

Pengaruh Penambahan Jalur Terhadap Operasi Kereta Api Jarak Jauh

(Studi Kasus: Proyek *Double Double Track* Paket B, Emplasemen Stasiun Bekasi Km25+000 sampai dengan Km 27+400)

Nunung Widyaningsih¹, nunung_widyaningsih@mercubuana.ac.id

Puput Ayuningtyas², puput.ayuningtyass@gmail.com

Program Studi Teknik Sipil^{1,2}, Universitas Mercu Buana^{1,2}

ABSTRAK

Jalur 5 Emplasemen Stasiun Bekasi merupakan jalur baru dari penambahan jalur berupa *Double Double Track* di Emplasemen Stasiun Bekasi yang nantinya akan dipergunakan sebagai jalur kereta api langsung dengan kecepatan maksimum 100 km/jam. Adanya 10 lengkung tetap dan 2 lengkung sementara pada jalur 5 perlu dievaluasi kelayakannya agar dapat dilintasi kereta api dengan kecepatan tinggi. Evaluasi yang dilakukan berupa evaluasi terhadap geometri lengkung horizontal yang meliputi evaluasi radius minimum, peninggian rel, nilai anak panah busur, dan kecepatan operasi kereta api yang diijinkan. Selain itu dapat ditentukan pula rencana perawatan berkala berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap radius lengkung horizontal. Evaluasi ini didasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012. Dari evaluasi untuk lengkung yang dilintasi kereta dengan kecepatan 100 km/jam, semua lengkung tetap memenuhi syarat radius minimum. Sedangkan 2 lengkung sementara dipergunakan untuk membatasi kecepatan kereta api pada masa konstruksi jalur yang nantinya kedua lengkung ini akan dibongkar. Pada evaluasi peninggian rel semua lengkung memenuhi syarat untuk peninggian rel luar. Selanjutnya dilakukan juga analisis terhadap nilai anak panah busur aktual di lapangan. Dari analisis yang dilakukan, busur lengkung perlu disesuaikan dengan nilai anak panah yang ditentukan.

Kata Kunci: geometri, lengkung horizontal, kecepatan.

ABSTRACT

Track 5 of Bekasi Station Emplacement is a new track from the addition of a Double Double Track at the Bekasi Station which will later be used as direct train line with maximum speed of 100 km/hour. There are 10 permanent and 2 temporary curves on track 5 which needs to be evaluated for feasibility so that it can be crossed by trains at high speed. The evaluation carried out in this final project is an evaluation of the horizontal curved geometry which includes the evaluation of the minimum radius, rail elevation, arrows value of curves, and the allowable operating speed of the train. It can also determined a periodic maintenance plan based on the analysis of curves radius. From the evaluation for the curves crossed by the train with a speed of 100 km/hour, all curves still meet the minimum radius requirements. While 2 temporary curves are used to limit the speed of the train during construction of track which later will be dismantled. In the evaluation of the rail elevation all curves meet the requirements for an outer rail height of less than 110 mm. In addition to evaluating the geometric design, an analysis of the actual arrow value of the curves is also carried out in the field. From the results of the analysis obtained, the curves needs to be shifted to match the specified arrow value.

Keywords: geometry, horizontal curve, speed.

1 PENDAHULUAN

Saat ini kereta *commuter line* dan kereta api jarak jauh masih menggunakan jalur yang sama untuk perjalanan yang melalui lintas di kawasan Jabodetabek. Karena itu, perjalanan *commuter line* terkadang mengalami keterlambatan atau kemunduran waktu tiba dikarenakan jalur tersebut juga dipergunakan oleh kereta api jarak jauh sehingga *commuter line* perlu menunggu untuk pergantian jalur. Hal ini tentunya berdampak pada penumpang seperti terlambat sampai pada tujuan atau tempat bekerja.

Untuk mengatasi hal tersebut, Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan saat ini tengah melakukan penambahan jalur berupa jalur dwi ganda (*double double track*) untuk mengakomodir perlintasan atau jalur yang digunakan kereta *commuter line* dan kereta api jarak jauh salah satunya berada di Emplasemen Stasiun Bekasi. Penambahan 4 jalur di Emplasemen Stasiun Bekasi berupa 3 jalur aktif dan 1 *stabling track* atau sepur badug.

Di antara 4 jalur tersebut, salah satu jalur rencananya akan digunakan sebagai jalur kereta api melintas langsung. Kereta api langsung yaitu kereta api yang tidak berhenti atau terus berjalan di Stasiun tertentu.

Saat ini kecepatan tertinggi kereta api yang melintas langsung Stasiun Bekasi adalah 100 Km/jam dan melintas langsung di jalur 1 yang merupakan jalur yang sudah ada sebelumnya. Adanya rencana peningkatan kecepatan kereta api melintas langsung pada Emplasemen Stasiun Bekasi akan diakomodir di jalur baru yaitu jalur 5.

Perencanaan jalur baru perlu memperhatikan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi yang mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 [1]. Pada Emplasemen Stasiun Bekasi terdapat *track* dan peron yang sudah ada sebelumnya sehingga perencanaan jalur 5 pada kondisi geometrik tertentu tidak dapat dibuat jalur lurus melainkan berbentuk lengkung berupa lengkung horizontal. Perencanaan lengkung horizontal 5 ini harus dilakukan dengan baik supaya dapat dilalui kereta api dengan kecepatan yang tinggi.

Kereta api yang melintas dengan kecepatan tinggi dan beban gandar yang besar akan mempengaruhi kondisi dari jalur kereta api tersebut secara geometris maupun perubahan pada struktur jalur. Agar kedepannya pola operasi kereta api tetap berjalan sebagaimana mestinya, diperlukan upaya perawatan jalur kereta api yang dilakukan secara berkala dan dengan metode tertentu [2] sehingga jalur kereta api dalam kondisi baik dan layak digunakan. Beberapa contoh perawatan jalan rel salah satunya dengan teknologi automatic surface treatment untuk meningkatkan kekerasan rel [3].

2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam Penambahan jalur kereta api dibutuhkan perencanaan yang matang dengan memperhatikan beberapa kondisi dan kriteria perencanaan. Diantaranya perencanaan struktur, lengkung dan kecepatan [4]–[7].

2.1 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel [8].

Untuk perencanaan struktur jalan rel

$$V_{rencana} = 1,25 \times V_{maks} \tag{1}$$

dimana $V_{rencana}$ adalah kecepatan rencana, dan V_{maks} adalah kecepatan maksimum kereta api.

Untuk perencanaan peninggian

$$V_{rencana} = c \times \frac{\sum (Ni Vi)}{\sum Ni} \tag{2}$$

dimana c adalah 1,25, Ni adalah jumlah kereta api yang melintas, dan Vi adalah kecepatan operasi.

Untuk perencanaan jari-jari lengkung peralihan

$$V_{rencana} = V_{maks} \tag{3}$$

2.2 Lengkung Horizontal

Perencanaan lengkung horizontal dimaksudkan untuk mendapatkan perubahan secara berangsur-angsur searah alinyemen horizontal jalan rel. pada saat kereta api berjalan melalui lengkung horizontal, timbul gaya sentrifugal ke arah luar yang akan berakibat :

1. Rel luar mendapatkan tekanan yang lebih besar dibanding rel dalam,
2. Keausan rel luar akan lebih banyak dibandingkan dengan yang terjadi pada rel dalam, dan
3. Bahaya tergulingnya kereta api.

Lengkung horizontal diidentifikasi menjadi 3 yaitu lengkung lingkaran, lengkung peralihan, dan lengkung S. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 besarnya radius minimum lengkung lingkaran dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Radius Minimum Lengkung

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

Dari Tabel 1 diketahui bahwa semakin tinggi kecepatan rencana kereta api, maka semakin besar radius minimum yang disyaratkan sehingga memerlukan lahan yang lebih luas. Jika terkendala luas lahan, dapat digunakan jenis lengkung lingkaran dengan lengkung peralihan dengan radius yang lebih kecil namun memerlukan tambahan peralihan sebelum dan sesudah lengkung lingkaran yang panjangnya dapat dihitung dengan rumus:

$$L_s = 0,01 \times h \times V_{rencana} \tag{1}$$

dimana L_s adalah panjang lengkung peralihan, h adalah ketinggian relatif, dan $V_{rencana}$ adalah kecepatan rencana kereta api [9].

2.3 Pelebaran Jalan Rel

Pelebaran jalan rel diperlukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Pelebaran jalan rel dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam. Pelebaran dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan.

Adapun besarnya pelebaran jalan rel yang disyaratkan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Pelebaran Jalan Rel

Jari-jari Tikungan (m)	Pelebaran (mm)
$R > 600$	0
$550 < R \leq 600$	5
$400 < R \leq 550$	10
$350 < R \leq 400$	15
$100 < R \leq 350$	20

Menurut Tabel 2, semakin besar radius tikungan yang digunakan maka semakin kecil pelebaran rel. Pelebaran rel dilakukan pada lengkung dengan radius kecil dibawah 600 meter.

2.4 Peninggian Rel

Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi daripada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi [9].

$$h_{normal} = 5,95 \times \frac{(V_{rencana})^2}{jari-jari} \tag{4}$$

2.5 Perawatan Jalan Rel

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 32 Tahun 2011, yang dimaksud dengan perawatan prasarana perkeretaapian adalah kegiatan yang dilakukan untuk mempertahankan keandalan prasarana perkeretaapian agar tetap laik operasi.

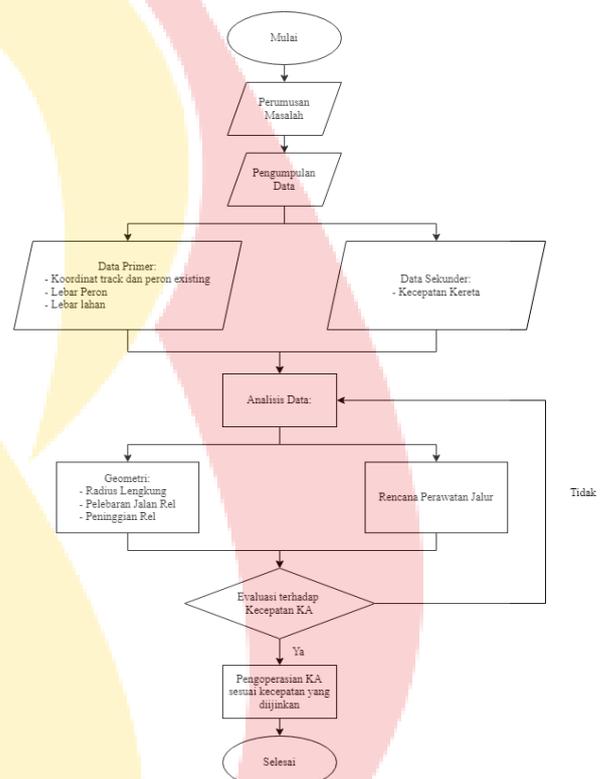
Perbaikan dan pemeliharaan jalan rel merupakan upaya untuk mempertahankan jalan rel dalam kondisi yang baik supaya sarana perkeretaapian dapat beroperasi dengan layak serta sebagai upaya pencegahan agar jalan rel tidak mengalami kerusakan.

3 METODE PENELITIAN

Metode penelitian diperlukan sebagai pedoman dalam menentukan langkah yang perlu diambil dalam penelitian terkait perencanaan geometri jalan rel dan juga rencana metode perawatan jalur khususnya pada lengkung horizontal.

3.1 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir menggambarkan serangkaian proses yang dilalui penulis dalam melakukan penelitian. Adapun bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Analisis data pada penelitian ini berpedoman pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api dan Juga Peraturan Menteri Perhubungan No. 32 Tahun 2011 mengenai pedoman perawatan jalur kereta api [10].

4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perencanaan Lengkung

Data yang didapat merupakan data perencanaan lengkung berupa properti lengkung horizontal yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Data Perencanaan Lengkung Horizontal

No.	Kode Lengkung	Sudut Belok ° ' "	Radius Lengkung (m)	Panjang Lengkung		Kecepatan Maksimum km/jam
				Lengkung Penuh (m)	Peralihan (m)	
1	IP.BC1	1°15'41.64"	3000	66.022	36	100
2	IP.BC3	1°7'23.88"	3000	58.786	36	100
3	IP.BC5	0°48'12.6"	3000	42.071	0	100
4	IP.BC7	0°40'6.3"	3000	35	0	100
5	IP.BC9	0°53'13.8"	600	9.29	0	100
6	IP.BC10	0°43'53.3"	3000	38.3	0	100
7	IP. BC13	0°42'22.7"	6000	73.963	0	100
8	IP.BC14	0°34'22.7"	5990	73.84	0	100
9	IP.BC18	1°34'22.7"	1704	46.77	0	100
10	IP.BC21	1°34'5.7"	1000	27.371	0	100
11	IP.MC 21D	8°59'54.32"	800	125.578	75	100
12	IP.BC23	2°20'52.7"	800	32.784	0	100

Dari 12 lengkung yang dianalisis dapat diidentifikasi 3 lengkung merupakan lengkung lingkaran dengan peralihan yaitu IP.BC1, IP.BC3, dan IP.MC21D. Sedangkan 9 lengkung lainnya merupakan lengkung tanpa peralihan.

Di jalur 5 terdapat juga 2 lengkung sementara atau *temporary* yaitu lengkung IP.BC9 dan IP.BC23 yang masing-masing direncanakan dengan radius 600 meter dan 800 meter.

4.2 Radius Minimum

Dari data yang didapat, semua lengkung di jalur 5 Emplasemen Stasiun Bekasi direncanakan dengan kecepatan maksimum kereta api sebesar 100 km/jam. Sehingga perencanaan radius harus memenuhi nilai jari-jari minimum yaitu sebesar 1650 meter untuk lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan atau 550 meter untuk lengkung lingkaran dengan lengkung peralihan. Adapun hasil dari evaluasi radius minimum dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Evaluasi Radius Minimum

Kode Lengkung	R (m)	PLA (m)	Rmin (m)	Hasil Analisis
IP.BC1	3000	36	550	R>Rmin, Lengkung memenuhi syarat radius minimum
IP.BC3	3000	36	550	R>Rmin, Lengkung memenuhi syarat radius minimum
IP.BC5	3000	0	1650	R>Rmin, Lengkung memenuhi syarat radius minimum
IP.BC7	3000	0	1650	R>Rmin, Lengkung memenuhi syarat radius minimum
IP.BC9	600	0	1650	R<Rmin, Lengkung tidak memenuhi syarat radius minimum
IP.BC10	3000	0	1650	R>Rmin, Lengkung memenuhi syarat radius minimum
IP. BC13	6000	0	1650	R>Rmin, Lengkung memenuhi syarat radius minimum
IP.BC14	5990	0	1650	R>Rmin, Lengkung memenuhi syarat radius minimum
IP.BC18	1704	0	1650	R>Rmin, Lengkung memenuhi syarat radius minimum
IP.BC21	1000	0	1650	R<Rmin, Lengkung tidak memenuhi syarat radius minimum
IP.MC 21D	800	75	550	R>Rmin, Lengkung memenuhi syarat radius minimum
IP.BC23	800	0	1650	R<Rmin, Lengkung tidak memenuhi syarat radius minimum

Dari analisis radius minimum yang dilakukan, didapat hasil bahwa IP.BC9 dan IP.BC23 tidak memenuhi

persyaratan radius minimum untuk kecepatan rencana 100 km/jam.

Seperti yang diketahui sebelumnya, IP.BC9 dan IP.BC23 merupakan lengkung sementara atau

temporary yang digunakan untuk membatasi kecepatan kereta api sampai dengan 30 km/jam selama masa konstruksi jalur.

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012, lengkung tanpa peralihan dengan radius 600 meter dapat diperbolehkan dilintasi kereta dengan kecepatan 60 km/jam, sehingga untuk kedua lengkung sementara ini aman digunakan selama masa konstruksi dengan memberikan keterangan pada papan informasi lengkung maupun pemasangan tanda semboyan untuk batas kecepatan 30 km/jam.

4.3 Analisis Peninggian Rel

Pada saat rangkaian kereta api memasuki lengkung, akan timbul gaya sentrifugal yang mempunyai kecenderungan melempar kereta api ke arah luar lengkung. Hal ini sangat berbahaya dan mengakibatkan ketidaknyamanan baik penumpang maupun masinis.

Untuk mengatasi hal tersebut direncanakan peninggian rel luar untuk mengimbangi gaya kereta api seperti pada hasil analisis pada penelitian sebelumnya [7]. Adapun rekapitulasi analisis data peninggian rel pada lengkung lainnya dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil Evaluasi Peninggian Rel

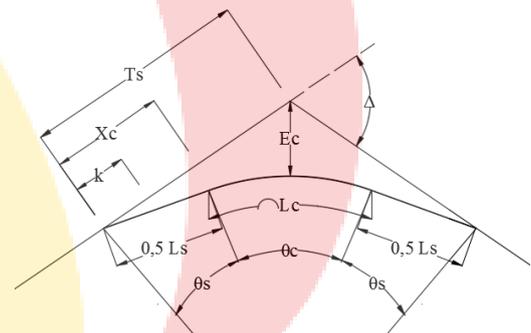
Lengkung	Hnormal (mm)	Hasil Analisis
IP.BC1	20	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.
IP.BC3	20	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.
IP.BC5	20	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.
IP.BC7	20	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.
IP.BC9	0	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.
IP.BC10	20	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.
IP. BC13	10	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.
IP.BC14	10	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.
IP.BC18	35	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.
IP.BC21	40	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.
IP.MC 21D	75	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.
IP.BC23	0	hnormal < hmaks, Peninggian rel memenuhi persyaratan.

Dari analisis peninggian rel yang dilakukan, didapat hasil bahwa semua lengkung memenuhi syarat peninggian rel yaitu tidak lebih dari 110 mm sehingga ketika kereta api dapat melintasi lengkung dengan aman dan nyaman.

4.4 Analisis Komponen Lengkung Lingkaran

Lengkung yang digunakan pada perencanaan ini adalah lengkung horizontal tanpa lengkung peralihan juga lengkung horizontal dengan lengkung peralihan [11]. Adapun evaluasi komponen lengkung horizontal dapat dilihat pada hasil rekapitulasi berikut:

1. Komponen lengkung lingkaran dengan peralihan Lengkung peralihan terletak sebelum titik mulai lengkung dan setelah titik akhir lengkung yang berfungsi untuk memberikan transisi pada bagian jalan rel lurus dan lengkung penuh. Adapun skema lengkung lingkaran dengan lengkung peralihan dapat dilihat pada Gambar 2:



Gambar 2. Lengkung Dengan Peralihan

Pada gambar 2 dapat dilihat adanya tambahan lengkung peralihan (Ls) pada sisi kiri kanan lengkung yang masing-masing besarnya adalah setengah Ls. Adapun panjang lengkung peralihan dapat dihitung menggunakan persamaan (1). Hasil dari perhitungan komponen lengkung horizontal di jalur 5 dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Komponen Lengkung dengan Peralihan

Komponen Lengkung		Kode Lengkung		
		IP.BC1	IP.BC3	IP.MC 21D
Δ	($^{\circ}$)	1.262	1.123	8.998
Vrencana	(km/jam)	100	100	100
Rc	(m)	3000	3000	800
h	(mm)	20	20	75
Ls	(m)	36	36	75
θ_s	($^{\circ}$)	0.344	0.344	2.686
Lc	(m)	66.06	58.82	125.64
L	(m)	138.055	130.816	275.642
Xc	(m)	35.61	35.61	61.82
Yc	(m)	0.072	0.072	1.172
p	(m)	0.0180	0.0180	0.2931
k	(m)	17.611	17.611	24.330
Tt	(m)	50.641	47.020	87.303
Et	(m)	0.200	0.162	2.767
w	(mm)	0.0	0.0	0.0

2. Komponen lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan

Untuk perencanaan lengkung dengan kecepatan operasi kereta api yang tinggi, lengkung jenis ini direncanakan dengan radius yang besar. Lengkung tanpa peralihan tidak direncanakan dengan tambahan di sisi kiri kanan lengkung.

Hal ini karena radius yang besar sudah diperhitungkan untuk kereta api dengan kecepatan tertentu. Pada jalur 5 terdapat 9 lengkung tanpa peralihan yang sudah dianalisis komponennya dengan hasil analisis yang dapat dilihat pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil Perhitungan Komponen Lengkung Tanpa Peralihan

No	Kode Lengkung	Δ ($^{\circ}$)	Komponen Lengkung Horizontal					
			Vrencana (km/jam)	Rc (m)	h (mm)	Tc (m)	Lc (m)	Ec (m)
1	IP.BC5	0.804	100	3000	20	21.036	42.071	0.074
2	IP.BC7	0.668	100	3000	20	17.499	34.998	0.051
3	IP.BC9	0.887	100	600	0	4.645	9.290	0.018
4	IP.BC10	0.731	100	3000	20	19.150	38.300	0.061
5	IP. BC13	0.706	100	6000	10	36.983	73.964	0.114
6	IP.BC14	0.573	100	5990	10	29.951	59.902	0.075
7	IP.BC18	1.573	100	1704	35	23.392	46.781	0.161
8	IP.BC21	1.568	100	1000	40	13.686	27.371	0.094
9	IP.BC23	2.348	100	800	0	16.394	32.784	0.168

4.5 Evaluasi Pergeseran Anak Panah

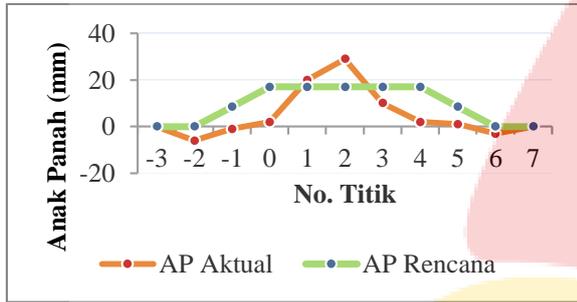
Anak panah adalah nilai yang digunakan untuk mengontrol bentuk dan posisi lengkung lingkaran. Nilai anak panah didapat dengan mengukur jarak antara tengah-tengah tali busur dengan busur lengkung lingkaran. Pada pemeriksaan anak panah lengkung di

jalur 5 Emplasemen Stasiun Bekasi digunakan tali busur sepanjang 20 meter sehingga untuk perhitungan nilai anak panah pada lengkung penuh digunakan persamaan sebagai berikut:

$$AP = \frac{50}{R} \tag{5}$$

dimana AP adalah anak panah, dan R adalah radius lengkung penuh. Adapun hasil dari perhitungan anak panah baru dan pergeseran dapat dilihat pada grafik berikut:

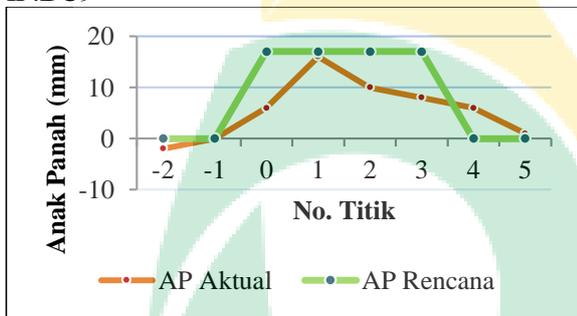
1. IP.BC5



Gambar 3. Grafik Pergeseran Anak Panah IP.BC5

IP.BC5 memiliki nilai anak panah rencana sebesar 17 mm pada lengkung penuh sehingga anak panah aktual di lapangan perlu dilakukan pergeseran untuk menyesuaikan nilai anak panah rencana. Besarnya pergeseran terbesar dilakukan pada titik 0 dan titik 4 sebesar 15 mm ke arah rel luar.

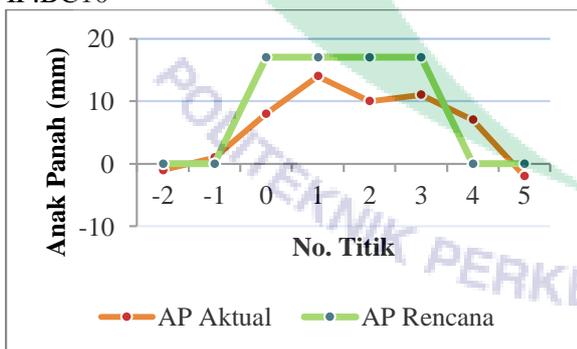
2. IP.BC9



Gambar 4. Grafik Pergeseran Anak Panah IP.BC9

IP.BC9 memiliki nilai anak panah rencana sebesar 17 mm pada lengkung penuh sehingga anak panah aktual di lapangan perlu dilakukan pergeseran untuk menyesuaikan nilai anak panah rencana. Besarnya pergeseran terbesar dilakukan pada titik 0 sebesar 11 mm ke arah rel luar.

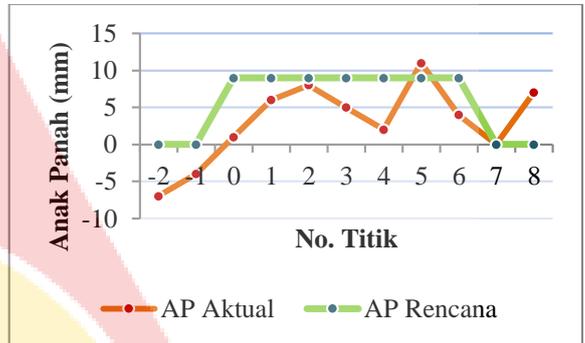
3. IP.BC10



Gambar 5. Grafik Pergeseran Anak Panah IP.BC10

IP.BC10 memiliki nilai anak panah rencana sebesar 17 mm pada lengkung penuh sehingga anak panah aktual di lapangan perlu dilakukan pergeseran untuk menyesuaikan nilai anak panah rencana. Besarnya pergeseran terbesar dilakukan pada titik 0 sebesar 9 mm ke arah rel luar.

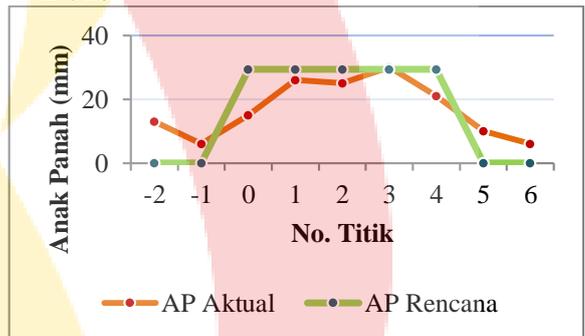
4. IP.BC13



Gambar 6. Grafik Pergeseran Anak Panah IP.BC13

IP.BC13 memiliki nilai anak panah rencana sebesar 9 mm pada lengkung penuh sehingga anak panah aktual di lapangan perlu dilakukan pergeseran untuk menyesuaikan nilai anak panah rencana. Besarnya pergeseran terbesar dilakukan pada titik 0 sebesar 8 mm ke arah rel luar.

5. IP.BC18

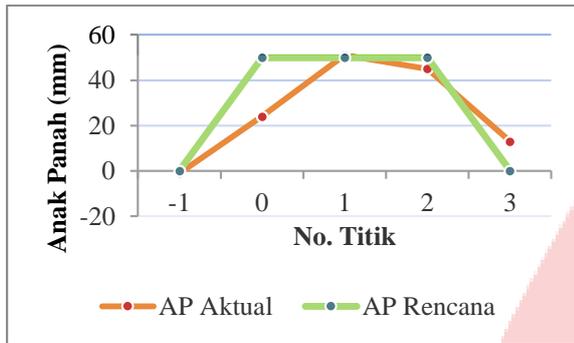


Gambar 7. Grafik Pergeseran Anak Panah IP.BC18

IP.BC18 memiliki nilai anak panah rencana sebesar 30 mm pada lengkung penuh sehingga anak panah aktual di lapangan perlu dilakukan pergeseran untuk menyesuaikan nilai anak panah rencana. Besarnya pergeseran terbesar dilakukan pada titik 0 sebesar 15 mm ke arah rel luar.

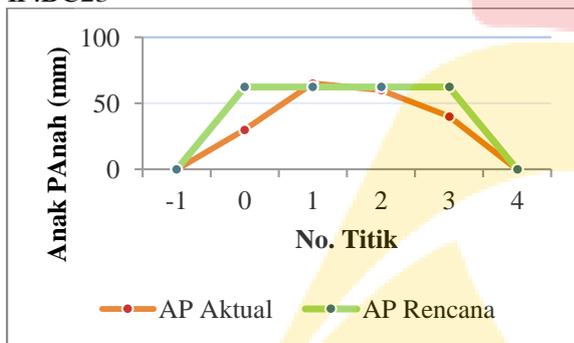
6. IP.BC21

IP.BC21 memiliki nilai anak panah rencana sebesar 50 mm pada lengkung penuh sehingga anak panah aktual di lapangan perlu dilakukan pergeseran untuk menyesuaikan nilai anak panah rencana. Besarnya pergeseran terbesar dilakukan pada titik 0 sebesar 21 mm ke arah rel luar.



Gambar 8. Grafik Pergeseran Anak Panah IP.BC21

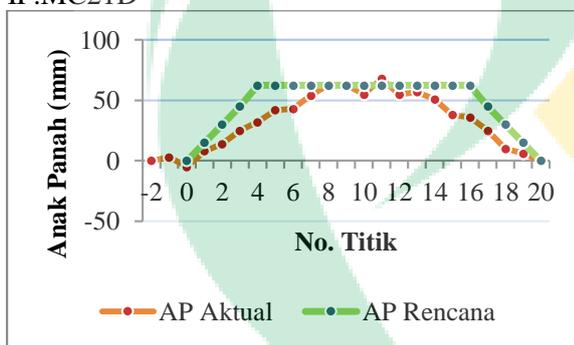
7. IP.BC23



Gambar 9. Grafik Pergeseran Anak Panah IP.BC23

IP.BC23 memiliki nilai anak panah rencana sebesar 63 mm pada lengkung penuh sehingga anak panah aktual di lapangan perlu dilakukan pergeseran untuk menyesuaikan nilai anak panah rencana. Besarnya pergeseran terbesar dilakukan pada titik 0 sebesar 33 mm ke arah rel luar.

8. IP.MC21D



Gambar 10. Grafik Pergeseran Anak Panah IP.MC21D

IP.MC21D memiliki nilai anak panah rencana sebesar 62,5 mm pada lengkung penuh sehingga anak panah aktual di lapangan perlu dilakukan pergeseran untuk menyesuaikan nilai anak panah rencana. Besarnya pergeseran terbesar dilakukan pada titik 0 dan titik 16 sebesar 30,5 mm dan 26,5 mm ke arah rel luar.

Dari evaluasi anak panah yang dilakukan didapat hasil bahwa pada 8 lengkung tersebut perlu dilakukan

penyesuaian dengan menggeser busur lengkung sesuai dengan anak panah rencana.

4.6 Siklus Pemeriksaan Lengkung Horizontal

Siklus pemeliharaan lengkung diatur dalam Pengantar Sistem Perawatan Jalan Rel & Jembatan. Adapun frekuensi pemeriksaan lengkung dikelompokkan menurut besarnya radius atau jari-jari lengkung horizontal. Adapun siklus pemeriksaan lengkung horizontal dapat dilihat pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Frekuensi Pemeriksaan Lengkung Horizontal

Radius	Satuan	Frekuensi Pemeriksaan
R<500	m	4
500<R<1000	m	2
R>1000	m	1

Dari nilai radius lengkung di jalur 5, diketahui bahwa radius lengkung terkecil adalah 800 meter sehingga berdasarkan tabel 8, pemeriksaan lengkung di jalur 5 dilakukan sebanyak 2 kali dalam setahun.

Adapun pekerjaan yang dilakukan dalam perawatan geometri lengkung horizontal di emplasemen Stasiun Bekasi adalah:

1. Pemecokan menggunakan HTT atau MTT,
2. Angkatan,
3. Listringan atau geseran.

5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisis terhadap geometri lengkung horizontal jalur 5 Emplasemen Stasiun Bekasi yang telah dilakukan, didapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan analisis yang dilakukan pada geometri lengkung jalan rel, terdapat 2 lengkung yang tidak memenuhi persyaratan radius minimum lengkung untuk kecepatan rencana 100 km/jam yaitu lengkung *temporary* atau lengkung sementara yang dibuat untuk menunjang pengoperasian kereta api pada masa konstruksi tahap 2. Saat ini kecepatan kereta api yang melintas di jalur 5 Emplasemen Stasiun Bekasi dibatasi sampai dengan 30 km/jam. Sedangkan kedepannya lengkung IP.BC9 dan IP.BC23 akan dibuat menjadi jalur lurus sehingga kereta api dapat melintas dengan kecepatan operasi maksimum 100 km/jam.
2. Setelah dilakukan evaluasi terhadap desain alinyemen horizontal pada jalur 5 yang berpedoman pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Dari 12 lengkung yang dianalisis terdapat 2 desain lengkung yang tidak memenuhi persyaratan radius minimum yaitu lengkung IP.BC9 dan lengkung IP.BC23. Lengkung IP.BC9 mempunyai radius 600 meter tanpa peralihan dan lengkung IP.BC23 direncanakan dengan radius 800 meter tanpa peralihan. Kedua lengkung tersebut tidak memenuhi persyaratan radius minimum untuk kecepatan 100 km/jam. Radius minimum lengkung untuk kecepatan kereta api 100 km/jam adalah 550 meter untuk lengkung dengan peralihan dan 1650 meter untuk lengkung tanpa peralihan.
 - b. Untuk persyaratan peninggian rel, ke 12 lengkung memenuhi syarat dimana untuk peninggian normal rel tidak melebihi peninggian maksimum sebesar 110 mm.
 - c. Persyaratan anak panah pada desain lengkung telah sesuai dengan anak panah perhitungan. Tetapi setelah dilakukan pengukuran pada kondisi lengkung aktual dilapangan, terdapat selisih nilai anak panah dengan desain sehingga perlu dilakukan penyesuaian berupa pergeseran pada busur lengkung sehingga lengkung dalam kondisi layak.
 - d. Untuk kecepatan operasi yang diperbolehkan saat ini dibatasi sampai 30 km/jam karena masih adanya lengkung sementara yang radiusnya tidak memenuhi persyaratan radius minimum untuk dilalui kereta dengan kecepatan 100 km/jam. Setelah lengkung sementara ini dibongkar, kereta api yang melintas di jalur 5 diijinkan beroperasi dengan kecepatan sampai dengan 100 km/jam sesuai dengan kecepatan desain.
3. Setelah dilakukan analisis terhadap radius lengkung yang mengacu pada Buku Saku Perawatan Jalan Rel dapat disimpulkan:
 - a. Frekuensi pemeriksaan dan perawatan lengkung setiap tahun dilakukan sebanyak 2 kali setahun untuk lengkung dengan Radius antara 500 meter sampai 1000 meter yaitu lengkung IP.BC9, IP.BC21, IP.MC21D, dan IP.BC23. Untuk lengkung IP.BC1, IP.BC3, IP.BC5, IP.BC7, IP.BC10, IP.BC13, IP.BC14, dan IP.BC18 dilakukan pemeriksaan lengkung

sebanyak 1 kali setahun karena memiliki radius lebih dari 1000 meter.

- b. Perawatan yang dilakukan berupa pemecokan atau pematatan balas dengan HTT (*Hand Tie Tamper*) atau MTT (*Multi Tie Tamper*), angkatan, dan listringan atau geseran. Metode ini dilakukan untuk memperbaiki kerusakan atau perubahan geometri horizontal pada lengkung.

5.2 Saran

Dari hasil analisis yang telah disimpulkan, dapat diberikan beberapa saran diantaranya:

1. Kelayakan jalan rel tidak dapat dilihat hanya melalui geometri lengkung horizontal saja, sehingga untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk menganalisis pula struktur dari jalan rel dan juga alinyemen vertikal.
2. Perawatan dan pemeriksaan tidak hanya dilakukan pada geometri lengkung horizontal saja melainkan perlu dilakukan perawatan pada komponen jalan rel seperti penambat, bantalan, dan juga sambungan jalan rel karena kerusakan pada komponen yang dibiarkan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan geometri.
3. Untuk kecepatan operasi kereta api di jalur 5 Emplasemen Stasiun Bekasi saat ini dibatasi sampai dengan 30 km/jam sehingga perlu dipasang semboyan sebagai penanda kecepatan maksimum.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Permenhub No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api [JDIH BPK RI]." <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/147069/permenhub-no-60-tahun-2012>.
- [2] M. Sholihin, H. Dwiatmoko, and D. Septanto, "Curved Treatment in Km 2 + 2/400 Manggarai - Jatinegara Cross," *J. Perkeretaapi. Indones. Railw. J.*, vol. 4, no. 1, Mar. 2020, doi: 10.37367/jpi.v4i1.124.
- [3] W. A. Wirawan, H. B. Wahjono, and F. Rozaq, "Desain Prototype Teknologi Automatic Surface Treatment Untuk Meningkatkan Ketahanan Jalan Rel Kereta Api," *J. Perkeretaapi. Indones. Railw. J.*, vol. 4, no. 1, Mar. 2020, doi: 10.37367/jpi.v4i1.98.
- [4] R. Fajriati, S. H. T. Utomo, and I. Muthohar, "Analisis Standar Perancangan Geometri Rel Kereta Cepat (Studi Kasus : Kereta Cepat Jakarta

- Bandung),” *J. Manaj. Aset Infrastruktur Fasilitas*, vol. 4, no. 3, Art. no. 3, Jul. 2020, doi: 10.12962/j26151847.v4i3.7104.
- [5] M. F. Azis, D. Aprisandi, and M. K. Abadi, “PERANCANGAN STRUKTUR JALAN REL ANTARA STASIUN CIGADING - STASIUN ANYER KIDUL,” *J. Sustain. Civ. Eng. JOSCE*, vol. 3, no. 02, Art. no. 02, Aug. 2021, doi: 10.47080/josce.v3i02.1447.
- [6] D. Oleh and V. Pebiandi, “PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL KERETA API TRASE KOTA PINANG – MENGGALA STA 104+000 – STA 147+200 PADA RUAS RANTAU PRAPAT – DURI II PROVINSI RIAU,” p. 21.
- [7] C. P. Adi, E. I. Sukmajati, S. Hardiyati, and S. P. R. Wardani, “Perencanaan Jalur Ganda (Double Track) Jalan Rel Ruas Semarang – Gubug,” *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 2, no. 3, Art. no. 3, Aug. 2013.
- [8] H. Surakim, *Konstruksi Jalan Rel dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api, Nuansa Cendikia: Bandung*. 2014.
- [9] T. A. Karyanto, A. T. Handayani, and V. D. A. Anggorowati, “EVALUASI PENGARUH LENGKUNG JALAN KERETA API TERHADAP KECEPATAN KERETA API;,” *Equilib*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Jul. 2020.
- [10] “JDIH | Kementerian Perhubungan.” http://jdih.dephub.go.id/produk_hukum/view/VUUwZ016SWdWRUZJVlU0Z01qQXhNUT09.
- [11] S. Haris and T. Hendrianto, “PENGARUH GEOMETRIK JALAN REL TERHADAP BATAS KECEPATAN MAKSIMAL KERETA API,” *J. Online Sekol. Tinggi Teknol. Mandala*, vol. 12, no. 2, Art. no. 2, 2017.