



Rancang Bangun Peralatan *Interface* Hubungan Blok Otomatis Antar Stasiun Mekanik Berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) dengan Pemanfaatan Serat Optik

Resita Novia Putri^{1*}, Fahmi Arifan^{1,2}, Aghus Sofwan^{1,3}

¹Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

²Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

³Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*})Corresponding author: resita67900@gmail.com

(Received: July 1, 2025; Accepted: August 31, 2025)

Abstract

Design and Construction of Automatic Block Connection Interface Equipment Between Mechanical Stations Based on Programmable Logic Controller (PLC) with the Utilization of Optical Fiber. Signaling is an aspect of railway operations facilities that plays a vital role in ensuring the safety and security of train travel. As much as 39% of mechanical signaling operates in Indonesia amidst the latest technological developments. The condition of mechanical signaling that still relies on copper cables as transmission channels is the largest contributor to signaling disruptions that cause delays in train travel. The condition of the transmission channel deteriorating causes the train news communication block connection to not reach the destination station. Therefore, the presence of block connection interface equipment using fiber optic channels is expected to be a technical solution. By using the ADDIE method in the design, this automatic block connection interface equipment is designed with a PLC base to ensure fail-safe signaling that combines hardware and software to ensure optimal and reliable train news delivery. This automatic block connection interface equipment is capable of producing alternating voltage to operate the block plane's electric lock between 190–210 VAC for channels A and B and a voltage between 90–110 VDC for channel P. The integration of the block connection interface equipment does not change the operational service pattern.

Keywords: mechanical signaling, block connections, PLC

Abstrak

Persinyalan merupakan aspek fasilitas operasi kereta api yang memegang peranan vital dalam menjamin keselamatan dan keamanan perjalanan kereta api. Sebanyak 39% persinyalan mekanik beroperasi di Indonesia di tengah perkembangan teknologi terbaru. Kondisi persinyalan mekanik yang masih mengandalkan kabel tembaga sebagai saluran transmisi menjadi kontribusi terbesar dalam gangguan persinyalan yang menyebabkan andil kelambatan perjalanan kereta api. Kondisi saluran transmisi yang menurun menyebabkan hubungan blok komunikasi warta kereta api tidak sampai ke stasiun tujuan. Oleh karena itu, dengan adanya peralatan *interface* hubungan blok dengan memanfaatkan saluran serat optik diharapkan menjadi solusi teknis. Dengan menggunakan metode ADDIE dalam rancang bangun, peralatan *interface* hubungan blok otomatis ini dirancang dengan basis PLC untuk menjamin *fail safe* persinyalan yang mengombinasikan perangkat keras dan perangkat lunak agar dapat menjamin pengiriman warta kereta api dengan optimal dan handal. Peralatan *interface* hubungan blok otomatis ini mampu menghasilkan

tegangan bolak-balik untuk menggerakkan kunci listrik pesawat blok antara 190–210 VAC untuk saluran A dan B serta tegangan antara 90–110 VDC untuk saluran P. Integrasi peralatan *interface* hubungan blok tidak mengubah pola pelayanan operasi.

Kata kunci: persinyalan mekanik, hubungan blok, PLC

How to Cite This Article: Putri, R. N., Arifan, F., & Sofwan, A. (2025). Rancang Bangun Peralatan Interface Hubungan Blok Otomatis Antar Stasiun Mekanik Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) dengan Pemanfaatan Serat Optik. *JPII*, 3(3), 139–148. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2025.28314>

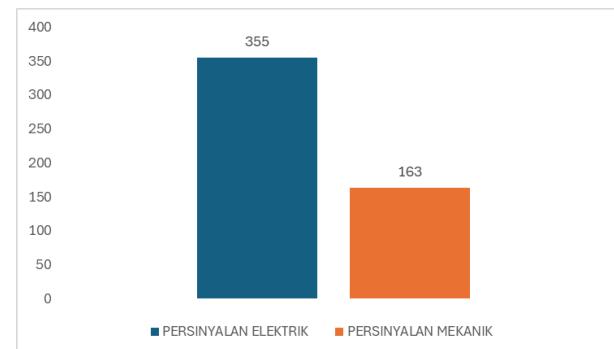
PENDAHULUAN

Moda transportasi yang paling direkomendasikan di negara berkembang adalah transportasi kereta api karena perjalanan yang paling murah, efisien dan nyaman (Singh, 2024). Di Indonesia, operator jasa penyelenggara transportasi kereta api adalah PT Kereta Api Indonesia (Persero). Dalam melayani dan mengantarkan penumpang hingga kota tujuan, perusahaan ini dituntut untuk mampu menyediakan transportasi yang aman, efisien, berbasis digital dan berkembang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan yang tertuang jelas pada visi misi perusahaan.

Kendaraan kereta api membentuk tulang punggung sistem transportasi untuk mendorong pembangunan ekonomi, mengatasi tantangan mobilitas perkotaan dan mendorong koneksi sosial (Shiao & Huynh, 2024). Sistem persinyalan adalah suatu perangkat keamanan untuk menjamin keselamatan dan mengatur operasi kereta api yang efisien dan efektif dengan membagi ruang dan waktu (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Perusahaan Umum Kereta Api, 1996). Sedangkan peralatan persinyalan adalah fasilitas pengoperasian kereta api yang berfungsi memberi petunjuk atau isyarat yang berupa warna, cahaya atau informasi lainnya dengan arti tertentu (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2018). Sistem persinyalan kereta api yang modern sangat penting untuk menjamin operasi jaringan kereta api yang aman dan efisien (Macko et al., 2025). Sedangkan jenis peralatan persinyalan antara lain peralatan *interlocking* elektrik dan *interlocking* mekanik. Peralatan *interlocking* mekanik yang berperan vital dalam berfungsi sebagai komunikasi pengiriman warta adalah peralatan blok. Peralatan blok dalam *fixed block* adalah bagian dari peralatan persinyalan yang digunakan untuk menjamin keamanan perjalanan kereta api di petak blok yang bersangkutan. Salah satu peralatan di dalamnya adalah pesawat blok yang bekerja saling bergantung satu sama lain antara dua stasiun dan terkait dengan *interlocking* mekanik untuk mengunci dan mengamankan rute kereta api di petak jalan kereta api atau petak blok antar dua stasiun (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2018).

Saat ini, faktor yang memengaruhi kepuasan pelanggan menjadi sangat kompleks. Keselamatan perjalanan kereta api adalah hal utama yang perlu diperhatikan. Guna menjamin keselamatan maka

diperlukan sarana dan prasarana yang andal. Salah satu aspek prasarana yang menjadi kunci keselamatan adalah fasilitas pengoperasian kereta api selanjutnya disebut fasopka. Fasopka adalah segala fasilitas operasi kereta api yang berfungsi memberikan petunjuk atau isyarat berupa warna, cahaya, atau informasi lainnya dengan arti tertentu (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2018). Salah satu peralatan fasopka adalah peralatan persinyalan kereta api berupa *interlocking* yang memiliki fungsi untuk membentuk, mengunci dan mengontrol semua peralatan persinyalan elektrik atau mekanik untuk mengamankan perjalanan kereta api (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2018).

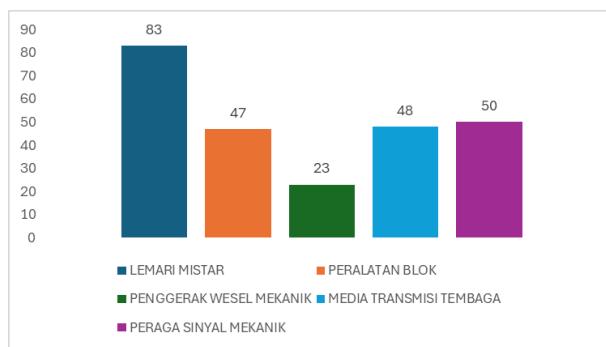


Gambar 1. Populasi jenis persinyalan di Indonesia

Saat ini, aset *interlocking* di Indonesia terdiri dari 39% *interlocking* mekanik dan 61% *interlocking* elektrik. Jenis *interlocking* elektrik sudah mendominasi persebaran di Indonesia seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Namun *interlocking* mekanik juga menjadi tinjauan kritis karena masa umur pakai yang sudah relatif lebih dari 1 abad dan masih beroperasi hingga saat ini. Dalam satu wilayah daerah operasi memiliki populasi *interlocking* yang beragam. Sehingga memungkinkan adanya kebutuhan integrasi antara *interlocking* mekanik dan elektrik dalam pengiriman warta informasi keberangkatan atau kedatangan kereta api.

Interlocking elektrik yang sudah memanfaatkan teknologi *signalling* dengan *SILSAFE-4000* memungkinkan adanya gangguan atau *breakdown time* yang sangat jarang dibanding *interlocking* mekanik. Dengan adanya sistem *monitoring* baik indikasi yang berada di meja pelayanan petugas pengatur perjalanan kereta api memungkinkan respon penanganan gangguan

lebih cepat. Penggantian komponen yang bersifat *plug and play* juga mempersingkat waktu perbaikan peralatan. Hal ini berbeda dengan jenis *interlocking* mekanik yang masih mengandalkan peralatan berbasis mekanik buatan Jerman yakni *Siemens and Halske* (S&H) yang beroperasi di Indonesia sejak tahun 1864. Peralatan persinyalan pertama di Indonesia ini merupakan peralatan yang masih tersebar di Indonesia saat ini. *Interlocking* mekanik terdiri dari peralatan dalam dan peralatan luar. Peralatan dalam antara lain perkakas handel yang berfungsi untuk melayani wesel dan peraga sinyal sebagai peralatan luar. Selain itu terdapat peralatan dalam seperti pesawat blok dan lemari mistar yang mengatur komunikasi dan penguncian pelayanan jalur kereta api ketika akan memberangkatkan atau menerima kereta api. Sedangkan peralatan luar, terdiri dari wesel mekanik, peraga sinyal mekanik, saluran transmisi kawat baja dan pendeteksi kereta api. Dengan perkembangan transportasi kereta api yang pesat dan meningkatnya frekuensi kereta api setiap tahunnya, sistem pemantauan pada persinyalan mekanik menemui beberapa kesulitan dalam menghadapi kompleksitas dan skala operasi kereta api modern (Wu, 2021). Walaupun jumlah populasi *interlocking* mekanik lebih sedikit daripada *interlocking* elektrik, namun gangguan yang terjadi dapat digolongkan memiliki risiko sedang–tinggi. Berdasarkan Data Aset dan Gangguan Peralatan *Interlocking* Mekanik tahun 2019-2024 diperoleh data yang ditunjukkan pada Gambar 2.

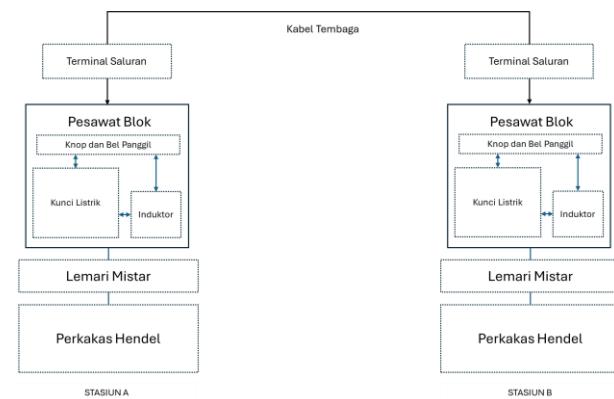


Gambar 2. Grafik pareto gangguan peralatan persinyalan mekanik

Nilai pareto gangguan peralatan persinyalan mekanik yang ditunjukkan pada Gambar 2 menjelaskan bahwa 3 nilai pareto terbesar adalah lemari mistar, peralatan blok dan media transmisi tembaga yang dapat menghambat pelayanan operasi kereta api di suatu stasiun. Apabila didetailkan penyebab terjadinya gangguan didominasi karena *setting* peralatan yang berubah, suku cadang yang terbatas dan kondisi umur pakai yang sudah lama sehingga performa menurun serta tidak adanya sistem *monitoring*. Suku cadang peralatan *interlocking* mekanik merupakan suku cadang yang menggunakan bahan dan spesifikasi seperti pabrikasi awal. Sedangkan saat ini, terkadang bahan atau jenis suku

cadang sudah *obsolete* atau *discontinued*. Hal ini juga terjadi pada peralatan blok yang merupakan peralatan vital dalam komunikasi warta kereta api yang akan berangkat atau datang di suatu stasiun. Peralatan blok antar stasiun ditransmisikan menggunakan kabel fisik yaitu media transmisi tembaga. Sehingga apabila terjadi gangguan pada media transmisi tembaga tentu berefek pada peralatan blok dalam pelayanan warta kereta api. Hal ini tentu akan menambah durasi gangguan dan durasi pelayanan kereta api yang cukup lama.

Pesawat blok berfungsi untuk berhubungan dengan stasiun sebelah, mengunci peralatan *interlocking* mekanik pada saat pengoperasian kereta api di petak jalan dan menjamin hanya ada satu kereta api dalam satu petak jalan (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2018). Pesawat blok merupakan gabungan beberapa jenis alat dan komponen yakni lemari yang diisi dengan kunci-kunci listrik yang kedudukannya dapat dilihat dari lubang kaca di dinding mukanya. Selain kunci listrik, pesawat blok juga terdiri dari induktor yang dilengkapi dengan engkol putar yang digunakan untuk membangkitkan arus searah pulsar untuk pemberian semboyan lonceng dengan perantara lonceng panggil dan knop. Gabungan dari keseluruhan alat tersebut disebut pesawat blok yang pengoperasiannya saling bergantung dan berkaitan.

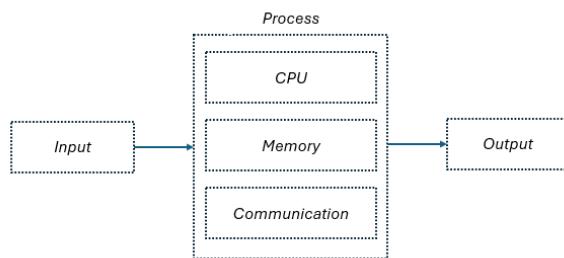


Gambar 3. Bagan hubungan peralatan blok antar stasiun

Pesawat blok antar 2 stasiun mekanik terhubung oleh saluran transmisi kabel tembaga sesuai Gambar 3. *Sequence block* dimulai dari permintaan aman dari stasiun asal ke stasiun tujuan. Pesawat blok hanya memberikan izin pelayanan sebanyak satu kali setiap permintaan aman (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2018). Secara sistematis pelayanan, pesawat blok akan mengontrol *solenoid* yang terhubung secara mekanik dengan *interlocking* pada lemari mistar. Selain itu, pesawat blok harus mampu mengunci sinyal berangkat apabila belum ada izin aman dari stasiun tujuan. Hal ini bertujuan sebagai bentuk *fail safe* pada peralatan *interlocking* mekanik.

PLC, *Programmable Logic Controller* didefinisikan sebagai *miniature industrial computer* yang berisi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan fungsi kontrol (Controllers, 2020). Hal ini yang menjadikan aplikasi PLC baik di industri atau sistem perkeretaapian juga berkembang pesat. PLC dirancang untuk berbagai pengaturan *input* dan *output digital* atau *analog* dengan rentang suhu tertentu, terlindungi dari kebisingan listrik dan tahan terhadap benturan dan getaran.

Penggunaan PLC dapat beradaptasi dengan lingkungan industri ataupun penelitian skala kecil. Kemudahan dalam beradaptasi untuk berinteraksi dengan proses apapun mampu menawarkan fasilitas pemrograman yang mudah. PLC ditawarkan dengan biaya rendah sehingga dapat memberikan kontribusi penting dalam sistem kontrol peralatan dan sistem otomasi industri (Gabor et al., 2021).



Gambar 4. Diagram alur sederhana PLC

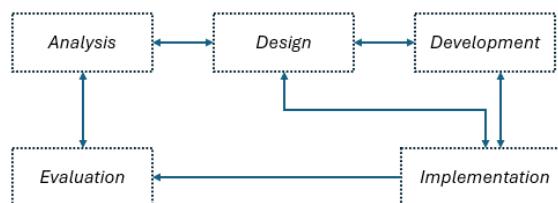
Input berupa data *digital* dan *analog* akan diproses melalui CPU, secara paralel akan disimpan dalam memori dan akan menghasilkan *output* sesuai yang dikehendaki. CPU mengontrol semua aktivitas sistem terutama melalui prosesor dan sistem memorinya. CPU pada PLC terdiri dari *microprocessor*, *chip memory* dan *integrated circuit* untuk mengontrol program logika, *monitoring* dan komunikasi. CPU akan mengeksekusi *input* berdasarkan program logika yang sudah ditanamkan. Waktu yang dibutuhkan CPU untuk memproses sangat cepat dalam kisaran 1/1000 detik. Sedangkan *memory* digunakan untuk menyimpan program logika dan menahan status *I/O* serta menyediakan sarana untuk menyimpan nilai sementara dari hasil program logika.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan rancang bangun peralatan untuk meningkatkan fungsi peralatan hubungan blok antar stasiun mekanik dengan memanfaatkan saluran media transmisi *fiber optic* yang memiliki nilai keandalan di atas kabel tembaga.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan jenis *research and development* dengan menggunakan model ADDIE

(Yeni Marita, Juanda; Yeka, 2022). Model ini terdiri dari *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation* and *Evaluation* dalam merancang peralatan *interface hubungan* blok otomatis antar stasiun mekanik berbasis PLC dengan pemanfaatan saluran *fiber optic* seperti ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Tahapan ADDIE dalam penelitian

Tahapan ADDIE pada Gambar 5 menunjukkan keseluruhan proses yang dilakukan pada penelitian ini mulai tahap analisis hingga evaluasi. Metode ini memungkinkan adanya evaluasi dan analisis berkelanjutan sehingga desain peralatan dapat disesuaikan dengan kondisi di lapangan secara komprehensif.

Tahapan Penelitian

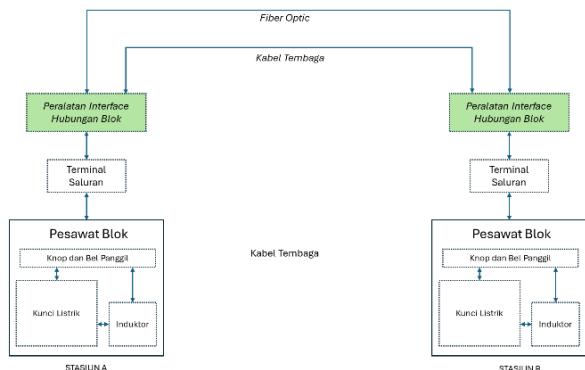
Adapun tahapan pertama melakukan analisis awal, perancangan secara rinci untuk menghasilkan solusi, pengembangan implementasi yang berdasarkan desain yang telah dibuat dan mengimplementasikan solusi serta adanya evaluasi hasil secara berkelanjutan.

Analisis Permasalahan

Pada tahap ini, penelitian berfokus pada identifikasi masalah yang terjadi untuk mendapatkan solusi. Pada proses ini permasalahan yang terjadi adalah komunikasi hubungan blok pengiriman warta kereta api dari stasiun asal ke stasiun tujuan terganggu akibat kondisi saluran transmisi kabel tembaga yang kondisinya menurun berdasarkan hasil pengukuran hambatan dalamnya. Selain itu, permasalahan yang timbul pada peralatan pesawat blok akibat induktor engkol putar yang sudah memiliki nilai tegangan dibawa standar pengukuran. Hal ini mengakibatkan tidak sampainya warta hubungan blok ke stasiun tujuan akibat tegangan yang dibangkitkan di bawah nilai. Analisis permasalahan dilakukan di wilayah yang memiliki riwayat gangguan terbanyak selama 2019–2024 di wilayah kerja kereta api. Sehingga diperlukan solusi teknis untuk mengantisipasi gangguan berulang yang disebabkan 2 hal tersebut. Rancang bangun ini diharapkan mampu mengurangi jumlah atau durasi peralatan pesawat blok mengalami *breakdown time*.

Desain Sistem

Desain peralatan *interface* menjadi bagian penting dalam proses penelitian ini karena adanya batasan manajemen yang mengharuskan peralatan *interface* mampu beroperasi dengan prinsip *fail safe*, tidak mengubah cara pelayanan operator dalam memberikan warta, meningkatkan keandalan peralatan dan mudah dalam pemeliharaan berkala atau penggantian komponen. Sehingga untuk menjawab kebutuhan tersebut maka dibuat perencanaan desain peralatan secara komprehensif mulai dari jenis komponen, spesifikasi teknis komponen, terminasi, instalasi dan dimensi peralatan. Untuk memudahkan dalam rancangan, maka disusun diagram blok guna menjadi gambaran yang jelas dan implementasi.



Gambar 6. Konfigurasi peralatan blok mekanik

Konfigurasi hubungan peralatan blok mekanik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 terdiri dari pesawat blok di Stasiun A dan Stasiun B yang di dalamnya terdiri dari kunci listrik, knop dan bel panggil serta induktor sebagai pembangkit tegangan. Dalam melakukan komunikasi hubungan blok pengiriman warta kereta api, peralatan blok Stasiun A akan mengirimkan tegangan yang dibangkitkan oleh induktor menuju peralatan blok Stasiun B dengan media transmisi kabel tembaga. Tegangan tersebut akan mengaktifkan kontak pada kunci listrik untuk membingkaskan tingkapan yang menunjukkan indikasi warta kereta api.

Alat dan Bahannya

Dalam melakukan *research and development* terkait rancang bangun peralatan *interface* dibutuhkan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) sebagai berikut:

a. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang dibutuhkan untuk rancang bangun ini antara lain :

1. PLC Siemens S7-1200
2. Power supply 12V 10 A
3. Power supply 24V 5A
4. Converter Ethernet to FO
5. PCB backpanel module

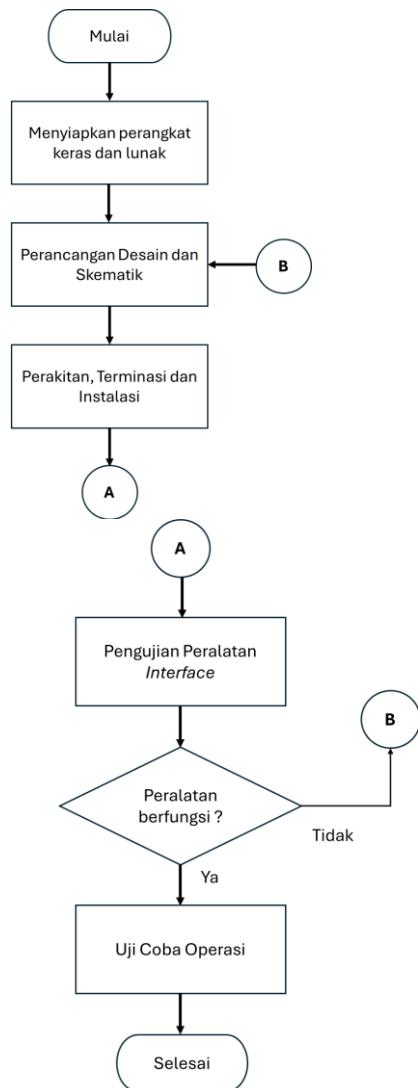
- 6. PCB modul *inverter*
 - 7. PCB modul deteksi
 - 8. Relay 24VDC
 - 9. Terminal block
 - 10. Grounding terminal
 - 11. Trafo *inverter* 10A
 - 12. Trafo deteksi 200mA
 - 13. UPS 1000VA
 - 14. Stabilizer 1000VA
 - b. Perangkat Lunak (*Software*)
 - 1. TIA Portal V.14
 - 2. Proteus
- Perangkat lunak ini digunakan untuk melakukan penulisan *diagram ladder* sebagai program logika untuk menjalankan PLC Siemens S7-1200.
- Perangkat lunak ini digunakan menggambar *schematic* komponen dan *circuit* pada modul *inverter* dan modul deteksi yang akan digunakan.

Pengembangan (*Development*)

Tahap pengembangan dalam penelitian ini merupakan langkah untuk mengubah desain atau rancangan skematis yang sebelumnya telah ada. Dengan adanya proses pengembangan maka dapat menjawab kesesuaian dan kebutuhan peralatan ketika dipasang di lapangan. Hal ini termasuk dalam *update ladder diagram* yang akan ditanamkan di CPU PLC. *Ladder diagram* memastikan kesesuaian alur pelayanan peralatan *existing* sama dan tidak berubah dan mengakomodir prinsip *fail safe*. *Sequence time* dalam setiap *running program* menjadi hal yang krusial agar tidak terjadi kesalahan saat pelayanan oleh operator. Dalam tahap pengembangan diharapkan peralatan *interface* yang dirancang memiliki kualitas, keandalan dan fungsi sebagaimana mestinya. Tahap ini juga menjadi wadah untuk menampung kebutuhan fungsi, fitur dan kelengkapan peralatan yang akan dirancang dengan melibatkan *stakeholders* terkait.

Diagram Alir Proses Perancangan

Diagram alir merupakan suatu gambaran untuk menerangkan proses pembuatan rancang bangun peralatan *interface* hubungan blok otomatis berbasis PLC.

**Gambar 7.** Diagram alir rancang bangun peralatan

Rancang bangun peralatan *interface* mengacu pada alur yang ditunjukkan pada **Gambar 7**. Adanya iterasi pada alur ini bertujuan rancang bangun peralatan *interface* dapat sesuai *behaviour* di lapangan.

Perakitan Alat

Perakitan alat pada penelitian ini merupakan tahapan utama dalam pengembangan sistem. Hal pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi kebutuhan material meliputi spesifikasi komponen beserta kuantitasnya. Selanjutnya dilakukan perancangan alat sesuai dengan konsep yang dirancang sesuai analisis permasalahan yang telah dilakukan. Dalam perakitan alat juga perlu memperhitungkan penilaian risiko sebelum dan setelah peralatan *interface* beroperasi. Analisis keandalan, keselamatan dan keamanan peralatan *interface* juga menjadi aspek kritis. Dengan dilakukan uji coba operasi baik pada simulator dan terpasang di

lapangan akan memberikan *feedback* dari hasil perancangan peralatan.

Pembuatan Program

Pembuatan program dalam penelitian ini dilakukan pada 3 komponen yang berbeda yaitu modul *inverter*, modul deteksi dan PLC. Modul *inverter* dan deteksi merupakan komponen modul berbasis PCB yang dirancang dengan membuat skematik komponen dan jalur sirkuit sedemikian agar dapat berfungsi sesuai yang diharapkan. Pembuatan modul *inverter* dan deteksi menggunakan program *Proteus*. Dalam program ini, dapat dipilih komponen yang akan digunakan sesuai dengan perhitungan komponen elektronika. Sedangkan penyusunan *ladder diagram* pada PLC harus mampu mengakomodir seluruh proses *sequence* pelayanan hubungan blok. Penyesuaian *input* yang akan dipanggil dalam program harus disesuaikan dengan komponen peralatan *interface* agar dapat terintegrasi dengan peralatan pesawat blok.

Implementasi

Pada tahap implementasi ini, fokus mempersiapkan hasil desain peralatan serta melakukan pengujian untuk memastikan fungsi peralatan *interface*. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk penilaian terhadap fungsi peralatan secara keseluruhan dan komponen per bagian secara khusus. Proses implementasi peralatan melibatkan *stakeholders* terkait untuk menilai kesesuaian peralatan dengan fungsi yang sebagaimana mestinya. Hal ini penting dilakukan untuk memastikan *input*, proses dan *output* sesuai dengan rancangan yang diinginkan pada tahap awal. Pada tahap ini juga dilakukan pengukuran parameter saat peralatan *interface* beroperasi. Adapun pengukuran yang dilakukan antara lain pengukuran tegangan, arus, *grounding* dan indikasi komponen.

Evaluasi

Tahap terakhir dari pengembangan model *ADDIE* adalah evaluasi. Proses ini perlu dilakukan secara berkelanjutan sebagai langkah *monitoring* dan mengidentifikasi kekurangan komponen atau peralatan secara keseluruhan. Metode evaluasi yang dilakukan antara lain pencatatan pengukuran nilai parameter secara berkala, pencatatan gangguan komponen atau sistem, analisis keandalan dalam periode bulanan yang dilakukan oleh *stakeholders* di wilayah kerja kereta api. Hasil evaluasi dan *monitoring* secara berkala dapat menjadi *input* untuk pengembangan dan perbaikan rancang desain peralatan. Hal ini dapat menjadi indikator keberhasilan peralatan *interface* setelah beroperasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

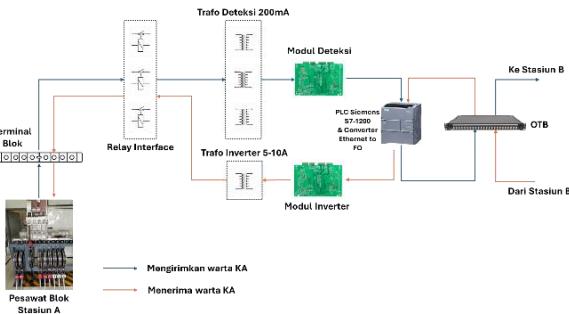
Hasil Perancangan Peralatan

Pada penelitian ini adalah merancang peralatan *interface* hubungan blok otomatis antar stasiun mekanik

berbasis PLC untuk meningkatkan kehandalan peralatan blok dan mendukung kelancaran pelayanan warta kereta api antar stasiun.

Perancangan Perangkat Keras

Perangkat *hardware* pada penelitian ini antara lain perancangan dan pembuatan modul *inverter*, modul deteksi, instalasi modul dan perangkat serta terminasi keseluruhan komponen. Modul *inverter* dirancang untuk dapat membangkitkan tegangan sebesar 24VDC dengan frekuensi yang dapat di-adjust antara 15-20Hz sesuai peralatan *existing* pesawat blok yang selanjutnya melewati transformator 10A. Sedangkan modul deteksi digunakan untuk mengkonversikan tegangan *input* pesawat blok untuk dapat menggerakkan *relay* dan PLC dengan bantuan transformator deteksi 200mA seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Konfigurasi peralatan *interface* hubungan blok

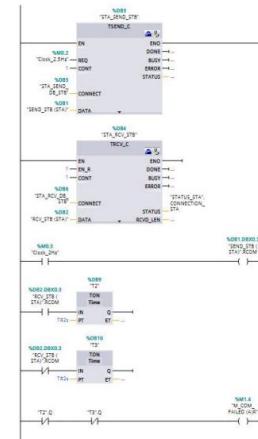
Transformator deteksi yang digunakan pada rancangan bangun ini terdiri dari 3 unit yang digunakan pada masing-masing saluran pada peralatan blok *existing* yaitu saluran P, saluran A dan saluran B. Berdasarkan Gambar 8, transformator 200mA juga digunakan untuk mendeteksi adanya gangguan pada sistem *grounding* sehingga dapat ditampilkan pada peralatan *interface* hubungan ini.

Perancangan Perangkat Lunak

Seluruh perangkat *hardware* selanjutnya dilakukan terminasi dan instalasi sesuai desain perancangan yang ditentukan. Untuk mengontrol seluruh komponen dan perangkat keras maka diperlukan kerja PLC sebagai *main processor*. Pemrograman PLC menggunakan *ladder diagram* yang disesuaikan dengan *sequence cycle* peralatan *existing*. Adapun *ladder diagram* yang dibangun harus memuat perintah antara lain:

- Permintaan warta aman stasiun asal ke stasiun tujuan
- Pemberian warta aman stasiun tujuan ke stasiun asal
- Pemberian warta berangkat stasiun asal ke stasiun tujuan

- Penerimaan warta masuk stasiun tujuan ke stasiun asal



indikasi sesuai dengan *sequence cycle* pada setiap pelayanan warta kereta api.

Pengukuran Peralatan *Interface*

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui parameter tegangan dan frekuensi saat peralatan *interface* diaktifkan dan diopersikan untuk pelayanan warta kereta api dalam *sequence* yang lengkap. Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa nilai pengukuran sesuai dengan rentang nilai spesifikasi komponen peralatan. Tegangan input merupakan tegangan yang digunakan untuk mensuplai peralatan *interface* yang berasal dari PLN. Tegangan *power supply* 1 yang mensuplai untuk PLC, *converter ethernet to fiber optic* dan *relay*. Sedangkan tegangan *power supply* 2 adalah tegangan *power supply* untuk komponen modul *inverter* dan modul deteksi. Dengan hasil pengukuran parameter tersebut maka memberikan indikasi bahwa tidak adanya indikasi kegagalan dalam instalasi dan terminasi peralatan *interface*.

Tabel 1. Hasil pengukuran parameter peralatan

No	Pengukuran	Nilai
1	Tegangan <i>input</i> peralatan	221 Vac
2	Tegangan <i>output power supply</i> – 1	24,03 Vdc
3	Tegangan <i>output power supply</i> – 2	12,06 Vdc
4	Tegangan PLC S7-1200	24,01 Vdc
5	Frekuensi modul <i>inverter</i>	16 Hz

Hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 1, selanjutnya akan digunakan sebagai evaluasi berkelanjutan ketika peralatan *interface* ini dioperasikan baik di simulator atau pada kondisi lapangan. Dengan pengukuran parameter diharapkan dapat memantau kondisi komponen penyusun peralatan *interface*.

Pengukuran Saluran saat Peralatan *Interface* Mengirimkan/Menerima Warta

Pengukuran saluran saat peralatan *interface* beropersi baik mengirimkan atau menerima warta kereta api perlu dilakukan untuk memastikan tegangan yang akan masuk atau keluar dari peralatan pesawat blok mekanik sesuai dengan kondisi peralatan *existing*. Dengan nilai saluran yang masih dalam rentang nilai standar maka dapat dipastikan bahwa peralatan *interface* tidak akan mengganggu operasi peralatan pesawat blok yang terdiri dari suku-suku mekanik di dalamnya. Saluran P adalah saluran yang hanya digunakan untuk bel blok dengan pemanfaatan arus searah pulsar sedangkan saluran A dan B merupakan saluran yang digunakan untuk hubungan blok utama dengan pemanfaatan arus bolak balik pulsar. Berdasarkan

Tabel 2, nilai pengukuran saluran P masih dalam rentang nilai 90–120 Vdc sedangkan saluran A dan P juga masih dalam rentang nilai standar 180 – 220 Vac.

Tabel 2. Hasil pengukuran saluran P warta KA

No	Pengukuran	Nilai
1	Tegangan saluran P saat meminta warta aman	101 Vdc
2	Tegangan saluran P saat menerima warta aman	98 Vdc

Tabel 3. Hasil Pengukuran saluran A dan B warta KA

No	Pengukuran	Nilai
3	Tegangan saluran A saat menerima warta aman	206 Vac
4	Tegangan saluran B saat memberi warta aman	212 Vac
5	Tegangan saluran B saat memberi warta berangkat	210 Vac
6	Tegangan saluran A saat menerima warta berangkat	208 Vac
7	Tegangan saluran B saat memberi warta masuk	210 Vac
8	Tegangan saluran A saat menerima warta masuk	209 Vac

Hasil pengukuran tersebut selanjutnya digunakan untuk evaluasi secara berkelanjutan untuk memantau kondisi peralatan *interface* dan pesawat blok baik pada simulator atau pesawat blok di lapangan.

Pengukuran Catudaya Cadangan

Catudaya merupakan bagian yang tak kalah penting dalam perancangan peralatan *interface*. Hal ini digunakan untuk memberikan *backup* daya apabila terjadi kondisi tegangan PLN yang tidak stabil atau bahkan padam secara tiba-tiba. Perancangan dengan sistem catudaya cadangan merupakan jawaban praktis dari persyaratan persinyalan *fail safe* yang harus mampu beroperasi walau dalam kondisi darurat terberat dengan memberikan indikasi kepada operator. Berdasarkan Tabel 4, pengukuran parameter UPS dan *stabilizer* memberikan nilai sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil pengukuran catudaya

No	Pengukuran	Nilai
1	Tegangan <i>input</i> UPS	231 Vac
2	Tegangan <i>output</i> UPS	229 Vdc
3	Tegangan <i>input stabilizer</i>	228 Vdc
4	Tegangan <i>output stabilizer</i>	223 Vdc

Catudaya merupakan bagian penting dalam penyedia daya utama peralatan sehingga pengukuran berkala dan berkelanjutan perlu dilakukan untuk mengevaluasi perangkat catudaya secara khusus dan peralatan *interface* secara umum. Harapannya tidak ada andil catudaya yang dapat menyebabkan peralatan *interface* mengalami kegagalan fungsi.

Pembahasan

Berdasarkan perancangan, perakitan, integrasi dan pengukuran peralatan *interface* hubungan blok antar stasiun mekanik berbasis PLC memberikan hasil yang signifikan untuk pelayanan operasional warta kereta api. Peralatan *interface* harus dipasang pada stasiun asal dan stasiun tujuan untuk membentuk jaringan komunikasi antar PLC sehingga pengiriman dan keakuratan data dapat terjamin. Dengan pemanfaatan saluran *fiber optic*, peralatan *interface* hubungan blok dapat beroperasi dengan menggunakan saluran *fiber optic* sebagai *main transmission* dan apabila terjadi gangguan pada *main transmission* maka peralatan *interface* dapat berganti menggunakan saluran kabel tembaga sebagai *back up* untuk meneruskan pelayanan warta kereta api.

Apabila adanya gangguan pada *main transmission* maka peralatan *interface* akan memberikan *alarm* sehingga operator dapat mengetahui secara langsung gangguan yang terjadi. Selain gangguan *main transmission*, peralatan *interface* ini juga akan memberikan *alarm* apabila terjadi gangguan seperti:

- Modul *inverter* atau modul deteksi tidak berfungsi.
- PLC terjadi *error*.
- Converter* komunikasi *fiber optic* tidak berfungsi.
- Grounding* peralatan *interface* tidak terhubung dengan baik.
- UPS atau *Stabilizer* tidak berfungsi.

Dengan adanya peralatan *interface* hubungan blok dengan pemanfaatan saluran serat optik mampu menurunkan jumlah kegagalan fungsi :

- Peralatan saluran blok awalnya memiliki jumlah kegagalan fungsi sebanyak 55 kali menjadi 10 kali kegagalan hingga saat ini.
- Saluran transmisi tembaga awalnya memiliki jumlah kegagalan fungsi sebanyak 48 kali menjadi 8 kali kegagalan hingga saat ini.

Penurunan kegagalan fungsi peralatan hubungan blok dapat menunjukkan bahwa peralatan *interface* hubungan blok mampu berfungsi secara optimal dalam melakukan pelayanan warta kereta api. Hal ini menjadi faktor utama kelancaran dan keamanan perjalanan kereta api.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancang bangun, uji coba peralatan *interface* dan pengukuran parameter komponen secara khusus dan peralatan secara luas diperoleh kesimpulan:

- Rancang bangun peralatan *interface* dapat berfungsi dengan baik menggunakan *main processor Programmable Logic Controller (PLC)* untuk mengirimkan warta kereta api dari stasiun

asal ke stasiun tujuan dengan pemanfaatan saluran serat optik.

- Hasil pengukuran parameter komponen sesuai dengan spesifikasi teknis komponen peralatan penyusun.
- Adanya indikasi *alarm* apabila adanya komponen tidak berfungsi.

Pemasangan peralatan *interface* hubungan blok mampu menurunkan kegagalan fungsi peralatan warta kereta api hingga 16% selama satu tahun beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariana, R. (2016). *Sistem Dan Teknologi*. 1–23.
- Controllers, P. L. (2020). *PLC Handbook Plc Handbook Practical Guide To PLC Handbook Plc Handbook*. 1–84.
- Gabor, G., Livint, G., & Lucache, D. D. (2021). Application of S7-1200 PLC for Temperature Monitoring of a Railway Separator. *SIELMEN 2021 - Proceedings of the 11th International Conference on Electromechanical and Energy Systems*, 458–461. <https://doi.org/10.1109/SIELMEN53755.2021.9600404>
- Hirano, Y., Kato, T., Kunifushi, T., Hattori, T., & Kato, T. (2005). Development of railway signaling system based on network technology. *Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2, 1353–1358. <https://doi.org/10.1109/icsmc.2005.1571335>
- Macko, D., Hrmo, L., Hrbček, J., & Nagy, P. (2025). Real-Time Control System for Model Railway Based on SIMIS W Interlocking System. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(1), 1–14. <https://doi.org/10.3390/app15010180>
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2018). PM 44 Tahun 2018 tentang Persyaratan Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian. *Menteri Perhubungan Republik Indonesia*, 13.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Perusahaan Umum Kereta Api. (1996). *Pedoman Dasar Perencanaan Sinyal Elektrik*. 1, 7–8.
- Shiao, Y., & Huynh, T.-L. (2024). A new hybrid control strategy for improving ride comfort on lateral suspension system of railway vehicle. *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*, 43(4), 1842–1859. <https://doi.org/10.1177/14613484241254762>
- Singh, A. K. (2024). Dynamic modeling and ride comfort evaluation of railway vehicle under random track irregularities: A case study of a Linke-Hofmann-Busch coach. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.08.017>
- Wu, J. (2021). Railway Signal Intelligent Monitoring System Based on Data Mining. *2021 IEEE*

- Conference on Telecommunications, Optics and Computer Science, TOCS 2021, 315–318.*
<https://doi.org/10.1109/TOCS53301.2021.9688683>
- Yeni Marita, Juanda; Yeka, H. (2022). *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Video Tutorial Pada Mata Kuliah Pemrograman Visual Dengan Metode Addie*. 2(1), 121–130.