

Perancangan dan Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Konveyor Cerdas Berbasis YOLOv8 dalam Klasifikasi Objek

Dimas Wahyu Saputra¹, Fajril Nurfiyanto², Gunawan Wibisono³, Inggar Mahesa Yudanto⁴, Kresensia Meita Indar Mayaningsih⁵, Muhammad Faizal Fachri⁶, Ryamizard Agil Briantama⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Program Studi Sarjana Terapan Perkeretaapian, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Madiun; Jl. Ring Road Barat, Winongo, Kec. Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur 63162; (0351) 452970

Received: xxxx-xx-xx

Accepted: xx-xx-xx

Keywords:

Conveyor, Deep Learning, YOLOv8, Fuzzy logic, Arduino Uno

Correspondent Email:

xxxxxxxxxx@xxxx.xxx



ELECTRICIAN is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem konveyor cerdas berbasis Deep Learning dan Fuzzy Logic yang mampu mendeteksi serta mengklasifikasikan objek secara otomatis. Model You Only Look Once versi 8 (YOLOv8) digunakan sebagai modul visi untuk mengenali objek secara real-time, sedangkan Fuzzy Logic berperan sebagai pengendali adaptif kecepatan konveyor berdasarkan nilai Frame per Second (FPS) dan confidence score hasil deteksi. Sistem ini diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Uno dan motor driver L298N untuk mengendalikan motor DC serta aktuator servo penyortir. Hasil pengujian terhadap lima jenis objek menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja stabil dengan rata-rata kecepatan pemrosesan 10–12 FPS dan waktu tunda (delay) sebesar 123 ms. Objek dengan nilai confidence tinggi (>0,8) menghasilkan keluaran PWM di atas 220, sedangkan ketika objek tidak terdeteksi (confidence = 0) PWM turun ke nilai minimum 100. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi YOLOv8 dan Fuzzy Logic mampu meningkatkan efisiensi serta respons adaptif sistem konveyor dalam proses deteksi dan penyortiran objek.

Abstract. This research aims to design and implement an intelligent conveyor system based on Deep Learning and Fuzzy Logic capable of automatically detecting and classifying objects. The You Only Look Once version 8 (YOLOv8) model is employed as the vision module to recognize objects in real time, while Fuzzy Logic serves as an adaptive speed controller based on Frame per Second (FPS) and detection confidence score. The system integrates an Arduino Uno microcontroller and L298N motor driver to control the DC motor and servo sorting actuator. Testing with five different objects shows that the system operates stably with an average processing speed of 10–12 FPS and a response delay of 123 ms. Objects with high confidence (>0.8) produce PWM outputs above 220, while undetected objects (confidence = 0) result in a minimum PWM of 100. These findings indicate that the integration of YOLOv8 and Fuzzy Logic improves the efficiency and adaptive response of the conveyor system in object detection and sorting processes.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di dunia industri telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Sehingga, para perusahaan industri mulai meninggalkan alat dan mesin konvensional, beralih ke alat dan mesin yang lebih modern

yang pengontrolan dan pengendaliannya bersifat otomatis. Perkembangan teknologi dalam proses produksi bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas dan kecepatan proses produksi, hal ini sejalan dengan meningkatnya permintaan konsumen

terhadap barang produksi yang meningkat setiap tahunnya[1].

Salah satunya inovasi saat ini yang sedang banyak dikembangkan yaitu sistem sortir otomatis menggunakan *conveyor* sebagai alat perantara. *Conveyor* merupakan alat bantu yang dijumpai pada industri-industri pengolahan, alat ini digunakan untuk memindahkan satu benda ketempat lain secara berurutan. Selain itu penggunaan *conveyor belt* akan sangat memudahkan manusia untuk mengetahui jenis benda secara jelas apabila dimodifikasi dengan menambahkan sensor[2].

Seiring dengan kemajuan teknologi *computer vision* dan *artificial intelligence*, metode deteksi dan klasifikasi objek berbasis *deep learning* telah banyak diterapkan untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan dalam pengolahan visual. Meski demikian, sistem berbasis *computer vision* ini tetap menghadapi tantangan-tantangan praktis seperti variasi pencahayaan, perubahan sudut objek, beban proses komputer, dan kebutuhan integrasi dengan *hardware* fisik nyata[3].

Pada kontrol sistem fisik, pendekatan logika fuzzy telah terbukti efektif menangani ketidakpastian dan variabilitas dalam pengambilan keputusan. Logika fuzzy mampu memodelkan nilai linguistik seperti “kecepatan rendah”, “kecepatan ideal”, atau “keyakinan tinggi” dalam bentuk himpunan fuzzy, dan kemudian menghasilkan *output* kontrol yang halus sesuai kondisi sistem. Beberapa penelitian Indonesia telah menerapkan logika fuzzy untuk pengambilan keputusan dalam berbagai domain, seperti penentuan pilihan jurusan siswa dan pemodelan tingkat inflasi. [4].

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem *conveyor* cerdas yang mengintegrasikan YOLOv8 sebagai modul visi (*deep learning*) dan logika fuzzy sebagai modul kontrol adaptif kecepatan dan penyortiran objek. Sistem ini dirancang agar dapat menyesuaikan kecepatan *conveyor* secara *real-time* berdasarkan *confidence score* deteksi objek dan performa sistem (FPS), sehingga memungkinkan klasifikasi dan penyortiran objek secara otomatis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Miniatur Conveyor



Gambar 1. Miniatur Conveyor

Miniatur konveyor merupakan representasi skala kecil dari sistem *conveyor* industri yang umum digunakan untuk memindahkan objek dari satu titik ke titik lain secara otomatis. Desain miniatur *conveyor* terdiri dari rangka penyangga berbahan akrilik atau plastik cetak 3D, sabuk berjalan (*belt*) berbahan karet atau plastik fleksibel, serta motor DC atau motor servo sebagai penggerak utama. Sistem ini juga dilengkapi dengan gir *pulley* untuk mentransmisikan tenaga dari motor ke sabuk konveyor. Dalam penelitian ini, penggunaan prototype miniatur konveyor ini bertujuan sebagai alat bantu eksperimentasi yang efisien dan praktis untuk menguji integrasi antara modul visi berbasis YOLOv8 dan modul kontrol cerdas berbasis logika fuzzy. Miniatur konveyor digunakan untuk mensimulasikan proses penyortiran objek otomatis secara *real-time* sesuai hasil klasifikasi[5].

2.2. Deep Learning

Deep learning adalah salah satu bidang *machine learning* yang memanfaatkan banyak layer pengolahan informasi nonlinier untuk melakukan ekstraksi fitur, pengenalan pola, dan klasifikasi. Menurut Goodfellow, dkk. (2016), *deep learning* adalah sebuah pendekatan dalam penyelesaian masalah pada sistem pembelajaran komputer yang menggunakan konsep hierarki. Konsep hierarki membuat komputer mampu mempelajari konsep yang kompleks dengan menggabungkan dari konsep-konsep yang lebih sederhana [6].

Pada dasarnya *deep learning* adalah implementasi konsep dasar dari *machine learning* yang menerapkan algoritma ANN dengan lapisan yang lebih banyak. Dalam bidang *Computer Vision*, *Deep Learning* banyak digunakan untuk berbagai aplikasi seperti klasifikasi citra, deteksi objek, segmentasi citra, dan pengenalan wajah. Salah

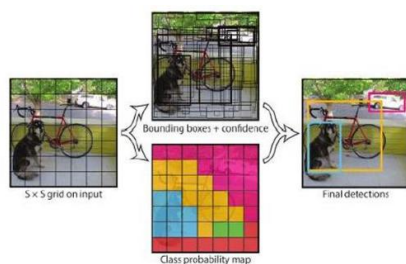
satu model *Deep Learning* yang populer adalah YOLO (*You Only Look Once*) yang digunakan untuk mendeteksi objek secara *real-time* dengan akurasi tinggi.

Pada penelitian ini, *deep learning* diimplementasikan melalui model YOLOv8 untuk melakukan deteksi dan klasifikasi objek yang berada di atas konveyor. Hasil deteksi berupa *confidence score* dan posisi objek menjadi input bagi sistem kontrol berbasis logika fuzzy.

2.3. YOLOv8

YOLO, singkatan dari "*You Only Look Once*" adalah metode canggih dalam pendeteksian objek yang dirancang untuk memberikan hasil secara langsung. Metode ini mendekati masalah deteksi objek sebagai masalah regresi tunggal, di mana data piksel dari gambar yang diambil secara *real-time* digunakan untuk memprediksi kotak pembatas dan probabilitas kelas dari objek yang terdeteksi. Dengan memanfaatkan satu jaringan saraf, YOLO dapat langsung mengenali dan mengidentifikasi objek dengan memprediksi kotak yang tertangkap dalam *frame* [7].

YOLO menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) yang pertama-tama memperbesar gambar input, kemudian membaginya menjadi grid dengan ukuran $S \times S$. Melalui proses konvolusi, YOLO mengeluarkan kotak pembatas yang mencakup informasi mengenai koordinat x dan y , lebar, tinggi, serta skor kepercayaan untuk setiap objek yang terdeteksi. Skor kepercayaan dinormalisasi dalam rentang nilai 0 hingga 1, sedangkan koordinat x dan y dinormalisasi agar sesuai dengan titik kiri atas gambar, dan dimensi kotak disesuaikan dengan ukuran gambar. Proses ini digambarkan dalam Gambar 2, setelah kotak pembatas dan skor kepercayaan diperoleh, langkah selanjutnya adalah melakukan pemrosesan lebih lanjut menggunakan jaringan saraf konvolusional pada masing-masing kotak tersebut.



Gambar 2. Ilustrasi Yolo

Penelitian ini menggunakan YOLOv8, versi terbaru dari yang memiliki arsitektur lebih ringan namun tetap presisi tinggi, sehingga cocok untuk aplikasi *real-time* seperti *conveyor* cerdas. Hasil *confidence score* dari YOLOv8 digunakan sebagai salah satu masukan sistem fuzzy untuk mengatur kecepatan motor *conveyor*.

2.4. Fuzzy Logic

Fuzzy logic pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 sebagai pendekatan matematis untuk menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam pengambilan keputusan. Berbeda dengan logika klasik yang hanya mengenal nilai benar (1) atau salah (0), *fuzzy logic* memungkinkan representasi nilai di antara keduanya, yaitu dalam rentang 0 hingga 1 [8].

Fungsi keanggotaan adalah komponen utama dalam logika *fuzzy* yang berfungsi untuk memetakan nilai input ke dalam derajat keanggotaan tertentu. Nilai keanggotaan ini menunjukkan seberapa besar suatu elemen termasuk dalam sebuah himpunan *fuzzy*. Terdapat berbagai jenis fungsi keanggotaan yang umum digunakan, antara lain:

- *Triangular Membership Function* (trimf): berbentuk segitiga, sederhana, dan paling banyak digunakan.
- *Trapezoidal Membership Function* (trapmf): berbentuk trapesium, fleksibel dalam menggambarkan rentang nilai.
- *Gaussian Membership Function* (gaussmf): berbasis distribusi normal, cocok untuk data dengan kecenderungan tengah.

Setiap fungsi keanggotaan memiliki karakteristik unik dalam menggambarkan pola data, sehingga pemilihan fungsi yang tepat menjadi penting dalam menganalisis data.

Dalam penelitian ini, logika fuzzy digunakan untuk mengatur kecepatan motor konveyor berdasarkan dua input utama: *frame rate* (FPS) dan *confidence score* hasil deteksi YOLOv8. Dengan pendekatan fuzzy, sistem *conveyor* dapat menyesuaikan kecepatannya secara adaptif pada kondisi yang berubah-ubah

2.5. Arduino Uno

Modul Arduino UNO R3 (Arduino UNO revisi 3) merupakan papan sirkuit berbasis mikrokontroler Atmega328P, Atmega 328 adalah chip mikrokontroler 8-bit berbasis AVR-

RISC buatan Atmel yang memiliki 32 KB memori ISP flash dengan kemampuan baca-tulis (read/write), 1 KB EEPROM, 2 KB SRAM dan karena kapasitas memori Flash sebesar 32 KB inilah kemudian chip ini diberi nama ATmega328. Kelengkapan fitur yang terdapat dalam modul Arduino UNO membuat modul ini mudah untuk digunakan, hanya dengan menghubungkan modul Arduino UNO dengan PC menggunakan kabel USB atau menggunakan adapter DC –DC, maka modul siap digunakan [9].



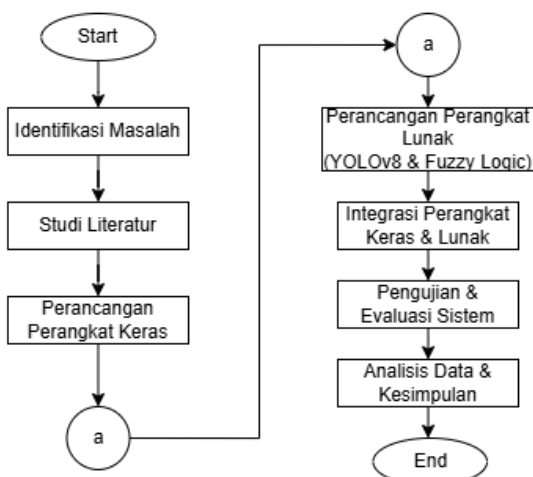
Gambar 3. Arduino Uno R3

Dalam penelitian ini, Arduino Uno berfungsi sebagai pengendali utama sistem *conveyor*. Modul ini menerima data hasil proses fuzzy dari komputer (melalui komunikasi serial) untuk mengatur kecepatan motor DC *conveyor* dan menggerakkan servo penyortir objek sesuai hasil klasifikasi YOLOv8.

3. METODE

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *research and development* (R&D). Metode penelitian R&D merupakan sebuah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu lalu menguji keektifan produk tersebut.



Gambar 4. Flowchart Penelitian

Pemilihan metode ini terkait dengan luaran yang ingin dicapai dari penelitian yaitu berupa sebuah produk dalam bentuk purwarupa sistem kendali *conveyor*. Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan, yaitu: identifikasi masalah, studi literatur, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi sistem, serta pengujian performa.

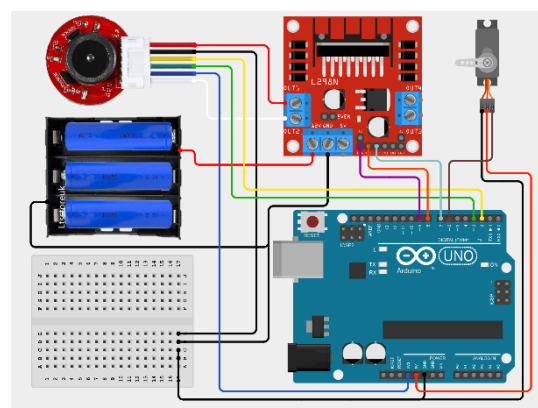
3.2. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras bertujuan untuk membuat sistem fisik yang mampu mendukung fungsi deteksi dan kontrol *conveyor* secara otomatis. Komponen utama yang digunakan meliputi:

Tabel 1. Komponen yang digunakan

| Komponen | Fungsi |
|-------------------------|---|
| <i>Conveyor</i> | Media pemindahan objek. |
| Motor DC Encoder 12Volt | Penggerak utama <i>conveyor</i> . |
| Motor Driver L298N | Mengatur arah dan kecepatan motor melalui sinyal PWM. |
| Arduino Uno R3 | Mikrokontroler. |
| Motor Servo | Aktuator sortir objek. |
| Baterai 18650 | Sumber daya motor. |
| Webcam | Menangkap citra objek. |
| Laptop | Unit pemrosesan dalam menjalankan program. |

Setelah alat dan bahan telah disiapkan, kemudian melakukan perakitan *hardware* yang mengacu pada rangkian *schematic* berikut :



Gambar 5. Schematic Sistem *Conveyor* Cerdas

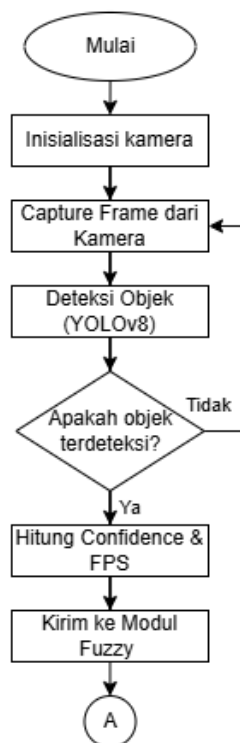
3.3. Perancangan Perangkat Lunak

3.3.1. Model Deep Learning

Modul *Deep Learning* dirancang menggunakan model YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang memiliki kemampuan mendeteksi dan mengklasifikasi objek secara *real-time*. Model ini bekerja berdasarkan prinsip *single shot detection*, yaitu mendeteksi semua objek dalam satu kali proses inferensi tanpa perlu melakukan pemotongan citra berulang. Sistem YOLOv8 menerima *input* berupa citra (*frame*) dari kamera yang dipasang di atas *conveyor*, kemudian melalui proses konvolusi menghasilkan:

- Label objek (*Class ID*), jenis objek yang dikenali.
- *Confidence score*, nilai keyakinan sistem terhadap deteksi.
- Koordinat *bounding box*, posisi objek dalam *frame*.

Setiap *frame* yang diproses juga dihitung waktu pemrosesannya untuk mendapatkan nilai *Frame per Second* (FPS). Nilai FPS dan *confidence score* rata-rata dijadikan parameter utama untuk kontrol fuzzy.



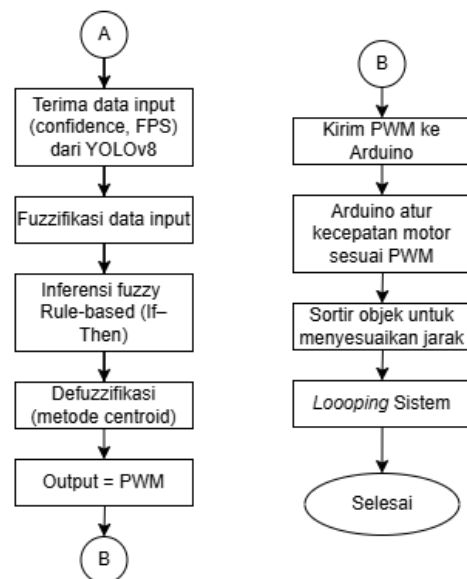
Gambar 6. Model *Deep Learning*

3.3.2. Model Fuzzy Logic

Modul logika fuzzy berfungsi sebagai pengendali kecepatan *conveyor* berdasarkan data dari YOLOv8. Sistem fuzzy menerima dua masukan utama (*input crisp*):

- FPS (*Frame per Second*), menandakan kecepatan pemrosesan visual.
- *Confidence Average*, menandakan kejelasan hasil deteksi objek.

Kedua parameter ini diubah menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan fuzzy. Sistem kemudian melakukan proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi untuk menghasilkan keluaran (*output crisp*) berupa nilai PWM yang akan dikirim ke mikrokontroler Arduino.



Gambar 7. Model *Fuzzy Logic*

Tahapan proses model fuzzy sebagai berikut:

- Fuzzifikasi, mengubah *input crisp* (FPS dan *Confidence*) menjadi derajat keanggotaan fuzzy.
- Inferensi, menentukan hasil aturan (*rule*) berdasarkan kombinasi dua input fuzzy.
- Defuzzifikasi, mengonversi hasil inferensi menjadi nilai PWM (*crisp output*).

Sistem fuzzy ini menerapkan aturan inferensi (*rule base*) sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2, di mana kombinasi dari nilai FPS dan *Confidence* digunakan untuk menentukan keluaran kecepatan konveyor. Setiap aturan (*rule*) dirancang agar sistem mampu menyesuaikan kecepatan konveyor secara otomatis berdasarkan kondisi nyata.

Tabel 2. *Rule-Based*

| FPS | Confidence | PWM | Delay |
|--------|------------|---------|---------|
| Lambat | Rendah | Minimal | Panjang |
| Lambat | Sedang | Minimal | Sedang |
| Lambat | Tinggi | Normal | Panjang |

| | | | |
|-------|--------|----------|---------|
| Cukup | Rendah | Minimal | Sedang |
| Cukup | Sedang | Normal | Sedang |
| Cukup | Tinggi | Normal | Pendek |
| Ideal | Rendah | Normal | Panjang |
| Ideal | Sedang | Normal | Sedang |
| Ideal | Tinggi | Maksimal | Pendek |

3.4. Integrasi Sistem dengan *Hardware*

Tahapan integrasi dilakukan untuk menghubungkan antara sistem perangkat keras (*hardware*) dan model perangkat lunak (YOLOv8 & *Fuzzy Logic*) agar dapat bekerja secara sinkron. Integrasi ini bertujuan agar hasil deteksi objek secara visual dapat secara langsung memengaruhi kecepatan konveyor melalui pengendalian motor DC.

Pada sistem perangkat keras, kamera berfungsi sebagai sensor visual yang menangkap citra objek di atas konveyor secara *real-time* dan mengirimkannya ke laptop. Proses pengolahan citra dilakukan pada komputer menggunakan model YOLOv8, yang menghasilkan keluaran berupa label objek, *confidence score*, serta nilai *frame per second* (FPS). Nilai *confidence* dan FPS yang diperoleh dari model YOLOv8 selanjutnya dijadikan *input* untuk sistem *fuzzy* yang berjalan di Python. Modul *fuzzy* melakukan proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi untuk menghasilkan nilai PWM (*Pulse Width Modulation*) sebagai *output crisp*. Nilai PWM ini menentukan seberapa cepat motor *conveyor* berputar, sehingga sistem dapat beradaptasi terhadap kondisi nyata yang sedang terjadi.

Komunikasi antara modul YOLO-Fuzzy di komputer dengan mikrokontroler Arduino dilakukan menggunakan protokol komunikasi serial (UART) dengan kecepatan transmisi 9600 bps. Arduino kemudian membaca nilai tersebut dan mengonversinya menjadi sinyal PWM pada pin ENA motor driver L298N. Driver L298N selanjutnya mengatur tegangan dan arus menuju motor DC, sehingga kecepatan konveyor dapat dikendalikan secara dinamis sesuai hasil inferensi fuzzy.

Selain mengatur motor utama, sistem juga mengontrol motor servo sebagai aktuator penyortir objek. Ketika YOLOv8 mendeteksi objek dengan label tertentu, sistem Python mengirimkan perintah tambahan melalui serial, yang akan memicu servo bergerak ke posisi tertentu untuk mengarahkan objek ke jalur sortir yang sesuai.

Integrasi yang dilakukan memastikan seluruh komponen baik perangkat keras maupun perangkat lunak dapat beroperasi secara sinkron dan responsive.

3.5. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa sistem konveyor cerdas dalam mendeteksi dan mengklasifikasi objek secara *real-time*, serta menyesuaikan kecepatan *conveyor* berdasarkan hasil inferensi logika fuzzy. Pengujian dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis objek, baik yang telah di *training* maupun bukan yang di *training* dengan diletakkan secara berurutan pada jalur *conveyor* di bawah kamera.

Pengujian dilakukan berdasarkan beberapa indikator utama, yaitu:

- Akurasi Deteksi Objek, untuk mengukur keberhasilan sistem dalam mengenali dan mengklasifikasikan objek pada *conveyor*.
- *Confidence Score* Rata-rata, menunjukkan tingkat keyakinan model terhadap hasil deteksi yang juga menjadi input sistem Fuzzy.
- *Frame Per Second* (FPS), menggambarkan kecepatan pemrosesan citra secara *real-time*.
- Kecepatan Motor (PWM), diambil dari keluaran *Fuzzy Logic* yang mengatur laju *conveyor*.
- Waktu Respon Penyortiran (*delay*), yaitu durasi dari deteksi objek hingga aksi sortir dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa sistem *conveyor* dalam mendeteksi dan mengklasifikasi objek secara *real-time* menggunakan model YOLOv8, dan untuk menilai bagaimana modul logika fuzzy mengatur kecepatan konveyor berdasarkan hasil deteksi tersebut. Sistem diuji menggunakan 5 jenis objek yang berbeda yaitu penghapus, meteran, koin, korek, dan obeng. Parameter yang diamati meliputi nilai *Frame per Second* (FPS), *confidence score*, nilai PWM keluaran fuzzy, *delay* sistem, serta status validitas deteksi.

Hasil pengujian sistem ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian

| Objek | FPS | Confidence Score | PWM | Delay | Status |
|-----------|------|------------------|-----|-------|---------|
| Penghapus | 10.8 | 0.92 | 234 | 69 | valid |
| Meteran | 12.5 | 0.82 | 224 | 69 | Valid |
| Koin | 10.9 | 0.54 | 130 | 121 | Valid |
| Korek | 11.7 | 0 | 100 | 178 | Invalid |
| Obeng | 12.5 | 0 | 100 | 179 | Invalid |

Dari hasil pengujian pada Tabel 3. dapat diamati bahwa sistem mampu memberikan respons adaptif terhadap hasil deteksi objek. Nilai PWM yang dihasilkan logika fuzzy berubah sesuai dengan nilai *confidence score* yang diperoleh dari YOLOv8. Objek dengan tingkat keyakinan tinggi, seperti penghapus dan meteran, menghasilkan nilai PWM besar (di atas 220), menandakan *conveyor* bergerak lebih cepat. Sebaliknya, ketika objek tidak terdeteksi (nilai *confidence* = 0), sistem menurunkan PWM menjadi 100 untuk memperlambat *conveyor* agar kamera memiliki waktu lebih lama dalam mendeteksi objek berikutnya.

4.2. Pembahasan kinerja YOLOv8

Model YOLOv8 digunakan sebagai (*vision system*) yang bertugas mengenali dan mengklasifikasi objek di atas *conveyor*.

Berdasarkan hasil pengujian, nilai *confidence score* tertinggi diperoleh pada objek penghapus dengan nilai 0,92, diikuti oleh meteran dengan 0,82, sedangkan objek dengan nilai *confidence* di bawah 0,6 seperti koin, masih dianggap valid tetapi memiliki tingkat kepercayaan moderat. Sedangkan korek dan obeng tidak terdeteksi sama sekali (*confidence* 0), sehingga sistem menandainya sebagai *invalid*.

Nilai *confidence* yang tinggi menunjukkan bahwa YOLOv8 berhasil mengenali objek dengan tingkat keyakinan yang kuat, sedangkan nilai nol menandakan bahwa model gagal mendeteksi objek pada *frame* tersebut, kemungkinan disebabkan oleh warna objek yang mirip dengan latar belakang, pantulan cahaya, atau sudut pandang kamera yang kurang optimal.

Rata-rata FPS sistem berkisar antara 10–12 *frame per second*, yang masih berada dalam kategori *real-time* untuk aplikasi berbasis miniatur *conveyor*. Hal ini membuktikan bahwa model YOLOv8 mampu beroperasi stabil meskipun dijalankan bersamaan dengan proses fuzzy dan komunikasi serial dengan Arduino.

4.3. Pembahasan system Fuzzy

Sistem *fuzzy logic* menerima dua masukan utama, yaitu FPS dan *confidence score*, untuk menghasilkan keluaran berupa PWM yang digunakan sebagai pengatur kecepatan motor *conveyor*.

Hubungan antara kedua variabel input dan output terlihat jelas pada hasil pengujian:

- Ketika *confidence score* tinggi (> 0.8) maka PWM tinggi (>220) sehingga *conveyor* bergerak cepat.
- Ketika *confidence* sedang (0.4–0.6) maka PWM menurun (sekitar 130) sehingga *conveyor* berjalan sedang.
- Ketika *confidence* rendah atau 0 maka PWM minimum (100) sehingga *konveyor* melambat atau berhenti sebagian.

Kondisi tersebut telah sesuai dengan aturan inferensi fuzzy (*rule base*) yang telah dirancang pada tahap perancangan sistem.

4.4. Pembahasan respon sistem

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa hubungan antara *confidence score* dan PWM sesuai dengan rancangan fungsi keanggotaan fuzzy. Kenaikan nilai *confidence* menghasilkan peningkatan nilai PWM yang berarti *conveyor* bergerak lebih cepat ketika sistem yakin terhadap hasil deteksinya.

Secara kuantitatif, peningkatan *confidence* dari 0,54 ke 0,92 menyebabkan PWM naik dari 130 menjadi 234, sedangkan ketika *confidence* turun ke 0, PWM kembali ke nilai minimum yaitu 100. Fenomena ini menggambarkan keberhasilan sistem fuzzy dalam melakukan penyesuaian kecepatan motor secara dinamis berdasarkan kondisi visual.

Nilai rata-rata delay sebesar 123 milidetik menandakan bahwa keseluruhan sistem mulai dari proses pengambilan citra, inferensi fuzzy, hingga eksekusi aktuator mampu bekerja dengan waktu tanggap yang cepat dan efisien.

Sistem juga menunjukkan stabilitas yang baik tanpa fluktuasi kecepatan yang berlebihan, menandakan bahwa kendali PWM dari Arduino ke motor DC berjalan dengan respons yang halus (*smooth control*).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem YOLOv8 berhasil mendeteksi objek dengan rata-rata kecepatan 10–12 FPS. Objek penghapus memiliki *confidence score* tertinggi sebesar 0,92, sedangkan korek dan obeng tidak terdeteksi (*confidence* = 0) karena pengaruh pencahayaan dan warna latar.
2. Logika fuzzy mampu menyesuaikan kecepatan *conveyor* secara adaptif. *Confidence* tinggi (>0,8) menghasilkan PWM >220, *confidence* sedang (0,4–0,6) menghasilkan PWM ≈130, dan *confidence* rendah (0) menghasilkan PWM minimum = 100.
3. Sistem memiliki *delay* rata-rata 123 ms, menunjukkan waktu tanggap yang cukup cepat antara proses deteksi, inferensi fuzzy, dan eksekusi aktuator.
4. Integrasi YOLOv8, Fuzzy, dan Arduino bekerja stabil dan responsif. Sistem berhasil melakukan deteksi, klasifikasi, dan penyesuaian kecepatan konveyor secara otomatis dan efisien.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

7. REFERENSI

- [1] I. P. Indah dan W. Wildian, "Prototipe Konveyor Sistem Pemisah Barang Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Sensor Load Cell," *J. Fis. Unand*, vol. 11, no. 2, hlm. 153–159, Apr 2022, doi: 10.25077/jfu.11.2.153-159.2022.
- [2] A. Syachri Ramdhan, "Rancang Bangun Prototipe Conveyor Pemilah Barang Berdasarkan Warna Berbasis Arduino," Tugas Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2022.
- [3] D. Triyanto, M. Zidan, M. Wahyudi, L. Pujiastuti, dan S. Sumanto, "Pengembangan Sistem Deteksi Objek Botol Real-Time dengan YOLOv8 untuk Aplikasi Vision," *Indones. J. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 1, hlm. 44–50, Apr 2024, doi: 10.31294/ijcs.v3i1.6070.
- [4] Parjono, "Sistem Pendukung Keputusan Penerimaan Karyawan Dengan Metode Fuzzy Mamdani Berbasis WEB (Studi Kasus Pada PT. Time Excelindo Yogyakarta)," *SAINTEK J. Sains Teknol.*, vol. 5, no. 2, 2021.
- [5] M. F. Baihaqi, "IMPLEMENTASI VOICE PROCESSING BERBASIS KONTROL PID

PADA SISTEM KONVEYOR OTOMATIS." 2025.

- [6] S. Rosita Dewi, "DEEP LEARNING OBJECT DETECTION PADA VIDEO MENGGUNAKAN TENSORFLOW DAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2018. [Daring]. Tersedia pada: https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/7762/14611242_Syarifah%20Rosita%20Dewi_Statistika.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [7] R. Akyas Hifdzi Rahman, A. Adi Sunarto, dan A. Asriyanik, "PENERAPAN YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO) V8 UNTUK DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN BUAH MANGGIS," *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 5, hlm. 10566–10571, Sep 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.10979.
- [8] R. Munir, "Pengantar Logika Fuzzy," *Teknik Informatika–STEI ITB*. 2012.
- [9] P. Handoko, "SISTEM KENDALI PERANGKAT ELEKTRONIKA MONOLITIK BERBASIS ARDUINO UNO R3," 2017.