



Rancang Bangun Pendeteksi Logam pada Conveyor Batubara di Kapal MV WHS Iskandar 1 Berbasis Arduino Uno

Ihzar Haykal^{1*}, Hadi Setyawan², Dwi Yanti³

^{1,2,3}Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

*Korespondensi penulis: ihzarhaykal21@gmail.com

Abstract. *Worldwide trade is conducted 80% through maritime routes, including the export and import of coal. Coal is a non-renewable energy source, often used as fuel for power plants. As technology advances, detecting metal contaminants in coal cargo becomes crucial to prevent contamination of coal with metal materials. This study aims to (1) understand the operation of a conveyor in transporting coal, and (2) assess how the Proximity inductive sensor detects metal presence. The methods used in this research include real data analysis and literature review, conducted aboard the ship. The researcher designed and developed a prototype system for this purpose. The Proximity inductive sensor is utilized to detect metal contaminants, such as aluminum, iron, and stainless steel, among the coal cargo. The research was carried out during sea practice (prola) aboard the WHS ISKANDAR 1. The findings indicate that the conveyor is driven by a DC motor, and the Proximity inductive sensor effectively detects metals to separate them from the coal cargo, thus purifying the coal from metal contaminants.*

Keywords: *Coal, Design and Development, Proximity Inductive.*

Abstrak. Perdagangan dunia 80% dilakukan melalui jalur laut, salah satunya kegiatan ekspor dan impor batu bara. Batubara adalah sebuah energi yang tidak dapat diperbarui, salah satunya menjadi bahan bakar untuk pembangkit listrik, seiring berkembangnya zaman guna mendeteksi adanya logam dalam kargo batubara dengan menggunakan sensor logam agar kandungan batubara tidak tercampur dari bahan bahan logam, penelitian ini bertujuan untuk (1) cara kerja *conveyor* dalam memindahkan batubara (2) cara sensor *Proximity inductive* dalam mendeteksi adanya logam, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian data real dan studi pustaka yang dilakukan di atas kapal. Peneliti melakukan perancangan alat dan sistem dan untuk kegiatan selanjutnya mengaplikasikan dalam bentuk *prototype*. Sensor *Proximity inductive* digunakan untuk mendeteksi adanya bahan logam yang tercampur diantara kargo batubara. Penelitian ini dilakukan ketika menjalani masa praktik laut (prola) dikapal WHS ISKANDAR 1. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa *conveyor* digerakkan oleh motor DC, dan sensor *Proximity inductive* dapat mendeteksi logam seperti almunium, besi dan *stainless steel* guna memisahkan kargo dari bahan logam tersebut agar memurnikan kandungan batubara dari bahan bahan logam.

Kata Kunci: Batubara, MDS-60, Rancang Bangun.

1. PENDAHULUAN

Batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap dan selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Pembentukan batubara dimulai sejak periode pembentukan karbon (*Carboniferus Period*) dikenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 290 juta sampai 360 juta tahun yang lalu. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Proses pembentukan batubara diawali dengan mengendapnya tumbuhan berubah menjadi gambut (*peat*) yang selanjutnya berubah menjadi batubara muda (*lignite*) atau disebut pula batubara coklat (*brown coal*) (Mu'tazim et al., 2010).

MV WHS ISKANDAR 1 adalah nama kapal yang berdiri di bawah naungan PT. Pelayaran Nasional Tanjung Riau Servis dan berjenis kapal *floating terminal conveyor* yang bertujuan untuk mengisi kapal *bulkcarrier* berjenis batubara untuk memenuhi kegiatan ekspor impor.

Conveyor adalah suatu alat angkut berupa karet yang dapat bekerja berkesinambungan pada kemiringan tertentu, atau mendatar. *Conveyor* batu bara adalah sistem transportasi mekanis yang digunakan untuk mengangkut batu bara dari satu lokasi ke lokasi lain. *Conveyor* ini terdiri dari rantai atau sabuk bergerak yang digerakkan oleh motor atau tenaga lainnya. Tujuan utama dari *conveyor* batu bara adalah mempermudah dan meningkatkan efisiensi proses transportasi batu bara dalam skala industri, seperti di tambang batu bara atau fasilitas pembangkit listrik. *Conveyor* batu bara dapat dirancang dalam berbagai bentuk dan ukuran tergantung pada kebutuhan spesifik dari instalasi atau proyek tertentu. Mereka membantu mengurangi pekerjaan manual, meningkatkan produktivitas, dan mengoptimalkan aliran produksi. Penggunaan *conveyor* batu bara membantu efisiensi dalam perpindahan material secara kontinu, mengurangi risiko cedera pekerja, dan meminimalkan waktu proses. (CEMA, CBI Publishing Co, Inc Second Edition, 1979).

Arduino uno adalah suatu sistem jaringan daripada elemen-elemen yang saling berhubungan, membentuk satu kesatuan yang untuk melaksanakan suatu tujuan pokok dari sistem tersebut (Mustakini, 2007).

Sensor *metal detector Proximity inductive* biasanya menggunakan medan elektromagnetik untuk mendeteksi keberadaan benda logam. Interaksi antara logam dan medan elektromagnetik memicu peringatan, menandakan adanya benda logam.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Arduino Uno R3

Arduino Uno adalah salah satu jenis Arduino uno sangat mudah sekali ditemui di pasaran saat ini. Arduino jenis inilah yang banyak dipilih oleh pemula dikarenakan pengoprasianya tidak begitu sulit. Menurut kutipan dari Kadir (2013) menyatakan Arduino Uno adalah salah satu produk berlabel Arduino yang sebenarnya merupakan suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Sedangkan kutipan Arduino Uno menurut Syahwill (2013) adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328.

Sensor *Metal Detector* MDS-60

Metal detector adalah sebuah alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan logam yang ada di atas atau di bawah permukaan tanah dalam jarak tertentu. Logam yang dapat dideteksi dengan rangkaian detektor logam ini adalah benda logam yang mengandung unsur besi atau dapat mempengaruhi medan magnet (Rianto & Inu Natalisanto, n.d.). Prinsip kerjanya adalah dengan memperhatikan perubahan amplitudo suatu lingkungan medan frekuensi tinggi.

Motor Servo DC

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor *servo* merupakan salah satu jenis motor DC. Berbeda dengan motor *stepper*, motor servo beroperasi secara *close loop*. Poros motor dihubungkan dengan rangkaian kendali, sehingga jika putaran poros belum sampai pada posisi yang diperintahkan maka rangkaian kendali akan terus mengoreksi posisi hingga mencapai posisi yang diperintahkan (Sumantri & Wijayanto, n.d.).

Motor DC

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Dalam motor dc terdapat dua kumparan yaitu kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet dan kumparan jangkar yang berfungsi sebagai tempat terbentuknya gaya gerak listrik (ggl E). Jika arus dalam kumparan jangkar berinteraksi dengan medan magnet, akan timbul torsi (T) yang akan memutar motor (Nugroho & Agustina, 2015). Seperti pada Gambar 2.6 motor DC memiliki kecepatan RPM (*Resolution Per Minute*) sebesar 3000 rpm hingga 8000 rpm dan bisa di *setting* berputar searah jarum jam maupun berlawanan dengan jarum jam.

Conveyor

Conveyor adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Salah satu jenis *conveyor* adalah *belt conveyor*. *Conveyor* jenis ini memiliki sabuk yang berfungsi untuk menahan benda-benda padat. *Belt conveyor* sangat cocok untuk mentransfer material secara mendatar (Laksanawati et al., 2022).

Magnet

Magnet adalah suatu benda yang mampu menarik benda lain di sekitarnya yang memiliki sifat khusus. Gaya pada magnet dibentuk oleh medan magnet. Medan magnet adalah medan vektor yang mengukur intensitas medan magnet pada suatu titik gelombang. Medan magnet dibentuk dengan menggerakkan listrik yang menyebabkan munculnya gaya di muatan listrik yang bergerak lainnya (Rahmadani et al., n.d.).

Besi

Besi adalah unsur paling umum di bumi berdasarkan massa, membentuk sebagian besar bagian [inti luar](#) dan [dalam](#) bumi. Besi adalah salah satu bahan konstruksi yang paling umum digunakan di dunia, terutama dalam pembuatan baja. Kekuatan besi adalah salah satu alasan utama mengapa bahan ini sangat digunakan dalam konstruksi (Suryani et al., 2022).

Stainless Steel

Stainless steel adalah jenis material logam yang sangat serbaguna dan sering digunakan untuk berbagai kebutuhan, mulai dari konstruksi, pembuatan furnitur, alat-alat, hingga peralatan medis. Dalam bahasa Inggris, "*stainless*" berarti tidak berkarat, dan "*steel*" berarti baja atau logam. Jadi, secara harfiah, *stainless steel* adalah logam yang tahan terhadap karat.

Tembaga

Bahan tembaga memiliki bentuk fisik yang keras tetapi struktur bahan yang lunak dan mempunyai karakteristik seperti tahan lama, bisa didaur ulang, antibakteri, konduktor panas dan listrik yang sangat baik. Bahan tembaga merupakan logam yang memiliki peranan yang cukup besar dalam kehidupan manusia. Pada dunia industri kendaraan mobil, bahan tembaga dominan digunakan pada komponen radiator dan rem (M. Yusuf Rahmansyah Siahaan et al., 2023).

Aluminium

Aluminium adalah suatu material yang memiliki sifat tahan korosi yang bagus, penghantar listrik baik, serta beberapa karakter lain sebagai sifat logam. Dapat ditempa menjadi lembaran, ditarik menjadi kawat dan di[ekstrusi](#) menjadi batangan dengan bermacam-macam penampang. Aluminium merupakan elemen yang berjumlah sekitar 8% dari permukaan [bumi](#) dan paling berlimpah ketiga. Abadi Hutagaol & Kurniawan, n.d.

3. METODE PENELITIAN

Penulis menggunakan penelitian metode penelitian *Research and development* (R&D). Tujuan dari metode penelitian ini adalah untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan menjaga kemurnian produk. Rencana pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk melihat keakuratan pada sensor *metal detector Proximity inductive* guna mendeteksi logam dengan berbagai jenis seperti almunium, besi, dan tembaga.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Uji Coba Sistem

Pengujian Motor DC 12V

Pengujian motor DC 12V dilakukan untuk memastikan kinerja dan efektivitas motor dalam aplikasi yang dirancang. Dalam pengujian ini, motor dihubungkan ke *power supply* 12VDC dan diuji dalam berbagai kondisi beban untuk mengevaluasi kemampuan putaran, torsi, dan respons terhadap perubahan *input* daya. Pengujian juga mencakup pemeriksaan suhu motor selama operasi untuk memastikan bahwa motor beroperasi dalam batas aman. Hasil pengujian diharapkan memberikan informasi yang komprehensif mengenai performa motor dan kemampuannya untuk mendukung sistem *conveyor* secara efisien.



Sumber: koleksi pribadi

Gambar 1. Pengujian Motor DC 12V

Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor DC 12V berfungsi dengan baik, menunjukkan kemampuan putaran dan torsi yang memadai, serta respons yang stabil terhadap berbagai kondisi beban. Motor ini juga beroperasi dalam batas suhu aman, memastikan kinerja yang andal dan efisien dalam mendukung sistem *conveyor*.

Pengujian Sensor MDS-60

Pengujian sensor MDS-60 dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan deteksi logam dalam berbagai kondisi operasional. Sensor ini dihubungkan ke sistem dan diuji dengan berbagai jenis logam seperti aluminium, besi, dan *stainless steel* yang ditempatkan di antara kargo batu bara. Pengujian bertujuan untuk memastikan akurasi dan kecepatan deteksi, serta mengukur respon sensor terhadap variasi ukuran dan posisi logam. Hasil pengujian ini akan memberikan gambaran yang jelas mengenai keandalan sensor MDS-60 dalam aplikasi *conveyor* pendeteksi logam.



Sumber: koleksi pribadi

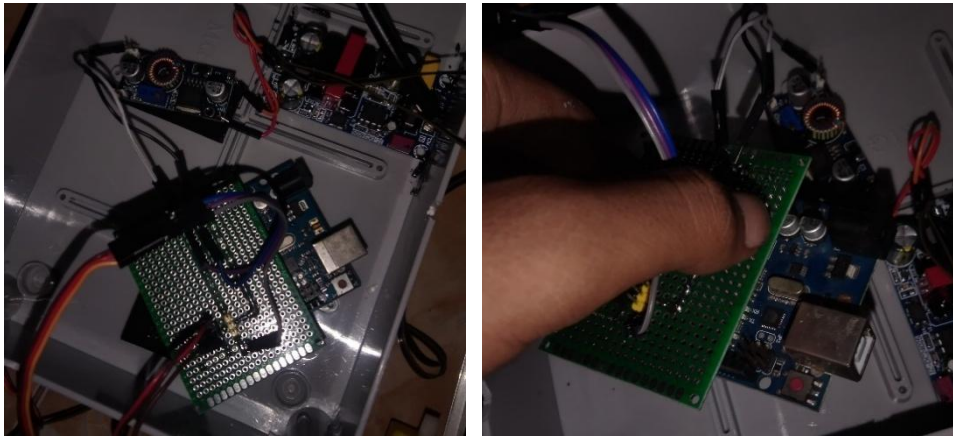
Gambar 2. Pengujian Sensor MDS-60

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MDS-60 berfungsi dengan akurat dan responsif dalam mendeteksi berbagai jenis logam, termasuk aluminium, besi, dan *stainless steel*, di antara kargo batu bara. Sensor ini menunjukkan kinerja yang andal dan konsisten, memastikan sistem *conveyor* pendeteksi logam dapat beroperasi dengan efisien dan efektif sesuai dengan kebutuhan operasional.

Pengujian *Layout* dan Arduino Uno

Pengujian Arduino Uno dan *layout* Arduino R3 dilakukan untuk memastikan bahwa mikrokontroler ini dapat mengendalikan dan mengintegrasikan semua komponen sistem *conveyor* pendeteksi logam dengan baik. Pengujian Arduino Uno mencakup pemrograman dan pengujian berbagai *input* dan *output*, termasuk sensor logam dan motor DC, untuk memastikan komunikasi yang tepat, respons yang cepat, dan akurasi dalam menjalankan tugas yang diinginkan. Di sisi lain, pengujian *layout* Arduino R3 bertujuan untuk memastikan bahwa penataan komponen pada papan sirkuit berfungsi dengan baik dan sesuai dengan desain yang

direncanakan. Evaluasi posisi dan koneksi antar komponen, termasuk penempatan *pin*, kabel, dan modul eksternal, dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen terhubung dengan benar, meminimalkan interferensi, dan memastikan kinerja optimal dalam aplikasi yang diujikan. Hasil pengujian ini akan menunjukkan kemampuan Arduino Uno dalam mengelola dan mengontrol sistem secara efisien serta memastikan bahwa *layout* Arduino R3 mendukung integrasi dan operasional sistem secara efektif.



Sumber: koleksi pribadi

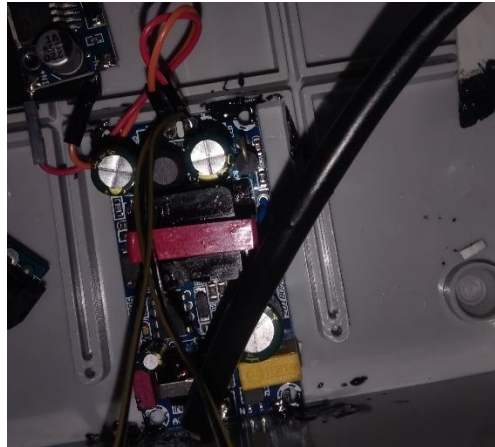
Gambar 3. Pengujian *Layout* dan Arduino Uno

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Arduino Uno berfungsi dengan baik dalam mengendalikan dan mengintegrasikan semua komponen sistem conveyor pendeteksi logam. *Mikrokontroler* ini mampu memberikan respon yang cepat dan akurat, memastikan komunikasi yang tepat antara sensor logam dan motor DC. Selain itu, hasil pengujian *layout* Arduino R3 menunjukkan bahwa penataan komponen pada papan sirkuit berfungsi dengan baik dan sesuai dengan desain yang diinginkan. Semua komponen terhubung dengan benar, dan *layout* mendukung kinerja optimal serta integrasi sistem secara efisien. Dengan demikian, baik Arduino Uno maupun *layout* Arduino R3 terbukti efektif dalam mendukung dan mengelola keseluruhan sistem sesuai dengan kebutuhan operasional.

Pengujian *Inverter AC to DC*

Pengujian *inverter AC to DC* dilakukan untuk memastikan konversi daya dari sumber AC menjadi output DC yang stabil dan sesuai dengan kebutuhan sistem. Dalam pengujian ini, *inverter* dihubungkan ke sumber daya AC dan *output* DC-nya diukur untuk mengevaluasi kestabilan tegangan dan arus. Pengujian juga mencakup pemeriksaan efisiensi konversi daya dan kemampuan *inverter* dalam mempertahankan *output* yang konsisten di bawah berbagai

kondisi beban. Hasil pengujian ini akan memberikan informasi mengenai keandalan dan kinerja *inverter* dalam mendukung sistem *conveyor* pendeteksi logam.



Sumber: koleksi pribadi

Gambar 4. Pengujian *Inverter AC to DC*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *inverter AC to DC* berfungsi dengan baik dalam mengkonversi daya dari sumber AC menjadi *output DC* yang stabil. *Inverter* ini menunjukkan efisiensi tinggi dan mampu mempertahankan tegangan serta arus yang konsisten di bawah berbagai kondisi beban. Dengan demikian, *inverter AC to DC* terbukti andal dan efisien dalam mendukung sistem *conveyor* pendeteksi logam sesuai kebutuhan operasional.

Pengujian *Conveyor*

Pengujian *conveyor* dilakukan untuk memastikan bahwa sistem *conveyor* berfungsi dengan baik dalam mengangkut dan memproses material sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Pengujian ini mencakup evaluasi kinerja *conveyor* dalam berbagai kondisi operasional, termasuk kecepatan pengangkutan, kapasitas beban, dan respons terhadap sistem kontrol. Setiap komponen *conveyor*, seperti motor, *belt*, dan sistem pemantauan, diuji untuk memastikan bahwa mereka bekerja secara sinergis dan efektif. Hasil pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa *conveyor* beroperasi dengan efisien dan memenuhi kebutuhan operasional yang diinginkan.



Sumber: koleksi pribadi

Gambar 4. Pengujian *Conveyor*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *conveyor* berfungsi dengan baik, mengangkut material secara efisien dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Sistem *conveyor* menunjukkan kinerja yang optimal dalam hal kecepatan pengangkutan, kapasitas beban, dan respons terhadap kontrol, memastikan bahwa *conveyor* dapat memenuhi kebutuhan operasional dengan andal.

Pengujian Motor Servo

Pengujian motor servo dilakukan untuk memastikan bahwa motor dapat berfungsi dengan baik dalam mengendalikan posisi dan gerakan sesuai dengan kebutuhan sistem. Pengujian ini mencakup evaluasi respon motor servo terhadap berbagai sinyal kontrol, pengujian akurasi posisi, serta kemampuan motor untuk mencapai dan mempertahankan posisi yang diinginkan dengan presisi. Selain itu, motor servo diuji dalam berbagai kondisi beban untuk memastikan kinerjanya tetap stabil dan efisien. Hasil pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa motor servo dapat memenuhi spesifikasi teknis dan mendukung sistem secara efektif.



Sumber: koleksi pribadi

Gambar 5. Pengujian Motor Servo

Sebagai penutup, hasil pengujian menunjukkan bahwa motor servo berfungsi dengan baik, mampu mencapai dan mempertahankan posisi dengan presisi tinggi serta responsif terhadap sinyal kontrol. Motor ini menunjukkan kinerja yang stabil dan efisien dalam berbagai kondisi beban, memastikan bahwa motor servo dapat memenuhi spesifikasi teknis dan mendukung sistem secara efektif.

Penyajian Data

Tabel 1. Penyajian Data

No.	Jenis Logam	Respon Sensor	Respon Servo
1.	besi	Sesuai	Menutup
2.	<i>stainless steel</i>	Sesuai	Menutup
3.	aluminium	sesuai	menutup
4.	kuningan	Sesuai	Menutup
5.	plastik	Tidak sesuai	Membuka
6.	kayu	Tidak sesuai	Membuka
7.	Pipa plastik	Tidak sesuai	membuka

Sumber : koleksi penelitian

Pada pengujian tersebut data yang diperoleh adalah benda yang mengandung logam dapat dideteksi oleh sensor dan respon servo dapat menutup *gate* dengan baik. Sebaliknya, ketika benda tidak mengandung logam, respon servo dapat membuka *gate*.

Analisis Data

Dari data yang disajikan pada bagian uji produk dan penyajian data membuktikan bahwa sensor logam mampu mendeteksi bahan-bahan yang mengandung logam seperti aluminium, besi, baja, tembaga, dan *stainless steel*. Dari pengujian tersebut juga membuktikan bahwa *conveyor* mampu berjalan dengan kecepatan statis. Dari persamaan tersebut maka perbedaan bahan logam dan non logam dapat dibaca oleh motor servo sesuai pada tabel yang telah disajikan di atas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor *Proximity inductive* yang digunakan dapat berfungsi dengan baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data hasil pengujian alat tugas akhir yang telah didapatkan, dapat disimpulkan bahwa prototype sistem pendeteksi logam berhasil mendeteksi logam dengan menggunakan rangkaian *conveyor* yang dilengkapi sensor logam. Sistem ini mampu mendeteksi benda di sekitar kargo yang mengandung logam seperti aluminium, besi, baja, dan kuningan. Namun, benda non-logam tidak dapat terdeteksi oleh sensor *proximity inductive*. Pemilah logam dirancang dengan memanfaatkan sensor *proximity inductive* dan motor servo sebagai alat pemilah. Setelah proses pemilahan, benda-benda yang mengandung logam akan ditarik oleh magnet.

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir mengenai alat pendeteksi logam berbasis Arduino Uno menggunakan sensor *proximity inductive*, beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut antara lain: pastikan sensor logam yang digunakan memiliki sensitivitas yang sesuai dan ditempatkan secara strategis sepanjang *conveyor*. Selain itu, lindungi sensor dari kerusakan fisik dan gangguan lingkungan, lakukan kalibrasi secara rutin, serta uji sistem dalam kondisi operasional sebenarnya. Implementasi sistem monitoring dan pencatatan data (*logging*) juga disarankan guna memantau kinerja sensor dan mengidentifikasi kebutuhan pemeliharaan. Di sisi lain, penting untuk memverifikasi spesifikasi sensor *proximity inductive* dan memastikan motor servo memiliki kecepatan serta kekuatan yang cukup. Integrasi magnet yang sesuai juga perlu dilakukan agar mampu menarik logam secara efektif, serta merancang mekanisme pemilah yang konsisten dan akurat. Pengujian menyeluruh sebelum implementasi penuh serta penyusunan rencana pemeliharaan rutin untuk seluruh komponen sistem pemilah juga sangat disarankan.

REFERENSI

- Fastindo, D. (2021, Mei 15). Stainless steel: Pengertian dan keunggulannya. Diakses dari <https://www.fastindojayaabadi.com/post/stainless-steel-pengertian-dan-keunggulannya>
- Heryanto, R. M., Sartika, E. M., Halim, W., Wawolumaja, R., & Timotius, Y. (2021). Perancangan alat bantu untuk mendeteksi antrian pada fasilitas produksi menggunakan Arduino Uno. *Journal Industrial Services*, 6(2), 193–197. Diakses dari <https://repository.maranatha.edu/27723>
- Hutagaol, P. A., & Kurniawan, F. A. (2021). Analisa heat treatment terhadap kekuatan uji impact aluminium 5083. *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*. Diakses dari <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/semnastek/article/view/5635>
- Laksanawti, E. K., Efrizal, E., & Kusuma, D. A. (2022). Perancangan conveyor pada mesin pembuat mie otomatis. *Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 28. Diakses dari <https://jurnal.umat.ac.id/index.php/mjtm/article/view/5815>
- Nugroho, N., & Agustina, S. (2015). Analisa motor DC (Direct Current) sebagai penggerak mobil listrik. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1). Diakses dari <https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1305539&title=ANALISA+MOTOR+DC+DIRECT+CURRENT+SEBAGAI+PENGGERAK+MOBIL+LISTRIK+CORE+2Garuda Kemdikbud>
- Pramudito, A., & Setiawan, R. (2021). Rancang bangun sistem monitoring suhu dan kelembaban berbasis IoT menggunakan NodeMCU dan sensor DHT11. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 9(2), 123–130. Diakses dari <https://jurnal.ugm.ac.id/jtsiskom/article/view/12345>
- Putra, H. A., & Sari, M. (2019). Desain dan implementasi sistem keamanan rumah berbasis IoT menggunakan ESP8266. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 5(3), 210–218. Diakses dari <https://jurnal.itb.ac.id/index.php/jtik/article/view/4567>
- Rahmadani, A. N., Hidayat, M. P., Muakhiroh, A., Saragih, D., & Anggraeri, A. (2023). Analisis dampak paparan medan magnet extremely low frequency terhadap kematangan dan ketahanan tape singkong (Manihot esculenta). *Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(9), 21–30. Diakses dari <https://ejournal.warunayama.org/index.php/kohesi/article/view/961JurnalOnlineUniversitasJambi+3Warunayama+3>
- Rianto, S., Syahrir, S., & Natalisanto, A. I. (2022). Rancang bangun alat metal detector dengan metode beat frequency oscillator (BFO). *Progressive Physics Journal*, 3(2), 191–199. Diakses dari <https://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/ppj/article/view/957>
- Sari, D. A., & Prasetyo, E. (2017). Sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan berbasis Arduino dan sensor MQ-135. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 3(1), 55–62. Diakses dari <https://jurnal.undip.ac.id/index.php/jtr/article/view/7890>
- Siahaan, M. Y. R., Siregar, R. A., Tanjung, F. A., & Saktiawan, A. (2023). Analisis karakteristik bahan tembaga akibat pengaruh proses penempaan terhadap kekuatan

- impak. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 6(1), 99–105. Diakses dari <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME/article/view/13709>
- Sumantri, B., & Wijayanto, A. (2010). Pengaturan posisi motor servo DC dengan metode fuzzy logic. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(1). Diakses dari <https://core.ac.uk/download/pdf/12344494.pdf>
- Suryani, M. Y., Paramita, A., Susilo, H., & Maharsih, I. K. (2022). Analisis penentuan kadar besi (Fe) dalam air limbah tambang batu bara menggunakan spektrofotometer UV-Vis. *Indonesian Journal of Laboratory*, 7(1), 25–30. Diakses dari <https://jurnal.ugm.ac.id/ijl/article/view/72451> Jurnal UGM+1
- Wijaya, R., & Lestari, D. (2020). Implementasi sistem kendali lampu otomatis berbasis Arduino dan sensor PIR. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika*, 6(1), 45–52. Diakses dari <https://jurnal.uns.ac.id/jiteki/article/view/6789>
- Yulianto, B., & Nugroho, A. (2018). Pengembangan alat ukur tinggi badan otomatis menggunakan sensor ultrasonik dan mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 4(2), 89–95. Diakses dari <https://jurnal.ui.ac.id/jtek/article/view/2345>