

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Sungai sering menjadi salah satu lokasi pembuangan limbah, baik dalam bentuk padat maupun cair, yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia. Limbah domestik, limbah industri kecil, limbah peternakan, limbah perbengkelan, hingga limbah garmen, seringkali berakhir di sungai karena dianggap praktis dan murah (Bahtiar dkk., 2022; Rino dkk., 2022; Rosnawati dkk., 2018). Kurangnya kesadaran masyarakat dalam mengelola sampah menjadi salah satu penyebab utama pencemaran sungai, sehingga kebiasaan membuang sampah yang berlangsung ke sungai telah menjadi praktik sehari-hari (Arni, 2022; Putri dkk., 2023). Kebiasaan membuang sampah sembarangan sudah dianggap wajar oleh orang yang bermukim di sekitar sungai (Nggilu dkk., 2022). Badan Pusat Statistik (2023) menegaskan juga bahwa distribusi pencemaran sungai di Indonesia pada tahun 2021 terdiri atas 36,56% akibat limbah pabrik, 54,99% berasal dari limbah rumah tangga, dan 8,46% sisanya dari limbah lainnya. Kondisi ini menggambarkan bagaimana limbah, termasuk plastik, menjadi salah satu penyebab utama pencemaran sungai di Indonesia.

Pencemaran lingkungan akibat sampah plastik adalah masalah yang mendesak dan memerlukan perhatian serius yang berkelanjutan. Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN), timbulan sampah di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 69,9 ton, dimana 18,71% merupakan sampah plastik (ppid.menlhk.go.id, 2024). Hal ini menempatkan Indonesia sebagai negara penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia (Rahma dkk., 2024). Permasalahan ini tidak hanya menjadi tantangan nasional, tetapi juga menjadi isu internasional (Kahfi, 2017). Pembuangan sampah plastik yang tidak pada tempatnya semakin memperburuk kondisi ini, menjadikannya sebagai permasalahan nasional yang perlu segera diatasi dan segera diselesaikan (Bahri, 2022; Husnalia dkk., 2023).

Sampah plastik yang mencemari lingkungan, terutama sungai, memiliki dampak jangka panjang terhadap kesehatan manusia, ekosistem perairan, dan

makhluk hidup di dalamnya (Aqilla dkk., 2023). Sampah plastik yang tidak dikelola dengan baik akan menumpuk, dan dalam jumlah yang banyak akan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan, seperti pencemaran air, hingga dapat menimbulkan banjir (Khairiyati dkk., 2022; Radjak & Hatu, 2023; Saila dkk., 2024). Jenis sampah plastik yang sering ditemukan di antaranya botol minuman, kantong plastik, kemasan makanan, sedotan, gelas plastik, bungkus deterjen, dsb (Decy A., 2022). Sampah plastik sangat berbahaya bagi lingkungan karena sulit terurai secara alami oleh bakteri, sehingga membutuhkan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk benar-benar hancur (Soedjarwanto, 2023). Walaupun plastik dapat hancur secara perlahan, namun hanya akan terurai menjadi partikel-partikel kecil yang disebut mikroplastik (Pratiwi dkk., 2024). Mikroplastik berukuran sangat kecil dapat dengan mudah dikonsumsi oleh makhluk hidup, yang beresiko memberikan dampak negatif jika terkonsumsi dan terakumulasi dalam tubuh manusia (Faujiah & Wahyuni, 2022).

Padahal sungai memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan manusia dan menjaga keseimbangan lingkungan. Sungai berperan sebagai penyedia air bersih, pengendali banjir, serta menjadi tempat beragam spesies makhluk hidup (Tuzzaman, A. A., dkk, 2025). Namun, seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia, kondisi kebersihan sungai semakin memprihatinkan akibat pencemaran dari berbagai sumber. Sampah plastik khususnya yang terbawa ke sungai tidak hanya mencemari air dan merusak ekosistem, tetapi juga berpotensi mengganggu kesehatan manusia dan hewan yang bergantung pada sumber air tersebut. Sebagian besar masyarakat masih membuang sampah plastik di bantaran sungai tanpa memandang dampaknya (Benani, N. B. & Sudarti, 2022). Kondisi ini mencerminkan rendahnya kesadaran akan pentingnya menjaga kebersihan sungai dan minimnya pengelolaan sampah yang efektif.

Sebagai respon terhadap permasalahan pencemaran sampah plastik di sungai, diperlukan upaya untuk mengatasi masalah tersebut melalui analisis sebaran, jenis, dan jumlah sampah plastik yang ditemukan di sungai. Untuk

memahami kondisi pencemaran sungai tersebut, diperlukan pendekatan berbasis data yang akurat. Tingkat pencemaran suatu sungai dapat dilihat dan diukur berdasarkan jumlah sampah yang terdapat didalamnya (Hutabarat & Kurniawan, 2024). Dengan memperoleh informasi mendasar mengenai kebersihan sungai, seperti sebaran, jenis, dan jumlah sampah yang berada di dalamnya, pihak terkait dapat mengambil langkah-langkah penanganan yang lebih tepat sasaran dan efektif.

Informasi tersebut dapat diperoleh dengan memanfaatkan pengolahan citra digital, yang memungkinkan komputer mengenali sampah berdasarkan karakteristik visualnya, sehingga proses analisis menjadi lebih cepat, efisien, dan akurat (Setyawan & Kristian, 2020). *Object detection* merupakan satu metode unggulan dalam pengolahan citra digital, karena tidak hanya mampu mengidentifikasi jenis objek di dalam gambar, tetapi dapat menentukan juga lokasi objek spesifik dalam suatu gambar (Alfarizi dkk., 2023). Dalam konteks deteksi sampah di sungai, *object detection* dapat digunakan untuk mendeteksi bahkan mengklasifikasi berbagai jenis sampah plastik seperti kantong plastik, botol plastik, kemasan plastik, gelas plastik dan styrofoam, serta menentukan lokasinya dalam suatu gambar. Algoritma seperti *You Only Look Once* (YOLO) telah banyak digunakan dalam *object detection* karena kecepatan yang tinggi dan kemampuan dalam mendeteksi berbagai objek dalam satu proses sekaligus (Khairunisa dkk., 2024; L. Rahma dkk., 2021).

Berbagai penelitian telah dilakukan menggunakan berbagai versi YOLO untuk mendeteksi sampah di sungai. Codes-Alcaraz dkk. (2024) dalam penelitiannya, menggunakan algoritma YOLOv5s dengan dataset sebanyak 477 gambar benda plastik yang mengapung. Dataset ini dikategorikan ke dalam beberapa jenis, seperti botol plastik, drum pertanian, botol deterjen, botol pemutih, dan bola. Hasil penelitian menunjukkan nilai mAP sebesar 96,9% dengan kecepatan deteksi 81,7ms. Selain itu, Kirana & Kurnianingtyas (2024) membandingkan performa YOLOv6 dan YOLOv7 dalam mendeteksi sampah botol di permukaan air. Dataset yang digunakan mencakup 500.000 objek botol dalam 2.000 gambar. YOLOv6 menunjukkan performa yang lebih baik

dibandingkan YOLOv7 dengan mAP sebesar 0,873 dibandingkan 0,512, serta kecepatan inferensi mencapai 237fps dibandingkan 72fps. Sementara itu, Hutabarat & Kurniawan (2024) mengaplikasikan YOLOv8 untuk mendeteksi sampah yang mengapung di permukaan Sungai Ciliwung. Penelitian ini menggunakan 574 dataset training yang dilabeli dengan kategori “waste”, dan menghasilkan *precision* sebesar 84,02%, *recall* sebesar 91,03%, *accuracy* sebesar 77,6%, serta *F1-score* sebesar 87,38%.

Dari penelitian yang telah dilakukan, terbukti bahwa YOLO mampu mendeteksi sampah di permukaan sungai dengan hasil yang baik. Hal ini menunjukkan potensi besar algoritma YOLO dalam mendukung upaya pelestarian lingkungan dan pengelolaan sampah di perairan. Algoritma deteksi objek yang terus berkembang, dengan setiap versi barunya menawarkan peningkatan performa dibandingkan versi sebelumnya (Aini dkk., 2021). Versi terbaru dari algoritma YOLO, yaitu YOLOv11, dirilis pada 30 September 2024. YOLOv11 menawarkan peningkatan akurasi deteksi, efisiensi komputasi yang lebih tinggi, dan kemampuan untuk menangani berbagai macam tugas *computer vision* dengan lebih baik dari versi sebelumnya. Selain itu, YOLOv11 juga dilengkapi dengan peningkatan dalam hal pengolahan citra berukuran besar dan mendeteksi objek yang lebih kompleks, sehingga menjadi solusi yang lebih andal untuk aplikasi pengolahan citra tingkat lanjut (Ultralytics.com, 2024).

Namun, perlu diketahui bahwa penelitian sebelumnya hanya menggunakan data uji yang mencakup area kecil dari sungai, sebagaimana terlihat pada Gambar 1.1 (Codes-Alcaraz dkk., 2024; Kirana dkk., 2024; Hutabarat & Kurniawan, 2024).



Gambar 1. 1 Hasil dari penelitian terdahulu

Berdasarkan Gambar 1.1, terlihat bahwa distribusi sampah hanya terdeteksi di sebagian kecil area sungai. Hasil deteksi ini tidak cukup untuk merepresentasikan kondisi sebagian besar sungai, melainkan hanya menggambarkan area-area terbatas yang dijadikan objek uji dan secara visual memang terdapat akumulasi sampah. Hal ini menjadi salah satu keterbatasan utama dari penelitian-penelitian tersebut. Selain itu, pendekatan klasifikasi dalam penelitian sebelumnya hanya mengenali satu kelas objek, seperti sampah (*waste*) secara umum. Akibatnya, jenis-jenis sampah tidak dapat dibedakan lebih lanjut, sehingga informasi yang diperoleh menjadi kurang kaya untuk analisis atau pengambilan kebijakan yang lebih tepat.

Untuk mengatasi keterbatasan pada penelitian sebelumnya yang hanya mencakup area uji terbatas dan klasifikasi sampah yang masih umum, pada penelitian ini mengembangkan pendekatan yang lebih menyeluruh dengan memanfaatkan citra drone yang dapat mencakup area sungai yang lebih luas. Citra yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan model deteksi objek YOLOv11-n, versi terbaru dari arsitektur YOLO, yang akan diuji keandalannya dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan lima jenis sampah plastik, yaitu kantong plastik, botol plastik, kemasan plastik, gelas plastik, dan styrofoam.

Selanjutnya, untuk memetakan sebaran lokasi objek secara spasial, informasi posisi GPS dari metadata citra drone digabungkan dengan hasil deteksi model. Lokasi setiap objek sampah dihitung menggunakan pendekatan *Ground Sampling Distance* (GSD), yang mengubah koordinat piksel objek yang terdeteksi ke ukuran sebenarnya dalam satuan meter. Nilai GSD diperoleh berdasarkan parameter kamera dan ketinggian drone saat pengambilan gambar, sehingga tiap piksel mewakili jarak tertentu di dunia nyata.

Setelah posisi relatif tiap objek diketahui, jarak tersebut digunakan untuk menghitung posisi koordinat geografis objek dengan memproyeksikannya dari titik GPS pusat gambar menggunakan *library* Python seperti Geopy. Hasilnya adalah titik-titik koordinat GPS sampah plastik, yang kemudian divisualisasikan menggunakan Folium dalam bentuk peta web. Sistem ini juga

menyajikan data statistik berupa jumlah masing-masing jenis sampah yang terdeteksi.

Dengan pendekatan ini, informasi yang dihasilkan tidak hanya berupa deteksi visual sampah yang terdeteksi saja, tetapi juga dilengkapi dengan pemetaan lokasi objek nyata sampah tersebut, sehingga memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai kondisi pencemaran sampah plastik di sungai. Hal ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan dan penyusunan kebijakan pengelolaan sampah yang lebih tepat sasaran dan berbasis data.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengimplementasikan model YOLOv11-n dalam sebuah *website* untuk mendeteksi dan memetakan jenis sampah plastik di sungai, seperti kantong plastik, botol plastik, kemasan plastik, gelas plastik, dan styrofoam, berdasarkan citra yang diperoleh dari drone?
2. Bagaimana kemampuan algoritma YOLOv11-n dalam mendeteksi jenis sampah plastik di sungai, seperti kantong plastik, botol plastik, kemasan plastik, gelas plastik, dan styrofoam, berdasarkan citra yang diperoleh dari drone?
3. Bagaimana hasil deteksi sampah plastik dari citra drone dapat dipetakan ke koordinat geospasial dan divisualisasikan sebagai representasi lokasi nyata di sungai?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, terdapat tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menerapkan model YOLOv11-n pada sebuah *website* yang dapat mendeteksi dan memetakan jenis sampah plastik di sungai, seperti kantong plastik, botol plastik, kemasan plastik, gelas plastik, dan styrofoam berdasarkan citra yang diperoleh dari drone.

2. Mengevaluasi kemampuan algoritma YOLOv11-n dalam mendeteksi jenis sampah plastik di sungai. seperti kantong plastik, botol plastik, kemasan plastik, gelas plastik, dan styrofoam, berdasarkan citra yang diperoleh dari drone?
3. Mengonversi hasil deteksi sampah plastik berdasarkan citra yang diperoleh dari drone, meliputi kantong plastik, botol plastik, kemasan plastik, gelas plastik, dan styrofoam, ke dalam koordinat geospasial dan menyajikannya dalam bentuk peta sebagai representasi lokasi nyata di sungai.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis, dalam pengembangan teknologi deteksi sampah plastik serta kontribusi nyata terhadap upaya penanggulangan permasalahan sampah plastik di lingkungan perairan, khususnya sungai.

1.4.1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan penerapan algoritma YOLOv11-n untuk mendeteksi berbagai jenis sampah plastik di sungai berbasis citra drone, yang diintegrasikan dalam aplikasi berbasis *website*.
2. Menambah wawasan dalam pemanfaatan citra drone sebagai sumber data visual untuk deteksi dan pemetaan sampah plastik di wilayah perairan yang luas.
3. Memberikan dasar keilmuan dalam proses konversi hasil deteksi ke koordinat geospasial dengan memanfaatkan metadata drone dan perhitungan *Ground Sampling Distance* (GSD), sehingga setiap objek sampah plastik yang terdeteksi dapat diproyeksikan menjadi representasi lokasi nyata di lapangan.
4. Memperluas pemahaman dalam bidang pengolahan citra digital, deteksi objek, serta visualisasi data geospasial, yang dapat

dijadikan acuan untuk penelitian lanjutan terkait pengelolaan lingkungan berbasis teknologi.

1.4.2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Membantu pihak terkait, seperti pemerintah daerah, lembaga lingkungan, maupun komunitas peduli lingkungan, dalam melakukan pemantauan kondisi sungai serta mengidentifikasi jenis dan jumlah sampah plastik secara lebih cepat dan efisien.
2. Menyediakan informasi visual dan spasial berupa peta distribusi sampah plastik serta data statistik mengenai jenis dan jumlahnya, yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan strategi pengelolaan sampah dan pengurangan pencemaran sungai secara lebih efektif.
3. Menawarkan solusi berbasis teknologi melalui integrasi sistem deteksi YOLOv11-n, citra drone, dan visualisasi peta, yang dapat mendukung pengambilan keputusan dalam kebijakan pengelolaan lingkungan berbasis data.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Berikut ini terdapat ruang lingkup penelitian yang dilakukan:

1. Sampah yang dideteksi terbatas pada sampah plastik yang mengapung dan terlihat secara visual di permukaan sungai, meliputi kantong plastik, botol plastik, gelas plastik, kemasan plastik, dan styrofoam.
2. Pengambilan citra dilakukan pada ketinggian antara 5 hingga 10 meter dari permukaan sungai agar mencakup area sungai yang cukup luas serta mengamati pengaruh ketinggian terhadap akurasi deteksi model.
3. Koordinat lokasi objek sampah dihitung menggunakan pendekatan transformasi dari posisi piksel pada citra ke estimasi koordinat dunia nyata berbasis *Ground Sampling Distance* (GSD). Namun, ketepatan lokasi hasil estimasi ini tidak dilakukan pengujian lapangan, melainkan hanya divisualisasikan pada peta berdasarkan perhitungan matematis dari titik tengah citra.

4. Perangkat UAV yang digunakan dalam penelitian ini hanya drone DJI Mini SE.
5. Implementasi sistem deteksi dan pemetaan hanya berbasis *website*, tidak dalam bentuk aplikasi Android.
6. Sungai yang digunakan sebagai lokasi uji coba adalah sungai dengan kondisi aliran relatif tenang, sehingga sampah plastik dapat terdeteksi secara visual oleh drone.

1.6 Struktur Organisasi Skripsi

Penulisan penelitian ini mengacu pada Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Universitas Pendidikan Indonesia Tahun 2024. Adapun sistematika penulisannya sebagai berikut.

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini memuat Latar Belakang Penelitian, yang menjelaskan alasan dan urgensi penelitian; Rumusan Masalah Penelitian, yang merinci pertanyaan penelitian yang akan dijawab; Tujuan Penelitian, yang menjelaskan apa yang ingin dicapai melalui penelitian ini; Manfaat Penelitian, yang mencakup manfaat teoritis dan praktis dari hasil penelitian; Ruang Lingkup Penelitian, yang menjelaskan ruang lingkup dan keterbatasan penelitian; serta Struktur Organisasi Skripsi, yang memberikan gambaran tentang susunan dan isi setiap bab.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan Tinjauan Pustaka dari literatur yang relevan dengan topik penelitian, termasuk kajian mengenai pencemaran sampah plastik di sungai, teknologi drone, algoritma YOLO untuk deteksi objek, serta penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi referensi.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini membahas metode penelitian secara mendetail, mulai dari pendekatan penelitian, metode pengumpulan data, hingga tahapan analisis dan perancangan sistem. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Design and Development* (D&D) untuk merancang dan membangun sistem deteksi serta pemetaan sampah plastik berbasis *website*.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil penelitian yang diperoleh dari proses analisis, termasuk desain sistem, implementasi sistem, dan pengujian sistem. Ini mencakup hasil implementasi sistem deteksi dan pemetaan sampah plastik yang dibangun, termasuk hasil deteksi menggunakan model YOLOv11-n, integrasi sistem berbasis Flask, serta hasil pengujian terhadap akurasi deteksi dan fungsionalitas *website*.

BAB V: SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan jawaban atas rumusan masalah yang telah ditetapkan. Selain itu, disampaikan pula saran-saran untuk pengembangan sistem di masa yang akan datang, baik dari sisi teknologi maupun cakupan data.