

UPAYA PENINGKATAN KEHANDALAN JALAN REL (*SINGLE TRACK*) PADA LINTAS BEKRI – SULUSUBAN

EFFORTS TO IMPROVE RAILWAY RELIABILITY (SINGLE TRACK) ON THE BEKRI – SULUSUBAN CROSSWAY

Asep Surya Diputra

Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD
Jalan Raya Setu 89, Cibitung, Bekasi, Indonesia 17520
Asputraesc12@gmail.com

Abstract

Improving rail reliability is a crucial aspect in supporting the efficiency and safety of rail transportation. This research aims to identify and implement effective strategies to improve railroad reliability. The methods used include analyzing historical rail damage data, evaluating the latest maintenance technologies, and implementing a monitoring and predictive maintenance system. The results showed that the integration of real-time monitoring technology with predictive maintenance algorithms was able to reduce the frequency of rail failures by 30%. In addition, the application of more durable rail materials and more precise installation techniques contributed significantly to the improvement of railroad reliability. This study concludes that a combination of advanced technology and optimized maintenance practices can improve the overall reliability of rail infrastructure, thereby supporting safer and more efficient rail operations.

Keywords: railroad, materials, technology

Abstrak

Peningkatan kehandalan jalan rel merupakan aspek krusial dalam mendukung efisiensi dan keamanan transportasi kereta api. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengimplementasikan strategi-strategi yang efektif dalam memperbaiki kehandalan jalan rel. Metode yang digunakan mencakup analisis data historis kerusakan rel, evaluasi teknologi perawatan terbaru, serta penerapan sistem monitoring dan pemeliharaan prediktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi teknologi monitoring real-time dengan algoritma pemeliharaan prediktif mampu mengurangi frekuensi kerusakan rel hingga 30%. Selain itu, penerapan material rel yang lebih tahan lama dan teknik pemasangan yang lebih presisi berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kehandalan jalan rel. Studi ini menyimpulkan bahwa kombinasi teknologi canggih dan praktik

pemeliharaan yang optimal dapat meningkatkan kehandalan infrastruktur rel secara keseluruhan, sehingga mendukung operasional kereta api yang lebih aman dan efisien.

Kata kunci: jalan rel, material, teknologi

I. Pendahuluan

Transportasi perkeretaapian memiliki hubungan yang erat dengan jangkauan dan lokasi kegiatan manusia, barang, jasa, serta hasil industri. Dalam konteks kehidupan dan aktivitas manusia, transportasi perkeretaapian memainkan peran penting dalam aspek sosial, ekonomi, lingkungan, politik, dan pertahanan keamanan. Ketersediaan transportasi perkeretaapian yang baik sangat diharapkan untuk meningkatkan perekonomian masyarakat (Jaya, 2018).

Menurut Undang-Undang No. 23 Tahun 2007, perkeretaapian adalah satu kesatuan sistem yang terdiri dari prasarana, sarana, sumber daya manusia, norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api. Kereta api adalah moda transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus, terutama dalam mengangkut penumpang dan barang secara massal. Keunggulan ini termasuk efisiensi energi, penggunaan ruang yang hemat, faktor keamanan dan keselamatan yang tinggi, tingkat pencemaran yang rendah, serta efisiensi dibandingkan moda transportasi jalan raya. Keunggulan dan karakteristik ini harus dimanfaatkan dalam upaya mengembangkan sistem transportasi secara terpadu (Dwiatmoko, 2019).

Konstruksi jalan rel kereta api yang cukup panjang tidak hanya berada di atas tanah keras tetapi juga di atas tanah lunak. Beban kereta yang berat dan kecepatan tinggi menyebabkan terjadinya defleksi atau penurunan pada jalur rel di atas tanah lunak, sehingga rel cepat mengalami kerusakan dan tidak memiliki ketahanan lama (Dong et al., 2018).

Hasil survei inventarisasi jalan rel menunjukkan bahwa pada jalur Bekri - Sulusuban terdapat kerusakan komponen seperti rel cacat/defect, bantalan beton retak/pecah, alat penambat hilang, volume balas kurang, dan mud pumping. Kondisi ini mengurangi kualitas pelayanan pada jalur Bekri - Sulusuban. Identifikasi penyebab kerusakan dilakukan dengan analisis diagram fishbone dan membandingkan kondisi jalan rel yang ada dengan standar persyaratan teknis sesuai klasifikasi jalur rel.

Dengan mempertimbangkan masalah yang ada, penelitian ini diperlukan untuk mengetahui penyebab dan dampak kerusakan jalan rel serta memberikan

rekomendasi solusi. Tujuannya adalah untuk mewujudkan kondisi prasarana jalur rel yang baik dan memastikan perjalanan kereta api yang aman serta lancar.

II. Metodologi Penelitian

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Balai Teknik Perkeretaapian Kelas II Palembang, Satuan Pelayanan Tanjung Karang pada lintas Bekri – Sulusuban yang berada di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung

B. Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah metode atau teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data. Dalam penelitian, diperlukan pengumpulan data yang bersifat kualitatif dan kuantitatif. Data ini dapat berupa data sekunder dan data primer yang digunakan sebagai pedoman penelitian. Dalam penelitian ini, terdapat beberapa proses pengumpulan data yang dapat dilihat pada gambar II.1.

C. Pengolahan Data

Setelah data yang diperlukan diperoleh, langkah selanjutnya adalah pengolahan dan analisis data. Dalam penelitian ini, metode analisis yang digunakan meliputi analisis daya angkut lintas pada jalur Bekri – Sulusuban, analisis diagram fishbone, dan usulan upaya penanganan kerusakan komponen jalan rel

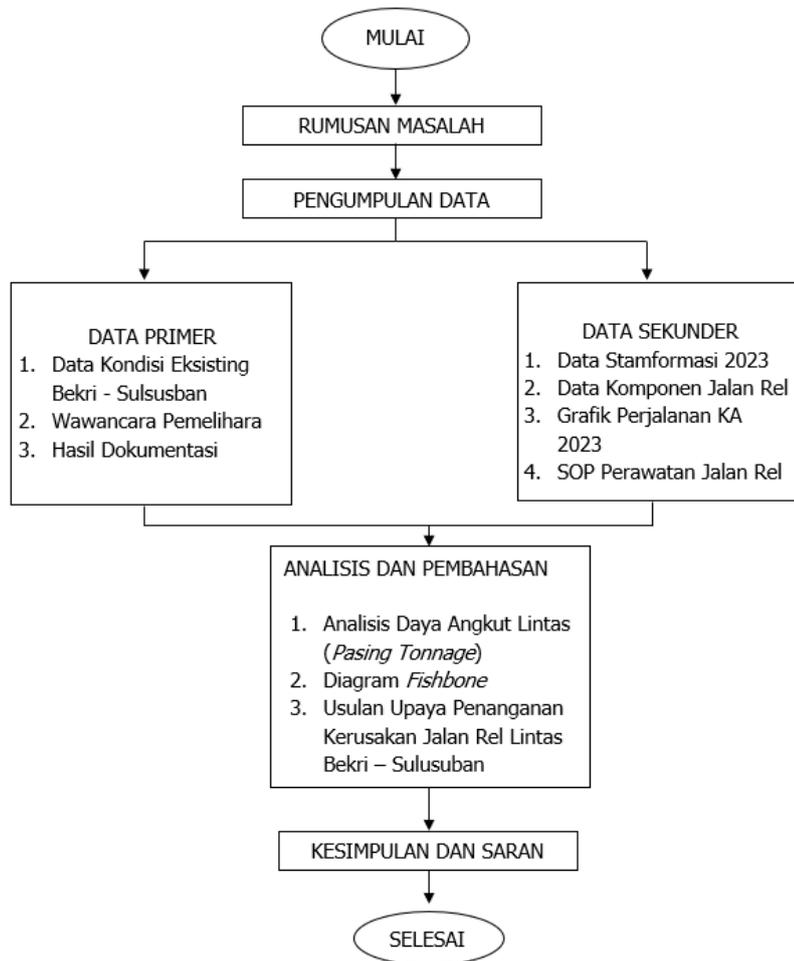
D. Analisis Data

Analisis data dimulai dengan mengumpulkan data melalui survei inventarisasi jalan rel, serta pengumpulan catatan dan dokumentasi di lapangan. Kemudian, metode dan teknik analisis data yang sesuai dengan jenis, sumber, dan karakteristik data dipilih. Dalam penelitian ini, metode dan analisis data yang digunakan bersifat kualitatif dan kuantitatif.

Selanjutnya, data disusun secara sistematis dengan mengategorikan dan mentransformasikan ke dalam bentuk yang dapat dianalisis, melakukan sintesis, dan membuat kesimpulan. Hal ini dilakukan agar hasil analisis data dapat memberikan jawaban atau solusi atas masalah penelitian.

E. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian adalah diagram yang menunjukkan tahapan kegiatan yang dilakukan dalam sebuah penelitian, mulai dari awal studi hingga menghasilkan rekomendasi dan kesimpulan. Alur pikir penelitian yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar II.1.



Sumber: Analisis, 2024

Gambar II.1 Bagan Alir Penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

A. Beban Lintas Bekri – Sulusuban

Untuk mengetahui beban lintas Bekri - Sulusuban, diperlukan data stamformasi agar perhitungan atau analisis dapat dilakukan seperti berikut: Analisis Daya Angkut Lintas (*Passing Tonnage*)

1. Menghitung Berat Lokomotif

a. Lokomotif Penumpang

Lokomotif: CC 201

$$\begin{aligned} T1 &= \text{Beban Lokomotif} \times \text{Frekuensi KA} \\ &= 84 \text{ ton} \times 6 \text{ KA} \\ &= 504 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

b. Lokomotif Angkutan Batu Bara

Lokomotif: CC 205

$$\begin{aligned} T1 &= \text{Beban Lokomotif} \times \text{Frekuensi KA} \\ &= 108 \text{ ton} \times 50 \text{ KA} \\ &= 5.400 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

c. Lokomotif Angkutan Semen dan Pulp

Lokomotif: CC 204

$$\begin{aligned} T1 &= \text{Beban Lokomotif} \times \text{Frekuensi KA} \\ &= 84 \text{ ton} \times 4 \text{ KA} \\ &= 336 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

Pada Tabel II.4 dan Tabel II.5 diketahui:

$$\text{Rata-Rata } T_1 = (504 + 5024,89) / 2 = 5.528,89 : 2 = 2.764 \text{ ton/hari}$$

Maka, hasil perhitungan berat lokomotif pada lintas Bekri -Sulusuban adalah 2.764 ton/hari.

2. Menghitung Berat Kereta Api Penumpang dan Barang

a. Berat Rangkaian Penumpang

Stamformasi: 4k3prem+mp3

$$\begin{aligned}
T_p &= \text{Frekuensi KA/hari} \times \text{Beban KA} \times \text{Jumlah KA} \\
&= 6 \text{ KA} \times ((4 \times 41) + (1 \times 33)) \times 5 \text{ KA} \\
&= 6 \text{ KA} \times 197 \times 5 \text{ KA} \\
&= 5.910 \text{ ton/hari}
\end{aligned}$$

Berdasarkan tabel II.4 diketahui: rata-rata $T_p = 6.340$ ton/hari
Maka, hasil perhitungan rata-rata berat rangkaian kereta penumpang pada petak jalan Bekri - Sulusuban adalah 6.340 ton/hari.

b. Berat rangkaian kereta barang

Stamformasi: 60 GB 50 T BBR

Lokomotif: CC 205

$$\begin{aligned}
T_b &= \text{Frekuensi KA/hari} \times \text{Beban KA} \times \text{Jumlah KA} \\
&= 54 \text{ KA} \times (60 \times 50) \times 60 \text{ KA} \\
&= 54 \text{ KA} \times 3.000 \times 60 \text{ KA} \\
&= 9.720.000 \text{ ton/hari}
\end{aligned}$$

Berdasarkan tabel II.5 diketahui: rata-rata $T_b = 9.089.056$ ton/hari
Maka, hasil perhitungan rata-rata berat rangkaian kereta barang pada petak jalan Bekri - Sulusuban adalah 9.089.056 ton/hari.

3. Menghitung *Tonnage Equivalen* (TE)

$$\begin{aligned}
TE &= T_p + K_b \times T_b + K_1 \times T_1 \\
&= 6.340 + (1,5 \times 9.089.056) + (1,4 \times 2.764) \\
&= 6.340 + 13.633.584 + 3.870 \\
&= 13.643.794 \text{ ton/hari}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *tonnage equivalen* mendapatkan jumlah sebesar 13.643.794 ton/hari.

4. Perhitungan Daya Angkut Lintas (*Passing Tonnage*)

$$\begin{aligned}
T &= 360 \times S \times TE \\
&= 360 \times 1,1 \times 13.643.794 \\
&= 5.402.942.424 \text{ ton/tahun}
\end{aligned}$$

Maka, hasil perhitungan daya angkut lintas pada petak jalan Bekri - Sulusuban ialah 5.402.942.424 Ton/Tahun.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 bahwa dengan hasil perhitungan tersebut lintas Bekri - Sulusuban dapat diklasifikasikan pada kelas jalan rel I yang memiliki daya angkut >20 juta ton/tahun dengan kecepatan maksimum 120 km/jam. Setelah diketahui nilai beban lintas yang

melintas pada petak jalan Bekri - Sulusuban telah sesuai dengan standar dengan maksimal daya angkut lintas pada kelas I adalah $> 20.10^6$ ton/tahun.

B. Faktor Penyebab dan Dampak Kerusakan Komponen Jalan Rel Pada Bekri – Sulusuban

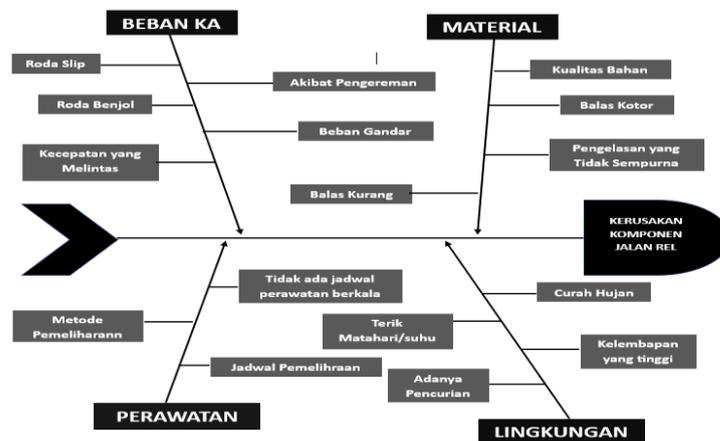
Metode Diagram *Fishbone* atau disebut juga diagram tulang ikan, merupakan suatu alat visual untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan secara grafik menggambarkan secara detail semua penyebab yang berhubungan dengan suatu permasalahan. Untuk mengetahui penyebab dan dampak kerusakan komponen jalan rel dapat menggunakan analisis diagram *fishbone*, langkah – langkah membuat diagram *fishbone* yaitu:

- a. Membuat kerangka diagram *fishbone*.
- b. Merumuskan masalah utama.
- c. Mencari faktor – faktor utama yang berpengaruh atau berakibat pada masalah utama
- d. Menemukan penyebab untuk masing – masing kelompok faktor penyebab masalah
- e. Gambarkan dalam diagram *fishbone* masalah dan penyebab masalah yang telah diketahui.

Berdasarkan wawancara dengan pemelihara dan observasi yang telah dilakukan ditemukan faktor – faktor penyebab kerusakan komponen jalan rel yang dikelompokkan menjadi 4 bagian yaitu materials, lingkungan, beban KA dan perawatan. Dari masing – masing faktor tersebut diketahui akar – akar penyebab kerusakan komponen jalan rel sebagai berikut:

- a. Rel *Defect*/cacat dapat disebabkan karena:
 - 1) Roda slip atau *doorslag* adalah kondisi di mana roda berputar tidak sejalan dengan pergerakan atau kecepatan kereta api. Hal ini berarti roda bisa berputar terlalu cepat atau terlalu lambat, atau bahkan tidak berputar sama sekali saat kereta bergerak, menyebabkan roda terseret. Dalam kasus ekstrim, kondisi ini dapat menimbulkan percikan api, menyebabkan roda menjadi benjol, atau bahkan datar.
 - 2) roda benjol merupakan faktor potensi bahaya yang dapat menimbulkan kerusakan pada roda atau rel, umumnya dapat disebabkan oleh dua faktor yaitu:
 - a) pengereman yang mengunci roda secara tiba – tiba, yang

- menghasilkan gaya pengereman melebihi batas dari gaya gesek antara roda dan rel.
- b) meluncurnya roda di atas permukaan rel (permukaan roda yang menggelinding) yang mana terjadi ketika roda mengalami *sliding* pada rel.
 - 3) gesekan antara roda kereta api dengan rel yang terlalu cepat (pengereman) menyebabkan cekungan pada badan rel.
 - 4) pengelasan yang tidak sempurna dapat mengakibatkan retakan atau cacat pada rel.
- b. Bantalan yang retak atau pecah dapat disebabkan oleh kekurangan volume balas, yang menyebabkan hentakan antara rel dan bantalan dengan balas. Hentakan ini meningkatkan tekanan pada bantalan, yang pada akhirnya dapat menyebabkan bantalan tersebut retak atau pecah.
 - c. Alat penambat hilang disebabkan karena adanya pencurian, kelemahan alat penambat ini mudah dicuri.
 - d. Volume balas kurang atau balas mati disebabkan karena kurangnya perawatan. *Mud pumping* dapat disebabkan karena balas yang kotor.



Sumber : Analisis, 2024

Gambar V. 1 Analisis Diagram *Fishbone*

Berdasarkan **Gambar V.1** Penyebab kerusakan komponen jalan rel telah diidentifikasi. Berdasarkan observasi langsung dan wawancara dengan petugas pemelihara, dampak dari kerusakan komponen jalan rel adalah sebagai berikut:

a. Rel *Defect*/cacat

Rel *Defect*/cacat dapat memengaruhi ketinggian jalan rel, yang berpotensi menyebabkan skilu dan anjlokkan atau kereta keluar dari rel. Ketika kereta api melintas di rel yang cacat, akan terjadi kejutan atau hentakan yang menimbulkan bunyi berisik, serta memengaruhi kenyamanan penumpang di dalam kereta api.

b. Bantalan retak/pecah

Bantalan retak/pecah akan mempengaruhi lebar jalan rel dan perbedaan tinggi pada rel, sehingga jika tidak segera diperbaiki akan membahayakan perjalanan kereta api.

c. Alat penambat

Penambat yang hilang akan mengakibatkan perubahan lebar rel dan akan mengurangi peredaman getaran pada rel.

d. Volume balas kurang/mati dan *mud pumping*

Kekurangan volume balas sangat mempengaruhi keandalan jalan rel, karena dapat menyebabkan adanya rongga antara rel dan tanah dasar yang berpotensi menimbulkan beban tiba-tiba, sehingga bisa menyebabkan kerusakan pada rel. *Mud pumping* terjadi akibat balas yang tidak berfungsi dengan baik atau drainase yang tersumbat, mengakibatkan air tidak mengalir dengan lancar dan menyebabkan genangan air di badan jalan. Ketika kereta api melintas, tekanan dari beban kereta membuat lumpur menyembur ke atas, yang berdampak pada perbedaan tinggi rel dan dapat membahayakan perjalanan kereta api, serta menurunkan nilai *Track Quality Index* di lintasan tersebut.

C. Usulan Upaya Penanganan Kerusakan Jalan Rel

Berdasarkan diagram *fishbone* yang telah diketahui penyebab dan dampak kerusakan komponen jalan rel maka, dapat diberikan usulan upaya penanganannya sebagai berikut:

1. Rel *Defect*/cacat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

a. Roda slip atau *doorslag* dapat diatasi dengan menyemprotkan pasir pada permukaan kepala rel. Sistem pemasir pada lokomotif digunakan untuk mencegah terjadinya roda slip saat melintasi jalur. Penyemprotan pasir bertujuan untuk meningkatkan koefisien gesekan antara rel dan roda, sehingga berat adhesi meningkat dan perbedaan antara gaya traksi dan

berat adhesi semakin kecil, memungkinkan roda berputar tanpa slip. Penyemprotan pasir tetap dilakukan dalam kondisi cuaca baik maupun buruk karena jalur kereta api di Indonesia memiliki kontur tanah yang tidak selalu baik

- b. Roda benjol dapat diatasi dengan mengembangkan sistem Wheel Slip/Slide Protection, yang berfungsi untuk mengendalikan atau menghilangkan terjadinya roda benjol. Sistem ini juga bisa digunakan untuk mengontrol traksi, sehingga putaran roda tetap terkendali saat menerapkan gaya traksi dalam kondisi adhesi rendah.
- c. Penanganan lain untuk kerusakan rel yaitu dengan melakukan pergantian rel, dengan menggunakan tata cara perawatan. Berdasarkan PM 32 Tahun 2011 *Standar Operating Procedure* (SOP) pergantian rel yaitu:
 - 1) Memeriksa secara visual mengenai kondisi rel
 - 2) Mengukur profil rel dengan menggunakan *rail head profile gauge*
 - 3) Mengukur kerataan rel
 - 4) Mengukur lebar celah sambungan
 - 5) Memotong rel jika tidak memenuhi persyaratan teknis sambungan
 - 6) Menggerinda rel jika tidak rata
 - 7) Melakukan penggantian rel yang tidak laik digunakan

Alat yang digunakan adalah *Rail head profile gauge*, mistar baja, *ultrasonic test*, gerinda, alat pasang baut.

- 2. Bantalan beton yang retak dapat diatasi dengan memastikan kepadatan volume balas agar bantalan dapat menerima beban dari rel dengan baik, serta mengganti bantalan yang rusak dengan yang baru. Toleransi untuk bantalan pecah tidak boleh lebih dari tiga secara berurutan jika ada tiga bantalan pecah secara berurutan, harus segera diganti. Kerusakan pada bantalan kayu akan diganti secara bertahap dengan bantalan sintetis. Jika bantalan kayu yang rusak belum bisa diganti dengan sintetis, maka bantalan kayu yang baru harus digunakan untuk sementara. Pergantian bantalan dapat dilakukan berdasarkan tata cara perawatan pada PM 32 Tahun 2011 yaitu:
 - a. Melakukan pengamatan secara visual terhadap kondisi bantalan.
 - b. Memperbaiki jarak dan posisi bantalan

c. Melakukan penggantian terhadap bantalan yang rusak.

Alat yang digunakan sebagai berikut: gorekan, pengki, palu, pen puller, dan linggis.

3. Alat penambat hilang dapat diatasi dengan mengganti alat penambat yang hilang dan memastikan alat penambat terpasang dengan baik, sehingga tidak mudah untuk dicuri. Penggantian alat penambat dapat dilakukan dengan tata cara perawatan pada PM 32 Tahun 2011 yaitu:

- a. Melakukan pengamatan secara visual terhadap kelengkapan alat penambat.
- b. Melakukan pengecekan untuk mengetahui kemungkinan adanya alat penambat yang kendur.
- c. Memperbaiki posisi alat penambat yang kendur.
- d. Melakukan penggantian terhadap penambat yang hilang.

Alat yang digunakan yaitu palu baja dan *penpuller*.

4. Untuk menangani volume balas yang kurang atau mati, perawatan perlu dilakukan dengan menambah jumlah balas di lokasi-lokasi yang mengalami kekurangan. Mud pumping dapat diatasi dengan perawatan, pembersihan, dan penggalan balas di area yang terkena dampaknya. Berdasarkan tata cara perawatan dalam PM 32 Tahun 2011, perawatan balas meliputi:

- a. Menambah balas di lokasi yang kekurangan balas.
- b. Menyempurnakan profil balas.
- c. Mencuci balas yang kotor.
- d. Mengganti balas yang telah mencapai umur ekonomis.

Alat-alat yang digunakan antara lain gorekan, pengki, mesin pecok manual, mesin pecok, balas cleaning, dan alat pengangkut balas.

IV. Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis *passing tonnage* yang telah dilakukan, pada lintas Bekri - Sulusuban sesuai dengan PM 60 Tahun 2012 lintas Bekri - Sulusuban Termasuk Kelas Jalan I dimana beban lintas yang dialami pertahunnya ialah lebih dari 20 juta ton/tahun.
2. Penyebab kerusakan komponen jalan rel lintas Bekri - Sulusuban yakni rel *Defect*, kurangnya volume balas, bantalan yang pecah atau keropos, kurangnya kepadatan balas, fungsi dari drainase yang kurang baik. Akibat dari kerusakan komponen jalan rel lintas ini yakni mempengaruhi ketinggian serta lebar dari jalan rel tersebut, menyusutkan peredaman getaran dalam rel serta mempengaruhi kehandalan jalan rel.
3. Upaya penanganan yang dapat dilakukan terhadap kerusakan komponen jalan rel yaitu roda slip yang dapat diatasi dengan menyemprotkan pasir pada permukaan rel, roda benjol dapat diatasi dengan *Wheel Slip/Slide Protection* dan Kerusakan rel diatasi dengan pengelasan atau penggantian rel baru. Bantalan beton retak dan alat penambat hilang dapat diatasi dengan memastikan kepadatan balas yang cukup, mengganti bantalan rusak, dan memasang alat penambat dengan baik agar tidak mudah dicuri. sedangkan, Volume balas kurang diatasi dengan perawatan dan penambahan balas. sementara itu, *mud pumping* dapat diatasi dengan pembersihan, dan penggorekan balas.

V. Saran

1. Untuk Divre IV Tanjung Karang, bahwasannya beban lintas yang ada di lintas bekri sulusuban telah sudah melampaui kapasitas teknis sehingga sering terjadi kerusakan komponen jalan rel maka solusi terbaik adalah membangun *double track*.
2. Kerusakan komponen jalan rel di petak jalan Bekri – Sulusuban harus segera diperbaiki untuk mencegah gangguan pada perjalanan kereta api. Jika kerusakan ini tidak segera diperbaiki, maka akan semakin parah dan berpotensi membahayakan perjalanan kereta api.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui dampak kerusakan terhadap biaya perawatan dan kerugian yang dialami apabila kerusakan tidak segera diperbaiki

VI. Daftar Pustaka

- _____, 2007 Undang-undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian, Jakarta
- _____, 2011 Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2011 Tentang Standar dan Tata Cara Pemeriksaan Prasarana Perkeretaapian, Jakarta
- _____, 2011 Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2011 Tentang Standar dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian, Jakarta
- _____, 2012 Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, Jakarta
- _____, 2021 Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian, Jakarta
- PJKA. 1986. Penjelasan Peraturan Dinas No.10 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel.
- PJKA. 1986. Peraturan Dinas No.10 tentang Peraturan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel.
- Hafizal, Pasaribu, B., & Malik, H. M. H. 2021. Rancangan Pergeseran Rel Kereta Api Pada Pembangunan Jalan Kereta Api Km 3+000–3+550 (Pas 5) Lintas Tebing Tinggi-Siantar Sumatera Utara. *Buletin Utama*, 17(1), 50–54
- Jaya, Fery Hendi. 2018. "Evaluasi Struktur Atas Komponen Jalan Rel Berdasarkan Passing Tonnage (Studi Kasus : Jalan Rel Lintas Tanjung Karang – Bekri)". *Tapak* Vol. 8 No.1, 33-45.
- Kaysa Mumtaza L, dan Rahardjo Budi. 2019. " Perancangan Geometri Jalan Kereta Api Penajam Paser Utara - Balikpapan, Kalimantan Timur". *Jurnal Teknik Institut Teknologi Sepuluh November* Vol. 5 No. 1, 1-8.
- Kristian, Yusup, dan Tira Roesdiana. 2016. "Analisis Kerusakan Jalan Rel Wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tanjung Berdasarkan Hasil Kereta Ukur". *Jurnal Konstruksi* Vol. V No. 1, 96-98.
- Mardiana, Siti, Dani Hamdani, M.Benny Chaniago, Ari Purno Wahyu, dan Hery Heryono. 2020. "Sistem Informasi Pemeriksaan Jalur Kereta Api Menggunakan Drone dan

- Teknik Image Processing”. Journal of Information technology Vol. 02 No. 01, 9-12.
- Muhtarom, Z., & Ratih, S. Y. (2021). Analisis Kondisi Jalan rel Kereta Api Lintas Sragen-Solo Berdasarkan Nilai Track Quality Indeks (TQI). *Jurnal Teknik Sipil*, 17(1), 01-13
- Prayoga, M. L., Muchtolifah, M., & Sishadiyati, S. (2021). Faktor Kemiskinan Di Kabupaten Sidoarjo. *Jambura Economic Education Journal*, 3(2), 135–142. <https://doi.org/10.37479/jeej.v3i2.11058>
- Sari, Wanda Nurwanda, Muhammad Abi Berkah Nadi, dan Akhmad Musalim Ridho. (2021). Perencanaan Geometri Jalan Rel Trase Bakauheni - Sidomulyo. *Journal of Science and Applicative Technology* Vol. 05 No. 1, 148-157.
- Scarvada. A.J. Tatiana Bouzidine-Chameeva. Susan Meyer Goldstein. Julie M.Hays. Arthur V.Hill. 2004. "A Review Of the Causal Mapping Practices And Research Literature". Second World Convergence on POM and 15th Annual POM Convergence. Cancun. Mexico. On April 30-May. 2004.
- Shofian Edy Harianto, B., Sendow, T. K., & Manoppo, M. R. E. (2019). Studi Potensi Jaringan Light Rail Transit (LRT) Dan Konstruksi Perkerasan Rel (Studi Kasus: Koridor Kota Manado Kecamatan Malalayang, Kecamatan Sario, Kecamatan
- Suharto, S., Ningsih, N., & Ali, K. (2022). Pengendalian Kerusakan Produk Pada Industri Rumahan Mitra Keluarga Kabupaten Lampung Timur. *Derivatif: Jurnal Manajemen*, 16(2), 351-361. *Wenang*. 7(10), 1317-1328
- Utomo, Nugroho, dan Dian P. Solin. 2019. "Analisa Anjlokkan Kereta Api Bima Rute Surabaya- Malang Pada KM 8+625 Petak Wonokromo-Waru". *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vol. 5 No. 1, 1-8.