

RANCANG BANGUN *CARTESIAN ROBOT* UNTUK SORTIR KEMASAN KALENG BERDASARKAN TINGKAT CACAT MENGUNAKAN ALGORITMA *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)*

Nama	: Aditya Prayoga
NPM	: 210431100001
Program Studi	: S1 Teknik Elektro
Dosen Pembimbing 1	: Adi Kurniawan Saputro, S.Pd., M.T
Dosen Pembimbing 2	: Ir. Achmad Fiqhi Ibadillah, S.T., M.Sc.

ABSTRAK

Proses inspeksi kualitas kemasan kaleng di industri masih banyak dilakukan secara manual, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan dan meningkatkan biaya operasional. Penelitian ini berjudul “Rancang Bangun *Cartesian robot* untuk Sortir Kemasan Kaleng Berdasarkan Tingkat Cacat Menggunakan Algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)*”. Penelitian ini mengimplementasikan algoritma CNN pada sistem sortir otomatis berbasis *cartesian robot*. Sistem terdiri atas konveyor sebagai media transportasi, sensor *proximity* untuk deteksi objek, serta kamera *webcam* untuk akuisisi citra. Citra yang diperoleh kemudian diproses menggunakan CNN untuk mengklasifikasikan kaleng normal dan cacat berdasarkan tekstur dan warna RGB. Hasil klasifikasi dikirim ke mikrokontroler yang mengendalikan *cartesian robot* dalam melakukan prosedur *pick and place*, yaitu memindahkan kaleng cacat ke wadah *reject* atau mengarahkan kaleng normal ke jalur distribusi. Integrasi CNN dan *cartesian robot* diharapkan dapat meningkatkan akurasi deteksi, konsistensi proses penyortiran, serta mengurangi biaya operasional dalam proses produksi.

Kata Kunci: *Convolutional Neural Network, Cartesian robot, Konveyor.*

RANCANG BANGUN *CARTESIAN ROBOT* UNTUK SORTIR KEMASAN KALENG BERDASARKAN TINGKAT CACAT MENGUNAKAN ALGORITMA *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)

Nama : Aditya Prayoga
NPM : 210431100001
Program Studi : S1 Teknik Elektro
Dosen Pembimbing 1 : Adi Kurniawan Saputro, S.Pd., M.T
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Achmad Fiqhi Ibadillah, S.T., M.Sc.

ABSTRACT

The process of quality inspection of can packaging in the industry is still largely performed manually, which has the potential to cause errors and increase operational costs. This research is titled “Design and Development of a Cartesian robot for Sorting Can Packaging Based on Defect Level Using Convolutional Neural Network (CNN) Algorithm”. This study implements the CNN algorithm in an automated sorting system based on a cartesian robot. The system consists of a conveyor as the transportation medium, proximity sensors for object detection, and a webcam for image acquisition. The obtained images are then processed using CNN to classify the cans as either normal or defective based on texture and RGB color. The classification results are sent to a microcontroller that controls the cartesian robot to perform the pick and place procedure, which involves transferring defective cans to the reject bin or directing normal cans to the distribution line. The integration of CNN and the cartesian robot is expected to improve detection accuracy, process consistency, and reduce operational costs in the production process.

Keywords: *Convolutional Neural Network, Cartesian robot, Conveyor.*

KATA PENGANTAR

Setiap puji dan syukur saya persembahkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun *Cartesian robot* untuk Sortir Kemasan Kaleng Berdasarkan Tingkat Cacat Menggunakan Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN)”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Trunodjoyo Madura.

Pada momen ini, saya ingin menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara moril maupun materil, dalam proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada:

1. Bapak Warkun dan Ibu Mujiati, orang tua tercinta, yang selalu memberikan dukungan, doa, kasih sayang, dan motivasi yang tiada henti. Terima kasih atas segala pengorbanan dan kasih sayang yang diberikan, yang selalu menjadi sumber semangat saya dalam menyelesaikan setiap langkah perjalanan pendidikan ini.
2. Kakak-kakak saya, Amat Koirul Yaudi, S.E. dan Amat Jumiko, yang telah memberikan dukungan, semangat, dan inspirasi yang tak terhingga. Terima kasih telah menjadi contoh dan memberikan motivasi kepada saya untuk terus maju dan mengatasi segala tantangan dalam pendidikan ini.
3. Ni Putu Dinda Amritati Asruh Warda Mei, adik sekaligus “PENYEMANGAT” dalam skripsi ini. Terima kasih sudah jadi partner setia, mulai dari nyemangatin sampai maksa namanya masuk di ucapan terima kasih. Tanpa kamu, skripsi ini mungkin selesai... tapi pasti lebih sepi dan kurang seru.
4. Bapak Adi Kurniawan Saputro, S.Pd., M.T, selaku dosen pembimbing pertama, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang sangat berharga. Saya mengucapkan terima kasih atas kesediaan dalam meluangkan waktu, memberikan perhatian, serta membimbing saya selama proses penyusunan skripsi ini. Bimbingan tersebut telah memberikan

banyak pengetahuan, wawasan, dan pemahaman baru yang sangat berarti bagi saya.

5. Bapak Ir. Achmad Fiqhi Ibadillah, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua, yang juga telah memberikan masukan dan bimbingan yang sangat konstruktif. Saya sangat berterima kasih atas bimbingan, nasihat, dan ilmu yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Semua itu menjadi pengalaman berharga yang menambah pemahaman saya dalam menyelesaikan penelitian ini.
6. Teman-teman yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan ini, dengan memberikan dukungan moral, semangat, serta saran yang sangat berarti selama saya menyelesaikan penelitian ini.
7. Seluruh pihak yang telah terlibat, baik secara langsung maupun tidak langsung, serta telah memberikan bantuan, dukungan, dan kontribusi yang berarti selama proses penyusunan skripsi ini.

Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif, terutama dalam pengembangan teknologi otomatisasi dan algoritma dalam industri pengemasan.

Akhir kata, saya berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca, khususnya dalam mendukung pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Semoga hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi yang berguna serta memberikan kontribusi positif bagi perkembangan dunia industri.

Bangkalan, 22 Juni 2026

Aditya Prayoga

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS JUDUL	iv
MOTTO	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan dan Manfaat	5
1.3.1. Tujuan	5
1.3.2. Manfaat	5
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Metodologi Penulisan Skripsi	6
1.6. Sistematika Kependulisan	7
1.7. Jadwal Pelaksanaan Penelitian	7
BAB II TEORI PENUNJANG	9
2.1. Penelitian Terdahulu	9
2.2. Dasar Teori.....	13
2.2.1. Cacat Kemasan Kaleng	13

2.2.2.	<i>Cartesian robot</i>	15
2.2.3.	<i>Convolutional Neural Network</i>	16
2.2.4.	<i>Motor Stepper</i>	21
2.2.5.	<i>Driver A4988</i>	24
2.2.6.	<i>Electromagnet gripper</i>	24
2.2.7.	<i>Konveyor</i>	26
2.2.8.	<i>Arduino Mega</i>	26
2.2.9.	<i>Servo</i>	27
BAB III PERANCANGAN SISTEM		29
3.1.	<i>Diagram Blok Sistem</i>	29
3.2.	<i>Rangkaian Elektronika</i>	31
3.3.	<i>Flowchart Sistem</i>	34
3.4.	<i>Flowchart Sub-Sistem Homing</i>	37
3.5.	<i>Flowchart Sub-sistem CNN</i>	38
3.6.	<i>Flowchart Sub-Sistem Perpindahan Cartesian robot</i>	39
3.7.	<i>Perencanaan Model CNN Berbasis ResNet-50 Menggunakan MATLAB Deep Network Designer</i>	40
3.7.1.	<i>Dataset Citra kaleng</i>	40
3.7.2.	<i>Implementasi ResNet-50 pada MATLAB Deep Network Designer.</i>	42
3.7.3.	<i>Modifikasi Layer Akhir ResNet-50</i>	42
3.7.4.	<i>Parameter Pelatihan Model</i>	43
3.8.	<i>Perhitungan Perpindahan Robot</i>	45
3.8.1.	<i>Variabel Koordinat</i>	45
3.8.2.	<i>Konversi Jarak Ke-jumlah Step</i>	46
3.8.3.	<i>Arah Putaran Motor Stepper</i>	46

3.9.	Desain Sistem Sortir Kemasan.....	47
3.9.1.	Gambaran Umum Desain Sistem Sortir Kemasan Kaleng	47
3.9.2.	Desain <i>Cartesian robot</i>	47
3.9.3.	Desain Conveyor.....	49
3.9.4.	Dimensi Alat	50
3.10.	Skema Pengujian.....	50
3.10.1.	Pengujian <i>Dataset</i> dan Model CNN.....	51
3.10.2.	Pengujian Akuisisi	51
3.10.3.	Pengujian Klasifikasi CNN	52
3.10.4.	Pengujian Sensor Proximity dan Konveyor	53
3.10.5.	Pengujian Komunikasi Serial.....	53
3.10.6.	Pengujian Pergerakan <i>Cartesian robot</i>	54
3.10.7.	Pengujian <i>Electromagnet gripper</i>	54
3.10.8.	Pengujian <i>Real-timemonitoring</i> LCD	55
3.10.9.	Pengujian Sistem Terintegrasi.....	56
3.10.10.	Pengujian Waktu dan Efisiensi Proses Sortir.....	56
3.11.	Analisis Kebutuhan	57
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN ANALISA	59
4.1.	Deskripsi Sistem yang Dibangun.....	59
4.2.	Hasil Pengujian <i>Dataset</i> dan Model CNN	62
4.3.	Hasil Pengujian Akuisisi Citra	66
4.4.	Hasil Pengujian Klasifikasi CNN.....	69
4.5.	Hasil Pengujian Sensor Proximity dan Konveyor.....	74
4.6.	Hasil Pengujian Komunikasi Serial	77
4.7.	Hasil Pengujian Pergerakan <i>Cartesian robot</i>	79
4.8.	Hasil Pengujian <i>Electromagnet gripper</i>	85

4.9.	Hasil Pengujian <i>Real-timemonitoring</i> LCD	90
4.10.	Hasil Pengujian Sistem Terintegrasi	91
4.11.	Hasil Pengujian Waktu dan Efisiensi Proses Sortir	97
4.12.	Analisa Hasil Pengujian	102
BAB V PENUTUP.....		103
5.1.	Kesimpulan	103
5.2.	Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA		105
LAMPIRAN.....		108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Cartesian robot</i>	15
Gambar 2.2 Arsitektur Algoritma CNN.....	17
Gambar 2.3 Proses Konvolusi.....	18
Gambar 2.4 Ilustrasi proses aktivasi ReLU <i>Pooling Layer</i>	18
Gambar 2.5 Operasi <i>Max Pooling</i>	19
Gambar 2.6 <i>Flatten Layer</i>	20
Gambar 2.7 <i>Fully Connected Layer</i>	20
Gambar 2.8 <i>Confusion Matriks</i>	21
Gambar 2.9 <i>Motor Stepper</i>	22
Gambar 2.10 Struktur <i>Coil Bipolar</i>	23
Gambar 2.11 Struktur <i>Coil Unipolar</i>	23
Gambar 2.12 <i>Driver A4988</i>	24
Gambar 2.13 <i>Electromagnet gripper</i>	25
Gambar 2.14 Conveyor	26
Gambar 2.15 Arduino Mega	26
Gambar 2.16 Servo.....	27
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem	29
Gambar 3.2 Rangkaian Elektronika	31
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Sistem	35
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> Sub-sistem <i>Homing</i>	37
Gambar 3.5 <i>Flowchart</i> Sub-sistem CNN.....	38
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Sub-Sistem Perpindahan <i>Cartesian robot</i>	39
Gambar 3.7 Folder <i>Dataset</i> citra kaleng normal, cacat ringan, dan cacat berat ...	41
Gambar 3.8 Tampilan arsitektur ResNet-50 pada MATLAB <i>Deep Network Designer</i>	42
Gambar 3.9 Desain Sistem Sortir Kemasan Kaleng	47
Gambar 3.10 Struktur <i>Cartesian robot</i>	47
Gambar 3.11 Struktur Axis Sumbu Y <i>Cartesian robot</i>	48
Gambar 3.12 Struktur Axis Sumbu X <i>Cartesian robot</i>	48
Gambar 3.13 Struktur Axis Sumbu Z <i>Cartesian robot</i>	49

Gambar 3.14 Struktur Konveyor.....	49
Gambar 3.15 Dimensi Alat	50
Gambar 4.1 Hasil Implementasi Sistem Sortir Kemasan Kaleng	60
Gambar 4.2 Tampilan <i>Dataset</i> Citra Kaleng pada Folder Kelas	64
Gambar 4.3 Grafik Proses <i>Training</i> Model ResNet-50 Menggunakan MATLAB <i>Deep Network Designer</i>	65
Gambar 4.4 Tampilan Proses Akuisisi Citra Kemasan Kaleng	67
Gambar 4.5 Hasil Citra Kaleng Normal, Cacat Ringan, Cacat Berat	67
Gambar 4.6 Tampilan Hasil Klasifikasi Normal.....	70
Gambar 4.7 Tampilan Hasil Klasifikasi Cacat Ringan	70
Gambar 4.8 Tampilan Hasil Klasifikasi Cacat Berat	70
Gambar 4.9 Posisi Sensor Proximity pada Konveyor	74
Gambar 4.10 Konveyor Berhenti saat Kaleng Terdeteksi Sensor Proximity.....	76
Gambar 4.11 Tampilan Data pada Serial Monitor	78
Gambar 4.12 <i>Cartesian robot</i> Posisi <i>Standby</i>	83
Gambar 4.13 <i>Cartesian robot</i> Posisi <i>Pick</i>	84
Gambar 4.14 <i>Cartesian robot</i> Posisi Place Cacat Ringan	84
Gambar 4.15 <i>Cartesian robot</i> Posisi Cacat Berat	84
Gambar 4.16 <i>Electromagnet gripper</i> pada ujung sumbu <i>Z cartesian robot</i>	86
Gambar 4.17 <i>Electromagnet gripper</i> Mengangkat Kaleng.....	86
Gambar 4.18 <i>Electromagnet gripper</i> Melepaskan Kaleng	89
Gambar 4.19 Tampilan Jumlah Kaleng pada LCD 20x4.....	91
Gambar 4.20 Proses Pengujian Sistem Terintegrasi	92
Gambar 4.21 Dokumentasi Pengujian Waktu Proses Sortir	98

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan	7
Tabel 3.1 Jumlah <i>Dataset</i> Citra Kaleng	41
Tabel 3.2 Pembagian <i>Dataset</i>	41
Tabel 3.3 Modifikasi <i>Layer</i> Akhir ResNet-50	43
Tabel 3.4 Parameter Pelatihan Model ResNet-50	44
Tabel 3.5 Analisis Kebutuhan	57
Tabel 4.1 Hasil Implementasi Komponen Sistem.....	60
Tabel 4.2 Jumlah <i>Dataset</i> Citra Kaleng	62
Tabel 4.3 Pembagian <i>Dataset</i>	63
Tabel 4.4 Parameter <i>Training</i> Model CNN	64
Tabel 4.5 Hasil <i>Training</i> Model CNN	65
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Akuisisi Citra	67
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Klasifikasi CNN Berdasarkan Empat Citra	71
Tabel 4.8 Ringkasan Hasil Pengujian Klasifikasi CNN	73
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Sensor Proximity dan Konveyor.....	75
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Komunikasi Serial	78
Tabel 4.11 Nilai konversi pergerakan robot.....	81
Tabel 4.12 Hasil pengujian pergerakan <i>cartesian robot</i>	82
Tabel 4.13 Hasil Pengujian <i>Electromagnet gripper</i>	87
Tabel 4.14 Hasil Pengujian <i>Real-time monitoring</i> LCD	90
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Sistem Terintegrasi	92
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Waktu Proses Sortir	98
Tabel 4.17 Rata-Rata Waktu dan Kapasitas Sortir.....	100

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sampel Dataset Kaleng Normal	108
Lampiran 2. Sampel Dataset Kaleng Cacat Ringan	108
Lampiran 3. Sampel Dataset Kaleng Cacat Berat	108
Lampiran 4. Buku Panduan Pengoperasian Alat	109
Lampiran 5. Dataset Lengkap dan Program.....	109