

Evaluasi Rel Gongsol Pada Lengkung Nomor IP Temporary 2 Km 107+384 – Km 107+424 Lintas Kadipiro-Solobalapan

Sarah Tsabitah^{1,*}, Nico Djundharto Djajasinga², Nyimas Arnita Aprilia³

Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD
Jl. Raya Setu No. 89, Kec. Cibitung, Kab. Bekasi, Jawa Barat

*E-mail: sarabsabita02@gmail.com

ABSTARCT

Railway infrastructure inspection is an activity to determine the condition of railroad construction in order to evaluate the conditions for improvement so that the evaluation of railroad conditions can be carried out according to railroad guidelines. On the Kadipiro - Solobalapan crossing Km 107 + 384 - Km 107 + 424 there is a curve number IP TEMP 2 with a radius of 160 m. Gongsol rails must be installed continuously on rail roads where the radius of the curve is less than 250m. Efforts to improve the usability and reliability of gongsol rails through inspection and maintenance. Inspection of arches and gongsol rails is carried out by means of arch inventory and measuring the width of the gongsol rail groove, the height of the gongsol rail legs above the main rail head, checking the gongsol rail joints and the completeness of the bolts on the gongsol rail joints. The curvilinear inventory and inspection activities on the gongsol rail are to determine the shift of the arrow point, rail elevation, widening the path in the curve, the width of the gongsol rail groove, the height of the gongsol rail foot above the main rail and the completeness of the bolts on the gongsol rail connection. Based on the analysis results, there are several arrow points that have shifted so that they are not in accordance with the register, there are 11 points of groove width on the gongsol rail that do not match the actual groove width standard and there are 10 points of height of the gongsol rail legs above the main rail that do not match the standard height of the gongsol rail legs above the main rail. To overcome the problem, maintenance activities were carried out on the arch and gongsol rail by means of force and electricity on the arch which aims to restore the arch to its actual position, as well as reinstalling the gongsol rail in accordance with the standard width of the groove so that its use can be optimized.

Keyword: rail road; gongsol rail; curved.

ABSTRAK

Pemeriksaan prasarana perkeretaapian adalah kegiatan untuk mengetahui kondisi konstruksi jalan rel dalam rangka mengevaluasi kondisi untuk dilakukannya perbaikan sehingga evaluasi kondisi jalan rel dapat dilakukan sesuai pedoman jalan rel. Pada lintas Kadipiro – Solobalapan Km 107+384 – Km 107+424 terdapat lengkung nomor IP TEMP 2 dengan radius 160 . Rel gongsol harus di pasang secara menerus pada jalan rel dimana jari-jari lengkung kurang dari 250m. Upaya peningkatan kegunaan dan kehandalan rel gongsol melalui pemeriksaan dan perawatan. Pemeriksaan lengkung dan rel gongsol dilakukan dengan cara opname lengkung dan pengukuran lebar alur rel gongsol, ketinggian kaki rel gongsol diatas kepala rel utama, pemeriksaan pada sambungan rel gongsol dan kelengkapan baut pada sambungan rel gongsol. Kegiatan opname lengkung dan pemeriksaan pada rel gongsol tersebut untuk mengetahui pergeseran titik anak panah, peninggian rel, pelebaran jalur pada lengkung, lebar alur rel gongsol, ketinggian kaki rel gongsol diatas rel utama dan kelengkapan baut pada sambungan rel gongsol. Berdasarkan hasil analisis, terdapat beberapa titik anak panah yang mengalami pergeseran sehingga menjadi tidak sesuai register, terdapat 11 titik lebar alur pada rel gongsol yang tidak sesuai dengan standar lebar alur yang sebenarnya dan terdapat 10 titik ketinggian kaki rel gongsol diatas rel utama yang tidak sesuai dengan standar ketinggian kaki rel gongsol diatas rel utama. Untuk mengatasi permasalahan, dilakukan kegiatan pemeliharaan lengkung dan rel gongsol dengan cara angkatan dan listringan pada lengkung yang bertujuan mengembalikan lengkung pada posisi yang sebenarnya, serta pemasangan ulang rel gongsol yang sesuai dengan standar lebar alurnya sehingga penggunaannya dapat dioptimalkan.

Kata Kunci: jalan rel; rel gongsol; lengkung.

I. Pendahuluan

Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api. Prasarana perkeretaapian adalah jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api bahwa prasarana baik itu jalur maupun bangunan stasiun harus sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan, sehingga terdapat korelasi antara spesifikasi teknis dan realisasi di lapangan yang menjamin keselamatan perjalanan kereta api serta terpenuhinya kebutuhan masyarakat.

Peraturan Menteri Nomor 31 Tahun 2011 Tentang Standar dan Tata Cara Pemeriksaan Prasarana Perkeretaapian adalah kegiatan untuk mengetahui kondisi konstruksi jalan rel dalam rangka mengevaluasi kondisi untuk dilakukannya perbaikan sehingga evaluasi kondisi jalan rel dapat dilakukan sesuai pedoman jalan rel. Melalui penyesuaian peraturan dengan kondisi di lapangan, kita dapat mengidentifikasi aspek-aspek yang perlu dievaluasi. Hal ini bertujuan untuk memastikan keandalan dan meningkatkan keamanan operasional kereta api.

Pada lintas Kadipiro – Solo Balapan Km 107+384 – 107+424 terdapat lengkung dengan radius 160 m dengan kecepatan yang diijinkan pada lintas tersebut hanya 30 km/jam, terdapat ketidaksesuaian lebar alur rel gongsol dan ketinggian kaki rel gongsol di atas kepala rel utama. Titik-titik yang tidak sesuai dengan ketentuan sehingga perlu dilakukan evaluasi pada rel gongsol. Peraturan Menteri Nomor 24 Tahun 2015 Tentang Standar Keselamatan Perkeretaapian rel gongsol harus dipasang secara menerus pada jalan rel di lokasi dimana jari-jari lengkung kurang dari 250m, pemasangan rel gongsol tersebut bertujuan untuk mencegah terjadinya anjlokkan yang disebabkan naiknya roda ke permukaan rel atau untuk mengurangi keausan rel luar pada lengkung dengan radius kecil dapat dilakukan dengan pemasangan konstruksi rel gongsol yang terbuat dari rel yang lebih kecil dari rel utama atau dari baja profil. Upaya peningkatan kegunaan dan kehandalan rel gongsol melalui pemeriksaan dan perawatan. Evaluasi terhadap kondisi rel gongsol agar fungsinya dapat dioptimalkan perlu disesuaikan dengan PM 24 Tahun 2015 tentang Standar Keselamatan Perkeretaapian dan PD 10 A 2016.

II. Metodologi Penelitian

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di wilayah Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Semarang, Satuan Pelayanan Surakarta, tepatnya di Lintas Kadipiro – Solobalapan Resor Jalan Rel 6.8 Solobalapan, dengan cakupan penelitian antara Km 107+384 hingga Km 107+424. Penelitian dilakukan pada saat taruna/i melaksanakan kegiatan Praktek Kerja Lapangan (PKL) terhitung mulai 5 Februari s.d 31 Mei 2024.

B. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah kegiatan untuk mengumpulkan data yang mendukung penelitian dan membantu memecahkan masalah yang diidentifikasi. Dalam penelitian ini, data dikumpulkan melalui beberapa metode: pengukuran anak panah, peninggian, pelebaran pada lengkung dan mengukur lebar alur dan ketinggian kaki rel gongsol di atas kepala rel utama, dokumentasi kegiatan pengukuran. Data yang dikumpulkan terbagi menjadi dua jenis yaitu data primer (anak panah, peninggian, pelebaran pada lengkung dan lebar alur rel gongsol, ketinggian kaki rel gongsol di lengkung) dan data sekunder (komponen jalan rel, spesifikasi lengkung, data perawatan lengkung *IP TEMP 2* dan hasil TQI). Pengumpulan data dilakukan selama Praktek Kerja Lapangan (PKL) di BTP Kelas 1 Semarang Satuan Pelayanan Surakarta, dengan data sekunder diperoleh dari Resor Jalan Rel 6.8 Solobalapan.

C. Pengolahan Data

Dalam penelitian ini digunakan beberapa analisis untuk mendapatkan usulan rekomendasi dari permasalahan yang dikaji. Proses dimulai dengan analisis perbedaan anak panah untuk mengetahui perbedaan anak panah sehingga menemukan selisih anak panah yang tidak sesuai register. Analisis perbedaan peninggian untuk mengetahui perbedaan peninggian pada lengkung sehingga menemukan selisih peninggian yang tidak sesuai register. Analisis perbedaan pelebaran untuk mengetahui perbedaan pelebaran pada lengkung sehingga menemukan selisih pelebaran yang tidak sesuai dengan register. Analisis lebar alur rel gongsol dengan menghitung lebar alur rel gongsol untuk menemukan lebar alur register dan menganalisis gaya sentrifugal dan gaya lateral yang diterima pada lengkung dan rel gongsol. Analisis perbedaan ketinggian kaki rel gongsol terhadap kepala rel utama untuk mengetahui perbedaan ketinggian kaki rel gongsol diatas kepala rel utama yang tidak sesuai register.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Analisis Perbedaan Anak Panah

Pengukuran anak panah dilakukan untuk mengetahui titik mana saja yang mengalami pergeseran akibat gaya sentrifugal dan beban sarana yang melewati lengkung tersebut. Hasil pengukuran anak panah pada lengkung nomor IP TEMP 2 Km 107+384 – 107+424 Lintas Kadipiro – Solobalapan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Perbedaan Anak Panah

| NOMOR TITIK | ANAK PANAH OPNAME | ANAK PANAH REGISTER | PERBEDAAN | KM+HM |
|-------------|-------------------|---------------------|-----------|---------|
| -2 | 1 | 0 | -1 | 107+364 |
| -1 | 8 | 0 | -8 | 107+374 |
| 0 | 125 | 157 | 32 | 107+384 |
| 1 | 280 | 313 | 33 | 107+394 |
| 2 | 353 | 313 | -40 | 107+404 |
| 3 | 338 | 313 | -25 | 107+414 |
| 4 | 325 | 313 | -12 | 107+424 |
| 5 | 133 | 157 | 24 | 107+434 |
| 6 | 43 | 0 | -43 | 107+444 |
| 7 | 13 | 0 | -13 | 107+454 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 107+464 |

Perhitungan metode anak panah lengkung nomor IP TEMP2 Km 107+384 – Km 107+424 Lintas Kadipiro – Solobalapan dapat dilihat dari perhitungan lengkung berdasarkan kecepatan dan radius.

Nilai lengkung penuh dapat dihitung dengan analisis:

$$\begin{aligned} AP &= \frac{50}{\frac{R}{50}} \\ &= \frac{50}{160} \\ &= 0,313 = 313 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan anak panah diatas disimpulkan bahwa pada lengkung nomor IP TEMP 2 dengan radius 160 m didapatkan nilai anak panah sebesar 313 mm. Perbedaan pada tabel 1 menjadi acuan untuk dilakukannya pergeseran anak panah agar menyesuaikan dengan anak panah register. Pergeseran tersebut dilakukan dengan cara angkatan dan listringan.

B. Analisis Perbedaan Peninggian

Pada lengkung peninggian rel yaitu ketinggian rel luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta. Berikut hasil opname peninggian pada lengkung nomor IP TEMP 2 Km 107+384 – Km 107+424 Lintas kadipiro - Solobalapan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Perbedaan Peninggian

| NOMOR TITIK | PENINGGIAN HASIL OPNAME (mm) | | PERBEDAAN | KM+HM |
|----------------|-----------------------------------------|----|-----------|---------|
| | PENINGGIAN HASIL REGISTER (mm) | | | |
| -2 | 2 | 0 | -2 | 107+364 |
| -1 | 6 | 0 | -6 | 107+374 |
| 0 | 5 | 18 | 13 | 107+384 |
| 1 | 32 | 35 | 3 | 107+394 |
| 2 | 34 | 35 | 1 | 107+404 |
| 3 | 28 | 35 | 7 | 107+414 |
| 4 | 36 | 35 | -1 | 107+424 |
| 5 | 19 | 18 | -1 | 107+434 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 107+444 |
| 7 | -3 | 0 | -3 | 107+454 |
| 8 | -3 | 0 | -3 | 107+464 |

Kecepatan untuk lengkung dengan radius 160 m tidak terdapat pada tabel peninggian jalan rel pada PM 60 Tahun 2012, maka untuk mencari kecepatan tersebut menggunakan peninggian sesuai spesifikasi lengkung yaitu 35 mm dengan rumus berikut:

$$h = 5,95 \times \frac{Vr^2}{160}$$

$$35 = 5,95 \times \frac{Vr^2}{160}$$

$$\frac{Vr^2}{160} = 5,8$$

$$Vr^2 = 928$$

$$Vr = \sqrt{928} = 30 \text{ km/jam}$$

Dari perhitungan diatas, sesuai dengan kecepatan rencana yang mencapai 30 km/jam. Untuk mengetahui beda peninggian pada setiap titik, maka perlu dihitung perbedaan dari tiap titik dengan cara mengurangi peninggian hasil opname dengan titik peninggian normal, dari hasil perhitungan tersebut kita dapat mengetahui berapa angka perawatan yang harus diangkat dan diturunkan pada rel luar.

C. Analisis Pelebaran Jalur

Pelebaran jalur dilakukan agar roda kereta api dapat melewati lengkung tanpa hambatan dan mengurangi gaya tekan akibat terjepitnya roda kereta ditikungan. Pelebaran jalur dicapai dengan mengeser rel dalam. Hasil opname pelebaran jalur lengkung nomor IP TEMP 2 Km 107+384- Km 107+424 Lintas Kadipiro-Solobalapan ditunjukkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3 Perbedaan Pelebaran Jalur

| NOMOR TITIK | LEBAR JALUR (mm) | | PERBEDAAN | KEAUSAN REL (mm) | |
|----------------|------------------|----------|-----------|---------------------|---|
| | OPNAME | REGISTER | | a | e |
| -2 | 1060 | 1067 | 7 | 0 | 0 |
| -1 | 1067 | 1067 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1068 | 1077 | 9 | 0 | 1 |

| | | | | | |
|---|------|------|----|---|---|
| 1 | 1089 | 1087 | 2 | 1 | 1 |
| 2 | 1090 | 1087 | 3 | 1 | 2 |
| 3 | 1089 | 1087 | 2 | 1 | 1 |
| 4 | 1087 | 1087 | 0 | 1 | 2 |
| 5 | 1078 | 1087 | 9 | 1 | 1 |
| 6 | 1067 | 1087 | 20 | 0 | 0 |
| 7 | 1068 | 1087 | 19 | 0 | 0 |
| 8 | 1068 | 1087 | 19 | 0 | 0 |

Dari Tabel 3 dapat dilihat perbedaan jalur normal dengan pelebaran jalur hasil opname. Menurut PM 60 Tahun 2012, semakin besar radius tikungan yang digunakan maka semakin kecil pelebaran rel. pelebaran rel dilakukan pada lengkung dengan radius kecil dibawah 600m. Untuk lengkung $R < 250$ m memiliki pelebaran jalur yaitu 20 mm, yang artinya lebar jalur normal 1067 mm dan 1087 mm menjadi batas maksimal dari pelebaran jalur tersebut. Pada hasil pengukuran yang telah dilakukan, lebar jalur sepanjang lengkung nomor IP TEMP 2 masih di dalam batas toleransi.

Dari Tabel 3 diatas, dapat disimpulkan untuk keausan rel pada lengkung nomor IP TEMP 2 masih didalam batas toleransi. Keausan rel maksimum yang diizinkan diukur pada dua arah yaitu pada sumbu vertikal (a) dan pada arah 45 dari sumbu vertikal (e). Sepanjang lengkung nomor IP TEMP 2 menggunakan jenis rel R.54 yang dimana berdasarkan Peraturan Dinas 10A, standar keausan rel maksimum untuk a yaitu 12 mm dan e yaitu 15 mm. Keausan rel pada lengkung lebih cepat dibandingkan keausan pada rel lurus, sehingga perlu dilakukan pemasangan rel gongsol pada lengkung dengan radius ≤ 250 mm.

D. Analisis Rel Gongsol

Pengukuran Lebar Alur rel gongsol dilakukan untuk mengetahui titik mana saja yang lebar alurnya masih belum sesuai dengan ketentuan di ukur per 5 meter dan menghasilkan 12 titik. Hasil pengukuran Lebar Alur rel gongsol pada lengkung nomor IP TEMP 2 Km 170+384 – 170+424 Lintas Kadipiro – Solobalapan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Perbedaan Lebar Alur Rel Gongsol

| NOMOR | STANDAR LUAS ALUR (mm) | HASIL PENGUKURAN (mm) | PERBEDAAN |
|-------|------------------------|-----------------------|-----------|
| 1 | 60-65 | 70 | 5 |
| 2 | 60-65 | 65 | 0 |
| 3 | 60-65 | 67 | 2 |
| 4 | 60-65 | 68 | 3 |
| 5 | 60-65 | 66 | 1 |
| 6 | 60-65 | 71 | 6 |
| 7 | 60-65 | 75 | 10 |
| 8 | 60-65 | 75 | 10 |
| 9 | 60-65 | 66 | 1 |
| 10 | 60-65 | 71 | 6 |
| 11 | 60-65 | 67 | 2 |
| 12 | 60-65 | 71 | 6 |

Perhitungan lebar alur rel gongsol menggunakan rumus berikut:

Untuk lengkung nomor IP TEMP 2 dengan jari-jari lengkung $R=160$.

Besarnya pelebaran $W = d^2/2R - 10\text{mm}$
 Untuk $d = 3000 \text{ mm}$ dan R dalam mm .
 Untuk $R = 160 \text{ m}$
 $W = 3000^2/(2 \times 160000) - 10 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$
 Tebal flens roda KA = $\pm 38 \text{ mm} \sim 40 \text{ mm}$.
 Sehingga lebar alur rel gongsol adalah
 Untuk $R = 160 \text{ m} = 40 + 20 = 60 \text{ mm}$

Besarnya gaya lateral adalah:
 $F = G/g \cdot V^2/R$
 $F = 12000/9,8 \cdot [8.33]^2/160$
 $= 612.5 \text{ kg/m}$

Besarnya K (sentrifugal) dibatasi sampai $4.78\% \times$ besar KA, sehingga terdapat rumus:

$K = 0.785 V^2/R - 100 \text{ h/S}$
 (K dalam %, V dalam km/jam , h dalam mm , $S=1130$)
 Untuk $R = 160 \text{ m}$, $v = 30\text{km/jam}$, $h = 35\text{mm}$
 $K = 0.785 30^2/160 - 35/1130$
 $K = 4.41 - 3.09$
 $= 1,32\% <$ dari yang diizinkan (aman)

Untuk G = 12000 kg
 K = $1.32\% \times 12000$
 $= 15,840 \text{ kg/m}$

Jadi untuk $R = 160$, dengan peninggian 35 mm menerima gaya sentrifugal = $15,840 \text{ kg}$.

Sisanya sebesar:

$612.5 \text{ kg} - 15,840 \text{ kg} = 596.7 \text{ kg/m}$ diterima rel gongsol.

Pengukuran ketinggian kaki rel gongsol diatas kepala rel utama dilakukan untuk mengetahui titik mana saja yang masih belum sesuai dengan ketentuan, diukur per 5 meter dan menghasilkan 12 titik rel utama menggunakan rel R.54. Hasil pengukuran ketinggian kaki rel gongsol pada lengkung nomor IP TEMP 2 Km 107+384 – Km 107+424 Lintas Kadipiro - Solobalapan pada tabel 5 berikut:

Tabel 5 Perbedaan Ketinggian Kaki Rel Gongsol Terhadap Kepala Rel Utama Menggunakan Rel R.54

| NOMOR | STANDAR KETINGGIAN KAKI REL GONGSOL | HASIL PENGUKURAN | PERBEDAAN |
|-------|-------------------------------------------|---------------------|-----------|
| 1 | 28 | 40 | 14 |
| 2 | 28 | 31 | 3 |
| 3 | 28 | 29 | 1 |
| 4 | 28 | 24 | 4 |
| 5 | 28 | 28 | 0 |
| 6 | 28 | 18 | 10 |
| 7 | 28 | 29 | 1 |
| 8 | 28 | 25 | 3 |
| 9 | 28 | 25 | 3 |
| 10 | 28 | 33 | 6 |
| 11 | 28 | 25 | 3 |
| 12 | 28 | 28 | 0 |

Dapat disimpulkan pada Tabel 5 bahwa terdapatn titik-titik ketinggian kaki rel gongsol yang melebihi dari batas standar ketinggian kaki rel gongsol. Jika ketinggian kaki rel gongsol tidak sesuai, maka perlu dilakukannya penyesuaian ketinggian kaki rel gongsol sesuai dengan standar ketinggian kaki rel gongsol.

Rel gongsol yang digunakan pada lengkung nomor *IP TEMP 2* menggunakan rel R.25 dan rel R.33, sambungan rel gongsol menggunakan las dan plat sambung dengan mur baut, posisi mur berada pada sisi atas, ditemukan 3 titik sambungan rel gongsol yang bautnya hilang. Pemeriksaan rel gongsol seperti pemeriksaan kelengkapan baut pada rel gongsol, perbaikan sambungan (sambungan yang rusak menurut fungsi, kelengkapan dan kerusakan) harus dapat diperbaiki, serta baut yang sudah hilang harus di lengkapi.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis disimpulkan bahwa pada lengkung nomor *IP TEMP 2* dengan radius 160 m didapatkan nilai anak panah sebesar 313 mm. Nilai perbedaan antara anak panah opname dan anak panah register menjadi acuan untuk dilakukannya pergeseran anak panah agar menyesuaikan dengan anak panah seharusnya. pergeseran tersebut dilakukan dengan cara angkatan dan listringan. Untuk lengkung dengan radius 160 m dan kecepatan 30 km/jam tidak tersedia pada tabel peninggian jalan rel di PM No. 60 Tahun 2012, jadi untuk lengkung nomor *IP TEMP 2* digunakan rumus peninggian normal. Untuk mencari kecepatan tersebut menggunakan peninggian sesuai register lengkung yaitu 35 mm dan didapatkan kecepatan 30 km/jam. Berdasarkan PM No. 60 Tahun 2012, pelebaran rel dilakukan pada lengkung dengan radius kecil di bawah 600 m. Untuk lengkung $R < 250m$ memiliki pelebaran jalur yaitu 20 mm, yang artinya lebar jalur normal 1067 mm dan 1087 mm menjadi batas maksimal dari pelebaran jalur tersebut. Dari pengukuran yang dilakukan, dapat disimpulkan untuk pelebaran jalur dan keausan rel pada lengkung nomor *IP TEMP 2* masih didalam batas toleransi. Untuk keausan rel, sepanjang lengkung nomor *IP TEMP 2* menggunakan jenis rel R.54 yang dimana standar keausan rel maksimum untuk a yaitu 12 mm dan e yaitu 15 mm tercantum pada Peraturan Dinas 10A. Berdasarkan PM 24 Tahun 2011 dan PD 10A, rel gongsol harus di pasang secara menerus pada jalan rel yang dimana jari-jari lengkung horizontal 250 m atau kurang, untuk standar lebar alur rel gongsol 60-65 mm. Rel gongsol pada lengkung nomor *IP TEMP 2* terdapat 11 titik lebar alur yang masih belum sesuai, pada hasil analisis gaya sentrifugal yang di terima oleh rel gongsol adalah 559 kg/m. Besarnya gaya sentrifugal dibatasi sampai 4,78% hasil analisis pada lengkung nomor *IP TEMP 2* menghasilkan 1,32% < dari yang diizinkan (aman). Ketinggian kaki rel gongsol diatas kepala rel utama menggunakan rel R.54 dengan standar ketinggiannya ialah 28 mm. Rel gongsol pada lengkung nomor *IP TEMP 2* terdapat 10 titik ketinggian rel gongsol diatas rel utama yang tidak sesuai dan terdapat 3 titik sambungan pada rel gongsol yang tidak memiliki baut.

V. Saran

Berdasarkan kesimpulan dapat diajukan saran yang dapat diberikan untuk evaluasi lebih lanjut. Pertama, untuk mengembalikan kondisi anak panah pada lengkung nomor *IP TEMP 2* Km 107+384 - 107+424 Lintas Kadipiro – Solobalapan dapat dilakukan perawatan listringan atau pergeseran pada lengkung. Kedua, untuk mengembalikan kondisi pertinggian pada lengkung nomor *IP TEMP 2* Km 107+384 – 107+424 Lintas Kadipiro – Solobalapan dapat dilakukan perawatan menggunakan Hand Tie Temper (HTT). Ketiga, perlunya dilakukan pemasangan ulang pada rel gongsol sesuai dengan standar lebar alur dan ketinggian kaki rel gongsol diatas rel utama, melengkapi baut pelat sambung pada rel gongsol yang sudah hilang dan baut harus dilengkapi dengan cincin pegas.

DAFTAR PUSTAKA

- Pemerintah Republik Indonesia. (2007). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian*. Jakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2009). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 56 Tahun 2009 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian*. Jakarta.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2011 Tentang Standar dan Tata Cara Pemeriksaan Prasarana Perkeretaapian*. Jakarta.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2011 Tentang Standar dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian*. Jakarta.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Jakarta.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2015 Tentang Standar Keselamatan Perkeretaapian*. Jakarta.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2022). *Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2022 Tentang Organisasi dan Tata Kerja Balai Teknik Perkeretaapian*. Jakarta.
- PJKA. (1986). Peraturan Dinas Nomor 10A. *Perawatan Jalan Rel dengan Lebar 1.067 mm*. Bandung: Perusahaan Jawatan Kereta Api.
- Badan Pusat Statistik, 2024. *Kota Surakarta Dalam Angka 2024*. Surakarta: Badan Pusat Statistik Kota Surakarta.
- BAPPEDA, 2024. *Peta Administrasi Wilayah Kota Surakarta*. Surakarta: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Surakarta.
- Kurniawan, W dan Rulhendri. (2015). *Tinjauan Volume Pemeliharaan Tahunan Jalan Rel Berdasarkan Hasil Track Quality Index (TQI)*, Bogor, Jurnal Rekayasa Sipil Universitas Ibn Khaldun Bogor, Volume 4, No 2.
- Nursyamsu Hidayat, Ph.d.(2012). *Komponen Struktur Jalan Rel dan Pembebanannya*, Wordpress: yogyakarta.
- Surakim, H., (2014). *Konstruksi Jalan Rel dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api*, Nuansa Cendikia: Bandung.