P-ISSN.2089-2942
E-ISSN. 2686-6676

ANALISIS PENGARUH RADIUS LENGKUNG TERHADAP KECEPATAN KERETA API

Syafira Salsabilla[1)], Yasmine Anisatul Lutfiah[2)], Fithri Estikhamah[3)]
[1,2)] Mahasiswa Program Studi Teknik, Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
[3,)] Dosen Program Studi Teknik, Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
e-mail: 21035010033@student.upnjatim.ac.id[1)], 21035010076@student.upnjatim.ac.id[2)], fithri.ts@upnjatim.ac.id[3)]

ABSTRAK

Moda transportasi yang umum digunakan terdiri atas transportasi darat, transportasi laut, dan transportasi udara. Salah satu transportasi yang sering digunakan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari adalah kereta api. Sejalan dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 32 Tahun 2011 tentang standar dan tata cara perawatan prasarana perkeretaapian yang menjelaskan tentang pentingnya pemeliharaan prasarana kereta api agar menjadikan sarana perkeretaapian menjadi moda transportasi yang efisien. Hal tersebut harus sejalan dengan perencanaan yang baik. Prasarana perkeretaapian mencakup jalur rel, stasiun, dan fasilitas operasional yang mendukung kelancaran operasional kereta api. Untuk itu geometrik jalan rel harus direncanakan sedemikian rupa karena perencanaannya mempengaruhi kenyamana, keamanan, dan kinerja dari kereta api. Lokasi penelitian ini dilakukan pada jalur kereta api Lintas Surabaya – Banyuwangi segmen Jember - Kalisat. Tahapan proses penelitian ini dimulai denga survei lokasi kemudian pengumpulan data. Selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk menentukan kecukupan data. Setelah data telah mencukupi berikutnya, dilakukan analisis data. Didaptak Kesimpulan bahwa besar dan kecilnya nilai radius lengkung berpengaruh terhadap kecepatan kereta api. Semakin besar nilai radius lengkung, semakin besar juga kecepatan kereta api yang dapat melewati lengkung tersebut.

Kata Kunci: Jalan Rel, Geometri, Kereta Api, Lengkung, Transportasi.

ABSTRACT

The common modes of transportation include land, sea, and air transport. One of the most frequently used modes of transportation by humans in daily life is the train. In line with the Ministry of Transportation Regulation No. 32 of 2011 on the standards and procedures for the maintenance of railway infrastructure, which emphasizes the importance of maintaining railway infrastructure to ensure that the railway system remains an efficient mode of transportation, this must be aligned with proper planning. Railway infrastructure includes the rail track, stations, and operational facilities that support the smooth operation of trains. Therefore, the geometry of the railway must be carefully planned, as its design affects the comfort, safety, and performance of the train. The research was conducted on the Surabaya–Banyuwangi railway line, specifically the Jember–Kalisat segment. The research process began with a site survey, followed by data collection. The data was then processed to determine its adequacy. Once the data was sufficient, an analysis was conducted. The conclusion drawn is that the size of the curve radius has an impact on the train's speed. The larger the radius of the curve, the higher the speed at which the train can pass through the curve.

Keywords**: **Railway, Geometry, Train, Curve, Transportation.

I. Pendahuluan

Transportasi berperan penting dan tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Transportasi merupakan moda yang dimanfaatlan manusia untuk memudahkan kehidupan sehari-hari. Transportasi juga salah satu hal yang

menunjang perkembangan wilayah [1]. Moda transportasi terdiri atas transportasi darat, transportasi laut, dan transportasi udara. Salah satu transportasi yang sering digunakan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari adalah kereta api. Hal tersebut adalah yang mendasari terjadinya pembangunan moda transportasi perkeretaapian yang cukup signifikan beberapa waktu ini.

Sejalan dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 32 Tahun 2011 tentang standar dan tata cara perawatan prasarana perkeretaapian yang menjelaskan tentang pentingnya pemeliharaan prasarana kereta api agar menjadikan sarana perkeretaapian menjadi moda transportasi yang efisien [2]. Hal tersebut harus sejalan dengan perencanaan yang baik. Geometri jalan rel harus direncanakan sedemikian rupa dengan memperhatikan keselamatan dan kenyamanan dari para penumpang[3]. Berdasarkan uraian tersebut, maka diperlukan Analisis Pengaruh Lengkung Jalan Rel Terhadap Kecepatan Kereta Api pada KM. 197 + 000 - KM. 214 + 770 serta analisa perhitungan kemiringan lengkung jalur kereta api segmen Jember-Kalisat untuk menentukan kebutuhan pemeliharaan tahunan jalan rel pada lengkung.

II. Tinjauan Pustaka

Kereta Api

Menurut Hadihardaja (1997) yang terdapat pada buku dengan judul Sistem Transportasi menyatakan bahwa transportasi adalah pemindahan penumpang dan barang dari satu tempat ke tempat lain salah satunya ialah kereta api [4]. Kereta api merupakan alat transportasi yang digerakkan dengan tenaga, yang dapat berjalan sendiri atau digabungkan dengan sarana perkeretaapian lainnya, dan bergerak di jalur rel yang digunakan untuk perjalanan kereta api. Sementara itu, prasarana perkeretaapian mencakup jalur rel, stasiun, dan fasilitas operasional yang mendukung kelancaran operasional kereta api. Jalan rel adalah satu kesatuan konstruksi yang dirancang untuk menjadi jalur bagi pergerakan kereta api. Konstruksi ini terdiri dari material seperti baja, beton, atau kombinasi material lain, dan dapat ditempatkan di berbagai posisi geografis, seperti di atas tanah, di bawah tanah (terowongan), di atas struktur (jembatan atau viaduk), atau bergantung pada struktur khusus beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api [5].

Geometri Jalan Rel

Geometri jalan rel adalah pengaturan bentuk, ukuran, dan dimensi jalur rel kereta api yang mencakup berbagai aspek teknis pada arah horizontal maupun vertikal. Elemen-elemen geometri ini melibatkan kelandaian, lebar rel, peninggian rel, dan pelebaran rel [6]. Geometrik jalan rel harus direncanakan sedemikian rupa karena perencanaannya mempengaruhi kenyamana, keamanan, dan kinerja dari kereta api. Perencanaan kereta api harus memperhatikan peraturan-peraturan yang ada di Indonesia. Perencanaan yang tepat dapat memastikan kestabilan rel serta menghindari masalah yang akan ditimbulkan karena kesalahan perencanaan.

1. Aliyemen Horizontal

   Alinyemen horizontal merupakan proyeksi jalur rel pada sumbu horizontal (mendatar) yang meliputi bagian jalan yang lurus dan yang berbentuk lengkungan.

   a) Lengkung Lingkaran

      Dua segmen lurus, yang perpanjangan membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran dan memberikan transisi halus dari satu arah ke arah lain. Berikut adalah jari-jari minimum alinyemen horizontal yang diizinkan pada jalan rel.

Tabel 1 Jari-Jari Minimum Alinyemen Horizontal

Kecepatan Rencana (Km/jam)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung	Jari-jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan

	peralihan (m)	dengan lengkung peralihan (m)
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

(Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012)

b) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah jenis lengkungan yang memiliki jari-jari (radius) yang berubah secara bertahap sepanjang panjangnya. Lengkung ini dirancanguntuk menghubungkan bagian jalan lurus dengan lengkungan utama, atau dua lengkungan dengan jari-jari berbeda. Penerapan lengkung peralihan umumnya dilakukan pada tikungan dengan radius kecil untuk menciptakan transisi yang lebih halus, sehingga kereta dapat berpindah dari jalur lurus ke lengkung utama atau antara lengkung dengan radius berbeda tanpa guncangan yang signifikan.

c) Lengkung Spiral

Lengkung spiral terjadi ketika dua tikungan dengan arah lengkungan yang berlawanan terletak berdekatan. di antara kedua tikungan dengan arah lengkungan yang berbeda ini, harus ada bagian jalan lurus sepanjang minimal 20 meter.

2. Pelebaran Jalan Rel

Berdasarkan pada Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012, tujuan dilakukannya pelebaran jalan rel adalah untuk meningkatkan kestabilan dan keamanan kereta api saat melintasi lengkungan. Pelebaran jalan rel dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti kecepatan kereta, radius lengkung, dan karakteristik jalur. Berikut penjelasan terkait pilihan yang diberikan:

a) Pelebaran jalan rel dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melintasi lengkungan tanpa terhambat.
b) Pelebaran jalan rel dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam.
c) Pelebaran jalan rel dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan.
d) Besar pelebaran jalan rel untuk lebar jalur 1067 mm pada berbagai jari-jari tikungan tercantum pada **Tabel 2**

Tabel 2 Pelebaran Jalan Rel

Jari-Jari Tikungan (m)	Pelebaran
R > 600	0
550 < R ≤ 600	5
400 < R < 550	10
350 < R ≤ 400	15
100 < R ≤ 350	20

(Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012)

3. Peninggian Jalan Rel

Mengacu pada Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012, ujuan utama peninggian jalan rel (*superelevation*) adalah untuk memastikan stabilitas, keamanan, dan kenyamanan perjalanan kereta api saat melewati tikungan. Penyesuaian elevasi dilakukan secara teknis dengan mempertimbangkan faktor gaya sentrifugal, radius tikungan, dan kecepatan rencana kereta. Berikut penjelasan terkait tiga poin penting:

a) Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dibandingkan rel dalam untuk menyeimbangkan gaya sentrifugal yang dihadapi oleh rangkaian kereta.
b) Peninggian rel dilakukan dengan menempatkan rel dalam pada ketinggian yang sesuai, sementara rel luar diposisikan lebih tinggi.

P-ISSN.2089-2942
E-ISSN. 2686-6676

c) Besar peninggian untuk lebar jalur rel 1067 mm pada berbagai kecepatan rencana tercantum pada **Tabel 3**

Tabel 3 Peninggian Jalan Rel

Jari-jari (m)	Peninggian (mm) pas (km/hr)						
	120	110	100	90	80	70	60
100							
150							
200							110
250							90
300						100	75
350					110	85	65
400					100	75	55
450				110	85	65	50
500				100	80	60	45
550			110	90	70	55	40
600			100	85	65	50	40
650			95	75	60	50	35
700		105	85	70	55	45	35
750		100	80	65	55	40	30
800	110	90	75	65	50	40	30
850	105	85	70	60	45	35	30
900	100	80	70	55	45	35	25
950	95	80	65	55	45	35	25
1000	90	75	60	50	40	30	25
1100	80	70	55	45	35	30	20
1200	75	60	55	45	35	25	20
1300	70	60	50	40	30	25	20
1400	65	55	45	35	30	25	20
1500	60	50	40	35	30	20	15
1600	55	45	40	35	25	20	15
1700	55	45	35	30	25	20	15
1800	50	40	35	30	25	20	15
1900	50	40	35	30	25	20	15
2000	45	40	30	25	20	15	15
2500	40	30	25	20	20	15	10
3000	35	25	20	20	15	10	10
3500	25	25	20	15	15	10	10
4000	25	20	15	15	10	10	10

(Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012)

Peninggian rel dilakukan dengan menaikkan rel luar pada lengkungan untuk membantu stabilitas kereta, mencegah tergelincir, dan mengurangi gaya lateral yang dapat merusak roda dan rel. Besar peninggian maksimum untuk lebar jalan rel 1067 mm adalah 110 mm dan untuk lebar jalan rel 1435 mm adalah 150 mm.

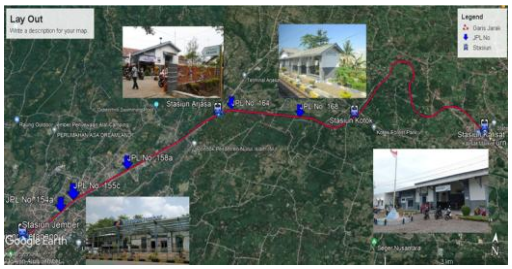
III. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada jalur kereta api Lintas Surabaya – Banyuwangi segmen Jember - Kalisat.

P-ISSN.2089-2942
E-ISSN. 2686-6676

Lokasi penelitian ini objek yang menjadi fokus yaitu perbandingan rel tipe R. 42 dengan R. 54 dalam upaya peningkatan jalur kereta api menjadi double track sebagai bahan studi kasus untuk spesifikasi pengumpulan data penelitian.



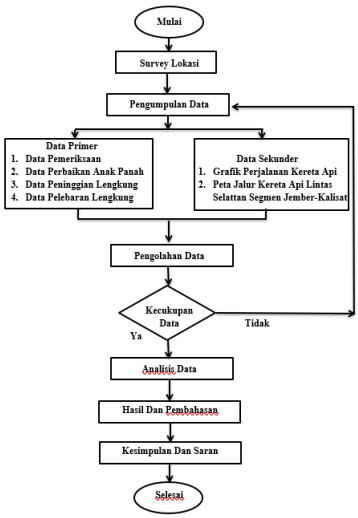
Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian
(Sumber: Dokumen PT. Rizky Anugrah Sentosa, KSO.)

Pengolahan Data

Pada proyek peningkatan jalur kereta api lintas surabaya – banyuwangi segmen jember – kalisat, metode perhitungan pengaruh lengkung dan kecepatan digunakan selama pengolahan data untuk menentukan kesesuaian lengkung yang ada di lapangan dengan standar yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Perhubungan tentang persyaratan teknis jalur kereta api.

Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh lengkung jalan rel terhadap kecepatan kereta api pada KM. 197 + 000 - KM. 214 + 770 serta analisa perhitungan kemiringan lengkung jalur kereta api segmen Jember-Kalisat, diperlukan pendekatan sistematis untuk memastikan hasil yang akurat dan relevan.



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Bagan alir penelitian ini menjadi panduan utama dalam setiap tahapan proses penelitian, mulai dari survei lokasi kemudian pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder. Selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk menentukan kecukupan data. Setelah data telah mencukupi berikutnya dilakukan analisis data serta perhitungan untuk mendapatkan hasil analisis kemudian ditarik kesimpulan.

IV. Hasil dan Pembahasan

Data kecepatan kereta api yang melintasi jalur kereta api Lintas Surabaya–Banyuwangi segmen Jember–Kalisat KM. 197 + 000 - KM. 214 + 770 dapat dilihat pada **Tabel 4** [7].

Tabel 4 Data Kecepatan Kereta Api Jalur Lintas Surabaya–Banyuwangi segmen Jember–Kalisat

No.	Nama Kereta	Kode	Kecepatan (km/jam)
1	Wijaya Kusuma	KA 119	70
2	Wijaya Kusuma	KA 120	70
3	Blambangan Ekspres	KA 183	70
4	Blambangan Ekspres	KA 184	70
5	Mutiara Timur	KA 187F	70
6	Mutiara Timur	KA 188F	70

7	Mutiara Timur	KA 189F	70
8	Mutiara Timur	KA 190F	70
9	Sri Tanjung	KA 243	70
10	Sri Tanjung	KA 244	70
11	Tawangalun	KA 263	70
12	Tawangalun	KA 264	70
13	Probowangi	KA 265	70
14	Probowangi	KA 266	70
15	Pandanwangi	KA 444	70
16	Pandanwangi	KA 445	70
17	Pandanwangi	KA 446	70
18	Pandanwangi	KA 447	70

(Sumber: Grafik Perjalanan Kereta Api 2023)

Perhitungan Pengaruh Lengkung Terhadap Kecepatan Kereta

1. Direncanakan:
   Vr = 58 km/jam
   R = 298 m
   a) Menghitung Radius Minimal
   $R\ min = 0{,}054\ x\ V^2$
   $R\ min = 0{,}054\ x\ (58)^2$
   $R\ min = 181.65\ mm \approx 182\ mm$
   b) Menghitung Panjang Anak Panah pada Lengkung
   $AP = \frac{50}{R}$
   $AP = \frac{50}{298}$
   $AP = 0{,}1677\ m$
   $AP = 168\ mm$
   c) Menghitung Peninggian Rel Normal
   $H\ normal = 5{,}95\ x \frac{v^2}{R}$
   $H\ normal = 5{,}95\ x \frac{58^2}{298}$
   $H\ normal = 68\ mm$
   d) Panjang Lengkung Peralihan
   $Pla = 0{,}01\ x\ Hn\ x\ V$
   $Pla = 0{,}01\ x\ 68\ x\ 58$
   $Lh = 39{,}44\ m \approx 40\ m$
   e) Peninggian Rel Minimum
   $hmin = 8{,}86\ x \frac{(Vr)^2}{jari - jari} - 54.01$
   $hmin = 8{,}86\ x \frac{(58)^2}{298} - 54.01$
   $hmin = 46\ km/jam$
   f) Kecepatan Minimal
   $Vmin = \frac{\sqrt{H\ min\ x\ R}}{6}$
   $Vmin = \frac{\sqrt{46\ x\ 298}}{6}$
   $Vmin = 47.8\ km/jam$
   g) Ordinat Lengkung
   $Y1 = \frac{X^2}{6\ x\ R}$
   $Y1 = \frac{(40)^2}{6\ x\ 298}$
   $Y1 = 0{,}89$
   h) Ordinat Lengkung Minimal
   $Y1 = \frac{X^2}{6\ x\ R}$
   $Y1 = \frac{(27)^2}{6\ x\ 298}$
   $Y1 = 0{,}41$
   i) Kecepatan Maksimal
   $V\ max = 4{,}3\ x\ \sqrt{R}$
   $V\ max = 4{,}3\ x\ \sqrt{298}$
   $V\ max = 74{,}23\ km/jam$

Berdasarkan perhitungan diatas, dengan Radius 298 m akan didapatkan kecepatan maksimal sebesar 74,23 km/jam.

2. Direncanakan:
   Vr = 64 km/jam
   R = 340 m
   a) Menghitung Radius Minimal

$$R\ min = 0{,}054\ x\ V^2$$
$$R\ min = 0{,}054\ x\ (64)^2$$
$$R\ min = 221{,}18\ m\ \approx 222\ m$$

b) Menghitung Panjang Anak Panah pada Lengkung

$$AP = \frac{50}{R}$$
$$AP = \frac{50}{340}$$
$$AP = 147{,}05\ mm/m$$
$$AP = 148\ mm/m$$

c) Menghitung Peninggian Rel Normal

$$H\ normal = 5{,}95\ x \frac{v^2}{R}$$
$$H\ normal = 5{,}95\ x \frac{64^2}{340}$$
$$H\ normal = 72\ mm$$

d) Menghitung Panjang Lengkung Peralihan

$$Pla = 0{,}01\ x\ Hn\ x\ V$$
$$Pla = 0{,}01\ x\ 72\ x\ 64$$
$$Pla = 47\ m$$

e) Menghitung Peninggian Rel Minimum

$$hmin = 8{,}86\ x\ \frac{(Vr)^2}{jari - jari} - 54.01$$
$$hmin = 8{,}86\ x\ \frac{(64)^2}{340} - 54.01$$
$$hmin = 53\ km/jam$$

f) Menghitung Kecepatan Minimal

$$Vmin = \frac{\sqrt{H\ min\ x\ R}}{6}$$
$$Vmin = \frac{\sqrt{53\ x\ 40}}{6}$$
$$Vmin = 55\ km/jam$$

g) Menghitung Ordinat Lengkung

$$\Upsilon 1 = \frac{X^2}{6\ x\ R}$$
$$\Upsilon 1 = \frac{(47)^2}{6\ x\ 340}$$
$$\Upsilon 1 = 1{,}08\ m$$

h) Menghitung Ordinat Lengkung Minimal

$$\Upsilon 1 = \frac{X^2}{6\ x\ R}$$
$$\Upsilon 1 = \frac{(32)^2}{6\ x\ 340}$$
$$\Upsilon 1 = 0{,}5\ m$$

i) Menghitung Kecepatan Maksimal

$$V\ max = 4{,}3\ x\ \sqrt{R}$$
$$V\ max = 4{,}3\ x\ \sqrt{340}$$
$$V\ max = 79{,}29\ km/jam$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dengan Radius 340 m akan didapatkan kecepatan maksimal sebesar 79,29 km/jam.

3. Direncanakan:

Vr = 68 km/jam
R = 395 m

a) Menghitung Radius Minimal

$$R\ min = 0{,}054\ x\ V^2$$
$$R\ min = 0{,}054\ x\ (68)^2$$
$$R\ min = 249{,}6\ m\ \approx 250\ m$$

b) Menghitung Panjang Anak Panah pada Lengkung

$$AP = \frac{50}{R}$$
$$AP = \frac{50}{395}$$
$$AP = 126{,}5\ mm/m$$
$$AP = 127\ mm/m$$

c) Menghitung Peninggian Rel Normal

$$H\ normal = 5{,}95\ x \frac{V^2}{R}$$
$$H\ normal = 5{,}95\ x \frac{68^2}{395}$$
$$H\ normal = 70\ mm$$

d) Menghitung Panjang Lengkung Peralihan

$$Pla = 0{,}01\ x\ Hn\ x\ V$$
$$Pla = 0{,}01\ x\ 70\ x\ 68$$
$$Pla = 48\ m$$

e) Menghitung Peninggian Rel Minimum

$$hmin = 8{,}86\ x\ \frac{(Vr)^2}{jari - jari} - 54.01$$
$$hmin = 8{,}86\ x\ \frac{(68)^2}{395} - 54.01$$
$$hmin = 50\ mm$$

f) Menghitung Kecepatan Minimal

$$Vmin = \frac{\sqrt{H\ min\ x\ R}}{6}$$

$$Vmin = \frac{\sqrt{68\ x\ 395}}{6}$$

$$Vmin = 58\ km/jam$$

g) Menghitung Ordinat Lengkung

$$Y1 = \frac{X^2}{6\ x\ R}$$

$$Y1 = \frac{(48)^2}{6\ x\ 395}$$

$$Y1 = 0{,}97\ m$$

h) Menghitung Ordinat Lengkung Minimal

$$Y = \frac{X^2}{6\ x\ R}$$

$$Y = \frac{(33)^2}{6\ x\ 400}$$

$$Y = 0{,}46\ m$$

i) Menghitung Kecepatan Maksimal

$$V\ max = 4{,}3\ x\ \sqrt{R}$$

$$V\ max = 4{,}3\ x\ \sqrt{395}$$

$$V\ max = 85{,}46\ km/jam$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dengan Radius 395 m akan didapatkan kecepatan maksimal sebesar 85,46 km/jam.

4. Direncanakan

Vr = 83 km/jam

R = 400 m

a) Menghitung Radius Minimal

$$R\ min = 0{,}054\ x\ V^2$$

$$R\ min = 0{,}054\ x\ (83)^2$$

$$R\ min = 373\ m$$

b) Menghitung Panjang Anak Panah pada Lengkung

$$AP = \frac{50}{R}$$

$$AP = \frac{50}{400}$$

$$AP = 125\ mm/m$$

c) Menghitung Peninggian Rel Normal

$$H\ normal = 5{,}95\ x \frac{V^2}{R}$$

$$H\ normal = 5{,}95\ x \frac{83^2}{400}$$

$$H\ normal = 103\ mm$$

d) Menghitung Panjang Lengkung Peralihan

$$Pla = 0{,}01\ x\ Hn\ x\ V$$

$$Pla = 0{,}01\ x\ 103\ x\ 83$$

$$Pla = 85{,}5\ m \approx 86\ m$$

e) Menghitung Peninggian Rel Minimum

$$hmin = 8{,}86\ x \frac{(Vr)^2}{jari - jari} - 54.01$$

$$hmin = 8{,}86\ x \frac{(83)^2}{400} - 54.01$$

$$hmin = 99\ mm$$

f) Menghitung Kecepatan Minimal

$$Vmin = \frac{\sqrt{H\ min\ x\ R}}{6}$$

$$Vmin = \frac{\sqrt{99\ x\ 400}}{6}$$

$$Vmin = 82\ km/jam$$

g) Menghitung Ordinat Lengkung

$$Y1 = \frac{X^2}{6\ x\ R}$$

$$Y1 = \frac{(86)^2}{6\ x\ 400}$$

$$Y1 = 3{,}08\ m$$

h) Menghitung Ordinat Lengkung Minimal

$$Y1 = \frac{X^2}{6\ x\ R}$$

$$Y1 = \frac{(59)^2}{6\ x\ 400}$$

$$Y1 = 1{,}45\ m$$

i) Menghitung Kecepatan Maksimal

$$V\ max = 4{,}3\ x\ \sqrt{R}$$

$$V\ max = 4{,}3\ x\ \sqrt{400}$$

$$V\ max = 86\ km/jam$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dengan Radius 400 m akan didapatkan kecepatan maksimal sebesar 86 km/jam.

5. Direncanakan

Vr = 90 km/jam

R = 500 m

a) Menghitung Radius Minimal

$$R\ min = 0{,}054\ x\ V^2$$

P-ISSN.2089-2942
E-ISSN. 2686-6676

$$R\ min = 0{,}054\ x\ (90)^2$$
$$R\ min = 438\ m$$

b) Menghitung Panjang Anak Panah pada Lengkung

$$AP = \frac{50}{R}$$
$$AP = \frac{50}{500}$$
$$AP = 100\ mm/m$$

c) Menghitung Peninggian Rel Normal

$$H\ normal = 5{,}95\ x \frac{V^2}{R}$$
$$H\ normal = 5{,}95\ x \frac{90^2}{500}$$
$$H\ normal = 97\ mm$$

d) Menghitung Panjang Lengkung Peralihan

$$Pla = 0{,}01\ x\ Hn\ x\ V$$
$$Pla = 0{,}01\ x\ 97\ x\ 90$$
$$Pla = 88\ m$$

e) Menghitung Peninggian Rel Minimum

$$hmin = 8{,}86\ x \frac{(Vr)^2}{jari - jari} - 54.01$$
$$hmin = 8{,}86\ x \frac{(90)^2}{500} - 54.01$$
$$hmin = 90\ mm$$

f) Menghitung Kecepatan Minimal

$$V\ min = \frac{\sqrt{H\ min\ x\ R}}{6}$$
$$V\ min = \frac{\sqrt{90\ x\ 500}}{6}$$
$$V\ min = 87\ km/jam$$

g) Menghitung Ordinat Lengkung

$$Y1 = \frac{X^2}{6\ x\ R}$$
$$Y1 = \frac{(88)^2}{6\ x\ 500}$$
$$Y1 = 2{,}58\ m$$

h) Menghitung Ordinat Lengkung Minimal

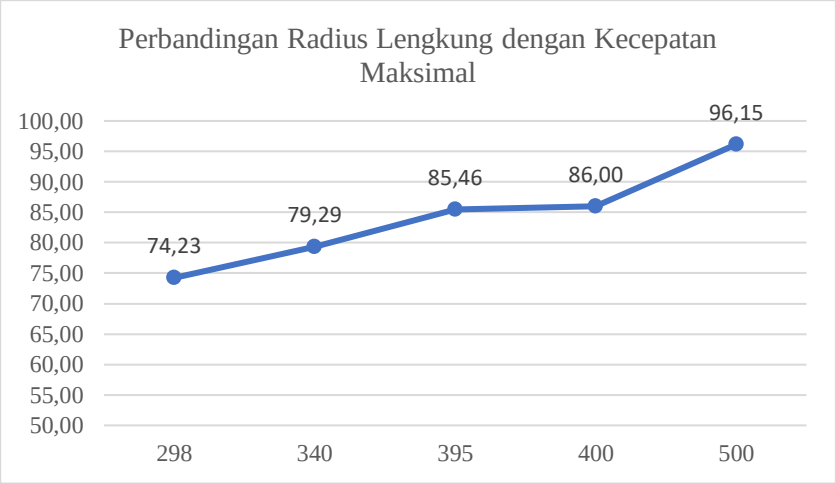
$$Y = \frac{X^2}{6\ x\ R}$$
$$Y = \frac{(60)^2}{6\ x\ 500}$$
$$Y = 1{,}20\ m$$

i) Menghitung Kecepatan Maksimal

$$V\ max = 4{,}3\ x\ \sqrt{R}$$
$$V\ max = 4{,}3\ x\ \sqrt{500}$$
$$V\ max = 96{,}15\ km/jam$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dengan Radius 500 m akan didapatkan kecepatan maksimal sebesar 96,15 km/jam.

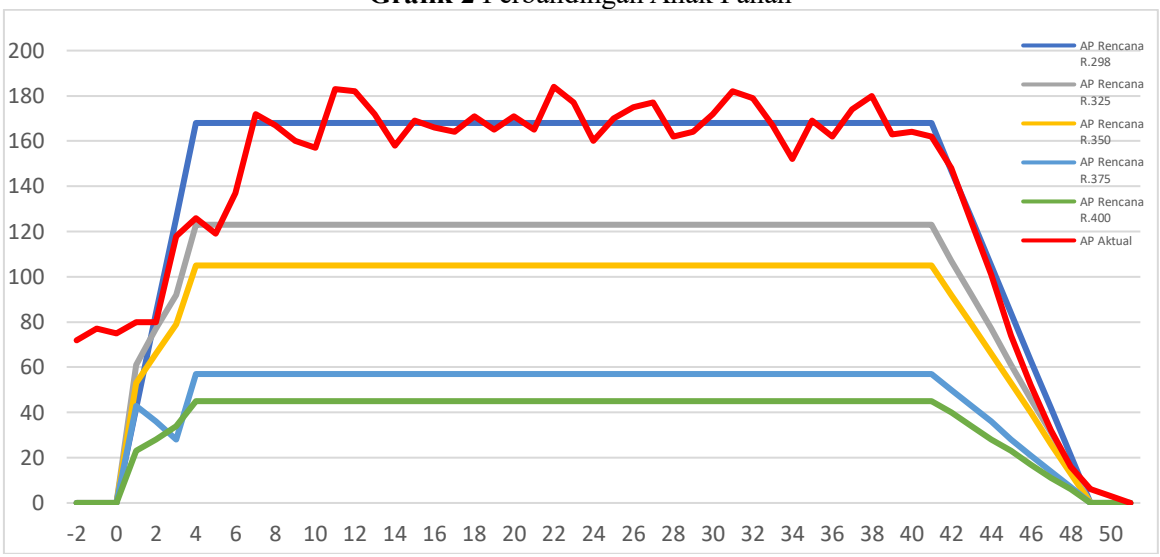
Grafik 1 Perbandingan Radius Lengkung dengan Kecepatan Maksimal



(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

P-ISSN.2089-2942
E-ISSN. 2686-6676

Grafik 2 Perbandingan Anak Panah



(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

V. Kesimpulan

1. Lengkung dengan radius sebesar 298 m dapat dilewati kereta api dengan kecepatan maksimal sebesar 74,23 km/jam.
2. Lengkung dengan radius sebesar 340 m dapat dilewati kereta api dengan kecepatan maksimal sebesar 77,52 km/jam.
3. Lengkung dengan radius sebesar 395 m dapat dilewati kereta api dengan kecepatan maksimal sebesar 80,45 km/jam.
4. Lengkung dengan radius sebesar 400 m dapat dilewati kereta api dengan kecepatan maksimal sebesar 83,27 km/jam.
5. Lengkung dengan radius sebesar 500 m dapat dilewati kereta api dengan kecepatan maksimal sebesar 86 km/jam.

Berdasarkan uraian dan perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa besar dan kecilnya nilai radius lengkung berpengaruh terhadap kecepatan kereta api saat melewati lintasan lengkung. Semakin besar nilai radius lengkung, semakin besar juga kecepatan kereta api yang dapat melewati lengkung tersebut.

VI. Daftar Pustaka

[1] J. E. Prabowo, R. Santosa, and A. Muhtadi, "Evaluasi Pengaruh Lengkung Horizontal Terhadap Kecepatan Kereta Api (Studi Kasus: Lintas Wonokromo-Waru Km. 8+200 s.d Km. 8+500)," 2023.

[2] "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 32," 2011.

[3] T. A. Karyanto *et al.*, "EVALUASI PENGARUH LENGKUNG JALAN KERETA API TERHADAP KECEPATAN KERETA API (Studi Kasus Berbah Km. 157+121-Km. 157+632)," *EQUILIB*, vol. 01, no. 01, pp. 53–62, 2020.

[4] J. Hadihardaja and [et al.], "Sistem Transportasi," 1997.

[5] "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 60," 2012.

[6] S. H. T. Utomo, "Jalan Rel," 2009.

P-ISSN.2089-2942
E-ISSN. 2686-6676

[7] "Direktorat Jendral Kereta Api 'Grafik Perjalanan Kereta Api,'" 2023.