

Penggunaan *Programmable Logic Controller* dalam Pengembangan Mesin *Shuttle Pallet* Otomatis

Ilamsyah*¹, Aris², Naufal Alwan Hafidhi³, Virdha Azkha Ramadani Halip⁴,
Muhamad Farizky⁵

^{1,2,3}Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Raharja

^{4,5}Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Raharja

Email: ilamsyah@raharja.info*¹, aris@raharja.info², naufal.alwan@raharja.info³,
virdha@raharja.info⁴, farizky@raharja.info⁵

Abstrak

Perkembangan teknologi komputerisasi yang semakin pesat memiliki peran penting dalam berbagai bidang, termasuk industri manufaktur. Salah satu tantangan yang dihadapi industri adalah masalah penyimpanan produk jadi di gudang, khususnya dalam hal efisiensi ruang dan tenaga kerja. Ketika produk selesai diproduksi dan disusun di atas palet, produk-produk tersebut tidak dapat ditumpuk secara vertikal, sehingga memerlukan ruang yang luas untuk penyimpanan. Hal ini menyebabkan proses pergudangan menjadi kurang efisien, baik dari segi penggunaan ruang maupun waktu. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sebuah prototipe mesin *shuttle pallet* yang menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) untuk meningkatkan efisiensi penyimpanan dan pengelolaan produk di gudang. Dengan menggunakan sistem kendali otomatis berbasis PLC, mesin ini diharapkan mampu memindahkan dan menyusun palet-palet secara lebih teratur dan hemat ruang. Selain itu, penggunaan mesin ini juga bertujuan untuk mengurangi kebutuhan tenaga kerja dalam proses penyimpanan, serta meminimalisir risiko kesalahan yang disebabkan oleh intervensi manusia. Metode pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *waterfall*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis untuk meningkatkan efisiensi ruang dan tenaga kerja di gudang, serta menjadi referensi dalam pengembangan teknologi otomatisasi di industri manufaktur lainnya.

Kata Kunci—*Shuttle pallet; Throw Away Prototyping; PLC*

Abstract

The rapid development of computerization technology plays an important role in various fields, including the manufacturing industry. One of the challenges faced by the industry is the issue of product storage in warehouses, particularly in terms of space and labour efficiency. When products are finished and placed on pallets, they cannot be stacked vertically, requiring a large amount of space for storage. This makes the warehousing process inefficient, both in terms of space usage and time management. This research focuses on the development of a shuttle pallet machine prototype that uses a Programmable Logic Controller (PLC) to improve the efficiency of product storage and management in warehouses. By using an automated control system based on PLC, this machine is expected to move and arrange pallets more systematically and space-efficiently. Moreover, the use of this machine also aims to reduce labour needs in the storage process and minimize the risk of errors caused by human intervention. The development method used in this research is the waterfall method. The results of this research are expected to provide practical solutions to improve space and labour efficiency in warehouses, as well as serve as a reference in the development of automation technology in other manufacturing industries.

Keywords— *Shuttle pallet; Throw Away Prototyping; PLC*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam sistem komputer semakin pesat, menjadikan teknologi ini memiliki peran penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Teknologi sistem komputer memberikan banyak manfaat dalam memudahkan berbagai pekerjaan, baik yang sederhana maupun yang kompleks. Seiring dengan kemajuan teknologi komputerisasi saat ini, masyarakat dituntut untuk terus meningkatkan pemahaman dan penguasaan terhadap teknologi yang ada. Masalah utama yang dihadapi dalam proses produksi adalah pada tahap penyimpanan produk jadi setelah proses produksi selesai. Setelah selesai produksi, unit-unit tersebut disusun di atas palet dan dipindahkan ke gudang penyimpanan. Namun, masalah muncul ketika palet-palet ini tidak dapat ditumpuk secara vertikal karena desain dan sifat dari produk yang disusun di atasnya. Alhasil, penyimpanan hanya dapat dilakukan dengan menempatkan palet-palet tersebut secara horizontal, berdampingan dengan palet lain, yang pada akhirnya membutuhkan ruang yang sangat luas.

Keadaan tersebut menimbulkan beberapa kendala, di antaranya adalah efisiensi ruang yang rendah. Dalam sebuah gudang dengan kapasitas terbatas, ketidakmampuan untuk menumpuk palet secara vertikal mengakibatkan penggunaan ruang yang tidak maksimal. Selain itu, kebutuhan akan ruang penyimpanan yang luas juga meningkatkan beban operasional, seperti biaya perawatan gudang yang lebih besar dan kebutuhan untuk memperluas area gudang seiring dengan bertambahnya produksi. Dari sisi tenaga kerja, proses penyusunan palet yang hanya bisa dilakukan secara horizontal juga memerlukan waktu lebih lama dan tenaga kerja tambahan. Karyawan harus mengalokasikan lebih banyak waktu dan usaha untuk memindahkan serta menyusun palet dengan hati-hati, memastikan setiap palet ditempatkan dengan baik tanpa menimbulkan risiko kerusakan pada produk. Hal ini tidak hanya meningkatkan beban kerja karyawan, tetapi juga mengurangi efisiensi keseluruhan dalam proses manajemen gudang.

Masalah penyimpanan ini dapat berdampak langsung pada biaya operasional perusahaan, karena gudang yang tidak dikelola secara efisien memerlukan ruang yang lebih besar, tenaga kerja tambahan, serta waktu yang lebih lama dalam proses pengelolaan produk. Selain itu, risiko kerusakan produk juga meningkat jika penyimpanan dilakukan secara tidak teratur atau tidak efisien. Dari sisi tenaga kerja, proses penyusunan palet yang hanya dapat dilakukan secara horizontal juga menambah beban kerja karyawan. Proses pengangkutan dan penataan palet yang memakan waktu lama, ditambah dengan keterlibatan manual yang tinggi, sering kali berisiko menurunkan produktivitas keseluruhan. Selain itu, kesalahan dalam penempatan palet atau pengelolaan produk dapat mengakibatkan kerusakan barang, yang akan mempengaruhi kualitas produk yang disimpan dan dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan.

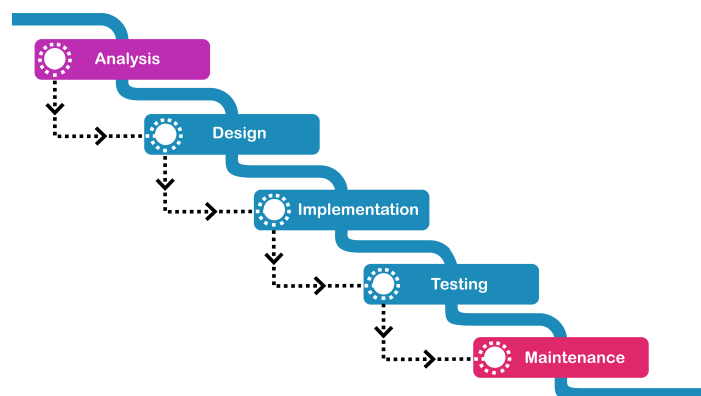
Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan upaya untuk meningkatkan efisiensi proses penyimpanan dan pengelolaan produk di gudang. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan solusi yang lebih efektif melalui pengembangan prototipe mesin shuttle pallet yang menggunakan teknologi *Programmable Logic Controller* (PLC), yang diharapkan mampu mengatasi kendala dalam penyimpanan, serta meningkatkan efisiensi ruang dan tenaga kerja. *Programmable Logic Controller* adalah suatu peralatan elektronika yang bekerja secara digital memiliki memori yang dapat diprogram, menyimpan perintah-perintah untuk melakukan fungsi-fungsi khusus seperti logika, timing, dan counting untuk mengontrol berbagai jenis mesin melalui modul input – output analog atau digital^[1] Teknologi *Programmable Logic Controller* (PLC) merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. PLC merupakan sistem kendali otomatis yang dapat diprogram untuk mengelola berbagai proses industri, termasuk dalam hal pengaturan dan penyimpanan produk di gudang. PLC menggunakan memori yang dapat di program untuk menyimpan secara internal industri-industri yang mengimplementasikan fungsi-fungsi seperti logika, pencacahan, perwaktuan, urutan, dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau memproses melalui modul I/O digital maupun analog^[2]. Dengan memanfaatkan PLC, mesin dapat diatur untuk bekerja secara otomatis dalam memindahkan, menyusun, dan mengelola produk di gudang dengan lebih efisien. Mesin *shuttle pallet* yang menggunakan PLC memungkinkan pengelolaan palet secara terorganisir, mengoptimalkan penggunaan ruang

penyimpanan, serta mengurangi keterlibatan tenaga kerja manusia dalam proses yang berulang-ulang dan membutuhkan akurasi tinggi.

Penelitian yang relevan dengan penelitian yang dilakukan saat ini diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Bekeng dan Depthios^[3] membahas tentang perancangan lengan robot pemindah barang yang dapat diterapkan dalam industri, khususnya industri kimia. Rancangan ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560, yang memungkinkan pemindahan barang tanpa harus melakukan kontak langsung dengan manusia. Selain itu, sistem kontrolnya dapat dioperasikan melalui *smartphone* Android, memberikan kemudahan dan efisiensi dalam proses pemindahan barang. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh^[4] yang membuat sebuah system yang dapat melakukan proses pemilahan dan pemindahan barang secara otomatis berdasarkan warna. Sensor warna TCS3200 yang terpasang pada robot akan mendeteksi objek atau barang. Sementara^[5] membuat rancangan prototipe robot pembawa barang otomatis yang berbasis Arduino Uno DIP. Robot ini dirancang untuk mempermudah proses pengangkutan barang dengan menggunakan troli yang dapat dikombinasikan dengan sensor ultrasonic. Sensor ultrasonic ini berfungsi untuk mendeteksi objek di sekitarnya, seperti tangan, tas, topi, plastik, buah, baju, dan buku, pada jarak hingga 50 cm. Dengan demikian, robot dapat merespons lingkungan sekitarnya secara efektif, meningkatkan kinerja dan efisiensi dalam proses pemindahan barang.

2. METODE PENELITIAN

Dalam pengembangan sistem otomatis, pemilihan metode yang tepat sangat penting untuk memastikan keberhasilan proyek. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode waterfall.. Setiap tahap dalam metode ini harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya, sehingga meminimalkan risiko kesalahan dan memastikan bahwa semua aspek dari pengembangan sistem diperhatikan dengan cermat. Metode waterfall terdiri dari beberapa tahapan, yaitu analisis kebutuhan (*requirements*), perancangan system (*design*), implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Pada setiap tahap, peneliti akan melakukan evaluasi dan verifikasi untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Dengan menggunakan metode ini, diharapkan pengembangan mesin shuttle pallet otomatis yang berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien. Metode *waterfall* yang digunakan tersebut digambarkan pada diagram berikut :



Gambar 1. Tahapan Pada Metode *Waterfall*

Tahapan yang dilakukan berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Tahap *Requirements* (kebutuhan)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan evaluasi terhadap kebutuhan pada pengembangan prototipe mesin shuttle pallet otomatis. Tahap ini merupakan bagian yang penting untuk memastikan bahwa semua elemen yang diperlukan telah dipertimbangkan sebelum melanjutkan ke tahap perancangan dan implementasi. Proses ini meliputi dua aspek utama, yaitu kebutuhan hardware dan kebutuhan software.

A. Kebutuhan hardware mencakup semua perangkat fisik yang diperlukan untuk menjalankan sistem otomatisasi. Berdasarkan hasil diskusi dengan klien dan penelitian awal, berikut adalah komponen hardware yang akan digunakan dalam prototipe ini:

1. **Programmable Logic Controller (PLC)**

PLC berfungsi sebagai otak dari sistem, yang akan mengontrol semua proses otomatisasi. PLC dipilih karena kemampuannya dalam mengelola berbagai input dan output, serta memberikan keandalan tinggi dalam aplikasi industri.

2. **Motor Listrik**

Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik, energi tersebut berupa putaran dari motor^[6]. Motor listrik diperlukan untuk menggerakkan komponen mekanik dari mesin shuttle pallet. Penulis memilih motor listrik yang sesuai dengan spesifikasi daya dan torsi yang diperlukan untuk menjalankan fungsi pemindahan pallet dengan efisien.

3. **Sensor Jarak**

Sensor jarak adalah sensor jarak berbasis laser yang menghasilkan pengukuran jarak yang sangat akurat. Modul ini bisa mengukur jarak absolut hingga 2 meter^[7]. Sensor jarak digunakan untuk mendeteksi objek di sekitar mesin. Dengan menggunakan sensor ini, mesin dapat mengenali keberadaan pallet dan menghindari tabrakan, sehingga meningkatkan keamanan operasional.

4. **Step Up Step Down Converter**

Konverter boost adalah jenis pada konverter yang dapat menghasilkan tegangan keluaran lebih besar dibanding tegangan masukannya. Komponen yang digunakan pada konverter ini adalah saklar, induktor, kapasitor, dioda. Konverter boost akan bekerja dalam membuka dan menutup^[8]. Konverter ini diperlukan untuk mengatur tegangan agar sesuai dengan kebutuhan operasional dari perangkat yang digunakan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa semua komponen menerima pasokan daya yang tepat dan stabil.

5. **Motor Servo**

Motor servo adalah sebuah motor listrik dengan system umpan balik tertutup (*close loop*) dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian control yang ada di dalam motor servo^[9]. Motor servo akan digunakan untuk mengontrol posisi dan gerakan komponen mesin dengan presisi. Ini sangat penting dalam aplikasi pemindahan pallet yang memerlukan akurasi tinggi dalam penyusunan dan pengambilan barang

B. Kebutuhan Software

Kebutuhan software mencakup perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan dan mengoperasikan sistem. Dalam pengembangan prototipe ini menggunakan GX Developer untuk memprogram PLC. Dengan GX Developer dapat membuat logika kontrol yang diperlukan untuk mengatur semua proses operasional mesin. Software ini menyediakan antarmuka yang user-friendly dan fitur yang mendukung pemrograman ladder diagram serta pemrograman berbasis blok.

2. Tahap Desain

Pada tahap desain sistem, setelah kebutuhan atau spesifikasi sistem sudah jelas dan siap, proses ini melibatkan pembuatan desain yang lebih rinci dan terstruktur untuk menggambarkan bagaimana sistem akan bekerja. Berikut adalah langkah-langkah rinci dari proses tersebut:

1. Menyusun Flowchart

Flowchart adalah diagram yang menampilkan alur kerja atau proses secara visual. Dalam tahap ini, langkah-langkah dilakukan melalui identifikasi proses utama yaitu dengan menentukan proses atau langkah besar dalam sistem yang akan dirancang, seperti input, pemrosesan, dan output. Selanjutnya setiap langkah atau proses digambarkan dengan

simbol-simbol standar, seperti oval untuk start/stop, persegi panjang untuk proses, belah ketupat untuk keputusan, dan panah untuk menunjukkan aliran dari satu proses ke proses lainnya. Setelah flowchart disusun, tinjau ulang untuk memastikan bahwa semua proses dan keputusan sudah digambarkan dengan jelas dan tidak ada langkah yang terlewat.

2. Membuat Diagram Blok

Diagram blok digunakan untuk menggambarkan komponen atau bagian dari sistem yang akan dirancang dan interaksi di antara komponen-komponen tersebut. Langkah-langkah dalam pembuatan diagram blok dimulai dengan menentukan bagian atau modul utama dari sistem. Misalnya, dalam sistem perangkat lunak, ini bisa mencakup modul input, pemrosesan, database, dan output. Setiap komponen utama digambarkan sebagai sebuah blok di dalam diagram. Blok ini mewakili bagian atau modul yang berbeda dari sistem. Dilanjutkan dengan menghubungkan blok-blok tersebut dengan garis atau panah untuk menunjukkan bagaimana data atau informasi mengalir di antara komponen-komponen tersebut. Ini bisa mencakup jalur data dari input menuju pemrosesan, dari pemrosesan ke penyimpanan, dan akhirnya ke output.

3. Tahap *Implementation (Coding)*

Proses coding dalam pembuatan program menggunakan bahasa *Ladder Diagram (LD)* terdiri dari beberapa tahapan yang spesifik untuk memprogram alat atau sistem kontrol, terutama pada perangkat PLC (*Programmable Logic Controller*). *Ladder Diagram* merupakan bahasa pemrograman visual yang berbasis pada logika relai listrik, dimana kode atau program digambarkan dalam bentuk "tangga" dengan setiap langkah mewakili logika tertentu. Sebelum diimplementasikan pada alat nyata, program LD harus diuji menggunakan fitur simulasi yang tersedia pada software PLC. Simulasi ini memungkinkan programmer untuk memastikan bahwa logika berjalan sesuai dengan yang diinginkan tanpa harus menghubungkan perangkat fisik.

4. Tahap *Testing*

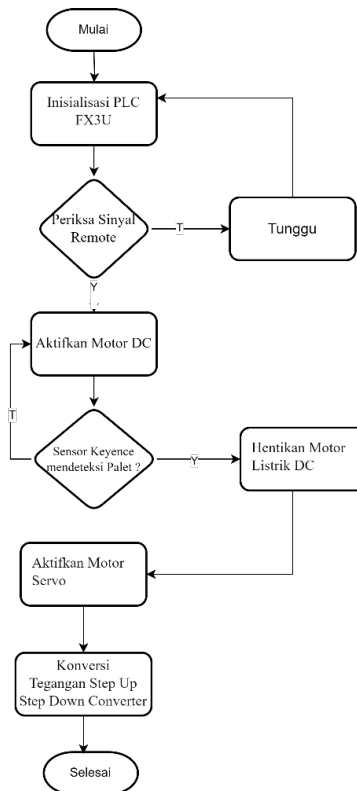
Pengujian merupakan tahap yang krusial untuk memastikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi dan tujuan. Metode *blackbox* testing fokus pada pengujian fungsionalitas dari mesin shuttle pallet otomatis tanpa melihat ke dalam struktur atau kode internal. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa input dari pengguna atau sistem eksternal menghasilkan output yang diharapkan sesuai dengan kebutuhan spesifikasi sistem. Pengujian terhadap fitur dilakukan dengan menentukan fungsi utama dari mesin *shuttle pallet* otomatis yang perlu diuji. Mencakup input dari sensor, penggerak motor, kontrol arah, kecepatan pergerakan, serta respons terhadap kondisi tertentu. Yaitu untuk mengetahui ketepatan pergerakan shuttle dalam mengambil dan menempatkan pallet, Respon sistem terhadap sinyal dari sensor (misalnya sensor deteksi pallet atau posisi akhir) atau respons otomatis jika terjadi kegagalan input, seperti overloading atau kesalahan sensor.

5. Tahap *Maintenance*

Proses *maintenance* atau pemeliharaan sangat penting untuk memastikan bahwa mesin shuttle pallet otomatis tetap berfungsi dengan baik dan berkelanjutan. Pemeliharaan melibatkan serangkaian pemeriksaan dan tindakan perbaikan yang dilakukan secara berkala untuk menghindari kerusakan, memperpanjang umur sistem, dan menjaga kinerjanya tetap optimal. *Maintenance* dilakukan melalui pemeriksaan sensor-sensor dalam sistem (misalnya sensor posisi pallet atau sensor berat) dalam kondisi baik dan tidak terhalang oleh debu atau material lain yang dapat mempengaruhi kinerja deteksi. Atau melakukan inspeksi motor dan aktuator untuk memastikan bahwa tidak ada kebocoran oli, keausan yang berlebihan, atau suara yang tidak biasa yang dapat mengindikasikan adanya kerusakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem yang dibuat dirancang untuk menyederhanakan proses penyimpanan barang secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi Shuttle pallet yang dikendalikan oleh *Programmable Logic Controller* (PLC). Proses dimulai ketika operator meletakkan pallet barang pada shuttle pallet yang terletak di depan rak penyimpanan. Operator hanya perlu memastikan pallet berada di area penempatan yang telah ditentukan, tanpa perlu melakukan langkah manual lebih lanjut. Sistem dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi keberadaan pallet di atas *shuttle pallet*. Informasi ini dikirimkan ke PLC sebagai sinyal untuk memulai proses otomatis. Setelah pallet terdeteksi, *shuttle pallet* akan secara otomatis melakukan pencarian tempat kosong di rak penyimpanan. Proses ini diatur oleh PLC yang memerintahkan *shuttle pallet* untuk bergerak sepanjang rak penyimpanan hingga menemukan lokasi yang tersedia. Setelah lokasi kosong ditemukan, *shuttle pallet* akan mengangkat pallet barang dan menempatkannya dengan hati-hati di rak penyimpanan. Mekanisme pengangkatan ini menggunakan motor servo atau sistem hidrolik, yang dikendalikan oleh PLC. Sistem pengangkatan diaktifkan setelah *shuttle pallet* berada tepat di depan rak penyimpanan. Mekanisme pengangkat akan menaikkan *pallet* ke ketinggian yang tepat sesuai dengan level rak yang dipilih. Proses diatas dapat digambarkan dengan flowchart sebagai berikut :



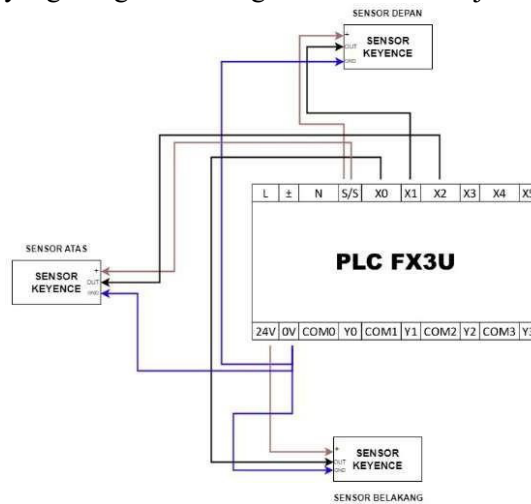
Gambar 2. Flowchart Shuttle Pallet Otomatis

Secara garis besar *prototype* ini terdiri dari dua rangkaian.

1. Rangkaian kontroler sensor jarak

Sensor Keyence PZ-V31 dapat dipasang pada shuttle pallet untuk mendeteksi apakah ada pallet yang ditempatkan oleh operator. Ketika pallet terdeteksi, sensor akan mengirimkan sinyal ke PLC FX3U untuk memulai proses pencarian rak kosong. Sensor Keyence PZ-V31 juga bisa digunakan untuk mendeteksi apakah rak penyimpanan dalam keadaan kosong atau terisi. Sinyal dari sensor ini digunakan oleh PLC untuk menentukan lokasi rak yang siap untuk menampung pallet baru. Selain mendeteksi objek, sensor fotoelektrik ini bisa ditempatkan di berbagai titik

untuk memantau posisi *shuttle pallet* selama proses pergerakannya, memastikan shuttle bergerak dengan akurat ke tempat yang diinginkan. Diagram untuk sensor jarak adalah sebagai berikut :



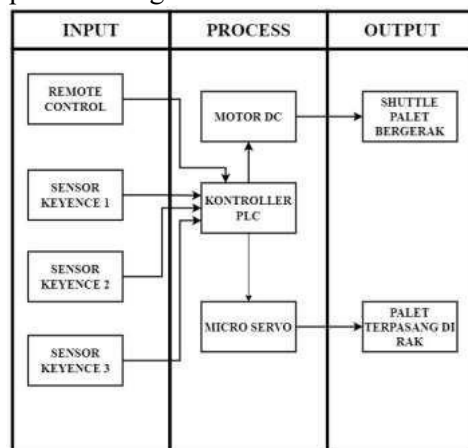
Gambar 3. Rangkaian Kontroler Dengan Sensor Jarak

2. Diagram Blok

Sebelum PLC di program sesuai yang dibutuhkan, Langkah awal adalah menyambungkan semua rangkaian ke PLC. Setelah semua rangkaian terhubung ke PLC dan sudah di program, maka shuttle akan bekerja sebagai berikut:

- a. *Shuttle pallet* akan stand by di ujung raking menunggu palet kompor di taruh diatasnya oleh operator forklift.
- b. Setelah palet di taruh diatas *Shuttle pallet*, operator forklift akan menekan tombol pada remote control untuk memerintahkan *Shuttle pallet* mengantar palet kompor ke ujung raking.
- c. *Shuttle pallet* akan segera mengangkat palet kompor menggunakan servo motor yang sudah di program dan berjalan menuju ujung raking.
- d. Sensor jarak akan memerintahkan *Shuttle pallet* untuk berhenti ketika akan segera sampai di ujung raking.
- e. Setelah *Shuttle pallet* berhenti, motor servo akan menurunkan palet kompor dan *Shuttle pallet* akan kembali ke posisi semula.
- f. Ketika di posisi semula sudah di taruh palet kompor oleh operator forklift, *Shuttle pallet* akan otomatis mengangkat palet kompor dan mengantarkan ke ujung raking.

Cara kerja alat sesuai deskripsi diatas digambarkan dalam bentuk diagram blok sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram Blok Sistem PLC

3. Rangkaian kontroler dengan sistem gerak

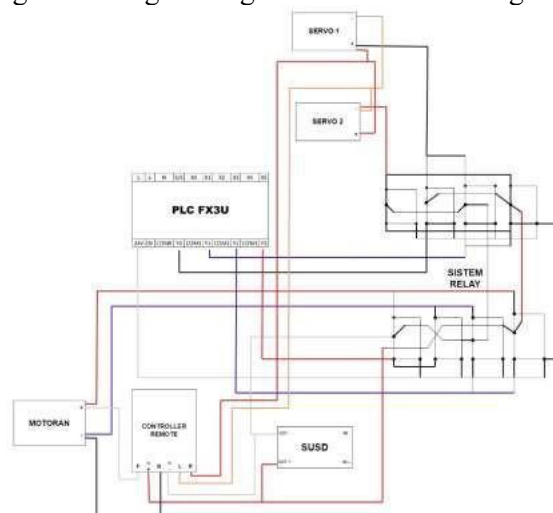
Sistem gerak memerlukan integrasi berbagai komponen mekanis dan elektronik untuk mengendalikan pergerakan alat, pallet, dan remote control secara otomatis. Rangkaian kontroler ini melibatkan kontroler PLC, motor listrik DC (motoran), *receiver remote control*, sistem relay, motor servo, serta step-up-step-down untuk pengaturan tegangan. Berikut adalah penjelasan terperinci untuk masing-masing sistem gerak tersebut.

1. Kontroler PLC: Mengendalikan keseluruhan sistem gerak alat. PLC menerima sinyal dari sensor yang mendeteksi posisi shuttle pallet dan memberikan instruksi untuk menjalankan motor listrik DC.
2. Motor Listrik DC: Menggerakkan shuttle pallet di sepanjang jalurnya. Motor DC biasanya dipilih karena kecepatannya yang dapat dikontrol dengan mudah menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*). Motor ini menerima perintah dari PLC untuk bergerak maju atau mundur berdasarkan sinyal input.
3. *Relay*: Digunakan sebagai saklar otomatis yang dikendalikan oleh PLC untuk mengaktifkan atau mematikan motor listrik DC. Saat PLC mengirimkan sinyal untuk menggerakkan shuttle pallet, relay akan menyalurkan arus listrik ke motor DC sehingga motor dapat berputar dan menggerakkan alat.
4. *Step-up-Step-down*: Komponen ini digunakan untuk mengatur tegangan yang diperlukan untuk motor listrik dan perangkat lain. Jika motor listrik memerlukan tegangan yang berbeda dari sistem kontrol (misalnya, 12V atau 24V), *step-up-step-down* dapat menaikkan atau menurunkan tegangan agar sesuai dengan kebutuhan motor.

Mekanisme Operasi dari komponen diatas adalah sebagai berikut :

- PLC menerima input dari sensor posisi *shuttle pallet*.
- Berdasarkan posisi yang terdeteksi, PLC mengirimkan sinyal untuk menggerakkan motor DC.
- Relay diaktifkan oleh PLC untuk menyalakan motor DC dan menggerakkan alat ke posisi yang diinginkan.
- *Step-up-step-down* memastikan motor menerima tegangan yang sesuai untuk operasi yang stabil.

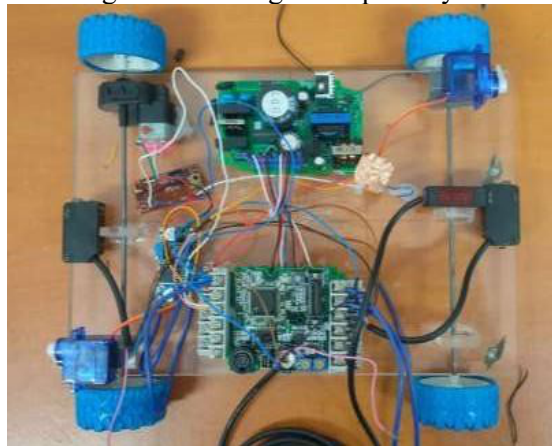
Rangkaian kontroler dengan sistem gerak digambarkan melalui diagram berikut :



Gambar 5. Rangkaian Sistem Gerak

Gambar di atas menunjukkan Rangkaian alat secara keseluruhan yang menggabungkan komponen-komponen utama untuk mengontrol pergerakan mesin dan pallet secara otomatis dan efisien. Prototipe sistem shuttle pallet otomatis yang dirancang dalam penelitian ini,

menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai otak pengendali. Sistem ini mengintegrasikan berbagai komponen seperti motor penggerak, sensor, dan modul daya untuk memfasilitasi pergerakan dan pengoperasian pallet secara otomatis, meningkatkan efisiensi dalam proses penyimpanan dan pengambilan barang. Empat roda yang terpasang di rangka memungkinkan pergerakan kendaraan secara otonom. Roda ini terhubung dengan motor penggerak untuk memindahkan shuttle pallet ke lokasi yang diinginkan. Kontroler yang terlihat di tengah adalah bagian penting dari sistem. Dalam konteks penelitian ini, *Programmable Logic Controller* (PLC) digunakan untuk mengatur logika operasional dari mesin *shuttle pallet*. dua motor servo terlihat pada bagian roda kendaraan. Motor ini digunakan untuk menggerakkan dan mengarahkan *shuttle pallet*. Modul sensor yang ada di sistem berfungsi untuk mendeteksi keberadaan pallet dan jarak ke rak penyimpanan. Sensor ini akan menginformasikan ke PLC tentang keberadaan pallet yang akan diambil atau tempat kosong di rak penyimpanan, memungkinkan pengoperasian yang efisien dan otomatis. Sensor juga berperan dalam navigasi, memastikan *shuttle pallet* dapat bergerak dengan aman tanpa menabrak rintangan Modul *Step-Up/Step-Down Converter* berfungsi untuk mengatur suplai daya ke berbagai komponen.



Gambar 6. Rangkaian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian Alat

Pada tahap ini, dilakukan pengujian sistem menggunakan metode *black box testing* untuk mengevaluasi kinerja dan fungsionalitas mesin shuttle pallet otomatis yang dikendalikan oleh *Programmable Logic Controller* (PLC). Metode pengujian ini fokus pada interaksi antara pengguna dan sistem tanpa mempertimbangkan struktur internal atau implementasi perangkat lunak. Dengan menguji input dan output dari sistem, pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua fitur berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, serta untuk mengidentifikasi potensi masalah atau kekurangan dalam sistem yang dapat mempengaruhi kinerjanya di lingkungan operasional sesungguhnya.

Tabel 1. Pengujian Alat dengan *Blackbox Testing*

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	menggerakkan motor servo untuk mengangkat barang tanpa barang di atas prototipe	Motor servo Prototipe bergerak ke atas		Valid

2.	mengerakkan motor servo untuk mengangkat barang dengan barang di atas prototipe	Motor servo prototipe mengangkat barang		Valid
3.	Mengerakkan prototipe tanpa barang dan tanpa remote control	Prototipe bergerak ke belakang rak		Valid
4.	Mengerakkan prototipe tanpa barang dan dengan remote control	Prototipe bergerak ke belakang rak		Valid

Evaluasi

Setelah dilakukan pengujian dengan *Black Box testing*, terdapat beberapa evaluasi yang perlu diperhatikan:

1. Prototipe diuji coba dengan jalur pendek, sehingga perlu dilakukan pengujian dengan jalur yang lebih panjang.
2. Prototipe diuji coba dengan satu jalur saja, sehingga perlu dikembangkan untuk dapat bergerak pada multi jalur.
3. Beban skenario yang digunakan masih berupa beban skenario prototipe, sehingga perlu dikaji terkait kemampuan prototipe dengan beberapa beban berbeda.
4. Belum terdapat uji coba ketangkasan dan kecepatan prototipe dalam membawa palet.

Tabel 2. Perbandingan sistem yang ada dengan sistem yang diusulkan

Parameter	Sistem Yang Berjalan	Sistem <i>Shuttle Pallet</i> Otomatis Berbasis PLC
Efisiensi Ruang	Tidak dapat menyusun secara vertikal, hanya horizontal.	Memungkinkan penyimpanan vertikal, mengoptimalkan penggunaan ruang.
Keterlibatan Tenaga Kerja	memerlukan banyak tenaga kerja manual.	Minim proses manual, proses hampir seluruhnya otomatis.
Kecepatan Penyimpanan	memerlukan waktu lama untuk menyusun palet.	Sangat cepat, waktu penyimpanan berkurang signifikan karena automasi penuh.
Kemungkinan Kesalahan	risiko kesalahan manual dalam penempatan.	sistem otomatis meminimalkan kesalahan.
Biaya Operasional	membutuhkan banyak ruang dan tenaga kerja.	efisiensi ruang dan tenaga kerja.

4. KESIMPULAN

Setelah penelitian dan pemecahan dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa prototipe mesin Shuttle pallet menggunakan kontroler berbasis PLC dapat dilakukan dengan menyusun terlebih dahulu kebutuhan implementasi dan juga rancangan bentuk prototipe yang akan dibuat. Dengan cara ini, perancangan prototipe mesin Shuttle pallet dapat dilakukan dengan mudah dan terstruktur sehingga hasil prototipe yang diharapkan dapat tercapai. Mesin Shuttle pallet dapat mendeteksi adanya palet kompor di atas prototipe mesin tersebut dengan menggunakan sensor jarak yang memanfaatkan photoelektrik (cahaya) sehingga saat palet diletakkan dan sensor tidak mendapatkan cahaya yang cukup, Penelitian ini digunakan untuk mengembangkan prototipe mesin shuttle pallet otomatis berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) yang mampu meningkatkan efisiensi dalam proses penyimpanan dan pengelolaan produk di gudang. Prototipe ini memberikan beberapa keuntungan, yaitu Sistem memungkinkan penyimpanan secara vertikal, mengoptimalkan penggunaan ruang gudang. Disamping itu automasi sistem mengurangi keterlibatan tenaga kerja dalam proses penyimpanan, meningkatkan produktivitas. Dengan pengendalian berbasis PLC, waktu penyimpanan menjadi lebih singkat dibandingkan metode konvensional. Automasi sistem juga meminimalkan kesalahan dalam penempatan palet, sehingga kualitas produk tetap terjaga. Yang terakhir Sistem mengurangi kebutuhan ruang tambahan dan tenaga kerja manual, sehingga biaya operasional dapat ditekan.

5. SARAN

Berdasarkan uraian diatas, dapat diambil Kesimpulan bahwa pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan skala sistem agar dapat digunakan di gudang besar dengan kapasitas penyimpanan yang lebih tinggi. Disamping itu implementasi sensor tambahan yang lebih canggih diperlukan untuk meningkatkan akurasi deteksi dan navigasi sistem. Mengintegrasikan sistem dengan teknologi IoT untuk memungkinkan monitoring dan pengendalian jarak jauh. Perlu dilakukan pengujian sistem dalam kondisi operasional nyata untuk mengevaluasi kinerja di lingkungan industri sebenarnya serta memberikan pelatihan kepada operator dan tim pemeliharaan guna memastikan sistem dapat beroperasi secara optimal dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wahrini, R. (2022). Pelatihan Programmable Logic Controller (PLC) Untuk Guru Produktif Teknik Elektronika Industri di SMK. *Jurnal Bangun Abdimas*, 1(2), 76-81.
2. Kawulur, M. P., Polii, A. S. C., & Tumembow, M. N. (2022). Perancangan dan Simulasi Sistem Keamanan pada Kendaraan Berbasis Programmable Logic Controller (PLC). *JURNAL MASINA NIPAKE*, 2(2), 78-90.
3. Bekeng, R., & Depthios, E. (2023). Perancangan Lengan Robot Pemindah Barang Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Paulus Informatics Journal*, 2(2), 11-20
4. Basri, M., & Wahira, I. (2022). Robot Line Follower Pemindah Barang Berdasarkan Warna Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Mosfet*, 2(2), 11-15.
5. Azis, A., Emidiana, E., & Azukruf, F. (2023). Perancangan Prototipe Robot Pembawa Barang Otomatis Berbasis Arduino Uno DIP dengan Sensor Ultrasonic. *Elektrika*, 15(1), 29-38.
6. Hanafiah, A. M., & Irwanto, I. (2023). Komparasi Konsumsi Energi Listrik Pada Motor Listrik Di HAR Unit 4 PT. Indonesia Power Suralaya. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 2(1), 217-239.
7. Riyanto, J., & Wasid, A. (2023). Perancangan Alat Bantu Parkir Mobil Berbasis Esp32-Cam Dan Sensor Jarak V15310X Menggunakan VLC. *Jurnal Informatika dan Komputasi: Media Bahasan, Analisa dan Aplikasi*, 17(1), 1-5.
8. Iskandar, M. R., Al Tahtawi, A. R., & Aming, D. (2022, August). Skema Kendali Baterai-Superkapasitor Sebagai Sumber Sebagai Listrik Hibrida Berbasis Fuzzy Logic Control. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 13, No. 01, pp. 530-537).

9. Dames, F., & Yanto, D. T. P. (2022). Sistem Kendali dan Monitoring Kecepatan Motor Servo Berbasis Human Machine Interface. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(2), 487-495.
10. Irwan, M., & Alauddin, Y. (2022). Sistem Kendali Lengan Robot 4-DOF untuk Pemindah Barang. *Jurnal Mosfet*, 2(2), 16-25.
11. Masril, M. A., & Caniago, D. P. (2023). Optimasi Teknologi Computer Vision pada Robot Industri Sebagai Pemindah Objek Berdasarkan Warna. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(1), 46.
12. Salihin, N., Syaryadhi, M., & Yunidar, Y. (2020). Rancang Bangun Pembawa Buku Otomatis Menggunakan Robot Beroda Berbasis IoT (Internet of Things). *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 5(3).
13. Alamsyah, A., Purnata, H., & Yusuf, M. (2021). Prototype Mini Crane Pemindah Barang Berbasis Sistem Otomasi. *Journal of Telecommunication Network(Jurnal Jaringan Telekomunikasi)*, 11(3), 155-160.
14. Hussain, M., & Hill, R. (2023). Custom Lightweight Convolutional Neural Network Architecture For Automated Detection of Damaged Pallet Racking In Warehousing & Distribution Centers. *IEEE Access*.
15. Khan, M. G., Huda, N. U., & Zaman, U. K. U. (2022). Smart Warehouse Management System: Architecture, Real-Time Implementation and Prototype Design. *Machines* 2022, 10, 150.
16. Zainal, N. (2022). Integration of Web-Based Key Booking and Monitoring System with Smart Key Rack for University Application. *Evolution in Electrical and Electronic Engineering*, 3(1), 225-234.