

PENINGKATAN SISTEM PERSINYALAN DI STASIUN CIKUDAPATEUH-KIARACONDONG UNTUK Mendukung PENGOPERASIAN KRL BANDUNG RAYA

IMPROVING THE SIGNALING SYSTEM AT CIKUDAPATEUH- KIARACONDONG STATION TO SUPPORT THE OPERATIONS OF THE ELECTRIC RAIL BANDUNG

Haekal Fauzul Kabir Rustandi^{1,*}, Utut Widyanto², Suharto³

Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD^{1,2,3}

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

*Email: hqekal525@gmail.com **

Diterima Juli 2024, Direvisi Juli 2024, Disetujui Juli 2024, Diterbitkan Juli 2024

ABSTRAK

Pembangunan Elektrifikasi di lintas Padalarang – Cicalengka akan mendukung pengoperasian Kereta Rel Listrik Bandung Raya yang dapat mengurangi kemacetan, meningkatkan kapasitas, serta mengurangi polusi. Stasiun Cikudapateuh - Kiaracandong menggunakan Sistem persinyalan Solid State Interlocking (SSI) dimana sudah digunakan sejak tahun 1997 dan untuk sekarang suku cadang dari sistem persinyalan Solid State Interlocking (SSI) sudah tidak diproduksi.

Dengan adanya rencana elektrifikasi di lintas bandung raya, perlu adanya kajian persiapan guna mendukung rencana tersebut. Dengan menggunakan analisis eksisting kita dapat mengetahui apa saja kekurangan yang ada dan yang dapat ditingkatkan. Selanjutnya jika sudah mengetahui kondisi eksisting kita bisa menganalisis gangguan yang Dimana dampak dari gangguan ini adalah terjadinya keterlambatan kereta api. Dari gangguan yang ada selanjutnya melakukan analisis komparatif guna melihat keandalan dari sistem persinyalan eksisting dengan sistem persinyalan yang terbaru dan dapat kita lihat hasil akhirnya berupa nilai keandalan tiap sistem persinyalan.

Dari hasil pembahasan, didapatkan bahwa sistem persinyalan solid state interlocking selalu mengalami gangguan terhadap komponen yang sudah berumur, sehingga nilai keandalannya lebih kecil daripada sistem persinyalan yang terbaru. Untuk mendukung pengoperasian Kereta Rel Listrik perlu adanya peningkatan ataupun peremajaan komponen agar dapat meningkatkan keandalan sistem persinyalan yang berpengaruh pada kenyamanan dan keamanan perjalanan kereta api.

Kata kunci: keandalan, keterlambatan, sistem persinyalan,

ABSTRACT

The construction of electrification on the Padalarang – Cicalengka route will support the operation of the Greater Bandung Electric Railway which can reduce congestion, increase capacity and reduce pollution. Cikudapateuh - Kiaracandong Station uses a Solid State Interlocking (SSI) signaling system which has been used since 1997 and currently spare parts for the Solid State Interlocking (SSI) signaling system are no longer produced.

With the electrification plan across Greater Bandung, there needs to be a preparatory study to support the plan. By using existing analysis we can find out what deficiencies exist and what can be improved. Furthermore, if we already know the existing conditions, we can analyze the disturbance. The impact of this disturbance is the occurrence of train delays. From the existing disturbances, we then carry out a comparative analysis to see the reliability of the existing signaling system with the newest signaling system and we can see the final result in the form of the reliability value of each signaling system.

From the results of the discussion, it was found that solid state interlocking signaling systems always experience interference with older components, so their reliability values are smaller than the newest signaling systems. To support the operation of Electric Trains, it is necessary to upgrade or rejuvenate components in order to increase the reliability of the signaling system which affects the comfort and safety of train travel.

Keywords: *reliability, delay, signaling system*

I. Pendahuluan

Adanya sarana transportasi yang memadai dan handal akan memungkinkan mobilitas penduduk di suatu tempat berjalan dengan baik. Peranan Perkeretaapian di dalam bidang transportasi sangatlah besar, dengan berbagai macam layanan yang disediakan oleh seperti angkutan orang dan angkutan barang. Pada zaman sekarang angkutan kereta api adalah transportasi massal yang sangat diminati oleh seluruh masyarakat, dari aspek kebersihan, keamanan, dan ketepatan waktu. Menjadikan kereta api memiliki nilai tambahan sendiri dibandingkan moda transportasi yang lainnya.

Guna memfokuskan kinerja peningkatan perkeretaapian di daerah Jawa Barat maka Balai Teknik Perkeretaapian (BTP) Kelas I Bandung sebagai Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Kementerian Perhubungan yang bertanggung jawab kepada Direktorat Jenderal Perkeretaapian (DJKA), menyusun dokumen perencanaan Rencana Strategis (RENSTRA) BTP Kelas I Bandung 2020-2024. Yang memuat Rencana Pembangunan Elektrifikasi di lintas Padalarang – Bandung – Cicalengka guna mendukung pengoperasia KRL Bandung Raya. Elektrifikasi menjadi salah satu hal penting yang menjadi pemecahan masalah transportasi, khususnya di jalan raya. Karena terbukti mengurangi kemacetan, memiliki kapasitas yang besar, serta mengurangi polusi.

Semua fasilitas operasi tentunya harus mengalami peningkatan dikarenakan setiap peralatan memiliki lifetime dan jika melebihi lifetime dikhawatirkan dapat membahayakan keselamatan perjalanan kereta api, salah satunya sistem persinyalan, saat ini sistem persinyalan yang digunakan di Stasiun Cikudapateuh - Kiaracandong menggunakan sistem persinyalan Solid State Interlocking (SSI), sistem persinyalan Solid State Interlocking (SSI) adalah salah satu sistem interlocking yang menggunakan teknologi mikroprosesor untuk menggantikan fungsi

dari sebuah relay interlocking yang digunakan untuk mengendalikan peralatan persinyalan seperti wesel, sinyal, pintu perlintasan dan lain lain. Sistem persinyalan Solid State Interlocking (SSI) di Stasiun Cikudapateuh - Kiaracandong sudah digunakan sejak tahun 1997 sedangkan untuk sekarang sistem persinyalan Solid State Interlocking (SSI) sudah tidak ada produksi di suku cadangnya, dan apabila mengalami gangguan atau mengalami kerusakan akan sulit untuk melakukan perbaikan dikarenakan untuk melakukan penggantian komponen yang mengalami kerusakan tidak dapat dilakukan penggantian menggunakan suku cadang baru melainkan menggunakan suku cadang yang sudah terpakai/tidak dalam kondisi baru dan jika melakukan pemesanan suku cadang baru langsung ke pabriknya tentunya akan memakan biaya yang cukup mahal dikarenakan suku cadang sistem persinyalan Solid State Interlocking (SSI) sudah tidak diproduksi kembali.

II. Metodologi

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah kerja Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Bandung dalam hal ini Daerah Operasi II Bandung yakni sepanjang lintas Cikudapateuh - Kiaracandong. Pada saat pelaksanaan Praktek Kerja Lapangan (PKL) dan Magang terhitung sejak bulan Februari sampai dengan bulan Mei 2024.

B. Metode Pengumpulan Data

Diperlukan adanya data pendukung baik data primer maupun data sekunder yang dapat memenuhi kebutuhan penelitian. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara wawancara langsung secara tatap muka kepada pegawai perawatan di wilayah kerja DAOP II Bandung untuk mengetahui mengenai kondisi peralatan dan cara kerja

sistem persinyalan serta wawancara dengan petugas perawatan persinyalan.

Sedangkan untuk pengumpulan data sekunder diperoleh dari instansi yang terkait dengan penelitian. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari DAOP II Bandung. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu peta wilayah Sintelis DAOP 2 Bandung, dan data gangguan peralatan Resort Sintelis 2.6 Kiaracondong.

C. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah semua data terkumpul. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder untuk dapat selanjutnya menganalisis eksisting, gangguan, dan komparatif dengan siste persinyalan terbaru yaitu SilSafe 4000 dari PT LEN Indonesia Railway

D. Analisis Data

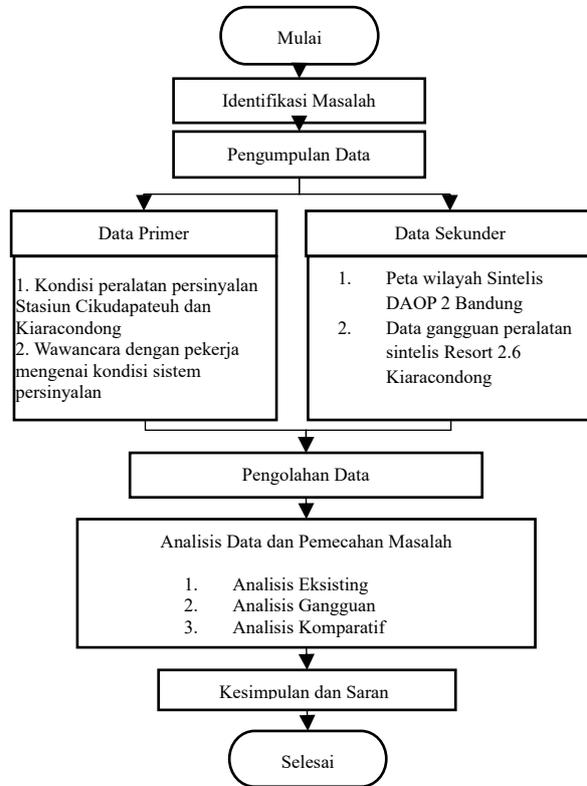
1. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk memperoleh hasil dalam pemecahan rumusan masalah. Dalam penelitian ini digunakan metode gabungan. Penelitian Gabungan (atau penelitian metode campuran) adalah sebuah pendekatan penelitian yang menggabungkan metode kuantitatif dan kualitatif dalam satu penelitian. Dengan kata lain, penelitian ini menggunakan baik data numerik (angka-angka) maupun data teks (kata-kata) untuk menjawab pertanyaan penelitian.

Terdapat beberapa analisis yang dapat dilakukan yakni analisis kinerja maupun masalah perawatan pada eksisting, analisis gangguan terhadap kinerja persinyalan, dan analisis komparatif (perbandingan) untuk membandingkan keandalan maupun gangguan antara solid state interlocking (SSI) dengan SilSafe 4000.

2. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dalam penelitian yang merepresentasikan hubungan dari penelitian adalah sebagai berikut:



III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Eksisting

Analisa kondisi eksisting dimaksudkan untuk mengidentifikasi kinerja dan masalah perawatan sistem persinyalan yang berada di Stasiun Cikudapateuh – Kiaracondong.

Untuk mendukung elektrifikasi persinyalan guna mendukung pengoperasian KRL Bandung Raya, lintas Padalarang – Bandung dan Gedebage - Haurpugur sudah menggunakan sistem persinyalan terbaru yaitu SilSafe 4000 (SIL – 4), sedangkan untuk Cicalengka masih menggunakan sistem persinyalan mekanik. Dan untuk persinyalan yang masih menggunakan sistem persinyalan Solid State Interlocking (SSI) adalah di Stasiun Cikudapateuh – Kiaracondong. Berikut merupakan tabel peralatan sistem persinyalan *Solid State Interlocking*:

Jenis Peralatan	Eksisting	Kondisi
Interlocking	Tiga buah modul interlocking Multi Processor Module merupakan pusat dari sistem SSI yang beroperasi	Pada kondisi di lapangan Interlocking bekerja dengan baik, tidak pernah terjadi gangguan yang menyebabkan keterlambatan karena interlocking Multi Processor Module (fail safe and redundant) bekerja dengan prinsip two out of three (sistem dapat bekerja bila minimum dua dari tiga modul tersebut berfungsi).
Data logger	Data Logger yang digunakan di sistem persinyalan Solid State Interlocking (SSI) dinamakan Diagnostic Module yang dihubungkan ke bus interlocking internal.	Pada kondisi dilapangan Data Logger bekerja dengan baik, tidak pernah terjadi gangguan yang menyebabkan keterlambatan dikarenakan sudah adanya modifikasi pada perangkat <i>Diagnostic Module</i> .
Catu daya	Catu daya utama bersumber dari PLN menggunakan tegangan 650 VAC yang dilengkapi catu daya darurat berupa baterai dengan tegangan 1 baterai 13,5 VDC Dengan jumlah 12 baterai dengan peralatan pengisi baterai dan menggunakan catu daya cadangan berupa diesel generator.	Pada kondisi dilapangan Catu Daya bekerja dengan baik, tidak pernah terjadi gangguan yang menyebabkan keterlambatan dikarenakan sistem proteksi dari catu daya, dimana jika catu daya utama mengalami gangguan maka yang bekerja adalah catu daya darurat hingga catu daya cadangan siap digunakan.
Meja pelayanan	Meja pelayanan yang digunakan yaitu Visual Display Unit (VDU)	Pada kondisi dilapangan adanya gangguan terhadap kerusakan kabel power vdu dan menyebabkan padamnya monitor vdu sehingga perjalanan kereta api terganggu hal ini disebabkan dengan kondisi komponen pada meja pelayanan sudah tidak prima.

Tabel diatas menunjukkan eksisting peralatan persinyalan dalam ruangan yang ada dengan kondisi dilapangan. Dimana terdapat gangguan terhadap peralatan persinyalan yang menyebabkan terjadinya keterlambatan perjalanan kereta api yaitu pada peralatan meja pelayanan.

Jenis Peralatan	Eksisting	Kondisi
Peraga persinyalan	Peraga sinyal masih menggunakan lampu sinyal dengan kawat pijar (filament) ganda yang dapat pindah otomatis ke kawat pijar (filament) cadangan jika kawat pijar putus, dan belum menggunakan LED.	Pada kondisi dilapangan adanya gangguan terhadap rusaknya sinyal modul ataupun kabel power dan menyebabkan sinyal peraga padam hal ini disebabkan dengan kondisi komponen pada peraga persinyalan sudah tidak prima.
Penggerak wesel	Jenis motor wesel adalah NSE 220 AC.	Pada kondisi dilapangan adanya gangguan terhadap putusnya kabel fuse dan menyebabkan wesel berkedip dan tidak posisi wesel tidak bergerak pada saat dilayani ke belok hal ini disebabkan dengan kondisi komponen pada penggerak wesel sudah tidak prima.
Pendeteksi sarana	Pendeteksi sarana menggunakan pendeteksi sarana track circuit dan axle counter.	Pada kondisi lapangan terdapat banyaknya gangguan pada track circuit maupun axle counter terhadap modul dan kabel yang rusak dan menyebabkan status track merah hal ini disebabkan dengan kondisi komponen pada track circuit maupun axle counter sudah tidak prima.

Tabel diatas menunjukkan eksisting peralatan persinyalan luar ruangan yang ada dengan kondisi dilapangan. Dimana setiap peralatan mengalami gangguan terhadap peralatan persinyalan yang menyebabkan terjadinya keterlambatan perjalanan kereta api. Dari kondisi eksisting yang ada, sistem persinyalan solid state interlocking ini sudah harus ditingkatkan ataupun peremajaan tiap komponen yang ada, agar dapat mengurangi gangguan yang dapat menyebabkan terjadinya keterlambatan perjalanan kereta api.

B. Analisis Gangguan

Analisa gangguan dimaksudkan untuk mengidentifikasi gangguan apa yang sering terjadi di Stasiun Cikudapateuh – Kiaracandong.

*

No	Triwulan	Jenis gangguan	Frekuensi	Andil (menit)
1	I (Januari-Maret) 2023	Telekomunikasi	1	410
		Pendeteksi KA	2	220
2	II (April-Juni) 2023	PLSE	1	29
		Pendeteksi KA	1	30
		Wesel	2	88
		Track Merah	1	61
		Track Merah	1	312
3	III (Juli – September) 2023	PDSE	1	50
		Wesel	1	138
		Pendeteksi KA	1	51
		Pendeteksi KA	2	89
4	IV (Oktober – Desember) 2023	Telekomunikasi	1	300
		Sinyal	1	565
		Telekomunikasi	2	467
5	I (Januari – Maret) 2024	Pendeteksi KA	3	185
		Wesel	1	30
		Pendeteksi KA	2	45
6	II (April – Mei) 2024	Pendeteksi KA	2	45

Dapat dilihat pada tabel V.1 diatas merupakan tabel gangguan data gangguan yang diklasifikasikan jenis gangguan, frekuensi, dengan andil (mnny) untuk perbaikan. Gangguan yang memiliki andil (menit) paling lama untuk perbaikan ialah gangguan pada telekomunikasi yang dimana membutuhkan waktu 1177 menit ini disebabkan oleh putusnya kabel *fiber optic* yang terdapat di wilayah Stasiun Cikudapateuh – Kiaracandong namun dengan waktu tersebut gangguan terhadap telekomunikasi tidak mempengaruhi keterlambatan KA yang terlalu lama dikarenakan adanya proteksi dari sistem telekomunikasi ketika kabel *fiber optic* terputus, dan yang paling singkat adalah gangguan pada Peralatan Dalam Sinyal Elektrik (PDSE) yaitu membutuhkan waktu 50 menit ini disebabkan oleh padamnya monitor Visual Display Unit (VDU) dan gangguan tersebut mempengaruhi keterlambatan KA.



Menurut gambar diagram bahwa persentase gangguan peralatan persinyalan pada tahun 2023 – 2024 di Lintas Cikudapateuh - Haurpugur paling banyak adalah pendeteksi KA dengan persentase sebanyak 48% dari tabel gangguan atau total 12 gangguan dari 25 gangguan, dan juga dapat dilihat bahwa terjadi keterlambatan dari andil waktu yang diperlukan untuk perbaikan.

C. Analisis Komparatif

Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah *Mean Time Between Failures* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) dengan perhitungan waktu operasi selama 7 bulan atau 31 minggu yaitu bulan desember 2023 hingga juni 2024 dikarenakan pengoperasian sistem persinyalan SilSafe 4000 di Lintas Gedebage – Haurpugur adalah bulan desember 2023. Jadi total waktu operasi adalah 5208 Jam dengan jumlah kegagalan pada SSI yaitu 7 kegagalan, dan 4 kegagalan pada SilSafe 4000.

1. *Mean Time Between Failures* (MTBF)

MTBF menunjukkan waktu rata-rata antara dua kegagalan berturut-turut selama operasi normal, yang memberikan seberapa andal sistem tersebut. Rumus dari MTBF adalah:

$$MTBF = \frac{\text{Total waktu operasi}}{\text{Jumlah Kegagalan Selama Periode Tertentu}}$$

a. *Solid State Interlocking SSI*

$$MTBF = \frac{5208 \text{ Jam}}{7 \text{ Kegagalan}} = 744 \text{ Jam}$$

b. SilSafe 4000 (SIL-4)

$$MTBF = \frac{5208 \text{ Jam}}{4 \text{ Kegagalan}} = 1302 \text{ Jam}$$

2. *Mean Time Between Failures (MTBF)*

MTTR adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki sistem atau produk setelah mengalami kegagalan. Dengan jumlah kegagalan pada SSI yaitu 7 kejadian dengan 815 menit total waktu perbaikan dan 4 kegagalan dengan total waktu perbaikan 156 menit pada SilSafe 4000

$MTTR = \frac{\text{Total waktu perbaikan}}{\text{Jumlah Kegagalan Selama Periode Tertentu}}$

a. Solid State Interlocking SSI

$$MTTR = \frac{815 \text{ Menit}}{7 \text{ Kejadian}} = 116 \text{ menit}$$

b. SilSafe 4000 (SIL-4)

$$MTTR = \frac{156 \text{ Menit}}{4 \text{ Kejadian}} = 39 \text{ Menit}$$

Dilihat dari analisa komparatif, keandalan SilSafe 4000 (SIL – 4) lebih unggul dibandingkan *Solid State Interlocking (SSI)*. Hasil dari MTBF *Solid State Interlocking* adalah sistem mengalami satu kegagalan setiap 744 jam operasi sedangkan SilSafe 4000 (SIL – 4) mengalami satu kegagalan setiap 1302 jam operasi. Hasil dari MTTR *Solid State Interlocking (SSI)* adalah sistem membutuhkan 116 menit untuk 1 perbaikan kegagalan sedangkan SilSafe 4000 (SIL – 4) membutuhkan 39 menit untuk 1 perbaikan kegagalan. Perbandingan antara MTBF dan MTTR akan mempengaruhi perjalanan kereta api guna mendukung pengoperasian KRL Bandung Raya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat diambil Kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai keandalan sistem persinyalan SilSafe 4000 (SIL-4) 6 bulan terakhir yaitu 1 kegagalan setiap 1302 jam dengan 39 menit untuk 1 perbaikan lebih unggul dibandingkan sistem persinyalan yaitu *Solid State Interlocking (SSI)* yaitu 1 kegagalan tiap 744 jam dan 116 menit untuk 1 perbaikan. Dampak dari gangguan persinyalan yaitu rute tidak dapat dibentuk oleh PPKA dan menyebabkan perjalanan kereta api menjadi terhambat atau mengalami keterlambatan.
2. Sistem persinyalan *Solid State Interlocking (SSI)* di Stasiun Cikudapateuh – Kiaracondong perlu ditingkatkan dikarenakan banyaknya gangguan yang terjadi akibat dari komponen yang sudah usang, dengan nilai kehandalan yang kurang baik dibandingkan sistem persinyalan yang terbaru pada lintas persiapan pengoperasian KRL Bandung Raya.

V. SARAN

Dari Kesimpulan diatas maka didapatkan saran yang sesuai sebagai berikut:

1. Melakukan peningkatan sistem persinyalan dari *Solid State Interlocking (SSI)* ke Sistem persinyalan lain yang tingkat keadalannya lebih tinggi supaya perjalanan kereta api di Stasiun Cikudapateuh – Kiaracondong akan berdampak pada kinerja pengoperasian KRL Bandung Raya dari segi perawatan hingga perbaikan sistem persinyalan.
2. Tetap menggunakan sistem persinyalan *Solid State Interlocking (SSI)* namun dapat dilakukannya kajian lebih lanjut

terkait peningkatan keadalannya seperti penggantian pendeteksi sarana yang merupakan gangguan terbanyak dan meningkatkan periode perawatan untuk mengurangi gangguan terhadap komponen dari peralatan persinyalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Bandung. "Kota Bandung Dalam Angka." 2024: 44.
- Biomantara, Ketut, dan Herdis Herdiansyah. "Peran Kereta Api Indonesia (KAI) sebagai Infrastruktur Transportasi Wilayah Perkotaan." *Cakrawala*, 2019: 1-8.
- British Railway Board Central Services Signalling Projects Group. "SSI Overview." *Training Manual Introduction To Railway Signalling Circuitry*, 1992: 1.
- Fatma, Nur Fadila, Hendri Ponda, and Rizky Aditya Kuswara. "Analisis Preventive Maintenance Dengan Metode Menghitung Mean Time Between Failure (Mtbf) Dan Mean Time To Repair (Mttr) (Studi Kasus Pt. Gajah Tunggal Tbk) ." *JURNAL HEURISTIC*, no. 17 (2018): 87-94.
- Fernando, Yehezkiel. *Analisis Keandalan Persinyalan Dengan Pemeriksaan Dan Perawatan Persinyalan Di Stasiun Manggarai*. Bekasi: Politeknik Transportasi Darat Indonesia - STTD, 2022.
- HIMA Group. *PT Len Railway Systems Future-proofs West Java Cikarang-Cikampek Rail With The Highest Safety Standards*. 2 February 2022. <https://www.hima.com/en/industries-solutions/success-stories/leading-indonesian-rail-systems-provider-pt-len#c10245>.
- Kementrian Perhubungan Republik Indonesia. "Peraturan Menteri Nomor 44 Tentang Persyaratan Teknis Peralatan Perkeretaapian." Jakarta, 2018.
- Kementrian Perhubungan Republik Indonesia. "Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 32 Standar Dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian." Jakarta, 2011.
- Kuswati, Atik Siti, Muhardono, dan Nandika Pratiwi. "Analisis Kinerja Operasional Kereta Api Lokal Bandung." (*Warta Penelitian Perhubungan* 2023) 35 (1) (2023): 79-84.
- Mahtum, Muhammad Rokhiqil. "Peningkatan Sistem Persinyalan di Stasiun Yogyakarta - Lempuyangan Untuk Mendukung Pengoperasian KRL Yogyakarta - Solo." 2021.
- Pemerintah Republik Indonesia. "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 56 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian." Jakarta, 2009.
- Pemerintah Republik Indonesia. "Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian." Jakarta, 2007.
- PT Len Industri. *Canggih, Performa Kereta Cikarang-Cikampek Kini Gunakan Standar Keselamatan Tertinggi!* 19 Desember 2021. <https://www.len.co.id/canggih-persinyalan-kereta-cikarang-cikampek-kini-gunakan-standar-keselamatan-tertinggi/>.
- Raimondi, V, dan J Lauthier. "A SUCCESSFUL APPROACH TO SOLID STATE INTERLOCKING (SSI) MODERNISATION." *AusRAIL PLUS*, 2009.
- Ramadhani Winata Pradja, Siti Aulia. *Sistem Persinyalan SSI (Solid State Interlocking) Pada Stasiun Bogor di Resort Sintel 1.21 Bogor PT Kereta*

Api Indonesia (PERSERO). Serpong:
Institut Teknologi Indonesia, 2019.

Rizqi, Andri. *Studi Penerapan Solid State Interlocking pada Persinyalan Kereta Api di Jakarta Kota*. Jakarta:
Universitas Darma Persada, 2001.

Rosyidi, Mukhlas, dan Dian Budhi Santoso.
"Analisis Gangguan Sistem Axle Counter Dalam Jaringan Rel Kereta Di PT KAI (Persero) Resort Sintel 1.16 Karawang Daop 1 Jakarta."
Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika, 2023.

Stratton, D H. "'Green' Booklet No.29." *Solid State Interlocking* (The Institution of Railway Signal Engineers), 1988: 1.

Sugiyono, P. D. "metode penelitian pendidikan (kuantitatif, kualitatif, kombinasi, R&D dan penelitian pendidikan)." *Metode Penelitian Pendidikan*, 2019: 67.

Wibawanto, Bima Sekti. *Analisis Keandalan Peralatan Persinyalan Elektrik Kereta*

Api Silsafe4000 Di Stasiun Lempuyangan Yogyakarta. Semarang: Universitas Islam Agung, 2022.