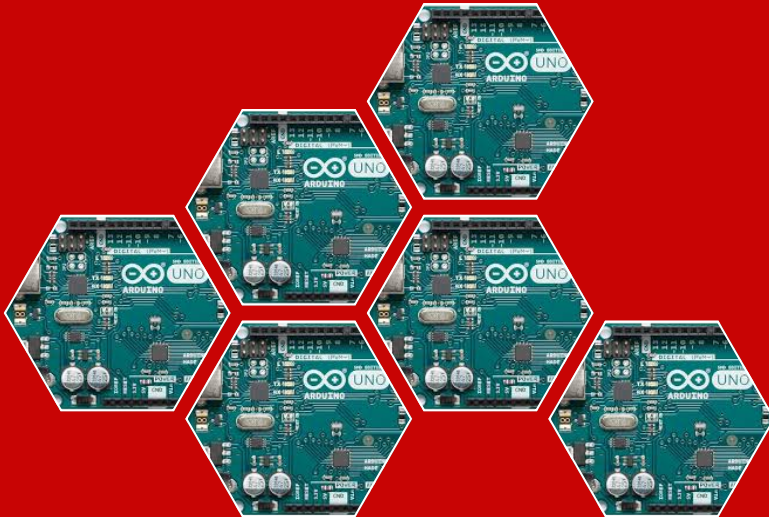


**PROTOTIPE SISTEM DETEKSI DAN PENANGANAN CACAT PADA
KONTAINER KIMIA UNTUK AREA INDUSTRI-TERISOLASI
BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE DAN LENGAN ROBOT**



**ALRIDHO
H021211006**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2025**

**PROTOTIPE SISTEM DETEKSI DAN PENANGANAN CACAT PADA
KONTAINER KIMIA UNTUK AREA INDUSTRI-TERISOLASI
BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE DAN LENGAN ROBOT**

**ALRIDHO
H021211006**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2025**

**PROTOTIPE SISTEM DETEKSI DAN PENANGANAN CACAT PADA
KONTAINER KIMIA UNTUK AREA INDUSTRI-TERISOLASI
BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE DAN LENGAN ROBOT**

ALRIDHO
H021211006

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Fisika

pada

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2025**

SKRIPSI**PROTOTIPE SISTEM DETEKSI DAN PENANGANAN CACAT PADA
KONTAINER KIMIA UNTUK AREA INDUSTRI-TERISOLASI
BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE DAN LENGAN ROBOT****ALRIDHO
H021211006**

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Xxxx pada tanggal bulan
tahun dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Fisika
Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing tugas akhir,

Mengetahui:
Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Arifin, M.T
NIP. 19670520 199403 1 002

Prof. Dr. Arifin, M.T
NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul **“PROTOTIPE SISTEM DETEKSI DAN PENANGANAN CACAT PADA KONTAINER KIMIA UNTUK AREA INDUSTRI-TERISOLASI BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE DAN LENGAN ROBOT”** adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Arifin, M.T). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, XX Juni 2025

Aldidho
H021211006

UCAPAN TERIMA KASIH

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Fusce malesuada non dui quis condimentum. Etiam dapibus ligula sapien:

1. Items are numbered automatically.
2. The numbers start at 1 with each use of the `enumerate` environment.
3. Another entry in the list.

Makassar, XX Juni 2025

Aldidho
H021211006

ABSTRAK

Alridho. **JUDUL BAHASA INDONESIA** (dibimbing oleh Prof. Dr. Arifin, M.T.).

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Kata Kunci: Prototipe; monitoring; IoT; sensor; telegram.

ABSTRACT

Alridho. **JUDUL BAHASA INGRIS** (dibimbing oleh Prof. Dr. Arifin, M.T.).

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Kata Kunci: Prototipe; monitoring; IoT; sensor; telegram.

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGANTAR | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI | iv |
| UCAPAN TERIMA KASIH | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| BAB 1 Pendahuluan | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.3 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB 2 Metode Penelitian | 4 |
| 2.1 Tempat dan Waktu Penelitian | 4 |
| 2.2 Peralatan Penelitian | 4 |
| 2.3 Metode Kerja | 4 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pesatnya perkembangan Artificial Intelligence (AI), robotika, dan otomatisasi, penggunaan lengan robot otomatis semakin meluas di sektor manufaktur, logistik, dan layanan [1]. Otomatisasi bertujuan untuk menjalankan rangkaian tindakan sesuai dengan proses yang telah ditetapkan tanpa intervensi manusia, dengan mengendalikan perangkat mekanis secara otomatis [2]. Lengan robot mampu melakukan berbagai tugas, seperti perakitan, penanganan, dan pengemasan, sehingga manusia tidak perlu lagi melakukan pekerjaan yang berulang-ulang [3]. Dalam industri manufaktur, lengan robot sering dipadukan dengan sensor kamera, algoritma visi komputer, dan teknologi otomatisasi guna mendeteksi cacat pada objek dengan tingkat presisi dan efisiensi yang tinggi.

Dalam konteks industri, terutama pada penanganan material berbahaya seperti kontainer kimia, aspek keamanan menjadi prioritas utama. Inspeksi visual otomatis menggunakan robot diperlukan untuk mengurangi risiko paparan zat berbahaya kepada manusia. Selain itu, isolasi dalam proses deteksi cacat pada kontainer kimia sangat penting, karena kerusakan atau kontaminasi pada kontainer dapat menimbulkan risiko keselamatan bagi konsumen. Tingkat kesalahan inspeksi manual juga cukup tinggi, berkisar 20% hingga 30%. Beberapa faktor yang menyebabkan kesalahan ini, termasuk kelelahan, stres, kesendirian, pencahayaan yang tidak memadai, dan kurangnya pengalaman [4]. Peningkatan penggunaan robot juga meningkatkan produktivitas tenaga kerja sebesar 0,36% per tahun, meningkatkan produktivitas total, dan menurunkan harga output [5]. Penelitian juga menunjukkan, antara tahun 2005 dan 2011, jumlah robot per 1.000 pekerja meningkat sebesar 25%, yang menyebabkan penurunan 72.658 cedera kerja per tahun. Penurunan cedera ini diperkirakan menghemat \$1,67 miliar (sekitar Rp27,3 triliun) per tahun, atau total \$11,69 miliar (sekitar Rp191,2 triliun) selama periode tersebut [6]. Oleh karena itu, penerapan metode otomatis yang tepat untuk mendeteksi cacat dan kontaminan sangat krusial guna menjamin keamanan, mencapai skalabilitas, dan meningkatkan efisiensi biaya.

Algoritma deep learning berupa Autoencoder dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi anomali dan cacat permukaan [7]. Model autoencoder, khususnya Convolutional Autoencoder (CAE), dapat dilatih hanya dengan sampel bebas cacat [8]. CAE bekerja dengan meminimalkan kesalahan rekonstruksi sehingga fitur-fitur representatif dapat teridentifikasi secara optimal. Dengan melatih model pada data normal, setiap sampel yang mengandung cacat pada tahap evaluasi akan menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan data bebas cacat yang telah dilatih [9]. Pendekatan ini sangat berguna ketika pengumpulan data cacat terbukti sulit atau mahal.

Berbagai studi telah memanfaatkan YOLO bersama lengan robot untuk

beragam aplikasi. Liang Wang (2024) mengembangkan model kontrol lengan robot berbasis YOLO yang lebih efisien untuk menggenggam komponen logam secara akurat di lingkungan industri yang kompleks [10]. Hirohisa Kato dkk. (2022) mengusulkan metode deteksi objek parsial dan estimasi kedalaman menggunakan kombinasi YOLO dan CNN untuk mengontrol lengan robot, yang terbukti efektif dalam eksperimen pengambilan objek dengan robot 4DOF [11]. Munhyeong Kim (2021) menerapkan YOLO dalam metode genggam robot untuk deteksi dan pemilahan sampah secara real-time, dengan pendekatan pembatasan area pasca deteksi objek [12]. Tantan Jin (2024) mengembangkan versi peningkatan dari YOLOv8n dengan integrasi modul dilated re-parameterization, feature pyramid, dan Scylla-loU loss untuk meningkatkan akurasi dan adaptabilitas lengan robot pemetik apel dalam kondisi kebun yang kompleks [13].

Sementara itu, Autoencoder adalah model jaringan saraf dalam yang dilatih untuk merekonstruksi data input, dan digunakan dalam deteksi cacat dengan membandingkan perbedaan signifikan antara input normal dan hasil rekonstruksi dari data yang mengandung cacat. Andrea Bionda (2022) menerapkan autoencoder dengan fungsi loss berbasis CW-SSIM untuk mendeteksi anomali pada citra industri, yang terbukti lebih efisien dibandingkan jaringan saraf besar lainnya [14]. Huitaek Yun (2021) mengusulkan pendekatan autoencoder untuk mendeteksi kerusakan pada lengan robot industri berdasarkan sinyal suara internal, dengan memanfaatkan citra spektrogram STFT [15]. Haoyang Jia (2022) memperkenalkan model deteksi anomali dengan struktur encoder-decoder-encoder (EDE) dan pelatihan dua tahap, yang menggabungkan rekonstruksi dan pendekatan konfrontasi generatif [16]. Nejc Kozamernik (2025) mengembangkan FuseDecode Autoencoder, yang menerapkan pembelajaran bertahap mulai dari tanpa supervisi, semi-supervisi, hingga supervisi campuran, dan menunjukkan keunggulan dalam deteksi cacat pada data industri nyata serta dataset MVTec AD [17]. Patrick Ruediger-Flore (2024) membandingkan klasifikasi biner dan autoencoder dalam deteksi anomali citra untuk proses perakitan rangka, khususnya pada kesalahan posisi dan rotasi komponen, dan menyimpulkan bahwa autoencoder lebih unggul dalam mendeteksi anomali halus serta fleksibel terhadap data terbatas [18].

Kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam inspeksi industri mendorong pemanfaatan AI dan robotika. Deteksi cacat secara otomatis, terutama dalam penanganan material berbahaya, sangat penting untuk memastikan kualitas produk dan keselamatan manusia. Autoencoder merupakan algoritma yang efektif karena kemampuannya untuk belajar dari data normal sekaligus mengidentifikasi anomali. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengoptimalkan penerapan autoencoder dalam mendeteksi cacat permukaan, sehingga dapat berkontribusi pada kemajuan manufaktur yang cerdas dan berkelanjutan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin didapatkan dalam penelitian yaitu:

1. Merancang dan melatih model deteksi objek berbasis YOLO yang mampu mengenali kontainer kimia secara akurat dalam berbagai kondisi.
2. Membangun model deteksi kecacatan menggunakan algoritma Convolutional Autoencoder yang efektif dalam membedakan antara kontainer cacat dan tidak cacat.
3. Mengintegrasikan model deteksi objek dan deteksi kecacatan ke dalam sistem berbasis lengan robot untuk proses identifikasi dan penyortiran otomatis.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin didapatkan dalam penelitian yaitu:

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem deteksi objek yang cepat dan akurat di lingkungan industri, khususnya untuk aplikasi inspeksi visual kontainer kimia dalam kondisi nyata yang bervariasi.
2. Menyediakan solusi efektif dalam mendeteksi kecacatan secara otomatis, yang dapat menggantikan metode inspeksi manual yang memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan manusia (human error).
3. Mendorong otomatisasi penuh dalam proses identifikasi dan penyortiran kontainer kimia, sehingga meningkatkan efisiensi produksi, menurunkan biaya operasional, dan memperkecil risiko kesalahan klasifikasi dalam sistem manufaktur.

BAB 2

METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Februari 2025 hingga Juni 2025, bertempat di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

2.2 Peralatan Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Arduino Uno berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mengendalikan motor servo pada lengan robot serta menerima sinyal dari sensor.
2. Motor Servo digunakan sebagai aktuator untuk menggerakkan bagian-bagian lengan robot sesuai perintah dari Arduino.
3. Lengan Robot EEZYbotARM MK1 berfungsi sebagai struktur mekanik yang menjadi tempat pemasangan motor servo dan berperan sebagai sistem pergerakan robotik.
4. Power Supply 5V berfungsi memberikan catu daya stabil untuk motor servo agar dapat beroperasi dengan baik.
5. Sensor PIR HC-SR501 mendeteksi gerakan dan membantu menghitung jumlah kontainer cacat dan non-cacat yang lewat.
6. Kamera digunakan untuk mengambil gambar kontainer kimia, yang kemudian diproses oleh model deteksi (YOLO) dan deteksi cacat (Autoencoder).
7. Laptop/Komputer digunakan untuk mengunggah program ke Arduino Uno, serta menjalankan model deteksi berbasis YOLO dan Autoencoder untuk analisis visual.
8. Kabel Jumper berfungsi menghubungkan berbagai komponen elektronik seperti sensor dan aktuator ke papan rangkaian dan Arduino. Kabel Jumper berfungsi menghubungkan setiap komponen sensor.
9. Papan rangkaian berfungsi untuk menyediakan jalur koneksi antar komponen.

2.3 Metode Kerja

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan, tahapan penelitian dapat dilihat pada flowchart Gambar 1. Penelitian ini dibatasi pada perancangan dan pembuatan prototipe sistem deteksi cacat.