

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Logam pada Kemasan Berbasis Sistem Analog

M Abdul Aziz Jaya¹, Tri Nur Arifin²
^{1,2}Universitas Dian Nusantara, Jakarta 11470
e-mail: tri.nur.arifin@undira.ac.id

Abstrak—Keberadaan kemasan yang terkontaminasi logam dalam proses produksi industri kosmetik atau makanan dapat menyebabkan penurunan kualitas produk akhir dan membahayakan konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi logam otomatis sederhana berbasis komponen analog dan mampu memilah benda yang terkontaminasi secara langsung serta mudah dalam perawatan. Sistem ini dirancang menggunakan sensor *Garrett metal detecto*, Relay my2, Relay timer, *solenoid valve* dan pneumatik. Hasilnya menunjukkan bahwa sensor tersebut mampu mendeteksi kemasan jar dan roti berisi baut, mur dan jarum untuk menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan memilah kemasan yang terkontaminasi logam. Pada percobaan tersebut alat metal detektor dapat bekerja dengan baik dan mampu mendeteksi adanya logam serta mampu memilah kemasan yang terdapat logam sehingga dapat mencegah terjadinya.

Kata kunci: *Garrett metal detector, Relay MY2, Relay Timer, Solenoid valve, Pneumatik silinder*

Abstract—The presence of metal-contaminated packaging in the cosmetic or food industrial production process can lead to a reduction in the quality of the final product and pose a risk to consumers. This study aims to design and implement a simple automatic metal detection system based on analog components that is capable of directly sorting contaminated objects and is easy to maintain. The system is designed using a *Garrett metal detector sensor*, *MY2 relay*, *relay timer*, *solenoid valve*, and *pneumatic components*. The results show that the sensor is able to detect jar and bread packaging containing bolts, nuts, and needles, demonstrating that the system can detect and sort metal-contaminated packaging. In the experiment, the metal detector device operated properly and was able to detect the presence of metal and successfully separate contaminated packaging, thereby preventing potential hazards.

Keywords: *Garrett metal detector, MY2 Relay, Timer Relay, Solenoid valve, Pneumatic cylinder*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital saat ini berlangsung sangat pesat dan berpengaruh signifikan terhadap kemajuan teknologi komputer serta sistem otomatisasi industri. Berbagai perangkat elektronik, baik pada sektor rumah tangga maupun industri, telah terintegrasi dalam suatu sistem kendali yang memungkinkan proses pengoperasian dan pengawasan mesin dilakukan secara lebih mudah, efisien, dan berkelanjutan. Kemajuan teknologi tersebut mendorong perancangan dan pembangunan alat yang semakin canggih dan multifungsi guna membantu menyelesaikan berbagai permasalahan yang muncul dalam proses produksi industri.

Pada industri manufaktur, khususnya perusahaan yang beroperasi selama 24 jam nonstop, penggunaan mesin dalam jangka waktu panjang berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan teknis. Mesin yang terus beroperasi tidak selalu dapat bekerja secara optimal tanpa gangguan, sehingga memungkinkan terjadinya kerusakan seperti keausan komponen, komponen terlepas, atau kegagalan mekanis lainnya. Selain itu, keterbatasan waktu untuk melakukan pengecekan secara berkala juga meningkatkan risiko terjadinya kesalahan, baik yang berasal dari mesin maupun dari faktor manusia (*human error*), yang pada akhirnya dapat menyebabkan produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar kualitas yang diharapkan.

Permasalahan tersebut menjadi sangat krusial pada industri makanan dan kosmetik, di mana aspek kebersihan dan higienisasi produk merupakan faktor utama yang harus dijaga. Kontaminasi benda asing, khususnya logam, dalam produk makanan maupun kosmetik dapat membahayakan kesehatan konsumen serta menurunkan kepercayaan terhadap merek. Beberapa kasus ditemukannya benda logam seperti jarum, batang logam, hingga sekrup di dalam makanan pernah dilaporkan oleh media detikfood.com [1], yang menunjukkan bahwa risiko kontaminasi logam masih menjadi permasalahan nyata di industri. Dalam industri kosmetik, keberadaan partikel logam pada produk seperti krim, bedak, lipstik, atau serum dapat menyebabkan iritasi kulit, reaksi alergi, serta berdampak negatif terhadap reputasi perusahaan.

Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem inspeksi tambahan yang mampu mendeteksi keberadaan logam pada produk yang telah dikemas (*finish good*) sebelum sampai ke konsumen. Sistem ini diharapkan dapat meminimalkan kerugian yang ditimbulkan akibat produk cacat, baik bagi konsumen maupun perusahaan. Pada penelitian ini digunakan sistem berbasis analog karena dinilai lebih praktis dalam perancangan, tidak memerlukan pemrograman, mudah dalam perawatan, memiliki efisiensi biaya yang baik, serta mampu beroperasi secara andal pada kondisi lingkungan ekstrem seperti suhu tinggi, suhu rendah, dan getaran, sehingga cocok diaplikasikan pada mesin industri yang beroperasi secara terus-menerus.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah alat pendeteksi logam pada kemasan berbasis analog yang mampu mendeteksi keberadaan logam secara dini serta melakukan proses penyortiran otomatis terhadap kemasan yang terkontaminasi logam. Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat meningkatkan keamanan produk, menjaga kualitas hasil produksi, serta mengurangi risiko kesalahan akibat kerusakan mesin maupun human *error* dalam proses produksi industri.

Kebaharuan dari penelitian ini, yaitu membuat suatu alat pendeteksi logam pada kemasan dengan menggunakan sistem seleuruhnya analog tanpa menggunakan sistem mikrokontroler untuk menalalkan alat tersebut.

II. STUDI PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem pendeteksi logam banyak dikembangkan menggunakan mikrokontroler. Rokhmanila dan Astuti [2] merancang sistem pendeteksi logam dan benda padat menggunakan Arduino Uno, sensor proximity induktif, dan HMI Nextion. Sistem ini mudah dioperasikan, namun kurang cocok untuk penggunaan jangka panjang karena Arduino rentan terhadap suhu tinggi dan getaran. Penelitian oleh Muhtarom dan Effendi [3] juga menggunakan Arduino Uno untuk mendeteksi logam pada makanan, namun belum dilengkapi mekanisme pemilah sehingga produk terkontaminasi tidak dapat dipisahkan secara otomatis.

Pendekatan yang lebih sesuai ditunjukkan pada penelitian terkait penggunaan solenoid valve 5/2 way, yaitu aplikasi rangkaian sistem otomatis pada mesin sealer perekat cup [4], yang memiliki keunggulan dalam ketahanan terhadap suhu tinggi, getaran, serta kemudahan perawatan. Selain itu, penelitian oleh Azizi dkk. [6] mengenai pendeteksi logam pada tepung menggunakan metode magnetik puller menunjukkan bahwa ketebalan material dan karakteristik logam sangat mempengaruhi sensitivitas sistem. Berdasarkan kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem berbasis analog dan aktuator industri lebih andal untuk operasi kontinu dibandingkan sistem berbasis mikrokontroler.

B. Motor DC

Motor arus searah (DC) merupakan aktuator yang bekerja menggunakan sumber tegangan DC dan banyak digunakan dalam sistem conveyor. Kecepatan putaran motor DC dapat diatur melalui perubahan tegangan atau arus yang diberikan. Dalam aplikasi industri, motor DC digunakan untuk menggerakkan conveyor secara stabil dan terkontrol, sehingga memungkinkan kemasan melewati area deteksi dengan kecepatan yang sesuai. Motor DC banyak digunakan karena konstruksinya sederhana, mudah dikendalikan, dan memiliki respon yang baik terhadap perubahan beban [7].

C. Sistem Pneumatik

Sistem Pneuematik adalah sistem dikendalikan dengan menggunakan udara yang di kompresi. Udara kompresi tersebut yang nantinya akan menggerakkan dan mengendalikan pneumatik agar menghasilkan gerak mekanis. Pneumatik ini sering kali diaplikasikan pada pekerjaan-pekerjaan seperti pengangkatan, pemindahan

dan penengdalian alat berat. Pada sistem ini, untuk menghasilkan udara yang terkompresi yaitu menggunakan kompresor. Udara yang dikompresi akan dilepaskan jika sudah mencapai tekanan udara tertentu. Pada penelitian ini, menggunakan pneumatik untuk memindahkan kemasan yang didalamnya terdeteksi logam-logam.[8].

D. Sensor Logam (Metal Detector)

Sensor logam atau metal detector merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan logam berbasis perubahan medan elektromagnetik. Metal detector banyak digunakan dalam industri makanan dan kosmetik untuk memastikan produk bebas dari kontaminasi logam. Pada penelitian ini digunakan metal detector tipe Garrett Super Scanner yang mampu mendeteksi logam ferrous dan non-ferrous. Sensor ini bekerja menggunakan sumber tegangan DC 9 volt sehingga fleksibel dan mudah diintegrasikan dengan sistem kendali analog [9].

E. Solenoid Valve

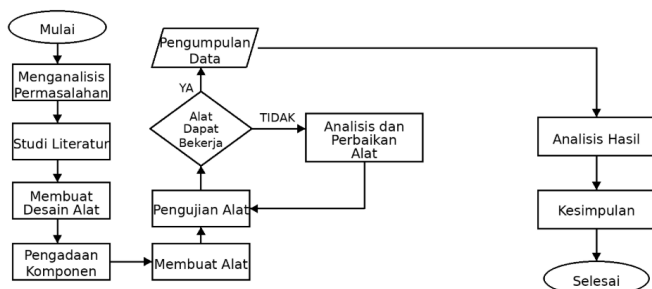
Solenoid valve adalah katup yang dioperasikan oleh elektromagnet untuk mengontrol aliran udara bertekanan dalam sistem pneumatik. Solenoid valve tipe 5/2 way banyak digunakan untuk mengendalikan silinder pneumatik kerja ganda. Keunggulan solenoid valve Airtac terletak pada keandalan, respon cepat, serta kemudahan instalasi, sehingga cocok digunakan pada sistem penyortiran otomatis dalam lingkungan industri [10].

F. Relay dan Relay Timer

Relay merupakan saklar elektromekanik yang memungkinkan pengendalian beban bertegangan atau berarus besar menggunakan sinyal listrik kecil. Relay digunakan sebagai penghubung antara sensor, aktuator, dan sistem kendali [11]. Relay timer merupakan jenis relay yang dilengkapi pengaturan waktu untuk mengatur jeda operasi sistem. Timer analog dipilih dalam penelitian ini karena mudah diatur, tidak memerlukan pemrograman, serta cukup andal untuk sistem berbasis analog yang bekerja secara kontinu [12][13].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan eksperimen dengan fokus pada pembuatan prototipe alat pendeteksi logam pada kemasan berbasis analog yang dilengkapi sistem pemisahan menggunakan aktuator pneumatik. Tahapan penelitian yang terdapat pada gambar 1, yaitu diawali dengan analisis permasalahan yang terjadi pada industri makanan dan kosmetik, khususnya terkait kontaminasi logam akibat kerusakan mesin maupun kesalahan manusia. Selanjutnya dilakukan studi literatur dari jurnal, buku, dan sumber teknis untuk menentukan konsep, komponen, serta prinsip kerja alat. Berdasarkan hasil studi tersebut, dilakukan perancangan desain sistem, pengadaan komponen, perakitan alat, serta pengujian fungsional hingga alat dinyatakan dapat bekerja sesuai tujuan penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Prinsip kerja alat diawali dengan proses inialisasi dan kalibrasi sistem, yang meliputi pengaturan relay timer dan tekanan udara pada sistem pneumatik. Produk yang diletakkan pada conveyor akan melewati sensor metal detector. Apabila terdeteksi adanya logam, sensor akan menghasilkan sinyal listrik yang diteruskan ke rangkaian kontrol berupa relay dan relay timer. Sinyal tersebut kemudian mengaktifkan solenoid valve sehingga silinder pneumatik bergerak untuk memisahkan produk terkontaminasi sebagai barang reject. Sebaliknya, apabila tidak terdeteksi logam, sistem pneumatik tetap dalam kondisi diam dan produk akan terus berjalan di conveyor. Sistem ini dirancang tanpa pemrograman, sehingga lebih sederhana, stabil, dan cocok untuk operasi kontinu di lingkungan industri.

Pengujian alat dilakukan dengan mengukur tegangan pada setiap bagian rangkaian, menguji respon sensor metal detector terhadap berbagai kondisi, serta mengamati kinerja sistem pneumatik dalam proses penyortiran. Data dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap kinerja alat dan dicatat untuk dianalisis guna mengetahui tingkat keberhasilan deteksi dan pemisahan produk. Seluruh proses penelitian dilakukan secara mandiri dengan pembuatan prototipe di rumah peneliti, menggunakan peralatan dan bahan yang sesuai dengan kebutuhan sistem, seperti power supply, metal detector, relay, relay timer, motor DC, conveyor, solenoid valve, dan silinder pneumatik. Hasil analisis selanjutnya digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan dan pemberian rekomendasi pengembangan alat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sistem

Pada penelitian ini terdapat beberapa pengujian untuk mengetahui alat dapat bekerja dengan baik, yaitu Pengujian Relay, Pengujian

Tabel 1. Pengujian Relay 1

NO	Kondisi Buttom	Push	Tegangan Masuk (V)	Tegangan Keluar (V)
1	ON		12,13	12,12
2	OFF		0	0

Tabel 2. Pengujian Relay 2

NO	Kondisi Buttom	Push	Tegangan Masuk (V)	Tegangan Keluar (V)
1	ON		11.52	11,50
2	OFF		0	0

Relay MY2 ini terbilang efektif sebagai pengunci arus atau sekaligus saklar otomatis. Dikarenakan hambatan yang terjadi pada relay cukup kecil sehingga dapat menghantarkan arus dengan baik. Seperti data tabel 1, pada arus masukan sebesar 12,13 V diperoleh arus keluaran sebesar 12,12V. Dari data tersebut arus yang terhambat terbilang sangat rendah, sehingga arus dapat mengalir secara efektif ke beban rangkaian.



Gambar 2. Relay posisi OFF



Gambar 3. Relay posisi ON

Tabel 3. Pengujian relay timer dengan stopwatch

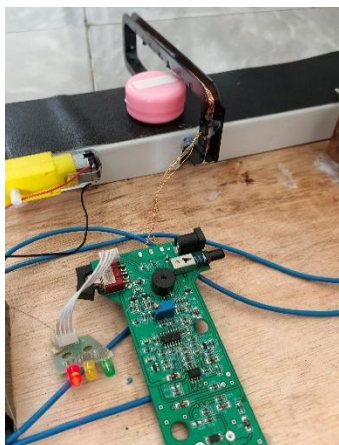
Percobaan	Relay timer (s)	Stopwatch (s)
1	1	0,98
2	2	1,96
3	3	2,98
4	4	4,08
5	5	4,98

Relay Timer memiliki waktu yang berbeda-beda, semakin kecil resistansi waktu pada jenis relay timer, semakin akurat waktu nyatanya. Disini relay timer yang digunakan memiliki durasi 1 detik sampai 10 detik. Pada table 3 merupakan hasil percobaan pengukuran 1 detik diperoleh hasil pengukuran pada stopwatch 0,98 detik, pada pengukuran 2 detik diperoleh hasil pengukuran pada stopwatch 1,98 detik, pada pengukuran 3 detik diperoleh hasil pengukuran pada stopwatch 2,98 detik, pada pengukuran 4 detik diperoleh hasil pengukuran pada stopwatch 4,08 detik, pada pengukuran 5 detik diperoleh hasil pengukuran pada stopwatch 4,98 detik. Dengan hasil ini relay timer dengan durasi 1 detik sampai 10 detik tergolong sangat akurat dalam pembacaannya.

Tabel 4. Pengujian Metal *Detector* DIY Garret

Percobaan	Media logam	Lampu LED merah	Buzzer	Arus Keluaran (V)
1	Jarum	Menyala	Berbunyi	11,55
2	Baut	Menyala	Berbunyi	11,59
3	Mur	Menyala	Berbunyi	11,67
4	Tidak Ada	Tidak menyala	Tidak Berbunyi	0

Pengujian Metal *detector* DIY Garret yang terlihat pada tabel 4 dilakukan beberapa kali percobaan dan dengan media logam berupa jarum dan baut. Pengujian pada jarum diperoleh hasil Arus keluaran sebesar 10,55V, 9,64V dan 10,47V, serta lampu LED menyala dan *Buzzer* berbunyi. Pada pengujian menggunakan baut diperoleh hasil arus keluaran sebesar 10,59V, 10,21V, dan 10,63V, serta lampu LED menyala dan *buzzer* berbunyi.

Gambar 4. Metal *detector* tidak mendeteksi logamGambar 5. Metal *Detector* Mendeteksi logam

Pengukuran *Coil*

Pada percobaan untuk menguji *Coil*, dilakukan pengukuran terhadap coil pada metal detector yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan logam. Dari hasil pengujian, maka didapatkan besar arus pada saat tidak mendeteksi logam sebesar 0,1V dan pada saat mendeteksi logam sebesar 1,2V.

Tabel 5. Pengukuran Conveyor

Saat Tegangan (v)	Besaran RPM yang didapat
1	36
2	77
3	129
4	179
5	226

Pada percobaan tabel 5 yaitu mengukur RPM seperti pada gambar 6 pada motor DC dengan tegangan pengujian dari tegangan 1 volt sampai 5 volt. Pada percobaan dengan tegangan 1 volt diperoleh sebesar 36rpm, pada tegangan 2 volt diperoleh sebesar 77rpm, pada tegangan 3 volt diperoleh 129rpm, pada tegangan 4 volt diperoleh 179rpm, dan pada tegangan 5 volt diperoleh hasil sebesar 226rpm. Semua jenjang level kecepatan dari 1v sampai 5v di uji untuk nantinya disesuaikan kecepatan yang dibutuhkan saat terdapat beban.

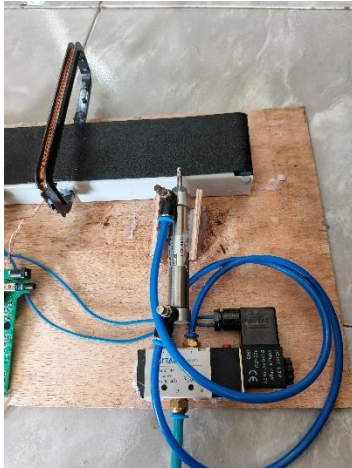


Gambar 6. Pengukuran RPM motor DC

Tabel 6. Pengujian Selenoid dan Pneumatik

Percobaan	Dialiri Arus	Lampu indikator Selenoid	Kondisi Pneumatik
1	Ya	Menyala	Maju
2	Tidak	Tidak	Mundur

Pada Pengujian selenoid dan Pneumatik yang terdapat pada table 6, Solenoid valve akan bekerja bila kumparan atau *coil* mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja (kebanyakan tegangan kerja pada tegangan DC adalah 12/24VDC). Jika diberi tegangan pada selenoid maka lampu indikator selenoid akan menyala dan mengubah tekanan udara pada pneumatik yang menyebabkan kondisi pneumatik akan maju. Sedangkan Ketika kondisi tidak diberi tegangan maka solenoid tidak akan memberi sinyal pada pneumatik sehingga kondisi pneumatik tetap diam.



Gambar 7. Selenoid off dan Pneumatik mundur



Gambar 8. Selenoid ON dan Pneumatik Maju

Untuk menentukan pengujian sistem secara keseluruhan maka pada percobaan ini dilakukan beberapa kali pengujian untuk mengetahui cara kerja dan sensitivitas alat yang dibuat. Dalam pengujian sistem yaitu mengalirkan arus yang diambil dari stopkontak dan diubah menjadi arus 12v oleh *power supply*. Kemudian menuju ke *relay 1* yang digunakan sebagai pengunci arus *push button* ON atau OFF. Ketika *push button* ON ditekan maka arus mengalir ke semua komponen dan siap digunakan. Kemudian setelah dihidupkan maka pengujian terhadap benda logam bisa dilakukan dengan meletakkan produk yang telah terdapat benda logam ke konveyor, ketika melewati sensor maka sensor akan mendeteksi dan mengirimkan arus ke *relay 2*. Di *relay 2* arus dikunci sehingga *buzzer* terus menyala dan mengirimkan sinyal ke *relay timer* dan selanjutnya dari *relay timer* mengirimkan sinyal ke solenoid untuk membuka katub angin dan mengakibatkan pneumatik bergerak. Berikut table 7 merupakan beberapa percobaan yang dilakukan:

Tabel 7. Pengujian Keseluruhan

Percobaan menggunakan	Kondisi Metal Detektor	Kondisi Pneumatik
Jar tidak ada logam	Tidak Menyala	Diam
Jar Berisi Jarum	Menyala	Maju
Jar Berisi Mur	Menyala	Maju
Jar Berisi Baut	Menyala	Maju
Roti	Tidak Menyala	Diam

Roti Diberi Baut	Menyala	Maju
Roti Diberi Mur	Menyala	Maju
Roti Diberi Jarum	Menyala	Maju

Pada percobaan 7 ini dilakukan dengan media berbeda pertama yaitu menggunakan jar yang tidak diberi logam, jar berisi jarum, jar berisi mur dan jar berisi baut. Pada jar yang tidak diberi logam kondisi metal detektor tidak menyala dan kondisi pneumatik diam, sedangkan pada percobaan jar berisi jarum, mur, dan baut kondisi metal detektor menyala dan pneumatik mendapatkan tekanan udara 10bar dan kondisi pneumatik maju untuk mensortir jar yang terkontaminasi logam. Dan pada percobaan selanjutnya yaitu menggunakan roti tidak diberi logam serta roti yang diberi baut mur dan jarum. Pada percobaan roti tidak diberi logam kondisi metal detektor tidak menyala dan kondisi pneumatik diam. Pada percobaan roti diberi jarum, mur dan baut kondisi metal detektor menyala dan kondisi pneumatik maju untuk mensortir roti yang terkontaminasi logam.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pendeteksi logam pada kemasan berbasis analog yang dirancang mampu bekerja secara efektif dalam mendeteksi dan menyortir kemasan yang terkontaminasi logam. Sensor metal detector Garrett menunjukkan sensitivitas yang baik dalam mendeteksi keberadaan logam, sementara solenoid valve dan aktuator pneumatik mampu merespons dengan cepat untuk memisahkan produk terkontaminasi sebagai barang reject. Penggunaan relay timer memberikan pengaturan waktu yang fleksibel sehingga memudahkan proses kalibrasi dan penyesuaian gerak pneumatik, sedangkan relay MY2 berfungsi sebagai sistem interlock yang andal untuk mengamankan aliran arus, baik pada sumber daya maupun keluaran sensor. Dengan demikian, alat ini layak digunakan sebagai sistem deteksi dan penyortiran logam pada kemasan. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan penggunaan PLC sebagai pengendali utama guna meningkatkan akurasi dan kerapian sistem, serta pemilihan sensor metal detector dengan tingkat presisi lebih tinggi dan kompatibel dengan arus AC agar memungkinkan penggunaan relay dan solenoid valve bertegangan 220 V sehingga sistem lebih sesuai untuk aplikasi industri skala besar.

REFERENSI

- [1] d. detikfood. "JARUM HINGGA SILET DITEMUKAN DALAM MAKANAN". 2025. [Online]. <https://food.detik.com/info-kuliner/d-4904153/jarum-hingga-silet-benda-tajam-yang-ditemukan-dalam-makanan?page=4>
- [2] c, "MAKALAH METAL DETECTOR",. 2025. [Online]. Available: https://kupdf.net/download/makalah-metal-detector_5bed66e3e2b6f5c4688dfc92_pdf
- [3] Muhtaroh Farhan Dan Hansi Effendi "ALAT PENDETEKSI LOGAM PADA MAKANAN BERBASIS ARDUINO UNO",JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia Vol 1 No 2,.2020.
- [4] Yafis, M., Arafah, M. R., Ramadhan, M. S., & Kurniawan, P. (2025). Aplikasi rangkaian sistem otomasi pada mesin sealer perekat cup di Gerai Teh Poci: Application of automation system circuit on cup adhesive sealer machine at Teh Poci Store. *Journal of Industrial Engineering & Technology Innovation*, 2(2), 98–105. <https://doi.org/10.61105/jieti.v2i2.195>

- [5] Salma Annisa. "PROTOTIPE TEMPAT SAMPAH CERDAS," 2021. [Online]. <https://youtu.be/L1M--FbPntc?si=UsxkFns3Rlx1Wnzi>
- [6] Hakim Moh Azizi Dkk, "PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI LOGAM PADA TEPUNG BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN METODE MAGNETIK PULLER," Jurnal CRANKSHAFT Teknik Mesin,. Universitas Mathla ul Anwar Banten,. Vol. 7 No. 4 (2024) ISSN 2623-0755
- [7] Abdilah Rizky dan Rosdiana, "SISTEM KENDALI KECEPATAN KONVEYOR DENGAN BEBAN BERUBAH BERBASIS HIBRID FUZZY LOGIC-PID": <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3346,2023>.
- [8] Wijayanto, R. A., & Marsono. (2024). *Buku ajar otomasi*. Nafal Global Nusantara.
- [9] N. E. Helwig, S. Hong, and E. T. Hsiao-wecksler, The Role of Metal Detectors in the Food Industry, vol. 2. 2014.
- [10] Santoso Joko, "PENGUNAAN SOLENOID VALVE PADA SISTEM OTOMASI INDUSTRI," Jurnal otomasi dan Kontrol Industri,. Vol 10 No 2, PP 45-52, 2022.
- [11] S. K. Mazumder, "RECENT ADVANCES IN POWER SUPPLY SYSTEMS: EFFECIENCY AND RELIABILITY," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 61, no. 6, pp. 3212-3224, Jun. 2014.
- [12] Haryanti Munnik. "RANCANG BANGUN RUMAH MENGGUNAKAN SISTEM RELAY, ". Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana. ISSN 2086-9479 Vol 8 No 3, 2017.
- [13] e. Electgo. " APA IRU RELAY TIMER ". 2025. [Online]. <https://electgo.id/blog/apa-itu-timer>