.
5. Rekomendasi terhadap pembuat kebijakan atau pihak regulator dalam hal ini Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Surabaya dengan adanya penambahan frekuensi kereta api maka usulan untuk grafik perjalanan kereta api (Gapeka) dan jadwal yang telah dibuat dengan adanya penambahan frekuensi perjalanan kereta api yang baru dapat dipertimbangkan lebih lanjut.

Daftar Pustakan

- _____, 2007. *Undang-undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian*, Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- _____, 2009. *Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggara Perkeretaapian*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- _____, 2009. *Peraturan Pemerintah Nomor 72 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Kereta Api*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- _____, 2011. *Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2011 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta Api*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- _____, 2012. *Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- _____, 2017. *Peraturan Pemerintah Nomor 110 Tahun 2017 tentang Tata Cara Dan Standar Pembuatan Grafik Perjalanan Kereta Api DI Luar Gapeka, Dan Perjalanan Kereta Api Luar Biasa*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- _____, 2017. *Peraturan Pemerintah Nomor 121 Tahun 2017 tentang Lalu Lintas Kereta Api*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- _____, 2018. *Peraturan Pemerintah Nomor 44 Tahun 2018 tentang Persyaratan Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Dasion, Jimmy Jeremy Tandra dan Utomo, Nugroho, 2020, *Perencanaan Jalur Ganda (double Track) Lintasan Kereta Api Emplasemen stasiun Wonokromo-Stasiun Sidoarjo (KM 7+881 – KM 25+510)*. Surabaya
- Dwiatmoko, Hermanto. 2018. “Peran Perkeretaapian Dalam Menunjang Sistem Logistik Nasional.” *Agustus* 18(2): 87–96.
- Faisal, Muhammad, Triana, Sofyan. 2018. *Analisis Pola Operasi Mempawah-Sanggau Kalimantan Barat*. Bandung
- Fatimah, S. 2019. *Pengantar Transportasi*. Ponorogo
- Hidayat, Muhammad Nur. 2020. *Pengembangan Model untuk menghitung Kapasitas Jalur Kereta Api Di Indonesia (Studi Kasus Lintas Utara Pulau Jawa Stasiun Pasar Turi-Stasiun Bojonegoro)*. Semarang:UNNES
- Honggowibowo, Anton Setiawan, Prasetyo, Dwi, dan Yuliani Indrianingsi. 2013. *Sistem Pendukung Keputusan Prediksi Jumlah Penumpang Untuk Evaluasi Kapasitas Halte Bus Trans Jogja Dengan Metode Exponential Smoothing Dan Least Square*. Yogyakarta
- Mukaromah, Madinah Al. 2023. “RENCANA POLA OPERASI KERETA API ANGKUTAN PENUMPANG LINTAS MAROS – BARRU.” 10(1): 356–70.

- Nangi, Jumaidil, Ruamiana, Waode Berliana, dan Tajidul, LM. 2018. *Aplikasi Forecasting, Jumlah Frekuensi Penumpang Pesawat Terbang Lion Air Pada Bandara Udara Halu Oleo Dengan Menggunakan Metode Least Square*. SemanTIK.
- PT. Kereta Api Indonesia. 2011. "Peraturan Dinas 19 Jilid I." *Urusan Perjalanan Kereta Api, Urusan Langsir* 19(Pd 19).
- PT KAI. 2023. *Grafik Perjalanan Kereta Api*. Bandung: PT Kereta Api Indonesia (Persero) Kantor Pusat Bandung Jawa Barat
- Rakhmawati, I. 2023. *Perbandingan Metode Aritmatik, Metode Geometrik Dan Metode Least Square Pada Proyeksi Jumlah Penduduk*. *Jurnal Pendidikan Matematika: Judika Education*, 6(1), 138–148.
- Setiawan, Dian M. 2016. *Kajian Pola Operasi Jalur Ganda Kereta Api Muara Enim-Lahat*. Semesta Teknika
- Supriadi, U. 2008. *Kapasitas Lintas dan Permasalahannya*. Bandung: PT Kereta Api Indonesia Bandung
- Supriadi U. 2008. *Perencanaan Perjalanan Kereta Api dan Pelaksanaannya*. Bandung: PT Kereta Api Indonesia Bandung
- Tim PKL Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Surabaya. 2024. *Laporan Umum Tim PKL Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Surabaya*. Bekasi: Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD.
- Wiasanto, Alkahfian Ramadhani. 2020. *Perencanaan Jalur Ganda Kereta Api Stasiun*. Surabaya:ITS