



**PROTOTIPE METAL DETEKTOR KOMPARATOR
UNTUK VERIFIKASI *METAL TEST PIECE* DENGAN
METODE PERBANDINGAN LANGSUNG**

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana



Disusun Oleh:

Nama : Sayyid Al Habbib Ahmad
NIM : 092023090404

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2025**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Jakarta, 20 Juni 2025

Mahasiswa,



Sayyid Al Habbib Ahmad

NIM. 092023090404

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Sayyid Al Habbib Ahmad
NIM : 092023090404
Program Studi : S1 Teknik Elektro
Judul Skripsi : Prototipe Metal Detektor Komparator untuk
Verifikasi *Metal Test Piece* dengan Metode
Perbandingan Langsung

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Arisa Olivia Putri, S.ST., M.IT

Pembimbing 2 : Arieap Jaenul S.Pd, M.Sc.Eng

Mengetahui,

Ketua Program Studi : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng (

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 16/08/2025



HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Sayyid Al Habbib Ahmad
NIM : 092023090404
Program Studi : SI Teknik Elektro
Judul Skripsi : Prototipe Metal Detektor Komparator untuk
Verifikasi *Metal Test Piece* dengan Metode
Perbandingan Langsung

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Legenda Prameswono Pratama, S.ST., M.Sc.Eng ()

Penguji 2 : Hamzah, S.T., M.T., Ph.D ()

Penguji 3 : Devan Junesco Vresdian, S.ST., M.Sc.Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 16/08/2025

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Jakarta Global University, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sayyid Al Habbib Ahmad
NIM : 092023090404
Program Studi : S1 Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Jakarta Global University **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Prototipe Metal Detektor Komparator untuk Verifikasi *Metal Test* Piece dengan Metode Perbandingan Langsung

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Royalti Noneksklusif ini Jakarta Global University berhak menyimpan, mengalih-media-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 16 Agustus 2025

akan,

Sayyid Al Habbib Ahmad

KATA PENGANTAR

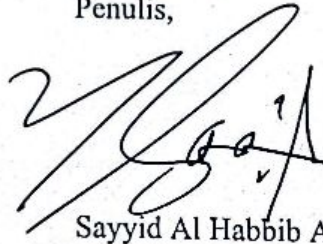
Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga Skripsi yang berjudul "Prototipe Metal Detektor Komparator untuk Verifikasi *Metal Test Piece* dengan Metode Perbandingan Langsung" ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi di Universitas Global Jakarta.

Dalam proses penyusunan proposal ini, penulis mendapatkan bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Arisa Olivia Putri, S.ST., M.IT, sebagai Dosen Pembimbing Skripsi 1, atas bimbingan, saran, dan arahnya dalam penyusunan proposal ini.
2. Bapak Arie Jaenul S.Pd, M.Sc.Eng, sebagai Dosen Pembimbing Skripsi 2, atas bimbingan, saran, dan arahnya dalam penyusunan proposal ini.
3. Orang tua dan keluarga, atas doa, dukungan moral, serta dorongan yang tak henti-hentinya diberikan kepada penulis.
4. Teman-teman di Program Studi Teknik Elektro, yang selalu memberikan bantuan dan semangat selama proses penyusunan proposal ini.
5. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian proposal ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan keberkahan atas segala usaha dan kerja keras yang telah dilakukan.

Depok, 6 Agustus 2025
Penulis,



Sayyid Al Habbib Ahmad

ABSTRAK

Kontaminasi logam dalam produk makanan merupakan ancaman serius bagi keselamatan konsumen dan reputasi industri pangan. Salah satu alat verifikasi utama untuk memastikan keandalan deteksi adalah *Metal Test Piece*, namun hingga saat ini belum tersedia metode maupun alat khusus untuk memverifikasi kelayakan *Metal Test Piece* itu sendiri. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan prototipe Metal Detektor Komparator sebagai solusi portabel untuk verifikasi *Metal Test Piece* menggunakan metode perbandingan langsung terhadap standar.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan rekayasa eksperimental dengan tahapan ADDIE, meliputi analisis kebutuhan, desain sistem dan metode verifikasi, pengembangan prototipe berbasis Arduino dan sensor *coil*, implementasi pengujian, serta evaluasi performa. Prototipe yang dibangun dilengkapi dengan sistem tombol kendali, motor konveyor, dan antarmuka pengguna melalui LCD. Pengujian dilakukan terhadap berbagai aspek, antara lain fungsi tombol dan komponen, kepresisian pengukuran, akurasi terhadap metal detektor industri, serta sensitivitas terhadap variasi posisi peletakan logam.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe bekerja dengan baik dan konsisten. Kepresisian alat mencapai 1,3%–1,9% tergantung jenis logam yang diuji, sementara akurasi deteksi terhadap standar industri mencapai 100%. Selain itu, posisi logam memengaruhi hasil pembacaan, dengan pembacaan paling stabil terjadi di posisi tengah sensor. Prototipe juga mampu membedakan nilai pembacaan antara *Metal Test Piece* acuan dan uji, sehingga dapat digunakan untuk proses verifikasi berbasis nilai koreksi. Dengan demikian, prototipe ini layak digunakan sebagai alat bantu verifikasi awal *Metal Test Piece* dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk kebutuhan industri.

Kata kunci: Metal Detektor Komparator, verifikasi, *Metal Test Piece*, kepresisian, akurasi, metode perbandingan langsung.

ABSTRACT

Metal contamination in food products poses a serious threat to consumer safety and the reputation of the food industry. One of the key tools for detection validation is the Metal Test Piece; however, there is currently no specific method or device available to verify the eligibility of the Metal Test Piece itself. This research aims to develop a portable Metal Detector Comparator prototype as a solution for verifying Metal Test Pieces using a direct comparison method against a reference standard.

The research method used is an experimental engineering approach through the ADDIE development stages, which include needs analysis, system and verification method design, prototype development using Arduino and a coil sensor, implementation of testing, and performance evaluation. The developed prototype is equipped with control buttons, a conveyor motor, and a user interface via LCD. Testing was conducted on various aspects, including the function of components, measurement precision, detection accuracy compared to industrial metal detectors, and sensitivity to different metal placement positions.

The test results show that the prototype operates consistently and reliably. The precision of the device ranges from 1.3% to 1.9%, depending on the type of metal tested, while the detection accuracy compared to an industrial standard reaches 100%. Additionally, the metal placement position affects the sensor reading, with the most stable readings occurring at the center of the sensor. The prototype is also capable of distinguishing signal values between standard and test Metal Test Pieces, enabling verification through correction value calculation. Therefore, this prototype is feasible as an initial verification tool for Metal Test Pieces and has the potential for further development to meet industrial needs.

Keywords: *Metal Detector Comparator, verification, Metal Test Piece, precision, accuracy, direct comparison method.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISTILAH	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Teori Verifikasi	8
2.2.2 Teori Pendeteksian Metal.....	9
2.2.3 <i>Metal Test Piece</i>	11

2.2.4 Arduino	13
BAB III METODOLOGI	15
3.1 Lokasi Penelitian	15
3.2 Metode Penelitian.....	15
3.3 Bahan dan Alat Penelitian.....	17
3.3.1 Perangkat Keras	17
3.3.2 Perangkat Lunak.....	17
3.4 Jalan Penelitian	18
3.4.1 Desain Prototipe	18
3.4.2 Pengujian Fungsi Komponen	22
3.4.3 Pengujian Performa Perangkat	25
3.4.4 Penyusunan Metode Verifikasi <i>Metal Test Piece</i>	28
3.4.5 Implementasi Prototipe dan Metode Verifikasi <i>Metal Test Piece</i>	30
3.4.6 Analisis dan Evaluasi	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Perancangan Prototipe	33
4.2 Hasil Pengujian Prototipe	34
4.2.1 Hasil Pengujian Fungsi Komponen.....	34
4.2.2 Hasil Pengujian Performa Perangkat	38
4.3 Hasil Penyusunan Metode Verifikasi <i>Metal Test Piece</i> dan Implementasi Prototipe	46
4.3.1 Hasil Penyusunan Metode Verifikasi <i>Metal Test Piece</i>	46
4.3.2 Implementasi Prototipe dan Metode Verifikasi <i>Metal Test Piece</i>	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metal detektor merupakan perangkat penting dalam sistem jaminan mutu dan keamanan produk, terutama di industri pangan. Dalam proses produksinya, makanan dan minuman dapat terkontaminasi serpihan logam akibat gesekan atau keausan mesin. Untuk mengatasi hal ini, industri menggunakan mesin metal detektor yang mampu mengidentifikasi berbagai jenis logam seperti *ferrous*, *non-ferrous*, dan *stainless steel* secara presisi (Kilifarev, 2024).

Untuk memastikan kinerja metal detektor tetap optimal, dilakukan prosedur pengujian menggunakan *Metal Test Piece*, yaitu benda uji standar yang mengandung logam tertentu dengan ukuran dan jenis yang telah ditentukan (Murti et al., 2022). *Metal Test Piece* ini dimasukkan ke dalam aliran produk untuk mensimulasikan kondisi kontaminasi. Jika mesin mendeteksinya, maka sistem akan memberikan respons seperti menghentikan proses atau menolak produk.

Dalam sistem manajemen keamanan pangan berbasis HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*), setiap alat ukur yang terkait dengan titik kritis harus dikalibrasi dan diverifikasi secara berkala (Jericó L et al., 2023). Namun, pada praktiknya, *Metal Test Piece* jarang atau bahkan tidak pernah diverifikasi secara berkala. Hal ini terjadi karena keterbatasan layanan verifikasi dari lembaga kalibrasi yang tersedia.

Padaahal, sebagai bagian dari alat bantu ukur, *Metal Test Piece* seharusnya memiliki ketertelusuran terhadap standar acuan, untuk memastikan hasil pengujian mesin metal detektor tetap valid. Informasi pada *Metal Test Piece* umumnya hanya mencantumkan jenis logam dan ukuran diameter, tanpa ada kepastian mengenai kandungan atau respon aktual logam tersebut saat diuji di mesin detektor.

Sejauh ini, belum tersedia alat yang dirancang khusus untuk membantu verifikasi *Metal Test Piece* itu sendiri. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sebuah prototipe metal detektor komparator, yaitu alat bantu yang dapat memverifikasi

Metal Test Piece dengan metode perbandingan langsung terhadap logam standar. Prinsip kerja alat ini adalah dengan membandingkan nilai sinyal sensor yang menggambarkan nilai kandungan metal antara *Metal Test Piece* yang diuji dengan *Metal Test Piece* acuan, lalu mengevaluasi perbedaan karakternya.

Dengan adanya alat ini, proses verifikasi *Metal Test Piece* dapat dilakukan secara internal, praktis, dan terukur. Hal ini tidak hanya meningkatkan kepercayaan terhadap performa mesin metal detektor, tetapi juga mendukung penguatan sistem keamanan pangan secara keseluruhan.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat didefinisikan dalam penelitian ini di antaranya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang prototipe Metal Detektor Komparator yang mampu mengukur dan mengomparasikan nilai kandungan metal pada *Metal Test Piece* berdasarkan prinsip perbandingan langsung antara unit standar dan unit yang diuji?
2. Bagaimana menguji dan mengevaluasi performa prototipe Metal Detektor Komparator dalam hal fungsi komponen-komponen, serta parameter teknis seperti kepresisian, akurasi, dan pengaruh posisi peletakan logam pada sensor?
3. Bagaimana menyusun metode verifikasi *Metal Test Piece* yang sistematis dan dapat diimplementasikan melalui prototipe, serta bagaimana efektivitasnya dalam mendeteksi selisih kandungan logam?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian antara lain :

1. Merancang dan membuat prototipe Metal Detektor Komparator berbasis mikrokontroler Arduino, sensor *coil*, dan sistem visualisasi (LCD) untuk keperluan verifikasi *Metal Test Piece*.

2. Melakukan pengujian fungsi terhadap sistem kontrol prototipe, serta mengukur kepresisian, akurasi deteksi, dan pengaruh posisi peletakan logam terhadap pembacaan sensor.
3. Menyusun metode verifikasi *Metal Test Piece* dan pengimplementasian prototipe, serta mengevaluasi efektivitasnya dalam menghasilkan data koreksi *Metal Test Piece*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dibagi menjadi 2 (dua) yaitu manfaat teoritis dan manfaat praktis :

1. Manfaat Teoritis

- a. Kontribusi keilmuan dalam bidang teknologi deteksi metal khususnya untuk industri makanan, dengan memperkenalkan metode verifikasi *Metal Test Piece* menggunakan suatu alat metal detektor Komparator.
- b. Pengembangan metode verifikasi berdasarkan prinsip komparasi yang dapat dijadikan referensi bagi penelitian lanjutan di bidang keamanan pangan dan deteksi metal.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi industri makanan dan perusahaan jasa verifikasi, metode dan alat metal detektor komparator dapat mempermudah proses verifikasi *Metal Test Piece*, sehingga mendukung penerapan sistem keamanan pangan yang lebih pasti.
- b. Bagi pengguna alat, dapat memberikan solusi portabel dan hemat waktu dalam proses verifikasi, tanpa perlu pembongkaran atau pengujian manual yang rumit.
- c. Bagi produsen Metal Detektor dan *Metal Test Piece*, menyediakan metode dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan.
- d. Bagi regulator atau pihak pengawas, metode dan alat ini dapat menjadi acuan untuk menetapkan standar yang lebih jelas terkait verifikasi *Metal Test Piece*.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa batasan yang ditetapkan untuk memastikan fokus dan kelayakan penelitian sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai:

1. Metode verifikasi *Metal Test Piece* yang disusun pada penelitian ini dibuat berdasarkan prinsip verifikasi pada umumnya yaitu perbandingan alat acuan dan alat yang diujikan. Pengembangan metode verifikasi yang lebih mendalam dan detail dapat dilakukan pada penelitian berikutnya.
2. Penelitian ini hanya berfokus pada pendeteksian jenis metal yang umum digunakan dalam *Metal Test Piece*, yaitu *Ferrous*, dan *Stainless Steel*. Metal lain yang tidak terkait dengan *Metal Test Piece* tidak menjadi bagian dari penelitian ini.
3. *Metal Test Piece* Acuan yang digunakan sebagai standar pada penelitian ini yaitu *Metal Test Piece* yang umum digunakan untuk verifikasi metal detektor, dan tidak tertelusur ke standar internasional.
4. Prototipe hanya dapat membaca *Metal Test Piece* dengan ukuran diatas 5 mm dengan sensitivitas saat ini.
5. Alat yang dikembangkan dirancang khusus sebagai komparator untuk *Metal Test Piece*, bukan untuk digunakan sebagai detektor metal pada proses produksi makanan secara langsung. Fungsi utama alat adalah membandingkan kandungan metal *Metal Test Piece* Standar dengan *Metal Test Piece* uji.
6. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler berbasis Arduino dengan kumparan *coil* lilitan sebagai sensor utama. Penggunaan teknologi lain, seperti deteksi berbasis medan magnet tingkat lanjut atau pembelajaran mesin, tidak menjadi bagian dari penelitian ini.
7. Prototipe menggunakan alat dan bahan-bahan yang bukan kelas industri, sehingga kepresisian pergerakan mekanik seperti motor DC untuk konveyor menjadi kurang presisi. Maka dalam praktiknya, masih memerlukan intervensi manual dari personil dalam beberapa hal.

DAFTAR PUSTAKA

- Bendell A N D, A., & Walls, L. A. (n.d.). EXPLORING RELIABILITY DATA. In *QUALITY AND RELIABILITY ENGINEERING INTERNATIONAL: Vol. I*.
- Bowser, T., & Kerr, R. M. (n.d.). *Introduction Oklahoma Cooperative Extension Service • Division of Agricultural Sciences and Natural Resources Metal Detectors for Food Processing FAPC-105 Adding Value to OKLAHOMA*. www.fapc.biz
- BPS. (2024). *Metal detector Test Piece*. <https://www.bps-baltic.com/product/products/detectable-products/metal-detector-x-ray-test-pieces/metal-detector-test-piece/>
- CEIA. (2024). *Food Industry*. https://www.ccia.net/industrial/ap_food.aspx
- Hansen, F. T., & Vinding, L. (2008). *New Generation Metal Detector for Food*.
- Hasini A. (2024, July). *What is the Difference Between Eddy Current Loss and Hysteresis Loss*. Pediaa.Com. <https://pediaa.com/what-is-the-difference-between-eddy-current-loss-and-hysteresis-loss/>
- He, D. F., & Yoshizawa, M. (2002). *Metal detector based on high- T_c RF SQUID*. www.elsevier.com/locate/physc
- Industrial Physics. (2024). *TQC Sheen Analytical Balance Mark 124A*. <https://industrialphysics.com/product/analytical-balance-mark-124a/>
- Kilifarev, H. (2024). Development of a monitoring device for metal fragments in food products – software. *BIO Web of Conferences*, 102. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410203010>
- Mea Labs. (2024). *Kalibrasi Test Piece Metal Detector*. Www.Melabsmetaldetector.Com. https://www.melabsmetaldetector.com/2021/09/kalibrasi-test-piece-metal-detector.html?utm_source=chatgpt.com
- Min Theint, Y., Maung Maung, M., & Myo Tun, H. (2015). Metal Detector By Using PIC Microcontroller Interfacing With PC. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, 4(06). www.ijstr.org
- Silaban, F. A., Budiyanto, S., & Silalahi, L. M. (2020). Design of a conductive material detection system. *IAES International Journal of Robotics and Automation (IJRA)*, 9(4), 292. <https://doi.org/10.11591/ijra.v9i4.pp292-299>
- Webster, J. G. . (1999). *Measurement, instrumentation, and sensors handbook : CRCnetBASE, 1999*. Chapman & Hall/CRCnetBASE.
- Wikipedia. (2024). *Arduino*. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- Yamazaki, S., Nakane, H., & Tanaka, A. (2002). Basic analysis of a metal detector. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 51(4), 810–814. <https://doi.org/10.1109/TIM.2002.803397>