

## **Implementasi Optocoupler PC817 dan Relay Sebagai I/O Sistem Remote Reset AXLE Couter AZ S 350 U Menggunakan STM32F103C8T6 dengan Ethernet Client untuk Hubungan Stasiun Weleri-Krengseng**

Sasky Oktafian Nabilla<sup>1\*)</sup>, Eko Ariyanto<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Program Studi D-III Teknik Elektro, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>\*)</sup>Korespondensi : kolunan\_04@yahoo.co.id

### **Abstrak**

Dalam kasus *error counting* (kegagalan perhitungan gandar kereta api) sistem *axle counter* Az S 350 U, diperlukan adanya *reset* untuk menormalkan kembali sistem, sehingga *track* dapat dilintasi kembali. Akan tetapi, *reset* hanya dapat dilakukan dari stasiun tempat terjadinya *error counting* tersebut, sehingga muncul permasalahan adanya ketidakefisienan waktu, karena mengharuskan petugas datang ke stasiun terkait, dan total waktu *reset* yang diperlukan  $\pm 30$  menit. Oleh karena itu diperlukan alat yang dapat membuat kendali *reset* dari jarak jauh (*remote reset*). Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan pendekatan kualitatif, dan model pengembangan perangkat lunaknya menggunakan model realisasi, pada studi kasus hubungan Stasiun Weleri-Krengseng. Sistem yang dirancang terdiri dari 2 buah alat, yaitu *client* pada Stasiun Krengseng, dan *server* pada Stasiun Weleri, dengan masing-masing controller yang digunakan adalah STM32F103C8T6. Alat pada Stasiun Krengseng (*client*) dirancang untuk mendeteksi kondisi *axle counter* terhadap *track* menggunakan optocoupler PC817, dan hasilnya akan dikirimkan kepada *server* sebagai *input* dari sistem *remote reset*. Selain itu, *client* juga melakukan melakukan fungsi *reset* menggunakan relay, dengan mempertimbangkan *command reset* (*output* sistem *remote reset*) dari *server*, yang dikirimkan melalui jaringan LAN (*Local Area Network*) dan media transmisi fiber optik. Dengan adanya alat ini, kondisi *axle counter* terhadap *track* pada Stasiun Krengseng dapat terpantau oleh Stasiun Weleri, dan Stasiun Weleri dapat melakukan *remote reset* terhadap *axle counter* Stasin Krengseng, dengan total waktu reset yang diperlukan adalah  $< 3$  detik, dengan waktu  $< 1$  detik untuk relay *reset* me-respond *command reset* dari *server*.

**Kata Kunci :** Sistem Axle Counter Az S 350 U, Error Counting, Remote Reset, I/O Remote Reset

### **Abstract**

In this paper explain about client as I/O in the axle counter Az S 350 U remote reset system. In the case of error counting (failure of railway axle calculation) Az S 350 U axle counter system, a reset is required to normalize the system, so that the track can be crossed again. However, the reset can only be done from the station where the error counting occurs, so there is a problem of time inefficiencies, because it requires officers to come to the relevant station, and the total reset time required  $\pm 30$  minutes. Therefore, a tool is needed that can create remote reset. The research method used is a descriptive method with a qualitative approach, and the software development model uses a realization model, in the case study of the Weleri-Krengseng Station relationship. The system consists of two tools, the client at Krengseng Station, and the server at Weleri Station, with each controller being STM32F103C8T6. The tool at Krengseng Station (client) is designed to detect the condition of the axle counter against the track using the PC817 optocoupler, and the results will be sent to the server as input from the remote reset system. In addition, the client also performs the reset function using relay, taking into account the command reset (remote system output reset) of the server, which is delivered over a LAN (Local Area Network) and FO transmission media. With this tool, the condition of the axle counter to the track at Krengseng Station can be monitored by Weleri Station, and Weleri Station can perform a remote reset of the Stasin Krengseng axle counter, with the total reset time required is  $< 3$  seconds, with a time of  $< 1$  second for the reset relay respond command reset from the server.

**Keywords :** Axle Counter Az S 350 U System, Error Counting, Remote Reset, I/O Remote Reset

---

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Salah satu prasarana operasi kereta api adalah pendeteksi gandarkereta api atau *axle counter* yang berfungsi untuk menghitung jumlah gandar kereta api. Sistem *axle counter* yang digunakan merupakan *axlecounter* siemens Az S 350 U. Sistem *axle counter* terdiri dari *evaluator* yang secara fisik di-*assembling* menyatu dengan *interlocking rack*. Karena sistem *axle counter* terhubung dengan sistem *interlocking*, maka sebuah *axle counter* akan terhubung antar stasiun satu dengan yang lain. Sehingga, apabila terjadi *errorcounting* atau kegagalan perhitungan gandar kereta api oleh sistem *axle counter*, akan berpengaruh pada kondisi *track*, dan gangguan perjalanan kereta api dari stasiun satu ke stasiun lainnya. Dalam kasus *error counting*, petugas harus melakukan tindakan *reset*, sebagai bentuk pemulihan kembali kondisi *axle counter* dari *error counting*. *Reset* hanya dapat dilakukan dari stasiun tempat terjadinya *error counting* tersebut, dan mengharuskan petugas mendatangi stasiun tempat terjadinya *track error* akibat kondisi *error counting* pada *axle counter*, apabila petugas tidak pada stasiun tersebut. Dengan prosedur reset demikian, muncul permasalahan adanya ketidakefisienan waktu. Sehingga diperlukan inovasi yang dapat membuat kendali *reset* dari jarak jauh (*remote reset*), yang dapat menjangkau semua kondisi *track* dalam suatu stasiun, serta antara stasiun tersebut dan stasiun pusat resor suatu wilayah terhubung satu sama lain, dengan studi kasus hubungan Stasiun Weleri-Krengseng. Sistem *remote reset* ini terdiri dari 2 alat, yaitu *client* (Stasiun Krengseng) dan *server* (Stasiun Weleri), yang mana antara *client* dan *server* dapat mengirim dan menerima data melalui komunikasi SPI pada ethernet, dengan menggunakan LAN (*Local Area Network*). *Client* terhubung langsung dengan 2 variabel *error counting* (relay QNN1 dan LED RR), dan *button reset* (AzGrT), sehingga saat terjadi perubahan kondisi pada 2 variabel *error counting* tersebut, *client* dapat melakukan analisis perubahan kondisi 2 variabel *error counting* terhadap kondisi *track*, dan mengirimkannya sebagai *input* sistem *remote reset axle counter*, juga menerima *command reset server* untuk pemulihan kondisi *axle counter*.

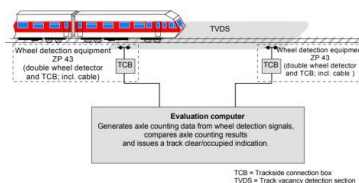
### B. Batasan Masalah

1. Optocoupler PC817 sebagai saklar pendeteksi kondisi level tegangan pada 2 variabel *error counter* (relay QNN1 dan LED RR).
2. Relay 5 Volt digunakan sebagai saklar yang melakukan fungsi *reset* pada *axle counter* melalui kontak relay yang terhubung dengan AzGrT.
3. Ethernet *client* yang difungsikan untuk mengirim *input* ke *server*, dan menerima *output* dari *server* dengan *controller* STM32F103C8T6.
4. *Pilot lamp* dan *buzzer lamp* sebagai indikator dan *alarm* kondisi hubungan *client* dan *server*, juga sebagai *alarm* kondisi *track*.
5. LCD PC16x4 untuk menampilkan hasil kondisi *track* dari perubahan kondisi 2 variabel *error counting*.

Uji coba alat dalam hubungan Stasiun Weleri-Krengseng, dengan total 6 *track*, masing-masing terdapat 3 *track* untuk jalur barat (14AT, 14BT, dan 14CT), dan 3 *track* untuk jalur timur (44AT, 44BT, dan 44CT).

### C. Landasan Teori

Sistem penghitungan gandar kereta api didasarkan pada prinsip yang diilustrasikan di bawah ini :



Gambar 1 Prinsip kerja *axle counter* siemens Az S 350 U

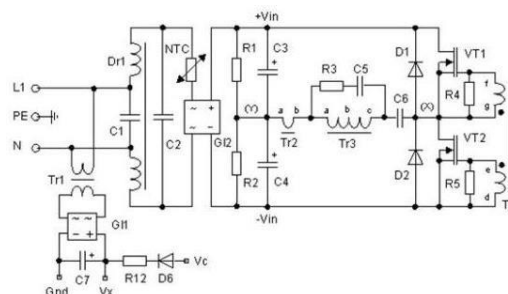
Pada setiap ujung awal dan akhir dari setiap petak jalan ada sebuah *counting head*. *Axle counter* sendiri dibangun dari WDE (*Wheel Detection Equipments*) yang terdiri dari *counting head* dan TCB (*Trackside Connection Box*) yang terletak disamping rel kereta api, serta komputer evaluasi (*evaluator*) yang terletak didalam ACR (*Axle Counter Rack*). CH (*Counting head*) pada *axle counter* Siemens Az S 350

**Implementasi Optocoupler PC817 dan Relay Sebagai I/O Sistem Remote Reset AXLE Couter AZ S 350 U Menggunakan STM32F103C8T6 dengan Ethernet Client untuk Hubungan Stasiun Weleri-Krengseng**  
(Sasky Oktafian Nabilla, Eko Ariyanto, : Halaman 63-79)

U berjenis *wheel sensor*, memanfaatkan perubahan medan elektromagnetik untuk mendeteksi gandar kereta api diatas permukaan rel, dengan maksimum nilai kecepatan kereta yang dapat terdeteksi adalah 400 Km/Jam, dan diameter gandar  $d \geq 865 \text{ mm}$  [4]. Sinyal hasil deteksi dari *counting head* akan diolah oleh TCB untuk menghilangkan *noise* yang mungkin timbul akibat panjang kabel transmisi dari *counting head* ke TCB, hingga menjadi sinyal bebas gangguan. Sinyal bebas gangguan tersebut kemudian akan dikirimkan ke *evaluator* untuk ditentukan status *clear*, *occupied*, atau *error counting* [1].

*Axle counter* bekerja dengan cara menghitung jumlah gandar (*axle*) kereta api yang masuk *track section* tertentu, dan membandingkan-nya dengan jumlah gandar (*axle*) roda kereta api yang meninggalkan *track section* tersebut sesuai arah dari perjalanan, dengan suatu sistem pendeteksi elektronik roda ganda (*an electronic double wheel-detectors system*). Apabila jumlah gandar yang masuk terhitung lebih besar dari pada jumlah gandar yang keluar, maka *track section* dinyatakan terduduki (*occupied*). Sedangkan saat jumlah gandar yang masuk terhitung sama dengan jumlah gandar yang keluar maka *track section* dinyatakan *clear*. Lalu jika gandar yang keluar dari *track section* terhitung lebih besar daripada jumlah gandar yang masuk, dapat dipastikan sistem mengalami gangguan perhitungan gandar kereta api *error counting* [2]. Ketiga kondisi track tersebut dapat diketahui melalui pemantauan perubahan kondisi level tegangan 2 variabel *error counting* (relay QNN1 dan LED RR) pada ACR (*Axle Counter Rack*).

**Komponen Utama Adaptor**

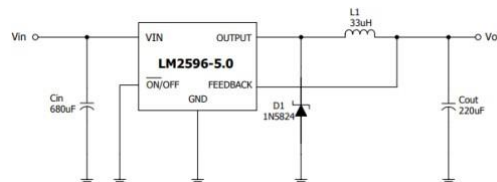


Gambar 2 Rangkaian Adaptor

Pada dasarnya adaptor merupakan termasuk ke dalam jenis *power supply switching*. Adaptor bekerja dengan mengubah tegangan 220 VAC dari PLN menjadi tegangan DC pada nilai tertentu. Disini penulis menggunakan adaptor dengan nilai tegangan *output* 24 Volt, 1A. Penggunaan adaptor oleh penulis sendiri difungsikan untuk memberikan supply tegangan pada *pilot lamp* dan *buzzer lamp*.

Adaptor akan terlebih dahulu mendapatkan sumber tegangan dari PLN 220 VAC, yang kemudian nilai tegangan ini akan masuk ke blok *unregulated* (dioda kiprox dan elco), di blok ini tegangan AC dirubah menjadi tegangan DC yang kemudian tegangan masuk ke blok *switching* (dapat berupa IC, transistor, mosfet). Setelah itu tegangan masuk ke bagian *inverter* (trafo inti ferrit), pada bagian ini akan kembali terjadi perubahan tegangan yang tadinya sudah tegangan DC diubah kembali menjadi tegangan AC, tetapi tegangan AC yang dihasilkan pada blok ini memiliki sifat yang berbeda dari tegangan AC sumber. Tegangan AC yang dihasilkan dari blok *inverter* kemudian masuk ke blok *regulated* (dioda *half wave*, penyearah dan elco), di blok ini akan kembali terjadi perubahan tegangan yang tadinya tegangan AC akan berubah menjadi tegangan DC. Tegangan ini kemudian baru masuk ke beban dan ada jugayang masuk ke blok komparator (bagian ini berupa IC dimana IC ini masih terletak satu bagian dengan bagian *power supply switching*). Dengan kerja tersebut, rangkaian *power supply switching* (adaptor) terbagi kedalam setiap bagian yang berbeda sesuai fungsi dari setiap komponen yang digunakan [3].

### Step Down DC-DC Converter



Gambar 3 Step down DC-DC converter 5 Volt

*Step down DC-DC converter* merupakan rangkaian yang berfungsi untuk menurunkan tegangan DC atau mengatur nilai tegangan *input* untuk menjadi tegangan dengan nilai yang sesuai dengan kebutuhan tegangan sistem. Rangkaian *step down DC-DC converter* terdiri dari IC LM2596, kapasitor, dan dioda SMD SS34 atau dioda *schottky* 1N5822.

Kapasitor pada rangkain di atas difungsikan sebagai *filtering capacitor* untuk mengurangi *ripple* dari tegangan *input* DC, dan sebagai penyimpan tegangan. Dioda *schottky* difungsikan sebagai pengkondisi sinyal dan *switching*, dengan nilai frekuensi *switching* yang dimiliki dioda *schottky* lebih besar dari dioda biasa, yaitu 150 KHz (*datasheet* dioda 1N5822). Sedangkan induktor difungsikan sebagai penyimpan energi pada medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melintasinya, dan membawanya pada kapasitor untuk menyimpan tegangan sebelum didistribusikan sebagai tegangan *input* pada sistem selanjutnya.

### STM32F103C8T6



Gambar 4 STM32F103C8T6

STM32F103C8T6 *bluepill Controller* yang digunakan *client* adalah STM32F103C8T6 *bluepill*. Mikrokontroler tersebut bersifat *open source* sehingga memudahkan pengguna dalam mengembangkan program, yang mana Dalam proses *programming*-nya, STM32F10C8T6 membutuhkan USB to TTL sebagai alat untuk berkomunikasi dengan perangkat eksternal. Mikrokontroler ini dapat beroperasi secara normal dengan level tegangan 3,3 Volt sampai dengan 5 Volt[4].

STM32F103C8T6 mengolah data *input* optocoupler *track* dan indikasi hasil pendeteksian level tegangan pada 2 variabel error counting (relay QNN1 dan LED RR), kemudian mengidentifikasinya sebagai data kondisi *track*, selain itu STM32F103C8T6 juga bertugas memberikan perintah pada perangkat *output* (*pilot lamp*, *buzzer lamp*, LCD, dan relay reset).

### WIZnet W5500 Ethernet Module



Gambar 5 WIZnet W5500 ethernet module

Media komunikasi yang digunakan oleh penulis dalam membangun komunikasi antara client dan server adalah WIZnet W5500 ethernet module. WIZnet W5500 *ethernet module* adalah sebuah *modul stand-alone ethernet controller* berbasis Microchip WIZnet W5500 yang berfungsi sebagai antarmuka dari serial SPI ke Ethernet. Modul ini memiliki kristal 25 MHz dengan ethernet RJ45 Jack HR911105A dan LED terintegrasi. WIZnet W5500 menggunakan metode transmisi *baseband* yang mentransmisikan sinyal secara serial 1 bit pada satu waktu[5].

---

### **FRM220-10/100I Media Converter**



Gambar 6 FRM220-10/100I media converter

Karena jarak antara client dan server  $\pm 10$  Km, maka diperlukan tambahan media transmisi fiber optik dalam proses komunikasi data I/O. Output sinyal yang dihasilkan dari media komunikasi adalah dalam bentuk sinyal digital elektrik, sehingga untuk memenuhi syarat melakukan transmisi dalam fiber optik, diperlukan media konverter yang dapat melakukan konversi sinyaldigital elektrik menjadi sinyal optik. Media konverter yang digunakan oleh penulis adalah CTC Union FRM220- 10/100I.

CTC Union FRM220-10/100I merupakan *fiber optical mediaconverter*, atau media konverter yang berfungsi mengkonversikan sinyal listrik dari kabel UTP/STP menjadi sinyal optik yang dapat ditransmisi-kan ke dalam fiber optik, dan sebaliknya. CTC Union FRM220-10/100I memiliki pengertian *10/100Base-TX to 100Base-FX In- band managed converter card*, yang dengan kemampuannya yang dapat melakukan konversi 10/100Base-TX ethernet menjadi 100Base-FX (*Fast Fiber*, 100Mbps) *converter* dengan maksimum nilai *transmission of ethernet* hingga 2046Byte untuk 1 kali transmisi[6].

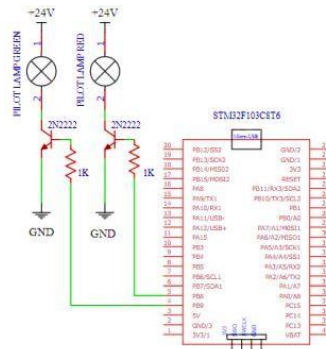
### **Fiber Optik**



Gambar 7 Fiber Optik

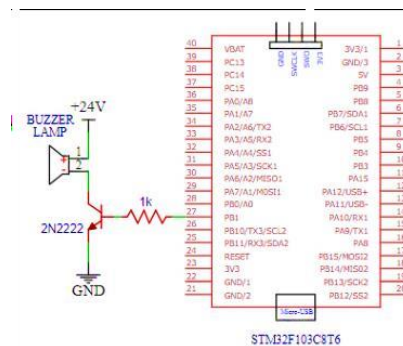
Fiber optik atau serat optik adalah alat optik yang berguna untuk mentransmisikan informasi melalui media cahaya. Teknologi ini melakukan perubahan sinyal listrik ke dalam sinyal cahaya yang kemudian disalurkan melalui seratoptik dan selanjutnya di konversikembali menjadi sinyal listrik pada bagian penerima[7].

**Rangkaian Pilot Lamp** Rangkaian *pilot lamp* terdiri dari *pilot lamp green* dan *red*, serta rangkaian transistor sebagai penguat. *Pilot lamp* sebagai indikator ini menggunakan tegangan 24 Volt sebagai sumber tegangan. *Pilot lamp green* berfungsi sebagai indikator keberhasilan konektivitas antara client dan server (*online*), sedangkan *pilotlamp merah* berfungsi sebagai indakator kegagalan konektivitas antara client dan server (*offline*).



Gambar 8 Rangkaian *Pilot Lamp*

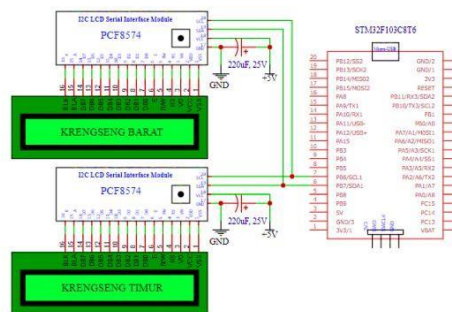
**Rangkaian *Buzzer Lamp***



Gambar 9 Rangkaian *buzzer lamp*

Rangkaian *buzzer lamp* terdiri dari *buzzer lamp*, transistor sebagai penguat tegangan, dan dioda 1N4007 sebagai pengaman *buzzer lamp*. *Buzzer lamp* sebagai indikator ini menggunakan tegangan 24 Volt sebagai sumber tegangan. *Buzzer lamp* akan ON selama 2000ms saat *client* dan *server* dalam kondisi *online* (konektivitas berhasil), dan adanya kondisi terduduki pada *track* Stasiun Krengseng. Sedangkan *buzzer lamp* akan ON secara *continue* saat terjadi kondisi *error counting* pada *axle counter* Stasiun Krengseng, yang menyebabkan *track* menjadi *error*.

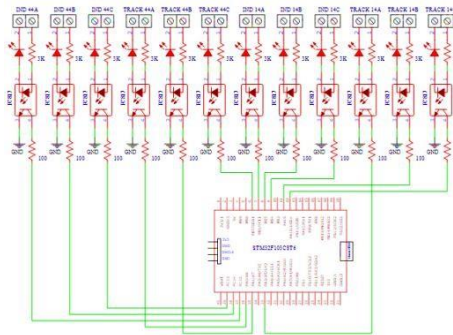
**Rangkaian LCD I<sup>2</sup>C 16x2**



Gambar 10 Rangkaian LCD I<sup>2</sup>C 16x2

Rangkaian LCD I<sup>2</sup>C 16x2 terdiri dari LCD 16x2, modul I<sup>2</sup>C PCF8574, dan kapasitor dengan nilai 220uF, 25 Volt yang berfungsi sebagai penyimpan tegangan. Penggunaan modul I<sup>2</sup>C PCF8574 ini bertujuan untuk memperkecil jumlah *wiring* yang terhubung dengan mikrokontroler STM32F103C8T6 yang digunakan penulis, juga penyusunan kedua LCD secara paralel membuat pin yang terhubung pada STM32F103C8T6 lebih sedikit untuk jalur SDA dan SCL. LCD I<sup>2</sup>C 16x2 ini digunakan penulis sebagai *monitor* yang akan menampilkan kondisi *track* hasil analisis dari perubahan kondisi tegangan 2 variabel *error counting* yang terdeteksi oleh optocoupler PC817.

### Rangkaian Optocoupler PC817

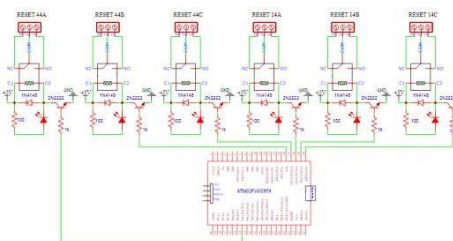


Gambar 11 Rangkaian optocoupler

Rangkaian optocoupler *track* terdiri dari optocoupler PC817, resistor, dan LED. Pada proses pemasangannya, optocoupler yang berfungsi sebagai *input* sistem *remoterreset axle counter*, akan terhubung dengan 2 variabel *error counting* (relay QNN1 dan LED RR) melalui terminal mokau pada ACR (*Axle Counter Rack*). Dengan proses pemasangan tersebut, maka terdapat 2 fungsi optocoupler yang dalam rangkaian alat yang dibuat penulis, yaitu sebagai pendeteksi nilai tegangan pada relay QNN1 (optocoupler *track*), dan pendeteksi nilai tegangan pada LED RR (optocoupler indikasi).

Hasil pendeteksian optocoupler akan digunakan untuk menentukan kondisi *axle counter* terhadap *track*. Terdapat 3 jenis kondisi *axle counter* terhadap *track*, yaitu pertama kondisi *track clear*, yang dihasilkan karena *axle counter* mendeteksi bahwa tidak ada gandar yang melintasi *track* tersebut, dimana optocoupler *track* mendeteksi nilai tegangan 24 Volt dari relay QNN1 dan optocoupler indikasi mendeteksi nilai tegangan 0 Volt pada LED RR. Kedua, kondisi *track* terduduki, yang dihasilkan karena *axle counter* mendeteksi adanya gandar yang melintas *track* tersebut, dimana optocoupler *track* mendeteksi nilai tegangan 0 Volt dari relay QNN1 dan optocoupler indikasi mendeteksi nilai tegangan 0 Volt pada LED RR. Terakhir, kondisi *track error*, yang dihasilkan karena adanya kondisi *error counting* (kegagalan perhitungan) pada *axle counter*, di mana optocoupler *track* mendeteksi nilai tegangan 0 Volt dari relay QNN1 dan optocoupler indikasi mendeteksi nilai tegangan 24 Volt pada LED RR.

### Rangkaian Relay



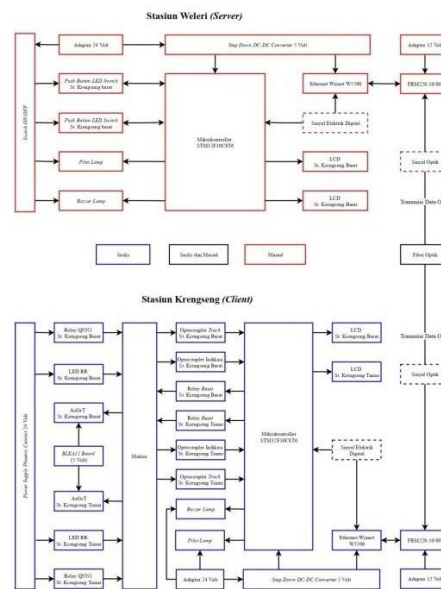
Gambar 12 Rangkaian Relay

Rangkaian relay terdiri dari relay 5 Volt, *driver* relay, dioda 1N4148 yang terhubung langsung dengan *coil* dan LED indikator. Penambahan rangkaian *driver* relay dibutuhkan karena arus yang dibutuhkan untuk membuat relay dapat menggerakkan beban 5 Volt adalah sebesar 89,3 mA, sedangkan arus *output* dari STM32F103C8T6 adalah 18,7 mA, maka penambahan *driver* relay akan menguatkan *output* mikro kontroler agar sesuai dengan kebutuhan *coil* relay. Pada proses pemasangannya, relay sebagai output sistem remote reset axle counter, akan terhubung dengan *button reset* (AzGrT) melalui terminal mokau pada ACR (*Axle Counter Rack*). Relay akan mendapat *high logic trigger*, saat alat pada Stasiun Krengseng (*client*) menerima *command reset* dari *server*, sebagai bentuk pemulihan kembali *axle counter* dari kondisi *error counting*.

**II. METODE**

Salah satu contoh perkembangan teknologi dalam sistem pensinyalan di Indonesia adalah penggunaan fasilitas pendeteksi pada jalur rel berupa *axle counter* dan *track circuit* yang digunakan untuk mendeteksi ada atau tidaknya fasilitas kereta api di jalur kereta api[8]. Tujuan dari alat ini adalah dapat melakukan pemantauan kondisi-kondisi *axle counter* terhadap *track* pada Stasiun Krengseng secara *real time* dari Stasiun Weleri sebagai stasiun pusat resor 4.4, juga dapat melakukan reset dari jarak jauh. Secara konsep, alat ini dirancang sebagai I/O dalam sistem *remote reset axle counter*, yang akan terpasang pada Stasiun Krengseng. Alat ini akan terhubung dengan 2 variabel *error counting* (relay QNN1 dan LED RR), dan *button reset* (AzGrT) melalui terminal mokau pada ACR (*Axle Counter Rack*). Terhubungnya alat dengan 2 variabel *error counting* berfungsi untuk mendapat informasi kondisi *axle counter* terhadap *track*, yang kemudian kondisi tersebut akan dikirimkan kepada *server* sebagai input sistem *remote reset axle counter*. Saat *server* menerima adanya kondisi *error counting* yang menyebabkan *track* menjadi *error*, dan tidak dapat dilintasi, maka *server* akan mengirimkan *command reset* kepada *client*, yang kemudian disebut sebagai *output* sistem *remote reset axle counter*. *Command reset* yang diterima oleh *client*, kemudian akan membuat kondisi relay berubah dari NC menjadi NO, begitu juga dengan kondisi pada *button reset* (AzGrT). Saat *reset* berhasil dilakukan, *axle counter* dapat bekerja normal, *track* dapat dilintasi kembali oleh kereta api, dan informasi ini akan dikirimkan kepada *server*.

**Blok Diagram**



Gambar 12 Blok diagram alat

Bagian-bagian blok diagram tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Pada *client*, digunakan sumber tegangan dari adaptor 24 Volt untuk memberikan *supply* tegangan pada *pilot lamp* dan *buzzer lamp*, sedangkan komponen yang lainnya menggunakan sumber tegangan 5Volt dari hasil konversi tegangan 24 Volt ke 5 Volt *step down DC- DC converter*.
2. *Pilot lamp*, *buzzer lamp*, dan LCD merupakan output dari alat pada Stasiun Krengseng (*client*), dimana *pilot lamp* dan *buzzer lamp* digunakan sebagai indikator kondisi konektivitas antara *client* dan *server*, juga *buzzer lamp* digunakan sebagai indikator kondisi *track*, sedangkan LCD digunakan untuk menampilkan hasil monitoring kondisi *axle counter* terhadap *track* pada Stasiun Krengseng.
3. Kerja dari *client* diawali dari pendeteksian kondisi level tegangan pada relay QNN1 dan LED RR dengan menggunakan optocoupler PC817.
4. Optocoupler PC817 difungsikan sebagai *input* dari sistem *remote reset axle counter* Az S 350 U terhubung langsung dengan 2 variabel *error counting* (relay QNN1 dan LED RR), dan *button reset* (AzGrT) melalui mokau.

**Implementasi Optocoupler PC817 dan Relay Sebagai I/O Sistem Remote Reset AXLE Couter AZ S 350 U Menggunakan STM32F103C8T6 dengan Ethernet Client untuk Hubungan Stasiun Weleri-Krengseng**  
**(Sasky Oktafian Nabilla, Eko Ariyanto, : Halaman 63-79)**

5. Dua variabel *error counting* tersebut mendapat *supply* tegangan 24 Volt dari *powersupply phoenix contact* yang ada pada ACR (*Axle Counter Rack*), sedangkan button reset (*AzGrT*) mendapatkan *supply* tegangan 5Volt dari *BLEA12 board*.
6. Optocoupler *track* akan mendeteksi kondisi level tegangan pada relay QNN1, dan optocoupler indikasi akan mendeteksi kondisi leveltegangan pada LED RR.
7. Hasil pendeteksian tegangan olehkedua optocoupler tersebut kemudian akan dianalisis untuk ditentukan kondisi pada *axle counter*, dan *display LCD* akanmenampilkan hasil analisis perubahan kondisi tegangan pada 2 variabel *error counting* terhadap kondisi *track*.
8. Hasil analisis tersebut kemudian juga akan dikirimkan *client* untuk *server* melalui media komunikasi dan transmisi.
9. Sebelum ditansmisikan, *output* dari mikrokontroler yang berupa sinyal elektrik digital akan dikonversikan menjadi sinyal optik dengan FRM220-10/100I (FRM220-10/100I mendapat tegangan 12 Volt dari adaptor).
10. Sinyal optik hasil dari konversiakan ditransmisikan melalui seratoptik sebagai data optik hasil deteksi kondisi *track* oleh *axle counter*.
11. Apabila hasil analisis menyebutkan terjadi kondisi *error track* akibat *error counting*,maka *server* akan mengirimkan *command reset* untuk pemulihan kondisi *axle counter*.
12. *Command reset* akan diterimalangsung oleh relay, kemudian kontak NO dan COM relay yang terhubung dengan *AzGrT* akan menghasilkan kondisi *normally close*.
13. Saat *reset axle counter* berhasil, kondisi level tegangan pada relayQNN1 dan LED RR kembali normal pada level tegangan 24 Volt dan 0 Volt.
14. Hasil keberhasilan *reset* membuat *track* dalam kondisi *clear* karena kondisi *axle counter* kembali normal, dan informasi ini akan dikirimkan kembali untuk *server*,sebagai data kondisi normal *axle counter*.

**Cara Kerja Alat**

Tabel 1 Kondisi *input* sistem *remote reset axle counter* Az S 350 U

No.	Level Tegangan Relay QNN1	Logika Optocoupler Track	Logika Optocoupler Indikasi	Level Tegangan LED RR	Status	Buzzer Lamp	Display LCD
1.	24 Volt	Low	High	0 Volt	Clear	OFF	"Track Clear"
2.	0 Volt	High	High	0 Volt	Terduduki	ON 2000 ms	"Track Terduduki"
3.	0 Volt	High	Low	24 Volt	Error	ON	"Track Error"
4.	24 Volt	Low	Low	24 Volt	Kondisi tidak mungkin terjadi		

Tabel 2 Kondisi indikator konektivitas *client* dan *server*

No.	Status	Pilot Lamp Green	Pilot Lamp Red	Buzzer Lamp
1.	<i>Offline</i>	OFF	ON	OFF
2.	<i>Online</i>	ON	OFF	ON 2000 ms

Kerja alat pada Stasiun Krengseng (*client*) dan Stasiun Weleri diawali dengan pemberian tegangan 24 Volt dari adaptor 24/10 untuk rangkaian.Tegangan 24 Volt dimanfaatkan untuk *supply* tegangan pada kedua *pilot lamp* (*red* dan *green*), dan *buzzer lamp*, sedangkan komponen lainnya menggunakan *supply*

tegangan 5 Volt dari *step down DC- DC converter*, termasuk *controller* (STM32F103C8T6) dan media komunikasi (WIZnet W5500 *ethernet module*).

Kerja dari alat pertama kali adalah membentuk konektivitas antara *client* dan *server* untuk proses komunikasi data. Terdapat 2 jenis status yang dihasilkan dari hasil kondisi konektivitas antara *client* dan *server*, yaitu status *offline* dan *online*. *Client* dan *server* dikatakan dalam status *offline*, saat kedua alat tersebut dalam kondisi tidak terhubung satu sama lain (konektivitas gagal), LCD pada *client* dan *server* akan menampilkan *display* “Offline” dan *pilot lamp red ON*, sebagai tanda tidak terhubungnya kedua alat tersebut (*disconnected*). Sedangkan alat dapat dikatakan dalam status *online*, saat kedua alat tersebut dalam kondisi terhubung satu sama lain (konektivitas berhasil), LCD pada *client* dan *server* akan menampilkan *display* “Online”, dan indikator keberhasilan konektivitas *client* dan *server* mendapatkan sinyal *high logic trigger* dari STM32F103C8T6, tanda terhubungnya kedua alat tersebut (*connected*) (tabel 2). Setelah adanya status *online*, kedua alat tersebut dapat melakukan pengiriman dan penerimaan data dari *client* untuk *server* maupun sebaliknya.

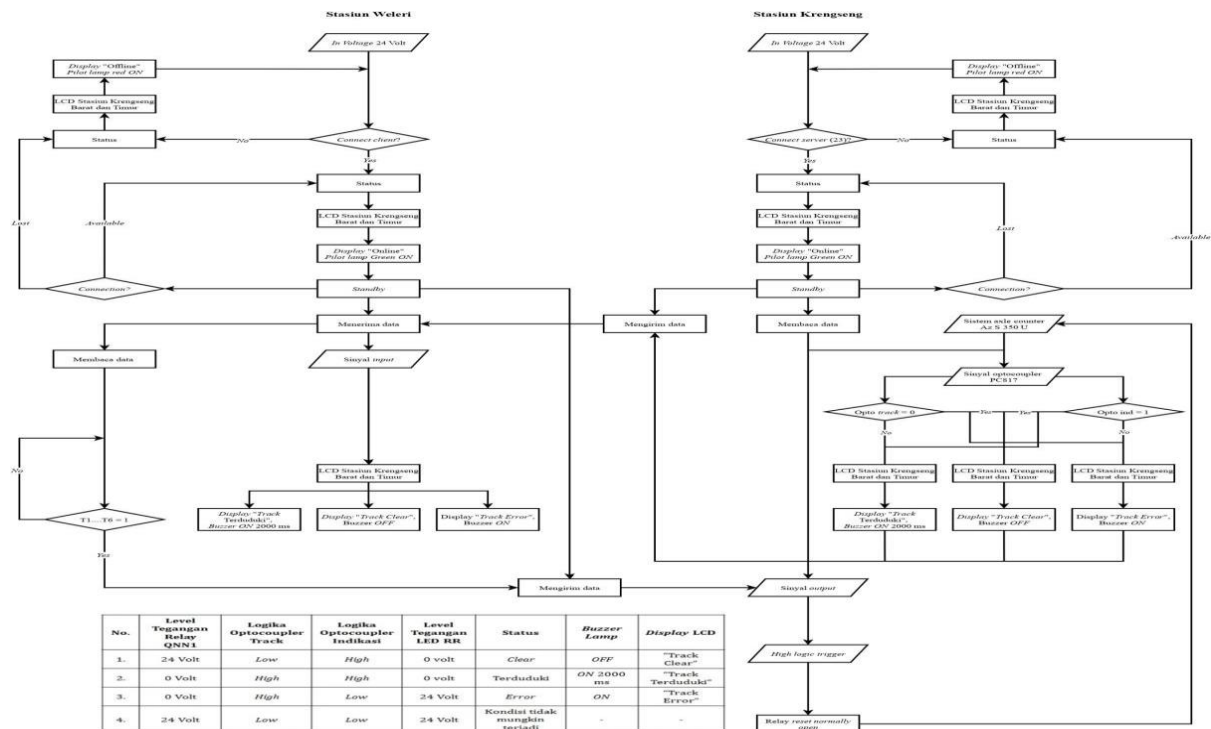
Setelah membentuk koneksi antara *client* dan *server*, *client* dan *server* kemudian akan menjalankan fungsinya untuk melakukan pembacaan dan pengiriman data. Pada bagian *client*, fungsi pembacaan data dilakukan pada sinyal *input* yang dihasilkan oleh optocoupler PC817, dan sinyal *output command reset* dari *server*. Sedangkan pada fungsi pengiriman data, *client* akan melakukan mengirimkan data *input* hasil pembacaan STM32F103C8T6 pada *server*, dan dari pengiriman data ini *server* akan menjalankan fungsinya dalam melakukan pembacaan data *input* dari transmisi sinyal *input* dari *client*. Selain pembacaan sinyal *input*, *server* juga melakukan fungsinya dalam pembacaan sinyal yang dihasilkan *button reset* dan pengiriman data *output* kepada *client*.

Terdapat 3 jenis kondisi (tabel 1) yang dihasilkan dari perubahan kondisi level tegangan pada 2 variabel *error counting* (relay QNN1 dan LEDRR), yang kemudian akan ditampilkan pada masing-masing LCD (Stasiun Krengseng Barat dan Timur). Ketiga kondisi tersebut, yaitu kondisi *clear* dengan optocoupler *track* mengirimkan sinyal *low* kepada mikrokontroler STM32F103C8T6, dan optocoupler indikasi mengirimkan sinyal *high*. Kemudian kondisi terduduki, dengan optocoupler *track* mengirimkan sinyal *high* kepada mikrokontroler STM32F103C8T6, dan optocoupler indikasi mengirimkan sinyal *high*. Kondisi terduduki ini membuat mikrokontroler mengeluarkan sinyal *high logic trigger* kepada *buzzer lamp*, dan *buzzer lamp ON* selama 2000 ms. Kondisi terakhir, yaitu kondisi *error*, dengan optocoupler *track* mengirimkan sinyal *high* kepada STM32F103C8T6, dan optocoupler indikasi mengirimkan sinyal *low*. Pada kondisi *error*, mikrokontroler STM32F103C8T6 akan mengeluarkan sinyal *high logic trigger* kepada *buzzer lamp* secara *continue*, sehingga saat tidak ada tindakan *reset* dari *server* terhadap *axle counter* (*client* tidak menerima *command reset server*), maka *buzzer lamp* akan tetap *ON* selama tidak dilakukan pemulihan (*reset*) *axle counter*.

Ketiga kondisi tersebut kemudian akan diterima oleh *server*, dan saat *server* menerima data adanya kondisi *error track*, *server* akan mengirimkan *command reset* kepada *client*, dengan menekan *button reset server* beberapa saat. Setelah menekan *button reset* beberapa saat, *server* akan membaca kondisi *button* yang ditekan terlebih dahulu, sehingga data yang akan dikirimkan *server* untuk *client* berupa data kondisi keenam *button reset* (*high* dan *low*). *Client* akan menerima sinyal *output* hasil pembacaan keenam *button reset* sebagai sinyal digital *input high logic* kepada mikrokontroler STM32F103C8T6. Sinyal *input* tersebut kemudian menghasilkan kondisi *normally open* pada relay *reset* 5 Volt. Karena kaki NO dan COM pada relay terhubung dengan mokau pada alamat AzGrT, sehingga *floating relay* di dalam BLEA12 board akan dalam kondisi *normally close*, BLEA12 board dapat mengalirkan tegangan kembali, dan sistem *axle counter* kembali normal, *display* LCD menampilkan kondisi *track clear* kembali, begitu dengan *server*, dan kondisi indikatornya (tabel 2).

**Implementasi Optocoupler PC817 dan Relay Sebagai I/O Sistem Remote Reset AXLE Couter AZ S 350 U Menggunakan STM32F103C8T6 dengan Ethernet Client untuk Hubungan Stasiun Weleri-Krengseng**  
 (Sasky Oktafian Nabilla, Eko Ariyanto, : Halaman 63-79)

Bentuk *flowchart* dari sistem remote reset axle counter Az S 350 U dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13 Flowchart alat

**III. HASIL DAN DISKUSI**

**A. Pengujian Kecepatan Pengiriman Data Input**

Pengukuran kecepatan pengiriman data *input client* berfungsi untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk mengirimkan data *input kondisitrack* dari *client* untuk *server*.

Tabel 3 Hasil pengujian kecepatan pengiriman data *input*

No.	Status		Pengukuran Waktu Transmisi
	Kondisi	Objek Track	
1.	Terduduki 3 track (Stasiun Krengseng Barat dan Timur)	14AT, 14BT, 44CT	3,31 detik
2.	Error 2 track (Stasiun Krengseng Barat dan Timur)	14AT, 144CT	3,35 detik
3.	Track Clear (Stasiun Krengseng Barat)	14AT, 14BT, 14CT, 44AT, 44BT, 44CT	3,34 detik

**B. Pengujian Kecepatan Respond Time Command Reset Server**

Pengukuran kecepatan *respondtime command reset server* terhadap keberhasilan reset bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan *relay reset* untuk *me-respond* dari tindakan *remote reset* yang

dilakukan oleh *server*, hingga adanya indikasi keberhasilan *reset error counting axlecounter*, dengan adanya kondisi *clear* pada *track*.

Tabel 4 Hasil pengujian kecepatan *respond time command reset server*

Pengujian	Objek	Pengukuran	
		<i>Respond Time Relay</i>	Total Waktu Relay
I	14AT	0,69 detik	2,81 detik
II	44AT, 44BT, 44CT	0,76 detik	2,81 detik
III	14AT, 14BT, 14CT, 44AT, 44BT, 44CT	0,71 detik	2,86 detik

**C. Pengujian Hasil Pendeteksian Optocoupler PC817 Terhadap Kondisi Track**

Pengujian optocoupler PC817 bertujuan untuk mengetahui validasi (kesesuaian) data kondisi *axle counter* terhadap *track* Stasiun Krenseng, yang dihasilkan dari pendeteksian level tegangan 2 variabel *error counting* oleh optocoupler PC817, dengan kondisi sebenarnya.

Tabel 5 Hasil pengujian pendeteksian optocoupler PC817 terhadap kondisi *track* Stasiun Krenseng Barat

Stasiun Krenseng Barat										
No.	Kondisi			Optocoupler PC817						Display LCD
				14A		14B		14C		
	14A	14B	14C	T	I	T	I	T	I	
1	0	0	0	L	H	L	H	L	H	"TRACK CLEAR"
2	1	0	0	H	H	L	H	L	H	"14AT TERDUDUKI"
3	0	1	0	L	H	H	H	L	H	"14BT TERDUDUKI"
4	0	1	1	L	H	H	H	H	H	"14BT 14CT TERDUDUKI"
5	0	0	1	L	H	L	H	H	H	"14CT TERDUDUKI"
6	2	2	2	H	L	H	L	H	L	"TRACK ERROR"
7	2	0	0	H	L	L	H	L	H	"14AT ERROR"
8	0	2	0	L	H	H	L	L	H	"14BT ERROR"
9	0	0	2	L	H	L	H	H	L	"14CT ERROR"
10	2	2	0	H	L	H	L	L	H	"14AT 14BT ERROR"
11	0	2	2	L	H	H	L	H	L	"14BT 14CT ERROR"
12	0	2	1	L	H	H	L	H	H	"14BT ERROR 14CT TERDUDUKI"

**Implementasi Optocoupler PC817 dan Relay Sebagai I/O Sistem Remote Reset AXLE Couter AZ S 350 U Menggunakan STM32F103C8T6 dengan Ethernet Client untuk Hubungan Stasiun Weleri-Krengseng**  
 (Sasky Oktafian Nabilla, Eko Ariyanto, : Halaman 63-79)

13	2	1	0	H	L	H	H	L	H	"14AT ERROR 14BT TERDUDUKI"
14	2	2	1	H	L	L	L	H	H	"14AT 14BT ERROR 14CT TERDUDUKI"

Tabel 6. Hasil pengujian pendeteksian optocoupler PC817 terhadap kondisi *track* Stasiun Krengseng Timur

Stasiun Kreseng Barat										
No.	Kondisi			Optocoupler PC817						Display LCD
				44A		44B		44C		
	44A	44B	44C	T	I	T	I	T	I	
1	0	0	0	L	H	L	H	L	H	"TRACK CLEAR"
2	0	0	1	L	H	L	H	H	H	"44CT TERDUDUKI"
3	0	1	1	L	H	H	H	H	H	"44BT 44CT TERDUDUKI"
4	0	1	0	L	H	H	H	L	H	"44BT TERDUDUKI"
5	1	1	0	H	H	H	H	L	H	"44AT 44BT TERDUDUKI"
6	1	0	0	H	H	L	H	L	H	"44AT TERDUDUKI"
7	2	2	2	H	L	H	L	H	L	"TRACK ERROR"
8	0	0	2	L	H	L	H	H	L	"44CT ERROR"
9	0	2	0	L	H	H	L	L	H	"44BT ERROR"
10	2	0	0	H	L	L	H	L	H	"44AT ERROR"
11	0	2	2	L	H	H	L	H	L	"44BT 44CT ERROR"
12	2	2	0	H	L	H	L	L	H	"44AT 44BT ERROR"
13	1	2	0	H	H	H	L	L	H	"44BT ERROR 44AT TERDUDUKI"
14	0	1	2	L	H	H	L	H	H	"44CT ERROR 44BT TERDUDUKI"
15	1	2	2	H	H	H	L	H	L	"44BT 44CT ERROR 44AT TERDUDUKI"

Keterangan :  
 Kondisi 0 : Clear *I* : Optocoupler indikasi  
 Kondisi 1 : Terduduki  
 Kondisi 2 : Error *H* : logika high (1)  
 T : Optocoupler track *L* : Logika low (0)

*D. Pengujian Komunikasi Data I/O*

Pengujian komunikasi data bertujuan untuk mengetahui keberhasilan pengiriman data input dari *client* untuk *server*, dan penerimaan data *output* dari *server* untuk *client*.

Tabel 7 Hasil pengujian komunikasi data *input*

<b>Pengujian : 15 Januari 2021</b>					
No	Waktu	Data Terkirim	Pengamatan		Sukses
			LED WIZnet	LED FRM	
1	08.50	14AT TDD	Berkedip	Berkedip	Ya
2	08.56	14AT, 14BT TDD	Berkedip	Berkedip	Ya
3	08.53	14BT TDD	Berkedip	Berkedip	Ya
4	08.59	14BT, 14CT TDD	Berkedip	Berkedip	Ya
5	09.03	14CT TDD	Berkedip	Berkedip	Ya
<b>Pengujian : 16 Januari 2021</b>					
No	Waktu	Data Terkirim	Pengamatan		Sukses
			LED WIZnet	LED FRM	
6	10.51	14CT, 44CT TDD	Berkedip	Berkedip	Ya
7	10.55	14CT, 44BT TDD, 44CT ERR	Berkedip	Berkedip	Ya
8	11.00	44AT, 44BT TDD	Berkedip	Berkedip	Ya
<b>Pengujian : 17 Januari 2021</b>					
No	Waktu	Data Terkirim	Pengamatan		Sukses
			LED WIZnet	LED FRM	
9	08.55	14AT ERR, 14BT, 14CT TDD	Berkedip	Berkedip	Ya
10	09.03	14CT, 44CT TDD	Berkedip	Berkedip	Ya
11	09.08	14CT, 44BT TDD, 44CT ERR	Berkedip	Berkedip	Ya

Tabel 8 Hasil pengujian komunikasi data *output*

<b>Pengujian : 16 Januari 2021</b>				
No	Waktu		Pengamatan	Sukses

**Implementasi Optocoupler PC817 dan Relay Sebagai I/O Sistem Remote Reset AXLE Couter AZ S 350 U Menggunakan STM32F103C8T6 dengan Ethernet Client untuk Hubungan Stasiun Weleri-Krengseng**  
 (Sasky Oktafian Nabilla, Eko Ariyanto, : Halaman 63-79)

		Data Terkirim	LED WIZnet	LED FRM	
1	11.56	44CT RST	Berkedip	Berkedip	Ya
<b>Pengujian : 17 Januari 2021</b>					
No	Waktu	Data Terkirim	Pengamatan		Sukses
			LED WIZnet	LED FRM	
2	08.56	14AT RST	Berkedip	Berkedip	Ya
3	09.04	44CT RST	Berkedip	Berkedip	Ya
<b>Pengujian : 18 Januari 2021</b>					
No	Waktu	Data Terkirim	Pengamatan		Sukses
			LED WIZnet	LED FRM	
4	13.25	44CT RST	Berkedip	Berkedip	Ya
5	22.32	44BT RST	Berkedip	Berkedip	Ya

Keterangan :  
 TDD : Terduduki  
 ERR : Error  
 RST : Reset

**E. Pengujian Relay Reset**

Pengujian relay bertujuan untuk mengetahui keberhasilan relay dalam me-respond tindakan remote reset dan melakukan reset, dengan adanya indikasi perubahan dari kondisi NC ke NO dan NO ke NC untuk masing-masing Stasiun Krengseng Barat dan Timur.

Tabel 9 Hasil pengujian relay Reset Stasiun Krengseng Barat

No	Pengamatan						Sukses Reset	Keterangan
	Trigger			Kondisi Relay				
	14A	14B	14C	14A	14B	14C		
1	H	L	L	NO	NC	NC	Ya	Reset track 14A
2	L	H	L	NC	NO	NC	Ya	Reset track 14B
3	L	L	H	NC	NC	NO	Ya	Reset track 14C
4	H	H	L	NO	NO	NC	Ya	Reset track 14A dan 14B
5	L	H	H	NC	NO	NO	Ya	Reset track 14B dan 14C
6	H	L	H	NO	NC	NO	Ya	Reset track 14A dan 14C
7	H	H	H	NO	NO	NO	Ya	Reset track 14A, 14B dan 14C

Tabel 10. Hasil pengujian relay reset Stasiun Krengseng Timur

No	Pengamatan						Sukses Reset	Keterangan
	Trigger			Kondisi Relay				
	44A	44B	44C	44A	44B	44C		
1	H	L	L	NO	NC	NC	Ya	Reset track 44A
2	L	H	L	NC	NO	NC	Ya	Reset track 44B
3	L	L	H	NC	NC	NO	Ya	Reset track 44C
4	H	H	L	NO	NO	NC	Ya	Reset track 44A dan 44B
5	L	H	H	NC	NO	NO	Ya	Reset track 44B dan 44C
6	H	L	H	NO	NC	NO	Ya	Reset track 44A dan 44C
7	H	H	H	NO	NO	NO	Ya	Reset track 44A, 44B dan 44C

#### IV. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian, diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

1. Pada alat ini, optocoupler PC817 digunakan sebagai saklar pendeteksi kondisi level tegangan pada 2 variabel *error counting* (relay QNN1 dan LED RR), sedangkan relay digunakan sebagai saklar reset yang terhubung langsung dengan *button reset* (AzGrT) pada system *axle counter* Az S 350 U
2. Saat optocoupler *track* dan indikasi mendeteksi level tegangan 24 Volt dari relay QNN1 dan 0 Volt dari LED RR, mengindikasikan bahwa *track* sedang melintasi suatu *track* (*track* terduduki), dan *axle counter* melakukan fungsinya untuk mendeteksi gandar kereta api yang melintasi *track* tersebut.
3. Sedangkan saat kondisi *error counting* terjadi, optocoupler *track* dan indikasi mendeteksi level tegangan 0 Volt dari relay QNN1 dan 24 Volt dari LED RR, dengan kondisi normal 2 variabel *error counting* (relay QNN1 dan LED RR) pada level tegangan 24 Volt dan 0 Volt (*track clear*).
4. Dalam kondisi *error counting*, *track* tidak dapat dilintasi oleh kereta api, karena *axle counter* bekerja secara tidak normal (status *track error*).
5. Data *input* sistem *remote reset* (hasil deteksi *track* oleh optocoupler) akan dikirimkan dari *client* untuk *server* menggunakan media komunikasi WIZnet W5500 dan media transmisi fiber optik.
6. Terdapat 225 kemungkinan kondisi pengiriman paket data *input* dari *client* untuk *server*, dengan masing-masing kemungkinan kondisi tersebut akan ditampilkan pada *display* LCD untuk Stasiun Krengseng Barat dan Timur.
7. Untuk melakukan transmisi data *input* dari *client* untuk *server*, dibutuhkan waktu < 4 detik untuk 1 kali transmisi, sedangkan total waktu yang diperlukan untuk melakukan *remote reset* dari Stasiun Weleri ke Stasiun Krengseng adalah < 3 detik, dengan waktu < 1 detik untuk relay *reset* *respond command* reset dari *server*.
8. Keberhasilan dalam melakukan *remote reset* dapat diketahui dari *display* LCD yang menampilkan kondisi "Track Clear" atau *track* dapat diizinkan untuk dilintasi kembali, dan indikator *error counting* (*buzzer lamp*) dalam kondisi OFF.

***Implementasi Optocoupler PC817 dan Relay Sebagai I/O Sistem Remote Reset AXLE Couter AZ S 350 U Menggunakan STM32F103C8T6 dengan Ethernet Client untuk Hubungan Stasiun Weleri-Krengseng***  
***(Sasky Oktafian Nabilla, Eko Ariyanto, : Halaman 63-79)***

---

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2004. *Axle Counter*. Bandung: PT Kereta Api Indonesia (Persero).
- [2] Anonim. 2016. *Diskripsi Sistem AzS 350 U*. Bandung: PT Kereta Api Indonesia (Persero).
- [3] Isnendi, Tri Atiyah. *Perancangan Dan Implementasi Sistem Pemeliharaan Otomatis Hidroponik Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Arduino Uno ATmega328*. Diss. Politeknik Negeri Sriwijaya, 2020.
- [4] Astuti, Wydia July. *Perancangan Sistem Smart Keyless Pada Lemari Penyimpanan Berbasis STM32*. Diss. Universitas Sumatra Utara, 2019.
- [5] WIZnet. (2013). *Data sheet WIZnet W5500*.
- [6] CTCU. (2021). *Data sheet CTC Union FRM220-10/100I Media Converter*
- [7] Utoyo, Handy Prianto. "Uji Sensitivitas Sensor Suhu Berbasis Fiber Optik Polymer (Pof) Yang Berbentuk Spiral Dan Berjaket Gel." (2017).
- [8] Puspitasari, Mariana Diah. Purwaka, Faris Hendra. (2017). *Analisis Perbandingan Pendeteksi Sarana Pada Lintasan Surabaya-Madiun*: Jurnal Perkeretaapian Indonesia.