

IMPLEMENTASI YOLO PADA ROBOT BERKAKI UNTUK MENDETEKSI OBJEK KORBAN 3D PRINT BERBENTUK MANUSIA

Muhammad Jalil¹, Anang Habibi², Oktriza Melfazen³

¹²³Universitas Islam Malang

22101053026@unisma.ac.id, ananghabibi@unisma.ac.id, oktrizamelfazen@unisma.ac.id

Abstract

Robots are a technology used to assist the victim identification process. This study aims to implement the You Only Look Once (YOLO) method on a legged robot to automatically detect 3D-printed human-shaped victim objects in various conditions, namely alive and dead, both standing and lying positions. Tests were conducted at a distance of 25 cm to 70 cm to evaluate the performance of the detection system and the robot's ability to approach objects. The results show that the detection system works quickly and stably with an average response time of 0.10–0.17 seconds. After detection, the robot is able to move closer to the victim automatically with an average time of 4.54–52.31 seconds, which is affected by distance. This study proves that the YOLO method is effective in supporting victim detection and approach in a legged robot system.

Keywords— YOLO, Legged Robot, Object Detection, Human-Shaped 3D Printed Victims.

Abstrak

Robot merupakan teknologi yang digunakan untuk membantu proses identifikasi korban. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode *You Only Look Once* (YOLO) pada robot berkaki guna mendeteksi objek korban 3d print berbentuk manusia secara otomatis dalam berbagai kondisi, yaitu hidup dan mati, baik posisi berdiri maupun berbaring. Pengujian dilakukan pada jarak 25 cm hingga 70 cm untuk mengevaluasi kinerja sistem deteksi dan kemampuan robot dalam mendekati objek. Hasil menunjukkan bahwa sistem deteksi bekerja cepat dan stabil dengan waktu respon rata-rata 0,10–0,17 detik. Setelah deteksi, robot mampu bergerak mendekati korban secara otomatis dengan waktu rata-rata 4,54–52,31 detik, yang dipengaruhi oleh jarak. Penelitian ini membuktikan bahwa metode YOLO efektif mendukung deteksi dan pendekatan korban pada sistem robot berkaki.

Kata Kunci— YOLO, Robot Berkaki, Deteksi Objek, Korban 3D Print Berbentuk Manusia.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia robotika saat ini menunjukkan kemajuan yang sangat pesat dan mendorong berbagai inovasi, termasuk pemanfaatan robot untuk membantu pencarian korban bencana. Robot dirancang agar mampu bergerak secara stabil dan terarah menuju lokasi korban tanpa melakukan evakuasi langsung, sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan efisiensi proses pencarian. Seiring perkembangan tersebut, robot berkaki dengan sistem penglihatan mulai banyak dikembangkan untuk mendukung tugas deteksi objek di lapangan.

Salah satu implementasi teknologi tersebut adalah penggunaan sistem penglihatan berbasis webcam dan metode YOLO untuk mendeteksi objek seperti manusia atau patung manusia. Robot merupakan sistem mekanik yang dapat bekerja secara otomatis maupun dikendalikan manusia melalui program atau kecerdasan buatan. Metode YOLO memungkinkan deteksi objek secara real-time berbasis CNN sehingga proses identifikasi

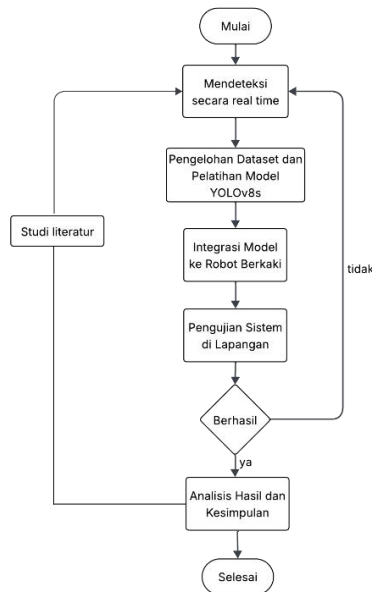
korban menjadi lebih cepat dan akurat, dan sering dibandingkan dengan metode lain seperti Haar Cascade yang lebih ringan namun kurang optimal untuk deteksi kompleks

Penggunaan webcam sebagai sensor visual memungkinkan pengambilan data citra secara kontinu untuk diproses dengan YOLO, sehingga meningkatkan kemampuan robot dalam mengenali korban manusia secara real-time. Integrasi ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas robot dalam proses pencarian dan evakuasi bencana.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian jenis ini termasuk dalam penelitian terapan, karena hasilnya diarahkan untuk penggunaan praktis dan pengujian sistem secara langsung di lapangan. Prosesnya melibatkan tahapan perancangan sistem, implementasi algoritma YOLO, integrasi dengan perangkat keras robot berkaki, serta pengujian performa sistem. Melalui uji coba ini, peneliti dapat menilai tingkat akurasi, kecepatan deteksi, dan efektivitas.



Gambar 1. Flowchart Alir Penelitian

Proses penelitian dimulai dari pendeteksian real-time, pengumpulan dan pengolahan dataset, serta pelatihan model YOLOv8s untuk meningkatkan akurasi deteksi korban manusia. Dataset diperoleh dari kamera robot di lingkungan nyata dalam bentuk citra digital (JPEG/PNG) yang kemudian digunakan sebagai dasar pelatihan model deteksi objek.

Model yang telah dilatih diintegrasikan ke dalam robot berkaki untuk mendukung deteksi otomatis di lapangan. Selanjutnya dilakukan pengujian sistem pada berbagai jarak dan posisi objek. Jika hasil belum optimal, dilakukan perbaikan pada tahap pelatihan atau integrasi. Hasil pengujian kemudian dianalisis berdasarkan kecepatan respon, akurasi, dan kestabilan sistem sebagai dasar kesimpulan dan pengembangan lanjutan.

B. ROS

Robot Operating System (ROS) merupakan perangkat lunak open source yang menyediakan berbagai tools dan library untuk pengembangan robot, mulai dari perancangan, simulasi, hingga pengendalian perilaku robot. Pada penelitian ini, ROS digunakan sebagai penghubung antara sistem deteksi objek berbasis YOLOv8 dengan sistem kontrol gerakan robot berkaki.[16]

C. YOLO

You Only Look Once (YOLO) adalah algoritma yang dikembangkan dari algoritma sebelumnya, yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN). Algoritma ini dirancang khusus untuk pengenalan objek secara *real-time*, dimana YOLO mampu memproses gambar dengan kecepatan 45 *frame per second* (FPS). Deteksi dilakukan dengan memanfaatkan *classifier* atau *localizer*

yang diadaptasi. Model diterapkan pada gambar di berbagai lokasi dan skala, dan area dengan skor tertinggi dianggap sebagai objek yang terdeteksi. [23]

Ultralytics mengembangkan YOLOv8, algoritma terbaru. YOLOv8 meningkatkan akurasi, efisiensi, dan kemudahan penggunaan. YOLOv8 hadir dalam beberapa varian untuk menyesuaikan kinerja dan kapasitas perangkat keras untuk memenuhi berbagai tugas visual komputer seperti deteksi objek, segmentasi, dan klasifikasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem deteksi korban manusia berbasis YOLO pada robot berkaki agar mampu bekerja secara optimal dan menghasilkan deteksi yang akurat. Pengujian dilakukan secara bertahap meliputi akuisisi citra menggunakan webcam, proses inferensi YOLO pada Jetson, hingga integrasi penuh sistem deteksi dengan robot berkaki.

1. Pengujian webcam untuk pembuatan dataset dan pelatihan model YOLOv8

Tahap pengujian ini bertujuan untuk menguji kinerja webcam sebagai perangkat akuisisi citra dalam menangkap video secara real-time guna mendukung proses deteksi objek korban manusia. Pengujian difokuskan pada kemampuan webcam menghasilkan citra yang jelas dan stabil, pengumpulan data visual, proses anotasi dataset, serta pelatihan model YOLOv8.

Data diperoleh melalui webcam dengan menangkap citra korban manusia dari berbagai posisi, sudut pandang, dan jarak untuk menghasilkan variasi dataset yang representatif. Citra yang mencakup posisi berdiri dan berbaring disimpan dalam format JPEG/PNG dan digunakan sebagai dataset untuk pelatihan serta pengujian model YOLOv8.



Gambar 2. Tampilan Deteksi Patung Manusia YOLOv8s posisi berdiri

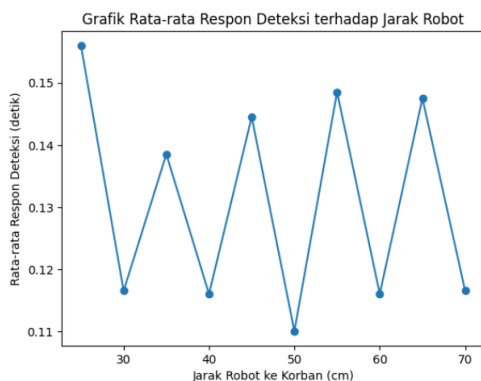


**Gambar 3. Tampilan Deteksi Patung Manusia
YOLOv8s posisi berbaring**

Hasil deteksi objek korban manusia secara real-time menggunakan webcam yang terpasang pada robot berkaki. Proses deteksi dimulai dari pengambilan citra oleh webcam, kemudian citra tersebut diproses oleh model YOLOv8 hingga menghasilkan kotak pembatas (*bounding box*) dan label pada objek korban manusia. Berdasarkan hasil pengujian, model mampu mendeteksi korban hidup pada posisi berdiri dengan nilai *confidence score* 95 dan pada posisi berbaring dengan nilai *confidence score* 80-91 dengan jarak 70cm antara robot dengan korban.

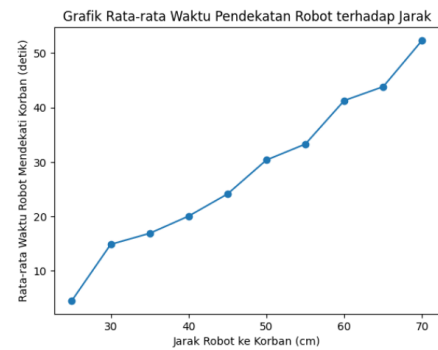
2. Pengujian Integrasi YOLOv8 Dengan Robot Berkaki untuk Merespon dan Mendekati Deteksi Korban Hidup pada Posisi Berdiri

Tahap ini dilakukan untuk memperoleh dataset citra korban hidup posisi berdiri menggunakan kamera pada robot berkaki sesuai kondisi nyata. Kecepatan respons diukur sebagai waktu yang dibutuhkan sistem YOLOv8 sejak citra diterima hingga hasil deteksi ditampilkan, dimana semakin kecil waktu respons maka semakin cepat sistem mendukung proses pencarian. Robot bergerak otomatis mendekati korban dengan kecepatan konstan 1,2 m/s untuk menjaga kestabilan dan akurasi pendekatan terhadap objek.



Gambar 4. Grafik rata-rata respon deteksi korban hidup berdiri

Berdasarkan grafik rata-rata respon deteksi korban hidup pada posisi berdiri, waktu respon deteksi berada pada kisaran 0,11–0,16 detik pada seluruh variasi jarak pengujian 25–70 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem deteksi pada robot mampu bekerja dengan cepat dan relatif stabil dalam mengenali objek korban manusia. Perbedaan jarak tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap waktu respon, terlihat dari nilai grafik yang hanya mengalami fluktuasi kecil. Respon tercepat terjadi pada jarak 50 cm sekitar 0,11 detik, sedangkan respon terlama terjadi pada jarak 25 cm sekitar 0,15 detik.

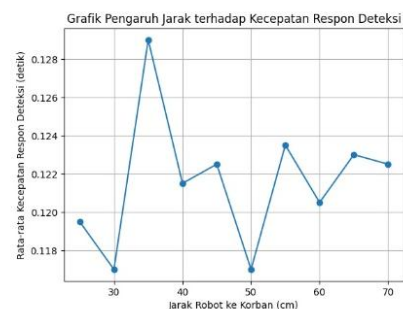


Gambar 5. Grafik rata-rata waktu robot mendekati korban hidup

Berdasarkan grafik rata-rata waktu robot mendekati korban hidup pada posisi berdiri, waktu yang dibutuhkan robot meningkat seiring bertambahnya jarak awal korban, dari sekitar ± 4 detik pada jarak 25 cm hingga ± 52 detik pada jarak 70 cm. Hal ini menunjukkan bahwa waktu pendekatan dipengaruhi oleh jarak tempuh robot dengan kecepatan konstan 1,2 m/s. Grafik respon deteksi dan waktu pendekatan merupakan hasil pengolahan data pengujian yang disajikan secara rinci pada Tabel 4.6–4.15 pada bagian lampiran.

3. Pengujian Integrasi YOLOv8 Dengan Robot Berkaki untuk Merespon Deteksi Korban Mati pada Posisi Berdiri

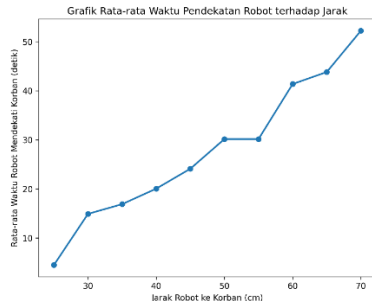
Integrasi YOLOv8 pada robot berkaki untuk mendeteksi korban mati posisi berdiri dilakukan melalui pemrosesan citra real-time. Kamera robot menghasilkan *bounding box*, label “korban mati”, dan nilai *confidence*. Parameter yang diuji adalah kecepatan respons deteksi dari citra diterima hingga hasil ditampilkan. Hasil menunjukkan YOLOv8 mampu mendeteksi secara cepat dan stabil sehingga mendukung kinerja sistem real-time.



Gambar 6. Grafik rata-rata respon deteksi korban mati berdiri

Berdasarkan grafik rata-rata respon deteksi korban mati pada posisi berdiri, waktu respon deteksi berada pada kisaran 0,12–0,13 detik pada seluruh variasi jarak pengujian 25–70 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem deteksi pada robot mampu bekerja dengan cepat dan

cukup stabil dalam mengenali objek korban manusia. Perubahan jarak tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap waktu respon, terlihat dari nilai grafik yang relatif konstan dengan sedikit fluktuasi, dimana respon tertinggi terjadi pada jarak 35 cm sekitar 0,13 detik, sedangkan pada jarak lainnya berada di sekitar 0,12 detik.

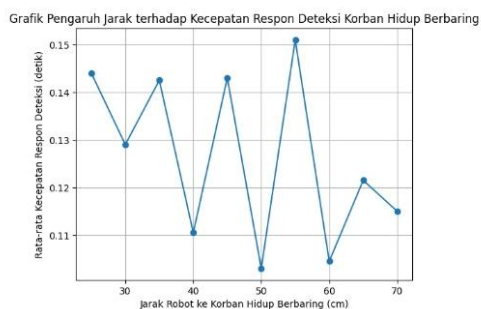


Gambar 7. Grafik rata-rata waktu robot mendekati korban mati berdiri

Berdasarkan grafik rata-rata waktu robot mendekati korban mati pada posisi berdiri, waktu yang dibutuhkan robot meningkat seiring bertambahnya jarak awal korban, dari sekitar ± 4 detik pada jarak 25 cm hingga ± 52 detik pada jarak 70 cm. Hal ini menunjukkan bahwa waktu pendekatan dipengaruhi oleh jarak tempuh robot dengan kecepatan konstan 1,2 m/s. Grafik respon deteksi dan waktu pendekatan merupakan hasil pengolahan data pengujian yang disajikan secara rinci pada Tabel 4.16–4.25 pada bagian lampiran.

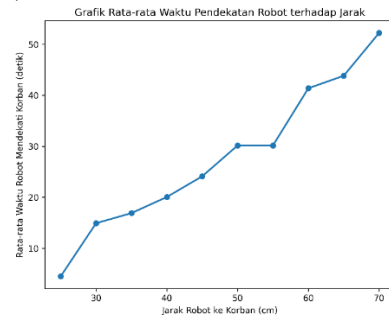
4. Integrasi YOLOv8 Dengan Robot Berkaki untuk Merespon Deteksi Korban Hidup pada Posisi Berbaring

Integrasi YOLOv8 pada robot berkaki untuk mendeteksi korban hidup posisi berbaring dilakukan melalui pemrosesan citra real-time. Kamera robot menghasilkan bounding box, label “korban hidup”, dan confidence. Parameter yang diuji adalah kecepatan respons deteksi dari citra masuk hingga hasil ditampilkan. Hasil menunjukkan YOLOv8 mampu mendeteksi secara cepat dan stabil sehingga mendukung kinerja sistem real-time.



Gambar 8. Grafik rata-rata respon deteksi korban hidup berbaring

Berdasarkan grafik rata-rata respon deteksi korban hidup pada posisi berbaring, waktu respon deteksi berada pada kisaran 0,10–0,15 detik pada seluruh variasi jarak pengujian 25–70 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem deteksi pada robot berkaki mampu mengenali korban hidup berbaring dengan cepat dan relatif stabil. Perubahan jarak tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap waktu respon, terlihat dari fluktuasi nilai yang kecil, dimana respon tercepat terjadi pada jarak 50 cm sekitar 0,10 detik dan respon terlama pada jarak 55 cm sekitar 0,15 detik.



Gambar 9. Grafik rata-rata waktu robot mendekati korban hidup berbaring

Grafik rata-rata waktu robot mendekati korban hidup berbaring menunjukkan bahwa waktu pendekatan meningkat seiring bertambahnya jarak awal antara robot dan korban. Dengan kecepatan robot 1,2 m/s, waktu tercepat tercatat sekitar ± 5 detik pada jarak 25 cm dan meningkat hingga sekitar ± 52 detik pada jarak 70 cm. Data rata-rata waktu pendekatan ini merupakan hasil pengolahan dari pengujian yang telah dilakukan, sedangkan data rinci disajikan pada Tabel 4.26 sampai Tabel 4.35 pada bagian lampiran.

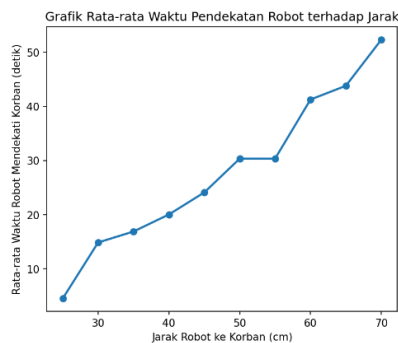
5. Integrasi YOLOv8 Dengan Robot Berkaki untuk Merespon Deteksi Korban Mati pada Posisi Berbaring

Integrasi YOLOv8 pada robot berkaki untuk mendeteksi korban mati posisi berbaring dilakukan melalui pengolahan citra real-time menggunakan kamera robot. Sistem menghasilkan bounding box, label “korban mati”, dan nilai confidence. Parameter yang diuji adalah kecepatan respons deteksi, yaitu waktu dari citra diterima hingga hasil ditampilkan. Hasil pengujian menunjukkan YOLOv8 mampu mendeteksi dengan cepat dan stabil sehingga mendukung identifikasi korban secara real-time.



Gambar 10. Grafik rata-rata respon deteksi korban mati berbaring

Berdasarkan grafik rata-rata respon deteksi terhadap jarak robot ke korban mati berbaring, waktu respon berada pada kisaran 0,10–0,13 detik pada seluruh variasi jarak 25–70 cm. Hal ini menunjukkan sistem deteksi pada robot berkaki mampu bekerja dengan cepat dan stabil tanpa dipengaruhi secara signifikan oleh perubahan jarak. Meskipun terdapat fluktuasi kecil, respon tercepat terjadi pada jarak sekitar 70 cm (~0,10 detik) dan terlama pada sekitar 65 cm (~0,13 detik), namun perbedaannya tidak signifikan secara keseluruhan.



Gambar 11. Grafik rata-rata waktu robot mendekati korban mati berbaring

Berdasarkan grafik rata-rata waktu pendekatan robot terhadap korban, terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan meningkat seiring bertambahnya jarak awal robot dengan korban. Pada jarak 25 cm robot membutuhkan sekitar ±4 detik, kemudian meningkat menjadi ±15 detik pada 30 cm, hingga mencapai sekitar ±52 detik pada jarak 70 cm. Grafik rata-rata respon deteksi korban mati berbaring ini merupakan hasil pengolahan data pengujian, dengan rincian data disajikan pada Tabel 4.36 sampai 4.45 di bagian lampiran.

6. Hasil Rata-Rata Respon Deteksi dan Waktu Robot Mendekati Pada Korban Manusia

Tabel 1.1 Hasil Rata-Rata Respon dan Waktu Robot Mendekati Deteksi Korban Hidup Berdiri

Jarak Robot ke Korban Hidup Berdiri	Rata-Rata Waktu Respon Deteksi	Rata-Rata Waktu Robot Mendekati Korban Hidup Berdiri
25cm	0,15s	04,54s

Jarak Robot ke Korban Hidup Berdiri	Rata-Rata Waktu Respon Deteksi	Rata-Rata Waktu Robot Mendekati Korban Hidup Berdiri
30cm	0,11s	14,83s
35cm	0,12s	16,90s
40cm	0,12s	20,06s
45cm	0,14s	24,17s
50cm	0,10s	30,21s
55cm	0,15s	33,38s
60cm	0,11s	41,42s
65cm	0,15s	43,71s
70cm	0,11s	52,31s
Rata-Rata Keseluruhan	1,26s	

Hasil pengujian korban hidup berdiri menunjukkan waktu respons deteksi 0,10–0,15 detik dengan rata-rata 0,13 detik pada jarak 25–70 cm, menandakan sistem YOLO cepat dan stabil tanpa pengaruh signifikan dari jarak. Sementara itu, waktu pendekatan robot meningkat seiring jarak, dari 4,54 detik pada 25 cm hingga 52,31 detik pada 70 cm akibat kecepatan robot yang konstan 1,2 m/s, sehingga jarak lebih jauh membutuhkan waktu tempuh lebih lama.

Tabel 1.2 Hasil Rata-Rata Respon dan Waktu Robot Mendekati Deteksi Korban Mati Berdiri

Jarak Robot ke Korban Mati Berdiri	Rata-Rata Waktu Respon Deteksi	Rata-Rata Waktu Robot Mendekati Korban Mati Berdiri
25cm	0,12s	04,57s
30cm	0,12s	14,73s
35cm	0,14s	16,60s
40cm	0,13s	20,30s
45cm	0,13s	24,20s
50cm	0,12s	30,45s
55cm	0,13s	33,67s
60cm	0,13s	41,78s
65cm	0,13s	43,87s
70cm	0,13s	52,87s
Rata-Rata Keseluruhan	1,28s	

Hasil pengujian korban mati berdiri menunjukkan waktu respon deteksi berada pada kisaran 0,12–0,14 detik dengan rata-rata sekitar 0,13 detik pada jarak 25–70 cm, yang menunjukkan bahwa sistem YOLO mampu melakukan deteksi dengan cepat dan stabil tanpa dipengaruhi secara signifikan oleh perubahan jarak. Sementara itu, waktu pendekatan robot meningkat seiring bertambahnya jarak, yaitu dari

04,57 detik pada 25 cm hingga 52,87 detik pada 70 cm, yang disebabkan oleh kecepatan robot yang konstan sebesar 1,2 m/s sehingga jarak yang lebih jauh membutuhkan waktu tempuh lebih lama.

Tabel 1.3 Hasil Rata-Rata Respon Deteksi dan Waktu Robot Mendekati Korban Hidup Berbaring

Jarak Robot ke Korban Hidup Berbaring	Rata-Rata Waktu Respon Deteksi	Rata-Rata Waktu Robot Mendekati Korban Hidup Berbaring
25cm	0,14s	05,90s
30cm	0,13s	15,89s
35cm	0,14s	16,98s
40cm	0,12s	20,87s
45cm	0,14s	24,50s
50cm	0,10s	30,45s
55cm	0,15s	33,55s
60cm	0,11s	41,68s
65cm	0,13s	43,83s
70cm	0,12s	52,43s
Rata-Rata Keseluruhan	1,28s	

Hasil pengujian korban hidup berbaring menunjukkan waktu respon deteksi berada pada kisaran 0,10–0,15 detik dengan rata-rata sekitar 0,13 detik pada jarak 25–70 cm, yang menandakan sistem YOLO mampu melakukan deteksi dengan cepat dan stabil tanpa dipengaruhi secara signifikan oleh perubahan jarak. Sementara itu, waktu pendekatan robot meningkat seiring bertambahnya jarak, yaitu dari 05,90 detik pada 25 cm hingga 52,43 detik pada 70 cm, yang disebabkan oleh kecepatan robot yang konstan sebesar 1,2 m/s sehingga semakin jauh jarak, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai objek.

Tabel 1.4 Hasil Rata-Rata Respon dan Waktu Robot Mendekati Deteksi Korban Mati Berbaring

Jarak Robot ke Korban Mati Berbaring	Rata-Rata Waktu Respon Deteksi	Rata-Rata Waktu Robot Mendekati Korban Mati Berbaring
25cm	0,13s	05,78s
30cm	0,11s	15,56s
35cm	0,13s	16,32s
40cm	0,11s	20,86s
45cm	0,12s	24,24s
50cm	0,10s	30,31s
55cm	0,12s	33,78s
60cm	0,10s	41,45s
65cm	0,13s	43,65s

Jarak Robot ke Korban Mati Berbaring	Rata-Rata Waktu Respon Deteksi	Rata-Rata Waktu Robot Mendekati Korban Mati Berbaring
70cm	0,10s	52,56s
Rata-Rata Keseluruhan	1,15s	

Hasil pengujian korban mati berbaring menunjukkan waktu respon deteksi berada pada kisaran 0,10–0,13 detik dengan rata-rata sekitar 0,12 detik pada jarak 25–70 cm, yang menandakan sistem YOLO mampu melakukan deteksi dengan cepat dan stabil tanpa dipengaruhi secara signifikan oleh perubahan jarak. Sementara itu, waktu pendekatan robot meningkat seiring bertambahnya jarak, yaitu dari 05,78 detik pada 25 cm hingga 52,56 detik pada 70 cm, yang disebabkan oleh kecepatan robot yang konstan sebesar 1,2 m/s sehingga semakin jauh jarak, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai objek.

Deteksi pada posisi berdiri cenderung memiliki nilai confidence lebih tinggi dibanding posisi berbaring karena bentuk tubuh lebih sesuai dengan pola visual yang dipelajari model. Meskipun posisi berbaring memiliki variasi orientasi yang lebih kompleks, sistem tetap mampu mendeteksi seluruh kategori korban dengan waktu respons yang cepat dan stabil. Robot juga dapat bergerak mendekati korban dengan kecepatan 1,2 m/s, dimana waktu pendekatan meningkat seiring bertambahnya jarak awal deteksi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan terhadap respon deteksi dan objek patung manusia menggunakan algoritma YOLOv8s pada robot berkaki, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem persepsi visual berbasis YOLOv8s berhasil diimplementasikan secara real-time pada robot berkaki. Hasil pengujian menunjukkan akurasi dan confidence di atas 90% pada korban hidup dan mati posisi berdiri, sedangkan pada posisi berbaring hanya sekitar 50%, sehingga performa deteksi lebih rendah pada kondisi tersebut.
2. Pengujian kecepatan respons deteksi dilakukan sebanyak 20 kali pada setiap kondisi: korban hidup berdiri, korban mati berdiri, korban hidup berbaring, dan korban mati berbaring. Hasil menunjukkan rata-rata waktu respons berada pada rentang 0,10–0,17 detik, yang menandakan sistem stabil dan konsisten dalam berbagai kondisi dan pose korban.

3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu pendekatan robot dipengaruhi oleh jarak awal deteksi, di mana semakin jauh jarak robot dengan korban maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mendekati objek. Pada seluruh kategori korban, waktu tercepat berada pada jarak 25 cm sekitar 04–05 detik, sedangkan waktu terlama pada 70 cm mencapai sekitar 52 detik. Hal ini menunjukkan bahwa waktu pendekatan robot bersifat proporsional terhadap jarak awal deteksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Subur, S. Suryadhi, and E. Arohman, "Penerapan Metode Fuzzy Logic-PID Sebagai Kontrol Gerak Robot Berkaki Enam (Hexapod)," *Proc. Ser. Phys. Form. Sci.*, vol. 6, pp. 98–108, 2023, doi: 10.30595/pspfs.v6i.858.
- [2] D. N. Nugroho and L. Anifah, "Perancangan Sistem Deteksi Objek Bola Dan Gawang Pada Robot Sepakbola Menggunakan Metode Darknet YOLO," 2023.
- [3] A. Taupiq, Y. Pratama, and M. I. Bustami, "Deteksi Objek Boneka Korban pada Kontes Robot SAR Indonesia Menggunakan ESP32-cam," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 6, no. 3, pp. 2073–2084, Dec. 2024, doi: 10.47065/bits.v6i3.5979.
- [4] A. N. Sugandi and B. Hartono, "Implementasi Pengolahan Citra pada Quadcopter untuk Deteksi Manusia Menggunakan Algoritma YOLO," *Pros. 13th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 13–14, 2022.
- [5] F. F. Sanubari and R. D. Puriyanto, "Deteksi Bola dan Gawang dengan Metode YOLO Menggunakan Kamera Omnidirectional pada Robot KRSBI-B," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 76–85, Aug. 2022, doi: 10.12928/biste.v4i2.6712.
- [6] R. Prathivi *et al.*, "Sistem presensi kelas menggunakan pengenalan wajah dengan metode haar cascade classifier," vol. 11, no. 1, pp. 135–142, 2020.
- [7] A. B. Pulungan and Z. Nafis, "Rancangan Alat Pendeteksi Benda dengan Berdasarkan Warna, Bentuk, dan Ukuran dengan Webcam," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 49–54, 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i1.111.
- [8] A. Prayoga, M. Jasa Afroni, A. Habibi, and U. I. Malang, "Deteksi Bola dan Lingkungannya Dengan Menggunakan Algoritma YOLO (You Only Look Once)," *Sci. ELECTRO*, vol. nn, No. nn, 2024.
- [9] A. F. I. Yanto, "YOLO-V8 PENINGKATAN ALGORITMA UNTUK DETEKSIPEMAKAIAN MASKER WAJAH," 2023.
- [10] M. A. Khunaifi, D. S. Pambudi, and A. Z. Arfianto, "Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Web Kamera pada Smart Autopilot Unmanned Ship Berbasis Web Real Time Communications (Web-RTC)," *Saintara J. Ilm. Ilmu-Ilmu Marit.*, vol. 6, no. 2, 2022.
- [11] Yusie Rizal and Ivan Maududy, "Kinerja Sensor untuk Mendukung Kontrol Stabilitas Pitch dan Roll pada Robot Berkaki Enam di Medan Miring," *Teknika*, vol. 19, no. 1, pp. 291–302, 2024.
- [12] H. B. Suryadipraja and J. Jamaaluddin, "Pengoptimalan Penggunaan Sensor Uvitron Pada Robot Berkaki Dalam Mendeteksi Keberadaan Titik Api Dengan Sebuah Lilin," *SinarFe7*, pp. 206–210, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal.fortei7.org/index.php/SinarFe7/article/view/41>
- [13] D. M. Putra, T. U. Kalsum, and A. Susanto, "Robot Berkaki Empat Pendeteksi Cahaya Dan Penghinder Rintangan Berbasis Arduino uno," *J. Media Infotama*, vol. 18, no. 2, pp. 360–366, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.unived.ac.id/index.php/jmi/article/view/2917>
- [14] S. S. Kotha *et al.*, "Next generation legged robot locomotion: A review on control techniques," *Heliyon*, vol. 10, no. 18, p. e37237, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e37237.
- [15] Y. Fan, Z. Pei, C. Wang, M. Li, Z. Tang, and Q. Liu, "A Review of Quadruped Robots: Structure, Control, and Autonomous Motion," *Adv. Intell. Syst.*, vol. 6, no. 6, 2024, doi: 10.1002/aisy.202300783.
- [16] R. B. Pratikto, E. Setiawan, and D. Syaury, "Rancang Bangun Simulasi Robot Beroda Untuk Pengiriman Barang Di Dalam Gedung Berbasis Metode Particle Filter," vol. 5, no. 6, pp. 2783–2791, 2021.
- [17] R. Pi, "Sistem pembersih," vol. 17, no. 1, pp. 125–133, 2026.
- [18] E. B. Harjono, P. Sarjana, and S. Ilmu, "Analisa Dan Implementasi Dalam Membangun Sistem Operasi Linux Menggunakan Metode LSF Dan REMASTER," vol. 1, pp. 30–35, 2019.
- [19] G. Taufiq *et al.*, "ANALISIS KINERJA MODEL YOLOV8 BERBASIS ROBOFLOW PADA DETEKSI SAMPAH PLASTIK NON-PLASTIK OTOMATIS," pp. 454–459, 2026.