SKRIPSI

ALAT SORTIR SAMPAH NONORGANIK PADA KONVEYOR DENGAN COMPUTER VISION

POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

I Nengah Merta Adi Putra

NIM. 2115344011

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025

ABSTRAK

Pengelolaan sampah non-organik masih banyak dilakukan secara manual sehingga memerlukan waktu, tenaga, dan memiliki tingkat akurasi yang rendah. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem sortir sampah non-organik otomatis berbasis visi komputer dengan algoritma YOLOv8 dan mikrokont*roller* ESP32. Sistem ini bekerja dengan bantuan konveyor yang berfungsi mengalirkan sampah menuju area deteksi dan pemilahan. Kamera webcam dan sensor ultrasonik digunakan sebagai input, mini PC melakukan pemrosesan citra dengan YOLOv8, sedangkan ESP32 mengendalikan motor konveyor, servo, relai, dan LCD 16x2. Alat ini terdiri dari tiga unit konveyor (dua lurus dan satu *curve*) yang memungkinkan sampah diarahkan sesuai jalur sortir. *Dataset* diperoleh dari Roboflow, melalui tahap labeling, *preprocessing*, dan *augmentation* sebelum dilatih pada Google Colab dengan tiga kategori objek yaitu botol plastik, botol kaca, dan kaleng. Hasil pelatihan model menunjukkan *Precision* 0.905, *Recall* 0.782, mAP@0.5 sebesar 0.898, dan mAP@0.5–0.95 sebesar 0.660. Pengujian confusion matrix menghasilkan akurasi total 84,0%, sedangkan implementasi sortir nyata terhadap 88 objek uji berhasil mengklasifikasikan 82 objek dengan benar sehingga mencapai akurasi 93,1%. Dengan demikian, alat berbasis konveyor ini terbukti mampu mendeteksi dan menyortir sampah non-organik secara otomatis, cepat, dan efektif, meskipun masih terdapat tantangan pada objek dengan kemiripan visual seperti botol kaca dan botol plastik.

Kata Kunci: YOLOv8, visi komputer, klasifikasi objek, ESP32, konveyor, sampah non-organik.

ABSTRACT

Non-organic waste management is still mostly carried out manually, which requires time, labor, and often results in low *Accuracy*. This study aims to design and implement an automatic non-organic waste sorting system based on computer vision using the YOLOv8 algorithm and ESP32 microcontroller. The system operates with the assistance of a conveyor, which transports waste into the detection and sorting area. A webcam and ultrasonic sensor serve as inputs, a mini PC performs image processing with YOLOv8, while ESP32 controls the conveyor motor, servo, relay, and LCD 16x2. The tool consists of three conveyor units (two straight and one *curve*) that direct waste into the appropriate lanes. The *dataset* was obtained from Roboflow, then processed through labeling, *preprocessing*, and *augmentation* before being trained on Google Colab with three object categories: plastic bottles, glass bottles, and cans. Training results achieved a *Precision* of 0.905, *Recall* of 0.782, mAP@0.5 of 0.898, and mAP@0.5–0.95 of 0.660. The confusion matrix test showed a total *Accuracy* of 84.0%, while real sorting implementation on 88 test objects correctly classified 82, reaching 93.1% *Accuracy*. Therefore, this conveyor-based tool has proven capable of detecting and sorting non-organic waste automatically, quickly, and effectively, although challenges remain in distinguishing visually similar objects such as glass bottles and plastic bottles.

Keywords: YOLOv8, computer vision, object classification, ESP32, conveyor, non-organic waste.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI ..... **ii**
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI ..... **iii**
ABSTRAK ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **vii**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.5.1 Manfaat Akademik 4
1.5.2 Manfaat Aplikatif 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Penelitian Sebelumnya 5
2.2 Landasan Teori 5
2.2.1 Computer Vision 5
2.2.2 Machine Learning 6
2.2.3 Deep Learning 6
2.2.4 *Convolutional Neural Networks* (CNN) 7
2.2.5 Object Detection 8
2.2.6 *You Only Look Once* (YOLO) 8
2.2.7 Roboflow 9
2.2.8 Google *Colab* 11
2.2.9 ESP32 13
2.2.10 Kamera *Webcam* 14
2.2.11 Sensor Ultrasonik 14
2.2.12 Modul *Relai* 15
2.2.13 Motor *Servo Metal Gear* 16

2.2.14 *Dimmer DC* 17
2.2.15 Konveyor 18
2.2.16 PSU (Power Supply Unit) 19
2.2.17 Power supply Hi-Link 20
2.2.18 LCD 16x2 I2C 20
BAB III METODE PENELITIAN 22
3.1 Rancangan Sistem 22
3.1.1 Rancangan *Hardware* 22
3.1.1.1 Rancangan Alat Sortir 22
3.1.1.2 Rancangan Perangkat 24
3.1.2 Rancangan *Sofware* 29
3.1.2.1 Rancangan Pengembangan Model *Computer Vision* 30
3.1.2.2 Rancangan Penyimpanan Datalog 34
3.2 Pembuatan alat 34
3.2.1 Langkah Pembuatan Alat 34
3.2.2 Alat Dan Bahan 35
3.3 Analisa Hasil Penelitian 37
3.3.1 Pemrosesan *Dataset* 37
3.3.2 Hasil Pelatihan Model 37
3.3.3 Perhitungan Performa Evaluasi Model 38
3.3.4 Pengujian Penyortiran Objek dan Hasil Prediksi 40
3.4 Hasil Yang Diharapkan 40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Hasil Implementasi Sistem 41
4.1.1 Implementasi *Hardware* 41
4.1.2 Implementasi *Software* 45
4.1.2.1 Implementasi Aplikasi Roboflow 45
4.1.2.2 Implementasi Google Colab 48
4.1.2.3 Implementasi Pycharm 50
4.1.2.4 Implementasi Arduino IDE 56
4.1.2.5 Microsoft Excel 60
4.2 Hasil Pengujian 61
4.2.1 Hasil Pemrosesan *Dataset* 61
4.2.2 Hasil Pelatihan Model 62
4.2.3 Hasil Perhitungan Performa Evaluasi Model 62

4.2.4 Hasil Prediksi dan Sortir Alat 65
4.3 Pembahasan 72
4.3.1 Analisis Hasil Pemrosesan *Dataset* 72
4.3.2 Analisis Hasil Pelatihan Model 73
4.3.3 Analisa Performa Evaluasi Model 75
4.3.4 Analisa Hasil Prediksi dan Sortir Alat 76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 77
5.1 Kesimpulan 77
5.2 Saran 78
DAFTAR PUSTAKA 79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Convolutional Neural Network (CNN) 7
Gambar 2.2 Arsitektur YOLO 9
Gambar 2.3 Contoh Tampilan Antarmuka Roboflow..... 11
Gambar 2.4 Contoh Tampilan Antarmuka Google Colab 13
Gambar 2.5 Modul ESP32..... 14
Gambar 2.6 Contoh Kamera Webcam 14
Gambar 2.7 Contoh Sensor Ultrasonik..... 15
Gambar 2.8 Contoh Modul Relai 16
Gambar 2.9 Contoh Motor Servo 17
Gambar 2.10 Speed Control Dimmer 18
Gambar 2.11 Contoh Konveyor..... 19
Gambar 2.12 Contoh Power Supplay 19
Gambar 2.13 Power supply Hi-Link 20
Gambar 2.14 Contoh LCD 16x2 21
Gambar 3.1 Rancangan Alat Sortir..... 22
Gambar 3.2 Rancangan Sistem Deteksi 23
Gambar 3.3 Rancangan Konveyor Curve..... 23
Gambar 3.4 Rancangan Sistem Sortir 24
Gambar 3.5 Blok Diagram Perancangan Perangkat 26
Gambar 3.6 Flowchart Sistem 27
Gambar 3.7 Wiring Diagram Perancangan Perangkat..... 28
Gambar 3.8 Rancangan Pengembangan Model Computer Vision 30
Gambar 3.9 Tampilan Upload Dataset Roboflow 30
Gambar 3.10 Proses Pelabelan Dataset 31
Gambar 3.11 Proses Preprocessing Dataset 31
Gambar 3.12 Proses Augmentation Dataset 32
Gambar 3.13 Proses Membagi Data (Splitting Dataset) 32
Gambar 3.14 Ekspor Ke Format YOLO..... 33
Gambar 3.15 Tampilan Google Colab 33
Gambar 3.16 Rancangan Penyimpanan Datalog 34
Gambar 4.1 Penampakan Keseluruhan Alat Sortir..... 41

Gambar 4.2 Penampakan Konveyor Pemindaian 42
Gambar 4.3 Penampakan Konveyor Curve 43
Gambar 4.4 Penampakan Konveyor Sortir 43
Gambar 4.5 Tampilan Roboflow Proses Upload Dataset 46
Gambar 4.6 Tampilan Roboflow Proses Anotasi Dataset 46
Gambar 4.7 Tampilan Roboflow Split Dataset 47
Gambar 4.8 Tampilan Roboflow Preprocessing Dataset 47
Gambar 4.9 Tampilan Roboflow Augmentation Dataset 48
Gambar 4.10 Tampilan Roboflow Export Dataset 48
Gambar 4.11 Program Menghubungkan Google Drive 49
Gambar 4. 12 Program Instalisasi Library Pendukung 49
Gambar 4.13 Program Mengimput Dataset dari Roboflow 49
Gambar 4.14 Program Pelatihan Model YOLOv8 50
Gambar 4.15 Program Mengekspor Hasil Pelatihan 50
Gambar 4.16 Tampilan Pycharm 51
Gambar 4.17 Pseudocode Program Deteksi 53
Gambar 4.18 Pseudocode Program ESP32 58
Gambar 4.19 Tampilan Data Hasil Penyortiran Pada Excel 61
Gambar 4.20 Hasil Pelatihan Model 62
Gambar 4.21 Confusion Matrix 63
Gambar 4.22 Diagram Hasil Pelatihan Model 74
Gambar 4.23 Diagram Hasil Perhitungan Confusion Matrix 75

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Keterangan Wiring Diagram 28
Tabel 3.2 Pin Komponen 29
Tabel 3.3 Alat-Alat Diperlukan 35
Tabel 3.4 Bahan Konveyor 36
Tabel 3.5 Bahan Elektrikal 36
Tabel 3.6 Perangkat Lunak yang Digunakan 37
Tabel 3.7 Penjabaran Dataset 37
Tabel 3.8 Hasil Pelatihan Model 38
Tabel 3.9 Confusion Matrix 38
Tabel 3.10 Confusion Matrix Untuk Masing-Masing Kelas 39
Tabel 3.11 Perhitungan Confusion Matrix 39
Tabel 3.12 Pengujian Penyortiran Objek 40
Tabel 4.1 Spesifikasi Konveyor 44
Tabel 4.2 Tabel Hasil Pemrosesan Dataset 61
Tabel 4. 3 Hasil Pelatihan Model 62
Tabel 4.4 Confusion Matrix 63
Tabel 4.5 Hasil Confusion Matrix Untuk Masing-Masing Kelas 63
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Confusion Matrix 65
Tabel 4.7 Hasil Prediksi dan Sortir Alat 65

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia, khususnya Bali, sebagai salah satu destinasi pariwisata terkemuka menghadapi tantangan serius dalam pengelolaan sampah, terutama sampah nonorganik. Pertumbuhan pesat sektor pariwisata, pembangunan infrastruktur, dan peningkatan populasi telah menyebabkan volume timbunan sampah meningkat secara signifikan. Wilayah metropolitan Bali mengalami peningkatan timbunan sampah yang besar, dengan Kota Denpasar sebagai penghasil terbesar, menyumbang sekitar 32,86% dari total sampah provinsi. Kabupaten Badung, yang juga merupakan pusat pariwisata, menyusul dengan kontribusi 17,36%[1]. Sampah nonorganik di Bali sebagian besar terdiri dari plastik, logam, dan kaca, yang sering kali sulit untuk dikelola dan didaur ulang. Kondisi ini menunjukkan urgensi untuk mengembangkan sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif, terutama dalam hal penyortiran nonorganik.

Sampah nonorganik tidak hanya berpotensi sebagai ancaman bagi lingkungan, tetapi juga merupakan sumber daya ekonomi yang sangat berharga jika dikelola dengan benar. Daur ulang, bank sampah, dan industri kreatif adalah beberapa cara yang dapat mengubah sampah menjadi sumber pendapatan yang berkelanjutan. Dengan pendekatan yang tepat, sektor ini dapat membuka banyak lapangan kerja dan mendukung ekonomi yang lebih ramah lingkungan[2]. Namun, pemanfaatan ekonomi dari sampah nonorganik sangat bergantung pada efektivitas sistem pengelolaannya, terutama dalam proses penyortiran.

Penyortiran sampah nonorganik menjadi langkah krusial dalam pengelolaan sampah yang efektif. Pemilahan yang tepat memungkinkan proses daur ulang yang lebih efisien, mengurangi beban Tempat Pembuangan Akhir (TPA), meningkatkan nilai ekonomi sampah, dan melindungi lingkungan. Selama ini, proses penyortiran sampah masih bergantung pada tenaga manusia yang rentan terhadap kesalahan dan keterbatasan kapasitas[3]. Metode manual tidak hanya tidak efisien, tetapi juga memiliki akurasi rendah dalam mengidentifikasi dan memisahkan sampah[4]. Oleh karena itu, diperlukan alat pemisah yang dirancang khusus untuk penyortiran sampah nonorganik. Dengan perkembangan teknologi di bidang otomasi, kemampuan *computer vision* yang dilengkapi dengan kecerdasan buatan (AI) dapat menjadi solusi inovatif. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk mengenali dan memisahkan berbagai jenis material

dengan akurasi tinggi, meningkatkan efisiensi proses daur ulang dan potensial mengatasi masalah penanganan limbah yang tidak tepat.

Dalam konteks ini, teknologi *artificial intelligence* (AI) dan *machine learning* (ML) menawarkan solusi yang lebih efisien untuk mengatasi keterbatasan metode manual. Salah satu penerapan yang menjanjikan adalah *computer vision* yang menggunakan algoritma YOLO yang mampu melakukan identifikasi dan klasifikasi objek secara *real* time dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi[5]. Keunggulan utama teknologi ini terletak pada kemampuannya mendeteksi objek dengan latensi rendah, menjadikannya solusi yang sangat bagus untuk diterapkan dalam sistem sortir otomatis sampah nonorganik.

Untuk mengoptimalkan proses penyortiran, penggunaan konveyor menjadi komponen penting yang melengkapi teknologi *computer vision.* Konveyor memungkinkan pemindahan sampah dari satu titik ke titik lainnya dengan lebih cepat dan efisien[6]. Kombinasi *computer vision* dan sistem Konveyor menghasilkan sistem penyortiran yang tidak hanya akurat tetapi juga mampu menangani volume sampah yang signifikan. Sistem ini bekerja dengan memindai objek yang bergerak di atas Konveyor, menentukan jenis material, dan memisahkannya secara otomatis berdasarkan kategorinya.

Implementasi Alat Sortir Sampah Nonorganik Pada Konveyor Dengan *Computer* Vision merupakan langkah strategis dalam mengatasi masalah pengelolaan sampah nonorganik di Bali. Dengan meningkatkan efisiensi dan akurasi penyortiran, sistem ini berpotensi mengurangi beban Tempat Pembuangan Akhir (TPA), meningkatkan tingkat daur ulang, dan pada akhirnya berkontribusi pada pelestarian lingkungan. Dengan demikian, integrasi teknologi AI, *computer vision*, dan sistem konveyor dalam pengelolaan sampah.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam mengembangkan alat sortir sampah nonorganik pada konveyor dengan *Computer vision* memerlukan pemikiran dalam perancangan sampai dengan implementasi sehingga memunculkan permasalahan. Berikut adalah rumusan masalah yang akan menjadi fokus penelitian ini:

1. Bagaimana merancang sistem sortir sampah non-organik menggunakan konveyor yang terintegrasi dengan teknologi *computer vision* untuk mengenali jenis sampah secara otomatis?

2. Bagaimana proses pendeteksian dan klasifikasi jenis sampah nonorganik (seperti botol kaca, botol plastik, dan kaleng) dapat dilakukan secara *real-time* menggunakan algoritma YOLO?
3. Berapa tinggi tingkat akurasi dan efektivitas sistem dalam menyortir sampah non-organik menggunakan *computer vision*?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, batasan masalah ditetapkan untuk memperjelas ruang lingkup dan fokus pengembangan alat sortir sampah anorganik. Batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Alat sortir ini hanya akan difokuskan pada pemisahan jenis sampah nonorganik, yaitu botol plastik, botol kaca dan kaleng.
2. Objek yang dapat terdeteksi harus dalam kondisi fisik yang utuh. Botol plastik tidak boleh remuk atau gepeng, botol kaca tidak boleh pecah, dan kaleng tidak boleh penyok secara berlebihan.
3. Posisi objek di konveyor harus jelas tidak tertutup oleh sampah lain dan terdapat interval setiap objek. Tumpukan objek dapat mengganggu proses deteksi dan mengurangi akurasi sistem.
4. Sistem deteksi yang digunakan dalam alat ini akan berbasis pada algoritma YOLO (*You Only Look Once*) untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan botol plastik, botol kaca, dan kaleng secara otomatis.
5. Fokus alat ini adalah pada proses sortir otomatis, proses pengolahan lebih lanjut dari sampah yang telah dipisahkan, seperti daur ulang atau pembuangan, tidak akan menjadi bagian dari penelitian ini.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Dapat merancang sistem sortir sampah non-organik menggunakan konveyor yang terintegrasi dengan teknologi *computer vision* untuk mengenali jenis sampah secara otomatis.
2. Dapat Mengetahui proses pendeteksian dan klasifikasi jenis sampah non-organik (seperti botol kaca, botol plastik, dan kaleng) dapat dilakukan secara *real-time* menggunakan algoritma YOLO.
3. Dapat mengetahui tingkat akurasi dan efektivitas sistem dalam menyortir sampah non-organik menggunakan *computer vision*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dari dilaksanakannya penelitian ini yaitu :

1.5.1 Manfaat Akademik

1. Ikut berpartisipasi dalam bidang teknologi pengelolaan sampah, khususnya dalam penggunaan teknologi *computer vision* untuk sistem sortir.
2. Dengan menerapkan algoritma YOLO dalam sistem sortir, memberikan contoh tentang penerapan metode deteksi objek dalam konteks pengelolaan sampah. Hal ini dapat menjadi bahan ajar bagi mahasiswa dan peneliti lain yang tertarik dengan teknologi serupa.
3. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai pengembangan alat sortir lainnya atau aplikasi teknologi *computer vision* di bidang lain.

1.5.2 Manfaat Aplikatif

1. Alat sortir yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam pemisahan botol plastik, botol kaca dan kaleng , sehingga mendukung proses daur ulang yang lebih efektif
2. Penelitian ini dapat memberikan solusi praktis bagi fasilitas daur ulang dengan menyediakan alat sortir otomatis yang mampu meningkatkan produktivitas dan akurasi proses pemilahan sampah.
3. Dengan adanya alat sortir, diharapkan masyarakat akan lebih sadar akan pentingnya pengelolaan sampah dan daur ulang, serta berkontribusi dalam mengurangi jumlah sampah nonorganik yang mencemari lingkungan.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Sistem sortir sampah non-organik berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan mengintegrasikan kamera webcam, sensor ultrasonik, mini PC, dan *mikrokontroller* ESP32. Kamera dan sensor berfungsi sebagai *input*, mini PC memproses citra menggunakan algoritma YOLOv8, sedangkan ESP32 mengendalikan motor konveyor, servo, relai, dan LCD 16x2 sebagai *output*. Proses pembuatan alat mencakup perakitan tiga unit konveyor (dua lurus dan satu *curve*), pemasangan sensor dan kamera untuk mendeteksi objek, serta integrasi *hardware* dan *software* agar sistem dapat mengklasifikasikan botol plastik, botol kaca, dan kaleng secara *real-time*. Hasil klasifikasi digunakan untuk menggerakkan servo pemilah sehingga sampah diarahkan ke jalur yang sesuai. Dengan rancangan ini, sistem mampu bekerja secara otomatis, cepat, dan efisien sehingga lebih unggul dibandingkan metode sortir manual.
2. Pendeteksian dan klasifikasi sampah non-organik dilakukan secara *real-time* menggunakan algoritma YOLOv8 yang dijalankan pada mini PC. *Dataset* diperoleh dari Roboflow dan melalui tahap pelabelan, *preprocessing*, serta *augmentation* sebelum dilatih pada Google Colab, dengan tiga kategori utama yaitu botol plastik, botol kaca, dan kaleng. Saat sistem berjalan, kamera menangkap citra objek di atas konveyor, kemudian diproses oleh YOLOv8 untuk menghasilkan *bounding box* dan label klasifikasi. Hasil ini dikirim ke ESP32 untuk mengendalikan motor servo sehingga sampah dapat diarahkan ke jalur pemilahan sesuai kategorinya dan data disimpan pada *file* excel. Dengan mekanisme ini, sistem mampu mengenali tiga jenis sampah secara akurat, cepat, dan responsif dalam aplikasi *real-time*.
3. Tingkat akurasi dan efektivitas sistem dalam menyortir sampah non-organik menggunakan computer vision berbasis YOLOv8 dapat dikatakan cukup tinggi, dengan hasil pelatihan model mencapai *Precision* 0.905, *Recall* 0.782, mAP@0.5 sebesar 0.898, dan mAP@0.5–0.95 sebesar 0.660 yang menunjukkan performa deteksi objek yang baik. Uji confusion matrix menunjukkan akurasi total 84,0% dengan F1-score tertinggi pada kelas botol kaca dan kaleng, sedangkan pengujian implementasi sortir terhadap 88 objek uji menghasilkan 82

prediksi benar dengan akurasi 93,1%. Hasil ini membuktikan bahwa sistem tidak hanya andal dalam mengenali objek, tetapi juga efektif dalam melakukan penyortiran otomatis, meskipun masih terdapat kesalahan pada objek dengan kemiripan visual seperti botol plastik dan botol kaca.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Peningkatan Performa Model Deteksi

   Perlu dilakukan optimasi terhadap performa model deteksi, terutama pada kelas botol plastik yang memiliki nilai *Recall* dan mAP lebih rendah dibandingkan kelas lainnya. Hal ini dapat dilakukan dengan menambah variasi data latih, memperbaiki kualitas pencahayaan saat pengambilan data, serta menerapkan teknik *augmentation* lanjutan.

2. Pengembangan Sistem Pengatur Masuknya Objek

   Disarankan agar sistem dilengkapi dengan mekanisme pengatur objek secara otomatis, sehingga pengguna tidak perlu meletakkan objek satu per satu. Dengan sistem ini, alat dapat langsung menerima dan menyortir beberapa objek sekaligus, yang akan meningkatkan efisiensi dalam konteks penggunaan nyata, seperti di pusat pengolahan sampah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. Y. Septiariva, M. R. N. Sagara, M. M. Sari, dan I. W. K. Suryawan, "KORELASI KONDISI SOSIAL MASYARAKAT TERHADAP TIMBULAN SAMPAH SELAMA PANDEMI COVID-19 DI PROVINSI BALI," *J. Arsip Rekayasa Sipil Perencanaan*, vol. 7, no. 2, hlm. 75–84, Jun 2024, doi: 10.24815/jarsp.v7i2.25838.

[2] H. Krisnani *dkk.*, "PERUBAHAN POLA PIKIR MASYARAKAT MENGENAI SAMPAH MELALUI PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK DAN NON ORGANIK DI DESA GENTENG, KECAMATAN SUKASARI, KAB. SUMEDANG," *jppm*, vol. 4, no. 2, Jul 2017, doi: 10.24198/jppm.v4i2.14345.

[3] B. Sugiantoro *dkk.*, "PENERAPAN TEKNOLOGI PEMILAH SAMPAH HELIX BERSUSUN UNTUK OPTIMASI DAUR ULANG DAN KOMERSIALISASI PRODUK ECOPRINT BERBASIS PEWARNA ALAMI," *JMM*, vol. 8, no. 1, hlm. 620, Feb 2024, doi: 10.31764/jmm.v8i1.20115.

[4] A. N. A. Setiana, "Robot Pemilahan Sampah Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network dengan MobileNet," Oktober 2024.

[5] J. R. Yasiri dan R. Prathivi, "Detection of Plastic Bottle Waste Using YOLO Version 5 Algorithm," vol. 9, no. 1, 2025.

[6] A. Fitriati, Y. Elviralita, N. Roni Wibowo, A. Mulia, dan S. Wulandari, "SISTEM SORTIR BENDA BERDASARKAN BENTUK DAN WARNA BERBASIS KOMPUTER VISION," *Transient*, vol. 13, no. 2, hlm. 46–51, Jun 2024, doi: 10.14710/transient.v13i2.46-51.

[7] A. Ardiansyah dan J. Triloka, "Evaluasi Kinerja Model YOLOv8 dalam Deteksi Kesegaran Buah," *Jurnal JUPITER*, vol. 16, no. 2, hlm. 357–368, Oktober 2024.

[8] J. V. Sihombing dan Y. H. Sasmito, "PERANCANGAN SISTEM CONVEYOR OTOMATIS DENGAN SENSOR INFRARED BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PROSES MANUKFATUR." Jurnal Teknologi Energi UDA, September 2024.

[9] F. U. Fajri, M. I. Sani, dan M. I. Sari, "Konveyor Sortir Buah Jeruk Siam Banyuwangi Berdasarkan Kualitas Berbasis Mikrokontroler," vol. 9, no. 5, hlm. 2324–2331, Oktober 2023.

[10] V. Wiley dan T. Lucas, "Computer Vision and Image Processing: A Paper Review," *Int. J. Art. Intell. Research*, vol. 2, no. 1, hlm. 22, Jun 2018, doi: 10.29099/ijair.v2i1.42.

[11] A. Pratama, A. C. Nurcahyo, dan L. Firgia, "Penerapan Machine Learning dengan Algoritma Logistik Regresi untuk Memprediksi Diabetes," 2023.

[12] N. P. Novani, D. R. Salsabila, R. Aisuwarya, L. Arief, dan N. Afriyeni, "Sistem Pendeteksi Gejala Awal Tantrum Pada Anak Autisme Melalui Ekspresi Wajah Dengan Convolutional Neural Network," *j.inf.tech.comp.eng*, vol. 5, no. 02, hlm. 93–106, Sep 2021, doi: 10.25077/jitce.5.02.93-106.2021.

[13] S. Rachmawati, A. E. Minarno, dan Y. Azhar, "Klasifikasi Lesi Kulit Menggunakan Convolutional Neural Network," *JR*, vol. 4, no. 3, Feb 2024, doi: 10.22219/repositor.v4i3.32327.

[14] Mohit, "Image Processing Using CNN: A Beginners Guide," Analytics Vidhya. Diakses: 26 Agustus 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/06/image-processing-using-cnn-a-beginners-guide/

[15] Rosa Andrie Asmara, M. Rahmat Samudra, dan Dimas Wahyu Wibowo, "IDENTIFIKASI PERSON PADA GAME FIRST PERSON SHOOTER (FPS)

MENGGUNAKAN YOLO OBJECT DETECTION DAN DIIMPLEMENTASIKAN SEBAGAI AGENT CERDAS AUTOMATIC TARGET HIT," *JTIA*, vol. 3, no. 2, hlm. 141–145, Okt 2022, doi: 10.33795/jtia.v3i1.87.

[16] D. N. Alfarizi, R. A. Pangestu, D. Aditya, M. A. Setiawan, dan P. Rosyani, "Penggunaan Metode YOLO Pada Deteksi Objek: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis," vol. 1, no. 1, 2023.

[17] "YOLO Algorithm(Object Detection) from scratch using PyTorch." Diakses: 26 Agustus 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://app.readytensor.ai/publications/yolo-algorithmobject-detection-from-scratch-using-pytorch-eUmOzW8EZBBl

[18] S. Saepudin, N. Sujana, M. M. Mutoffar, dan A. A. Haryanto, "ANALISIS KINERJA YOLOV8 OPTIMALISASI ROBOFLOW UNTUK DETEKSI EKSPRESI WAJAH EMOSIONAL DENGAN MACHINE LEARNING," *Naratif*, vol. 6, no. 2, hlm. 115–124, Des 2024, doi: 10.53580/naratif.v6i2.292.

[19] "Google Colab." Diakses: 5 Februari 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://colab.research.google.com/

[20] R. Yauri, B. Guzman, A. Hinostroza, dan V. Gamero, "Weed Identification Technique in Basil Crops using Computer Vision," *WSEAS TRANSACTIONS ON SYSTEMS*, vol. 22, hlm. 636–644, Jun 2023, doi: 10.37394/23202.2023.22.64.

[21] R. Fajri dan F. Fitria, "Pengembangan Real-Time Object Detection System pada Perangkat Single-Board Computer," *Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, hlm. 1154–1162, Oktober 2023, doi: https://djournals.com/klik.

[22] A. Siswanto, M. Munaji, F. Irmansyah, dan M. Luthfi, "RANCANG BANGUN PENGAMANANAN STOPKONTAK BERBASIS ARDUINO MEGA," vol. 2, no. 2, 2020.

[23] F. Rahman, F. Faridah, A. I. Nur, dan A. N. Makkaraka, "RANCANG BANGUN PROTOTIPE MANIPULATOR LENGAN ROBOT MENGGUNAKAN MOTOR SERVO BERBASIS MIKROKONTROLER," *ILTEK : Jurnal Teknologi*, vol. 15, no. 01, Art. no. 01, Apr 2020, doi: 10.47398/iltek.v15i01.11.

[24] H. Wanandi, "SYSTEM MONITORING DAN SPEED CONTROL PADA MOTOR PROTOTYPE BELT CONVEYOR BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT)." Universitas Muhammadiyah Palembang, 28 Juli 2023.

[25] M. Mulyana, M. Minarto, dan S. Alam, "Akuisisi Data Pengiriman Pupuk Berbasis Machine-To-Machine (M2M)," *Innovative: Journal Of Social Science Research*, vol. 4, no. 4, Art. no. 4, Agu 2024, doi: 10.31004/innovative.v4i4.13639.

[26] M. Ahmed, K. A. Hashmi, A. Pagani, M. Liwicki, D. Stricker, dan M. Z. Afzal, "Survey and Performance Analysis of Deep Learning Based Object Detection in Challenging Environments," *Sensors (Basel)*, vol. 21, no. 15, hlm. 5116, Jul 2021, doi: 10.3390/s21155116.

[27] F. R. Sayem *dkk.*, "Enhancing waste sorting and recycling efficiency: robust deep learning-based approach for classification and detection," *Neural Comput & Applic*, vol. 37, no. 6, hlm. 4567–4583, Feb 2025, doi: 10.1007/s00521-024-10855-2.