

# Implementasi Yolo V8 pada Prototipe Autonomous Underwater Robot Berbasis Raspberry Pi 5 Guna Menanggulangi Pencemaran Sampah Plastik di Daerah Perairan

Jonathan Widodo Wiji Saputra<sup>1\*</sup>, Muhammad Allam Naufal<sup>2</sup>, Oditya Andalas Putra<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Negeri Malang, Indonesia

Email: jonathan.widodo.2309356@students.um.ac.id,

m.alam.2205366@students.um.ac.id, oditya.andalas.2105366@students.um.ac.id

## Abstrak

Pencemaran sampah plastik di lingkungan perairan menimbulkan ancaman serius bagi ekosistem laut dan kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe *Autonomous Underwater Robot* (AUR) berbasis Raspberry Pi 5 yang dilengkapi dengan algoritma YOLO V8 untuk deteksi dan klasifikasi sampah plastik secara real-time. AUR ini menggunakan sistem kontrol PID untuk stabilisasi gerakan dan navigasi yang presisi. Metodologi penelitian mencakup tiga tahap: analisis, desain, dan implementasi, dengan pendekatan Siklus Hidup Pengembangan Sistem (SDLC). Hasil menunjukkan bahwa YOLO V8 mencapai mAP deteksi objek sebesar 0,6772 pada ambang batas IoU 0,5, dengan akurasi deteksi sebesar 89,6%. Pengaturan PID yang optimal ( $K_p:K_i = 125:12:8$ ) menghasilkan akurasi pusat objek sebesar 96,4%, stabilitas orientasi 90,8%, dan waktu penyelesaian 2 detik. Temuan ini menunjukkan bahwa AUR efektif dalam menangani sampah plastik di perairan secara berkelanjutan, dengan implikasi bagi peningkatan solusi manajemen sampah di lingkungan laut.

**Kata Kunci:** Raspberry Pi 5, YOLO V8, Autonomous Underwater Robot, Sampah Plastik

## Abstract

*Plastic waste pollution in the aquatic environment poses a serious threat to marine ecosystems and human health. This research aims to develop a prototype of an Autonomous Underwater Robot (AUR) based on the Raspberry Pi 5 equipped with the YOLO V8 algorithm for real-time detection and classification of plastic waste. This AUR uses a PID control system for precise movement stabilization and navigation. The research methodology includes three stages: analysis, design, and implementation, with a System Development Lifecycle (SDLC) approach. The results show that YOLO V8 achieves an object detection mAP of 0.6772 at the IoU threshold of 0.5, with a detection accuracy of 89.6%. The optimal PID setting ( $K_p:K_i = 125:12:8$ ) results in an object center accuracy of 96.4%, orientation stability of 90.8%, and a completion time of 2 seconds. These findings show that AUR is effective in dealing with plastic waste in waters in a sustainable manner, with implications for improving waste management solutions in the marine environment.*

**Keywords:** Raspberry Pi 5, YOLO V8, Autonomous Underwater Robot, Plastic Waste

## Pendahuluan

Pencemaran air menjadi masalah serius di Indonesia sebagai negara dengan wilayah maritim yang sangat luas. Berdasarkan laporan Badan Pusat Statistik Republik Indonesia (BPS-RI) tahun 2023, seluas 3.110.000 km<sup>2</sup> merupakan wilayah Indonesia merupakan wilayah perairan (Si swoputro, Perwita, Suseto, & Prakoso, 2024). Namun, wilayah perairan di Indonesia memiliki permasalahan serius terkait pencemaran yang disebabkan oleh manusia dan umumnya terjadi di wilayah desa. Hal tersebut didukung oleh laporan Statistik Lingkungan Hidup Indonesia tahun 2023 yang menunjukkan bahwa sebanyak 10.638 desa yang tersebar di seluruh Indonesia memiliki air yang tercemar (Umniyyatin, 2023);(Hakim, 2019). Permasalahan tersebut merupakan hal serius yang dapat mempengaruhi kualitas Kesehatan masyarakat dalam jangka Panjang. Oleh karena itu, diperlukan solusi berupa teknologi robot *Autonomous Underwater Robot* (AUR) dalam menangani pencemaran air di Indonesia.

AUR merupakan robot bawah air yang dirancang untuk menjalankan berbagai misi di bawah air baik dalam deteksi, navigasi, dan menjalankan berbagai misi (Sánchez, Papaelias, & Márquez, 2020). Kemampuannya yang didukung oleh sensor dan aktuator membuat AUR berpotensi besar dalam mengatasi masalah pencemaran air di Indonesia. Namun, salah satu tantangan utama dalam penggunaan AUR adalah navigasi, terutama saat mendeteksi polutan (Yang, Utne, Liu, & Paltrinieri, 2020).

Permasalahan ini dapat menyebabkan robot menyimpang dari jalur yang telah ditentukan. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan pengembangan sistem navigasi yang lebih akurat dan efisien. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah dengan menggunakan algoritma object detection untuk mendeteksi polutan berdasarkan input dari kamera yang terpasang pada AUR. Oleh karena itu, algoritma object detection digunakan untuk mendeteksi polusi air berdasarkan input kamera.

*Algoritma Object Detection* memungkinkan AUR untuk mengenali dan merespons lingkungan bawah air dengan lebih efektif dan interaktif. Objek yang relevan dideteksi dan diekstraksi menggunakan pemodelan 3D untuk memahami struktur serta karakteristiknya (Rukhovich, Vorontsova, & Konushin, 2022);(Wasslaw, 2018). Salah satu algoritme pendeteksian yang sangat akurat adalah *You Only Look Once* (Yolo), terutama versi Yolo V8, yang menawarkan kinerja tinggi dalam deteksi gambar dengan kecepatan dan akurasi tinggi (Sahafi, Koulaouzidis, & Lalinia, 2024).

Sistem berbasis Yolo V8 ini cocok untuk digunakan dalam AUR untuk navigasi dan deteksi polusi. Dengan bantuan kecerdasan buatan dan data pelatihan yang ekstensif, Yolo V8 mampu mengenali objek dengan lebih baik. AUR menggunakan algoritme ini untuk navigasi, deteksi objek, serta identifikasi polusi, sambil mempertimbangkan faktor-faktor bawah air seperti pencahayaan dan distorsi optik. Inovasi ini meningkatkan akurasi dalam penanganan pencemaran air.

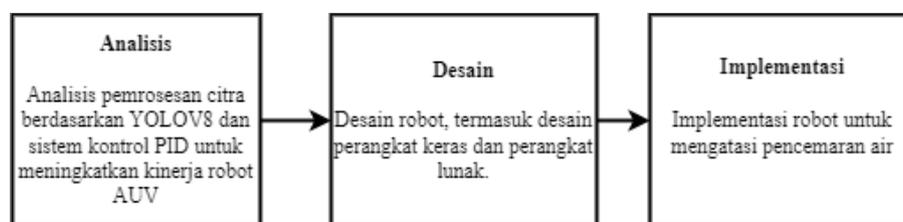
Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan prototipe *Autonomous Underwater Robot* (AUR) berbasis Raspberry Pi 5 dengan algoritma YOLO V8 yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan sampah plastik secara

## Implementasi Yolo V8 Pada Prototipe Autonomous Underwater Robot Berbasis Raspberry Pi 5 Guna Menanggulangi Pencemaran Sampah Plastik Di Daerah Perairan

real-time serta mempertahankan stabilitas navigasi melalui kontrol PID, untuk mengatasi pencemaran plastik di perairan. Tujuan penelitian ini adalah merancang AUR yang dapat secara efektif mendeteksi, mengidentifikasi, dan bergerak menuju sampah plastik dengan akurasi tinggi, sehingga dapat berkontribusi dalam upaya pengelolaan sampah plastik di laut. Manfaat penelitian ini adalah menyediakan solusi teknologi yang dapat membantu mengurangi dampak pencemaran plastik terhadap ekosistem laut dan kesehatan manusia, serta memberikan alternatif metode dalam pengelolaan sampah di perairan dengan pendekatan berkelanjutan.

### Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan dalam 3 tahap, yaitu analisis, desain, dan implementasi yang mengadopsi pendekatan Siklus Hidup Pengembangan Sistem Pakar (SDLC) sebagai acuan penelitian.



Gambar 1. Metode Penelitian

### Hasil dan Pembahasan

#### Analisis YOLO V8

Deteksi Yolo V8 memanfaatkan pengenalan warna berbasis gambar untuk memungkinkan robot menavigasi dan bergerak sesuai dengan misi yang telah ditentukan. Keunggulan Yolo V8 terletak pada kemampuannya mendeteksi objek dengan akurasi tinggi. Yolo V8 beroperasi berdasarkan *Generalized Intersection over Union (GIoU)*, sebuah metrik yang dikembangkan sebagai alternatif dari *Intersection over Union (IoU)* untuk mengevaluasi deteksi objek (Zhang & Zhang, 2024). IoU merepresentasikan seberapa banyak bounding boxes saling tumpang tindih dibagi dengan area gabungan mereka, di mana IoU akan bernilai 1 jika kotak tersebut *Area of Overlap* sempurna (Mohammed, Ab Razak, & Abd Rahman, 2022). IoU dianalisis berdasarkan *Area of Overlap dan Area of Union*:

$$IoU = \frac{\text{Area of Overlap (AO)}}{\text{Area of Union (AU)}} ;$$

Di mana AO merepresentasikan area deteksi di luar lembar data gambar dan AU merepresentasikan area aktual untuk deteksi sesuai dengan lembar data gambar. Namun, IoU tidak dapat secara efektif merepresentasikan prediksi. Oleh karena itu, GIoU diterapkan untuk meningkatkan akurasi prediksi menggunakan algoritma di mana inputnya adalah sekumpulan AO dan AU, yang mencerminkan tingkat akurasi deteksi. Berikut adalah rumus perhitungan untuk IoU dan GIoU:

$$IoU = \frac{|AO \cap AU|}{|AO \cup AU|};$$

$$GIoU = IoU - \frac{|C \setminus (AO \cap AU)|}{|C|};$$

Analisis Indeks GIoU C mewakili area terkecil yang mencakup AO dan AU dalam fase tertutup (Stodt, Reich, & Clarke, 2023). Setelah gambar menjadi GIoU yang terpadu, objek telah berhasil dideteksi. Selanjutnya, sistem memvalidasi presisi melalui average precision (AP) di bawah area kurva presisi-penarikan, yang dapat ditentukan melalui analisis berikut:

$$AP = \frac{TP}{TP+FP};$$

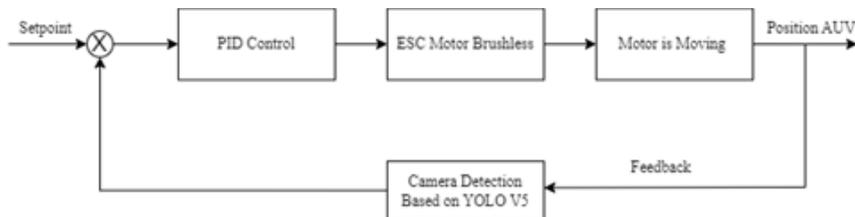
dengan recall:

$$recall = \frac{TP}{Total\ Ground\ Truth\ instances};$$

*Truth Positive* (TP) adalah benar jika IoU antara prediksi dan kebenaran dasar melebihi ambang batas, dan *False Positive* (FP) jika TP menemukan kondisi ini kurang dari prediksi atas kebenaran dasar melebihi ambang batas. Setelah AP dinilai dengan benar, rata-rata AP ditentukan untuk semua kelas objek (Tianjiao & Hong, 2020).

$$mAP = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^C AP(c);$$

### Analisis Sistem Kontrol PID untuk robot AUR



Gambar 2. Sistem Kontrol PID

Sistem kontrol Proporsional, Integral, dan Derivatif (PID) memiliki implementasi yang dapat beroperasi secara independen atau dalam kombinasi dengan menyesuaikan parameter P, I, atau D (Chaturvedi & Kumar, 2023). Kontrol P terjadi ketika  $G(s) = K_p$ , di mana K adalah konstanta,  $u = G(s) * e$  sehingga  $u = K_p * e$  dengan  $K_p$  sebagai konstanta Proporsional (Borase, Maghade, Sondkar, & Pawar, 2021).  $K_p$  adalah penguatan tanpa mempengaruhi dinamika kinerja pengontrol. Kontrol P memiliki keterbatasan dalam kontrol non-dinamis, tetapi dapat memberikan respons transien terutama dalam waktu naik dan waktu penyelesaian untuk memperkuat sinyal kesalahan ke titik referensi.

Selanjutnya adalah kontrol Integral di mana jika  $G(s)$  adalah kontrol integral, maka  $u$  dapat dinyatakan sebagai  $u(t) = [\int(t)dt] K_i$  dengan  $K_i$  sebagai konstanta Integral (Borase et al., 2021). Menurut persamaan ini,  $G(s)$  adalah  $u = K_d \cdot [\Delta e / \Delta t]$ . Jika  $e(T)$  mendekati konstanta (tidak nol),  $u(t)$  akan menjadi sangat besar, memperbaiki kesalahan. Sebaliknya, jika  $e(T)$  mendekati nol, efek kontrol integral menjadi lebih kecil. Kontrol integral dapat menghilangkan respons keadaan tunak, tetapi pemilihan  $K_i$  yang

## Implementasi Yolo V8 Pada Prototipe Autonomous Underwater Robot Berbasis Raspberry Pi 5 Guna Menanggulangi Pencemaran Sampah Plastik Di Daerah Perairan

tidak tepat dapat menyebabkan respons transien yang tinggi dan ketidakstabilan sistem.  $K_i$  yang terlalu tinggi dapat menyebabkan osilasi output.

Kontrol derivatif menghasilkan sinyal kontrol  $u$  yang dinyatakan sebagai  $G(s) = s.K_d$ , yang terkait dengan "kecepatan" atau laju kesalahan (Borase et al., 2021). Kontrol ini meningkatkan respons transien dengan memprediksi kesalahan di masa depan, tetapi tidak bereaksi terhadap kesalahan statis dan tidak dapat digunakan secara independen. Dalam perancangan robot AUR, setpoint PID adalah (target koordinat  $x$  kamera real-time), sehingga nilainya dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\text{Setpoint} = \text{Coordinate (X atau Y)}/2;$$

Sementara itu, konstanta proporsional berfungsi sebagai penguat sinyal kesalahan untuk mempercepat respons robot AUR, dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \text{error} \times K_p ;$$

Dalam kontrol integral, offset yang disebabkan oleh kontrol proporsional dapat dikurangi dengan menjumlahkan nilai error sebelumnya dengan nilai error berikutnya melalui persamaan sebagai berikut:

$$I = (\text{error} + \text{error sebelumnya}) \times K_i \times \Delta t;$$

Dengan mengintegrasikan error seiring waktu, komponen integral membantu menghilangkan error steady-state yang tidak dapat dihilangkan oleh kontrol proporsional saja. Selanjutnya, dalam kontrol derivatif, prediksi terhadap perubahan error di masa depan dilakukan dengan menghitung laju perubahan error tersebut. Hal ini meningkatkan stabilitas dan respons sistem kontrol terhadap perubahan mendadak. Komponen derivatif dinyatakan dengan persamaan:

$$D = (\text{error} - \text{error sebelumnya}) \times \frac{K_d}{\Delta t};$$

Oleh karena itu, kontrol PID dapat ditentukan melalui perhitungan akhir sebagai berikut:

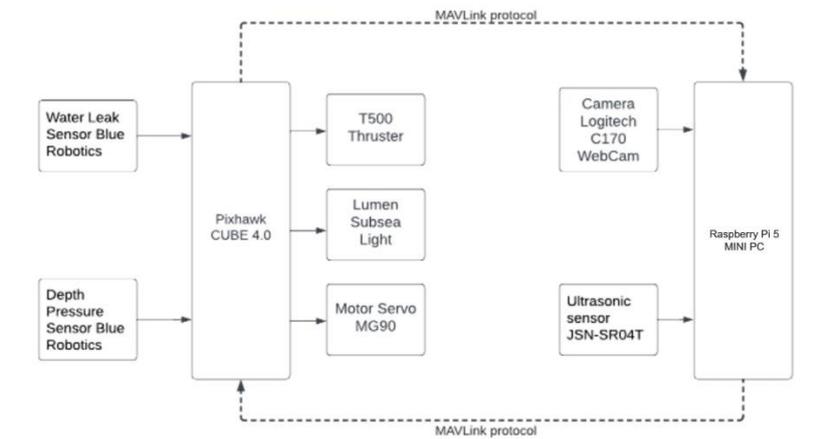
$$\text{PID} = P+I+D$$

### **Desain Sistem Perangkat Keras dan Perangkat Lunak**

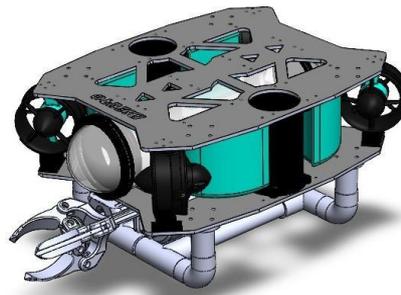
AUR dirancang khusus untuk beroperasi secara efisien di bawah permukaan air. Oleh karena itu, AUR ini menggabungkan sistem perangkat lunak dan perangkat keras. Di sisi perangkat keras, robot ini dibangun dengan rangka vektor yang menampung enam motor bawah air. Konfigurasi ini memberikan robot 6 *Degrees of Freedom* (DoF), yang meningkatkan akurasinya selama misi.

Selain itu, untuk meningkatkan fungsionalitasnya, AUR menggunakan sistem kontrol berbasis platform Raspberry Pi 5. Ini memungkinkan robot memanfaatkan deteksi

kamera, yang terintegrasi dengan Cube Orange, untuk menjaga stabilitas melalui sensor giroskop. Namun, konfigurasi ini memerlukan daya yang substansial, itulah sebabnya AUR dilengkapi dengan baterai Lithium Polymer (LiPo) 5000 mAh. Baterai ini dikonfigurasi secara paralel untuk memberikan kapasitas total 10.000 mAh, memastikan bahwa robot dapat beroperasi untuk jangka waktu yang lama.



Gambar 3. Diagram blok Hardware



Gambar 4. Desain 3D AUR



Gambar 5. Hasil Desain AUR

### Implementasi

AUR dirancang untuk memantau pencemaran air. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4 dan Gambar 5, robot ini memfasilitasi navigasi yang efisien di lingkungan akuatik untuk mengidentifikasi sumber pencemaran. Sistem navigasi ini mengintegrasikan deteksi kamera berbasis YOLO V8, yang memungkinkannya

Implementasi Yolo V8 Pada Prototipe Autonomous Underwater Robot Berbasis Raspberry Pi 5 Guna Menanggulangi Pencemaran Sampah Plastik Di Daerah Perairan mengenali berbagai jenis sampah di dalam air. Selain itu, kombinasi sistem kontrol PID meningkatkan kemampuan robot untuk bergerak lebih efektif dan efisien menuju tujuan yang ditargetkan. Dengan pengaturan ini, AUR dapat berperan penting dalam mengatasi pencemaran air, dengan tujuan mencapai lingkungan yang bebas sampah.

### Hasil Eksperimen YOLO V8



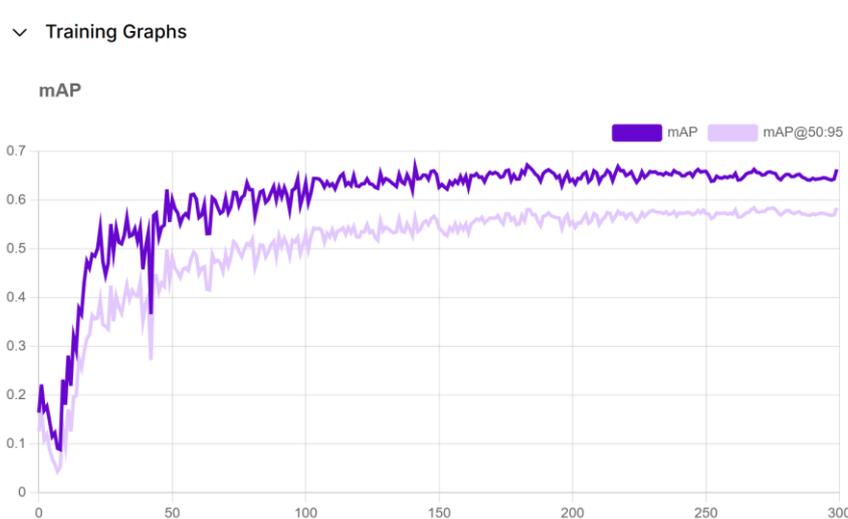
Gambar 6. Objek Deteksi pada Sandal

Sebelum mengimplementasikan model YoloV8 untuk deteksi sampah bawah air menggunakan kamera, perlu untuk mengumpulkan dataset item sampah yang dikategorikan sebagai kelas seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Kemudian, model tersebut dilatih agar AUR dapat mengklasifikasikan jenis-jenis sampah tersebut. Dari data pelatihan tersebut, pengukuran seperti AP, MAP, Precision, dan Recall diperoleh. Metrik-metrik ini memberikan indikasi seberapa baik model dapat mendeteksi objek dari berbagai kelas dengan akurasi yang tinggi.

**Tabel I. Hasil deteksi-kemudian-klasifikasi untuk dataset sampah**

Kelas	Jumlah Objek	Presisi Rata-rata
Plastik	1300	0,874
Gerbang	1000	0,862
Botol	900	0,794
Ban	500	0,763
Sepatu	500	0,721
Sandal	400	0,684
Daun	400	0,614
Kayu	300	0,532
Timah	300	0,512
Kain	300	0,453
mAP(0,5)		0,6772

mAP(0,5:0,95)	0,5568
Akurasi	89.6 %



Gambar 7. Grafik pengukuran mAP\_0.5 dan mAP\_0.5:0.95 pada dataset limbah

Berdasarkan hasil dari percobaan Tabel I dan Gambar 9, diperoleh mAP sebesar 0,6772 dengan IoU 0,5 dan akurasi pendeteksian objek sebesar 89,6%. Hasil ini mengategorikan deteksi cukup baik. Sistem Proportional-Derivative (PID) pada robot Autonomous Underwater Robot (AUR) bertujuan untuk menentukan pergerakan robot yang disesuaikan dengan pendeteksian objek berdasarkan YOLO V8. Sistem kontrol PID didukung oleh sensor giroskop pada Pixhawk Orange Cube sehingga robot dapat beradaptasi berdasarkan kesalahan posisi yang dihitung dari kecepatan motor.

Sistem kontrol PID beroperasi dengan menghitung kesalahan antara posisi awal dan pusat kotak pembatas yang dideteksi oleh YOLO V8, memandu robot menuju objek yang terdeteksi. Oleh karena itu, PID memungkinkan robot untuk secara otomatis menyesuaikan arahnya menuju koordinat kotak pembatas yang benar. Demikian pula, robot AUR menggunakan data real-time dari sensor giroskop untuk mengoreksi penyimpangan di jalur menuju pusat kotak pembatas. Uji coba robot AUR ditentukan berdasarkan nilai Kp, Ki, dan Kd untuk memastikan akurasi pusat kotak pembatas, stabilitas orientasi, dan waktu penyelesaian.

**Tabel 2. Perbandingan Kp, Ki, dan Kd untuk AUR**

Nilai PID	Perfom	Tes 1	Tes 2	Tes 3	Tes 4	Tes 5	avr
Kp: 50 Ki: 5 Kd: 0.5	Akurasi Pusat Kotak Batas (%)	85	87	88	83	84	85.4

Implementasi Yolo V8 Pada Prototipe Autonomous Underwater Robot Berbasis Raspberry Pi 5 Guna Menanggulangi Pencemaran Sampah Plastik Di Daerah Perairan

	Stabilitas Orientasi (%)	81	80	79	82	75	79.4
	Waktu Penyelesaian (s)	5	4	5	5	5	4.8
Kp: 100 Ki: 5 Kd: 2	Akurasi Pusat Kotak Batas (%)	90	91	94	89	93	91.4
	Stabilitas Orientasi (%)	89	90	88	91	90	89.6
	Waktu Penyelesaian	4	3	3	4	3	3.4
Kp: 125 Ki: 12 Kd: 8	Akurasi Pusat Kotak Batas (%)	96	97	95	98	96	96.4
	Stabilitas Orientasi (%)	90	92	91	90	91	90.8
	Waktu Penyelesaian	2	2	2	2	2	2

Berdasarkan hasil pengujian PID pada robot, data menunjukkan bahwa pada kondisi Kp:Ki:Kd dengan nilai 50:5:0.5 menghasilkan Center of Bounding Box Accuracy sebesar 85.4%, Orientation Stability sebesar 79.4%, dengan alokasi waktu 4.8 detik. Selanjutnya, pada kondisi Kp:Ki:Kd dengan nilai 100:5:2 menghasilkan Akurasi Center of Bounding Box sebesar 91,4, Stabilitas Orientasi sebesar 89,6, dengan alokasi waktu 3,4 detik. Kondisi ini menunjukkan bahwa alokasi pusat pada objek relatif ditentukan berdasarkan waktu yang ditetapkan oleh PID, yang mempengaruhi kinerja robot. Oleh karena itu, peningkatan nilai PID pada kondisi Kp:Ki:Kd menjadi 125:12:8 menghasilkan Akurasi Center of Bounding Box sebesar 96,4% stabilitas orientasi sebesar 90,8% dengan alokasi waktu 2 detik, sehingga meningkatkan performa kestabilan robot.

### Kesimpulan

Prototipe AUR beroperasi menggunakan hasil deteksi dari mAP yang dikombinasikan dengan kontrol PID. Penelitian ini mengategorikan objek ke dalam kelas seperti plastik, botol, sandal, kaleng, kayu, ban, daun, sepatu, dan kain, dengan

jumlah objek yang bervariasi antara 300 hingga 1300. Temuan menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya jumlah objek, rata-rata presisi yang dicapai juga meningkat dengan tingkat kepercayaan yang tinggi.

Berdasarkan deteksi ini, sistem kontrol PID menyempurnakan akurasi pusat bounding box, stabilitas orientasi, dan waktu penyelesaian. Informasi ini membantu robot menentukan gerakannya menuju target dengan membandingkan nilai kesalahan terhadap nilai yang diinginkan. Hasil menunjukkan bahwa dengan pengaturan PID Kp:Ki:Kd sebesar 50:5:0,5, robot mencapai Akurasi Pusat Bounding Box sebesar 85,4 dan Stabilitas Orientasi sebesar 79,4 dalam waktu 4,8 detik. Ketika pengaturan PID disesuaikan menjadi 100:5:2, nilai-nilai ini meningkat menjadi 91,4 dan 89,6, dengan waktu alokasi 3,4 detik. Ini menunjukkan bahwa peningkatan parameter PID meningkatkan kinerja robot, yang ditandai dengan waktu alokasi yang lebih cepat dan stabilitas yang lebih baik. Dengan pengaturan PID 125:12:8, Akurasi Pusat Bounding Box mencapai 96,4 dan Stabilitas Orientasi mencapai 90,8 dalam waktu hanya 2 detik, yang menghasilkan kinerja robot yang lebih stabil.

## BIBLIOGRAFI

- Borase, Rakesh P., Maghade, D. K., Sondkar, S. Y., & Pawar, S. N. (2021). A review of PID control, tuning methods and applications. *International Journal of Dynamics and Control*, 9, 818–827. <https://doi.org/10.1007/S40435-020-00665-4>
- Chaturvedi, Snigdha, & Kumar, Narendra. (2023). Design and implementation of an optimized PID controller for the adaptive cruise control system. *IETE Journal of Research*, 69(10), 7084–7091. <https://doi.org/10.1080/03772063.2021.2012282>
- Hakim, Muhammad Zulfan. (2019). Pengelolaan dan pengendalian sampah plastik berwawasan lingkungan. *Amanna Gappa*, 111–121.
- Mohammed, Sazan, Ab Razak, Mohd Zuhakimi, & Abd Rahman, Abdul Hadi. (2022). An Efficient Intersection Over Union Loss Function for 3D Object Detection. *2022 Iraqi International Conference on Communication and Information Technologies (IICCIT)*, 38–43. IEEE.
- Rukhovich, Danila, Vorontsova, Anna, & Konushin, Anton. (2022). Imvoxelnet: Image to voxels projection for monocular and multi-view general-purpose 3d object detection. *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision*, 2397–2406.
- Sahafi, Ali, Koulaouzidis, Anastasios, & Lalinia, Mehrshad. (2024). Polypoid lesion segmentation using YOLO-V8 network in wireless video capsule endoscopy images. *Diagnostics*, 14(5), 474. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14050474>
- Sánchez, Pedro José Bernalte, Papealias, Mayorkinos, & Márquez, Fausto Pedro García. (2020). Autonomous underwater vehicles: Instrumentation and measurements. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 23(2), 105–114. <https://doi.org/10.1109/MIM.2020.9062680>
- Siswoputro, Suspada, Perwita, Anak Agung Banju, Suseto, Budi, & Prakoso, Lukman Yudho. (2024). The World's Maritime Axis, A Critical Analysis. *Formosa Journal of Science and Technology*, 3(3), 447–460. <https://doi.org/10.55927/fjst.v3i3.7655>
- Stodt, Jan, Reich, Christoph, & Clarke, Nathan. (2023). Unified intersection over union for explainable artificial intelligence. *Proceedings of SAI Intelligent Systems Conference*, 758–770. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-47724-9\\_50](https://doi.org/10.1007/978-3-031-47724-9_50)

Implementasi Yolo V8 Pada Prototipe Autonomous Underwater Robot Berbasis Raspberry Pi 5 Guna Menanggulangi Pencemaran Sampah Plastik Di Daerah Perairan

- Tianjiao, Liang, & Hong, Bao. (2020). A optimized YOLO method for object detection. *2020 16th International Conference on Computational Intelligence and Security (CIS)*, 30–34. IEEE.
- Umniyyatin, Alfi. (2023). *ANALISIS KESESUAIAN PRASARANA PERMUKIMAN SEKITAR INDUSTRI PUNG TAPIOKA DIDUKUH MOJOSEMI (STUDI KASUS: DESA MOJOAGUNG, KECAMATAN TRANGKIL, KABUPATEN PATI)*. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Wasslaw, Manna. (2018). *Sistem Pengelolaan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Blang Bintang sebagai Referensi Matakuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan*. UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Wijaya, Krishna Aji, & Setyawan Purnama, Ig L. (2018). Kajian Kerentanan Airtanah Terhadap Potensi Pencemaran di Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul. *Jurnal Bumi Indonesia*, 7(1), 1–10.
- Yang, Ruochen, Utne, I., Liu, Yiliu, & Paltrinieri, Nicola. (2020). Dynamic risk analysis of operation of the autonomous underwater vehicle (AUV). *The 30th European Safety and Reliability Conference and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management*. [https://doi.org/10.3850/978-981-14-8593-0\\_4118-cd](https://doi.org/10.3850/978-981-14-8593-0_4118-cd)
- Zhang, Hao, & Zhang, Shuaijie. (2024). Focaler-IoU: More Focused Intersection over Union Loss. *ArXiv Preprint ArXiv:2401.10525*.

---

**Copyright holder:**

Jonathan Widodo Wiji Saputra, Muhammad Allam Naufal, Oditya Andalas Putra  
(2024)

**First publication right:**

Syntax Admiration

**This article is licensed under:**

