

Evaluasi Pengaruh Lengkung Horizontal Terhadap Kecepatan Kereta Api (Studi Kasus : Lintas Wonokromo – Waru Km. 8+200 s.d Km. 8+500)

Juniar Eko Prabowo¹⁾, Rudy Santosa²⁾, Adhi Muhtadi³⁾

¹⁾Studi Teknik Sipil, Universitas Dr. Soetomo
Surabaya, Indonesia

Email: juniar.eko77@gmail.com

²⁾Teknik Sipil, Teknik, Universitas Dr. Soetomo,
Surabaya, Indonesia

Email: rudy.santosa@unitomo.ac.id

³⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Narotama
Surabaya, Indonesia

Email: adhimuhtadi1974@gmail.com

Abstract

A train is a railway facility with the power of motion, either running alone or coupled with other railway facilities that will or are currently moving on the railroad associated with train travel. Judging from its infrastructure, the train is a mode of transportation that runs on its own road, therefore maintenance must run properly so that each part can be passed safely, comfortably according to a predetermined speed. Railway infrastructure, in this case the railroad, is a place where trains don't always go straight, but there are curves. On the Wonokromo - Waru road plot, km. 8+200 to km. 8+500 there is an R. 333 curve with the permitted speed on that line of 80 km/hour, but for the sake of safety when crossing the location of the curve a speed limiter of 70 km/hour is installed. Through research on locations km 8+200 to 8+500 using field survey methods to obtain data which is then used to calculate the geometry of the curve so that it can be passed at an optimal speed of 80 km/hour. Based on the results of the geometric calculation analysis of elevation, radius, overturned arc length, free space, the maximum speed limit that can be traversed by trains, as well as the calculation of the arrow method, the result is that the curve is in km. 8+200 to km. 8+500 Wonokromo Crossing - Waru can be passed at an optimal speed of 80 km/hour by increasing the radius of the bend to 350 M with a maximum height of 110 mm according to the rab made. Comparison between the speed and the radius of the curve of the railroad can be concluded that the greater the radius of the curve, the higher the speed of the train when it crosses the curve.

Keywords: Train, Curve, Speed

Abstrak

Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api. Dilihat dari prasarananya kereta api adalah moda transportasi yang berjalan di atas jalannya sendiri, oleh karena itu perawatannya harus berjalan dengan baik agar tiap bagiannya dapat dilewati dengan aman, nyaman sesuai dengan kecepatan yang telah ditentukan. Prasarana perkeretaapian dalam hal ini jalan rel merupakan tempat berjalannya kereta api tidak selalu lurus melainkan terdapat lengkungan. Pada petak jalan Wonokromo – Waru tepatnya km. 8+200 s.d km. 8+500 terdapat lengkung R. 333 dengan kecepatan yang di iijinkan pada lintas tersebut adalah 80 km/jam, namun untuk kepentingan keselamatan saat melintas di lokasi lengkung tersebut dipasang pembatas kecepatan sebesar 70 km/jam. Melalui penelitian pada lokasi km 8+200 s.d 8+500 dengan menggunakan metode survey lapangan untuk mendapatkan data yang selanjutnya digunakan untuk menghitung geometri pada lengkung agar mampu dilewati dengan kecepatan optimal sebesar 80 km/jam. Berdasarkan hasil analisis perhitungan geometri peringgian, radius, panjang lengkung alih, ruang bebas, batas kecepatan maksimum yang dapat dilalui kereta api, serta perhitungan metode anak panah didapatkan hasil bahwa lengkung pada km. 8+200 s.d km. 8+500 Lintas Wonokromo – Waru tersebut mampu dilewati sesuai kecepatan optimal sebesar 80 km/jam dengan cara memperbesar radius lengkung menjadi 350 M dengan peringgian maksimum 110 mm sesuai dengan rab yang di buat. Perbandingan antara kecepatan dengan radius lengkung jalan kereta api dapat disimpulkan bahwa semakin besar radius lengkung maka akan semakin tinggi kecepatan kereta api pada saat melintasi lengkung tersebut.

Kata Kunci : Kereta api, Lengkung, Kecepatan

PENDAHULUAN

Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta

api. Keunggulan kereta api dibandingkan moda transportasi darat lainnya adalah dapat mengangkut penumpang dan barang secara bersamaan dalam jumlah yang besar. Dilihat dari prasarananya kereta api adalah moda transportasi yang berjalan di atas jalannya sendiri, oleh karena itu

perawatannya harus berjalan dengan baik agar tiap bagiannya dapat dilewati dengan aman, nyaman sesuai dengan kecepatan yang telah ditentukan. Dalam Peraturan Menteri Perhubungan nomor 32 tahun 2011 tentang Standar dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian juga menjelaskan betapa pentingnya pemeliharaan prasarana kereta api sebagai salah satu usaha terciptanya moda transportasi yang aman, nyaman, cepat dan efisien.

Prasarana perkeretaapian dalam hal ini jalan rel merupakan tempat berjalannya kereta api tidak selalu lurus melainkan terdapat lengkungan. Berdasarkan data Pada petak jalan Wonokromo – Waru terdapat lengkung R. 304 dengan kecepatan yang di ijin pada lintas tersebut adalah 80 km/jam, namun untuk kepentingan keselamatan saat melintas di lokasi lengkung tersebut di pasang taspat dengan kecepatan 70 km/jam. Dan setelah ada pergantian rel dari rel R.42 ke rel R.50 lengkung tersebut mengalami perubahan radius menjadi R.333 dan pada lokasi tersebut masih dilakukan pembatasan kecepatan 70 km/jam. Pada lengkung terdapat gaya –gaya yang bekerja baik pada sarana maupun prasarana kereta api. Pemasangan rel luar harus lebih tinggi daripada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal agar kereta api nyaman saat melewati suatu jalan lengkung.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut di atas, maka dengan adanya penelitian ini bermaksud untuk mengevaluasi pengaruh lengkung horisontal terhadap kecepatan kereta api di km. 8 + 200 s.d km. 8 + 500 Lintas Wonokromo – Waru dan analisa untuk mengetahui kebutuhan pemeliharaan tahunan jalan rel dengan analisa kemiringan lengkung.

Rumusan Masalah

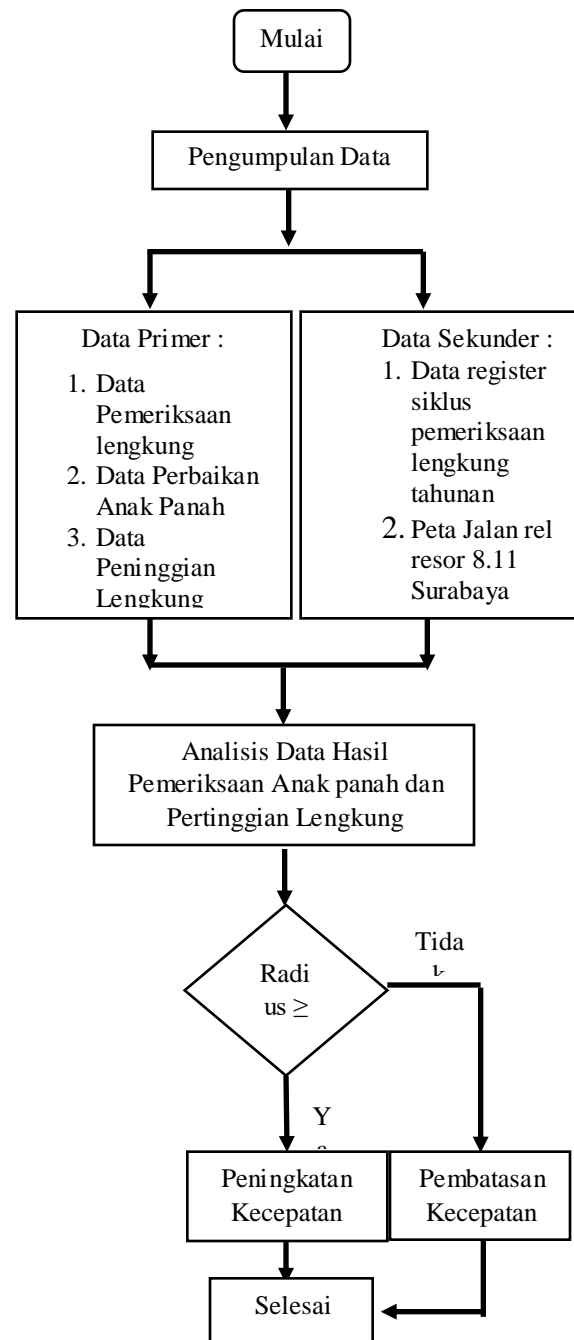
Berdasarkan latar belakang tersebut, maka yang menjadi permasalahan adalah sebagai berikut :

1. Seberapa pengaruh peninggian lengkung horisontal jalan kereta api pada Lintas Wonokromo – Waru ?
2. Seberapa pengaruh radius lengkung horisontal terhadap kecepatan kereta api ?
3. Seberapa optimal peninggian dan radius lengkung untuk mencapai kecepatan optimal 80 km/jam di lengkung km. 8+200 s.d km. 8+500 serta seberapa besar anggaran biaya yang di butuhkan ?

METODE PENELITIAN

Penelitian ini sifatnya deskriptif, penelitian ini hanya mengkaji dan mengevaluasi komponen jalan rel berdasarkan pengaruh kecepatan lengkung kereta api di Lintas Wonokromo - Waru km 8+200 s.d km 8+500.

Langkah pertama dimulai dengan pengumpulan data baik data primer maupun data sekunder agar dapat ditentukan permasalahan dan alternative solusi pemecahan permasalahan yang akan diambil sampai diakhiri dengan kesimpulan berdasarkan analisis data hasil penelitian. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Tahapan Penelitian

Metode penelitian dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan untuk mengumpulkan informasi tentang lengkung yang akan ditinjau serta untuk mengetahui keadaan lengkung dilapangan.

2. Identifikasi Permasalahan

Setelah mengetahui permasalahan yang ada pada lokasi penelitian tersebut selanjutnys akan dilakukan dengan proses pengumpulan data.

3. Pengumpulan Data

Pada pelaksanaan, penulis melakukan pengumpulan data dengan cara mendatangi langsung instansi terkait, dengan mengajukan permohonan izin untuk survei data kepada kantor Resor Jalan Rel 8.11 Surabaya Gubeng :

- a. Pengumpulan data dengan survei data pada instansi terkait untuk mengetahui data pemeliharaan lengkung jalan kereta api yang dimiliki oleh instansi terkait.
- b. Survei lapangan untuk mendapatkan data opname lengkung jalan kereta api pada lokasi lengkung yang ditinjau.

Data – data yang diperlukan untuk analisis antara lain :

1) Data Primer

- i. Data opname lengkung dilapangan

2) Data Sekunder

- i. Data Register lengkung Resor Jalan Rel 8.11 Surabaya Gubeng
- ii. Peta Lintas Resor Jalan Rel 8.11 Surabaya Gubeng

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan metode perhitungan pengaruh lengkung dan kecepatan untuk mengetahui kesesuaian lengkung yang ada di lapangan dengan standar yang sudah ditetapkan oleh PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

HASIL DAN PEMBAHASAN

- Perhitungan Pengaruh Lengkung dan Kecepatan R.333 M R = 333 M

V = 70 Km/jam

Perhitungan :

- a. $R_{min} = 0.054 \times V^2 = 0.054 \times 70^2 = 265 \text{ M}$
- b. $AP = 50 / R = 50000 / 333 = 150 \text{ mm / M}$
- c. $H_{normal} = 5.95 \cdot V^2 / R = 5.95 \times 70^2 / 333 = 114 \text{ mm}$
- d. $H_{max} = 110 \text{ mm}$
- e. $Pla = 0.01 \cdot H_n \cdot V = 0.01 \times 110 \times 70 = 77 \text{ M}$
 $H_{pla \text{ normal}} = 110 / 77 = 1.43 \text{ mm / M}$
 $Pla_{min} = 41.15 \times v^3 / R = 41.15 \times 70^3 / 333 = 42 \text{ M}$
 $H_{pla \text{ min}} = 110 / 42 = 2.6 \text{ mm / M}$

$$f. H_{min} = 8.86 \cdot \frac{V^2}{R} - 54.01 = 8.86 \cdot \frac{70^2}{333} - 54.01 = 76 \text{ mm}$$

$$g. V_{min} = \sqrt{\frac{h_{min} \times R}{6}} = \sqrt{\frac{76 \times 333}{6}} = 64 \text{ km/jam}$$

$$h. \text{Ordinat lengkung } \gamma_1 = \frac{X^3}{C} = \frac{X^2}{6R} = \frac{77^2}{6 \cdot 333} = 2.97 \text{ M}$$

$$i. \text{Ordinat lengkung min } \gamma = \frac{X^2}{6R} = \frac{42^2}{6 \cdot 333} = 0.88 \text{ M}$$

$$j. \text{Pelebaran } R \leq 350, LS = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar spoor} = 1067 \text{ mm} + 20 \text{ mm} = 1087 \text{ mm}$$

$$k. V_{max} = 4.3 \sqrt{R} = 4.3 \sqrt{333} = 78.5 \text{ km/jam}$$

Berdasarkan data perhitungan di atas, pada R tertentu, bila h berubah dari h min 76 mm sampai ke h max 110 mm maka kecepatan V juga berubah dari V min = 64 km/jam sampai Vmax = 78.5 km/jam

- Perhitungan Pengaruh Lengkung dan Kecepatan R. 340 M R = 340 M

V = 80 Km/jam

Perhitungan :

- a. $R_{min} = 0.054 \times V^2 = 0.054 \times 80^2 = 345 \text{ M}$
- b. $AP = 50 / R = 50000 / 340 = 147 \text{ mm / M}$
- c. $H_{normal} = 5.95 \cdot V^2 / R = 5.95 \times 80^2 / 340 = 141 \text{ mm}$
- d. $H_{max} = 110 \text{ mm}$
- e. $Pla = 0.01 \cdot H_n \cdot V = 0.01 \times 110 \times 80 = 88 \text{ M}$
 $H_{pla \text{ normal}} = 110 / 88 = 1.25 \text{ mm / M}$
 $Pla_{min} = 41.15 \times v^3 / R = 41.15 \times 80^3 / 340 = 62 \text{ M}$
 $H_{pla \text{ min}} = 110 / 62 = 1.8 \text{ mm / M}$

$$f. H_{min} = 8.86 \cdot \frac{V^2}{R} - 54.01 = 8.86 \cdot \frac{80^2}{340} - 54.01 = 112 \text{ mm}$$

$$g. V_{min} = \sqrt{\frac{h_{min} \times R}{6}} = \sqrt{\frac{110 \times 340}{6}} = 78.9 \text{ km/jam}$$

$$h. \text{Ordinat lengkung } \gamma_1 = \frac{X^3}{C} = \frac{X^2}{6R} = \frac{88^2}{6 \times 340} = 3.80 \text{ M}$$

$$i. \text{Ordinat lengkung min } \gamma = \frac{X^2}{6R} = \frac{62^2}{6 \times 340} = 1.9 \text{ M}$$

$$j. \text{Pelebaran } R \leq 350, LS = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar spoor} = 1067 \text{ mm} + 20 \text{ mm} = 1087 \text{ mm}$$

$$k. V_{max} = 4.3 \sqrt{R} = 4.3 \sqrt{340} = 79.3 \text{ km/jam}$$

Berdasarkan data perhitungan di atas, pada R tertentu, bila h berubah dari h min 112 mm sampai ke h max 141 mm maka kecepatan V juga berubah dari V min = 78.9 km/jam sampai Vmax = 79.2 km/jam

- Perhitungan Pengaruh Lengkung dan Kecepatan R. 345 M R = 345 M

V = 80 Km/jam

Perhitungan :

- a. $R_{min} = 0.054 \times V^2 = 0.054 \times 80^2 = 345 \text{ M}$
- b. $AP = 50 / R = 50000 / 345 = 145 \text{ mm / M}$
- c. $H_{normal} = 5.95 \cdot V^2 / R = 5.95 \times 80^2 / 345 = 139 \text{ mm}$
- d. $H_{max} = 110 \text{ mm}$

- e. $Pla = 0.01 \cdot Hn \cdot V = 0.01 \times 110 \times 80 = 88 \text{ M}$
 $H \text{ pla normal} = 110 / 88 = 1.25 \text{ mm / M}$
 $Pla \text{ min} = 41.15 \times v^3 / R = 41.15 \times 80^3 / 345 = 61 \text{ M}$
 $H \text{ pla min} = 110 / 61 = 1.8 \text{ mm / M}$

g. $V_{min} = \sqrt{\frac{h_{min} \times R}{6}} = \sqrt{\frac{110 \times 345}{6}} = 79.5 \text{ km/jam}$

h. Ordinat lengkung $\gamma_1 = \frac{x^3}{c} = \frac{x^2}{6R} = \frac{88^2}{6 \times 345} = 3.7 \text{ M}$

i. Ordinat lengkung min $\gamma = \frac{x^2}{6R} = \frac{61^2}{6 \times 345} = 1.79 \text{ M}$

j. Pelebaran $R \leq 350$, $LS = 20 \text{ mm}$
 Lebar spoor = $1067 \text{ mm} + 20 \text{ mm} = 1087 \text{ mm}$

k. $V \text{ max} = 4.3 \sqrt{R} = 4.3 \sqrt{345} = 79.9 \text{ km/jam}$

Berdasarkan data perhitungan di atas, pada R tertentu, bila h berubah dari h min 110 mm sampai ke h max 110 mm maka kecepatan V juga berubah dari V min = 79.5 km/jam sampai Vmax = 79.8 km/jam

- Perhitungan Pengaruh Lengkung dan Kecepatan R.350 M
 $R = 350 \text{ M}$

$V = 80 \text{ Km/jam}$

Perhitungan :

a. $R_{min} = 0.054 \times V^2 = 0.054 \times 80^2 = 345 \text{ M}$

b. $AP = 50 / R = 50000 / 350 = 143 \text{ mm / M}$

c. $H \text{ normal} = 5.95 \cdot V^2 / R = 5.95 \times 90^2 / 350 = 138 \text{ mm}$

d. $H \text{ max} = 110 \text{ mm}$

e. $Pla = 0.01 \cdot Hn \cdot V = 0.01 \times 110 \times 80 = 88 \text{ M}$

$H \text{ pla normal} = 110 / 88 = 1.25 \text{ mm / M}$

$Pla \text{ min} = 41.15 \times v^3 / R = 41.15 \times 80^3 / 350 = 60 \text{ M}$

$H \text{ pla min} = 110 / 60 = 1.7 \text{ mm / M}$

f. $H \text{ min} = 8.86 \cdot \frac{v^2}{R} - 54.01 = 8.86 \cdot \frac{80^2}{350} - 54.01 = 108 \text{ mm}$

g. $V_{min} = \sqrt{\frac{h_{min} \times R}{6}} = \sqrt{\frac{108 \times 350}{6}} = 79.3 \text{ km/jam}$

h. Ordinat lengkung $\gamma_1 = \frac{x^3}{c} = \frac{x^2}{6R} = \frac{88^2}{6 \times 350} = 3.68 \text{ M}$

i. Ordinat lengkung min $\gamma = \frac{x^2}{6R} = \frac{60^2}{6 \times 350} = 1.7 \text{ M}$

j. Pelebaran $R \leq 350$, $LS = 20 \text{ mm}$
 Lebar spoor = $1067 \text{ mm} + 20 \text{ mm} = 1087 \text{ mm}$

k. $V \text{ max} = 4.3 \sqrt{R} = 4.3 \sqrt{350} = 80.5 \text{ km/jam}$

Berdasarkan data perhitungan di atas, pada R tertentu, bila h berubah dari h min 108 mm sampai ke h max 110 mm maka kecepatan V juga berubah dari V min = 79.3 km/jam sampai Vmax = 80.5 km/jam

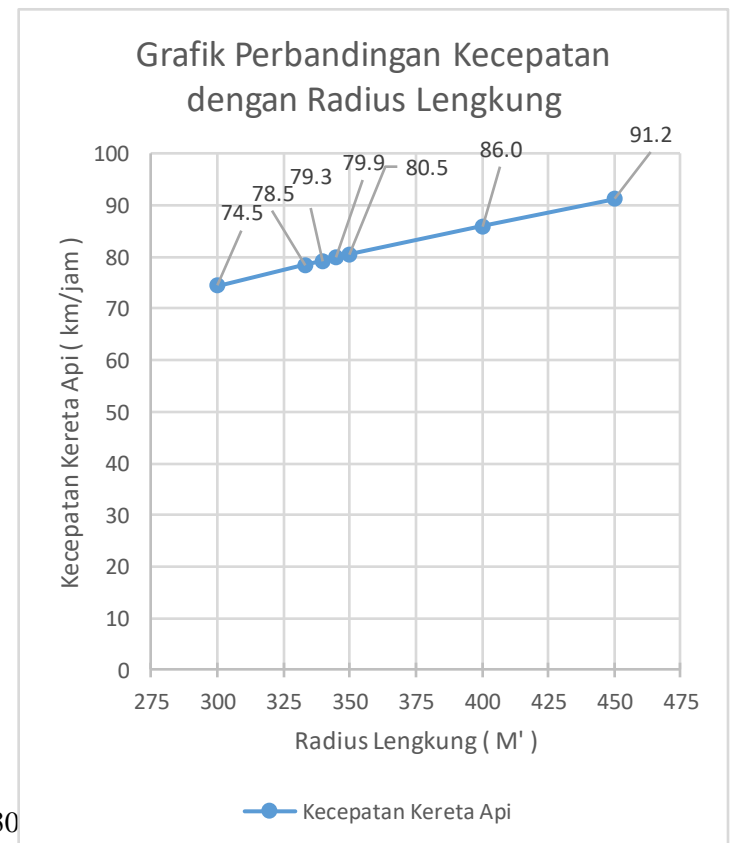
Tabel 1. Perbandingan data ukuran komponen lengkung pada analisis secara manual.

Data	R.333 M	R.340 M	R.345 M	R.350 M
AP	150 mm	147 mm	145 mm	143 mm
H normal	114 mm	141 mm	139 mm	138 mm

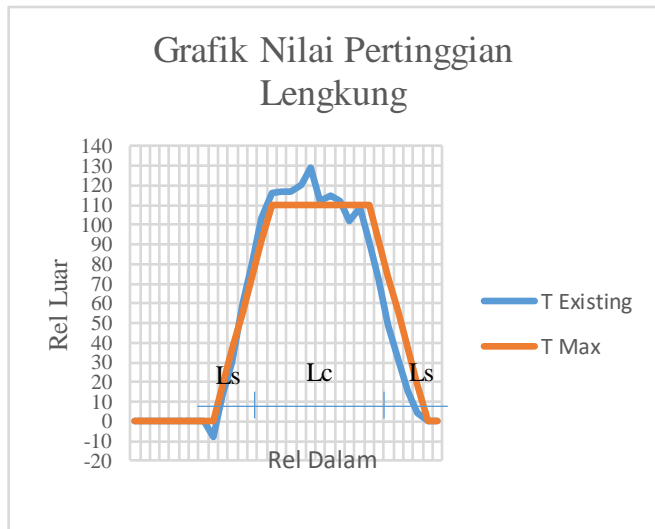
f. $H \text{ min} = 8.86 \cdot \frac{v^2}{R} - 54.01 = 8.86 \cdot \frac{80^2}{345} - 54.01 = 110 \text{ mm}$

H max	110 mm	110 mm	110 mm	110 mm
H min	76 mm	110 mm	110 mm	108 mm
PLA	77 M	88 M	88 M	88 M
PLA min	42 M	62 M	61 M	60 M
Pelebaran	20 mm	20 mm	20 mm	20 mm
V max	78.5 km/jam	79.3 km/jam	79.9 km/jam	80.5 km/jam

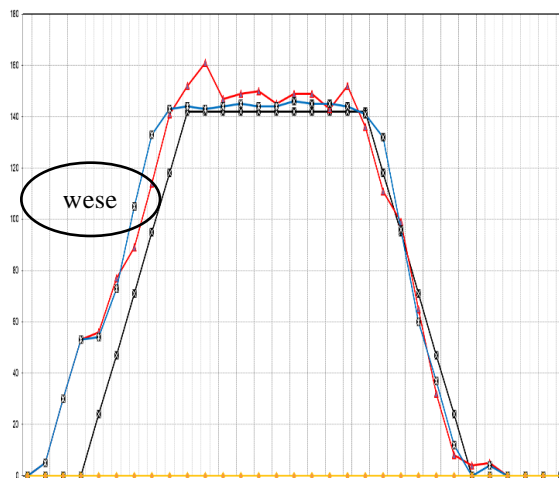
Sumber : Hasil survey lapangan (2023)



Dari Tabel 1 dan Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa besar kecilnya radius lengkung dan pertinggian lengkung berpengaruh terhadap kecepatan lintas kereta api pada saat melintasi lengkung tersebut. Semakin besar radius radius pada lengkung horizontal maka kecepatan lintas kereta api akan semakin tinggi pada saat melintas lengkung tersebut. Di harapkan untuk perawatan lengkung sebaiknya dilakukan secara berkala sesuai dengan siklus perawatannya agar tidak terjadi nilai penyimpangan yang terlalu jauh dari data register untuk mendukung operasional perjalanan kereta api. Agar kereta api dapat melintas pada lengkung tersebut dengan kecepatan maksimal 80 km/jam agar dapat dilakukan revisi lengkung menjadi R.350 M, sehingga dapat mendukung operasional kereta api secara maksimal.

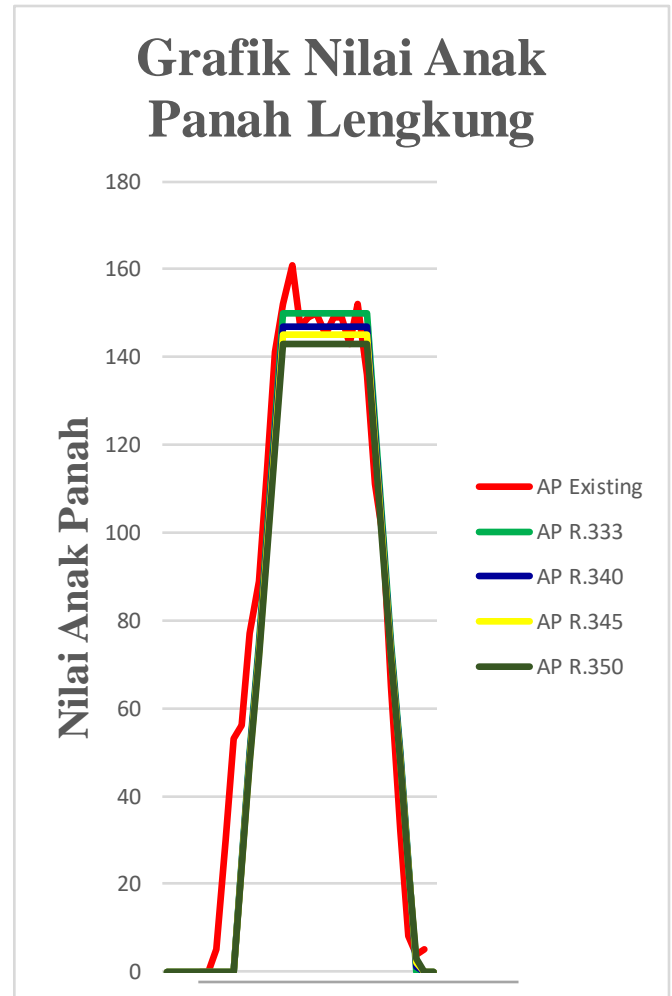


Gambar 2. Grafik pertinggian lengkung
 Sumber : Hasil survey lapangan (2023)



Gambar 1. Grafik perbandingan kecepatan dengan radius lengkung

Gambar 3. Grafik pengukuran dan perbaikan lengkung
 Sumber : Hasil survey lapangan (2023)



Gambar 4. Grafik perbandingan nilai anak panah lengkung
 Sumber : Hasil survey lapangan (2023)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis sehingga didapatkan perhitungan nilai pertinggian pada lengkung km 8+200 s.d 8+500 jalur rel Lintas Wonokromo – Waru melebihi batas maksimal nilai yang di ijinakan, maka di gunakan pertinggian maksimum yaitu 110 mm.

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis sehingga didapatkan data perbandingan antara kecepatan dengan radius

lengkung jalan rel kereta api dapat disimpulkan bahwa semakin besar radius lengkung maka semakin tinggi kecepatan kereta api pada saat melintas suatu lengkung.

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis sehingga didapatkan perhitungan komponen lengkung, untuk dapat mencapai kecepatan optimal yaitu 80 km/jam. Lengkung

eksisting dapat dilakukan perbaikan dengan cara memperbesar radius eksisting menjadi lengkung radius = 350 M dan pertinggian = 110 mm sesuai dengan anggaran biaya yang di rencanakan.

DAFTAR PUSTAKA

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor: PM 32 tahun 2011 tentang Standar dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian, Jakarta

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor: PM 60 tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, Jakarta

Perusahaan Jawatan Kereta Api, Peraturan Dinas nomor 10 (1986). Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas no. 10), Bandung.

PT. Kereta Api Indonesia (Persero). 2004, Jalan Rel Modern, Bandung

PT. Kereta Api Indonesia (persero). 2012, Sistem Perawatan Jalan Rel dan Jembatan Terencana, Bandung.

PT. Kereta Api Indonesia (persero). 2012, Buku Saku Perawatan Jalan Rel (Peraturan Dinas no. 10), Bandung.

PT. Kereta Api Indonesia (Persero). 2016, Perawatan Jalan Rel Dengan Lebar 1.067 mm (Peraturan Dinas no. 10A), Bandung.

PT. Kereta Api Indonesia (Persero). 2023, Buku Koefisien dan Analisa Harga Satuan, Bandung

Baharuddin, Mustofa (2018), “evaluasi pengaruh lengkung kereta api di km.1+065 - km.1+279 terhadap kecepatan kereta api (studi kasus) “, (Medan: Universitas Muhammadiyah, 2018)

Hasibuan, Hanifah (2022). “evaluasi pengaruh lengkung kereta api terhadap kecepatan kereta api pada lintas tebing tinggi-siantar km 23+100 s.d 48+350 (studi kasus) “, (Medan: Universitas Muhammadiyah, 2022)

Karyanto, Adi dkk (2020). “evaluasi pengaruh lengkung jalan kereta api terhadap kecepatan kereta api (studi kasus berbah km. 157+121 – km. 157+632) “, (Yogyakarta: Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, 2020)

Rinaldi, Haris (2021). “pengaruh lengkung kereta api pada kecepatan kereta api di jalan pokok bambu kec.

Beringin lintas medan – arasakabu (studi kasus) “, (Medan: Universitas Muhammadiyah, 2022)

Sholihin, Mohammad dkk (2020). “perawatan lengkung di km 2+200/400 lintas manggarai-jatinegara“, (Bekasi: Sekolah Tinggi Transportasi Darat, 2020)

Utomo, S.H.T (2009). *JALAN REL*, Universitas Gajah Mada, ISBN : 978-979-8541-31-6, Yogyakarta.