

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Permasalahan sampah laut menjadi isu global yang terus mengalami peningkatan dan berdampak serius terhadap keberlanjutan lingkungan pesisir (Freitas & Sulaeman, 2024). Bahwa lebih dari dua miliar ton limbah padat dihasilkan setiap tahun secara global, dan sebagian berpotensi mencemari perairan apabila tidak dikelola dengan baik (UNEP, 2024). Kondisi laut yang tercemar menunjukkan adanya sampah yang belum terkelola dengan baik di lingkungan perairan (Muninggar et al., 2023). Pencemaran laut bukan hanya persoalan sampah yang berada di lingkungan, tetapi juga berkaitan erat dengan sistem manajemen dan infrastruktur pendukung pengelolaan limbah terutama di wilayah pesisir dan pelabuhan (Rijulvita et al., 2023).

Wilayah pelabuhan menjadi salah satu kawasan yang rentan terhadap akumulasi sampah karena tingginya aktivitas kapal, bongkar muat, serta kegiatan ekonomi masyarakat pesisir (Vanessa & Hadiwono, 2025). Kawasan Muara Baru di Jakarta Utara merupakan pusat perekonomian dengan adanya aktivitas perikanan dan distribusi hasil laut yang memiliki peran penting, namun menghadapi tekanan lingkungan yang signifikan (Tiaraningtyas et al., 2025). Tingginya intensitas aktivitas ekonomi di wilayah tersebut berkontribusi terhadap peningkatan volume sampah di terutama pada perairan sekitar Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Muara Baru (Vanessa & Pangestu, 2023). Dalam mewujudkan pelaksanaan optimalisasi fasilitas pelabuhan harus diimbangi dengan peningkatan pengelolaan lingkungan agar keberlanjutan operasional dapat terjaga dari pencemaran atau kerusakan lingkungan (Ma'ruf et al., 2024).

Dampak pencemaran sampah laut tidak hanya mengganggu estetika lingkungan pelabuhan, tetapi juga merusak ekosistem pesisir dan mengancam biota laut (Akbar & Maghfira, 2023). Selain itu, pencemaran laut turut berkontribusi terhadap kerusakan ekosistem serta menurunkan kualitas lingkungan perairan (Dewi et al., 2023). Salah satu bentuk pencemaran yang dominan adalah sampah plastik yang terfragmentasi menjadi mikroplastik, yang berpotensi berbahaya ke dalam rantai makanan dan kesehatan manusia (Rahman et al., 2021). Pada sisi lain,

keberadaan sampah plastik di laut juga mengganggu aktivitas perekonomian, khususnya di wilayah pesisir dan pelabuhan, karena dapat menghambat kapal-kapal nelayan dalam melakukan proses *docking* (Sagita et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi yang mampu menangani permasalahan sampah laut dan terintegrasi dengan sistem operasional pelabuhan (Dwitasari & Mirwan, 2023). Permasalahan ini sejalan dengan konsep *Green Port* yang menekankan pengelolaan lingkungan pelabuhan secara berkelanjutan melalui pengurangan pencemaran, peningkatan kualitas perairan, serta penerapan teknologi ramah lingkungan dalam operasional pelabuhan. Dalam implementasinya, *Green Port* memiliki beberapa kriteria utama, seperti pengelolaan limbah padat dan limbah cair secara terintegrasi, pengendalian emisi dan kualitas lingkungan air serta udara, pemantauan lingkungan melalui fasilitas teknis, efisiensi operasional dengan penggunaan energi bersih, serta perlindungan habitat laut sebagai bagian dari pengelolaan perairan yang berkelanjutan (Fei et al., 2025).



Gambar 1. 1 Sampah-Sampah dari Aktivitas Pelabuhan
Sumber : (Data diolah oleh penulis, 2025)

Konsep *Green Port* menjadi pendekatan strategis dalam mengintegrasikan aktivitas pelabuhan dengan prinsip keberlanjutan lingkungan dalam pengelolaan sampah yang tepat (Nadia & Dzirusyidi, 2026). Pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya poin 14 (*life below water*), memerlukan inovasi teknologi dan sistem pengelolaan sampah yang mendukung perlindungan ekosistem laut (Halkos & Gkampoura, 2021). Implementasi *Green Port* menuntut adanya indikator yang mendukung dalam operasionalnya seperti infrastruktur pendukung kebersihan perairan, pengurangan pencemaran, serta energi terbarukan dalam operasional pelabuhan (Siringoringo & Nazarwin, 2025). Pengembangan teknologi pembersih sampah menjadi bagian infrastruktur penting dalam mendukung sistem manajemen lingkungan pelabuhan yang sejalan dengan

konsep *Green Port* (Husada, 2025). Namun, implementasi teknologi ini masih menghadapi tantangan kesesuaian desain dan integrasi operasional, sehingga diperlukan kajian prototipe yang lebih komprehensif untuk mendukung *Green Port*.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan Kapal *Trash Skimmer* sebagai solusi teknis dengan desain lambung *catamaran* yang mampu menyesuaikan pengangkutan sampah di berbagai situasi perairan (Irvana & Rokhim, 2022). Namun, penelitian sebelumnya masih lebih menitikberatkan pada aspek desain teknis kapal seperti stabilitas, *resistance*, sistem tenaga surya, peralatan penanganan limbah di perairan sungai serta belum mengkaji secara komprehensif peran kapal sebagai infrastruktur pendukung *Green Port*. Selain itu, Kapal *Interceptor Ocean Cleanup* milik Perusahaan Belanda menunjukkan operasional dalam membersihkan sampah, meskipun dalam implementasinya kapal ini dioperasikan untuk perairan seperti sungai dan muara agar sampah yang berasal dari sungai tidak lepas langsung ke laut (Broekhof & Dunton, 2023). Adapun kawasan perairan muara, khususnya area konservasi Hutan *Mangrove* Angke, menghadapi permasalahan penumpukan sampah plastik yang mencemari perairan, mengganggu ekosistem mangrove, dan sulit ditangani hanya melalui pembersihan manual. Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, tim menciptakan Aruna Generasi 1 sebagai kapal robotik pengangkut sampah yang dapat dikendalikan dari jarak jauh untuk mengumpulkan sampah terapung di perairan dangkal (Azisah et al., 2025). Aruna Generasi 1 dikembangkan untuk memberikan inovasi yang dapat mengumpulkan sampah terapung sekaligus mendukung perlindungan ekosistem di kawasan konservasi mangrove melalui penggunaan teknologi yang ramah lingkungan. Dengan penelitian sebelumnya, perlu adanya kapal pembersih sampah skala kecil yang dikembangkan untuk menyempurnakan teknologi sebelumnya dengan mendeteksi sampah agar dapat beroperasi sesuai dengan karakteristik perairan pelabuhan yang padat serta mendukung pengelolaan sampah sebagai bagian dari penerapan konsep *Green Port*.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan penelitian mengenai prototipe kapal pembersih sampah skala kecil sebagai infrastruktur pendukung *Green Port* di kawasan Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Muara Baru. Prototipe ini menggunakan pendekatan metode *agile* yang didukung oleh

observasi langsung di lapangan dalam mendukung proses pengembangan prototipe yang akurat dan sesuai standar yang ditetapkan (Dahlke & Mantwill, 2023). Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan model operasional yang terintegrasi dengan sistem manajemen lingkungan pelabuhan, serta memberikan kontribusi dalam menghasilkan solusi konkret pengelolaan sampah berbasis teknologi yang mendukung implementasi konsep *Green Port*, sehingga tercipta lingkungan perairan pelabuhan yang lebih bersih, berkelanjutan, dan mampu menunjang kelancaran aktivitas pelayanan pelabuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini dinyatakan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang prototipe kapal pembersih sampah skala kecil yang sesuai dengan karakteristik perairan pelabuhan?
2. Bagaimana kinerja prototipe kapal pembersih sampah ditinjau dari aspek waktu dan inovasi dalam proses pengangkutan sampah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang prototipe operasional kapal pembersih sampah skala kecil yang sesuai dengan karakteristik perairan pelabuhan.
2. Menganalisis kinerja operasional prototipe kapal pembersih sampah berdasarkan aspek waktu dan inovasi dalam proses pengangkutan sampah.

1.4 Manfaat Prototipe

Prototipe ini memiliki berbagai kegunaan, baik secara akademik, praktis maupun produktif, yang dapat memberikan manfaat kepada berbagai pihak terkait. Berikut Adalah beberapa poin mengenai kegunaan penelitian ini:

1. Akademik

Menambah referensi dan kajian ilmiah terkait pengembangan prototipe kapal pembersih sampah skala kecil serta integrasinya dengan konsep *Green Port* dalam pengelolaan lingkungan pelabuhan.

2. Praktis

Memberikan solusi berupa rancangan dan model operasional kapal pembersih sampah yang efektif dan inovatif untuk mendukung operasional pengelolaan sampah di kawasan Pelabuhan.

3. Produktif

Menjadi dasar pengembangan inovasi kapal pembersih sampah yang lebih optimal dan aplikatif dalam mendukung keberlanjutan lingkungan serta peningkatan kinerja operasional pelabuhan.



Intelligentia - Dignitas