Desain dan Implementasi Prototipe Robot Pembersih Sampah di Sungai Berbasis Raspberry Pi 4 Model B

Hartanto Dwi Cahyadi[1], Ricky Maulana Fajri[2], Candra Setiawan[3], Muhammad Rizki Akbar Deazwara[4]

[1,2,3,4]*Program Studi Sistem Komputer, Universitas Indo Global Mandiri*
JL. Jenderal Sudirman No. 62.9 Palembang, 30129, Sumatera Selatan
2023310026p@students.uigm.ac.id[1], rickymaulanafajri@uigm.ac.id[2], candra@uigm.ac.id[3], 2023310027p@students.uigm.ac.id[4]

Abstrak

Sungai Musi menghadapi ancaman polusi plastik yang serius, yang merusak ekosistem dan memicu banjir akibat penyumbatan aliran air. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe robot pembersih sampah semi-otomatis menggunakan Raspberry Pi 4 Model B sebagai pusat kendali. Sistem ini mengintegrasikan visi komputer menggunakan algoritma YOLO (You Only Look Once) untuk deteksi sampah plastik secara real-time. Robot dirancang dengan struktur katamaran menggunakan material styrofoam dan triplek untuk stabilitas maksimal di atas air. Metodologi penelitian mencakup perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak berbasis Python, dan pengujian lapangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi botol plastik dengan tingkat kepercayaan hingga 87% pada jarak 100 cm, sementara pengujian jarak optimal untuk stabilitas deteksi berada pada rentang 30–90 cm. Meskipun terdapat kendala mekanis pada sinkronisasi motor, prototipe ini membuktikan efektivitas penggunaan Raspberry Pi dan AI dalam upaya pelestarian lingkungan sungai secara semi-otomatis.

Kata Kunci: Sungai Musi, sampah plastik, robot pembersih, Raspberry Pi, YOLO, visi komputer.

Abstract

The Musi River faces a serious threat from plastic pollution, which degrades the ecosystem and contributes to flooding due to obstruction of water flow. This study aims to design a prototype of an semi-autonomous waste-cleaning robot using the Raspberry Pi 4 Model B as the main control unit. The system integrates computer vision technology employing the YOLO (You Only Look Once) algorithm for real-time plastic waste detection. The robot is designed with a catamaran structure constructed from styrofoam and plywood to ensure maximum stability on the water surface. The research methodology includes hardware design, Python-based software development, and field testing. Experimental results indicate that the system is capable of detecting plastic bottles with a confidence level of up to 87% at a distance of 100 cm, while the optimal detection stability is achieved within a range of 30–90 cm. Although mechanical issues related to motor synchronization were encountered, the prototype demonstrates the effectiveness of utilizing Raspberry Pi and artificial intelligence for semi-automated river environmental conservation.

***Keywords**: Musi River, plastic waste, cleaning robot, Raspberry Pi, YOLO, computer vision.*

I. PENDAHULUAN

Seperti banyak badan air di seluruh dunia, Sungai Musi telah menghadapi masalah polusi yang signifikan, terutama karena pembuangan limbah oleh masyarakat sekitar. Sungai Musi menghadapi peningkatan polusi akibat pengelolaan limbah yang tidak efektif, yang berdampak negatif pada kesehatan masyarakat dan ekosistem. Seperti yang didokumentasikan oleh Nuraini, implikasi langsung dari pembuangan limbah di sungai termasuk degradasi kualitas air, yang dapat membahayakan kehidupan akuatik dan mengganggu keseimbangan alami yang diperlukan untuk ekosistem yang sehat[1]. Sebagian besar pencemaran di Sungai Musi disebabkan oleh sampah plastik, yang telah menjadi masalah lingkungan global. Plastik membutuhkan waktu yang sangat lama untuk terurai, yang

menyebabkan bahaya lingkungan jangka panjang, termasuk toksisitas yang berdampak terhadap habitat organisme akuatik[2]. Sampah plastik di Sungai Musi juga berkontribusi terhadap banjir saat musim hujan. Sampah yang menyumbat saluran air menghambat aliran sungai, menyebabkan luapan dan banjir di wilayah sekitarnya. Fenomena serupa telah terjadi di Jakarta, di mana pencemaran oleh sampah menjadi salah satu penyebab utama banjir[3].

Alat robotik seperti perahu pengumpul sampah untuk mengumpulkan sampah plastik adalah kemajuan besar dalam teknologi pembersihan sungai. Perahu-perahu ini mengumpulkan sampah yang mengambang dari permukaan air, mengatasi salah satu masalah utama polusi plastik di sungai. Sebuah studi menjelaskan bagaimana Pengumpul Sampah Perahu RC ini dapat membantu mengurangi keberadaan sampah yang tidak dapat terurai secara hayati dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan[4].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan robot pembersih sampah sungai, seperti kapal pengumpul sampah berbasis kendali jarak jauh yang masih memerlukan operator manusia [4]. Selain itu, kapal skimmer berskala besar juga telah dikembangkan dengan fokus utama pada desain mekanik dan efisiensi energi[5]. Namun demikian, sistem-sistem tersebut umumnya belum mengintegrasikan visi komputer berbasis kecerdasan buatan untuk mendeteksi sampah plastik secara real-time pada platform embedded berbiaya rendah, sehingga sistem belum sepenuhnya bersifat autonomous[6].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan prototipe robot pembersih sampah di permukaan sungai berbasis sistem semi-autonomous, dengan memanfaatkan Raspberry Pi 4 Model B sebagai pusat kendali serta visi komputer berbasis AI untuk mendukung proses deteksi sampah secara real-time.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Sampah Plastik

Plastik merupakan bahan yang berasal dari zat aditif yang bersifat ringan, kuat, dan tahan lama. Plastik memiliki kandungan bahan yang beracun serta zat aditif yang dapat larut ke dalam air dan dapat mempengaruhi organisme atau biota di dalamnya[2]. Penumpukan plastik juga dapat menyumbat aliran air sungai sehingga menimbulkan resiko terjadinya banjir.

II.2. Robot Pembersih Sampah di Sungai

Robot kapal pembersih sampah di sungai, atau lebih dikenal sebagai "*trash skimmer boat*", adalah inovasi teknologi yang dirancang untuk mengatasi masalah pencemaran sampah, khususnya plastik, di badan air seperti sungai. Kapal ini berfungsi untuk secara otomatis mengumpulkan, menyaring, dan mengangkut sampah dari permukaan air tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung. Desain kapal semacam ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam pembersihan sungai dan menjaga kesehatan ekosistem perairan

II.3. Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi merupakan komputer mini berukuran kecil yang banyak digunakan sebagai pusat kendali pada sistem embedded dan robotika. Raspberry Pi 4 Model B memiliki kemampuan pemrosesan data yang lebih tinggi dibandingkan generasi sebelumnya serta dilengkapi pin *General Purpose* Input/Output (GPIO) yang memungkinkan integrasi dengan berbagai sensor dan aktuator yang digunakan dalam penelitian ini[7].

Dengan dukungan sistem operasi berbasis Linux, konsumsi daya yang relatif rendah, prosesor quad-core 64-bit, serta memori hingga 4 GB, perangkat ini mampu menjalankan pemrosesan data dan inferensi model kecerdasan buatan secara real-time. Selain itu, Raspberry Pi 4 Model B mendukung konektivitas nirkabel dan kabel serta menyediakan antarmuka input/output seperti USB dan Ethernet untuk integrasi kamera, motor controller, dan sensor pendukung lainnya dalam sistem robot pembersih sampah[7].

II.4. Logitech C270

Logitech C270 merupakan webcam beresolusi HD yang umum digunakan untuk perekaman dasar pada komputer. Kamera ini mampu menghasilkan video 1280 × 720 piksel pada 30 fps dan menggunakan antarmuka USB 2.0 yang bersifat *plug-and-play*, sehingga mudah diintegrasikan dengan Raspberry Pi tanpa konfigurasi tambahan. Kamera ini memiliki sudut pandang sekitar 55–60 derajat serta menggunakan mekanisme *fixed focus*, sehingga jarak fokusnya bersifat tetap selama penggunaan[8].

Dengan spesifikasi tersebut, Logitech C270 mampu menghasilkan aliran citra yang stabil untuk deteksi objek menggunakan algoritma YOLO. Resolusi 720p dinilai cukup untuk mengenali objek berukuran sedang pada jarak dekat, sementara frame rate 30 fps memungkinkan pengambilan gambar secara kontinu tanpa jeda yang signifikan.

II.5. Motor Brushless

Motor Brushless Direct Current (BLDC) merupakan tipe motor DC yang tidak menggunakan sikat. Motor ini memiliki efisiensi lebih tinggi, menghasilkan suara putaran yang lebih rendah, lebih ekonomis, serta mampu berputar pada kecepatan

tinggi karena tidak ada gesekan dari komponen sikat[9].

II.6. Electronic Speed Control (ESC)

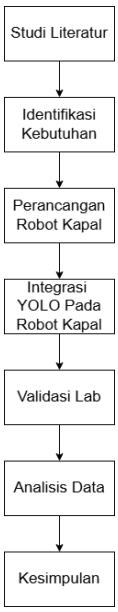
Elektronik Speed Controller (ESC) adalah sebuah modul elektronika yang berfungsi sebagai sistem minimum untuk mengatur suplai arus listrik ke motor. Modul ini dirancang untuk mengontrol kecepatan putaran motor dengan mengubah jumlah arus yang diberikan, sehingga motor dapat beroperasi sesuai dengan perintah atau kebutuhan sistem yang mengaturnya. Karena memungkinkan kontrol kecepatan yang efisien dan presisi, ESC sangat penting untuk aplikasi *motor brushless*[9].

II.7. Deteksi Objek Menggunakan YOLO

You Only Look Once (YOLO) adalah sebuah algoritma yang dikembangkan untuk mendeteksi sebuah objek secara *real-time*. Sistem pendeteksian yang dilakukan adalah dengan menggunakan *repurpose classifier* atau *localizer* untuk melakukan deteksi. Sebuah model diterapkan pada sebuah citra di beberapa lokasi dan skala. Daerah dengan citra yang diberi score paling tinggi akan dianggap sebagai sebuah pendeteksian[10].

III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Tahapan Penelitian



Gambar III. 1 Flowchart Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang disusun secara berurutan untuk mendukung proses perancangan dan pengujian robot pembersih sampah. Tahapan diawali dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teori dan referensi yang relevan. Hasil studi literatur digunakan dalam identifikasi kebutuhan sistem, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak.

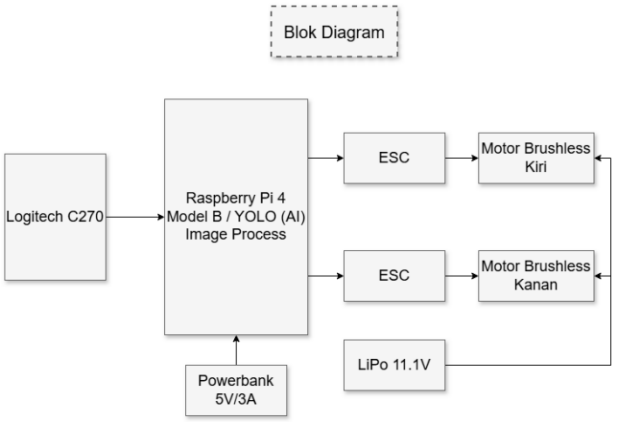
Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, yang menjadi dasar pelaksanaan implementasi perangkat keras dan implementasi perangkat lunak. Setelah sistem terpasang, dilakukan kalibrasi kamera dan sistem deteksi untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan rancangan. Pengujian awal dilakukan melalui validasi laboratorium, kemudian dilanjutkan dengan uji lapangan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi pengujian yang lebih mendekati lingkungan sebenarnya.

III.2. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dengan pendekatan rekayasa (engineering design). Pendekatan ini digunakan untuk merancang, membangun, dan menguji prototipe robot pembersih sampah di permukaan sungai berbasis sistem semi-autonomous. Proses penelitian difokuskan pada integrasi antara sistem mekanik, sistem elektronik, dan perangkat lunak berbasis AI untuk mendukung fungsi deteksi sampah plastik secara real-time. Desain penelitian mencakup tahapan perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian kinerja sistem. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan deteksi objek menggunakan algoritma YOLO serta performa operasional robot dalam kondisi pengujian lapangan terbatas.

III.3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini bertujuan menggambarkan arsitektur dan alur kerja robot pembersih sampah secara umum sebelum dijelaskan lebih rinci pada bagian selanjutnya. Sistem mengintegrasikan kamera sebagai input visual, unit pemrosesan, dan aktuator dalam satu kesatuan yang saling terhubung untuk mendukung deteksi dan pergerakan robot di permukaan air. Diagram blok sistem robot pembersih sampah ditunjukkan pada Gambar III.1.



Gambar III. 2 Diagram Blok Sistem

Pada sistem ini, kamera Logitech C270 digunakan sebagai sensor visual untuk menangkap citra objek di permukaan sungai. Citra yang diperoleh kemudian dikirimkan ke Raspberry Pi 4 Model B sebagai pusat kendali utama. Raspberry Pi memproses data citra tersebut menggunakan algoritma deteksi objek berbasis YOLO untuk mengidentifikasi keberadaan sampah plastik secara real-time.

Hasil deteksi objek digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem kendali robot. Informasi hasil deteksi selanjutnya dikirimkan ke ESC untuk mengatur kecepatan motor DC yang menggerakkan robot di permukaan air. Mekanisme ini memungkinkan robot untuk bergerak mendekati objek sampah yang terdeteksi secara semi-autonomous, di mana pergerakan robot dipicu oleh hasil deteksi visual dari kamera.

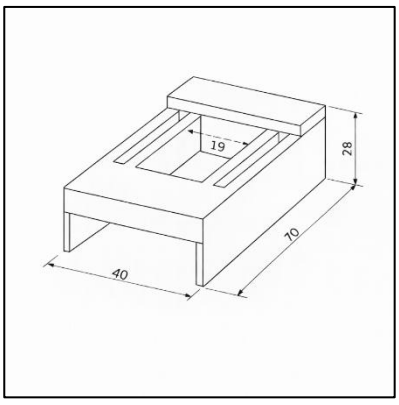
Seluruh komponen sistem memperoleh suplai daya dari baterai sebagai sumber energi utama, sehingga robot dapat beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada sumber daya eksternal selama proses pengujian.

III.4. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik pada penelitian ini difokuskan pada desain struktur fisik robot kapal pembersih sampah yang beroperasi di permukaan sungai. Desain bertujuan menghasilkan kapal yang stabil, mampu menopang seluruh komponen, serta mendukung pergerakan robot selama proses pendeteksian sampah.

Struktur body robot menggunakan konfigurasi katamaran dengan dua lambung sejajar untuk meningkatkan kestabilan. Material yang digunakan adalah styrofoam sebagai pelampung dan triplek sebagai rangka penopang karena bobotnya ringan dan mudah dirakit.

Dimensi body kapal dirancang untuk menampung komponen utama seperti Raspberry Pi 4 Model B, kamera, motor DC, dan baterai. Dimensi keseluruhan robot ditunjukkan pada Gambar III.2 sebagai acuan pembuatan dan perakitan struktur mekanik.



Gambar III. 3 Dimensi dan tampilan desain robot kapal pembersih sampah

Penempatan komponen dilakukan secara terpusat untuk menjaga keseimbangan dan stabilitas robot selama beroperasi. Dengan perancangan mekanik tersebut, struktur robot kapal diharapkan mampu mendukung kinerja sistem secara optimal dan menjadi dasar bagi integrasi sistem elektronik serta perangkat lunak.

III.5. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada penelitian ini difokuskan pada pemilihan dan integrasi komponen elektronik yang digunakan dalam sistem robot pembersih sampah di permukaan sungai. Perangkat keras dirancang untuk mendukung proses pengambilan data visual, pemrosesan data, serta pengendalian aktuator secara terintegrasi.

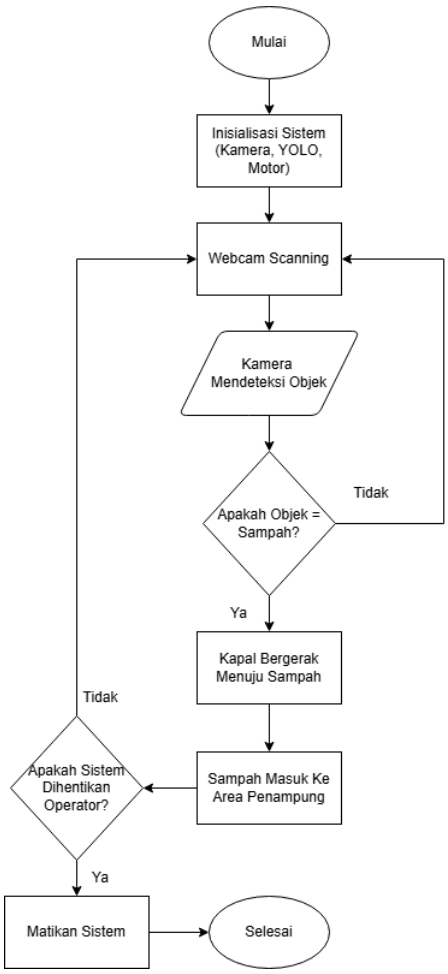
Raspberry Pi 4 Model B digunakan sebagai pusat kendali utama sistem. Perangkat ini berfungsi untuk memproses data citra dari kamera dan menjalankan algoritma deteksi objek berbasis visi komputer. Pada penelitian ini, sistem deteksi difokuskan pada sampah plastik sebagai objek uji untuk menyederhanakan proses pelatihan model dan evaluasi kinerja sistem. Secara konseptual, sistem ini dapat dikembangkan untuk mendeteksi jenis sampah lainnya dengan menambahkan dataset dan melakukan pelatihan ulang model.

Sebagai input visual, kamera USB digunakan untuk menangkap citra objek di permukaan air dan mengirimkannya ke unit pemrosesan secara real-time. Sistem aktuator terdiri dari motor penggerak yang dikendalikan menggunakan Electronic Speed Controller (ESC) untuk mengatur kecepatan pergerakan robot. Sinyal kendali dari Raspberry Pi dikirimkan ke ESC dalam bentuk sinyal PWM sesuai dengan hasil pemrosesan data citra. Seluruh komponen elektronik disuplai oleh baterai sebagai sumber daya utama, sehingga robot dapat beroperasi secara mandiri selama proses pengujian.

Dengan integrasi perangkat keras tersebut, robot pembersih sampah ini diharapkan mampu mendukung kinerja sistem secara andal serta menjadi dasar bagi pengembangan sistem deteksi dan kendali yang lebih kompleks di masa mendatang.

III.6. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan sistem deteksi objek berbasis visi komputer dengan sistem kendali gerak robot pembersih sampah. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dan dijalankan pada Raspberry Pi 4 Model B sebagai pusat kendali utama sistem.



Gambar III. 4 Flowchart Sistem

Alur kerja perangkat lunak diawali dengan proses inisialisasi sistem, yang meliputi inisialisasi kamera sebagai sensor visual, pemuatan model deteksi objek YOLO, serta konfigurasi modul kendali motor. Setelah proses inisialisasi selesai, sistem masuk ke tahap webcam scanning, yaitu proses pengambilan citra permukaan air secara kontinu dan real-time.

Citra yang diperoleh dari kamera kemudian diproses pada tahap deteksi objek menggunakan model YOLO. Hasil deteksi digunakan untuk menentukan apakah objek yang teridentifikasi termasuk kategori sampah. Apabila objek yang terdeteksi bukan merupakan sampah, sistem tidak melakukan pergerakan dan kembali melakukan proses *webcam scanning*. Sebaliknya, apabila objek terdeteksi sebagai sampah, sistem akan mengaktifkan pergerakan kapal untuk mendekati objek tersebut.

Pergerakan kapal menuju objek sampah dilakukan selama **±3 detik**, sebelum sistem menghentikan pergerakan dan kembali ke proses *scanning*. Setelah objek sampah masuk ke area penampung, sistem kembali melakukan proses pemindaian. Robot dirancang untuk beroperasi secara *semi-autonomous*, di mana proses deteksi dan pergerakan dilakukan secara otomatis, sedangkan penghentian sistem dilakukan oleh operator melalui perintah dari PC.

Pada tahap kendali motor, Raspberry Pi mengirimkan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) ke *Electronic Speed Controller* (ESC) untuk menggerakkan robot, sementara mekanisme pasif digunakan untuk mengarahkan sampah masuk ke area penampung.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Hasil Pengujian Sistem Deteksi Sampah

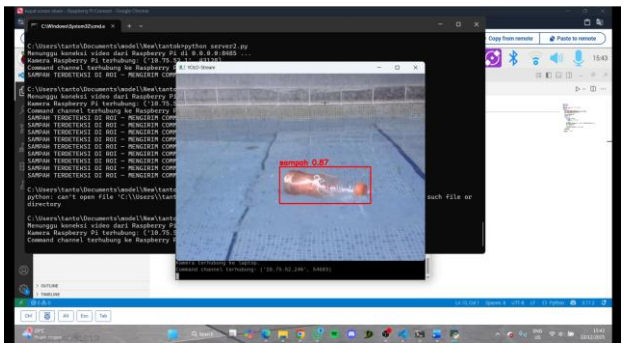
Pengujian deteksi dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi sampah plastik di permukaan air. Objek uji yang digunakan berupa botol plastik dan kantong plastik, sedangkan daun digunakan sebagai objek pembanding non-sampah. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi jarak dengan kondisi robot dalam keadaan diam.

Hasil pengujian deteksi sampah botol plastik pada berbagai jarak ditunjukkan pada **Tabel IV.1**. Dari hasil tersebut, botol plastik dapat terdeteksi dengan nilai confidence tertinggi sebesar 87% pada jarak 100 cm. Namun, deteksi paling stabil terjadi pada jarak 30–90 cm, di mana bounding box dan nilai confidence relatif konsisten.

Tabel IV. 1 Pengujian Deteksi Sampah Botol

Jarak (cm)	Confidence (%)	Keterangan
30	40	Stabil
50	67	Stabil
70	74	Stabil
90	82	Stabil
110	40	Tidak Stabil
120	-	Tidak Terdeteksi

Pada jarak di bawah 30 cm, objek tidak selalu terdeteksi dengan baik karena keterbatasan sudut pandang kamera. Sementara itu, pada jarak di atas 90 cm nilai confidence cenderung menurun. Tampilan deteksi sampah botol dapat dilihat pada Gambar IV.1.



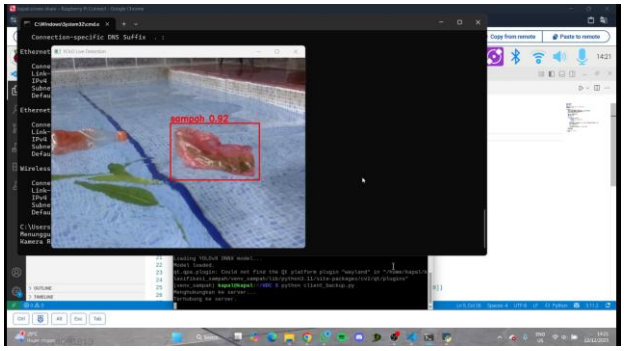
Gambar IV. 1 Deteksi Sampah Botol Plastik

Untuk kantong plastik, hasil deteksi lebih rendah dibandingkan botol plastik. Nilai confidence tertinggi yang diperoleh sebesar 71% pada jarak 70 cm. Hal ini dipengaruhi oleh bentuk kantong plastik yang mudah berubah dan memiliki kontras rendah terhadap permukaan air.

Tabel IV. 2 Pengujian Deteksi Sampah Kantong Plastik

Jarak (cm)	Confidence (%)	Keterangan
40	42	Stabil
60	62	Stabil
70	71	Stabil
80	41	Tidak Stabil
100	-	Tidak Terdeteksi

Data menunjukkan bahwa jarak optimal kamera untuk mengenali objek kantong plastik dengan pasti adalah 40 hingga 70 cm. Dibawah 40 cm, objek terlalu besar dan sulit difokuskan, sementara di atas 80 cm, detail objek menghilang sehingga nilai *confidence* menurun.



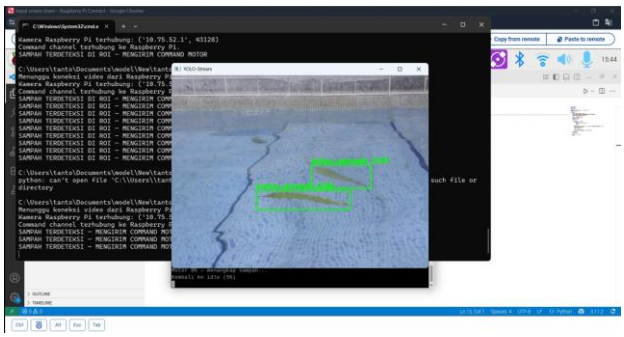
Gambar IV. 2 Deteksi Sampah Kantong Plastik

Pada pengujian deteksi daun, hasil deteksinya merupakan yang paling tinggi dibanding deteksi pada botol plastik dan kantong plastik. Tingginya konsistensi dan luasnya jangkauan deteksi menguatkan bahwa daun sangat mudah dikenali oleh sistem meskipun berada dalam kategori "Bukan Sampah".

Tabel IV. 3 Deteksi Bukan Sampah Daun

Jarak (cm)	Confidence (%)	Keterangan
30	65	Stabil
40	91	Stabil
60	79	Stabil
100	75	Stabil
120	54	Tidak Stabil
130	-	Tidak Terdeteksi

Data menunjukkan bahwa objek non-target berupa daun terdeteksi secara konsisten pada jarak 30–120 cm, dengan batas kemampuan deteksi berada di antara 120 cm dan 130 cm. Nilai confidence tertinggi diperoleh pada jarak 40 cm sebesar 91%, menunjukkan bahwa daun merupakan objek yang jelas bagi model. Deteksi berlangsung stabil pada jarak 30–100 cm, namun mulai tidak stabil pada jarak 110 cm dan 120 cm dengan penurunan confidence hingga 54%.



Gambar IV. 3 Deteksi Bukan Sampah Daun

Dari hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan objek "Sampah" dan "Bukan Sampah" dengan baik.

IV.2. Hasil Pengujian Gerak dan Kendali Robot

Pengujian pergerakan robot dilakukan untuk melihat respons motor terhadap sinyal Pulse Width Modulation (PWM) yang dikirimkan dari Raspberry Pi ke Electronic Speed Controller (ESC). Pengujian ini bertujuan menentukan rentang PWM yang menghasilkan pergerakan stabil.

Tabel IV. 4 Pengujian Gerak Motor

Throttle	Nilai PWM	Gerakan	Keterangan
5.0	1000 µs	Diam	Nilai Minimum ESC
6.0	1200 µs	Lambat	Kecepatan Stabil
7.0	1400 µs	Cepat	Kecepatan Stabil
8.0	1600 µs	Sangat Cepat	Kecepatan Tidak Stabil

Hasil pengujian pada Tabel IV.4 menunjukkan bahwa motor berada dalam kondisi diam pada sinyal 1000 µs. Pada kisaran PWM 1200–1400 µs, motor menghasilkan dorongan yang stabil tanpa mengganggu keseimbangan kapal. Namun, pada nilai PWM sekitar 1600 µs, dorongan meningkat signifikan sehingga menyebabkan bagian belakang kapal mulai tidak stabil dan terangkat.

Selama pengujian juga ditemukan bahwa kapal cenderung bergerak condong ke arah kanan. Kondisi ini disebabkan oleh perbedaan respons antara motor

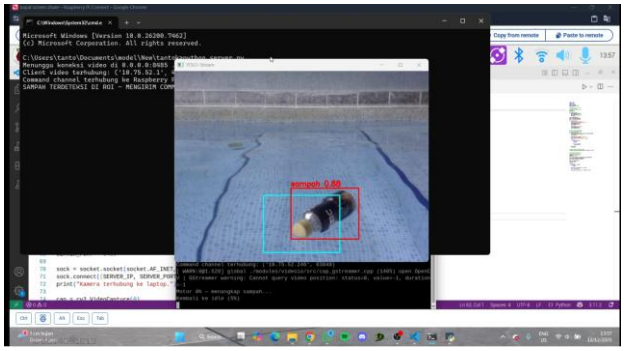
kiri dan kanan. Meskipun demikian, robot tetap dapat bergerak dan menjalankan fungsinya. Kondisi robot saat pengujian pergerakan di permukaan air ditunjukkan pada **Gambar IV.4**.



Gambar IV. 4 Gerak Kapal Condong ke Kanan

IV.3. Hasil Pengujian Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk melihat integrasi antara sistem deteksi dan sistem pergerakan robot. Pada pengujian ini diterapkan Region of Interest (ROI) untuk membatasi area deteksi agar sesuai dengan arah gerak robot.



Gambar IV. 5 Deteksi Sampah Menggunakan ROI

Penerapan ROI pada sistem deteksi ditunjukkan pada **Gambar IV.5**. Objek yang berada di luar ROI tidak memicu pergerakan robot, sedangkan objek sampah yang berada di dalam ROI akan menyebabkan robot bergerak maju.



Gambar IV. 6 Sampah Berhasil Masuk

Hasil pengujian menunjukkan bahwa botol plastik dapat diarahkan masuk ke area penampung dengan cukup baik. Untuk kantong plastik, hasilnya kurang konsisten karena objek mudah berpindah dan arah pergerakan kapal tidak selalu lurus. Ringkasan hasil pengujian integrasi sistem ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel IV. 5 Status Deteksi dan Gerak

No	Objek	Deteksi	ROI	Gerak
1	Botol Plastik	Ya	Ya	Ya
2	Kantong Plastik	Ya	Ya	Ya
3	Kantong Plastik Bergerak	Ya	Tidak	Tidak
4	Daun	Tidak	Tidak	Tidak

Tabel IV. 6 Hasil Pengumpulan

No	Objek	Terkumpul	Status
1	Botol Plastik	Ya	Berhasil
2	Kantong Plastik	Ya	Cukup
3	Kantong Plastik Bergerak	Tidak	Gagal
4	Daun	Tidak	Bukan Sampah

IV.4. Pembahasan

Pengujian menunjukkan bahwa kinerja sistem masih dipengaruhi oleh keterbatasan daya komputasi Raspberry Pi 4 Model B, yang menyebabkan kecepatan pemrosesan relatif rendah. Selain itu, deteksi dibatasi pada jenis sampah plastik, sehingga performa sistem terhadap jenis sampah lain belum dapat dievaluasi. Dari sisi mekanik, arah pergerakan kapal tidak selalu lurus akibat perbedaan respons motor, yang mempengaruhi konsistensi pengumpulan sampah, khususnya pada objek ringan seperti kantong plastik.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa prototipe robot pembersih sampah berbasis Raspberry Pi 4 Model B dapat dirancang dan diimplementasikan dengan mengintegrasikan sistem mekanik, elektronik, dan perangkat lunak dalam satu kesatuan sistem. Sistem deteksi objek berbasis YOLO mampu mendeteksi sampah plastik yang telah ditentukan dan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan pergerakan robot tanpa intervensi manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi pada lingkungan perairan tenang dan menjalankan fungsi dasar pembersihan sampah secara semi-autonomous.

Namun, kinerja sistem masih dipengaruhi oleh keterbatasan daya komputasi, kestabilan arah gerak kapal, serta karakteristik objek sampah yang ringan, seperti kantong plastik. Keterbatasan tersebut menunjukkan bahwa sistem masih berada pada tahap prototipe dan memerlukan pengembangan lebih

lanjut, baik dari sisi mekanik, metode deteksi, maupun dukungan perangkat keras, untuk meningkatkan akurasi dan keandalan sistem. Meskipun demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar awal dalam pengembangan sistem robot pembersih sampah berbasis visi komputer untuk aplikasi perairan skala kecil.

REFERENSI

[1] N. Nuraini, "Analisis Efektivitas Pemerintah Desa Terhadap Permasalahan Pembuangan Sampah di Sungai," *Cendib*, 2023, doi: 10.59996/cendib.v1i1.287.

[2] I. Faqih, C. R. Achmad, dan T. A. Anggi Pratiwi, "Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik Air Kawasan Kanal Mangetan, Anak Sungai Brantas Kabupaten Sidoarjo," *Epj*, 2022, doi: 10.58954/epj.v1i3.70.

[3] C. I. Aji dan H. Hasanudin, "Desain Kapal Pengangkut Dan Pemilah Sampah Untuk Operasional Di Hilir Sungai Ciliwung, DKI Jakarta," *Jurnal Teknik Its*, 2022, doi: 10.12962/j23373539.v11i3.88755.

[4] Moch. R. Kasful Aditya, P. Muzdalifah, D. A. Rahman, H. T. Saputra, Y. A. Pratama, dan R. E. Rachmanita, "RC Boat Trash Collector Berbasis Solar Cell Sebagai Solusi Pembersihan Sampah Anorganik Pada Permukaan Air Sungai," *Armatur Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 2024, doi: 10.24127/armatur.v5i1.4875.

[5] W. Setiawan, A. I. Wulandari, dan M. R. Renaldy, "Perancangan Trash Skimmer Boat Pada Sungai Karang Mumus Kota Samarinda," *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 2022, doi: 10.25042/jpe.112021.06.

[6] N. Hanif, N. ; Mohammad, dan N. Mubin, "Implementasi Robot Ranger River Pembersih Sampah Sungai Berbasis Iot Dan Renewable Energy," 2024. Diakses: 19 Juni 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://eprints.ums.ac.id/126246/

[7] F. Budi Setiawan *dkk.*, "CYCLOTRON : Jurnal Teknik Elektro Penerapan PI Cam Menggunakan Program Berbasis Raspberry PI 4," 2022, Diakses: 16 Juni 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://journal.um-surabaya.ac.id/cyclotron/article/view/12503

[8] Logitech Inc., "Logitech HD Webcam C270 Technical Specifications," Logitech Support. Diakses: 11 Desember 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://support.logi.com/hc/en-us/articles/360023462093-Logitech-HD-Webcam-C270-Technical-Specifications

[9] A. Isrofi, S. N. Utama, dan O. V. Putra, "Rancang Bangun Robot Pemotong Rumput Otomatis Menggunakan Wireless Kontroler Modul Esp32-Cam Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Jurnal Teknoinfo*, vol. 15, no. 1, hlm. 45, Jan 2021, doi: 10.33365/jti.v15i1.675.

[10] C. Evita, R. Alfita, H. Haryanto, R. Vivin Nahari, M. Ulum, dan M. Pramudia, "Rancang Bangun Timbangan Buah Digital Menggunakan Metode YOLO," *Jurnal FORTECH*, vol. 3, no. 1, hlm. 34–42, Sep 2022, doi: 10.56795/fortech.v3i1.105.