

Rancang Bangun *Conveyor Trainer Module* Berbasis PLC Omron CJ2M CPU-31 dan *Human Machine Interface* (HMI) Omron NB7W

Muhammad Rakha Firdaus¹, Imroatul Hudati^{1*}

¹Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Gadjah Mada; rakhafrds30@mail.ugm.ac.id

*Korespondensi: imroatul.hudati@mail.ugm.ac.id

Abstract – Modern industries face challenges in the need for automation devices that can efficiently integrate various industrial components. Many existing devices still have limitations, such as a lack of integration, minimal component variation, and suboptimal use of the Human Machine Interface (HMI). Therefore, this research aims to design and test a Conveyor Trainer Module integrated with a Programmable Logic Controller (PLC) and HMI, in order to create a more efficient and easy-to-understand automation system. This research is experimental, focusing on the design and testing of industrial automation systems. The results showed that the designed Conveyor Trainer Module successfully integrated the PLC, PLC I/O components, pneumatic systems, and conveyors to simulate sorting machines with an 85% sorting success rate. This device effectively separates metal and non-metal objects and successfully utilizes the HMI as a monitoring and control tool, making it easier for users to understand and operate the system. In conclusion, the designed device has high potential in overcoming the limitations of previous automation devices and provides an integrated and efficient solution for industrial process simulation. Pneumatic systems were chosen because they offer speed, reliability, and energy efficiency in industrial automation applications.

Keywords – Automation, PLC, HMI, pneumatic, conveyor

Intisari – Industri modern menghadapi tantangan dalam kebutuhan akan perangkat otomasi yang mampu mengintegrasikan berbagai komponen industri secara efisien. Banyak perangkat yang ada saat ini masih memiliki keterbatasan, seperti kurangnya integrasi, variasi komponen yang minim, dan belum optimalnya penggunaan *Human Machine Interface* (HMI). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji perangkat *Conveyor Trainer Module* yang terintegrasi dengan *Programmable Logic Controller* (PLC) dan HMI, guna menciptakan sistem otomasi yang lebih efisien dan mudah dipahami. Jenis penelitian ini adalah eksperimental dengan desain perancangan dan pengujian sistem otomasi industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat *Conveyor Trainer Module* yang dirancang berhasil mengintegrasikan PLC, komponen I/O PLC, sistem pneumatik, dan konveyor untuk melakukan simulasi *sorting machine* dengan keberhasilan penyortiran sebesar 85%. Perangkat ini mampu memisahkan benda logam dan non-logam secara efektif, serta berhasil memanfaatkan HMI sebagai alat pemantauan dan pengendalian, sehingga pengguna lebih mudah memahami dan mengoperasikan sistem tersebut. Perangkat yang dirancang memiliki potensi tinggi dalam mengatasi keterbatasan perangkat otomasi sebelumnya dan memberikan solusi yang terintegrasi serta efisien untuk simulasi proses industri. Sistem pneumatik dipilih karena menawarkan kecepatan, keandalan, dan efisiensi energi dalam aplikasi otomasi industri.

Kata kunci – Otomasi, PLC, HMI, pneumatik, konveyor

I. PENDAHULUAN

Otomasi industri merupakan salah satu teknologi yang paling diminati dalam industri modern karena kemampuannya dalam mengendalikan proses industri untuk menjamin kualitas dari produk yang dihasilkan, mengoptimalkan waktu produksi, dan menekan biaya untuk sumber daya manusia dan mengutamakan kenyamanan dan kecepatan [1]. Otomasi industri melibatkan pengaplikasian elektronik, komputer, mekanik untuk mengendalikan proses industri [2]. Salah satu sistem otomasi industri yang sering digunakan di industri yaitu *programmable logic controller* (PLC). PLC memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan sistem kontrol yang lainnya seperti bahasa pemrograman yang mudah dipahami, fleksibilitas PLC yang dapat menyesuaikan sistem kontrolnya, dan kecepatan operasi yang lebih tinggi.

Proses untuk memahami otomasi industri membutuhkan suatu perangkat untuk menggambarkan proses industri tersebut dalam satu sistem yang bekerja secara berkesinambungan yang mudah dipahami dan mudah digunakan bagi penggunanya. Hal ini bertujuan agar memberikan gambaran menyeluruh tentang bagaimana sistem bekerja dan interaksi antar komponen dalam sistem tersebut. Pada saat ini sudah banyak perangkat atau media yang telah dibuat untuk membantu dalam mempelajari proses otomasi industri, namun masih kekurangan seperti kurangnya integrasi antar sistem sehingga sulit untuk menghubungkan antara sistem satu dengan sistem yang lainnya, kurangnya variasi *input* dan *output*, dan belum dilengkapi dengan visualisasi sistem menggunakan *human machine interface* (HMI).

Penelitian ini berfokus pada pengembangan *Trainer Module* dengan mengacu pada hasil penelitian sebelumnya untuk meningkatkan fitur dan fungsionalitasnya. Penelitian yang dilakukan oleh Khuluqi (2021) menghasilkan *Trainer-Kit PLC Omron CP1E N-20-DR*, namun perangkat tersebut masih memiliki keterbatasan dalam hal fitur yang disediakan [3]. Selanjutnya, penelitian oleh Imaduddin (2016) berhasil merancang sebuah *trainer* penyortir berbasis PLC Omron CP1E, tetapi belum memberikan perhatian yang memadai terhadap aspek integrasi HMI [4]. Berbeda dari penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini secara khusus menekankan integrasi penuh HMI guna mendukung proses pemantauan dan pengendalian. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Setianto (2018) berfokus pada komunikasi dalam sistem monitoring *sorting line* [5], sementara penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif dengan mengintegrasikan sistem konveyor, pneumatik, dan PLC dalam satu kesatuan sistem yang terintegrasi. Dengan demikian, perangkat yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan solusi inovatif yang mampu menyelesaikan keterbatasan pada penelitian sebelumnya dan memberikan perangkat otomasi yang lebih terintegrasi dan mudah dipahami.

Berdasarkan permasalahan dan hasil penelitian sebelumnya, penulis merancang sebuah perangkat yang diberi nama *Conveyor Trainer Module*. *Trainer* ini merupakan perangkat yang dirancang untuk menggambarkan proses yang ada di dalam sebuah industri, dimana cara kerjanya dikontrol secara otomatis menggunakan *Trainer PLC Omron CJ2M* dengan memiliki variasi komponen *input* dan *output* yang beragam yang dapat memudahkan pengguna dalam mempelajari elemen-elemen yang sering digunakan dalam proses otomasi industri.

Selain itu perangkat ini dirancang untuk dapat mengintegrasikan antar sistem yang dapat melakukan simulasi sistem *sorting machine* dengan mengintegrasikan sistem konveyor sistem pneumatik, dan komponen I/O PLC. Integrasi antara PLC dengan HMI memungkinkan perangkat untuk melakukan pemantauan, pengendalian, dan pengonfigurasi pada sistem *trainer* dengan lebih mudah dan efisien. Oleh karena itu, dengan dibuatnya *Conveyor Trainer Module* ini diharapkan dapat membantu pengguna untuk memahami proses otomasi industri dengan lebih mudah.

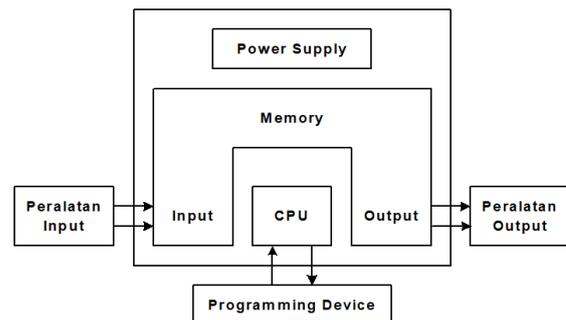
II. DASAR TEORI

A. Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable logic controller (PLC) merupakan peranti elektronik yang digunakan untuk mengganti rangkaian *relay*

yang digunakan pada sistem kontrol konvensional. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan melalui sensor-sensor terkait dan kemudian melakukan proses dan menentukan aksi apa yang harus dilakukan pada instrumen keluaran yang berhubungan dengan status suatu besaran yang diamati [6].

PLC memiliki bagian komponen fungsional dasar yaitu : *power supply*, *processor unit*, *memory*, modul I/O, dan *programming device* [7]. Berikut merupakan struktur komponen dari PLC yang dapat dilihat pada Gambar 1 .



Gambar 1. Struktur komponen PLC

1) *Power Supply*: *Power supply* digunakan untuk menyuplai daya ke dalam sistem PLC itu sendiri maupun ke komponen *input* dan *output* yang digunakan pada PLC. PLC membutuhkan sumber tegangan sebesar 220 Volt AC atau 24 Volt DC.

2) *Processor Unit*: *Processor unit* atau sering disebut dengan *central processing unit* (CPU) merupakan sebuah unit yang berisi mikroprosesor yang menerjemahkan sinyal *input* dan melakukan tindakan kontrol berdasarkan program yang telah disimpan di dalam memori dan mengomunikasikan sinyal tindakan kepada keluaran PLC.

3) *Memory*: *Memory* merupakan tempat penyimpanan data sementara dari hasil terjemahan *ladder diagram* yang dibuat..

4) Modul I/O: Modul I/O merupakan bagian pada PLC yang menerima dan memberikan informasi dari atau ke perangkat eksternal.

5) *Programming Device*: *Programming device* merupakan perangkat yang digunakan untuk memasukkan program yang telah dibuat ke dalam memori dari prosesor.

Dalam penelitian ini digunakan PLC Omron CJ2M CPU-31 yang terdiri dari 15 *input* dan 15 *output* dan memiliki sumber catu daya berupa tegangan DC 24 Volt. Berikut merupakan Unit PLC Omron CJ2M dengan menggunakan model CJ2M-CPU 31 yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Untuk menghubungkan piranti eksternal dengan PLC terdapat dua konsep dasar yaitu *sourcing* dan *sinking*. *Sourcing* berkaitan dengan pemberian sejumlah arus ke

piranti eksternal dan berkaitan dengan terminal “+” atau Vcc. Sedangkan *sinking* berkaitan dengan penarikan sejumlah arus dari perangkat eksternal dan berkaitan dengan terminal “-” atau *Ground* (GND) [8]



Gambar 2. PLC Omron CJ2M-CPU31

B. Human Machine Interface (HMI)

Human machine interface (HMI) adalah sebuah perangkat antarmuka berbasis komputer yang berfungsi sebagai penghubung antara manusia dan mesin atau peralatan yang dikendalikan [5]. Sistem HMI bekerja secara *online* dan *real time* sehingga HMI dapat membantu memahami, mengontrol, dan mengawasi proses yang sedang berlangsung pada mesin [9].

Pada penelitian ini digunakan HMI Omron NB7W-TW01B. HMI jenis ini merupakan HMI layar sentuh yang memiliki performa tinggi. Pembuatan program pada tampilan HMI ini dibuat berdasarkan pengalamatan program yang terdapat pada PLC. Berikut merupakan tampilan Omron NB7W-TW01B yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. HMI Omron NB7W

C. Sensor Proximity

Sensor *proximity* merupakan salah satu jenis sensor yang berfungsi untuk mendeteksi ada atau tidaknya suatu objek sensor. Sensor *proximity* dapat dibedakan berdasarkan dari prinsip kerjanya [10] :

1) *Sensor Proximity* Induktif: Sensor *proximity* induktif merupakan jenis sensor *proximity* yang digunakan untuk mendeteksi adanya benda logam baik logam jenis *Ferrous* maupun *non-ferrous* pada jarak tertentu tanpa harus

menyentuh benda tersebut. Sensor ini memanfaatkan medan elektromagnetik untuk mendeteksi benda logam Berikut merupakan gambar dari sensor *proximity* induktif yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor *proximity* induktif

Sensor *proximity* induktif bekerja berdasarkan prinsip induktansi listrik, di mana arus yang berfluktuasi menginduksi gaya gerak listrik (EMF) pada objek target. Ketika arus mengalir, maka osilator pada sensor akan menciptakan medan magnet yang simetris dan beresilasi yang memancar dari inti ferit dan susunan kumparan di bagian wajah sensor.

Arus eddy yang mengalir menghadapi resistansi listrik saat arus tersebut mencoba untuk bersirkulasi. Hal ini akan menghasilkan sejumlah kecil kehilangan daya dalam bentuk panas. Kehilangan daya ini tidak sepenuhnya digantikan oleh sumber energi internal sensor, sehingga amplitudo osilasi menurun. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, jika objek konduktif mendekati sensor, maka arus eddy akan meningkat. Dengan demikian, beban pada osilator akan meningkat yang mengakibatkan berkurangnya amplitudo medan.

Ketika osilasi berkurang sampai pada titik di mana rangkaian *Schmitt Trigger* mendeteksi adanya perubahan yang nilainya telah di bawah ambang batas yang telah ditentukan sebelumnya. Ambang batas ini adalah tingkat di mana keberadaan target logam dipastikan. Setelah target terdeteksi oleh *Schmitt Trigger*, keluaran sensor diaktifkan. Jika objek logam atau target bergerak menjauh dari sensor kedekatan, maka amplitudo osilator akan meningkat.

Berikut di bawah ini merupakan spesifikasi sensor *proximity* induktif yang digunakan pada *trainer* yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi sensor *proximity* induktif

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| Model | PR-18-8-DP |
| Type | <i>Inductive</i> |
| Wire Type | 3 Wire |
| Power | 12-24 VDC |
| Sensing Distance | 8mm |
| Control Output | PNP <i>Normally Open</i> |

2) Sensor *Proximity* Kapasitif: Sensor *proximity* kapasitif merupakan jenis sensor *proximity* yang dapat mendeteksi bahan-bahan dengan dielektrik rendah seperti kaca atau plastik maupun bahan-bahan dielektrik tinggi seperti cairan. Sensor ini memiliki prinsip kerja medan elektrostatik untuk mendeteksi perubahan kapasitans antara sensor dan objek penginderaan. Berikut merupakan gambar dari sensor *proximity* kapasitif yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sensor *proximity* kapasitif

Sensor *proximity* kapasitif mendeteksi perubahan kapasitans antara sensor dan objek penginderaan. Sensor ini beroperasi dengan mencatat perubahan kapasitans yang dibaca oleh sensor. Jumlah kapasitans bervariasi tergantung pada ukuran dan jarak objek penginderaan.

Sensor *proximity* kapasitif terdiri dari kapasitor yang disusun dari dua buah plat elektroda logam yang disusun secara paralel. Elektroda ini ditempatkan pada rangkaian isolasi yang memiliki frekuensi yang tinggi. Salah satu pelat merupakan objek yang dideteksi, sedangkan yang lainnya terdapat pada permukaan sensor.

Prinsip kerja dari sensor *proximity* kapasitif yaitu dengan mengukur perubahan kapasitans pada elektroda yang disebabkan oleh objek yang melewati medan yang dihasilkan. Elektroda ini secara berkala diisi dan dikosongkan. Jika objek konduktif melewati medan listrik, kapasitans sistem meningkat. Dengan mengukur aliran muatan yang kembali dari elektroda, perubahan relatif dalam kapasitans dapat dideteksi. Dengan asumsi objek konduktif memiliki ukuran yang seragam, perubahan ini kira-kira sebanding dengan jarak antara elektroda dan objek, mengikuti hukum kapasitans antara pelat paralel.

Ketika nilai kapasitans berubah, maka rangkaian osilator mulai beresonansi dan mengubah status keluaran sensor ketika mencapai amplitudo tertentu. Ketika objek bergerak menjauh dari sensor, amplitudo osilator menurun, mengembalikan sensor ke keadaan awalnya. Rangkaian *Schmitt Trigger* akan membaca amplitudo osilator dan ketika mencapai tingkat tertentu, status keluaran sensor berubah. Saat target bergerak menjauh dari sensor, amplitudo osilator menurun, mengembalikan keluaran sensor ke keadaan awalnya.

Berikut di bawah ini merupakan spesifikasi sensor *proximity* kapasitif yang digunakan pada *trainer* yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi sensor *proximity* kapasitif

| | |
|-------------------------|-------------------|
| Model | CR-18-8-DN |
| Type | Capacitive |
| Wire Type | 3 Wire |
| Power | 12-24 VDC |
| Sensing Distance | 8mm |
| Control Output | NPN Normally Open |

3) Sensor *Proximity* Fotoelektrik: Sensor *proximity* fotoelektrik merupakan sensor *proximity* yang memanfaatkan elemen yang peka dengan cahaya untuk mendeteksi sebuah objek. Sensor *proximity* fotoelektrik tersusun dari penerima (*receiver*) dan sumber cahaya (*emitter*). Pada penelitian ini digunakan sensor fotoelektrik dengan jenis *direct reflection* yang bekerja dengan memancarkan dan menerima sinyal inframerah pada satu perangkat sensor. Berikut merupakan gambar dari sensor *proximity* fotoelektrik yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Sensor *proximity* fotoelektrik [10]

Sensor fotoelektrik bekerja dengan cara memancarkan sinyal inframerah dari *emitter* yang dipancarkan secara langsung ke target. Kemudian cahaya tersebut akan terpantul ke segala arah (*diffuse*). Selanjutnya, ketika *receiver* menerima cahaya yang dipantulkan oleh target, maka *output* pada *receiver* akan berubah. Demikian pula dengan sebaliknya, jika tidak ada cahaya yang mengenai *receiver* maka *output* pada *receiver* akan kembali ke keadaan awal.

Berikut di bawah ini merupakan spesifikasi sensor *proximity* fotoelektrik yang digunakan pada *trainer* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi sensor *proximity* fotoelektrik

| | |
|-------------------------|-------------------|
| Model | E3F-DS30P1 |
| Type | Infrared |
| Wire Type | 3 Wire |
| Power | 6-36 VDC |
| Sensing Distance | 7 – 30 cm |
| Control Output | PNP Normally Open |

D. Sistem Pneumatik

Pneumatik didefinisikan sebagai salah satu cabang ilmu yang mempelajari fenomena udara yang dimampatkan sehingga akan menimbulkan tekanan yang dapat menghasilkan gaya sebagai penyebab gerak pada aktuator[4]. Sistem pneumatik terdiri dari beberapa elemen yaitu catu daya, elemen masukan/kontrol, elemen kerja, dan komponen pendukung.

1) *Kompresor*: Kompresor merupakan sebuah sistem yang bisa menghasilkan udara bertekanan dengan mengambil udara dari atmosfer. Udara dari atmosfer akan dimampatkan lalu disimpan pada sebuah tangki penampungan hingga menghasilkan tekanan tertentu [11].

2) *Air Service Unit*: *Air service unit* merupakan unit pengolahan udara bertekanan, udara yang akan masuk dalam sistem pneumatik harus memenuhi persyaratan seperti tidak mengandung debu, kadar air rendah, mengandung pelumas [12].

3) *Directional Way Valve*: *Directional Way Valve* atau katup kontrol arah merupakan katup pneumatik yang tersusun dari beberapa lubang udara yang berfungsi untuk menghalang, melewatkan, dan mengarahkan aliran udara bertekanan.

4) *Silinder Kerja Ganda*: Silinder kerja ganda memiliki konstruksi yang sama dengan silinder kerja tunggal, namun tidak memiliki pegas pengembali. Untuk mengembalikan posisi silinder pada silinder jenis ini yaitu dengan mengeluarkan udara dari sisi berlawanan melalui saluran pembuangan.

5) *Reed switch*: *Reed switch* merupakan salah satu jenis *proximity switch* yang dioperasikan secara magnetik. *Reed switch* tersusun dari dua kontak buluh (*reed*) dalam sebuah tabung gelas yang diisi dengan gas [13]. *Reed switch* memanfaatkan fluks magnetik dari magnet untuk menarik kedua buluh untuk menyambungkan arus listrik.

E. Motor DC

Motor arus searah atau biasa disebut motor DC (*direct current*) merupakan peralatan yang menerapkan prinsip elektromagnetik dasar dengan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik [14].

Prinsip kerja dari motor DC ialah memanfaatkan medan magnet yaitu ketika sumber listrik searah masuk pada komutator maka kumparan rotor akan bersifat magnet di mana sisi atas rotor berkutub positif dan sisa lainnya akan berkutub negatif. Dengan menggunakan prinsip sifat dari magnet, maka kutub yang sama akan melakukan tolak-menolak, sehingga akan menyebabkan terjadinya gaya tolak antara sisi atas rotor dan magnet stator, maka pada bagian kumparan akan timbul

gaya dorong ke atas sehingga sisa atas rotor (kutub N) akan bergerak menuju sisi kutub S stator. Hal ini akan terjadi secara berulang berkelanjutan dikarenakan perubahan polaritas pada ujung-ujung kumparan stator setelah mengalami perubahan posisi.

Pada perancangan *trainer* digunakan Motor DC 37GB31ZY yang digunakan untuk menggerakkan konveyor. Berikut merupakan Gambar Motor DC yang ditunjukkan pada Gambar 7. Berikut merupakan spesifikasi dari motor DC 37GB31ZY yang ditunjukkan pada Tabel 4



Gambar 7. Motor DC 37GB31ZY

Tabel 4. Spesifikasi Motor DC 37GB31ZY

| Parameter | Nilai |
|--|-----------|
| Tipe Manufaktur | 37GB31ZY |
| Rasio <i>Gearbox</i> | 1:56 |
| Kecepatan (N) | 140 rpm |
| <i>Rate Voltage</i> | 24 VDC |
| <i>Power No Load</i> | <= 280 mA |
| <i>Power Consumption Standard Load</i> | <= 1 A |
| <i>RPM With Load</i> | 110 rpm |
| Torsi | 11.2kgcm |
| <i>Power Consumption Max Load</i> | <= 4.4A |

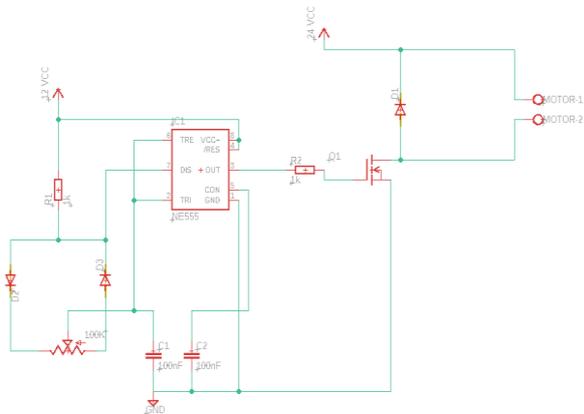
F. Multivibrator Astabil

Multivibrator astabil merupakan jenis multivibrator memiliki dua keadaan namun tidak stabil pada salah satu keadaan. Multivibrator akan berada pada salah satu keadaannya selama sesaat dan kemudian berpindah ke keadaan yang lain. Perpindahan bolak-balik ini akan berlangsung secara terus menerus sehingga menghasilkan suatu gelombang segi empat dengan waktu bangkit yang sangat cepat [15]. Berikut merupakan rangkaian multivibrator astabil yang ditunjukkan pada Gambar 8.

Rangkaian ini memanfaatkan IC NE555 sebagai komponen utama untuk mengendalikan motor. IC NE555 merupakan komponen yang digunakan untuk menghasilkan sinyal pulsa (PWM) yang dapat digunakan untuk mengontrol kecepatan motor.

Dalam rangkaian ini, NE555 bekerja dalam mode astabil yang memungkinkan sinyal PWM dihasilkan secara terus-menerus. Metode astabil dapat membuat motor DC

mendapatkan tegangan yang stabil dengan frekuensi kerja yang sama namun dengan *duty cycle* yang berbeda [16].



Gambar 8. Rangkaian multivibrator astabil

Pada rangkaian ini, potensiometer digunakan untuk mengatur frekuensi dan *duty cycle* sinyal PWM yang dihasilkan oleh NE555. Dengan mengubah posisi potensiometer, dapat diatur resistansi total yang mengendalikan waktu pengisian dan pengosongan kapasitor (C1). Perubahan resistansi ini berdampak langsung pada frekuensi dan lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM. Semakin tinggi *duty cycle*, semakin lama motor akan mendapatkan arus sehingga berputar lebih cepat. Sebaliknya, *duty cycle* yang rendah akan membuat motor berputar lebih lambat.

Sinyal PWM dari pin *output* (pin 3) NE555 digunakan untuk mengendalikan MOSFET yang terhubung dengan motor. Transistor ini berfungsi sebagai saklar elektronik yang memungkinkan arus mengalir ke motor ketika sinyal PWM bernilai tinggi (*HIGH*) dan memutus arus ketika sinyal PWM bernilai rendah (*LOW*). Dengan cara ini, kecepatan motor dapat dikendalikan secara efektif oleh sinyal PWM dari IC NE555.

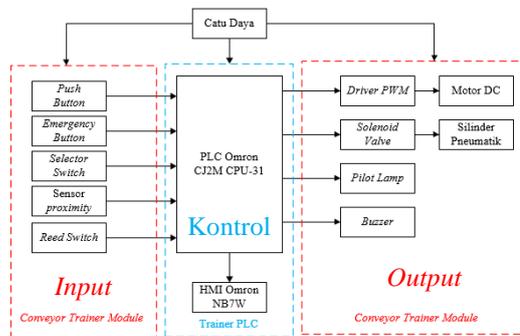
Selain itu, diode (D1 dan D2) dalam rangkaian ini berperan sebagai komponen pelindung. Ketika motor berhenti atau terjadi perubahan arah putaran, motor menghasilkan tegangan balik yang dapat merusak komponen elektronik lainnya. Diode ini berfungsi sebagai *flyback* diode untuk mencegah arus balik tersebut, sehingga melindungi rangkaian dari kerusakan.

III. METODOLOGI

A. Perancangan Hardware

Perancangan perangkat keras (*hardware*) terdiri dari pembuatan sistem elektronis, sistem mekanis, dan sistem pneumatik.

1) *Perancangan Sistem Elektronis*: Pada perancangan sistem elektronis dibuat berdasarkan blok diagram sistem. Diagram ini digunakan untuk merepresentasikan secara grafis bagaimana berbagai komponen dalam sistem tersebut berinteraksi satu sama lain. Berikut merupakan blok diagram sistem Conveyor Trainer Module yang ditunjukkan pada Gambar 9.



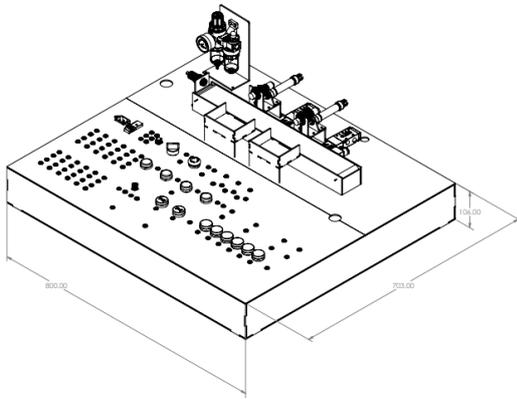
Gambar 9. Blok diagram sistem

Berdasarkan blok diagram pada Gambar 9, sistem yang dirancang terdiri dari dua bagian utama, yaitu Sistem *Trainer PLC CJ2M CPU-31* dan Sistem *Conveyor Trainer Module*. Sistem *Trainer PLC* ditandai dengan garis berwarna biru dan berfungsi sebagai perangkat kontrol yang mengendalikan seluruh operasi sistem. Sistem ini terdiri dari komponen-komponen utama seperti PLC Omron CJ2M CPU-31, catu daya (*power supply*), dan *human machine interface* (HMI), yang berperan dalam mengontrol dan memantau proses kerja keseluruhan sistem.

Sementara itu, Sistem *Conveyor Trainer Module* ditandai dengan garis berwarna merah dan mencakup berbagai komponen *input* dan *output* yang digunakan untuk simulasi proses otomasi industri. Komponen *input* pada sistem ini meliputi *push button*, *selector switch*, *emergency button*, sensor *proximity*, dan *reed switch*, yang bertugas untuk memberikan sinyal atau perintah ke PLC. Selain itu, komponen *output* dari sistem ini terdiri dari driver PWM, motor DC, *solenoid valve*, *pilot lamp*, dan *buzzer*, yang berfungsi untuk menjalankan proses pengendalian dan simulasi *sorting machine*.

Hubungan antara komponen *input* dan *output* pada Sistem *Conveyor Trainer Module* dengan Sistem *Trainer PLC* dilakukan melalui koneksi pada bagian *input* dan *output* dari PLC. Melalui koneksi ini, Sistem *Trainer PLC* dapat menerima sinyal dari komponen *input* untuk melakukan pengolahan data dan memberikan perintah kepada komponen *output*, sehingga memungkinkan pengendalian proses kerja konveyor secara otomatis dan efisien. Dengan demikian, interaksi antara kedua sistem ini menciptakan integrasi yang utuh untuk menyimulasikan proses otomasi industri secara efektif.

2) *Perancangan Sistem Mekanis:* Berikut merupakan rancangan desain mekanis dari *Conveyor Trainer Module* yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Perancangan desain sistem mekanis

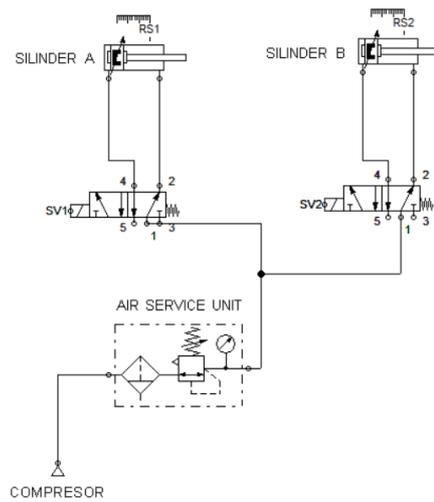
3) *Perancangan Sistem Pneumatik:* Perancangan sistem pneumatik dilakukan dengan membuat skema rangkaian pneumatik menggunakan software Fluidsim-P. Skema rangkaian ini dibuat untuk menyimulasikan sistem pneumatik tersebut sebelum diaplikasikan pada sistem secara langsung. Berikut merupakan rancangan skema rangkaian pneumatik yang ditunjukkan pada Gambar 11.

Sistem mekanis *Conveyor Trainer Module* dirancang menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan 3 mm dengan ukuran 80 x 70 x 10 cm. Pada perancangan desain konveyor dirancang dengan menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan 3 mm dengan ukuran panjang 6 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 5 cm.

Sistem *Conveyor Trainer Module* dirancang memiliki sistem pneumatik yang digunakan untuk melakukan penyortiran benda sesuai jenisnya. Sistem pneumatik pada *trainer* ini terdiri dari kompresor, *air service unit*, dua buah *solenoid valve 5/2 single coil*, dua buah silinder kerja ganda yang memiliki *reed switch* pada masing-masing silinder

B. Perancangan Flowchart Sistem

Flowchart merupakan diagram yang menjelaskan prinsip kerja dari suatu sistem dari awal sistem tersebut beroperasi, urutan cara kerja sistem, sampai dengan akhir kerja dari sistem. Berikut merupakan penjelasan dari diagram alir *trainer* dengan mode otomatis dalam menjalankan sistem *shorting machine*

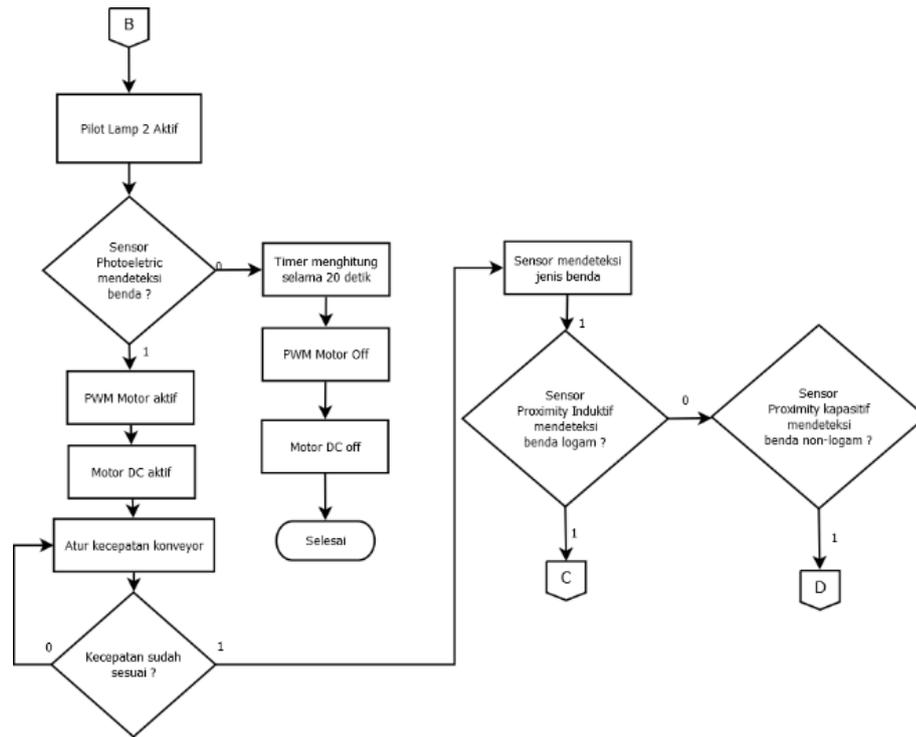


Gambar 11. Perancangan sistem pneumatik

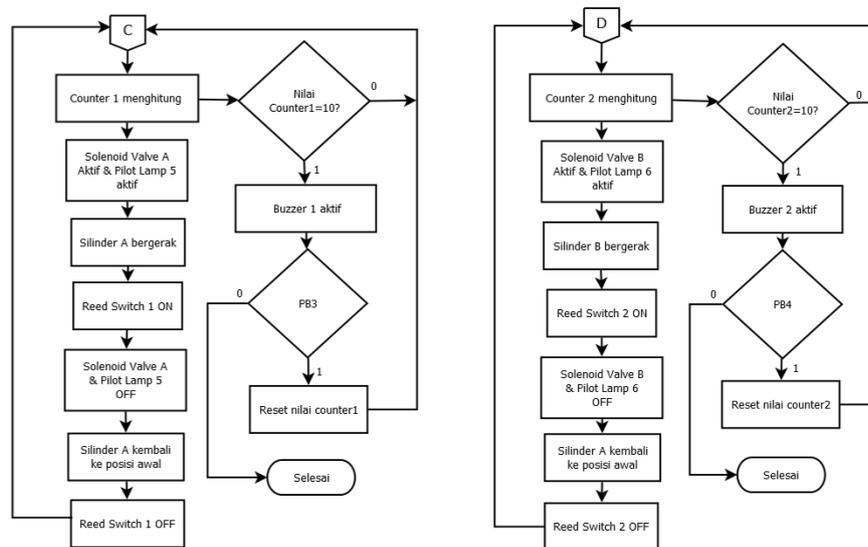
Sesuai dengan diagram alir pada Gambar 12, pada saat sistem otomatis dijalankan maka *pilot lamp 2* akan menyala sebagai indikator bahwa sistem dalam mode otomatis. Setelah itu pada saat sensor fotoelektrik mendeteksi adanya benda datang pada konveyor, maka modul PWM akan aktif dan membuat konveyor menjadi aktif.

Apabila konveyor aktif, maka benda tersebut akan bergerak maju pada konveyor hingga mencapai sensor proximity untuk menentukan jenis benda logam atau benda non-logam. Apabila benda logam yang terdeteksi maka akan menjalankan diagram alir C dan apabila benda non-logam yang terdeteksi maka akan menjalankan diagram alir D. Apabila sensor fotoelektrik tidak mendeteksi adanya benda selama 20 detik, maka secara otomatis konveyor akan berhenti bergerak.

Sesuai diagram alir pada Gambar 13, ketika benda terdeteksi merupakan benda logam maka sensor *proximity* induktif akan aktif, lalu akan mulai menghitung jumlah benda yang telah terdeteksi. Pada saat sensor *proximity* induktif aktif, maka *solenoid valve A* dan *pilot lamp 5* menjadi aktif sehingga benda akan terdorong ke dalam *storage box 1* oleh silinder pneumatik A. Pada saat silinder pneumatik bergerak maju, maka *reed switch 1* akan aktif sehingga akan membuat *solenoid valve 1* dan *pilot lamp 5* mati dan membuat silinder pneumatik A akan kembali pada posisi awal. Setelah itu, apabila pada sensor sudah menghitung benda yang terdeteksi sebanyak 10 kali, maka akan membuat *buzzer 1* aktif sampai dilakukan *reset* nilai *counter* dengan menekan *push button 3*.



Gambar 12. Diagram alir *trainer*



Gambar 13. Diagram alir mode penentuan jenis benda

Ketika benda terdeteksi merupakan benda non-logam maka sensor *proximity* kapasitif akan aktif, lalu akan mulai menghitung jumlah benda yang telah terdeteksi. Pada saat sensor *proximity* kapasitif aktif, maka membuat *solenoid valve* B dan *pilot lamp* 6 menjadi aktif sehingga benda akan terdorong ke dalam *storage box* 2 oleh silinder pneumatik B. Pada saat silinder pneumatik bergerak maju, maka *reed switch* 2 akan aktif sehingga akan membuat *solenoid valve* 2 dan

pilot lamp 6 menjadi mati dan membuat silinder pneumatik B akan kembali pada posisi awal. Setelah itu, apabila pada sensor sudah menghitung benda yang terdeteksi sebanyak 10 kali, maka *buzzer* 2 aktif sampai dilakukan *reset* nilai *counter* dengan menekan *push button* 4.

C. Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak (*software*) terdiri dari pembuatan program ladder diagram pada *software* CX-Programmer untuk sistem kontrol pada *trainer* dan perancangan sistem *human machine interface* (HMI) menggunakan *software* NB-Designer.

1) *Perancangan Program PLC*: Pada perancangan program ladder diagram pada *software* CX-Programmer dilakukan dengan membuat program berdasarkan *flow chart* yang telah dibuat. Setelah itu dibuat pengalamatan komponen *input* dan *output* untuk menghubungkan *Conveyor Trainer Module* dengan *Trainer PLC Omron CJ2M*. Berikut merupakan pengalamatan komponen pada *input* dan *output* PLC yang ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Pengalamatan *input* PLC

| No. | Nama Komponen | Alamat | Keterangan |
|-----|----------------------------------|--------|--|
| 1 | <i>Selector switch 1</i> | 00.00 | Mulai mode manual |
| 2 | <i>Selector switch 2</i> | 00.01 | Mulai mode otomatis |
| 3 | <i>Push button 1</i> | 00.02 | <i>Forward</i> Motor |
| 4 | <i>Push button 2</i> | 00.03 | <i>Reverse</i> Motor |
| 5 | <i>Push button 3</i> | 00.04 | Silinder A/ <i>Reset Counter</i> A |
| 6 | <i>Push button 4</i> | 00.05 | Silinder B/ <i>Reset Counter</i> B |
| 7 | <i>Emergency button</i> | 00.06 | <i>Emergency Button</i> |
| 8 | <i>Reed switch 1</i> | 00.07 | Sensor silinder A |
| 9 | <i>Reed switch 2</i> | 00.08 | Sensor silinder B |
| 10 | Sensor Fotoelektrik | 00.09 | Mendeteksi datangnya benda |
| 11 | Sensor <i>Proximity</i> Induktif | 00.10 | Mendeteksi benda logam |
| 12 | Relay 1 | 00.12 | Mengaktifkan sensor <i>proximity</i> kapasitif |

Tabel 6. Pengalamatan *output* PLC

| No. | Nama Komponen | Alamat | Keterangan |
|-----|--|--------|---|
| 1 | Relay 2 | 100.00 | <i>Forward/Reverse</i> Motor |
| 2 | Modul PWM | 100.01 | PWM On/Off |
| 3 | <i>Pilot lamp 1</i> | 100.02 | Indikator mode manual |
| 4 | <i>Pilot lamp 2</i> | 100.03 | Indikator mode otomatis |
| 5 | <i>Pilot lamp 3</i> | 100.04 | Indikator <i>Forward Reverse</i> |
| 6 | <i>Pilot lamp 4</i> | 100.05 | Indikator motor |
| 7 | <i>Solenoid valve 1 & pilot lamp 5</i> | 100.06 | <i>Solenoid valve 1 & pilot lamp 5</i> On/Off |
| 8 | <i>Solenoid valve 2 & pilot lamp 6</i> | 100.07 | <i>Solenoid valve 2 & pilot lamp 6</i> On/Off |
| 9 | Buzzer 1 | 100.08 | <i>Alarm counter 1</i> |
| 10 | Buzzer 2 | 100.09 | <i>Alarm counter 2</i> |

2) *Perancangan Human Machine Interface (HMI)*: Pada perancangan ini, HMI dirancang untuk dihubungkan dengan

HMI menggunakan *software* NB-Designer. Untuk dapat menghubungkan antara PT dan PLC dengan menggunakan *ethernet* yaitu dengan mengatur alamat IP yang digunakan pada HMI dan PLC. Dalam merancang desain HMI, perlu melakukan penyesuaian alamat *input* dan *output* yang dibutuhkan pada sistem. Hal ini dilakukan agar HMI dan PLC dapat berkomunikasi secara tepat. Berikut merupakan pengalamatan *input* HMI yang ditunjukkan pada Tabel 7. Tahap selanjutnya yaitu melakukan pengalamatan *output* pada HMI berdasarkan pada Tabel 8

Tabel 7. Pengalamatan *Input* HMI

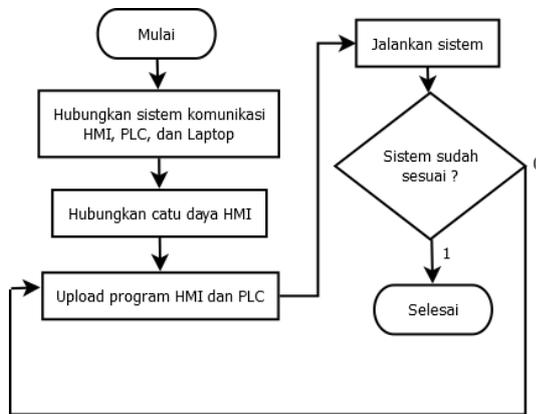
| No. | Alamat | Nama | Fungsi |
|-----|--------|--------------------------|--|
| 1 | W0.10 | <i>Start Mode Manual</i> | Untuk menjalankan mode manual pada sistem |
| 2 | W0.11 | <i>Start Mode Auto</i> | Untuk menjalankan mode auto pada sistem |
| 3 | W0.04 | Silinder A | Untuk menggerakkan silinder A pada mode manual |
| 4 | W0.05 | Silinder B | Untuk menggerakkan silinder B pada mode manual |
| 5 | W0.12 | <i>Forward</i> | Untuk menggerakkan konveyor dalam mode <i>forward</i> |
| 6 | W0.13 | <i>Reverse</i> | Untuk menggerakkan konveyor dalam mode <i>reverse</i> |
| 7 | W0.07 | <i>Reset Counter A</i> | Untuk mereset nilai dari <i>counter A</i> |
| 8 | W0.09 | <i>Reset Counter B</i> | Untuk mereset nilai dari <i>counter B</i> |
| 9 | W0.14 | <i>Reset Storage A</i> | Untuk menghapus data penyimpanan pada <i>storage A</i> |
| 10 | W0.15 | <i>Reset Storage B</i> | Untuk menghapus data penyimpanan pada <i>storage B</i> |

Tabel 8. Pengalamatan *output* HMI

| No. | Alamat | Nama | Fungsi |
|-----|--------|--------------------------|--|
| 1 | 100.02 | <i>Pilot lamp 1</i> | Indikator mode manual |
| 2 | 100.03 | <i>Pilot lamp 2</i> | Indikator mode otomatis |
| 3 | 100.04 | <i>Pilot lamp 3</i> | Indikator <i>Forward Reverse</i> |
| 4 | 100.05 | <i>Pilot lamp 4</i> | Indikator motor |
| 5 | 100.06 | Silinder A | Indikator <i>solenoid valve A</i> |
| 6 | 100.07 | Silinder B | Indikator <i>Solenoid valve B</i> |
| 7 | 100.08 | <i>Storage A</i> | <i>Alarm storage A</i> |
| 8 | 100.09 | <i>Storage B</i> | <i>Alarm storage B</i> |
| 9 | D1 | <i>Counter Storage A</i> | Menyimpan nilai <i>output</i> untuk <i>counter A</i> |

| No. | Alamat | Nama | Fungsi |
|-----|--------|------------------------|--|
| 10 | D2 | Counter Storage B | Menyimpan nilai output untuk counter B |
| 11 | D3 | Timer Konveyor | Menyimpan nilai output untuk timer konveyor |
| 12 | D4 | Data history Storage A | Menyimpan nilai dari jumlah benda pada storage A |
| 13 | D5 | Data history Storage B | Menyimpan nilai dari jumlah benda pada storage B |

Tahapan selanjutnya yaitu mengoperasikan HMI yang dilakukan sesuai dengan diagram alir pengoperasian HMI yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Diagram alir pengoperasian HMI

Gambar 14 menunjukkan alur pengoperasian HMI. Pengoperasian HMI dilakukan dengan menyambungkan sistem komunikasi antara HMI, PLC, dan laptop. Setelah semua sistem komunikasi sudah terhubung, maka nyalakan catu daya HMI. Tahap selanjutnya yaitu meng-upload program PLC dan HMI. Setelah program telah berhasil di-upload, maka selanjutnya yaitu menjalankan sistem dengan menggunakan HMI. Apabila sistem belum berjalan sesuai dengan yang diinginkan, maka perbaiki program dan melakukan upload ulang program.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan

Hasil perancangan *Conveyor Trainer Module* yang telah dibuat pada penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 15. Berikut merupakan spesifikasi akhir dari *trainer* yang telah dibuat yang ditunjukkan pada Tabel 9.

B. Pengujian Mode Manual Sorting Machine

Pengujian mode manual dilakukan untuk menguji sistem secara manual. Dalam mode ini, pengguna dapat melakukan kendali langsung atas tindakan kontrol yang akan dilakukan

pada sistem. Pemilihan mode manual pada HMI dapat dilakukan dengan menekan tombol Manual pada halaman *Main Menu*. Berikut merupakan tampilan halaman mode manual yang ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 15. Hasil Perancangan *Conveyor Trainer Module*

Tabel 9. Spesifikasi *Conveyor Trainer Module*

| Spesifikasi | Keterangan |
|--|---|
| Ukuran (PxLxT) | 80 x 70 x 10 cm |
| Kontrol Utama | Trainer PLC Omron CJ2M CPU-31 |
| Input Voltage | 220 Vac |
| Catu Daya Trainer | 24 Vdc |
| Push button, Emergency Button, Selector Switch | Suplai : 24 Vdc Output : <i>Normaly Open</i> dan <i>Normaly Close</i> |
| Sensor Proximity Induktif | Suplai : 24 Vdc Output : <i>PNP Normally Open (NO)</i> Jarak efektif : 1 cm |
| Sensor Fotoelektrik | Suplai : 24 Vdc Output : <i>PNP Normally Open (NO)</i> Jarak efektif : 10 cm |
| Sensor Proximity Kapasitif | Suplai : 24 Vdc Output : <i>NPN Normally Open (NO)</i> Jarak efektif : 1 cm |
| Motor DC | Suplai : 24 Vdc Ratio 1:56 (140 rpm) |
| Modul PWM Solenoid valve | Suplai 24 Vdc 5/2 Single Coil Suplai : 24 vdc Tekanan operasi : 0.15 Mpa – 0.8 Mpa |
| Silinder | <i>Double Acting Cylinder</i> Range Tekanan : 0.1 Mpa – 1 Mpa |
| Pilot lamp, Buzzer, Reed switch | Suplai : 24 Vdc |
| Relay | Tipe DPDT (8 pin) Suplai : 24 Vdc |

Mode manual dapat berjalan ketika tombol Start pada HMI ditekan. Pada mode manual, pengguna dapat melakukan perubahan arah putaran pada konveyor serta mengaktifkan silinder secara manual dengan menekan tombol yang ada pada tampilan HMI. Berikut di bawah ini merupakan rangkuman dari hasil pengujian HMI pada mode manual menggunakan HMI yang ditunjukkan pada Tabel 10



Gambar 16. Tampilan halaman mode manual



Gambar 17. Tampilan halaman mode auto ada HMI

Tabel 10. Pengujian HMI pada mode manual

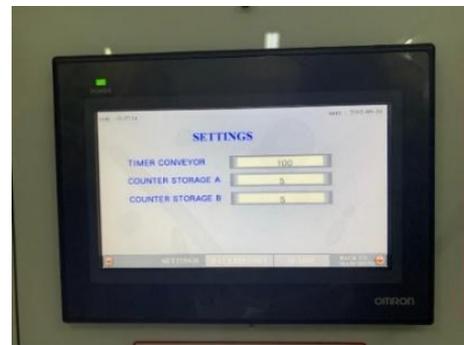
| Tombol/ Fitur | Alamat Input | Output | Alamat Output | Keterangan |
|------------------|-----------------|---------------|------------------|--|
| Start | W0.10 | Lamp 1 | 100.02 | Indikator mode manual pada <i>trainer</i> menyala |
| | | Motor | 100.01 | Konveyor aktif dan indikator konveyor pada HMI menyala |
| | | Lamp 4 | 100.05 | Indikator motor pada <i>trainer</i> menyala |
| Forward | W0.12 | Relay 2 | 100.00 | Konveyor mode <i>forward</i> |
| | | Lamp 3 | 100.04 | Indikator konveyor mode <i>forward</i> |
| Reverse | W0.13 | Relay 2 | 100.00 | Konveyor mode <i>reverse</i> |
| Silinder A | W0.04 | SV A & Lamp 5 | 100.06 | <i>Solenoid valve</i> A aktif dan indikator silinder A menyala pada <i>trainer</i> dan HMI |
| Silinder B | W0.05 | SV B & Lamp 6 | 100.07 | <i>Solenoid valve</i> B aktif dan indikator silinder B menyala pada <i>trainer</i> dan HMI |

C. Pengujian Mode Auto Sorting Machine

Pengujian mode auto dilakukan untuk menguji sistem secara otomatis. Dalam mode ini, sistem kontrol atau PLC melakukan kendali penuh atas tindakan kontrol sesuai dengan program yang telah dibuat pada program PLC. Pada saat mode ini diaktifkan, maka sistem secara otomatis menjalankan sistem *sorting machine* untuk memilah benda berdasarkan jenisnya. Pengujian mode auto pada HMI dengan memilih mode auto pada tampilan HMI. Berikut merupakan tampilan halaman mode manual yang ditunjukkan pada Gambar 17.

Tahapan yang dilakukan sebelum menjalankan mode auto yaitu melakukan pengaturan untuk mengatur nilai pada *timer* konveyor dan *counter* pada sensor

Pengaturan dilakukan dengan menekan tombol *Settings* pada HMI. Berikut merupakan tampilan halaman *Settings* pada HMI yang ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Tampilan halaman Settings pada HMI

Pada halaman menu *Settings*, dimasukkan nilai *Timer* sebesar 200 ms, *counter* A dan *counter* B dengan nilai 10. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat mode auto dijalankan maka saat sensor fotoelektrik tidak mendeteksi adanya benda pada konveyor selama 200 ms maka konveyor akan mati secara otomatis. Sedangkan sensor akan mendeteksi benda sebanyak 10 benda dan apabila telah melewati jumlah tersebut maka *alarm* menjadi aktif sebagai indikator penyimpanan penuh.

Tahap selanjutnya yaitu menjalankan mode auto dengan cara menekan tombol *start* pada halaman mode auto, maka sistem dijalankan dalam mode auto untuk melakukan pemilahan benda logam dan non-logam. Tabel 11 menunjukkan rangkuman dari hasil pengujian HMI pada mode auto menggunakan HMI.

Tabel 11. Pengujian HMI pada mode auto

| Tombol/ Fitur | Alamat Input | Output | Alamat Output | Keterangan |
|---------------------|-----------------|---------|------------------|---|
| Start | W0.11 | Lamp 2 | 100.03 | Indikator mode auto pada <i>trainer</i> menyala |
| Sensor fotoelektrik | 0.09 | Motor | 100.01 | Indikator fotoelektrik aktif, konveyor aktif, dan indikator konveyor pada HMI menyala |
| Forward | W0.12 | Relay 2 | 100.00 | Konveyor mode <i>forward</i> |

| Tombol/ Fitur | Alamat Input | Output | Alamat Output | Keterangan |
|-----------------------------------|-----------------|---------------|------------------|---|
| | | Lamp 3 | 100.04 | Indikator konveyor mode <i>forward</i> |
| Reverse | W0.13 | Relay 2 | 100.00 | Konveyor mode <i>reverse</i> |
| Sensor <i>proximity</i> induktif | 0.10 | SV A & Lamp 5 | 100.06 | Solenoid valve A aktif dan indikator silinder A menyala pada <i>trainer</i> dan HMI |
| Sensor <i>proximity</i> kapasitif | 0.11 | SV B & Lamp 6 | 100.07 | Solenoid valve B aktif dan indikator silinder B menyala pada <i>trainer</i> dan HMI |
| Reset counter A | W0.07 | Buzzer 1 | 100.08 | Reset nilai <i>counter</i> pada <i>storage</i> A dan mematikan <i>buzzer</i> 1 |
| Reset counter B | W0.09 | Buzzer 2 | 100.09 | Reset nilai <i>counter</i> pada <i>storage</i> B dan mematikan <i>buzzer</i> 2 |

Berdasarkan hasil percobaan penyortiran benda pada mode auto, berikut merupakan rangkuman hasil pengujian sistem *sorting machine* yang telah dilakukan ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil pengujian *sorting machine*

| Jumlah Benda | | Persentase Keberhasilan (%) | | Rata-Rata (%) |
|--------------|-----------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------|
| Logam | Non-logam | Sensor <i>Proximity</i> Induktif (I) | Sensor <i>Proximity</i> Kapasitif (K) | |
| 10 | 10 | 100 | 70 | 85 |

Berikut merupakan perhitungan dari Tabel 12:

$$\% I = \frac{\text{Jumlah Berhasil Sortir}}{\text{Jumlah Benda Logam}} \times 100 \% = \frac{10}{10} \times 100 \% = 100 \% \quad (1)$$

$$\% K = \frac{\text{Jumlah Berhasil Sortir}}{\text{Jumlah Benda Logam}} \times 100 \% = \frac{7}{10} \times 100 \% = 70 \% \quad (2)$$

$$\% \text{ Keberhasilan} = \frac{\% I + \% K}{2} = \frac{100 + 70}{2} = 85\% \quad (3)$$

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 12 menunjukkan bahwa dalam pengujian ini digunakan 10 benda logam dan 10 benda non-logam. Dari hasil pengujian sistem *sorting machine* telah berjalan dengan cukup optimal. sensor *proximity* induktif berhasil mendeteksi dan menyortir semua benda logam yang berjumlah 10 buah. Sebaliknya, sensor *proximity* kapasitif hanya berhasil mendeteksi dan menyortir 7 dari 10 benda non-logam.

Rata-rata keberhasilan penyortiran dihitung dengan mengambil rata-rata dari persentase keberhasilan kedua sensor. Berdasarkan hasil pada Tabel 12 menunjukkan bahwa sistem *sorting machine* memiliki rata-rata persentase keberhasilan dalam melakukan penyortiran sebesar 85%. Ini

menunjukkan bahwa sistem secara keseluruhan bekerja dengan baik, meskipun terdapat beberapa kegagalan dalam mendeteksi dan menyortir benda non-logam. Hal ini disebabkan jarak benda yang melebihi jangkauan efektif dari sensor *proximity* kapasitif. Hal ini mengakibatkan beberapa benda non-logam tidak berhasil terdeteksi dan disortir ke dalam *storage* yang sesuai.

V. SIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu

- 1) *Conveyor trainer module* yang telah dibuat berhasil melakukan simulasi proses otomatisasi industri secara otomatis dengan cara mengintegrasikan berbagai komponen elemen-elemen yang sering digunakan di industri dengan memanfaatkan penggunaan PLC sebagai sistem kontrol.
- 2) *Conveyor Trainer Module* telah berhasil melakukan proses penyortiran benda berdasarkan jenisnya dengan tingkat keberhasilan 85%. Hal ini terjadi karena jarak deteksi sensor yang terlalu kecil sehingga menyebabkan benda terkadang tidak terdeteksi.
- 3) Integrasi antara HMI dan PLC telah berhasil dilakukan melalui komunikasi serial menggunakan protokol Ethernet. Hal ini diperoleh berdasarkan hasil pengujian langsung yang dilakukan pada sistem, di mana komunikasi antara HMI dan PLC berhasil terjalin dengan baik. Hasil ini menunjukkan bahwa HMI dapat secara efektif mengirim dan menerima data dari PLC, sehingga memungkinkan pengguna untuk memantau status sistem dan mengendalikan proses secara *real-time*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Prayitono, "Aplikasi PLC Omron CP1E 30 I/O pada Training Kit Electropneumatic," Universitas Gadjah Mada, 2013.
- [2] H. Purnomo, *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [3] M. K. Khuluqi, "Perancangan dan Pembuatan *Trainer*-Kit Programmable Logic Control (PLC) untuk Media Pembelajaran Sistem Otomasi Industri (Studi Kasus: Jurusan Teknik ...," 2021, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/88991>
- [4] M. Imaduddin, "Rancang Bangun *Trainer* Alat Penyortir Barang Logam Dan Non Logam Sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Dasar Sistem Kontrol," Universitas Negeri Semarang, 2016.
- [5] I. D. Setianto, "Perancangan Komunikasi Sistem Monitoring Pada Automation Sorting Line System," pp. 1–139, 2018.
- [6] D. Y. Kusuma, "Sistem Konveyor Timbangan pada Sistem Pengepakan Produk Kemasan Plastik dengan Kontrol PLC dan Visualisasi Berbasis Peramban menggunakan Protokol MQTT," Universitas Gadjah Mada, 2023.
- [7] W. Bolton, *Programmable Logic Controllers fourth edition*, vol. 53, no. 9. Elsevier Newnes, 2006.
- [8] A. E. Putra, *PLC : Konsep, Pemograman dan Aplikasi (Omron CPM1A/CPM2A dan ZEN Programmable Relay)*, Edisi Pert. Yogyakarta: Gava Media, 2004.
- [9] A. Wahyuningrum, "Perancangan Sistem Marking Quick Response Code Menggunakan Mesin Laser Berbasis Programmable Logic Controller," Universitas Tidar, 2023. [Online]. Available: https://repositori.untidar.ac.id/index.php?p=show_detail&id=13459&keywords=
- [10] Electric-B2C, "Photoelectric Sensor E3F-DS30P1."
- [11] Sudaryono, *Pneumatik dan Hidrolik*, Edisi Pert. Jakarta: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan, 2013.

-
- [12] D. Darto, "Perencanaan Dan Simulasi Sistem Pneumatik Pada Mesin Pres Briket Blothong Berbantuan Perangkat Lunak," *J. Teknol. dan Manaj. Inform.*, vol. 1, no. 1, 2015, doi: 10.26905/jtmi.v1i1.67.
- [13] A. Yudianto, *Limit Switch dan Sensor pada Pneumatik dan Elektro Pneumatik*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2017.
- [14] A. Ma'arif, R. Istiarno, and S. Sunardi, "Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID) pada Kecepatan Sudut Motor DC dengan Pemodelan Identifikasi Sistem dan Tuning," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 2, p. 374, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i2.374.
- [15] B. Mas and E. K. Yulyawan, "Uji Kemampuan RPM Motor DC Permanen Baldor dengan Sumber Daya Solar Cell Monocrystallin 50 Wp," *ELPOSYS J. Sist. Kelistrikan*, vol. 9, no. 1, pp. 6–11, 2022, doi: 10.33795/elposys.v9i1.85.
- [16] D. M. Chalim, "Rancang Bangun Alat Ukur Efek Doppler pada Gelombang Ultrasonik," Universitas Indonesia, 2012.
- [17] A. Anarwati and I. Setiono, "Motor Dc Power Windows Berbasis Plc Panasonic Menggunakan Human Machine Interface (Hmi)," *Gema Teknol.*, vol. 19, no. 3, pp. 32–37, 2017.