

# **Peningkatan Keselamatan Konstruksi Jalan Rel Pada Lengkung Nomor 28 I Jalur Hilir Km 520+387 – Km 521+232 Lintas Wates- Sentolo**

**Ardi Setiawan<sup>1</sup>, Bambang Drajat<sup>2</sup>, Ujang Cahyono<sup>3</sup>**

*Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD*

*Jalan Raya Setu No. 89 Bekasi, Jawa Barat 17520, Indonesia*

Email: [ardi222003@gmail.com](mailto:ardi222003@gmail.com)

*Diterima Juli 2024, Direvisi Juli 2023, Disetujui Juli 2024, Diterbitkan Juli 2024*

## **ABSTRACT**

Inspection and maintenance of railway infrastructure must be carried out to ensure that the condition of the infrastructure complies with the technical specifications stated in Ministerial Regulation Number 60 of 2012 concerning Technical Requirements for Railway Tracks. The 6.3 Wates Rail Road Resort has the highest number of curves in Daop 6 Yogyakarta with 35 curve points. Curve inspection is carried out by means of curve maintenance which consists of checking arrows, raising and widening the rail line. Based on the results of the analysis, there are several overhead points on the curve that have shifted and are not in accordance with the register as well as deviations from the widening of the rail line that exceed tolerance limits. The ballast structure is based on road class I, namely a ballast thickness of 30 cm, a ballast shoulder width of 150 cm, and a ballast foot width of 235 cm. Based on the analysis results, the ballast thickness ranges from 63-108 cm, the width of the ballast shoulders ranges from 135 cm, and the width of the ballast feet ranges from 260 cm. To overcome this problem, maintenance activities are needed on the curve, namely lifting, electrifying, and replacing several missing anchor components, and when maintaining the ballast, the thickness of the ballast is reduced by scraping the ballast from the bottom of the ballast to the height according to the specified standards. Curve maintenance is necessary for the safety and smooth operation of train travel.

**Keywords: Ballast; Curved Path; Means of Curve Maintenance; Treatment**

## **ABSTRAK**

Pemeriksaan dan perawatan prasarana perkeretaapian wajib dilakukan untuk memastikan kondisi prasarana sesuai dengan spesifikasi teknis yang tercantum dalam Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Resor Jalan Rel 6.3 Wates memiliki jumlah lengkung terbanyak di Daop 6 Yogyakarta dengan jumlah 35 titik lengkung. Pemeriksaan lengkung dilakukan dengan cara opname lengkung yang terdiri dari pemeriksaan anak panah, peninggian, dan pelebaran jalur rel. Berdasarkan hasil analisis, terdapat beberapa titik opname pada lengkung yang mengalami pergeseran dan tidak sesuai dengan register serta penyimpangan terhadap pelebaran jalur rel yang melebihi batas toleransi. Struktur balas berdasarkan kelas jalan I yaitu tebal balas 30 cm, lebar bahu balas 150 cm, dan lebar kaki balas 235 cm. Berdasarkan hasil analisis tebal balas berkisar antara 63-108 cm, lebar bahu balas berkisar antara 135 cm, dan lebar kaki balas berkisar antara 260 cm. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan kegiatan perawatan pada lengkung yaitu angkatan, listringan, dan penggantian beberapa komponen penambat yang hilang serta saat perawatan balas dilakukan penurunan ketebalan balas dengan cara menggorek balas dari bagian bawah balas hingga tinggi sesuai dengan standar yang ditentukan. Perawatan lengkung diperlukan untuk keselamatan dan kelancaran operasional perjalanan kereta api.

**Kata Kunci: Balas; Jalur Lengkung; Opname Lengkung; Perawatan**

## **I. PENDAHULUAN**

Kondisi jalur kereta api yang baik dan terpelihara menjadi suatu kewajiban karena merupakan hal penting dalam pengoperasian kereta api. Pemeriksaan dan perawatan jalur kereta api wajib dilakukan untuk memastikan

kondisi jalur kereta api sesuai dengan spesifikasi teknis yang tercantum dalam Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.

Pemeliharaan struktur jalan rel dilakukan oleh UPT Resor Jalan Rel yang bertugas untuk melaksanakan pemeliharaan secara rutin guna menjaga kondisi jalan rel pada wilayah kerjanya. UPT Resor 6.3 Wates merupakan resor yang dinaungi oleh Daerah Operasional (Daop) 6 Yogyakarta. Wilayah dari Resor Jalan Rel 6.3 Wates dimulai dari Km 513+900 sampai Km 530+500. Dalam wilayahnya, Resor Jalan Rel 6.3 Wates memiliki jumlah lengkung paling banyak dibandingkan dengan resor jalan rel lain yang ada di Daop 6 dengan jumlah 35 titik lengkung. Radius terkecil yang berada di wilayah resor ini berada di Km 520+387 – Km 521+232 dengan radius 397 m. Dengan banyaknya lengkung yang berada di Resor Jalan Rel 6.3 Wates, perlu dilakukan pemeliharaan secara rutin terhadap struktur jalan rel lengkung untuk menjamin keselamatan perjalanan kereta api dan menghindari adanya kecelakaan kereta api.

Pada wilayah kerja Resor 6.3 Wates pernah terjadi kecelakaan kereta api tepatnya di lengkung 28 I. Kejadian tersebut terjadi pada tanggal 17 Oktober 2023, KA Argo Semeru mengalami anjlokkan di lengkung nomor 28 I pada Km 520+422 lintas Wates – Sentolo. Menurut hasil survei, kondisi anak panah dan peninggian pada lengkung nomor 28 I tidak sesuai dengan register serta pelebaran yang tidak sesuai dengan standar pelebaran maksimum. Terdapat 90 titik pergeseran anak panah dan 97 titik peninggian yang tidak sesuai dengan register serta 25 titik pelebaran yang tidak sesuai dengan standar pelebaran maksimum. Selain itu, ketebalan balas pada lengkung nomor 28 I berkisar antara 63-108 cm yang tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012. Ketika dilakukan proses pemadatan balas, balas dibawah bantalan tidak terpadatkan sepenuhnya. Hanya balas bagian atas yang mengalami proses pemadatan, sedangkan balas bagian bawah tidak padat yang menyebabkan kondisi balas menjadi tidak stabil. Kecepatan yang diizinkan pada lengkung nomor 28 I sesuai dengan Grafik Perjalanan Kereta Api (GAPEKA) adalah 80 km/jam, namun dengan kondisi balas yang tidak stabil mampu membahayakan kereta api yang melintas pada lengkung tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu diadakannya peningkatan keselamatan konstruksi jalan rel lengkung serta dilakukan evaluasi terhadap batas kecepatan pada lengkung nomor 28 I. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan perjalanan kereta api dan menghindari terjadinya kecelakaan kereta api pada lengkung tersebut.

## **II. METODOLOGI PENELITIAN**

### **A. Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan di wilayah kerja Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Semarang tepatnya di Satuan Pelayanan Yogyakarta yang berada di Daerah Operasional 6 Yogyakarta. Lintas yang diambil berada pada Lintas Wates-Sentolo. Pada saat pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan (PKL) dan Magang terhitung dari bulan Februari sampai dengan bulan Mei 2024, sehingga penelitian dilaksanakan selama 4 bulan.

## **B. Metode Pengumpulan Data**

### **1. Data Sekunder**

Data sekunder berupa data yang diperoleh secara tidak langsung dari instansi-instansi yang berkaitan dengan data yang dibutuhkan. Data sekunder pada penelitian ini didapatkan dengan mencari langsung pada Resor Jalan Rel 6.3 Wates. Data sekunder pada penelitian ini adalah data komponen jalan rel Lintas Wates-Sentolo, data spesifikasi lengkung, dan data *Track Quality Index* (TQI).

### **2. Data primer**

Data primer adalah data yang didapatkan melalui kegiatan dilapangan. Kegiatan yang dimaksud adalah observasi secara langsung mengenai kondisi lengkung lengkung nomor 28 I Km 520+387 – Km 521+232 jalur hilir lintas Wates-Sentolo. Data-data yang termasuk data primer yaitu:

- a. Pengukuran profil balas, berupa lebar bahu balas, tebal balas, dan lebar kaki balas
  - 1) Pengukuran lebar bahu balas dilakukan dengan mengukur garis horizontal dari as jalan rel sampai dengan tepi balas atas.
  - 2) Pengukuran tebal balas dilakukan dengan mengukur garis vertikal dari bagian atas subbalas sampai dengan tepi balas atas untuk mencari ketebalan balas
  - 3) Pengukuran lebar kaki balas dilakukan dengan mengukur garis horizontal dari as jalan rel sampai dengan tepi badan balas (tepi bawah balas)
- b. Opname lengkung, berupa pengukuran anak panah, peninggian, dan pelebaran
  - 1) Pengukuran anak panah dilakukan dengan cara mengukur anak panah menggunakan benang nilon sepanjang 20 meter dan menggunakan penggaris untuk menghitung anak panah. Pengukuran anak panah rel dilakukan secara setiap 10 meter.
  - 2) Pengukuran peninggian dilakukan dengan cara mengukur peninggian rel menggunakan *track gauge*. Pengukuran peninggian rel dilakukan secara setiap 10 meter.
  - 3) Pengukuran pelebaran dilakukan dengan cara mengukur pelebaran rel menggunakan *track gauge*. Pengukuran pelebaran rel dilakukan secara setiap 10 meter.

## **C. Pengolahan Data**

Pengolahan data dilakukan setelah semua data yang diperlukan terkumpul. Pengolahan data primer dan data sekunder dilakukan untuk dapat mengetahui tindakan selanjutnya dari permasalahan yang ada. Pengolahan data dilakukan dengan menganalisis kondisi lengkung berupa anak panah lengkung, peninggian lengkung, dan pelebaran lengkung. Selain itu, dilakukan analisis pada profil balas untuk mengetahui kondisi eksisting profil balas pada lintas. Terakhir perhitungan kecepatan maksimal yang diizinkan pada lengkung yang sesuai dengan standar keselamatan yang diizinkan.

## **D. Analisis Data**

### **1. Analisis Anak Panah Pada Lengkung**

Analisis ini digunakan untuk mengetahui titik opname mana saja yang melewati batas toleransi dari data anak panah register. Proses pengukuran menggunakan benang nilon sepanjang 20 meter dan mistar ukur.

2. Analisis Peninggian Pada Lengkung

Analisis ini digunakan untuk mengetahui titik opname mana saja yang melewati batas toleransi dari data peninggian register. Pengukuran peninggian dilakukan dengan menggunakan *track gauge*.

3. Analisis Pelebaran Pada Lengkung

Analisis ini digunakan untuk mengetahui titik opname mana saja yang melewati batas toleransi dari data pelebaran sesuai dengan standar. Pengukuran pelebaran dilakukan dengan menggunakan *track gauge*.

4. Analisis Profil Balas

Analisis ini digunakan untuk mengembalikan kondisi ketebalan balas hingga sesuai dengan Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012. Pengukuran profil balas dilakukan dengan menggunakan dua meteran.

5. Analisis Perhitungan Kecepatan Maksimal

Analisis ini digunakan untuk mengevaluasi batas kecepatan pada lengkung nomor 28 I Km 520+387 – Km 521+232 jalur hilir lintas Wates – Sentolo.

#### E. Formula Matematika

Pada penelitian ini, rumus yang digunakan adalah rumus perhitungan kecepatan maksimal pada analisis perhitungan kecepatan maksimal. Rumus ini berdasarkan pada Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012. Berikut merupakan rumus perhitungan kecepatan maksimal:

$$h \text{ normal} = 5,95 \frac{V_r^2}{R}$$

Keterangan:

h = Peninggian (mm)

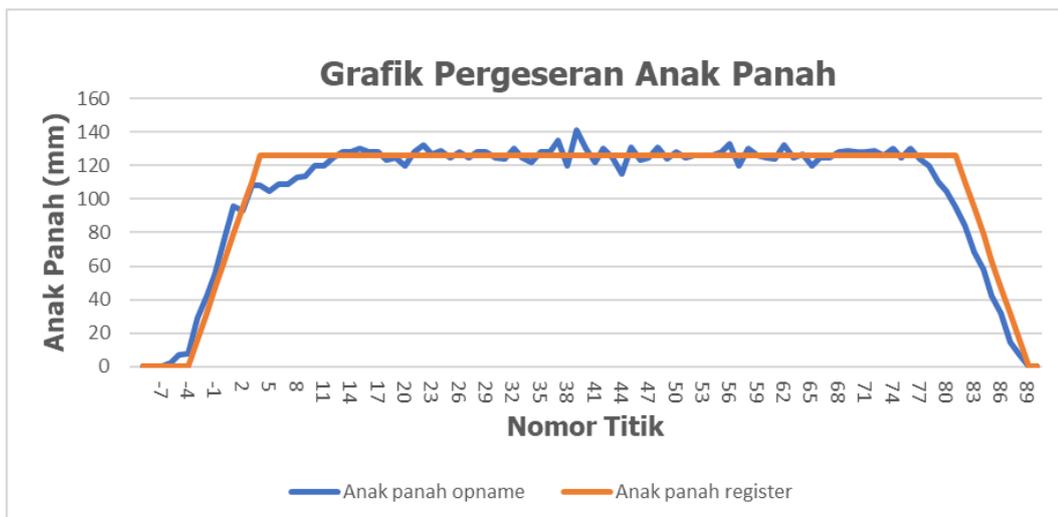
$V_r$  = Kecepatan Rencana (km/jam)

R = Jari-jari lengkung (m)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisis Anak Panah Pada Lengkung

Analisis ini dimulai dengan mengukur anak panah lengkung untuk mendapatkan data eksisting. Untuk mengetahui besaran nilai anak panah pada suatu lengkung digunakan rumus yang didasarkan pada kecepatan dan besar radius lengkung. Dengan radius 397, hasil dari perhitungan anak panah adalah 126 mm. Hasil opname digunakan sebagai dasar untuk pergeseran anak panah hingga kembali ke register yaitu sebesar 126 mm. Hasil opname tersebut dikonversikan dalam bentuk grafik yang nantinya akan mempermudah proses listrigan pada pekerjaan di lapangan. Berikut merupakan grafik hasil perhitungan anak panah:



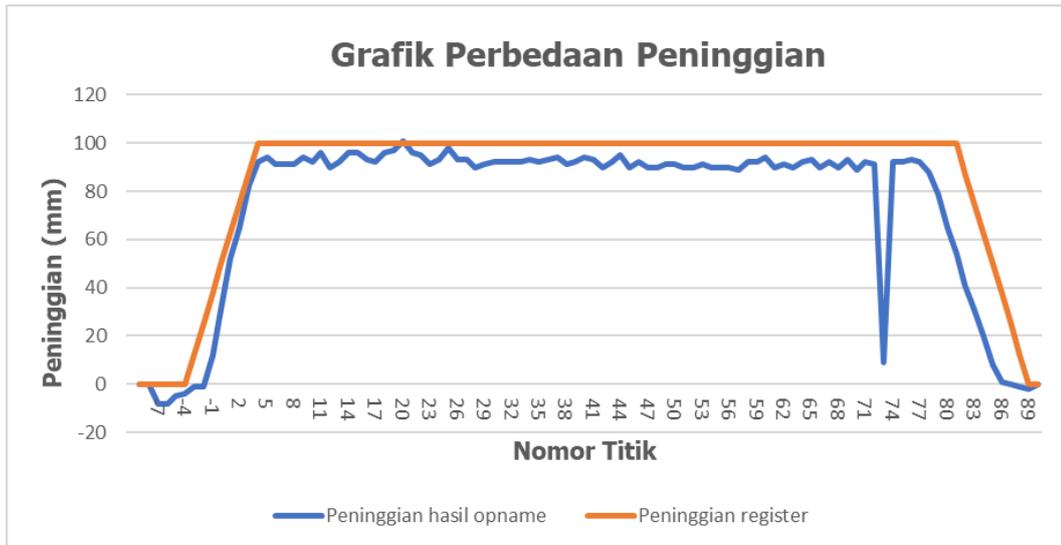
Sumber: Hasil Analisis, 2024

**Gambar 1. 1**  
**Grafik Pergeseran Anak Panah**

Garis biru menandakan anak panah hasil opname sedangkan garis orange menandakan anak panah register. Garis biru pada grafik menunjukkan adanya naik turun yang menandakan terdapat perbedaan besar anak panah yang tidak sesuai dengan register. Sebanyak 90 titik yang tidak sesuai dengan register dengan penyimpangan terbesar pada titik 81 sebesar 31 mm. Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu dilakukan perawatan dengan menggeser busur lengkung pada titik-titik tertentu dengan metode listringan untuk mengembalikan kondisi anak panah sesuai dengan register.

### **B. Analisis Peninggian Pada Lengkung**

Analisis ini dimulai dengan mengukur peninggian lengkung untuk mendapatkan data eksisting. Berdasarkan PM 60 Tahun 2012, telah dijelaskan mengenai besarnya peninggian berdasarkan radius lengkung. Besar peninggian ditentukan berdasarkan besarnya radius suatu lengkung. Radius pada lenkung 28 I sebesar 397 maka besarnya peninggian pada lengkung 28 I adalah 100 mm. Hasil dari pengukuran peninggian dikonversikan ke dalam bentuk grafik seperti pengukuran anak panah. Berikut merupakan grafik hasil opname lengkung nomor 28 I:



Sumber: Hasil Analisis, 2024

**Gambar 1. 2**  
**Perbedaan Peninggian**

Garis biru menandakan anak panah hasil opname sedangkan garis orange menandakan anak panah register. Garis biru pada grafik menunjukkan adanya naik turun yang menandakan terdapat perbedaan peninggian yang tidak sesuai dengan register. Sebanyak 97 titik yang tidak sesuai dengan register dengan penyimpangan terbesar pada titik 73 sebesar 91 mm. Jika dilihat dari titik-titik sebelumnya, maka selisih perbedaan peninggian untuk jarak 10 meter mencapai 8 cm. Hal tersebut sangat berpotensi terjadinya kereta anjlok sehingga diperlukan perawatan pada titik 73. Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu dilakukan pengangkatan titik-titik tertentu pada rel luar sehingga peninggian sesuai dengan register.

### C. Analisis Pelebaran Pada Lengkung

Analisis ini dimulai dengan mengukur pelebaran lengkung untuk mendapatkan data eksisting. Berdasarkan spesifikasi, lengkung nomor 28 I memiliki radius 397 sehingga pelebaran maksimum pada lengkung nomor 28 I adalah 15 mm. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, penyimpangan lebar jalan rel dengan lebar 1067 yang dapat diterima adalah +4 mm dan -2 mm untuk jalan rel yang telah dioperasikan. Hasil pengukuran menunjukkan, terdapat 25 titik pelebaran yang melebihi batas toleransi. Oleh karena itu perlu dilakukan perawatan secara rutin untuk tetap mempertahankan pelebaran sesuai dengan standar. Berdasarkan hasil analisis opname pelebaran pada lengkung 28 I, terdapat 25 titik pelebaran yang tidak sesuai dengan batas toleransi. Menurut Buku Saku Perawatan Jalan Rel, pelebaran pada jalur lengkung terjadi akibat adanya bantalan yang sudah tidak mengikat karena bantalan pecah dan hilangnya penambat. Berikut merupakan daftar penambat hilang pada lengkung 28 I:

**Tabel 1. 1**  
**Daftar Penambat Hilang dan Penambat Lepas**

Kerusakan	Titik Km Kerusakan
Penambat hilang	520+955
Penambat lepas	520+145
Penambat hilang	521+200
Isolator bergeser	521+010

*Sumber: Hasil Analisis, 2024*

Pada lengkung nomor 28 I ditemukan beberapa penambat yang tidak terpasang, penambat hilang, dan isolator bergeser. Hal tersebut mampu menyebabkan pelebaran bergeser lebih banyak hingga melebihi batas toleransi. Oleh karena itu perlu dilakukan perawatan seperti pemasangan penambat yang hilang untuk tetap mempertahankan pelebaran sesuai dengan standar. Berdasarkan hasil pengukuran keausan, kondisi keausan pada lengkung 28 I seluruhnya masih normal dan dibawah batas toleransi yaitu 12 mm untuk a dan 15 mm untuk e. Tetapi tetap diperlukan pemeriksaan secara rutin terhadap keausan untuk mengetahui kondisi keausan rel pada lengkung.

#### **D. Analisis Profil Balas**

Analisis dimulai dengan pengukuran profil balas berupa lebar bahu balas, tebal balas, dan lebar kaki balas. Ketiga ukuran tersebut telah diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, yaitu pada tabel penampang melintang jalan rel. Berdasarkan tabel penampang melintang jalan rel, standar ketebalan balas pada kelas jalan I adalah 30 cm, standar lebar bahu balas adalah 150 cm, dan standar lebar kaki balas adalah 235 cm. Berikut merupakan hasil pengukuran profil balas pada lengkung nomor 28 I. Ketebalan balas disepanjang lengkung sudah berbeda jauh berdasarkan standar pada PM 60 Tahun 2012 yang berkisar antara 63-108 cm. Semakin tebal suatu balas maka kondisi balas akan semakin labil sehingga dapat membahayakan operasional kereta api. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan untuk mengatasi ketidaksesuaian ketebalan balas tersebut.

Untuk mengatasi permasalahan ketebalan balas pada lengkung nomor 28 I, pada saat perawatan balas dilakukan penanganan ketebalan balas. Berikut merupakan penjelasan mengenai uraian kegiatan, peralatan yang digunakan, kebutuhan personel, waktu pengerjaan, serta langkah kerja dalam perawatan ketebalan balas:

##### **1. Uraian kegiatan**

Perawatan ketebalan balas yang dilakukan adalah dengan mengurangi tinggi balas di bawah bantalan balas secara bertahap hingga mencapai tinggi yang diinginkan. Dalam proses kali ini, ketebalan balas yang diturunkan disesuaikan dengan titik terendah pada lengkung, yaitu pada titik 90 dengan tebal balas adalah 63 cm pada lengkung luar dan tebal balas di lengkung dalam sesuai dengan besar pertinggian yaitu 100 mm yaitu dengan tinggi 53 cm.

Metode dibagi menjadi 3 tahap yaitu tahap pengukuran, tahap persiapan, dan tahap pelaksanaan. Tahap pengukuran adalah tahap mengukur profil balas untuk mengetahui kondisi eksisting pada

lengkung 28 I. Tahap persiapan adalah tahap mempersiapkan peralatan dan kesiapan personel. Sedangkan tahap pelaksanaan adalah langkah kerja secara spesifik dari awal hingga akhir pelaksanaan.

2. Peralatan yang digunakan
  - a. Peralatan pengukuran profil balas

**Tabel 1. 2**  
**Peralatan Pengukuran Profil Balas**

<b>Peralatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Kegunaan</b>
Meteran	2	Untuk mengukur profil balas
Formulir pengukuran profil balas <i>ballpoint</i> dan papan jalan	1	Untuk mencatat hasil pengukuran
Alat Komunikasi (HT)	1	Untuk mengetahui informasi adanya KA

*Sumber: Hasil Analisis, 2024*

- b. Peralatan pada pelaksanaan pekerjaan

**Tabel 1. 3**  
**Peralatan Pengukuran Pelaksanaan Pekerjaan**

<b>Peralatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Kegunaan</b>
Bendera kerja regu warna orange	1	Bendera penanda adanya pekerjaan jalan rel
Semboyan 2B	1	Tanda batas kecepatan 20 km/jam
Alat Komunikasi (HT)	2	Untuk mengetahui informasi adanya KA
Belancong	12	Menggorek balas
Alat Pelindung Diri	24	Untuk keselamatan dan keamanan para pekerja berupa Safety Vest, Peluit, Helm. Sepatu, dan Sarung Tangan
Karung	100	Wadah balas yang tidak digunakan
Waterpass	2	Alat mengukur peninggian rel
Formulir pengukuran profil balas	2	Untuk mencatat hasil pengukuran
Meteran	4	Untuk mengukur profil balas

*Sumber: Hasil Analisis, 2024*

3. Kebutuhan personel
  - a. Kebutuhan pada pengukuran profil balas dibutuhkan 4 orang. Berikut merupakan peran dan tanggung jawab pada proses pekerjaan persiapan:
    - 1) 2 orang melakukan pengukuran struktur balas menggunakan meteran
    - 2) 1 orang mencatat hasil pengukuran pada lembar formulir
    - 3) 1 orang sebagai train watcher atau pengawas datangnya kereta api
  - b. Kebutuhan pada pelaksanaan pekerjaan dibutuhkan 22 orang yang dibagi menjadi 2 tim. Berikut merupakan peran dan tanggung jawab pada proses pelaksanaan pekerjaan:
    - 1) Kepala Regu (Kasatker) menjadi koordinator pada setiap tim (2 orang)
    - 2) Train Watcher mengawasi datangnya kereta api (2 orang)
    - 3) Pekerja untuk melakukan penggorekan balas serta mengangkut hasil penggorekan balas (14 orang)
    - 4) Pekerja untuk mengukur peninggian balas dan peninggian rel serta mencatatnya ke dalam formulir (4 orang)
4. Waktu pengerjaan

Waktu pengerjaan penurunan ketebalan balas dilaksanakan pada saat operasional KA berlangsung. Panjang jalur lengkung 28 I adalah 845 meter yang dimulai dari Mulai Lengkung (ML) pada Km 520+387

sampai Akhir Lengkung (AL) pada Km 521+232. Waktu yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan perhari adalah 8 jam kerja dengan perincian sebagai berikut:

- a. Target pengurangan balas perhari sepanjang lengkung 28 I yaitu 845 meter
- b. Terdapat 2 tim pelaksanaan pekerjaan. Setiap tim ditargetkan dapat menyelesaikan sepanjang 422,5 meter dan 422,5 meter setiap hari
- c. Dalam satu jam setiap tim harus menyelesaikan pekerjaan sepanjang 53 meter

Berikut merupakan pembagian waktu pekerjaan penurunan tinggi balas setiap 1 jam:

**Tabel 1. 4**  
**Pembagian waktu pekerjaan penurunan tinggi balas**

Uraian Pekerjaan Penurunan Balas	Waktu Pengerjaan Satu Jam (menit)					
	10	20	30	40	50	60
Mengeluarkan balas						
Karungi balas yang telah dikurangi						
Mengukur peninggian balas dan peninggian rel menggunakan meteran dan Waterpass						

*Sumber: Hasil Analisis, 2024*

Berdasarkan hasil pengukuran, kondisi balas 28 I berkisar antara 63-108 cm. Proses penanganan ketebalan balas hanya sampai pada titik terendah pada lengkung 28 I yaitu 63 cm yang berarti proses ini menurunkan balas sebanyak 45 cm dari titik tertingginya. Proses yang dilakukan setiap harinya menurunkan sebesar 5 cm karena memperhatikan faktor keselamatan perjalanan kereta api. Oleh karena itu dibutuhkan waktu 9 hari untuk menyelesaikan proses pekerjaan dengan jumlah personel yang ada.

#### 5. Langkah kerja

Pekerjaan dibagi menjadi 3 sesi yaitu pengukuran profil balas, pekerjaan persiapan, dan pelaksanaan pekerjaan. Berikut merupakan metode kerja dari pengukuran profil balas dan pelaksanaan pekerjaan:

##### a. Pengukuran Profil Balas

Pengukuran profil balas dilaksanakan sebelum melaksanakan pekerjaan penanganan ketebalan balas. Kegiatan ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu pengukuran lebar bahu balas, pengukuran tinggi balas, dan pengukuran lebar kaki balas.

##### b. Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan adalah pekerjaan yang dilakukan sebelum melakukan pelaksanaan pekerjaan. Berikut merupakan proses pekerjaan persiapan:

- 1) KUPT/KAUR menyiapkan catatan pekerjaan dan berkoordinasi dengan Kepala Stasiun/PPKA
- 2) KUPT/KAUR melakukan pengecekan tenaga kerja, alat kerja, serta alat komunikasi
- 3) Menentukan lokasi penurunan ketinggian balas meliputi letak dan panjang yang akan dilakukan perbaikan

##### c. Pekerjaan Pelaksanaan

Pelaksanaan pekerjaan dilaksanakan oleh 2 tim. Setiap tim memulai pekerjaan dari 2 ujung lengkung sehingga nantinya bertemu di titik tengah lengkung. Berikut merupakan proses pelaksanaan pekerjaan penurunan ketinggian balas:

- 1) Pekerjaan penurunan balas diawali dengan memasang pembatas kecepatan 20 km/jam (semboyan 2B) pada ujung lengkung arah datangnya kereta
- 2) Memasang bendera regu berwarna orange dengan jarak 100 meter dari arah datangnya kereta. Jika jarak tidak terpenuhi karena adanya lengkung horizontal dan vertikal maka bendera kerja digeser ke arah datangnya kereta dengan minimal jarak adalah 300 meter. Sedangkan dalam pandangan masinis harus terlihat sebesar 600 meter.
- 3) Melaporkan lokasi pekerjaan dan kegiatan yang dilakukan ke PPKA/KS stasiun terdekat
- 4) Menggorek balas dengan belancong secara bertahap hingga 5 cm. Lakukan dari ujung lengkung hingga titik tengah lengkung.
- 5) Melakukan pengukuran tinggi balas setelah digorek dengan menggunakan meteran dan mengukur peninggian rel dengan menggunakan waterpass.
- 6) Mencatat hasil pengukuran pada formulir profil balas untuk dijadikan dasar di hari berikutnya dalam menurunkan profil balas.
- 7) Masukkan sisa balas ke dalam karung dan menyimpannya di tempat yang aman.
- 8) Kembali lagi mengulangi proses yang sama dari titik awal sampai titik akhir hingga ketinggian balas sesuai dengan tinggi pada titik terendah yaitu 63 cm pada sisi luar dan di sisi dalam adalah 53 cm.
- 9) Apabila pekerjaan telah selesai, KUPT atau Kasatker mengevaluasi hasil pekerjaan dan memastikan kondisi jalur aman untuk dilewati kereta api
- 10) KUPT Resor atau Kasatker melaporkan kepada PPKA/KS bahwa pekerjaan telah selesai dan semboyan dicabut

#### **E. Analisis Perhitungan Kecepatan Maksimal**

Perhitungan digunakan untuk mengetahui kecepatan maksimal yang sesuai dengan standar keselamatan pada lengkung nomor 28 I. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, besar kecepatan maksimal untuk jari-jari 400 dengan peninggian 100 mm adalah 80 km/jam. Perhitungan kecepatan berkaitan langsung dengan perhitungan peninggian normal pada lengkung.

$$h \text{ normal} = 5,95 \frac{Vr^2}{R}$$

Berdasarkan tabel spesifikasi lengkung nomor 28 I, diketahui bahwa besar peninggian  $h$  normal adalah 100 mm, sedangkan besar radius lengkung adalah 397 m. Sehingga dapat dilakukan perhitungan kecepatan pada lengkung nomor 28 I adalah sebagai berikut:

$$h = 5,95 \frac{Vr^2}{R}$$

$$110 = 5,95 \frac{V_r^2}{397}$$

$$V_r^2 = \frac{110 \times 397}{5,95}$$

$$V_r = \sqrt{\frac{110 \times 397}{5,95}}$$

$$V_r = 85,67 \text{ km/jam}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka seharusnya kecepatan maksimal dapat mencapai 85,67 km/jam namun hal tersebut jika kondisi prasarana sesuai dengan standar. Jika tidak sesuai dengan standar maka akan memungkinkan terjadinya kecelakaan kereta api. Kecelakaan kereta api dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya faktor sarana, prasarana, SDM operator, dan faktor alam. Contoh penyebab kecelakaan prasarana adalah jenis dan kondisi struktur jalan rel (Apriyanto dkk., 2022). Pada lengkung nomor 28 I terdapat beberapa kondisi prasarana yang tidak sesuai dengan standar, antara lain:

1. Terdapat beberapa titik lebar bahu yang kurang yaitu hanya 118 cm yang seharusnya adalah 150 cm
2. Kondisi tinggi balas di sepanjang lengkung yang berbeda jauh dengan standar tinggi balas yaitu berkisar antara 63-108 cm yang seharusnya adalah 30 cm.
3. Pelaksanaan perawatan lengkung menggunakan *Multi Tie Temper* (MTT) yang tidak terjadwal.

Dengan adanya penyimpangan kondisi prasarana pada lengkung nomor 28 I, maka kecepatan maksimal pada lengkung 28 I dapat diturunkan untuk mengurangi risiko terjadinya kecelakaan kereta.

#### IV. KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis anak panah pada lengkung nomor 28 I Km 520+387 – Km 521+232, dapat diketahui bahwa terdapat penyimpangan anak panah yang tidak sesuai dengan register sebanyak 90 titik. Penyimpangan terbesar terdapat pada titik 81 dengan penyimpangan sebesar 31 mm.
2. Dari hasil analisis peninggian pada lengkung nomor 28 I Km 520+387 – Km 521+232, dapat diketahui bahwa terdapat penyimpangan peninggian yang tidak sesuai dengan register sebanyak 97 titik. Penyimpangan terbesar terdapat pada titik 73 dengan penyimpangan sebesar 91 mm atau 9 cm. Jika dilihat dari titik-titik sebelahnya, maka selisih perbedaan peninggian untuk jarak 10 meter mencapai 8 cm. Hal tersebut sangat berpotensi terjadinya kereta anjlok pada titik 73.
3. Dari hasil analisis pelebaran pada lengkung nomor 28 I Km 520+387 – Km 521+232, dapat diketahui bahwa terdapat penyimpangan pelebaran yang tidak sesuai dengan standar pelebaran maksimum yaitu 15 mm dan melebihi batas toleransi yaitu +4 mm dan -2 mm sebanyak 25 titik. Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya penambat yang tidak terpasang dan isolator yang bergeser.

4. Dari hasil analisis profil balas pada lengkung nomor 28 I Km 520+387 – Km 521+232, dapat diketahui bahwa terdapat penyimpangan lebar bahu balas dan ketebalan balas yang tidak sesuai dengan standar yang sudah diatur dalam Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012. Ketebalan balas di sepanjang lengkung nomor 28 I berkisar antara 63-108 cm. Semakin tebal suatu balas maka kondisi balas akan semakin labil sehingga dapat membahayakan operasional kereta api.
5. Berdasarkan hasil perhitungan kecepatan maskimal pada lengkung nomor 28 I, dapat diketahui bahwa kecepatan maksimal yang dapat dilewati kereta api pada lengkung tersebut adalah 85,67 km/jam. Namun terdapat kondisi prasarana yang tidak sesuai dengan standar seperti lebar bahu balas kurang, ketebalan balas yang melebihi standar, serta jadwal perawatan menggunakan MTT yang tidak terjadwal.

## V. SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas, terdapat beberapa rekomendasi maupun saran yang dapat digunakan sebagai masukan bagi pihak-pihak terkait. Adapun rekomendasi tersebut antara lain:

1. Untuk mengembalikan kondisi anak panah pada lengkung nomor 28 I Km 520+387 – Km 521+232 lintas Wates – Sentolo agar dilakukan perawatan berupa listringan atau penggeseran busur pada lengkung.
2. Untuk mengembalikan kondisi peninggian pada lengkung nomor 28 I Km 520+387 – Km 521+232 lintas Wates – Sentolo agar dilakukan perawatan berupa angkatan pada lengkung.
3. Untuk mengembalikan kondisi pelebaran pada lengkung nomor 28 I Km 520+387 – Km 521+232 lintas Wates – Sentolo agar dilakukan pemasangan penambat yang hilang untuk tetap mempertahankan pelebaran sesuai dengan standar pelebaran pada radius 397 yaitu sebesar 15 mm dan sesuai dengan batas toleransi yaitu +4 mm dan -2 mm.
4. Perlu dilakukan penanganan penurunan ketebalan balas di sepanjang lengkung nomor 28 I untuk mengembalikan kondisi ketebalan balas sesuai dengan standar pada Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012.
5. Agar dilakukan penurunan batas kecepatan maksimal pada lengkung nomor 28 I guna meminimalisir terjadinya kecelakaan kereta api. Hal tersebut karena kondisi prasarana pada lengkung nomor 28 I terdapat beberapa penyimpangan atau tidak sesuai dengan standar. Selain itu, agar lebih memperhatikan perawatan lengkung menggunakan MTT seperti pembuatan jadwal pada perawatan MTT sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “PENINGKATAN KESELAMATAN KONSTRUKSI JALAN REL PADA LENGKUNG NOMOR 28 I JALUR HILIR KM 520+387 – 521+232 LINTAS WATES-SENTOLO” dengan baik dan sesuai dengan waktu yang ditentukan.

Dalam pelaksanaan penelitian tidak dapat terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak dari awal hingga akhir penelitian. Oleh karena itu, perkenankan penulis untuk memberikan ucapan terima kasih kepada dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan keluarga dirumah yang selalu mendukung dan mendoakan demi keberhasilan dan kesuksesan anggota keluarganya ini;
2. Bapak Avi Mukti Amin, S.Si.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD dan jajarannya;
3. Bapak Uriansyah Pratama, S.ST., M.M selaku Kepala Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian;
4. Bapak Ir. Bambang Drajat, M.M. selaku dosen pembimbing I yang telah membantu memberikan arahan, bimbingan, serta saran sehingga KKW ini dapat diselesaikan dengan baik;
5. Bapak Drs. Ujang Cahyono, M.M. selaku dosen pembimbing II yang telah membantu memberikan arahan, bimbingan, serta saran sehingga KKW ini dapat diselesaikan dengan baik;
6. Bapak Sukriyansah, ST selaku Koordinator Satuan Pelayanan Yogyakarta;
7. Kepada seluruh pegawai dan alumni yang berada di Satuan Pelayanan Yogyakarta yang telah banyak membantu;
8. Kakak-kakak alumni yang telah banyak membantu memberikan masukan dan arahan; dan
9. Adik-adik angkatan 44 dan angkatan 45 yang telah membantu mendoakan demi kelancaran penulisan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan penelitian ini, penulis merasa terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran yang membangun dari semua pihak supaya dapat menjadi pembelajaran bagi penulis dan sebagai bahan evaluasi diri bagi penulis maupun perbaikan bagi penulisan-penulisan berikutnya. Penulis berharap, penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis pribadi maupun pihak-pihak terkait yang membutuhkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Perhubungan. 2011. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 31 Tahun 2011 Tentang Standar Dan Tata Cara Pemeriksaan Prasarana Perkeretaapian.
- \_\_\_\_\_. 2011. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 32 Tahun 2011 Tentang Standar Dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian.
- \_\_\_\_\_. 2012. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
- PT Kereta Api Indonesia. 2012. Buku Saku Perawatan Jalan Rel.
- \_\_\_\_\_. 2016. Peraturan Dinas Nomor 10A Perawatan Jalan Rel dengan Lebar 1067 mm.
- Apriyanto, R. Akbar Nur, et al. 2022. Perbandingan Simulasi Kontrol Kecepatan Kereta Api Dengan Logika Fuzzy Metode Mamdani Dan Sugeno. Madiun: Politeknik Negeri Madiun
- Haris, Samun, dan Toto Hendrianto. 2017. Pengaruh Geometrik Jalan Rel Terhadap Batas Kecepatan Maksimal Kereta Api. Jurnal Isu Teknologi Stt Mandala

- Karyanto, Tanto Adi, et al. 2020. Evaluasi Pengaruh Lengkung Jalan Kereta Api Terhadap Kecepatan Kereta Api (Studi Kasus Berbah Km. 157+121 – Km. 157+632. Jurnal Equilib
- Wirawan, Willy Artha., Septiana Widi Sunardi., dan Fadli Rozaq. 2021. Peningkatan Kompetensi Tenaga Perawat Sarana Perkeretaapian Pada Bidang Dasar Teknologi Sistem Pengereman. Jurnal Madian Spoor: Pengabdian Masyarakat
- Zulkarnain, Y, dan Ghofarudin. 1995. Proses Pencucian dan Pemadatan Ballast Jalan Rel Lintas Yogyakarta-Solo. Yogyakarta.
- Kristian, Yusup, dan Tira Roesdiana. 2021. Analisis Kerusakan Jalan Rel Wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tanjung Berdasarkan Hasil Kereta Ukur. Cirebon: Universitas Swadaya Gunung Jati
- Irjayanti, Ade Irma, dan R. Endro Wibisono. 2023. Evaluasi Pekerjaan Geser Lengkung Jalur Kereta Api (Studi Kasus: Lengkung Nomor 11 KM 8+303 Sampai KM 8+484 Wonokromo Surabaya). Surabaya: Universitas Negeri Surabaya
- Prabowo, Juniar Eko., Rudy Santosa., dan Adhi Muhtadi. 2023. Evaluasi Pengaruh Geser Lengkung Horizontal Terhadap Kecepatan Kereta Api (Studi Kasus: Lintas Wonokromo – Waru Km 8+200 s.d Km 8+500). Surabaya: Universitas Dokter Soetomo