

PROTOTYPE INTERLOCKING BASE COMPUTER PADA PERANCANGAN PENGENDALIAN SISTEM TRACK SIDE UNIT MENGGUNAKAN ETHERNET

*Prototype Interlocking Base Computer In The Design Of Track Side Unit System
Control Using Ethernet*

Teguh Arifianto^{*1}, Lucky Isa Mukti², Dara Aulia Feryando³, Fathurrozi Winjaya⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknologi Elektro Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun,
Indonesia

e-mail: ^{*1} teguh@ppi.ac.id, ² lucky.tep1718@taruna.api.ac.id, ³ dara@ppi.ac.id, ⁴ fathurrozi@ppi.ac.id

Abstrak

Penyelenggaraan perkeretaapian ditujukan untuk memperlancar perpindahan orang maupun barang secara massal dengan memerhatikan faktor keselamatan, keamanan, kenyamanan, efektif, dan efisien. Perkeretaapian sebagai salah satu moda transportasi dalam sistem transportasi nasional yang mempunyai karakteristik pengangkutan secara massal dan keunggulan tersendiri. Beberapa tahun ini pembangunan kereta api memang sangat di perhatikan. Sekarang pun pembangunan perkeretaapian sudah sampai tahap double track. Jadi, semakin banyak jalur yang di bangun juga pasti banyak pula aspek aspek yang di tambahkan sebagai penunjang perjalanan kereta api. Semakin banyak alat alat penunjang untuk kereta api semakin banyak pula kabel yang dibutuhkan untuk menyuplai ataupun mengontrol suatu alat tersebut. Perkembangan teknologi saat ini telah ditemukan alat-alat inovasi terbaru terutama jaringan ethernet. Ethernet adalah jaringan yang masuk ke dalam kategori Local Area Network (LAN) atau jaringan area lokal. Dalam pembuatan prototype ini menggunakan teknologi ethernet sebagai sistem pada track side unit. Direncanakan menggunakan Arduino Uno328P dan dihubungkan dengan ethernet shield W5100 kemudian semua dihubungkan pada sebuah switch dan router sebagai server.

Kata kunci— Perkeretaapian, ethernet, Local Area Network (LAN), arduino uno

Abstract

Railway operation which is intended to facilitate mass movement of people or goods by taking into account the factors of safety, security, comfort, effectiveness and efficiency. Railways as one of the modes of transportation in the national transportation system that are mass-connected and mobile. In recent years, railroad construction has been very helpful. Even now, the railway construction has reached the double track stage. So the more lines that are built, there will also be many aspects added to support train travel. The more supporting means for railways, the more cables are arranged to supply or control such a device. Today's technological developments have found the latest innovative tools, especially ethernet networks. Ethernet is a network that falls into the category of Local Area Network (LAN) or local area network. In making this prototype using ethernet technology as a system on the track side unit. It is planned to use the Arduino Uno328P and serve it with an ethernet shield W5100 then all connect to a switch and router as a server.

Keywords— Railway, ethernet, Local Area Network (LAN), arduino uno

PENDAHULUAN

Penyelenggaraan perkeretaapian ditujukan untuk memperlancar perpindahan orang dan barang secara massal dengan memerhatikan faktor keselamatan, keamanan, kenyamanan, efektif, dan efisien. Perkeretaapian merupakan salah satu moda transportasi nasional yang mempunyai karakteristik

Informasi Artikel:

Submitted: September 2021, **Accepted:** Oktober 2021, **Published:** November 2021

ISSN: 2685-4902 (media online), **Website:** <http://jurnal.umus.ac.id/index.php/intech>

pengangkutan secara massal (orang maupun barang) dan keunggulan tersendiri, yang tidak dapat dipisahkan dari moda transportasi lain, perlu dikembangkan potensinya dan ditingkatkan peranannya sebagai penghubung wilayah, baik nasional maupun internasional, untuk menunjang, mendorong, dan menggerakkan pembangunan nasional untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat [1]. Sehingga dengan keunggulan transportasi kereta api di Indonesia diharapkan dapat memajukan sistem transportasi dan menumbuhkan peran untuk kehidupan ekonomi maupun sosial.

Beberapa tahun ini pembangunan kereta api memang sangat di perhatikan Sekarangpun pembangunan perkeretaapian sudah sampai tahap *double track*. Jadi semakin banyak jalur yang dibangun juga pasti banyak pula aspek-aspek yang ditambahkan sebagai penunjang perjalanan kereta api. Semakin banyak alat alat penunjang untuk kereta api semakin banyak pula kabel yang dibutuhkan untuk menyuplai ataupun mengontrol suatu alat tersebut. Perkembangan teknologi saat ini telah ditemukan alat-alat inovasi terbaru terutama jaringan *ethernet*. *Ethernet* adalah jaringan yang masuk ke dalam kategori jaringan area lokal atau *local area network* (LAN). Sistem komunikasi yang dibangun dengan *ethernet* akan membagikan arus data ke dalam *frame*. Dengan adanya teknologi *ethernet* ini, kabel yang sangat banyak pada alat-alat penunjang perjalanan kereta api bisa diminimalisir dengan penggunaan teknologi *ethernet*. Jika sistem ini digunakan pada kereta api pasti akan banyak sekali manfaat yang akan timbul seperti lebih efektif dan efisien kerja saat *maintenance*, mengurangi kabel yang dibutuhkan, perlindungan investasi, dan rahasia data karena adanya *server* pengatur dan *password*-nya. Bahkan bisa ditambahkan enkripsi *password* pada *interlocking* sehingga *database* dapat terenkripsi dengan baik pada penelitian selanjutnya [2].

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat *prototype interlocking base computer* dengan menggunakan LED sebagai sintal, motor *servo* sebagai wesel, hubungan singkat pada *track* sebagai pendeteksi, dan mengetahui hasil pengujian komunikasi antara mikrokontroler dengan *server*. Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis melakukan penelitian yang berjudul “*Prototype Interlocking Base Computer pada Perancangan Pengendalian Sistem Track Side Unit Menggunakan Ethernet*” sehingga dapat dimanfaatkan untuk menunjang perjalanan kereta api dengan baik.

TINJAUAN PUSTAKA

Arduino Uno

Arduino adalah papan rangkaian elektronik berbasis mikrokontroler yang bersifat *open source* dan fleksibel serta mudah untuk digunakan [3]. Ada beberapa jenis *arduinono* yaitu *arduino uno*, *arduino mega*, *arduino duemilanove*, *arduino romeo*, *arduino nano*, dan lain-lain [4]. Penggunaan dari jenis *arduino* disesuaikan dengan kebutuhan karena masing-masing jenis *arduino* memiliki kelebihan dan kekurangan. *Arduino uno* dapat juga digunakan untuk *prototype* mendeteksi sarana menggunakan RFID CT-1809 [5]. Pada penelitian ini menggunakan *arduinono uno R3* (Gambar 1) karena modul *arduino* ini sudah dilengkapi dengan berbagai hal yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler dalam bekerja. Selain itu, *arduino uno R3* adalah seri terbaru dari seri *arduinono* USB.



Sumber: <https://www.arduinoindonesia.id/2018/08/arduino-uno-r3.html>

Gambar 1. Arduino unoR3

Arduino uno memiliki 14 pin digital *input/output*, 6 analog *input*, koneksi USB, *power input*, sebuah tombol *reset*, sebuah resonator keramik, dan ICSP *header*. Berikut spesifikasi teknis dari *arduino uno AtMega 328* pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Arduiono Uno

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroller	ATMega328
Catu daya	5V
Tegangan <i>input</i> (rekomendasi)	7-12V
Tegangan <i>input</i> (batasan)	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (dengan 6 PWM <i>output</i>)
Jumlah <i>pin input</i> analog	6
Arus DC per pin I/O	40mA
Arus DC per pin 3.3V	50mA
Flash memory	32KB (AtMega328) sekitar 0.5KB digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	2KB (AtMega328)
EEPROM	1KB (AtMega328)
Clock speed	16MHz

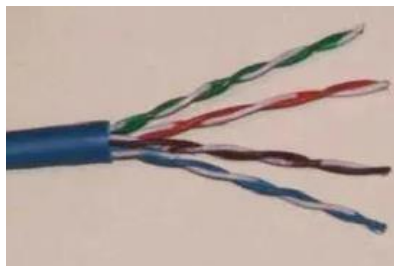
Kabel UTP

Kabel UTP (*Unshielded Twisted Pair*) adalah jenis kabel yang terbuat dari tembaga dan mempunyai isolasi dan terbungkus oleh bahan isolasi yang dapat melindungi dari api dan kerusakan fisik lainnya. Penggunaan kabel UTP merupakan salah satu solusi sebagai media penghubung antar *node* selain *wireless* [6].

Karakteristik kabel UTP adalah sebagai berikut [7].

1. bagian dalam kabel UTP terdiri dari 2 kawat tembaga yang dibagi menjadi 4 pasang (*pair*) kemudian dipilin menjadi satu;
2. tiap-tiap pasang (*pair*) dari kawat tembaga dilapisi insulator yang memiliki warna yang unik;
3. keluaran dan kecepatan transmisi mencapai 10-100 Mbps;
4. panjang maksimal kabel UTP yang diizinkan yaitu 100 meter (pendek) dengan tegangan kabel 150 ohm;
5. kabel jaringan UTP hanya bisa menangani satu kanal data;
6. instalasi jaringan komputer menggunakan kabel UTP membutuhkan sebuah *hub* untuk membangun sebuah LAN;
7. koneksi pada kabel jaringan UTP menggunakan konektor RJ-45.

Penelitian ini menggunakan kabel UTP *category 5* (cat5). Kabel UTP cat5 adalah salah satu jenis kabel UTP yang memiliki kualitas transmisi yang lebih cepat dibandingkan dengan kabel UTP cat4 atau sebelumnya. Kabel UTP cat5 didesain untuk mendukung komunikasi data dan suara pada kecepatan sampai 100 megabit/detik.



Sumber: <https://blog.dimensidata.com/pengertian-dan-perbedaan-kabel-utp-cat5-cat5e-cat6-dan-cat7/>

Gambar 2. Kabel UTP category 5

Konektor RJ45

Tidak seperti kabel dalam instalasi listrik, bila kabel listrik harus dikupas terlebih dahulu untuk menghubungkan satu titik ke titik lainnya. Maka, kabel UTP tidak perlu dikupas untuk menghubungkan kabel ke jaringan. Tetapi dibutuhkan sebuah konektor yaitu konektor RJ45 yang dipasang di ujung kabel UTP dengan kombinasi warna tertentu.

Fungsi konektor RJ45 yaitu penghubung kabel *ethernet* yang digunakan dalam sebuah jaringan. Konektor RJ45 terdapat pada ujung kabel UTP yang menghubungkannya ke pemancar penerima (*transceiver*). Selain itu, konektor RJ45 berperan untuk menjembatani kabel UTP dengan *resources* pada jaringan seperti komputer, hub, router, dan lain sebagainya [8].



Sumber: <https://elekkomp.blogspot.com/2017/12/pengertian-konektor-rj45-dan-fungsinya.html>

Gambar 3. Konektor RJ45

Ethernet Shield

Ethernet shield adalah modul yang dapat digunakan untuk mengkoneksikan *arduino* dengan internet menggunakan kabel atau *wired* [9]. *Ethernet shield* bekerja dengan cara memberikan layanan IP pada *arduino* dan PC agar dapat terhubung dengan internet. Cara menggunakan *etherent shield* cukup mudah yaitu dengan menghubungkan *arduino etherent shield* dengan *board arduino* lalu akan disambungkan ke jaringan internet dengan kabel RJ45, maka *arduino* akan terkoneksi langsung ke internet.



Sumber: <https://www.immersa-lab.com/pengertian-ethernet-shield-dan-cara-kerjanya.htm>

Gambar 4. Ethernet Shield

Router

Router adalah salah satu peralatan jaringan yang dapat menghubungkan jaringan satu dengan jaringan yang lainnya [10]. *Router* bekerja menggunakan *routing table* yang dapat disimpan di-*memory*-nya untuk membuat keputusan tentang bagaimana dan kemana paket dikirimkan. *Router* ini merupakan perangkat yang khusus untuk menangani koneksi dua atau lebih jaringan yang terhubung melalui *packet switching*. *Router* mampu mengirimkan data dari satu jaringan lain yang berbeda dan akan mencari jalur terbaik untuk mengirimkan sebuah pesan yang berdasarkan atas alamat tujuan dan asal.



Sumber: <https://www.maxmanroe.com/vid/teknologi/internet/pengertian-router.html>

Gambar 5. Router

Motor Servo

Motor servo adalah sebuah alat perangkat yang dirancang menggunakan sistem kontrol umpan balik *loop* yang tertutup sehingga bisa diatur dalam menentukan dan memastikan dari sudut poros *output* motor. Motor *servo* terdiri dari motor DC, *potensiometer*, *gear*, dan rangkaian kontrol. Motor *servo* memiliki 2 macam jenis yaitu motor servo AC dan DC. Motor *servo* AC digunakan untuk menangani arus yang tinggi atau beban yang lebih berat dan diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Motor *servo* DC digunakan untuk aplikasi-aplikasi yang lebih kecil seperti *prototype*.

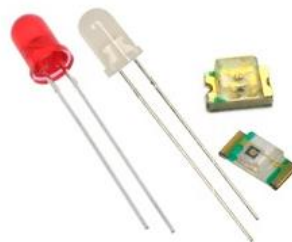


Sumber: <https://www.andalanelektro.id/2021/01/mengenal-motor-servo.html>

Gambar 6. Motor servo

Lampu LED

LED (*Light Emitting Diode*) adalah salah satu komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberi tegangan maju yang terbuat dari bahan semikonduktor [8]. Warna cahaya yang dipancarkan LED tergantung jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya.



Sumber: <https://teknikelektronika.com/pengertian-led-light-emitting-diode-cara-kerja/>

Gambar 7. Lampu LED

METODE PENELITIAN

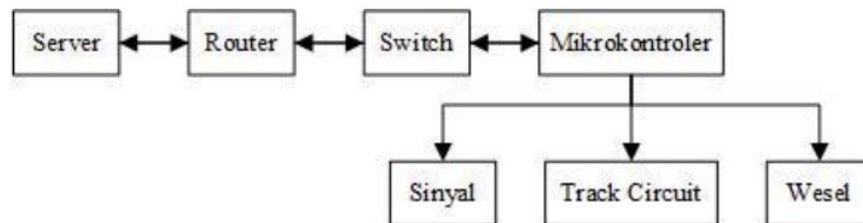
Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan dua data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari pengujian sistem *track side unit* yang terhubung dengan *visual display*

unit, data hasil uji sinyal, data hasil uji wesel, dan data hasil uji pendeteksi. Sedangkan untuk data sekunder yaitu spesifikasi teknis komponen alat.

Konsep Alat

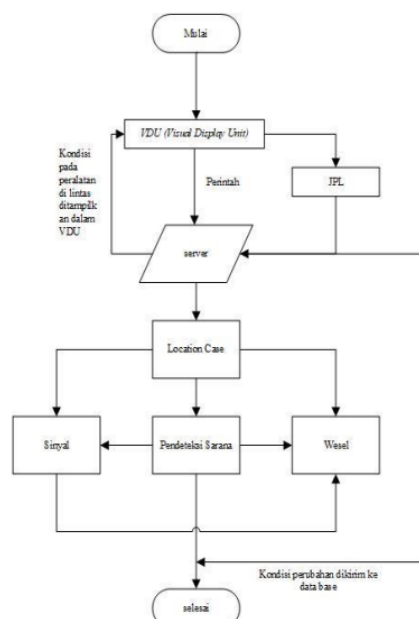
Untuk perancangan sistem pembuatan alat *track side unit* pada *prototype interlocking base computer*, terlebih dahulu digambarkan blok diagram secara umum (gambar 8). Alat ini dirancang untuk membuat *prototype interlocking base computer* dengan menggunakan *mikrokontroler*. Kemudian untuk mengirimkan data *output* dari *mikrokontroler* melalui *switch* dan dilanjutkan ke *router* dan akan ditampilkan pada *server*.



Gambar 8. Diagram blok secara umum

Mikrokontroler yang berjumlah 12 diletakkan pada tiap tiap *section* pada *emplasemen*. Setiap *mikrokontroler* tersebut menggerakkan beberapa sistem dari *track side unit*. *Ethernet shield* yang dihubungkan ke *arduino uno ATmega328P* yang berfungsi sebagai kontrol lampu memiliki sistem kerja yang pertama. VDU yang terhubung dengan *arduino uno ATmega328P* dihubungkan dengan *shift register* baru ke lampu. Sedangkan untuk sistem kerja dari wesel yaitu dari VDU dihubungkan dengan *arduino uno ATmega328P* untuk menggerakkan motor *servo*.

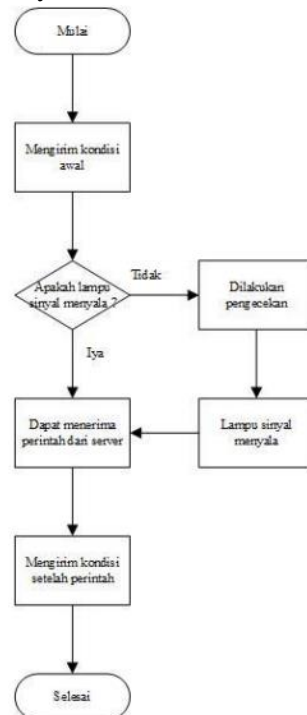
Cara kerja alat *interlocking base computer* yaitu membuka tampilan awal VDU, selanjutnya memberikan perintah masuk ke *server* dan dilanjutkan ke *location case* melalui kabel LAN dengan port RJ45 untuk menjalankan perintah ke peralatan luar. Setelah peralatan luar menjalankan perintah lalu melaporkan kondisi ke *server* dan diteruskan untuk ditampilkan di VDU (gambar 9).



Gambar 9. Flowchart interlocking base computer

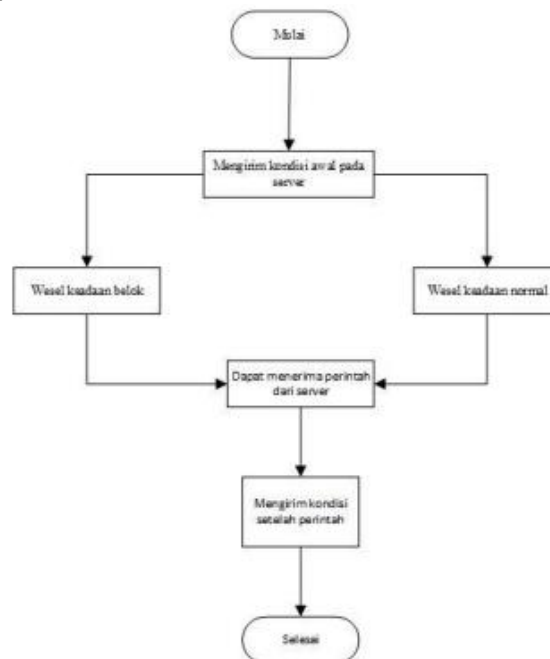
Prototype Interlocking Base Computer Pada Perancangan Pengendalian Sistem Track Side Unit Menggunakan Ethernet (Teguh Arifianto, Lucky Isa Mukti, Dara Aulia Feryando, Fathurrozi Winjaya)

Cara kerja sinyal pada prototype *interlocking base computer* yaitu yang pertama mengirimkan kondisi awal apakah lampu sinyal menyala atau mati. Jika lampu sinyal menyala, maka dapat menerima perintah dari server. Tetapi jika lampu sinyal mati, maka akan dilakukan pengecekan (Gambar 10).



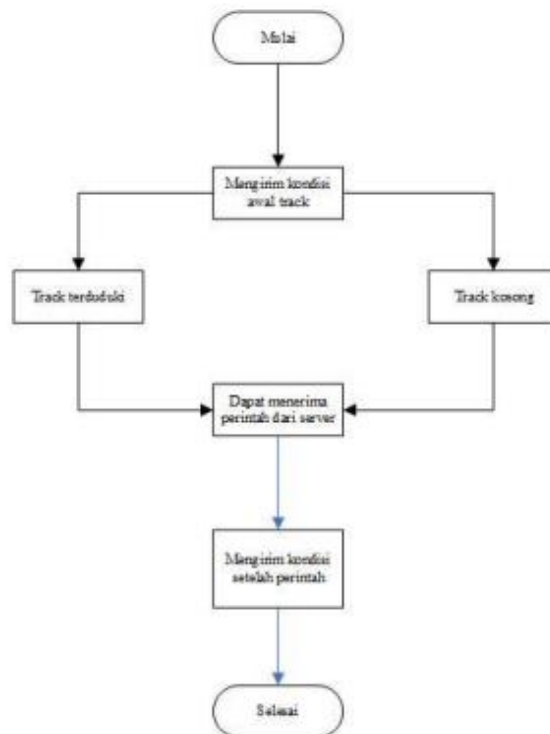
Gambar 10 Flowchart sinyal

Dari *flowchart* wesel dapat dilihat cara kerja sinyal pada *prototype interlocking base computer* yaitu wesel akan mengirimkan kondisi awal berupa keadaan belok atau normal kemudian wesel dapat menerima perintah dari *server* dan jika sudah menerima perintah dari *server*, wesel akan mengirimkan kondisi setelah menerima perintah (Gambar 11).



Gambar 11. Flowchart wesel

Flowchart pendeteksi yaitu pertama pendeteksi mengirimkan kondisi awal apakah *track* terduduki atau tidak kemudian pendeteksi dapat menerima perintah dari *server*. Jika sudah menerima perintah dari *server*, pendeteksi akan mengirimkan kondisi setelah menerima perintah (Gambar 12).



Gambar 12. Flowchart pada pendeteksi

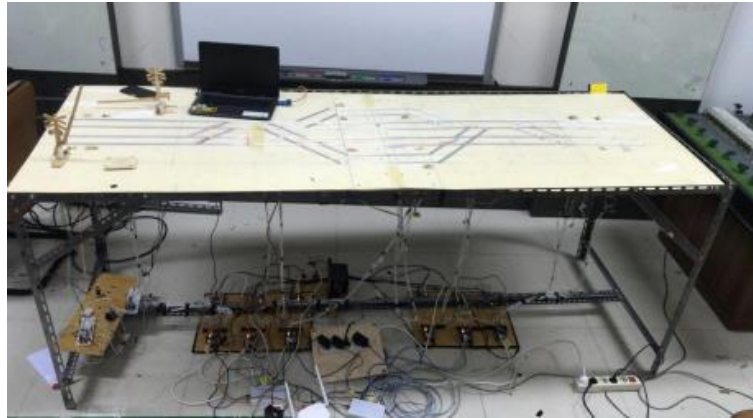
Analisis Data

Data primer dan sekunder diolah untuk menentukan bagaimana membuat alat *track side unit* pada *prototype interlocking base computer* serta menentukan komponen yang tepat untuk digunakan membuat alat tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

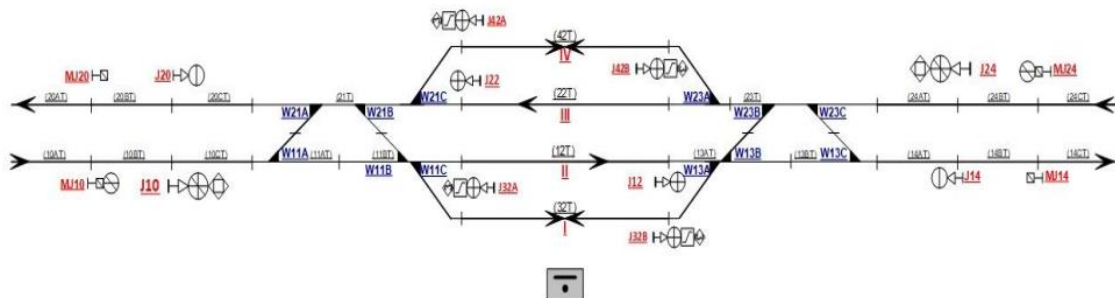
Hasil Perancangan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *mikrokontroler ATmega328*, *ethernet shield W5100*, kabel *UTP cat5*, konektor *RJ45*, *MG90s metal gear motor servo*, lampu *LED 5mm* (warna putih, merah, kuning, dan hijau), *HUB 6 port TP-Link*, dan *powersuplay*. Sedangkan untuk perancangan pada penelitian ini dibuat sebagai penunjang perjalanan kereta api yang terdiri dari sinyal, wesel, dan pendeteksi. Pengujian alat sistem *track side unit* yang terintegrasi dengan *visual display unit* sebagai *server*.



Gambar 12. Prototype interlocking base computer

Penomoran dan penamaan jalur desain *emplasemen* stasiun dibuat sesuai dengan pedoman persinyalan elektrik (gambar 13). *Ethernet shield W5100* dihubungkan dengan *arduino uno AtMega328P*, *switch* sebagai *server*, dan *router* sehingga *mikrokontroller* dapat terhubung secara langsung dengan *server* tersebut. Sistem pengendalian *track side unit* pada *prototype interlocking base computer* terdapat 12 *mikrokontroller*. Setiap *mikrokontroller* tersebut mempunyai perintah sesuai letak *section* pada *emplasemen*.



Gambar 13. Desain emplasemen

Track side unit meliputi wesel, sinyal, dan pendeteksi. Wesel dalam penelitian ini berfungsi sebagai pengendali untuk mengatur dan mengamankan perjalanan kereta api (gambar 14). Sinyal digunakan untuk mengatur perjalanan kereta api dengan peragaan warna menggunakan LED (gambar 15). Pendekteksi berfungsi untuk mendeteksi keberadaan sarana pada jalur kereta api baik di *emplasemen* maupun dipetak jalan (gambar 16).



(a)



(b)

Gambar 14. Wesel pada posisi lurus (a) dan posisi belok (b)

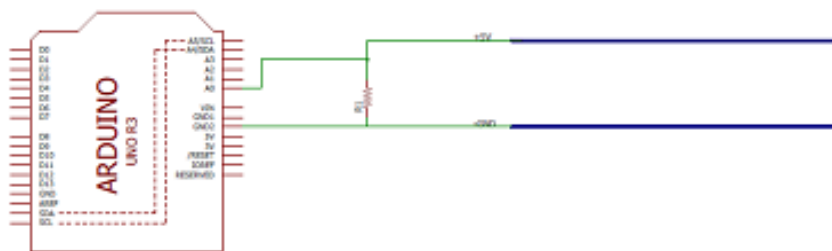


Gambar 15. Sinyal

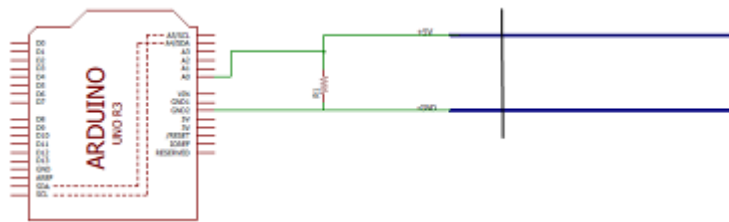


Gambar 16. Pendeteksi pada track

Pendeteksi pada penelitian ini terdapat dua macam yaitu pendeteksi jika tidak terduduki dan pendeteksi jika terduduki. Pendeteksi jika tidak terduduki yaitu rangkaian yang mempunyai logika *high* (1) dimana *input* dari tegangan tersebut mempunyai tegangan 5V dan jika tegangan tersebut masuk pada pin analog maka akan mendeteksi bahwa *track* tersebut tidak terduduki kereta (gambar 17). Pendeteksi terduduki yaitu rangkaian yang mempunyai logika *low* (0) dimana *mikrokontroller* mendeteksi sebuah *track circuit* yang terduduki kereta saat kedua *track* tersebut dilewati oleh roda kereta dan terjadi *short* (gambar 18).



Gambar 17. Pendeteksi jika tidak terduduki



Gambar 18. Pendeteksi jika terduduki

Hasil Pengujian Komunikasi Antara Mikrokontroller dengan Server

Pengujian komunikasi antara *mikrokontroller* dengan *server* menggunakan *ethernet shield*, kabel LAN, dan *port-RJ45*. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan tes ping dari *server* ke *mikrokontroller*. Pengujian tersebut dilakukan ke 12 *mikrokontroller* yang digunakan pada *prototype interlocking base computer*. Dari 12 pengujian, didapatkan hasil bahwa pengujian tersebut berhasil dan dapat digunakan dengan baik (Tabel 2).

Tabel 2 Pengujian mikrokontroller dengan server

No	Mikrokontroller	Keterangan
1	Section 10	Berhasil
2	Section 11	Berhasil
3	Section 12	Berhasil
4	Section 13	Berhasil
5	Section 14	Berhasil
6	Section 20	Berhasil
7	Section 21	Berhasil
8	Section 22	Berhasil
9	Section 23	Berhasil
10	Section 24	Berhasil
11	Section 32	Berhasil
12	Section 42	Berhasil

Berikut ini hasil pengujian dari masing-masing *mikrokontroller* dengan *server* adalah sebagai berikut.

1. *mikrokontroller* pada *section 10* mengatur pendeteksi pada 10AT, 10BT, 10CT dan mengatur sinyal pada MJ10, dan J10;

```
C:\Users\lucky>ping 24.24.24.210

Pinging 24.24.24.210 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.210: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.210: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.210: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.210: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.210:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\lucky>
```

Gambar 19. Hasil ujicoba komunikasi pada section 10

2. *mikrokontroller* pada *section 11* mengatur pendeteksi pada 11T, wesel 11A, wesel 11B, dan 11C;

```
C:\Users\ellon>ping 24.24.24.211

Pinging 24.24.24.211 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.211: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.211: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.211: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.211: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.211:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

Gambar 20. Hasil ujicoba komunikasi pada section 11

3. *mikrokontroller* pada section 12 mengatur pendeteksi pada 12T dan sinyal J12;

```
C:\Users\lucky>ping 24.24.24.212

Pinging 24.24.24.212 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.212: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.212: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.212: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.212: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.212:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

Gambar 21. Hasil ujicoba komunikasi pada section 12

4. *mikrokontroller* pada section 13 mengatur pendeteksi pada 13T dan wesel 11A, 11B, dan 11C;

```
C:\Users\lucky>ping 24.24.24.213

Pinging 24.24.24.213 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.213: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.213: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.213: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.213: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.213:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

Gambar 22. Hasil ujicoba komunikasi pada section 13

5. *mikrokontroller* pada section 14 mengatur pendeteksi pada 14AT, 14BT, 14CT, dan sinyal MJ14;

```
C:\Users\ellon>ping 24.24.24.211

Pinging 24.24.24.211 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.211: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.211: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.211: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.211: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.211:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

Gambar 23. Hasil ujicoba komunikasi pada section 14

6. *mikrokontroller* pada section 20 mengatur pendeteksi pada 20AT, 20BT, 20CT, mengatur sinyal MJ20, dan J20;

```
C:\Users\lucky>ping 24.24.24.220

Pinging 24.24.24.220 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.220: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.220: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.220: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.220: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.220:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\lucky>
```

Gambar 24. Hasil ujicoba komunikasi pada section 20

7. mikrokontroller pada section 21 mengatur pendeteksi pada 21T dan wesel 21A, 21B, dan 21C;

```
C:\Users\lucky>ping 24.24.24.221

Pinging 24.24.24.221 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.221: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.221: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.221: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.221: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.221:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\lucky>
```

Gambar 25. Hasil ujicoba komunikasi pada section 21

8. mikrokontroller pada section 22 mengatur pendeteksi pada 22T dan sinyal pada J22;

```
C:\Users\lucky>ping 24.24.24.222

Pinging 24.24.24.222 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.222: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.222: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.222: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.222: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.222:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\lucky>
```

Gambar 26. Hasil ujicoba komunikasi pada section 22

9. mikrokontroller pada section 23 mengatur pendeteksi 23T, wesel 23A, 23B, dan 23C;

```
C:\Users\lucky>ping 24.24.24.223

Pinging 24.24.24.223 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.223: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.223: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.223: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.223: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.223:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\lucky>
```

Gambar 27. Hasil ujicoba komunikasi pada section 23

10. mikrokontroller pada section 24 mengatur pendeteksi pada 23AT, 24BT, 24CT, sinyal pada J24 dan MJ24;

```
C:\Users\lucky>ping 24.24.24.224

Pinging 24.24.24.224 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.224: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.224: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.224: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.224: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.224:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\lucky>
```

Gambar 28. Hasil ujicoba komunikasi pada section 24

11. mikrokontroller pada section 32 mengatur pendeteksi pada 32T, J32A, dan J32B;

```
C:\Users\lucky>ping 24.24.24.232

Pinging 24.24.24.232 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.232: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.232: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.232: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.232: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.232:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\lucky>
```

Gambar 29. Hasil ujicoba komunikasi pada section 32

12. mikrokontroller pada section 42 mengatur pendeteksi pada 42T, sinyal pada J42A, dan J42B;

```
C:\Users\lucky>ping 24.24.24.242

Pinging 24.24.24.242 with 32 bytes of data:
Reply from 24.24.24.242: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.242: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.242: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 24.24.24.242: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 24.24.24.242:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\lucky>
```

Gambar 30. Hasil ujicoba komunikasi pada section 42

Pengujian fungsi track side unit rute masuk

Rute masuk adalah rute yang dibentuk untuk memasukkan kereta api yang akan berhenti atau langsung pada suatu stasiun. Dari hasil pengujian pada set rute masuk sebanyak 30 kali percobaan menghasilkan 26 rute terbentuk, 4 rute tidak terbentuk, dan persentase rute terbentuk sebesar 86,6%. Hal ini disebabkan karena aspek sinyal tidak berubah, wesel tidak bergerak, dan pendeteksi terduduki oleh sarana lain.

Tabel 3 Pengujian fungsi rute masuk

Uji Coba ke-n	Pembentuk an Rute	Sinyal Muka	Sinyal Masuk	Sinyal Keluar	Wesel	Keterangan
1	J10 - J12	Kuning	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute tidak terbentuk
2	J10 - J12	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
3	J10 - J12	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
4	J10 - J12	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
5	J10 - J12	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
6	J10 - J42B	Kuning	Merah	Merah	Tidak sesuai rute	Rute tidak terbentuk
7	J10 - J42B	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
8	J10 - J42B	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk

Prototype Interlocking Base Computer Pada Perancangan Pengendalian Sistem Track Side Unit Menggunakan Ethernet (Teguh Arifianto, Lucky Isa Mukti, Dara Aulia Feryando, Fathurrozi Winjaya)

Uji Coba ke-n	Pembentukan Rute	Sinyal Muka	Sinyal Masuk	Sinyal Keluar	Wesel	Keterangan
9	J10 - J42B	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
10	J10 - J42B	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
11	J10 - J32B	Hijau	Merah	Merah	Tidak sesuai rute	Rute tidak terbentuk
12	J10 - J32B	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
13	J10 - J32B	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
14	J10 - J32B	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
15	J10 - J32B	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
16	J24 - J22	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
17	J24 - J22	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
18	J24 - J22	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
19	J24 - J22	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
20	J24 - J22	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
21	J24 - J32A	Kuning	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute tidak terbentuk
22	J24 - J32A	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
23	J24 - J32A	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
24	J24 - J32A	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
25	J24 - J32A	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
26	J24 - J42A	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
27	J24 - J42A	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
28	J24 - J42A	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
29	J24 - J42A	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
30	J24 - J42A	Hijau	Kuning	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk

Pengujian fungsi sistem rute langsung

Rute langsung adalah rute yang dibentuk untuk kereta yang hanya melewati suatu stasiun. Pada pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali percobaan set rute pembentukan rel diperoleh 10 kali rute terbentuk dengan presentase 100%. Rute terbentuk dikarenakan aspek sinyal tidak berubah, wesel tidak bergerak, dan pendeteksi terduduki oleh sarana lain.

Tabel 4. Pengujian fungsi rute langsung

Uji Coba ke-n	Pembentukan Rute	Sinyal Muka	Sinyal Masuk	Sinyal Keluar	Wesel	Keterangan
1	J10 rute langsung	Hijau	Hijau	Hijau	Sesuai rute	Rute terbentuk
2	J10 rute langsung	Hijau	Hijau	Hijau	Sesuai rute	Rute terbentuk
3	J10 rute langsung	Hijau	Hijau	Hijau	Sesuai rute	Rute terbentuk
4	J10 rute langsung	Hijau	Hijau	Hijau	Sesuai rute	Rute terbentuk
5	J10 rute langsung	Hijau	Hijau	Hijau	Sesuai rute	Rute terbentuk
6	J24 rute langsung	Hijau	Hijau	Hijau	Sesuai rute	Rute terbentuk
7	J24 rute langsung	Hijau	Hijau	Hijau	Sesuai rute	Rute terbentuk
8	J24 rute langsung	Hijau	Hijau	Hijau	Sesuai rute	Rute terbentuk
9	J24 rute langsung	Hijau	Hijau	Hijau	Sesuai	Rute terbentuk

Uji Coba ke-n	Pembentukan Rute	Sinyal Muka	Sinyal Masuk	Sinyal Keluar	Wesel	Keterangan
10	J24 rute langsung	Hijau	Hijau	Hijau	rute Sesuai rute	Rute terbentuk

Pengujian fungsi sistem rute masuk jalur kiri

Rute masuk jalur kiri adalah kereta berjalan pada jalur kiri dikarenakan ada suatu masalah tertentu seperti terdapat gangguan pada lintas dan adanya perbaikan lintas. Dari hasil pengujian sebanyak 30 kali percobaan diperoleh 27 kali rute terbentuk, 3 kali rute tidak terbentuk, dan presentase sebesar 90% rute terbentuk. Rute tidak terbentuk dikarenakan aspek sinyal tidak berubah, wesel tidak bergerak, dan pendeteksi terduduki oleh sarana lain.

Tabel 3. Pengujian fungsi rute masuk

Uji Coba ke-n	Pembentuk an Rute	Sinyal Muka	Sinyal Masuk	Sinyal Keluar	Wesel	Keterangan
1	J20 - J12	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
2	J20 - J12	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
3	J20 - J12	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
4	J20 - J12	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
5	J20 - J12	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
6	J20 - J32B	Mati	Merah	Merah	Tidak sesuai rute	Rute tidak terbentuk
7	J20 - J32B	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
8	J20 - J32B	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
9	J20 - J32B	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
10	J20 - J32B	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
11	J20 - J42B	Mati	Merah	Merah	Tidak sesuai rute	Rute tidak terbentuk
12	J20 - J42B	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
13	J20 - J42B	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
14	J20 - J42B	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
15	J20 - J42B	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
16	J14 - J22	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
17	J14 - J22	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
18	J14 - J22	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
19	J14 - J22	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
20	J14 - J22	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
21	J14 - J32A	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
22	J14 - J32A	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
23	J14 - J32A	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
24	J14 - J32A	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
25	J14 - J32A	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
26	J14 - J42A	Mati	Merah	Merah	Tidak sesuai rute	Rute tidak terbentuk
27	J14 - J42A	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
28	J14 - J42A	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
29	J14 - J42A	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk
30	J14 - J42A	Menyala	Merah	Merah	Sesuai rute	Rute terbentuk

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

Prototype Interlocking Base Computer Pada Perancangan Pengendalian Sistem Track Side Unit Menggunakan Ethernet (Teguh Arifianto, Lucky Isa Mukti, Dara Aulia Feryando, Fathurrozi Winjaya)

1. Perancangan *track side unit* pada *prototype interlocking base computer* dapat menggunakan *arduino uno Atmega328* yang terhubung dengan *ethernet shield*
2. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan antara *mikrokontroller* dengan *server* menggunakan kabel LAN dan *port RJ45*
3. Komunikasi antara *mikrokontroller* dengan *server* menghasilkan waktu kurang dari satu detik
4. Hasil percobaan rute masuk menghasilkan persentase 86,6% rute yang terbentuk
5. Hasil percobaan rute langsung menghasilkan persentase 100% rute yang terbentuk
6. Hasil percobaan rute jalur kiri menghasilkan persentase 90% rute yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007, *Perkeretaapian*, 25 April 2007, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 65, Jakarta.
- [2] B. B. Pratama, D. T. Istantara, B. Gunari, dan T. Arifianto, "Sistem *Security Jaringan Ethernet* pada *Prototype Stasiun Kereta Api* yang Terintegrasi dengan *Interlocking*", *Jurnal MNEMONIC*, Vol.3, No.2, Pp.30-36, 2020. Available: <https://doi.org/10.36040/mnemonic.v3i2.2819>
- [3] H. Andrianto dan A. Darmawan, *Arduino; Belajar Cepat dan Pemrograman*, 2015, Penerbit INFORMATIKA, Bandung.
- [4] I. Kholilah dan A. R. A. Tahtawi, "Aplikasi *Arduino-Android* untuk Sistem Keamanan Sepeda Motor", *JTERA – Jurnal Teknologi Rekayasa*, Vol.1, No.1, Pp.53-58, 2016. Available: <http://dx.doi.org/10.31544/jtera.v1.i1.2016.53-58>
- [5] T. Arifianto, D. B. Setyawan, dan Sunaryo, "Penggunaan *RFID (Radio Frequency Identification)* CT-1809 Untuk *Prototype* Pendeteksi Sarana Berbasis *Arduino Uno*", *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, Vol.03, No.02, Pp.71-80, 2021. Available: <https://doi.org/10.20895/jtece.v3i2.328>
- [6] K. Nugroho dan A. Y. Kurniawan, "Uji Performansi Jaringan Menggunakan Kabel *UTP* dan *STP*", *Jurnal ELKOMNIKA*, Vol.5, No.1, Pp.48-59, 2017. Available: <https://doi.org/10.26760/elkomika.v5i1.48>
- [7] P. Rajaguguk, Hardani, Susanti, dan B. Haryono, "Tinjauan Pelaksanaan Administrasi Persediaan Barang pada PT. Maxindo Mitra Solusi Jakarta", *Jurnal AKRAB JUARA*, Vol.5, No.2, Pp.195-208, 2020. Available: <https://akrabjuara.com/index.php/akrabjuara/article/view/1038>
- [8] Sukatmi, "Membangun Jaringan *VLAN* di *SMA Negeri 1 Gading Rejo* Menggunakan Router *CISCO Seri 2901*", *Jurnal Cendikia*, Vol.12, No.1, Pp.47-53, 2016. Available: <https://jurnal.dcc.ac.id/index.php/JC/article/view/90>
- [9] M. Natsir, D. B. Rendra, A. D. Y. Anggara, "Implementasi *IoT* Untuk Sistem Kendali *AC Otomatis* pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya", *Jurnal PROSISKO*, Vol.6, No.1, Pp.69-72, 2019. Available: <https://e-jurnal.lppmunsera.org/index.php/PROSISKO/article/view/1128>
- [10] I. Sofiana, *Membangun Jaringan Komputer*, 2008, Penerbit INFORMATIKA, Bandung.