

BAB V ANALISIS DATA DAN PEMECAHAN MASALAH

A. Analisis Peramalan Jumlah Penumpang KA Sri Lelawangsa

Peramalan adalah metode analisis perhitungan kualitatif atau kuantitatif yang digunakan untuk memprediksi hasil atau memperkirakan suatu hal yang akan datang. Analisis permintaan penumpang merupakan salah satu contoh peramalan yang berpengaruh pada membuat perencanaan. KA Sri Lelawangsa adalah satu-satunya kereta api yang melewati lintas Medan-Binjai, penelitian ini akan memperkirakan jumlah penumpang kereta api Sri Lelawangsa. Ada banyak cara untuk melakukan peramalan. Metode Geometrik dan *Least Square* adalah metode peramalan yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel V. 1 Jumlah penumpang pertahun KA Sri Lelawangsa

No	Tahun	Penumpang perbulan	Penumpang perhari	Rata-rata Penumpang perhari
1	2021	84.496	2817	2153
2		83.868	2796	
3		91.330	3044	
4		84.767	2826	
5		86.185	2873	
6		88.663	2955	
7		41.776	1393	
8		17.523	584	
9		24.139	805	
10		44.120	1471	
11		51.567	1719	
12		76.562	2552	
13	2022	86.441	2881	3394
14		74.739	2491	
15		92.584	3086	
16		80.084	2669	
17		86.185	2873	
18		109.321	3644	
19		108.479	3616	
20		92.864	3095	
21		106.626	3554	
22		123.131	4104	
23		123.487	4116	
24		137.871	4596	

Sumber: Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Medan, 2023

Pada Tabel V.1 merupakan data yang digunakan untuk melakukan peramalan, data penumpang yang digunakan adalah data pada tahun 2021-2022.

Pengambilan data pada tahun tersebut dikarenakan terdapat penurunan pada tahun 2019-2020 karena pembatasan sosial berskala besar (PSBB) dibuat untuk membatasi mobilitas masyarakat untuk mencegah penyebaran virus COVID-19. Sehingga tahun 2019-2020 merupakan kondisi yang tidak normal.

Untuk memilih metode untuk menghitung proyeksi jumlah penumpang, maka perlu dilakukan uji untuk menemukan nilai MAPE terkecil untuk membuat metode ini menjadi perhitungan yang paling dekat dengan kebenaran. Perhitungan untuk okupansi penumpang KA Sri Lelawangsa adalah sebagai berikut:

Tabel V. 2 Perbandingan hasil nilai tingkat kesalahan peramalan

No	Tahun	Bulan	Jumlah Penumpang	Hasil Perhitungan	
				Geometri	<i>Least Square</i>
1	2021	Januari	84.496	84.496	55.903
2		Februari	83.868	90.070	58.178
3		Maret	91.330	96.012	60.453
4		April	84.767	102.347	62.728
5		Mei	86.185	109.099	65.002
6		Juni	88.663	116.296	67.277
7		Juli	41.776	123.968	69.552
8		Agustus	17.523	132.147	71.827
9		September	24.139	140.864	74.101
10		Oktober	44.120	150.158	76.376
11		November	51.567	160.064	78.651
12		Desember	76.562	170.623	80.926
13	2022	Januari	86.441	181.880	85.475
14		Februari	74.739	193.879	87.750
15		Maret	92.584	206.669	90.025
16		April	80.084	220.303	92.299
17		Mei	86.185	234.837	94.574
18		Juni	109.321	250.330	96.849
19		Juli	108.479	266.844	99.124
20		Agustus	92.864	284.449	101.398
21		September	106.626	303.214	103.673
22		Oktober	123.131	323.218	105.948
23		November	123.487	344.541	108.223
24		Desember	137.871	367.271	110.497
MAPE				163	42

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Pada Tabel V.2 dijelaskan dari kedua metode tersebut, Metode *Least square* adalah metode dengan nilai MAPE terkecil, sehingga analisis peramalan kebutuhan akan menggunakan metode *Least Square*. Berikut adalah tabel hasil peramalan jumlah penumpang KA Sri Lelawangsa dengan metode *Least Square*.

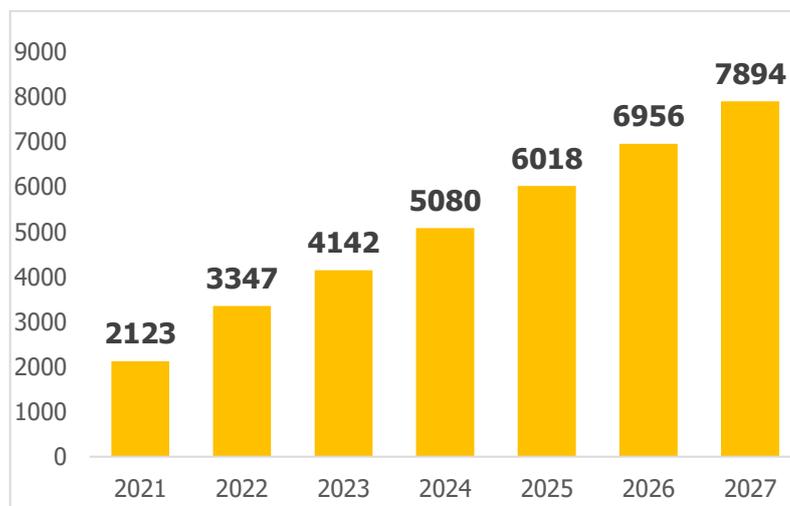
Tabel V. 3 Prediksi Okupansi Penumpang KA Sri Lelawangsa

Bulan	Tahun	Jumlah pnp perbulan	Jumlah rata-rata pnp perhari	Keterangan
25	2023	112.915	4142	Hasil Prediksi
26		115.292		Hasil Prediksi
27		117.669		Hasil Prediksi
28		120.047		Hasil Prediksi
29		122.424		Hasil Prediksi
30		124.801		Hasil Prediksi
31		127.178		Hasil Prediksi
32		129.555		Hasil Prediksi
33		131.933		Hasil Prediksi
34		134.310		Hasil Prediksi
35		136.687		Hasil Prediksi
36		139.064		Hasil Prediksi
37	2024	141.441	5080	Hasil Prediksi
38		143.819		Hasil Prediksi
39		146.196		Hasil Prediksi
40		148.573		Hasil Prediksi
41		150.950		Hasil Prediksi
42		153.327		Hasil Prediksi
43		155.704		Hasil Prediksi
44		158.082		Hasil Prediksi
45		160.459		Hasil Prediksi
46		162.836		Hasil Prediksi
47		165.213		Hasil Prediksi
48		167.590		Hasil Prediksi
49	2025	169.968	6018	Hasil Prediksi
50		172.345		Hasil Prediksi
51		174.722		Hasil Prediksi
52		177.099		Hasil Prediksi
53		179.476		Hasil Prediksi
54		181.853		Hasil Prediksi
55		184.231		Hasil Prediksi
56		186.608		Hasil Prediksi
57		188.985		Hasil Prediksi
58		191.362		Hasil Prediksi
59		193.739		Hasil Prediksi
60		196.117		Hasil Prediksi
61	2026	198.494	6956	Hasil Prediksi

62		200.871		Hasil Prediksi
63		203.248		Hasil Prediksi
64		205.625		Hasil Prediksi
65		208.002		Hasil Prediksi
66		210.380		Hasil Prediksi
67		212.757		Hasil Prediksi
68		215.134		Hasil Prediksi
69		217.511		Hasil Prediksi
70		219.888		Hasil Prediksi
71		222.266		Hasil Prediksi
72		224.643		Hasil Prediksi
73	2027	227.020	7894	Hasil Prediksi
74		229.397		Hasil Prediksi
75		231.774		Hasil Prediksi
76		234.151		Hasil Prediksi
77		236.529		Hasil Prediksi
78		238.906		Hasil Prediksi
79		241.283		Hasil Prediksi
80		243.660		Hasil Prediksi
81		246.037		Hasil Prediksi
82		248.415		Hasil Prediksi
83		250.792		Hasil Prediksi
84		253.169		Hasil Prediksi

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Tabel V.3 menunjukkan peramalan peningkatan penumpang KA Sri Lelawangsa setiap tahun. dimana setiap tahunnya kereta api Sri Lelawangsa memiliki kenaikan rata-rata 1000 penumpang/hari setiap tahunnya. Kereta api menjadi pilihan populer karena masyarakat membutuhkan transportasi yang efisien, nyaman, murah, dan tepat waktu.



Sumber: Hasil Analisis, 2023

Gambar V. 1 Jumlah Penumpang Perhari

Dilihat pada Gambar V.1 merupakan hasil peramalan volume penumpang pada tahun 2021-2027 kereta api Sri Lelawangsa. Maka dengan adanya pembangunan jalur ganda yang dilayangkan dan pembangunan 2 stasiun baru, diharapkan peningkatan jumlah penumpang dapat terlayani dengan maksimal.

Selain itu penambahan 2 stasiun baru juga dapat berdampak terhadap penambahan penumpang, tetapi dikarenakan stasiun Helvetia dan Sunggal belum berdiri maka potensi kebutuhan penumpang dapat dilihat berdasarkan jumlah penduduk *potensial* yaitu usia 5-65 tahun. Berikut adalah jumlah penduduk Kecamatan Helvetia dan Sunggal tahun 2018-2022:

Tabel V. 4 Jumlah Penduduk Helvetia dan Sunggal

Kecamatan	2018	2019	2020	2021	2022
Helvetia	153.989	155.437	164.910	166.332	168.287
Sunggal	293.026	298.318	129.063	135.635	243.785

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Jumlah penduduk potensi angkutan umum kereta api didasarkan pada jumlah penduduk dengan kelompok umur 5-65 tahun. Kelompok umur ini sesuai dengan kriteria dari Departemen Perhubungan tahun 2002 yaitu penduduk dengan umur 5 tahun sampai dengan umur 65 tahun. Berdasarkan data maka diperoleh jumlah penduduk potensi menggunakan angkutan umum Kereta Api seperti pada Tabel V.5.

Tabel V. 5 Jumlah penduduk perkelompok umur di Kecamatan Helvetia dan Sunggal Tahun 2023

Kecamatan	Kelompok Umur	Jumlah Penduduk (orang)
Helvetia	5-14	27.356
	15-64	118.302
	65+	9.230
Sunggal	5-14	74.508
	15-64	162.047
	65+	7.230
Total		398.673

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Pada Tabel V.5 dijelaskan bahwa terdapat penumpang *potensial* sebanyak 398.673 orang yang memiliki potensi untuk menggunakan transportasi Kereta api dengan harapan transportasi kereta api menjadi pilihan moda transportasi dimasa depan. Sehingga dengan adanya stasiun baru diharapkan dapat menambah potensi penambahan jumlah penumpang kereta api lintas Medan-Binjai berdasarkan jumlah penduduk *potensial* usia 5-65 tahun.

B. Analisis Operasi KA Sri Lelawangsa

Analisis operasi KA Sri Lelawangsa dilakukan terhadap analisis waktu tempuh, kecepatan rata-rata, *headway*, dan kapasitas lintas dimana hal tersebut untuk melihat perubahan yang terjadi akibat adanya pembangunan jalur ganda yang dilayangkan dan 2 stasiun baru. Pembangunan jalur ganda tersebut direncanakan sampai stasiun Helvetia dengan jarak 5,9 km, sehingga nantinya lintas Medan-Helvetia akan dilayani oleh jalur ganda, namun Helvetia-Sunggal dan Sunggal-Binjai masih akan menggunakan jalur Tunggal.

Pada analisis akan memperhitungkan 3 kondisi yaitu kondisi saat ini, kondisi setelah pembangunan jalur ganda sampai stasiun Helvetia, dan Kondisi jika pembangunan jalur ganda diteruskan hingga stasiun Binjai. Analisis Operasi KA memiliki tujuan untuk melihat bagaimana perubahan yang terjadi lalu membandingkan operasi kereta api Sri Lelawangsa pada 3 kondisi tersebut. Perhitungan operasi KA, sebagai berikut:

1. Analisis waktu tempuh

Dalam perencanaan perjalanan kereta api, waktu tempuh adalah komponen yang dihitung berdasarkan berbagai faktor, seperti kecepatan, jarak petak jalan, akselerasi (percepatan), deselerasi (perlambatan), dan sebagainya.

Pembangunan jalur layang kereta api dimaksudkan untuk memisahkan jalur kereta api dari jalan raya untuk peningkatan keselamatan perjalanan KA dan peningkatan operasi lintas Medan-Binjai. Namun pembangunan tersebut belum selesai sehingga Kereta api Sri Lelawangsa masih menggunakan jalur tunggal. Sarana lokomotif memiliki kecepatan percepatan sebesar 0,18 m/s² dan perlambatan lokomotif sebesar 0,2 m/s², menurut kriteria desain. Untuk jalur tunggal, puncak

kecepatan rata-rata grafis adalah 85%, dan untuk jalur ganda, puncak kecepatan rata-rata grafis adalah 90%.

Sebagai contoh, Berikut merupakan perhitungan waktu tempuh percepatan dan perlambatan lintas Medan-Binjai:

$$\text{Kecepatan Grafis (tunggal)} = 80 \text{ km/jam} \times 85\% = 69 \text{ km/jam} = 19,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Kecepatan Grafis (ganda)} = 80 \text{ km/jam} \times 90\% = 72 \text{ km/jam} = 20 \text{ m/s}$$

$$\text{waktu Percepatan} = \frac{\left(\frac{V_{gx}1000}{3600}\right) \text{ m/s} - 0}{0,18 \text{ m/s}^2}$$

$$\text{waktu Perlambatan} = \frac{0 - \left(\frac{V_{gx}1000}{3600}\right) \text{ m/s}}{0,2 \text{ m/s}^2}$$

Tabel V. 6 waktu tempuh percepatan dan perlambatan

No	Waktu tempuh	Jalur Tunggal	Jalur Ganda
1	Percepatan (s)	106,4	111,1
2	Perlambatan (s)	95,8	100

Sumber: Hasil Analisis, 2023

a. Jalur Tunggal

Jarak Percepatan

$$S = v_0 \times t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$S = 0 \times 106,4 + \frac{1}{2} \cdot 0,18 \cdot 106,4^2$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot 0,18 \cdot 106,4^2$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot 0,18 \cdot 106,4^2$$

$$S = 1.018,9 \text{ m}$$

Jarak Perlambatan

$$S = v_0 \times t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$S = 0 \times 95,8 + \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 95,8^2$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 95,8^2$$

$$S = 917,76 \text{ m}$$

b. Jalur Ganda

Jarak Percepatan

$$S = v_0 \times t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$S = 0 \times 111,1 + \frac{1}{2} \cdot 0,18 \cdot 111,1^2$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot 0,18 \cdot 111,1^2$$

$$S = 1.110,9 \text{ m}$$

Jarak Perlambatan

$$S = v_0 \times t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$S = 0 \times 100 + \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 100^2$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 100^2$$

$$S = 1000 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka waktu percepatan dan perlambatan yang dikarenakan adanya perhentian di stasiun, maka waktu untuk percepatan saat jalur ganda 111,1 detik dengan jarak 1.110,9 m dan waktu perlambatan 100 detik dengan jarak 1000 m sedangkan pada saat jalur tunggal memiliki percepatan dan perlambatan yang lebih kecil dikarenakan kecepatan grafis yang lebih kecil, waktu percepatan 106,4 detik dengan jarak 1.018,9 m dan waktu perlambatan 95,8 detik dengan jarak 917,79 m.

a. Waktu tempuh jalur tunggal

Lintas Medan-Binjai memiliki panjang = 20,889 km atau 20.889 m, sehingga perhitungan waktu tempuh, sebagai berikut:

$$T_{A-B} = \frac{60 \times s}{v}$$

$$T_{A-B} = \frac{60 \times 20,889}{69}$$

$$T_{A-B} = 18,16 + 1,77 + 1,6 = 21,53 \text{ menit} = 22 \text{ menit}$$

Sehingga secara teoritis, lintas Medan-Binjai jalur Tunggal dapat ditempuh dengan waktu 22 menit.

- b. Waktu tempuh setelah pengoperasian stasiun Helvetia dan Sunggal, serta jalur ganda sepanjang 5,9 km.

Setelah stasiun Helvetia dan Sunggal beroperasi dan jalur ganda dioperasikan sepanjang 5,9 km, maka KA Sri Lelawangsa harus berhenti untuk naik dan turun penumpang. Sehingga perhitungan waktu tempuh Medan-Helvetia (0+000 km–5+950 km), Helvetia-Sunggal (5+950 km-12+350 km), dan Sunggal-Binjai (12+350 km-20+889 km) sebagai berikut:

$$T_{A-B} = \frac{60 \times s}{v}$$

$$T_{MDN-HELVETIA} = \frac{60 \times 5,95}{72}$$

$$T_{MDN-HELVETIA} = 4,96 + 1,85 + 1,66 = 8,47 \text{ menit} = 9 \text{ menit}$$

$$T_{HELVETIA-SUNGGAL} = \frac{60 \times 6,4}{69}$$

$$T_{HELVETIA-SUNGGAL} = 5,56 + 1,77 + 1,6 = 8,93 \text{ menit} = 9 \text{ menit}$$

$$T_{SUNGGAL-BINJAI} = \frac{60 \times 8,54}{69}$$

$$T_{SUNGGAL-BIJ} = 7,43 + 1,77 + 1,6 = 10,8 \text{ menit} = 11 \text{ menit}$$

Waktu tempuh dari stasiun Medan-Helvetia adalah 9 menit dibulatkan untuk kantong waktu, stasiun Helvetia-Sunggal 9 menit dibulatkan untuk kantong waktu, sedangkan untuk Sunggal-Binjai 11 menit dibulatkan untuk kantong waktu.

- c. Waktu tempuh setelah pengoperasian stasiun Helvetia dan Sunggal, serta jalur ganda 20,9 km.

Setelah stasiun Helvetia dan Sunggal beroperasi dan jalur ganda dioperasikan sepanjang 20,9 km, maka KA Sri Lelawangsa harus berhenti untuk naik dan turun penumpang. Sehingga perhitungan waktu tempuh Medan-Helvetia (0+000 km–5+950 km), Helvetia-Sunggal (5+950 km-12+350 km), dan Sunggal-Binjai (12+350 km-20+889 km) sebagai berikut:

$$T_{A-B} = \frac{60 \times s}{v}$$

$$T_{MDN-HELVETIA} = \frac{60 \times 5,95}{72}$$

$$T_{\text{MDN-HELVETIA}} = 4,96 + 1,85 + 1,66 = 8,47 \text{ menit} = 9 \text{ menit}$$

$$T_{\text{HELVETIA-SUNGGAL}} = \frac{60 \times 6,4}{72}$$

$$T_{\text{HELVETIA-SUNGGAL}} = 5,3 + 1,85 + 1,66 = 8,81 \text{ menit} = 9 \text{ menit}$$

$$T_{\text{SUNGGAL-BINJAI}} = \frac{60 \times 8,54}{72}$$

$$T_{\text{SUNGGAL-BIJ}} = 7,12 + 1,85 + 1,66 = 10,63 \text{ menit} = 11 \text{ menit}$$

Waktu tempuh dari stasiun Medan-Helvetia adalah 9 menit dibulatkan untuk kantong waktu, stasiun Helvetia-Sunggal 9 menit dibulatkan untuk kantong waktu, sedangkan untuk Sunggal-Binjai 11 menit dibulatkan untuk kantong waktu.

Pada kondisi jalur Tunggal waktu tempuh untuk lintas Medan-Binjai secara teoritis adalah 22 menit, sedangkan setelah adanya pembangunan waktu tempuh menjadi 29 menit. Penambahan waktu tempuh tersebut dikarenakan adanya 2 stasiun baru, sehingga kereta api mengalami penambahan waktu tunggu serta waktu akselerasi dan deselerasi. Terdapat persamaan waktu tempuh pada kondisi jalur ganda hanya 5,9 km dengan jalur ganda diteruskan hingga 20,9 km hal ini dikarenakan adanya kantong waktu.

2. Analisis Kecepatan Rata-Rata

Analisis kecepatan rata-rata dilakukan sebelum jalur ganda dan sesudah jalur ganda serta stasiun Helvetia dan Sunggal beroperasi. Selain itu, jalur ganda beroperasi dengan mengikuti batas kecepatan maksimum prasarana dan sarana di Gapeka pada lintas Medan-Binjai pada tahun 2023.

a. Kecepatan rata-rata jalur Tunggal

Mengetahui kecepatan rata-rata lintas Medan-Binjai sebelum stasiun Helvetia dan Sunggal serta jalur ganda belum dioperasikan, dikarenakan hanya satu KA yang melewati lintas Medan-Binjai yaitu KA Sri Lelawangsa, maka analisis perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{Jarak} = 20,889 \text{ km}$$

$$\text{WT rata-rata KA Sri lelawangsa} = 22 \text{ menit}$$

$$V \text{ rata – rata(km/jam)} = \frac{60 \times \text{Jarak (km)}}{\text{Waktu Tempuh (menit)}}$$

$$V \text{ rata – rata(km/jam)} = \frac{60 \times 20,889}{22}$$

$$= 56,97 \text{ km/jam}$$

- b. Kecepatan rata-rata setelah stasiun Helvetia dan Sunggal serta jalur ganda sepanjang 5,9 km dioperasikan.

Mengetahui kecepatan rata-rata lintas Medan-Binjai setelah stasiun Helvetia dan Sunggal serta jalur ganda dioperasikan sepanjang 5,9 km, dikarenakan hanya satu KA yang melewati lintas Medan-Binjai yaitu KA Sri Lelawangsa, maka analisis perhitungannya sebagai berikut:

Diketahui:

Jarak Medan-Helvetia	= 5,95 km
Jarak Helvetia-Sunggal	= 6,4 km
Jarak Sunggal-Binjai	= 8,54 km
WT Medan-Helvetia	= 9 menit
WT Helvetia-Sunggal	= 9 menit
WT Sunggal-Binjai	= 11 menit

$$V \text{ rata – rata(km/jam)} = \frac{60 \times \text{JARAK (km)}}{\text{WAKTU TEMPUH (menit)}}$$

$$V \text{ rata – rata Medan – Helvetia} = \frac{60 \times 5,95}{9}$$

$$= 39,6 \text{ km/jam}$$

$$V \text{ rata – rata Helvetia – Sunggal} = \frac{60 \times 6,4}{9}$$

$$= 42,6 \text{ km/jam}$$

$$V \text{ rata – rata Sunggal – Binjai} = \frac{60 \times 8,54}{11}$$

$$= 46,6 \text{ km/jam}$$

- c. Kecepatan rata-rata setelah stasiun Helvetia dan Sunggal serta jalur ganda dibangun sepanjang 20,9 km.

Kecepatan rata-rata lintas Medan-Binjai setelah stasiun Helvetia dan Sunggal serta jalur ganda dibangun sepanjang 20,889 km, dikarenakan hanya satu KA yang melewati lintas Medan-Binjai yaitu KA Sri Lelawangsa, maka analisis perhitungannya sebagai berikut:

Diketahui:

Jarak Medan-Helvetia	= 5,95 km
Jarak Helvetia-Sunggal	= 6,4 km
Jarak Sunggal-Binjai	= 8,54 km
WT Medan-Helvetia	= 9 menit
WT Helvetia-Sunggal	= 9 menit
WT Sunggal-Binjai	= 11 menit

$$V \text{ rata - rata (km/jam)} = \frac{60 \times \text{JARAK (km)}}{\text{WAKTU TEMPUH (menit)}}$$

$$\begin{aligned} V \text{ rata - rata Medan - Helvetia} &= \frac{60 \times 5,95}{9} \\ &= 39,6 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ rata - rata Helvetia - Sunggal} &= \frac{60 \times 6,4}{9} \\ &= 42,6 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ rata - rata Sunggal - Binjai} &= \frac{60 \times 8,54}{11} \\ &= 46,6 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Kecepatan rata-rata dihitung berdasarkan waktu tempuh sehingga pada kondisi jalur ganda 5,9 km dengan jalur ganda 20,9 km memiliki kecepatan rata-rata dan waktu tempuh yang sama.

3. Analisis *Headway*

a. *Headway* Eksisting

Berdasarkan data yang didapat kondisi lintas Medan-Binjai memiliki jarak petak jalan 20,8 km, dengan hubungan blok otomatis tertutup dengan persinyalan terjauh didahulukan. Adapun jumlah KA Sri lawangsa yang melintas sebanyak 10 (pulang pergi) perhari dengan kecepatan sarana 80 km/jam. sehingga perhitungan *headway*, sebagai berikut:

$$\text{Kecepatan Grafis (tunggal)} = 80 \text{ km/jam} \times 85\% = 69 \text{ km/jam}$$

$$H = \frac{60 \times S_{ab} + 180}{v} + 1,5$$

$$H = \frac{60 \times 20,889 + 180}{69} + 1,5$$

$$H = 20,77 + 1,5 = 22,27 \text{ Menit}$$

Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan diatas, maka *Headway* terendah untuk melintasi jalan lintas Medan-Binjai adalah 22,27 menit, atau 22 menit 16 detik.

- b. *Headway* setelah stasiun Helvetia dan Sunggal serta jalur ganda 5,9 km dioperasikan

Berdasarkan data yang didapat jarak petak jalan Medan-Helvetia jalur ganda 5,95 km, jarak petak jalan Helvetia-Sunggal 6,4 jalur tunggal, dan jarak petak jalan Sunggal-Binjai 8,54 jalur tunggal. dengan hubungan blok otomatis tertutup dengan persinyalan terjauh didahulukan. Dengan kecepatan sarana 80 km/jam. Maka perhitungan *headway* sebagai berikut:

Kecepatan Grafis (tunggal) = 80 km/jam x 85% = 69 km/jam

Kecepatan Grafis (ganda) = 80 km/jam x 90% = 72 km/jam

- 1) *Headway* Medan-Helvetia (jalur ganda)

$$H = \frac{60 \times S_{ab} + 150}{V} + 0,25$$

$$H = \frac{60 \times 5,95 + 150}{72} + 0,25$$

$$H = 7,04 + 0,25 = 7,29 \text{ Menit (hulu)}$$

$$H = \frac{60 \times 5,95 + 150}{72} + 0,25$$

$$H = 7,04 + 0,25 = 7,29 \text{ Menit (hilir)}$$

Dengan mempertimbangkan perhitungan di atas, maka *Headway minimum* untuk melintasi lintas Medan-Helvetia adalah 7,29 menit, atau 7 menit 17 detik, baik di hulu maupun di hilir.

- 2) *Headway* Helvetia-Sunggal (jalur tunggal)

$$H = \frac{60 \times S_{ab} + 180}{V} + 1,5$$

$$H = \frac{60 \times 6,4 + 180}{69} + 1,5$$

$$H = 8,17 + 1,5 = 9,67 \text{ Menit}$$

Dengan mempertimbangkan perhitungan di atas, maka *Headway minimum* untuk melintasi jalan lintas Helvetia-Sunggal adalah 9,67 menit, atau 9 menit 40 detik.

- 3) *Headway* Sunggal-Binjai (jalur tunggal)

$$H = \frac{60 \times S_{ab} + 180}{V} + 1,5$$

$$H = \frac{60 \times 8,54 + 180}{69} + 1,5$$

$$H = 10,03 + 1,5 = 11,53 \text{ Menit}$$

Dengan mempertimbangkan perhitungan di atas, maka *headway minimum* untuk melintasi jalan lintas Sunggal-Binjai adalah 11,53 menit, atau 11 menit 31 detik.

- c. *Headway* setelah stasiun Helvetia dan Sunggal serta jika jalur ganda dibangun sepanjang 20,889 km dioperasikan.

Berdasarkan data yang didapat jarak petak jalan Medan-Helvetia jalur ganda 5,95 km, jarak petak jalan Helvetia-Sunggal 6,4 jalur ganda, dan jarak petak jalan Sunggal-Binjai 8,54 jalur ganda. dengan hubungan blok otomatis tertutup dengan persinyalan terjauh didahulukan. kecepatan sarana 80 km/jam. Maka perhitungan *headway* sebagai berikut:

Kecepatan Grafis (ganda) = 80 km/jam x 90% = 72 km/jam

- 1) *Headway* Medan-Helvetia (jalur ganda)

$$H = \frac{60 \times S_{ab} + 150}{V} + 0,25$$

$$H = \frac{60 \times 5,95 + 150}{72} + 0,25$$

$$H = 7,04 + 0,25 = 7,29 \text{ Menit (hulu)}$$

$$H = \frac{60 \times 5,95 + 150}{72} + 0,25$$

$$H = 7,04 + 0,25 = 7,29 \text{ Menit (hilir)}$$

Dengan mempertimbangkan perhitungan di atas, maka *headway minimum* untuk melintasi jalan lintas Medan-Helvetia adalah 7,29 menit, atau 7 menit 17 detik, baik di hulu maupun di hilir.

- 2) *Headway* Helvetia-Sunggal (jalur ganda)

$$H = \frac{60 \times S_{ab} + 150}{V} + 0,25$$

$$H = \frac{60 \times 6,4 + 150}{72} + 0,25$$

$$H = 7,42 + 0,25 = 7,67 \text{ Menit (hulu)}$$

$$H = \frac{60 \times 6,4 + 150}{72} + 0,25$$

$$H = 7,42 + 0,25 = 7,67 \text{ Menit (hilir)}$$

Dengan mempertimbangkan perhitungan di atas, maka *headway minimum* untuk melintasi jalan lintas Helvetia-Sunggal adalah 7,42 menit, atau 7 menit 25 detik baik di hulu maupun di hilir.

3) *Headway* Sunggal-Binjai (jalur ganda)

$$H = \frac{60 \times S_{ab} + 150}{V} + 0,25$$

$$H = \frac{60 \times 8,54 + 150}{72} + 0,25$$

$$H = 9,2 + 0,25 = 9,45 \text{ Menit (hulu)}$$

$$H = \frac{60 \times 8,54 + 150}{72} + 0,25$$

$$H = 9,2 + 0,25 = 9,45 \text{ Menit (hilir)}$$

Dengan mempertimbangkan perhitungan di atas, maka *Headway minimum* yang diizinkan untuk melintasi jalan lintas Sunggal-Binjai adalah 9,45 menit atau 9 menit 27 detik baik dari hulu maupun hilir.

Penurunan *headway* pada saat pembangunan telah selesai dan mulai dioperasikan penurunan tersebut dikarenakan perubahan jalur menjadi jalur ganda dan pembagian petak jalan Medan-Binjai dengan penambahan 2 stasiun baru. Tetapi jika jalur ganda hanya dibuat sepanjang 5,9 km maka pada masa yang akan datang dengan rencana kereta api baru atau perpanjangan lintas KA lain yang akan memasuki lintas Medan-Binjai maka akan terdapat persilangan kereta api pada stasiun Helvetia sebagai stasiun peralihan.

4. Analisis Kapasitas Lintas

Kapasitas lintas adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kapasitas suatu kereta api untuk melintasi dalam jangka waktu tertentu, seperti satu jam (60 menit) atau dua puluh empat jam (1440 menit), yang dapat dilalui melalui jalur yang terkait dengan satuan kereta api per jam (KA/jam) atau kereta api per hari (KA/Hari).

Untuk lintas Medan-Binjai saat ini dilayani dengan jalur tunggal dan direncanakan untuk ditambahkan menjadi jalur ganda, stasiun Medan-Binjai dihubungkan melalui hubungan blok otomatis tertutup. Untuk menghitung kapasitas lintas saat ini, rumus berikut digunakan:

a. Jalur tunggal

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

b. Jalur ganda

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

Kapasitas lalu lintas Medan-Binjai dihitung sebagai berikut:

a. Kapasitas Lintas Eksisting

Kecepatan Grafis (tunggal) = 80 km/jam x 85% = 69 km/jam

Headway = 22,27 menit (22 Menit 16 detik)

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas lintas Medan – Binjai} &= \frac{1440}{H} \times 0,6 \\ &= \frac{1440}{22,27} \times 0,6 \\ &= 39 \text{ Kereta} \end{aligned}$$

b. Kapasitas Lintas setelah stasiun Helvetia dan Sunggal serta jalur ganda sepanjang 5,9 km beroperasi ditunjukkan pada Tabel V.5.

Kecepatan Grafis (tunggal) = 80 km/jam x 85% = 69 km/jam

Kecepatan Grafis (ganda) = 80 km/jam x 90% = 72 km/jam

Tabel V. 7 Kapasitas lintas Medan-Binjai

No	Petak jalan	Jarak (km)	Vg (km/jam)	<i>Headway</i> (menit)	Kapasitas Lintas (KA)
1	Medan-Helvetia	5,9	72	7,29	276
2	Helvetia-Sunggal	6,4	69	9,67	90
3	Sunggal-Binjai	8,54	69	11,53	75

Sumber: Hasil analisis, 2023

c. Kapasitas Lintas setelah stasiun Helvetia dan Sunggal serta jika pembangunan jalur ganda diteruskan sepanjang 20,889 km beroperasi ditunjukkan pada Tabel V.6.

Kecepatan Grafis (ganda) = 80 km/jam x 90% = 72 km/jam

Tabel V. 8 Kapasitas lintas Medan-Binjai

No	Petak jalan	Jarak (km)	Vg (km/jam)	Headway (menit)	Kapasitas Lintas (KA)
1	Medan-Helvetia	5,9	72	7,29	276
2	Helvetia-Sunggal	6,4	72	7,67	262
3	Sunggal-Binjai	8,54	72	9,45	175

Sumber: Hasil analisis, 2023

Pada kondisi saat ini lintas Medan-Binjai memiliki kapasitas 39 kereta api namun kapasitas hanya terpakai 20. Pembangunan jalur ganda pada jalur layang kereta api mempunyai tujuan untuk mengamankan perjalanan KA tetapi juga terdapat rencana bahwa lintas Medan-Binjai akan mengalami penambahan kereta api atau perpanjangan lintas KA lain. Oleh karena itu jalur ganda bermanfaat untuk merealisasikan rencana tersebut. Manfaat jika jalur ganda diteruskan hingga 20,8 km yakni jika rencana penambahan kereta api atau perpanjangan lintas KA lain dilaksanakan maka tidak akan adanya persilangan pada stasiun Helvetia.

E. Waktu Tunggu Naik Turun Penumpang

Dengan adanya pembangunan jalur ganda dan pembangunan 2 stasiun baru yaitu Helvetia dan Sunggal, Jadi, waktu kereta api datang dan pergi dari stasiun juga akan berubah, kereta api direncanakan akan berhenti di setiap stasiun yaitu stasiun Medan, stasiun Helvetia, stasiun Sunggal, dan stasiun Binjai. Waktu yang dibutuhkan untuk naik dan turun penumpang di jalur ganda dihitung berdasarkan waktu berhenti rata-rata kereta di kondisi yang ada di lintas Medan-Binjai. Waktu tunggu di tiap stasiun lintas Medan-Binjai yaitu lama waktu berhenti pada stasiun Medan dan Binjai 15 menit dikarenakan adanya proses langsiran, naik-turun penumpang, dan persiapan rangkaian balik, sehingga waktu berhenti lebih lama dibandingkan dengan stasiun Helvetia dan Sunggal yang hanya 5 menit dikarenakan hanya melayani naik-turun penumpang dan kebutuhan pengendalian operasi terutama di stasiun Helvetia sebagai stasiun peralihan.

Tabel V. 9 Lama waktu berhenti

No	Stasiun	Lama Berhenti (Menit)
1	Medan	15
2	Helvetia	5
3	Sunggal	5
4	Binjai	15

Sumber: Hasil analisis, 2023

F. Analisis Kebutuhan Sarana KA Sri Lelawangsa

Untuk menentukan sarana yang diperlukan untuk mengangkut penumpang, terutama pada KA Sri Lelawangsa, diperlukan peramalan permintaan penumpang. Data penumpang selama dua tahun, 2021 dan 2022, digunakan sebagai sampel untuk menghitung tingkat pertumbuhan penumpang.

Jumlah penumpang akan terus meningkat dalam beberapa tahun mendatang, menurut hasil analisis peramalan permintaan. Faktor-faktor ini terkait dengan populasi yang terus meningkat, dan banyak masyarakat lebih suka menggunakan kereta api daripada cara lain untuk pergi. KA Sri Lelawangsa memiliki kapasitas penumpang 530 tempat duduk. Dengan 20 perjalanan per hari, sehingga terdapat 10.600 tempat duduk per hari.

1. Kebutuhan perjalanan

Pada kondisi saat ini kereta api Sri Lelawangsa tahun 2023 memiliki 20 frekuensi dalam sehari, kapasitas KA Sri Lelawangsa yaitu 530 tempat duduk sehingga mampu mengangkut penumpang sebanyak 10.600 penumpang. Berdasarkan hasil peramalan, kapasitas tempat duduk telah mencukupi jumlah penumpang dalam sehari dimana hasil peramalan jumlah penumpang adalah sebagai berikut.

Tabel V. 10 Perkiraan Jumlah Kebutuhan Perjalanan KA Sri Lelawangsa

No	Tahun	Jumlah rata-rata penumpang perhari	Jumlah perjalanan perhari
1	2021	2153	20
2	2022	3394	20
3	2023	4142	20
4	2024	5080	20
5	2025	6018	20
6	2026	6956	20
7	2027	7894	20

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Maka dari hasil analisis diatas dapat disimpulkan kapasitas sarana KA Sri Lelawangsa telah mencukupi untuk mengangkut permintaan penumpang hingga tahun 2027.

2. Kebutuhan sarana

Untuk mencukupi kebutuhan sarana dengan jumlah penumpang yang telah diprediksi sebelumnya, perlu dilakukan perhitungan terhadap banyaknya rangkaian KA. Perhitungan yang digunakan untuk menentukan penambahan sarana adalah sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan Sarana} = \frac{\text{Waktu edar}}{\text{Headway} \times 0,85}$$

Berdasarkan rumus perhitungan di atas, maka Perhitungan untuk mencari headway adalah sebagai berikut:

$$\text{Headway} = \frac{\text{waktu operasi perhari}}{\text{Frekuensi jumlah perjalanan}}$$

Dengan menggunakan rumus di atas, Menurut Gapeka 2023, waktu operasi KA Sri Lelawangsa per hari adalah 24 jam, sehingga harus dikurangi untuk waktu perawatan, maka jam operasi efektif adalah 19 jam. Berikut adalah contoh perhitungan headway tahun 2023 berdasarkan jumlah perjalanan sebelumnya:

$$\begin{aligned} \text{Headway (2023)} &= \frac{\text{waktu operasi perhari}}{\text{Frekuensi jumlah perjalanan}} \\ &= \frac{1140 \text{ menit}}{20} \\ &= \frac{1140 \text{ menit}}{20} \\ &= 57 \text{ menit} \end{aligned}$$

Maka hasil Perhitungan di atas sebagai berikut:

Tabel V. 11 Headway Kereta Api Sri Lelawangsa

No	Tahun	Jumlah Perjalanan perhari	Headway (menit)
1	2021	20	57
2	2022	20	57
3	2023	20	57
4	2024	20	57
5	2025	20	57
6	2026	20	57
7	2027	20	57

Sumber: Hasil Analisis, 2023

waktu edar, yang digunakan untuk menghitung berapa lama kereta pergi dari stasiun awal ke stasiun tujuan akhir dan kembali ke stasiun awal lagi. Nilai waktu edar terdiri dari waktu tempuh bolak-balik, waktu tunggu di stasiun, dan WTT. Stasiun Medan adalah stasiun berangkat dan Binjai stasiun akhir, atau sebaliknya. Perhitungan waktu edar sebagai berikut:

1. Jalur Tunggal

Waktu bolak-balik : 22 menit x 2 = 44 Menit

WTT : 15 Menit

Waktu edar : 44 + 15(2) = 74 Menit

2. Jalur ganda dan penambahan 2 stasiun baru

Waktu bolak-balik : 29 menit x 2 = 58 Menit

Waktu tunggu stasiun : 5 menit tiap stasiun (4)

WTT : 15 Menit

Waktu edar : 58+ 5(2) + 15(2) = 98 menit

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa waktu edar sebelum adanya jalur ganda dan sesudah adanya jalur ganda memiliki perbedaan waktu dimana pada jalur tunggal waktu edarnya adalah 74 menit sedangkan saat jalur ganda menjadi bertambah yaitu 98 menit hal ini dikarenakan terdapat 2 pemberhentian baru yaitu stasiun Helvetia dan Sunggal. sehingga untuk menghitung kebutuhan sarana adalah sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan Sarana} = \frac{\text{Waktu edar}}{\text{Headway} \times 0,85}$$

Maka sebagai contoh untuk stamformasi 1Lok + 5K3 + 1KMP3 jumlah sarana yang dibutuhkan pada tahun 2023 adalah sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan Sarana (2023)} = \frac{74}{57 \times 0,85} = 1 \text{ trainset}$$

Jika stamformasi tetap menggunakan 1Lok + 5K3 + 1 KMP3, jumlah trainset yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan sarana di masa depan dapat dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan di atas, sehingga:

Tabel V. 12 Jumlah Perhitungan Kebutuhan Sarana

Tahun	Kapasitas	Waktu edar	Frekuensi	Headway	Kebutuhan sarana (<i>trainset</i>)
2021	530	74	20	57	1
2022	530	74	20	57	1
2023	530	74	20	57	1
2024	530	98	20	57	1
2025	530	98	20	57	1
2026	530	98	20	57	1
2027	530	98	20	57	1

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Pada kondisi saat ini KA Sri Lelawangsa memiliki 1 *trainset* yang beredar kemudian berdasarkan proyeksi kebutuhan sarana hingga tahun 2027 telah mencukupi dengan menggunakan 1 *trainset* saja. Namun diperlukan penambahan 4K3 sebagai cadangan sehingga terdapat waktu untuk perawatan.

Selain rencana pembangunan terdapat juga rencana perpanjangan lintas KA Bandara hingga stasiun Binjai sehingga nantinya akan terdapat 2 *trainset* pada lintas Medan-Binjai dimana terdiri atas *trainset* KA Sri Lelawangsa dan KA Bandara.

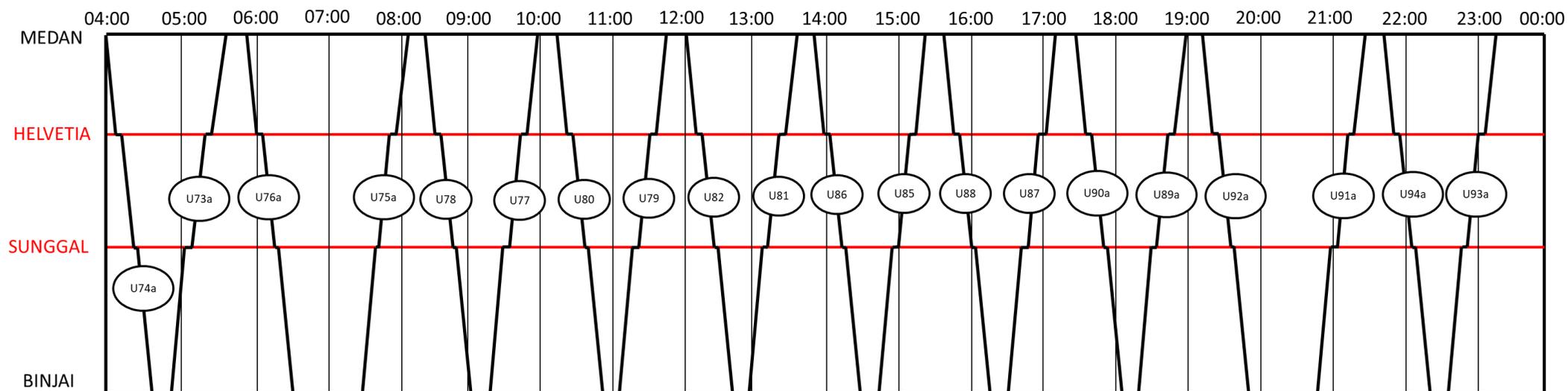
G. Jadwal KA Sri Lelawangsa Setelah Pembangunan

Hasil analisis menunjukkan bahwa waktu perjalanan dan kecepatan rata-rata KA Sri Lelawangsa telah berubah. Oleh karena itu, jadwal KA Sri Lelawangsa lintas Medan-Binjai harus disesuaikan. Perubahan jadwal kereta api yang dilakukan setelah pembangunan jalur layang kereta api dan pembangunan dua stasiun baru, adalah sebagai berikut.

Tabel V. 13 Jadwal usulan

KA Sri Lelawangsa										
Setiap Hari										
No. KA	Medan	Helvetia	Sunggal	Binjai		No. KA	Binjai	Sunggal	Helvetia	Medan
U74a	04.00	04.14	04.28	04.39		U73a	04.54	05.05	05.28	05.41
U76a	05.56	06.10	06.24	06.35		U75a	07.32	07.48	08.02	08.11
U78	08.26	08.40	08.54	09.05		U77	09.20	09.36	09.50	09.59
U80	10.14	10.28	10.42	10.53		U79	11.08	11.24	11.38	11.47
U82	12.02	12.16	12.30	12.41		U81	12.56	13.12	13.26	13.35
U86	13.50	14.04	14.18	14.29		U85	14.44	15.00	15.14	15.23
U88	15.38	15.52	16.06	16.17		U87	16.32	16.48	17.02	17.11
U90a	17.26	17.40	17.54	18.05		U89a	18.20	18.36	18.50	18.59
U92a	19.14	19.28	19.42	19.53		U91a	20.50	21.06	21.20	21.29
U94a	21.44	21.58	22.12	22.23		U93a	22.38	22.54	23.08	23.17

Sumber: Hasil analisis, 2023



Sumber: Hasil Analisis, 2023

Gambar V. 2 Gapeka usulan