ANALISIS GANGGUAN SISTEM AXLE COUNTER DALAM JARINGAN REL KERETA DI PT KAI (PERSERO) RESORT SINTEL 1.16 KARAWANG DAOP 1 JAKARTA

Mukhlas Rosyidi, Dian Budhi Santoso
Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik
Universitas Singaperbangsa Karawang, Jalan HS. Ronggo Waluyo Karawang, Indonesia
mukhlas.rosyidi@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gangguan sistem *Axle Counter* dalam jaringan rel kereta di PT KAI (PERSERO) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta. Sistem *Axle Counter* adalah komponen penting dalam sistem pengendalian lalu lintas kereta yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan kereta di suatu blok rel. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis sistem yang melibatkan pengumpulan data gangguan yang terjadi dalam sistem *Axle Counte*r. Data tersebut mencakup jenis gangguan, waktu terjadinya, dan durasi gangguan. Selanjutnya, data tersebut dianalisis untuk mengidentifikasi pola atau tren gangguan yang sering terjadi dan mengevaluasi dampaknya terhadap operasional jaringan rel kereta. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem *Axle Counte*r mengalami berbagai jenis gangguan, seperti kerusakan perangkat keras, gangguan transmisi data, dan kesalahan konfigurasi. Gangguan-gangguan ini mempengaruhi kehandalan sistem, menyebabkan keterlambatan operasional, dan mengganggu jadwal perjalanan kereta. Berdasarkan temuan ini, disarankan agar PT KAI (PERSERO) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta meningkatkan pemeliharaan rutin sistem *Axle Counter* dan memperkuat manajemen gangguan. Selain itu, perlu dilakukan pembaruan konfigurasi dan peningkatan infrastruktur jaringan untuk meningkatkan keandalan sistem. Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi PT KAI (PERSERO) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta dalam mengidentifikasi masalah yang sering terjadi pada sistem *Axle Counter*.

Kata kunci: *analisis, gangguan, sistem Axle Counter, jaringan rel kereta, PT KAI (PERSERO), Resort Sintel 1.16, Karawang, DAOP 1 Jakarta.*

1. PENDAHULUAN

Kereta api merupakan sarana transportasi umum yang digunakan oleh masyarakat untuk berpindah tempat. Jalur kereta api memiliki perlintasan sebidang yang merupakan perpotongan langsung dengan jalan. Perlintasan sebidang tersebut menjadi area paling berisiko terjadinya kecelakaan karena merupakan titik di mana jalur kereta api bersinggungan dengan jalan yang sering dilalui oleh warga sebagai jalur lalu lintas [1].

Untuk memastikan operasi kereta api yang aman, nyaman, cepat, tertib, dan efisien, diperlukan dukungan pada bidang keselamatan dalam perkeretaapian. Fasilitas operasi seperti stasiun, jalan, jembatan, dan persinyalan memiliki peran penting dalam menciptakan operasi kereta api yang lancar dan aman [2].

Saat ini, metode umum yang digunakan saat ini untuk mendeteksi keberadaan kereta api adalah *axle counter* dan *track circuit*. *Axle counter* bekerja dengan membandingkan jumlah gandar (roda kereta) yang masuk ke bagian detektor gandar dengan jumlah yang keluar dari bagian detektor gandar. Sementara itu, *track circuit* adalah perangkat pendeteksi yang mengidentifikasi adanya benda bergerak seperti kereta api atau kendaraan lain di daerah deteksi [3]. *Axle counter* memiliki kelebihan tidak memerlukan isolasi *rail joint* atau isolasi persambungan rel, namun memiliki kekurangan yaitu rentan terhadap kegagalan pembacaan sensor. Sementara itu, *track circuit* bekerja dengan memanfaatkan *short circuit* yang terjadi saat roda kereta melewatinya atau melalui arus *feeder* yang disuplai ke koil relay. Namun, metode ini rentan terhadap gangguan petir. Kedua metode pendeteksian ini dipasang di rel kereta dan membutuhkan pemeliharaan yang baik agar dapat berfungsi secara optimal [4].

Sistem persinyalan yang ada di kereta api sangatlah penting karena dapat mencegah kereta mengambil rute yang bertentangan. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk Menganalisis Gangguan Sistem *Axle Counter* dalam Jaringan Rel Kereta di PT KAI (PERSERO) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Persinyalan Kereta Api

Persinyalan kereta api merupakan bentuk, warna, dan cahaya sebagai cara untuk memberikan isyarat kepada masinis dengan arti tertentu, dengan tujuan menjaga keamanan, keandalan, dan efisiensi dalam operasional kereta api. Sistem persinyalan kereta api terdiri dari berbagai komponen dan teknologi yaitu seperti *interlocking* elektrik, meja pelayanan, data *logger*, peralatan blok dan catu daya, serta peralatan di luar ruangan, seperti sinyal, penggerak wesel elektrik, pendeteksi sarana, media transmisi, dan sistem proteksi. Yang bekerja secara terintegrasi untuk

mengontrol pergerakan kereta api. Fungsi utama persinyalan kereta api adalah memberikan sinyal kepada masinis atau pengemudi kereta api mengenai kondisi jalur rel di depannya, seperti apakah jalur rel tersebut aman atau terdapat kereta api lain yang sedang bergerak [5]. Persinyalan juga mengatur kecepatan, penghentian, dan persilangan kereta api pada persimpangan rel. Sistem persinyalan kereta api telah mengalami perkembangan teknologi yang signifikan seiring waktu. Dari persinyalan konvensional menggunakan sinyal manual, kini telah berkembang menjadi persinyalan otomatis dengan penggunaan sensor, perangkat elektronik, dan sistem komputer yang canggih. Hal ini memungkinkan pengoperasian kereta api yang lebih efisien, presisi, dan aman. Dengan adanya persinyalan kereta api yang baik dan handal, risiko kecelakaan dapat dikurangi, efisiensi operasional dapat ditingkatkan, dan pengalaman perjalanan bagi penumpang kereta api dapat menjadi lebih aman dan nyaman [6].

2.2. Train Detection

Train detection merupakan komponen yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan kereta api pada suatu bagian jalur rel. *Train detection* sangat penting karena memiliki beberapa alasan sebagai berikut:

• Menjamin keselamatan operasi pergerakan kereta api. Jalur rel dibagi menjadi beberapa bagian (*section*) yang biasanya terkait dengan sistem persinyalan (*signal*). *Signal* akan berinteraksi dengan status *clear/occupied* pada setiap *section*. Dengan adanya *train detection*, dapat memastikan keamanan dan keselamatan operasi kereta api [7].

- Beberapa aplikasi train detection antara lain:
  - *Block System*: Digunakan untuk memantau dan mengendalikan pergerakan kereta antara blok-blok jalur yang berbeda.
  - *Level Crossing*: Digunakan untuk mendeteksi keberadaan kereta pada perlintasan sebidang dan mengontrol mekanisme pintu perlintasan.
  - Indikasi terdeteksi/tidak terdeteksi kondisi pada *track* pada *local panel control*: Memberikan informasi mengenai keberadaan kereta pada panel kontrol lokal.

Ada dua teknologi yang umum digunakan untuk mendeteksi kereta:

- *Track Circuit*: Menggunakan sirkuit listrik pada jalur rel yang terputus jika ada kereta yang melintasinya. Pada saat terputusnya sirkuit, menandakan keberadaan kereta pada section tersebut.
- *Axle Counter*: Menggunakan perangkat yang menghitung jumlah gandar (*axle*) kereta yang melintas pada suatu bagian jalur rel. Dengan membandingkan jumlah gandar yang masuk dan keluar, dapat diketahui keberadaan kereta pada *section* tersebut.

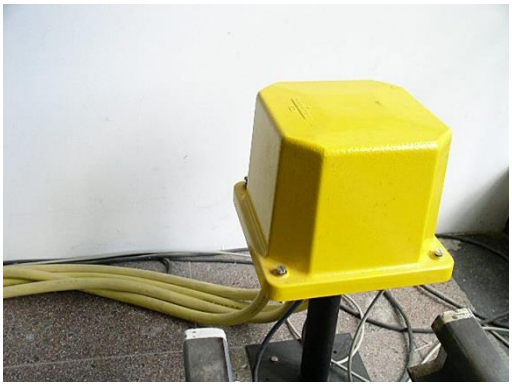
Dengan adanya teknologi *train detection* ini, dapat memastikan pengawasan dan pengendalian pergerakan kereta api secara efektif dan aman.

2.3. Axle Counter

Axle Counter merupakan perangkat yang terpasang pada jalur rel untuk mendeteksi perjalanan kereta api antara dua titik tertentu. Pada setiap ujung bagian jalur rel, terdapat alat penghitung (atau titik deteksi) yang dipasang, sehingga setiap poros kereta melewati alat penghitung pada awal bagian tersebut. Perangkat ini berfungsi untuk menghitung jumlah gandar kereta yang melewatinya, dengan tujuan untuk mendeteksi gerbong kereta yang sedang melintas. Dengan adanya sensor ini, pendeteksian kereta dapat dilakukan dengan lebih akurat. Biasanya, sensor yang digunakan adalah *proximity sensor*. Prinsip kerjanya adalah terdapat counting head pada setiap ujung awal dan akhir dari setiap bagian jalur rel, yang mendeteksi semua roda (gandar) kereta yang melewatinya sesuai dengan arah perjalanan [4].

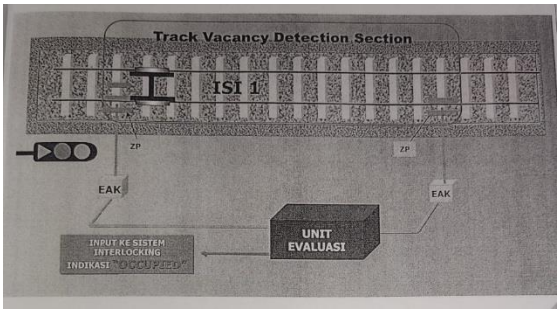
Gambar 1. Peralatan luar *axle counter counting head*

Peralatan pendeteksi jenis *Axle Counter* terbagi menjadi peralatan dalam ruangan dan peralatan luar ruangan. Peralatan dalam ruangan dikenal sebagai *evaluator*, sedangkan peralatan luar ruangan terdiri dari *wheel sensor* dan *trackside connection box*, sesuai dengan yang terlihat pada Gambar 1. Terdapat sebuah *counting head* yang fungsinya memberikan catu daya dan mengirimkan informasi yang relevan ke unit *evaluator*, seperti jumlah gandar yang melintas, ke unit *evaluator*. Hubungan ini memungkinkan transfer data yang diperlukan antara *counting head* dan *evaluator* guna memantau dan mendeteksi pergerakan kereta api dengan akurat dan efisien. Sesuai dengan yang terlihat pada Gambar 2. Merupakan *connection box* yang berfungsi untuk mendeteksi dan menghitung poros yang melewati atau pendeteksi dan mengirim status data yang diterima dari *counting head* kemudian dikirim ke unit *evaluator* secara berkala.



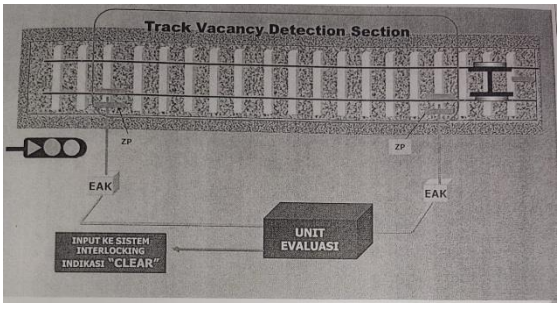
Gambar 2. Peralatan luar *axle counter trackside connetion box*

Prinsip kerja *Axle Counter* adalah melakukan perhitungan jumlah gandar (*axle*) roda kereta api yang memasuki suatu bagian jalur rel tertentu dan membandingkannya dengan jumlah gandar yang keluar. Jika jumlah gandar yang masuk terhitung lebih banyak daripada jumlah gandar yang keluar, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3, maka bagian jalur rel tersebut akan dianggap terduduki (*occupied*).



Gambar 3. Track Section kondisi *occupied*

Jika jumlah gandar yang masuk terhitung sama dengan jumlah gandar yang keluar, seperti yang terlihat dalam Gambar 4, maka bagian jalur rel tersebut akan dinyatakan *clear*.



Gambar 4. Track Section kondisi *clear*

Namun, jika terjadi situasi di mana jumlah gandar yang keluar dan *track section* terhitung lebih sedikit dari jumlah gandar yang masuk, dapat dipastikan bahwa *counting head* mengalami gangguan (eror counting). Kalkulasi dan penentuan apakah *track section* terduduki (*occupied*) atau *clear* dilakukan pada *evaluator* [8].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengumpulkan dan menganalisis data mengenai gangguan pada komponen *axle counter* PT Kereta Api Indonesia (Persero) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk memberikan informasi yang objektif dan dapat diukur mengenai jenis gangguan yang sering terjadi, frekuensi terjadinya, durasi gangguan, serta lokasi terjadinya. Waktu penelitian ini dilakukan selama praktek kerja lapangan yang berlangsung selama 62 Hari dari bulan Juni 2022 hingga Agustus 2022.

3.1. Pengumpulan Data

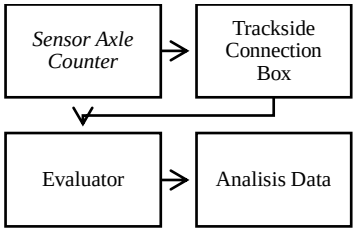
Data mengenai gangguan pada axle counter diperoleh dari pencatatan insiden gangguan yang terjadi selama periode penelitian. Data ini dapat diperoleh melalui arsip laporan gangguan yang disimpan oleh PT Kereta Api Indonesia (Persero) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta. Informasi yang terkumpul meliputi jenis gangguan, waktu kejadian, dan durasi gangguan.

Sementara itu, data mengenai lokasi dan komponen *axle counter* di PT Kereta Api Indonesia (Persero) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta dikumpulkan melalui pengamatan langsung di lapangan dan melalui konsultasi dengan personel terkait. Informasi yang dikumpulkan mencakup lokasi dan konfigurasi sistem *axle Counter*, titik-titik penting, pengaturan kabel, serta perawatan dan spesifikasi perangkat yang digunakan. Informasi ini digunakan sebagai acuan dalam mengidentifikasi lokasi terjadinya gangguan pada sistem *axle counter*.

3.2. Analisa Data

Aliran data dari *axle counter* dimulai dengan deteksi keberadaan dan pergerakan roda kereta api yang melintas. Sensor *axle counter* akan mendeteksi roda yang melewatinya dan mengirimkan sinyal elektronik melalui kabel ke *trackside connection box*. Di *trackside connection box*, sinyal-sinyal dari sensor *axle counter* akan dikumpulkan dan diolah. Data deteksi yang meliputi informasi jumlah roda, urutan dan kecepatan roda, serta waktu deteksi akan dikirimkan melalui koneksi kabel menuju *evaluator* atau unit pemrosesan data. Pada *evaluator*, data yang diterima dari *trackside connection box* akan dianalisis. Analisis dilakukan dengan menghitung frekuensi kemunculan setiap jenis gangguan yang terjadi pada *axle counter*. Gangguan-gangguan tersebut dapat mencakup kerusakan sensor, gangguan transmisi data, atau kegagalan perangkat keras lainnya. Setelah dilakukan perhitungan frekuensi, jenis gangguan akan diurutkan berdasarkan tingkat kejadian, sehingga dapat diperoleh gambaran mengenai masalah yang paling umum terjadi pada *axle counter*. Informasi mengenai jenis gangguan yang sering terjadi akan digunakan sebagai acuan dalam pemeliharaan sistem axle counter di PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta. Tindakan perawatan yang tepat, seperti inspeksi rutin, kalibrasi sensor, atau penggantian komponen yang rusak, dapat dilakukan untuk menjaga kehandalan dan kinerja optimal dari sistem *axle counter* tersebut. Berikut diagram sistem data dari PT. Kereta Api Indonesia (Persero) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta.



Gambar 5. Diagram sistem data dari PT. Kereta Api Indonesia (Persero) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Gangguan Pada Axle Counter

Setelah melakukan analisis data, berikut adalah beberapa data gangguan yang diperoleh:

Tabel 1. Data gangguan axle counter di PT. Kereta Api Indonesia (Persero) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta

Lokasi	Gangguan	Penyebab	Durasi	Tindak lanjut
KW	AXC 20BT dan 21AT Kw merah sendiri setelah dilewati KA 383	Modul PIO Error	0:07	Reset Axle Counter
KW	AXC 20BT dan 21AT Kw merah sendiri setelah dilewati KA 389	Modul PIO Error	0:06	Reset Axle Counter
KW	AXC 20BT dan 21AT Kw merah sendiri setelah dilewati KA 389	Modul PIO Error	0:07	Reset Axle Counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:15	Reset Axle counter dan setting parameter AXC
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:18	Reset Axle counter dan setting parameter AXC
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:13	Reset Axle counter dan setting parameter AXC
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:31	Reset Axle counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:20	Reset Axle counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:31	Reset Axle counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:15	Reset Axle counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:13	Reset Axle counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:21	Reset Axle counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:19	Reset Axle counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:19	Reset Axle counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:49	Reset Axle counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:22	Reset Axle counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:17	Reset Axle counter
KLI	AXC 32T dan 33T Kli merah sendiri	Modul PIO Error	0:02	Reset Axle counter

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, diketahui bahwa gangguan yang terjadi disebabkan oleh kesalahan pada Modul PIO. Modul PIO pada *axle counter* berfungsi sebagai *Peripheral Input/Output module* yang bertanggung jawab untuk menghubungkan input dan output antara perangkat *axle counter* dengan sistem kontrol atau peralatan lainnya dalam sistem persinyalan kereta api [9]. Modul PIO ini mengelola sinyal input dari sensor *axle counter*, seperti data deteksi roda kereta, dan mengirimkan informasi ini ke sistem kontrol untuk diproses. Selain itu, modul PIO juga menerima sinyal output dari sistem kontrol, seperti perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay, dan mengirimkannya ke peralatan *axle counter* yang sesuai. Dengan adanya modul PIO, *axle counter* dapat berinteraksi dengan sistem persinyalan secara efektif, mengirim dan menerima sinyal yang diperlukan untuk operasi yang akurat dan terkoordinasi.

Untuk mengatasi gangguan pada Modul PIO, diperlukan langkah-langkah seperti mereset *axle counter* dan mengatur ulang parameter-parameter yang terkait. Proses reset dan pengaturan parameter ini dapat bervariasi tergantung pada model atau merek spesifik dari *axle counter* yang digunakan.

4.2. Perawatan Pada Axle Counter

Untuk menjaga kinerja optimal dan keandalan peralatan *axle counter*, diperlukan perawatan rutin yang teratur. Perawatan ini mencakup beberapa langkah penting. Pertama, perlu dilakukan pemeriksaan berkala terhadap komponen-komponen *axle counter*, seperti modul PIO, sensor *axle*, dan koneksi *trackside*. Tujuan dari perawatan ini adalah untuk memastikan bahwa kondisi fisiknya tetap baik

dan berfungsi dengan optimal. Perawatan juga melibatkan aktivitas pembersihan dan pemeliharaan peralatan, serta pemeriksaan terhadap kondisi kabel dan penggantian jika diperlukan. [10].

Selanjutnya, monitoring secara berkala terhadap performa *axle counter* perlu dilakukan guna mendeteksi potensi masalah atau gangguan sejak dini. Hal ini melibatkan pengecekan kondisi fisik *head* sensor, kabel penghubung, dan box peralatan *outdoor*, serta pengukuran parameter tegangan dan frekuensi pada peralatan *outdoor*.

Selain itu, perawatan juga mencakup pengecekan kondisi fisik modul-modul *evaluator*, kabel-kabel penghubung peralatan *indoor*, dan pengukuran parameter frekuensi, tegangan, serta pemeriksaan indikasi pada modul *evaluator* peralatan *indoor*. Langkah-langkah perawatan ini akan membantu memastikan bahwa sistem *axle counter* berfungsi dengan baik, meningkatkan akurasi deteksi kereta, dan mengurangi risiko gangguan yang dapat mengganggu operasi kereta api secara keseluruhan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Temuan penting dari analisis gangguan sistem Axle Counter dalam jaringan rel kereta di PT KAI (PERSERO) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta menunjukkan bahwa gangguan paling sering terjadi akibat kesalahan atau error pada Modul PIO. Modul PIO memiliki peran yang sangat penting dalam menghubungkan input dan output antara perangkat *axle counter* dengan sistem kontrol atau peralatan lainnya dalam sistem persinyalan kereta api.

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat diberikan untuk meningkatkan kinerja dan keandalan sistem axle counter di PT KAI (PERSERO) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta:

Perawatan Rutin: Melakukan perawatan rutin yang teratur terhadap peralatan *axle counter*, termasuk pemeriksaan berkala terhadap modul PIO, sensor *axle*, dan koneksi *trackside*. Penting untuk melakukan pembersihan, pemeliharaan, dan penggantian komponen yang rusak sesuai kebutuhan.

Monitoring dan Pemantauan: Melakukan *monitoring* secara berkala terhadap performa sistem *axle counter* guna mendeteksi potensi masalah atau gangguan sejak dini. Hal ini dapat dilakukan dengan memantau kondisi fisik head sensor, kabel penghubung, dan *box* peralatan *outdoor*, serta melakukan pengukuran parameter yang relevan.

Pelatihan dan Kompetensi: Memberikan pelatihan dan peningkatan kompetensi kepada personel terkait yang bertanggung jawab atas pemeliharaan dan pengoperasian sistem *axle Ccunter*. Dengan meningkatkan pemahaman mereka tentang prinsip kerja, perawatan, dan t*roubleshooting* sistem, mereka akan lebih mampu mengatasi gangguan dengan lebih efektif.

Dengan menerapkan saran-saran tersebut, diharapkan kinerja dan keandalan sistem *axle counter* di PT KAI (PERSERO) Resort Sintel 1.16 Karawang DAOP 1 Jakarta dapat ditingkatkan, sehingga potensi gangguan dapat diminimalisir dan operasi kereta api dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Fatkhan, B. N., Ramdhani, M., & Sugiana, A. (2021). SISTEM DETEKSI KEBERADAAN KERETA API MENGGUNAKAN INDUKSI MAGNETIK (TRAIN PRESENCE DETECTION SYSTEM USING MAGNETIC INDUCTION). e-Proceeding of Engineering, 1012.

[2] Zulkarnain, Zindani, A. Y., Amalia, A., & Putro, W. F. (2020). PENDETEKSI KENDARAAN UNTUK KEAMANAN PERLINTASAN KERETA API. Institut Teknologi Telkom Surabaya.

[3] Fikri, A., Ramdhani, M., & Sugiana, A. (2020). DETEKSI ARAH KEDATANGAN KERETA API MENGGUNAKAN. e-Proceeding of Engineering.

[4] Nugraha, G. W., Sunardi, & Arifianto, T. (2023). Pembuatan Sistem Grounding Axle Counter Berdasarkan Tahanan Jenis Tanah dan Kedalaman Grounding. JOURNAL OF TELECOMMUNICATION, ELECTRONICS, AND CONTROL ENGINEERING (JTECE), 2.

[5] Saraswati, R. K., Ramdani, M., & Sugiana, A. (2019). DETEKSI KERETA API PADA REL MENGGUNAKAN SENSOR MPU6050. e-Proceeding of Engineering Darat.

[6] Wibawanto, B. S., Hapsari, J. P., Suprajitno, A., & Arifianto, T. (2022). Analisis Peralatan Persinyalan Kereta Api dengan Persinyalan Elektrik. Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal..

[7] Nabilla, S. O., & Ariyanto, E. (2022). Implementasi Optocoupler PC817 dan Relay Sebagai I/O Sistem . EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology.

[8] Nazaruddin, Y. Y., Sianipar, A., Aziz, N. A., Chandra, J., Maulana, R., Tamba, T. A., & Santosa, S. P. (2021). Konfigurasi dan Penempatan Alat Ukur Beban untuk Penentuan Nilai Track Access Charge Berbasis Data Realisasi Perjalanan Kereta Api. Jurnal Penelitian Transportasi.

[9] Laudira, A. (2020). Palang Pintu Perlintasan Kereta Otomatis Berbasis Arduino Uno. Universitas Islam Riau.

[10] Fernando, Y., Fauzi, & Rifai, A. (2022). Analisis Kehandalan Persinyalan Dengan Pemeriksaan dan Perawatan Persinyalan di Stasiun Manggarai. PTDI-STTD.