

Rancang Bangun *Smart Conveyor* Pada Unit Produksi Politeknik Industri Logam Morowali

Angga Tegar Setiawan⁽¹⁾, Abduh Malik Alfafa⁽²⁾, Hendi Lilih Wijayanto⁽³⁾, Justiadi⁽⁴⁾, Suwandy⁽⁵⁾

Politeknik Industri Logam Morowali,
Padabaho Kecamatan Bahadopi Kabupaten Morowali Sulawesi Tengah, Indonesia

Email: ¹angga@pilm.ac.id, ²abduh@pilm.ac.id, ³hendi@pilm.ac.id,
⁴justiadi@pilm.ac.id, ⁵wandy07.04.1999@gmail.com

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima 9 Februari 2024

Direvisi 11 Februari 2024

Disetujui 21 Mei 2025

Dipublikasikan 26 Mei 2025

Keywords:

NodeMCU, Cylinder Pneumatic, Conveyor, Sorter

Kata Kunci:

NodeMCU, Silinder Pneumatik, Konveyor, Pemilah

Corresponding Author:

Name:

Angga Tegar Setiawan

Email:

angga@pilm.ac.id

Abstract: *The metal industry requires an effective quality control system to ensure that produced items meet established standards. This study aims to design a NodeMCU-based smart conveyor capable of automatically sorting metal products based on dimensions while transmitting real-time data on sorted and unsorted product quantities to a MySQL database. This data can be accessed through a website designed to facilitate monitoring. The research methodology includes planning, hardware system design, software development, and system integration stages. NodeMCU serves as the main controller, reading data from dimension-detecting sensors and activating a sorting actuator in the form of a Cylinder Pneumatic. Sorting results are transmitted via Wi-Fi to a database and displayed in real-time on a web interface. The study results demonstrate that the system effectively sorts items based on their dimensions, with the sorting data accessible for real-time monitoring through the website. This implementation enhances production processes, reduces human error, and supports the Industry 4.0 concept through IoT-based data management.*

Abstrak: Industri logam membutuhkan sistem pengontrolan kualitas (*quality control*) yang efektif untuk memastikan produk yang dihasilkan telah memenuhi standar. Penelitian ini bertujuan merancang *smart conveyor* berbasis NodeMCU yang mampu memisahkan produk logam secara otomatis berdasarkan dimensi, serta mengirimkan data kuantitas produk tersortir dan tidak tersortir ke database MySQL secara *real-time*. Data tersebut dapat diakses melalui *website* yang dirancang untuk mempermudah monitoring. Metode penelitian meliputi tahapan perencanaan, perancangan sistem perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, dan integrasi sistem. NodeMCU digunakan sebagai kontrol utama untuk membaca data dari sensor

pendeteksi dimensi logam dan mengaktifkan aktuator pemilah berupa *Cylinder Pneumatic*. Informasi hasil pemilahan dikirim melalui koneksi Wi-Fi ke *database* dan ditampilkan pada antarmuka berbasis *web* secara *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan pemilahan berdasarkan dimensi benda. Data hasil pemilahan dapat dimonitoring melalui *website* secara *real-time*. Dengan implementasi ini, proses produksi dapat lebih efektif, meminimalkan kesalahan manusia, dan mendukung konsep industri 4.0 dengan pengelolaan data berbasis teknologi IoT.

PENDAHULUAN

Penyortiran dalam industri sangat membantu dalam menghemat waktu dan mengurangi upaya manusia melalui otomatisasi. Sistem ini dapat meningkatkan efektivitas proses pemilahan

dengan mengurangi kesalahan pemilahan dan mempercepat proses (Ananthi et al., 2021; Eriyadi & Fauzian, 2019; Setiawan et al., 2024; Sughashini et al., 2021; Xie & Zhang, 2019). Selain itu, penggunaan mesin penyortiran dinilai sangat praktis karena mampu menyortir komponen berdasarkan kategori material, bentuk, dimensi dan warna (Eriyadi & Fauzian, 2019; Prasad et al., 2020; Setiawan et al., 2024). Sistem penyortiran otomatis merupakan komponen penting dalam rantai pasokan, mulai dari penanganan bagasi hingga distribusi paket, serta mampu menangani berbagai masalah pengambilan keputusan dalam perancangan dan pengoperasiannya (Boysen et al., 2019). Laju produksi industri manufaktur meningkat sejak sistem penyortiran otomatis menggantikan sumber daya manusia (Dabade & Chumble, 2015; Setiawan et al., 2024). Mesin pemilah otomatis mengurangi upaya manual dan kesalahan manusia dalam menyortir produk, meningkatkan efisiensi dan pusat distribusi industri (Krishnan et al., 2016; Setiawan et al., 2024; Sughashini et al., 2021). Sistem pemilah otomatis memiliki kompleksitas tersendiri. Sistem pemilah dapat digunakan dalam mengoperasikan sistem industri dengan mengendalikan konveyor, silinder pneumatik, solenoid, motor, dan sensor menggunakan pemrograman (Khaing et al., 2023; Setiawan et al., 2024). Otomasi pada konveyor pemilah juga dapat meningkatkan kecepatan produksi, mengurangi biaya tenaga kerja, dan meminimalkan risiko cedera atau kecelakaan di tempat kerja (Kamboj & Diwan, 2019; Setiawan et al., 2024; Yadav et al., 2020).

Industri global saat ini tengah memasuki era Revolusi Industri 4.0, yang ditandai dengan integrasi teknologi informasi digital dan teknologi otomatisasi dalam berbagai sektor industri. Salah satu aspek krusial dalam pengembangan industri adalah optimalisasi proses produksi. Teknologi dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas kegiatan produksi melalui penerapan teknologi otomatisasi yang mengintegrasikan sensor dan mikrokontroler. Melakukan perhitungan hasil produksi secara otomatis, yang kemudian dicatat langsung ke dalam basis data berbasis *web*. Implementasi sistem ini terbukti meningkatkan efisiensi waktu dan akurasi pelaporan hasil produksi. Sehingga memberikan dampak positif terhadap produktivitas dan pengelolaan lingkungan industri. Sistem monitoring berbasis *web service* yang di implementasikan pada rancang bangun alat berhasil mengatasi masalah penghitungan jumlah produksi secara manual dan memberikan laporan hasil penghitungan yang cukup baik (Sunata & Rino, 2020).

Mesin sortir otomatis menggunakan pneumatik secara signifikan dapat meningkatkan produktivitas industri dengan melakukan penyortiran berdasarkan ukurannya (Prasad et al., 2020; Setiawan et al., 2024; Xie & Zhang, 2019). Di antara berbagai teknologi otomasi, aktuator pneumatik menonjol karena keandalannya, waktu respon yang cepat, dan kemampuannya untuk menangani beragam tugas industri dengan presisi tinggi. Sistem pneumatik sangat menguntungkan dalam konteks penyortiran bentuk karena kekokohan, efektivitas biayanya dan efisien (Boyko & Weber, 2024; Dezaki et al., 2022; Setiawan et al., 2024; Shrivastava et al., 2023; Xavier et al., 2022). Ukuran adalah fitur penting untuk klasifikasi dan penyortiran produk yang akurat, yang dapat dilakukan dengan menggunakan sensor optik atau analisis gambar. Mesin penyortir digunakan pada lini produksi dalam pengolahan produk massal dan industri lainnya. Memisahkan item dan mendeteksi benda yang melintasi mesin, dan menggunakan perangkat eksekusi mekanis atau pneumatik untuk mengalihkan item yang tidak sesuai (Thike et al., 2019).

Mesin sortir otomatis yang dikembangkan secara efektif memisahkan benda berdasarkan jenis material dengan menggunakan sensor jarak kapasitif, sehingga meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam lingkungan industri dan Pendidikan (Oladapo et al., 2016). Menggunakan sensor dan silinder pneumatik dapat memilah benda ke wadah yang sesuai dengan kebutuhannya (Ananthi et al., 2021). Penggunaan sensor dan *belt conveyor* sebagai perangkat keras telah terbukti efektif dalam mengimplementasikan strategi memilah produk (Setiawan et al., 2024; Shrivastava et al., 2023). Conveyor pemilahan benda dengan menggunakan sensor ultrasonik dan mikrokontroler mempunyai tingkat keberhasilan 92% dalam memilih benda berdasarkan kebutuhannya (Sahara et al., 2021).

Menggunakan konveyor sabuk dapat mengurangi upaya manual dalam menyortir bahan logam dan non-logam yang memiliki variasi bentuk dan ukuran, serta memindahkannya secara otomatis menuju keranjang dengan bantuan sensor jarak (Hashimi et al., 2020; Setiawan et al., 2024). Mesin sortir otomatis yang menggunakan *belt conveyor* membantu menghindari kerusakan ukuran pada mesin produksi, meningkatkan laju produksi, dan mencegah kecelakaan pada industri manufaktur (Dabade & Chumble, 2015; Setiawan et al., 2024). Proses *sorting* otomatis dengan

belt conveyor mampu meningkatkan kecepatan dan akurasi dalam memilah produk berdasarkan parameter tertentu seperti tinggi, warna, atau berat (Kamboj & Diwan, 2019; Setiawan et al., 2024). Otomatisasi proses penyortiran pada *belt conveyor* dapat mengurangi waktu produksi, biaya tenaga kerja, dan kompleksitas pemrosesan. Memanfaatkan komponen *belt conveyor*, motor, sensor, dan mikrokontroler telah berhasil mengidentifikasi, memisahkan, dan mengumpulkan objek secara efektif dan efisien (Nuva et al., 2022; Paranjpe, 2021; Setiawan et al., 2024).

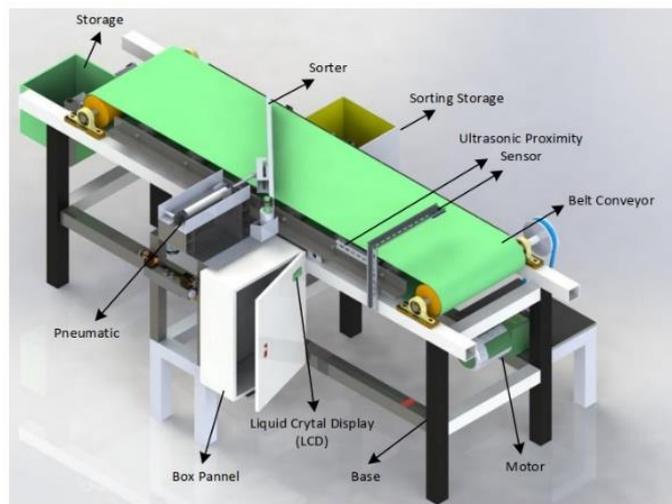
Otomatisasi di bidang konveyor jalur transportasi sangat penting di dunia saat ini. Proyek ini mendemonstrasikan bagaimana otomatisasi penyortiran dapat dicapai dengan menggunakan komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem ini mampu menyortir dan mengatur produk secara efisien berdasarkan ketinggiannya, mengurangi waktu yang diperlukan untuk penyortiran manual dan meminimalkan kesalahan manusia (Prabhakar et al., 2020; Setiawan et al., 2024). Penyortiran otomatis menggunakan mikrokontroler menawarkan solusi praktis dan efisien dalam industri untuk mengklasifikasikan produk berdasarkan warna dan ukuran. Dengan memanfaatkan sensor optik dan lengan robot sederhana yang dilengkapi dengan motor servo, sistem ini mampu menyortir objek secara akurat di atas sabuk konveyor yang dikendalikan oleh motor DC (Thike et al., 2019). Selain itu, penggunaan mikrokontroler *NodeMCU ESP 8266* mampu melakukan pengiriman data ke *database* melalui koneksi jaringan internet (Setiawan et al., 2022; Sunata & Rino, 2020). Hasil perhitungan jumlah produksi oleh perangkat dapat ditampilkan melalui halaman *website* secara *real-time* (Sunata & Rino, 2020). Penggunaan mikrokontroler yang terintegrasi dengan media *web* sebagai basis data untuk laporan produksi berperan penting dalam meningkatkan efisiensi waktu dalam proses produksi (Sulistyo et al., 2024; Sunata & Rino, 2020). Sistem ini tidak hanya mempercepat proses pencatatan hasil produksi tetapi juga secara signifikan mengurangi potensi kesalahan manusia (*human error*) yang umum terjadi pada metode perhitungan manual (Sunata & Rino, 2020).

Perancangan sistem pemilahan material otomatis merupakan proses yang kompleks dan menghadirkan berbagai tantangan. Sistem ini dirancang untuk memenuhi permintaan industri yang terus berkembang, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam penyortiran objek dengan menerapkan teknologi *Internet of Things* (IoT) (Hashimi et al., 2020; Setiawan et al., 2022, 2024; Sulistyo et al., 2024). Dalam lanskap manufaktur industri yang terus berkembang, efisiensi dan presisi adalah yang terpenting. Politeknik Industri Logam Morowali merupakan institusi di bidang produksi logam, terus mencari solusi inovatif untuk meningkatkan proses produksi di unit produksinya. Salah satu aspek penting dari industri ini adalah penyortiran komponen logam berdasarkan ukuran. Otomasi menghadirkan solusi yang menarik dengan mengintegrasikan teknologi canggih, industri dapat mencapai akurasi, kecepatan, dan konsistensi yang lebih besar dalam operasi di unit produksi. Sehingga pada penelitian ini dilakukan desain dan rancangan konveyor penyortir otomatis dengan menggunakan mikrokontroler *NodeMCU ESP 8266* yang diimplementasikan pada unit produksi. Tujuan utamanya adalah untuk merancang sistem yang tidak hanya meningkatkan efisiensi penyortiran tetapi juga meningkatkan akurasi dan keandalan proses penyortiran. Hasil pemilahan produk logam dapat dimonitori secara *real-time* melalui *website* menggunakan perangkat IoT yang terhubung ke jaringan internet. Sehingga juga dapat memberikan kemudahan bagi operator dalam memantau performa sistem produksi.

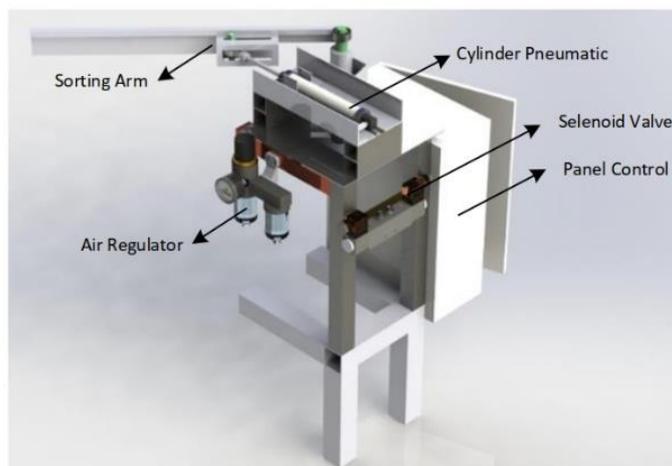
METODE

Metodologi yang diterapkan dalam pengembangan sistem konveyor pemilah otomatis berbasis IoT pada unit produksi Politeknik Industri Logam Morowali mencakup serangkaian tahapan sistematis mulai dari perencanaan awal, pemodelan, hingga validasi desain. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan sistem, yang bertujuan mengidentifikasi fungsi utama konveyor otomatis, yaitu meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses penyortiran logam berdasarkan ukuran. Analisis ini dilakukan melalui studi literatur dan *benchmarking* untuk mengkaji teknologi konveyor otomatis yang sudah ada, termasuk komponen yang digunakan serta

keunggulan dan keterbatasannya. Proses pemodelan 3D diawali dengan desain setiap komponen seperti rangka konveyor, *belt* konveyor, motor, aktuator pneumatik, dan sensor. Setiap komponen dirancang secara rinci sesuai dengan spesifikasi teknis, termasuk dimensi, material, dan titik koneksi. Setelah semua komponen selesai dimodelkan, tahap berikutnya adalah integrasi komponen menjadi satu sistem utuh menggunakan perangkat lunak CAD. Penempatan dan orientasi komponen dirancang secara strategis untuk memastikan fungsionalitas optimal. Aktuator pneumatik diposisikan pada titik-titik tertentu di sepanjang konveyor untuk memungkinkan penyortiran logam ke wadah yang sesuai berdasarkan bentuk dan ukurannya. Sensor dipasang di bagian input konveyor untuk mendeteksi bentuk logam yang masuk, sementara sensor *proximity* digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan logam dan memberikan sinyal ke mikrokontroler. Desain 3D konveyor otomatis untuk penyortiran logam ditampilkan pada Gambar 1. Sementara itu, pada Gambar 2 alur distribusi udara dari *air pressure* ke *solenoid valve* dijelaskan. Udara yang mengalir diarahkan ke katup terbuka, masuk ke silinder pneumatik, dan mendorong lengan pemilah sesuai dengan perintah yang diterima dari panel kendali.



Gambar 1. Desain 3D Konveyor Pemilah Otomatis (Setiawan et al., 2024).



Gambar 2. Desain 3D Lengan Penyortiran Pneumatik (Setiawan et al., 2024).

Konveyor penyortiran yang dirancang untuk mendukung sistem penyortiran otomatis dirancang dengan spesifikasi teknis yang terperinci dan disesuaikan secara cermat untuk memastikan kemampuan adaptasi terhadap berbagai kebutuhan operasional dan lingkungan kerja yang dinamis. Proses perancangan dilakukan dengan fokus pada peningkatan efisiensi, keandalan, dan presisi dalam proses penyortiran. Setiap komponen pada konveyor, mulai dari rangka, *belt*, aktuator pneumatik, hingga sensor, dirancang dengan mempertimbangkan kompatibilitas antar komponen serta kestabilan sistem secara keseluruhan. Pemilihan material dan dimensi setiap

elemen telah dioptimalkan untuk mendukung durabilitas dan performa dalam jangka panjang, bahkan dalam kondisi operasional yang intensif. Selain itu, integrasi teknologi otomatisasi memastikan konveyor mampu bekerja secara konsisten dengan tingkat kesalahan minimal. Spesifikasi teknis konveyor penyortiran, yang mencakup detail dimensi, kapasitas beban, jenis aktuator, sensor yang digunakan, serta parameter teknis lainnya, disajikan secara lengkap pada Tabel 1. Dokumentasi ini memberikan gambaran komprehensif tentang performa dan kemampuan sistem untuk mendukung implementasi di lapangan.

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Konveyor Pemilah

Nama Komponen	Spesifikasi	Deskripsi
<i>Frame</i>	<i>Mild Steel</i> , 1600 x 400 x 600 mm	Dimensi disesuaikan dengan ruang operasional dan jenis benda yang disortir, memastikan konveyor dapat menampung dan memindahkan barang dengan lancar (Frangeul & Loizeau, 2022).
<i>Belt Conveyor</i>	PVC, 330 x 3300 x 5 mm	PVC dipilih karena daya tahan, fleksibilitas, dan ketahanan terhadap abrasi, sehingga cocok untuk berbagai beban dan lingkungan kerja (Ghobashy, 2024).
<i>Roller</i>	<i>Galvanized Steel</i> Ø50 mm x 200 mm	Dimensi <i>roller</i> dirancang untuk mengangkat benda secara efektif yang sesuai dengan ukuran barang (Wibowo & Gunanto, 2023).
<i>Gearbox Motor</i>	90W	Motor penggerak ini memberikan daya yang cukup untuk memastikan pengoperasian konveyor yang stabil dan memungkinkan penyesuaian kecepatan sesuai dengan kebutuhan spesifik (Gebler et al., 2018).
<i>Connection Points</i>	Sambungan Baut M10 dengan Pengelasan pada Rangka Utama	Titik sambungan menggunakan baut M10 untuk memudahkan perakitan dan pembongkaran, sedangkan pengelasan pada rangka utama memastikan stabilitas struktur konveyor (Wang et al., 2022).
<i>Pneumatic Actuator</i>	Ø50 mm, 6 bar <i>Pressure</i>	Aktuator mengontrol gerakan penyortiran, menawarkan respons cepat dan tepat untuk mengarahkan objek ke jalur penyortiran yang benar (Falcao Carneiro et al., 2020).
<i>Sorting Sensor</i>	Ultrasonic Sensor, ±1 mm <i>Accuracy</i>	Sensor ini digunakan untuk mendeteksi ukuran objek dengan akurasi tinggi, memastikan bahwa item diurutkan dengan benar sesuai kriteria yang telah ditentukan (Zhao & Li, 2022).

Konveyor pemilah otomatis diuji pada beberapa sampel logam. Dimensi logam divariasikan untuk menguji keberhasilan sistem penyortiran pada peralatan. Pengujian tersebut melibatkan 7 logam berbentuk kotak dengan ukuran berbeda. Selain penyortiran berdasarkan dimensi, sistem penyortiran juga dirancang untuk mendeteksi ketinggian barang. Bahan uji dibuat dalam beberapa ukuran seperti terlihat pada Tabel 2. Tegangan masukan dan keluaran komponen diuji dengan mengukur tegangan masing-masing komponen menggunakan multimeter. Hasil pengukuran tegangan tersebut ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel ini memuat data tegangan masukan dan keluaran setiap komponen yang diuji, sehingga memberikan gambaran yang jelas mengenai kinerja masing-masing komponen pada rangkaian. Informasi ini penting untuk menganalisis kinerja perangkat secara keseluruhan dan memastikan bahwa setiap bagian berfungsi sesuai spesifikasi yang diharapkan. Pengujian tegangan input dan output komponen

kelistrikan berfungsi untuk memastikan kinerja yang tepat, mengidentifikasi kesalahan atau kegagalan, dan menjamin keandalan sistem.

Tabel 2. Bahan Uji Coba Konveyor Pemilah

Item ID	Dimensi	
	Panjang (mm)	Tinggi (mm)
A	120	15
B	130	25
C	100	26
D	150	30
E	95	48
F	105	52
G	104	71

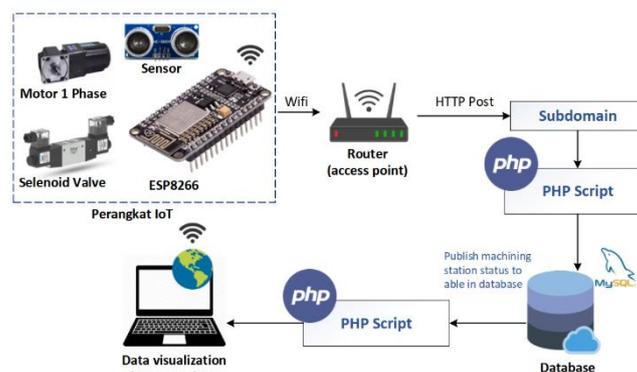
Tabel 3. Pengujian Tegangan Input dan Output Komponen

Nama Komponen	Input Voltage	Output Voltage
Power Supply	220 V AC	5 V DC
NodeMCU	5 V DC	5 V DC
Sensor Ultrasonic	5 V DC	-
Liquid Crystal Display	5 V DC	-
Solenoid Valve	220 V AC	-
Relay	5 V DC	12 V DC

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan mengukur jarak jangkauan sensor menggunakan alat ukur berupa penggaris (jarak aktual) dan membandingkannya dengan jarak yang ditampilkan pada layar. Data hasil pengukuran ini kemudian dianalisis untuk membandingkan nilai yang dibaca oleh sensor ultrasonik dengan jarak aktual. Selanjutnya, dilakukan analisis data untuk menghitung persentase kesalahan pengukuran yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik. Besar persentase *error* dapat ditentukan menggunakan Persamaan 1. α_f adalah nilai sebenarnya pada alat ukur dan α_i adalah nilai yang diperoleh saat pengukuran (Auliya et al., 2023; Sahoo & Udgata, 2020; Setiawan et al., 2024).

$$\% \text{ error} = \frac{\alpha_f - \alpha_i}{\alpha_f} \times 100\% \quad (1)$$

Internet of Things (IoT) menjadi salah satu teknologi kunci dalam mendukung otomatisasi dan pemantauan sistem secara *real-time* yang di implementasikan pada rancangan konveyor pemilah otomatis. Teknologi IoT yang dirancang mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak untuk menghasilkan sistem yang efisien dan mudah diakses. Dengan memanfaatkan sensor, aktuator, modul ESP8266, dan koneksi internet. Sistem ini mampu mengirimkan data secara langsung ke server untuk diproses, disimpan, dan divisualisasikan (Setiawan et al., 2022; Sulistyio et al., 2024). Skema mekanisme IoT pada konveyor pemilah otomatis dapat ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Skema mekanisme IoT Cloud

Gambar 3 menunjukkan rancangan sistem berbasis IoT untuk pengendalian dan pemantauan perangkat secara *real-time*. Sistem ini terdiri dari perangkat IoT yang meliputi sensor, motor 1 fasa, katup solenoid, dan modul ESP8266 yang terhubung melalui WiFi ke router (*access point*). Data dari perangkat dikirim menggunakan protokol HTTP POST ke subdomain yang menjalankan skrip PHP untuk memproses data. Skrip PHP tersebut mengintegrasikan data ke dalam database MySQL untuk penyimpanan. Data yang telah tersimpan dapat divisualisasikan dari mana saja melalui antarmuka berbasis *web*, memungkinkan pemantauan kondisi sistem secara efektif (Setiawan et al., 2022; Sulistyio et al., 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Konveyor Pemilah Otomatis

Rangka konveyor untuk sistem penyortiran otomatis dirancang menggunakan material baja hollow ST37. Jenis material dipilih karena kekuatannya, daya tahan tinggi, dan ketahanannya terhadap berbagai kondisi operasional. Dimensi rangka telah dirancang untuk memenuhi kebutuhan konstruksi sistem penyortiran, dengan ukuran kaki rangka sepanjang 330 mm dan lebar 200 mm, rangka atas sepanjang 240 mm, dan rangka penghubung sepanjang 140 mm. Semua dimensi tersebut telah disesuaikan secara presisi dengan desain keseluruhan sistem. Proses pembuatan rangka melibatkan pemotongan baja menggunakan mesin gerinda tangan dengan mata gerinda jenis pemotong, kemudian penyambungan antarbagian rangka menggunakan mesin las. Rangka konveyor berfungsi sebagai struktur pendukung utama yang menopang seluruh komponen sistem, termasuk *belt*, *roller*, motor, dan elemen lainnya. Ketahanan dan stabilitas rangka menjadi faktor kunci untuk memastikan sistem dapat beroperasi secara efektif dan aman. Dalam sistem ini, *belt* conveyor digunakan untuk memindahkan material secara kontinu dari satu titik ke titik lainnya. Permukaan *belt* yang datar dan fleksibel memungkinkan pengangkutan material dengan berbagai bentuk dan ukuran. *Roller conveyor* berfungsi sebagai penopang *belt*, memastikan kestabilan material selama proses pemindahan. Selain itu, *roller* juga memberikan dukungan mekanis untuk menjaga pengoperasian sistem penyortiran yang stabil dan aman.

Lengan penyortiran dirancang menggunakan material baja pelat yang disesuaikan dengan mekanisme penyortiran. Material ini berfungsi sebagai pendorong untuk memindahkan objek yang disortir berdasarkan karakteristik tertentu. Dimensi lengan yang digunakan memiliki panjang 500 mm, dengan panjang rangka penyangga sebesar 500 mm. Dimensi ini telah dirancang agar sesuai dengan kebutuhan konstruksi lengan penyortiran. Pada bagian ujung lengan penyortiran, dilakukan pemasangan bantalan yang dihubungkan menggunakan mesin las. Lengan tersebut kemudian dipasang pada bagian atas rangka penyangga. Penopang silinder dirancang menggunakan baja siku dengan dimensi panjang 230 mm, sudut dalam 30 mm, serta poros penahan berukuran panjang 45 mm dengan diameter 10 mm dan 6 mm. Penopang ini dihubungkan secara langsung dengan silinder pneumatik pada bagian atas untuk memastikan stabilitas dan efisiensi sistem kerja. Hasil perancangan desain konveyor penyortiran otomatis secara menyeluruh dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. Hasil Rancangan Konveyor Pemilah Otomatis

Penelitian ini menggunakan panel kendali jenis Linder dengan dimensi 25x35x12 mm. Panel ini dipilih karena karakteristiknya yang ringan, kokoh, dan memiliki ruang internal yang

luas, sehingga mempermudah pemasangan serta pengaturan komponen kelistrikan. Desain ini memastikan panel dapat menampung seluruh komponen dengan rapi dan efisien, mendukung pengoperasian sistem penyortiran otomatis. Panel kendali terdiri atas berbagai komponen elektrik dan kontrol utama, meliputi mikrokontroler, dua relay, *power supply*, MCB (*Miniature Circuit Breaker*), dan layar LCD untuk tampilan informasi. Setiap komponen diatur sedemikian rupa agar memudahkan perawatan, penggantian, dan *troubleshooting* saat sistem beroperasi. Panel ini berfungsi sebagai pusat kendali utama, mengintegrasikan seluruh komponen sistem untuk memastikan respons yang tepat dan presisi selama proses penyortiran berlangsung. Panel kendali dirancang untuk dipasang pada sisi rangka pemilah menggunakan baut, memberikan stabilitas sekaligus aksesibilitas untuk pengaturan lebih lanjut. Penempatan strategis ini juga memudahkan operator dalam mengawasi dan mengendalikan sistem. Hasil rancangan panel konveyor pemilah otomatis dapat ditunjukkan pada gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Hasil Perancangan Kendali Konveyor Pemilah Otomatis

Hasil Pengujian Konveyor Pemilah Otomatis

Penelitian ini menggunakan dua buah sensor ultrasonic yang dipasang pada *belt* konveyor. Sensor berfungsi untuk membaca ukuran benda yang melintas pada *belt* konveyor. Pengujian dilakukan terhadap sensor ultrasonic untuk memastikan akurasi dan ketepatan dalam mengukur benda (Fitria et al., 2020; Setiawan et al., 2024). Pengujian sensor dilakukan dengan melintaskan sampel uji yang telah disiapkan pada *belt* konveyor. Pengujian dilakukan terhadap 5 sampel uji dengan ukuran yakni 2, 4, 6, 8, dan 10 mm. Pengujian difokuskan pada kemampuan sensor dalam mengukur ketinggian sampel uji. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan pada layar *dashboard* aplikasi web. Hasil pengujian pada kedua sensor ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Pada Tabel 4 hasil pengujian pada sensor ultrasonic 1 menunjukkan rata-rata persentasi kesalahan sebesar 2,45 % dari lima percobaan. Sementara itu pada Tabel 5 hasil pengujian pada sensor ultrasonic 2 menunjukkan rata-rata persentasi kesalahan sebesar 4,42 %. Secara keseluruhan sensor menunjukkan kinerja yang cukup baik dalam membaca ukuran sampel uji, meskipun terdapat perbedaan tingkat akurasi antara keduanya. Sensor ultrasonik 1 memiliki tingkat error yang lebih rendah dibandingkan sensor ultrasonik 2, yang dapat mengindikasikan perbedaan dalam kualitas sensor, sensitivitas deteksi, atau faktor eksternal seperti posisi dan kondisi lingkungan saat pengukuran.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonic 1

No.	Percobaan	Jarak Sebenarnya (mm)	Jarak Pada Layar (mm)	Persentasi Kesalahan (%)
1	Percobaan 1	2	1,95	2,50 %
2	Percobaan 2	4	3,89	2,75 %
3	Percobaan 3	6	5,85	2,50 %
4	Percobaan 4	8	7,80	2,50 %
5	Percobaan 5	10	9,80	2,00 %
Rata-Rata Kesalahan				2,45 %

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonic 2

No.	Percobaan	Jarak Sebenarnya (mm)	Jarak Pada Layar (mm)	Persentasi Kesalahan (%)
1	Percobaan 1	2	1,92	4,00 %
2	Percobaan 2	4	3,82	4,50 %
3	Percobaan 3	6	5,74	4,33 %
4	Percobaan 4	8	7,62	4,75 %
5	Percobaan 5	10	9,55	4,50 %
Rata-Rata Kesalahan				4,42 %

Setelah melakukan uji sensor ultrasonik, tahap selanjutnya adalah pengujian konveyor pemilah otomatis untuk mengevaluasi kinerjanya dalam memilah objek berdasarkan ukuran yang telah ditetapkan. Pada tahap ini, pengujian dilakukan dengan menggunakan tujuh objek percobaan guna menguji keakuratan sistem dalam mengklasifikasikan benda yang sesuai dengan standar ukuran serta benda yang tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan. Pada Tabel 6, pengujian dilakukan dengan menetapkan standar ukuran objek, yaitu panjang dalam rentang 100-140 mm dan tinggi antara 10-40 mm. Objek yang memiliki dimensi di luar rentang tersebut akan terdeteksi sebagai tidak memenuhi standar. Sehingga sistem akan mengaktifkan katup *solenoid valve*. Aktivasi ini akan memicu pergerakan lengan pemilah, yang kemudian mengarahkan objek tersebut ke dalam wadah 1 sebagai kategori benda yang tersortir. Sebaliknya, objek yang memenuhi standar ukuran akan melewati konveyor tanpa adanya aktivasi *solenoid valve*, sehingga lengan pemilah tetap diam dan objek tersebut akan diteruskan menuju wadah 2.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Item ID A, B, dan C berhasil dipilah berdasarkan kategori benda yang memenuhi spesifikasi. Sedangkan pada Item ID D, E, F, dan G berhasil dipilah berdasarkan kategori benda yang tidak memenuhi spesifikasi. Sehingga pada pengujian spesimen uji Item ID A-G menunjukkan persentase kesalahan sebesar 0%. Hal ini menunjukkan sistem pemilah otomatis bekerja dengan akurasi yang tinggi. Setiap objek berhasil dikategorikan sesuai dengan spesifikasinya. Aktivasi *solenoid valve* berlangsung secara responsif terhadap deteksi ukuran benda. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme pemilahan berbasis sensor berjalan sesuai dengan desain yang direncanakan.

Tabel 6. Data pengujian Standar Ukuran Logam

Item ID	Ukuran (mm)	Sorted	Unsorted	Error (%)
A	120 x 15		√	0
B	130 x 25		√	0
C	100 x 26		√	0
D	150 x 30	√		0
E	95 x 48	√		0
F	105 x 52	√		0
G	104 x 71	√		0

Selain menguji mekanisme pemilahan, pengujian lebih lanjut dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan konveyor pemilah otomatis dalam memberikan perintah penghentian pemindahan barang apabila terdeteksi sejumlah produk yang tidak memenuhi standar ukuran. Mekanisme ini dirancang untuk menghentikan proses pemindahan barang dari satu tahap ke tahap berikutnya jika terjadi akumulasi produk tidak sesuai ukuran dalam jumlah yang signifikan. Dengan demikian, sistem dapat mencegah kesalahan produksi lebih lanjut serta memastikan bahwa hanya produk yang memenuhi spesifikasi yang akan diproses ke tahap selanjutnya. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sensor yang akan mendeteksi secara berulang setiap produk yang melintas. Jika dalam tiga kali deteksi berturut-turut ditemukan produk yang tidak sesuai ukuran, maka sistem akan menghentikan motor penggerak secara otomatis. Fungsi ini bertujuan untuk memberikan peringatan kepada operator agar dapat melakukan inspeksi atau tindakan korektif sebelum produk yang tidak memenuhi spesifikasi terus bergerak dalam jalur produksi.

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 7, dilakukan uji coba dengan melintaskan produk yang sesuai dan tidak sesuai dengan standar ukuran. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Pada pengujian ke-1, ke-3, dan ke-5, motor penggerak tetap beroperasi meskipun terdapat satu produk yang tidak sesuai ukuran. Hal ini menegaskan bahwa sistem tidak akan langsung menghentikan konveyor hanya karena satu kesalahan kecil, sehingga tetap mempertahankan efisiensi produksi. Namun, pada pengujian ke-2 dan ke-4, motor penggerak berhenti setelah sensor mendeteksi tiga kali berturut-turut produk yang tidak sesuai dengan ukuran standar. Hal ini membuktikan bahwa mekanisme penghentian otomatis bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa konveyor pemilah otomatis berfungsi dengan optimal dalam memilah produk sekaligus menghentikan pemindahan barang jika terjadi ketidaksesuaian ukuran dalam jumlah besar. Implementasi mekanisme ini dapat meningkatkan efisiensi proses produksi,

meminimalkan kesalahan produk yang lolos ke tahap berikutnya, serta memberikan fleksibilitas bagi operator untuk melakukan inspeksi dan perbaikan jika diperlukan.

Tabel 7. Data Pengujian Deteksi Motor Penggerak

Percobaan	Item ID	Sorted	Unsorted	Motor Konveyor	
				Aktif	Berhenti
1	D	√			
	A		√	√	
	E	√			
2	E	√			
	F	√			√
	E	√			
3	A		√		
	B		√	√	
	F	√			
4	G	√			
	D	√			√
	F	√			
5	C		√		
	A		√	√	
	B		√		

Berdasarkan hasil perhitungan tingkat kesalahan yang disajikan dalam Tabel 6, menunjukkan bahwa seluruh logam yang diuji berhasil dipilah dan ditempatkan pada wadah yang sesuai dengan dimensinya. Tingkat kesalahan yang tercatat adalah 0% dalam seluruh percobaan, menunjukkan bahwa sistem pemilah otomatis telah berfungsi dengan akurasi tinggi dalam mengklasifikasikan objek berdasarkan ukuran yang telah ditetapkan. Keberhasilan ini dicapai setelah dilakukan serangkaian penyesuaian dan kalibrasi terhadap sensor, lengan penyortir, serta motor penggerak yang digunakan dalam sistem. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen bekerja secara optimal dalam mendeteksi, memilah, dan mengarahkan produk ke wadah yang sesuai. Setelah proses penyortiran selesai, dilakukan uji coba lebih lanjut dengan beberapa variasi ukuran logam untuk mengevaluasi performa sistem dalam kondisi yang lebih beragam. Hasil dari pengujian ini ditampilkan pada Gambar 6, di mana produk yang tidak memenuhi standar ukuran berhasil diarahkan ke *sorting storage*, sedangkan produk yang sesuai standar dapat melanjutkan proses dan ditampung pada *storage* yang telah ditentukan. Hal ini membuktikan bahwa sistem konveyor pemilah otomatis tidak hanya mampu memilah produk secara akurat, tetapi juga memiliki keandalan tinggi dalam mengurangi kesalahan pemilahan.



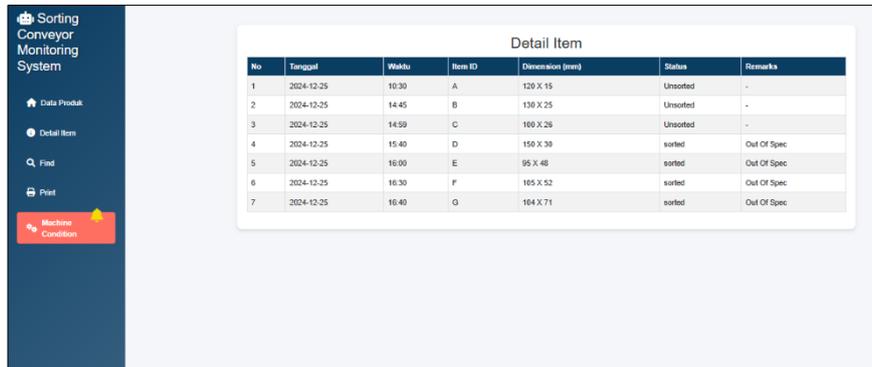
Gambar 6. Hasil Pemilahan

Hasil Pemantauan Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Antarmuka dashboard pemantauan berbasis web pada Gambar 7 dirancang untuk menampilkan status operasional sistem konveyor pemilah secara *real-time*. Dashboard ini dilengkapi dengan berbagai elemen indikator kinerja utama, seperti tabel detail item yang mencakup informasi tanggal, waktu, ID item, dimensi, status, dan keterangan produk. Data yang ditampilkan diperbarui secara otomatis melalui integrasi dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang menghubungkan sensor-sensor di lapangan dengan sistem *backend*. Status produk, seperti *sorted* atau *unsorted*, memberikan informasi tentang kondisi pemilahan item, sementara kolom Remarks memungkinkan analisis lebih lanjut terkait kesesuaian spesifikasi produk. Selain itu, navigasi *sidebar* mempermudah akses pengguna ke menu lain, seperti data produk, pencarian, dan fungsi cetak laporan. Desain antarmuka ini tidak hanya menampilkan informasi secara

terstruktur tetapi juga dioptimalkan untuk memberikan visualisasi data yang mudah dipahami oleh pengguna. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi proses manufaktur, memungkinkan pemantauan yang terpusat, dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data secara cepat dan akurat.

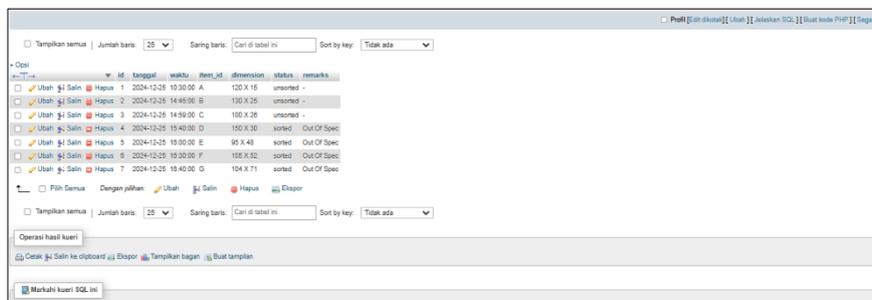
Sistem ini mengintegrasikan PHP dan MySQL untuk menyimpan dan menampilkan data pemilahan produk secara terstruktur melalui antarmuka *web monitoring*. Database phpMyAdmin mencakup informasi penting seperti tanggal, waktu, ID item, dimensi, status, dan keterangan. Data diperbarui secara otomatis dari sistem berbasis mikrokontroler, pengaturan kolom mendukung pencarian dan pengelompokan data untuk memudahkan pengelolaan. Integrasi ini memastikan data yang akurat dan konsisten, mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam proses manufaktur. Database sistem pemilah otomatis ditunjukkan pada Gambar 8.



The screenshot shows a web interface titled 'Detail Item' with a table containing the following data:

No	Tanggal	Waktu	Item ID	Dimensi (mm)	Status	Remarks
1	2024-12-25	10:30	A	120 X 15	Unsorted	-
2	2024-12-25	14:45	B	130 X 25	Unsorted	-
3	2024-12-25	14:59	C	100 X 28	Unsorted	-
4	2024-12-25	15:40	D	150 X 38	sorted	Out Of Spec
5	2024-12-25	16:00	E	95 X 48	sorted	Out Of Spec
6	2024-12-25	16:30	F	165 X 52	sorted	Out Of Spec
7	2024-12-25	16:40	G	104 X 71	sorted	Out Of Spec

Gambar 7 Tampilan Website Produk Hasil Pemilahan



The screenshot shows the phpMyAdmin database interface with a table containing the following data:

id	tanggal	waktu	item_id	dimension	status	remarks
1	2024-12-25	10:30:00	A	120 X 15	unsorted	-
2	2024-12-25	14:45:00	B	130 X 25	unsorted	-
3	2024-12-25	14:59:00	C	100 X 28	unsorted	-
4	2024-12-25	15:40:00	D	150 X 38	sorted	Out Of Spec
5	2024-12-25	16:00:00	E	95 X 48	sorted	Out Of Spec
6	2024-12-25	16:30:00	F	165 X 52	sorted	Out Of Spec
7	2024-12-25	16:40:00	G	104 X 71	sorted	Out Of Spec

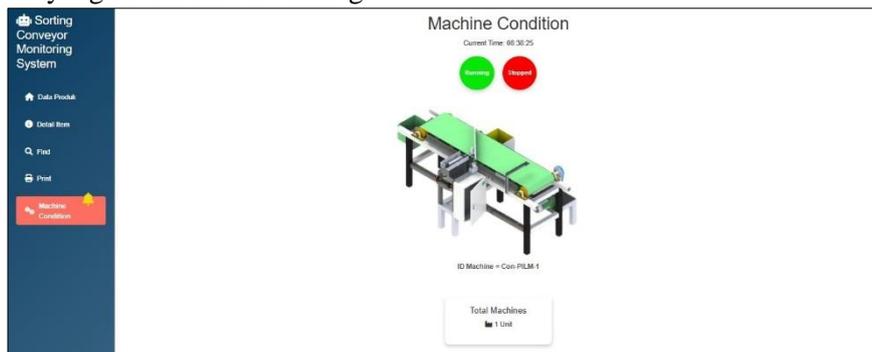
Gambar 8. Database MySQL Sistem Pemilah Otomatis

Pada Gambar 9 menunjukkan sistem sistem konveyor pemilah otomatis merekam data pemilahan produk berdasarkan pada tanggal/bulan/tahun. Grafik batang yang disajikan mengilustrasikan jumlah produk yang berhasil tersortir dan tidak tersortir berdasarkan kategori yang telah ditetapkan. Berdasarkan data yang ditampilkan, jumlah produk yang tersortir ditandai dengan batang berwarna biru tercatat sebanyak 3 unit menunjukkan bahwa produk tersebut memenuhi standar ukuran dan berhasil dipilah dengan baik oleh sistem konveyor. Sementara itu, jumlah produk yang tidak tersortir ditandai dengan batang berwarna merah lebih tinggi, yaitu 5 unit yang mengindikasikan adanya produk yang tidak memenuhi spesifikasi dan dipisahkan ke kategori tidak tersortir. Selain itu, tampilan antarmuka sistem ini juga dilengkapi dengan beberapa menu navigasi, seperti Data Produk, Detail Item, Find, Print, serta Machine Condition, yang ditandai dengan ikon peringatan. Keberadaan fitur ini memungkinkan operator untuk memantau kondisi mesin secara *real-time* dan melakukan tindakan korektif jika ditemukan anomali dalam proses pemilahan. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa sistem mampu memilah produk secara otomatis sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.



Gambar 9. Dashboard Pemantauan Pemilahan Dalam Priode Harian

Antarmuka yang ditampilkan pada Gambar 10 merepresentasikan sistem pemantauan kondisi konveyor secara digital, yang dirancang untuk mendukung pengawasan operasional berbasis *real-time*. Indikator visual seperti "*Machine Running*" dengan warna hijau dan "*Machine Stop*" dengan warna merah memberikan informasi langsung mengenai status operasional mesin, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan tanpa membutuhkan pengamatan fisik secara langsung. Sistem ini terintegrasi dengan visualisasi grafis yang sederhana namun efektif, mencerminkan keberlanjutan dalam adopsi teknologi berbasis Industri 4.0. Desain antarmuka ini berfokus pada penyederhanaan interaksi manusia dengan mesin, memungkinkan respons cepat terhadap perubahan status mesin. Selain itu, implementasi pemantauan jarak jauh ini berpotensi meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang lebih akurat. Dengan pendekatan yang menggabungkan teknologi visualisasi dan pemantauan otomatis, sistem ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan solusi industri yang cerdas dan terhubung.



Gambar 10. Antarmuka Pemantauan Kondisi Mesin

SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengembangkan *Smart Conveyor* berbasis NodeMCU yang mampu melakukan pemilahan produk logam secara otomatis berdasarkan dimensi serta mengirimkan data hasil pemilahan ke database MySQL secara *real-time*. Sistem mengintegrasikan sensor pendeteksi dimensi logam, aktuator pemilah berbasis *Cylinder Pneumatic*, serta platform monitoring berbasis *web*. Sehingga memungkinkan operator untuk melakukan pengawasan proses produksi dari jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat memilah produk dengan tingkat akurasi yang tinggi, serta menyajikan data kuantitas produk tersortir dan tidak tersortir secara *real-time* melalui koneksi jaringan internet.

Penelitian ini mengintegrasikan sistem otomatisasi pemilahan logam dengan fitur monitoring berbasis IoT serta mendukung konsep Industri 4.0 dalam pengelolaan produksi. Dengan implementasi ini, proses produksi menjadi lebih efisien, dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, serta meminimalkan tingkat kesalahan manusia dalam *quality control*. Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan algoritma kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan akurasi pemilahan serta melakukan analisis prediktif

terhadap kualitas produk. Selain itu, optimalisasi konektivitas dan keamanan data pada sistem berbasis *web* perlu dilakukan untuk memastikan keandalan dan perlindungan informasi produksi dalam skala industri yang lebih besar.

DAFTAR RUJUKAN

- Ananthi, K., Priyadharshini, S., Sabarikannan, S., Dharshini, R., & Dharshini, K. (2021). Design and Fabrication of Color based Automatic Yarn Carrier Sorting Machine. *2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, 1, 677–682.
- Auliya, K., Yusfi, M., & Rasyid, R. (2023). Sistem Pemantauan Slot Parkir Menggunakan Sensor Ultrasonik JSN-SR04T dan Pengenalan Plat Nomor Kendaraan dengan ESP32-CAM. *Jurnal Fisika Unand*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:264329572>
- Boyko, V., & Weber, J. (2024). Energy Efficiency of Pneumatic Actuating Systems with Pressure-Based Air Supply Cut-Off. *Actuators*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/act13010044>
- Boysen, N., Briskorn, D., Fedtke, S., & Schmickerath, M. (2019). Automated sortation conveyors: A survey from an operational research perspective. In *European Journal of Operational Research* (Vol. 276, Issue 3). <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.08.014>
- Dabade, S. P., & Chumble, R. P. (2015). Automatic Sorting Machine Using Conveyor Belt. *International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering*, 2(5), 66–70.
- Dezaki, M. L., Hatami, S., Zolfagharian, A., & Bodaghi, M. (2022). A pneumatic conveyor robot for color detection and sorting. *Cognitive Robotics*, 2, 60–72.
- Eriyadi, M., & Fauzian, I. F. (2019). Desain Prototipe Mesin Sortir Barang Otomatis. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 4(2), 147–156.
- Falcao Carneiro, J., Bravo Pinto, J., & Gomes de Almeida, F. (2020). Accurate motion control of a pneumatic linear peristaltic actuator. *Actuators*, 9(3), 63.
- Fitria, L., Amir, F., & Bahri, R. (2020). Smart Trash Menggunakan Metode Clustering Dengan Pendekatan Centroid Linkage. *Jurnal Teknologi*, 12(2), 159–166.
- Frangeul, X., & Loizeau, A. (2022). *A Conveyor Sorting Device*. Google Patents.
- Gebler, O., Hicks, B., Yon, J., & Barker, M. (2018). Characterising Conveyor Belt System Usage from Drive Motor Power Consumption and Rotational Speed: A Feasibility Study. *PHM Society European Conference*, 4(1). <https://doi.org/10.36001/phme.2018.v4i1.556>
- Ghobashy, M. M. (2024). Regulatory aspects of the use of PVC and its blends, gels, and IPNs. In *Poly (vinyl chloride)-Based Blends, IPNs, and Gels* (pp. 551–576). Elsevier.
- Hashimi, H., Yedukondalu, G., Srinath, A., & Srinivasa Rao, S. (2020). Design, model and simulation of automatic material sorting machine. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 12(2), 382–386. <https://doi.org/10.5373/JARDCS/V12I2/S20201056>
- Kamboj, D. S., & Diwan, A. (2019). Development of Automatic Sorting Conveyor Belt Using PLC. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 10(8).
- Khaing, M. W., Win, D. A. M., & Aye, D. T. (2023). Automatic Sorting Machine. *International Journal of Science and Engineering Applications*. <https://doi.org/10.7753/ijsea0708.1002>
- Krishnan, B. B., Kottalil, A. M., Anto, A., & Alex, B. (2016). Automatic Sorting Machine. *International Journal for Scientific Research and Development*, 2, 66–70. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:216015540>
- Nuva, T. J., Ahmed, M. I., & Mahmud, S. S. (2022). Design & Fabrication of Automatic Color & Weight-Based Sorting System on Conveyor Belt. *Journal of Integrated and Advanced Engineering (JIAE)*, 2(2), 147–157.
- Oladapo, B. I., Balogun, V. A., Adeoye, A. O. M., Ijagbemi, C. O., Oluwole, A. S., Daniyan, I. A., Esoso Aghor, A., & Simeon, A. P. (2016). Model design and simulation of automatic sorting machine using proximity sensor. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 19(3). <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2016.04.007>
- Paranjpe, P. P. (2021). Arduino based Bottle Sorting. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*.

- <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:237829079>
- Prabhakar, K. P., Pattnaik, C. R. K., Nath, A. K., Dubey, A., & Somaiya, K. V. (2020). Design and Fabrication of Automatic Sorting Machine using Arduino. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.32628/ijrsrset207331>
- Prasad, A., Gowtham, M., Mohanraman, S., & Suresh, M. (2020). Automatic Sorting Machine. *International Research Journal of Multidisciplinary Technovation*, 2(1). <https://doi.org/10.34256/irjmt2102>
- Sahara, A., Saputra, R. H., & Hendra, B. (2021). Object Separation System Based on Height Differences Automatically. *Journal of Physics: Conference Series*, 1807(1), 12017. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1807/1/012017>
- Sahoo, A. K., & Udgata, S. K. (2020). A Novel ANN-Based Adaptive Ultrasonic Measurement System for Accurate Water Level Monitoring. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69, 3359–3369. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:203114108>
- Setiawan, A. T., Sulisty, J., Wirakusuma, K. W., & Toha, I. S. (2022). Development of Internet of Things Cloud Shop Floor Machining Manufacturing System. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3557738.3557863>
- Setiawan, A. T., Suwandy, S., Wijayanto, H. L., & Arohman, A. W. (2024). Automated Sorting Conveyor Using Pneumatic Actuators for Industrial Applications at Morowali Metal Industry Polytechnic. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 22(2), 37–48.
- Shrivastava, A., Pundir, S., Sharma, A., Srivastava, A., Kumar, R., & Khan, A. K. (2023). Design and Simulation of Automatic Product Delivery Sorting Machine Depending on the Size. *2023 3rd International Conference on Pervasive Computing and Social Networking (ICPCSN)*, 1779–1785. <https://doi.org/10.1109/ICPCSN58827.2023.00298>
- Sughashini, K. R., Sunanthini, V., Johnsi, J., Nagalakshmi, R., & Sudha, R. (2021). A pneumatic robot arm for sorting of objects with chromatic sensor module. *Materials Today: Proceedings*, 45, 6364–6368. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.936>
- Sulistyo, J., Setiawan, A. T., & Toha, I. S. (2024). Development of cloud visualization a machining manufacturing system shop floor. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 33(2). <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v33.i2.pp1005-1015>
- Sunata, A., & Rino, R. (2020). Jurnal Algor Rancang Bangun Alat Penghitung Jumlah Produksi Dengan Menggunakan Microcontroller Load Cell Berbasis Web Service. *ALGOR*, 1(2), 59–66.
- Thike, A., Moe San, Z. Z., & Min Oo, D. Z. (2019). Design and Development of an Automatic Color Sorting Machine on Belt Conveyor. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 8(7). <https://doi.org/10.7753/ijsea0807.1002>
- Wang, M., Zhang, C., Sun, Y., & Dong, K. (2022). Seismic performance of steel frame with replaceable low yield point steel connection components and the effect of structural fuses. *Journal of Building Engineering*, 47, 103862.
- Wibowo, H., & Gunanto, A. (2023). Development of roller tank prototypes for moving goods with a capacity of 5 tons. *Jurnal Polimesin*, 21(4), 458–462.
- Xavier, M., Tawk, C., Zolfagharian, A., Pinski, J., Howard, G., Young, T., Lai, J., Harrison, S., Yong, Y. K., Bodaghi, M., & Fleming, A. (2022). Soft Pneumatic Actuators: A Review of Design, Fabrication, Modeling, Sensing, Control and Applications. *IEEE Access*, 10, 59442–59485. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3179589>
- Xie, Y., & Zhang, Z. (2019). *Development of Automatic Material Sorting Machine Based on PLC BT - International Conference on Applications and Techniques in Cyber Security and Intelligence ATCI 2018* (J. Abawajy, K.-K. R. Choo, R. Islam, Z. Xu, & M. Atiquzzaman (eds.); pp. 312–317). Springer International Publishing.
- Yadav, P., Uikey, M., Lonkar, P., Kayande, S., & Maurya, A. (2020). Sorting of Objects Using Image Processing. *2020 IEEE International Conference for Innovation in Technology (INOCON)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/INOCON50539.2020.9298360>
- Zhao, Y., & Li, J. (2022). Sensor-based technologies in effective solid waste sorting: successful applications, sensor combination, and future directions. *Environmental Science & Technology*, 56(24), 17531–17544.