

STUDI DESAIN RENCANA UMUM KAPAL PENGANGKUT SAMPAH SEBAGAI INISIASI PEMBUATAN DESAIN KAPAL SEJENIS DI BATAM, KEPULAUAN RIAU

Sapto Wiratno Satoto^{1*}, Franssius Natanael Tampubolon¹, Juliarni¹, Muhammad Yusri Aksyaputra¹, Haura Irdia Raihan¹, Dharma Louisa Riaunal Sitompul¹, Adi Syahputra Purba², Naufal Abdurrahman Prasetyo¹, Good Rindo³

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, Politeknik Negeri Batam

²Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

³Departemen Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro

*Corresponding Author: sapto@polibatam.ac.id

Article history

Received:

14-03-2025

Accepted:

05-06-2025

Published:

30-06-2025

Copyright © 2025
Jurnal Teknologi dan
Riset Terapan

Open Access

Abstrak

Sungai yang melewati area pemukiman memiliki potensi yang berhubungan dengan kesehatan utamanya terkait dengan pengelolaan dan penanganan sampah. Perlu studi mengenai alat yang mampu menanggulangi potensi kerusakan lingkungan akibat penanganan sampah yang kurang memadai. Kota Batam yang beranjak menuju kota metropolitan, kota pariwisata, kota budaya dimana di Batam terdapat beberapa sungai yang mengalir ke muara. Perlu sebuah desain alat yang berkaitan dengan Sungai, khususnya kapal untuk mengurangi risiko sampah yang mengotori lingkungan. Penelitian atau studi awal dilakukan mengenai desain kapal yang sesuai dengan area Batam yang merujuk pada sumber-sumber desain kapal yang sudah ada. Hasil yang diperoleh adalah desain kapal pengangkut sampah telah dikembangkan di berbagai daerah dengan variasi model, di mana komponen utama mencakup jumlah lambung, sistem *conveyor*, alat gerak, dan sumber energinya. Validasi kuesioner menunjukkan bahwa masyarakat lebih memilih desain *monohull* dengan sistem *conveyor* yang lebih ringkas. Ke depan, perlu dilakukan pengembangan desain yang sesuai dengan parameter data yang telah dikumpulkan serta mengintegrasikan teknologi ramah lingkungan dan pengurangan emisi karbon.

Kata Kunci: Kapal, Sungai, Sampah, Karbon, Batam

Abstract

Rivers that flow through residential areas have potential health-related impacts, particularly concerning waste management and disposal. A study is needed to develop a tool capable of mitigating environmental damage caused by inadequate waste handling. Batam, which is progressing towards becoming a metropolitan, tourism, and cultural city, has several rivers that flow into estuaries. Therefore, a vessel design is required to address river-related waste issues, specifically a boat to minimize the risk of waste polluting the environment. An initial study or research has been conducted to determine a suitable vessel design for Batam, referencing ship designs from other locations. The results show that the design of waste carrier vessels has been developed in various regions with different models, where the main components include the number of hulls, conveyor systems, propulsion systems, and energy sources. Questionnaire validation indicates that the public prefers a monohull design with a compact and efficient conveyor system. Moving forward, it is necessary to develop a design that aligns with the collected data parameters while integrating environmentally friendly technology and carbon emission reduction.

Keywords: Vessel, River, Waste, Carbon, Batam

1.0 PENDAHULUAN

Pada tahun 2015, Indonesia tercatat sebagai negara dengan jumlah sampah laut tertinggi kedua di dunia

dengan 1,29 MMT, namun data terbaru dari LIPI, KLHK, dan KKP pada 2019 menunjukkan jumlah sampah laut berkisar antara 0,56–0,59 MMT, menjadikan Indonesia

peringkat keenam di dunia. Untuk mencapai target pengurangan 70% pada 2025, Indonesia telah berhasil mengurangi 15,3% sampah laut dari 2018 hingga 2020, dengan rata-rata pengurangan 18,3% per tahun, terutama di daerah dengan konsentrasi sampah tertinggi seperti Teluk Jakarta dan pesisir utara Pulau Jawa[1].

Pulau Batam memiliki luas kurang lebih 2 juta m² dengan jumlah penduduk 1.296.960 jiwa[2] dengan beberapa sungai yang mengalir di membelah jalan-jalannya. Secara total terdapat sekitar 100 km panjang Sungai yang ada di Batam dimana sungai yang terdapat di Batam berukuran kecil dan rata-rata tidak memiliki hulu dan muara. Hal ini disebabkan karena kontur area Pulau Batam yang berlembah dan berbukit. Sebagian besar sungai tersebut melewati rumah warga yang kemudian bermuara di laut. Penelitian tentang sampah laut di Indonesia berkembang, tetapi masih minim studi tentang akumulasi mikroplastik dalam organisme laut dan lebih banyak berfokus pada wilayah barat seperti Jawa dan Bali, sementara wilayah timur kurang terpantau. Mikroplastik dalam ekosistem laut dapat menimbulkan bioakumulasi dan biomagnifikasi zat beracun yang berdampak pada rantai makanan, dengan risiko tinggi bagi terumbu karang, lamun, dan bakau, serta menjadi faktor penyebaran spesies invasif laut yang mengancam keanekaragaman hayati. Selain dampak ekologis, sampah laut juga menimbulkan kerugian ekonomi bagi sektor maritim Indonesia, sehingga diperlukan kebijakan terintegrasi dan penelitian lebih lanjut mengenai dampak ekonomi serta strategi pengelolaannya[3].

Kondisi bermuaranya sungai di laut yang sebelumnya melewati perumahan warga menyebabkan potensi lingkungan yang cukup mengganggu salah satu di antaranya adalah permasalahan sampah. Potensi ini muncul jika pengolahan sampah masyarakat tidak didesain, dilaksanakan dan dievaluasi dengan baik. Sampah limbah rumah tangga akan terkumpul dan mengalir ke sungai yang ujungnya terkumpul di muara.

Adanya potensi sampah di sungai tersebut memerlukan studi awal mengenai aplikasi peralatan yang bisa membantu dalam menangani permasalahan sampah utamanya berkaitan dengan aliran air. Dari beberapa referensi kapal pengangkut sampah bisa menjadi solusi sebab mampu memindahkan secara langsung sampah yang mengotori sungai. Perkembangan kapal pengangkut sampah diteliti mulai dari bentuk lambung[4], model prototipe[5] analisa *finite* elemen pada saat kapal membawa beban[6] maupun lokasi operasional kapal[7]. Kapal saat ini yang dapat dijadikan rujukan paling maju adalah kapal *ocean clean up*. Gambar 1 merupakan gambar kapal pembersih Sungai yang dapat dijadikan rujukan paling modern dengan skala pembersihan yang cukup besar. Kapal Neon Moon II merupakan contoh penerapan teknologi rekayasa kapal pada kapal pesiar mewah, yang melibatkan sistem propulsi, stabilitas, dan manajemen limbah tingkat tinggi. Kapal pembersih sungai di Kali Cisadane menggunakan prinsip rekayasa serupa untuk menjalankan tugas kebersihan perairan secara efektif. Kapal tersebut secara rutin mengumpulkan sampah organik dan anorganik yang terapung di permukaan sungai, kemudian memindahkannya ke sistem penampungan untuk proses pembuangan atau daur ulang.



Gambar 1: Kapal Neon Moon II

Berkaitan dengan adanya potensi sampah yang menumpuk di muara, maka perlu solusi terkait penanganan sampah yang terbuang ke sungai. Solusi tersebut penting mengingat salah satu tujuan dari pemerintah Kepulauan Riau adalah menjadikan Batam sebagai salah satu wilayah yang memiliki pariwisata yang maju. Dengan target tersebut, maka diperlukan juga solusi lain dalam penanganan sampah untuk optimalisasi pengelolaan sampah sehingga tujuan dari penelitian ini adalah melakukan *review* penelitian mengenai kapal pengangkut sampah dan memberikan *draft sketch* awal mengenai kapal pengangkut sampah. Gambar 1 merupakan gambar yang menunjukkan muara sungai yang dipenuhi sampah di sekitar Pulau Batam. Gambar tersebut merupakan satu bukti bahwa permasalahan sampah tersebut benar adanya dan perlu dilakukan penanganan lebih lanjut.



Gambar 2: Sampah di tepi laut Batam

2.0 METODE

Metode dalam studi yang dilakukan adalah dengan melakukan studi literatur dan menggunakan perbandingan untuk pengolahan data. Metode kuantitatif[8] akan digunakan sebagai metode yang digunakan dalam pengolahan data untuk mendapatkan pola grafik dan angka untuk melihat sejauh mana data tersebut dapat berdampak. Akan dilakukan penyebaran kuesioner sebagai bentuk pengumpulan data primer. Studi literatur akan dilakukan dengan pengumpulan jurnal, informasi yang berkaitan dengan peralatan pengelolaan sampah. Dari data yang diperoleh akan dilakukan analisis awal yang utamanya dikaitkan dengan kondisi di Pulau Batam. Setelah data terkumpul akan dilakukan

penyebaran kuesioner, dimana hal ini akan menjadi data pembandingan dan sebagai data awal dalam penelitian lanjut.

Penelitian kuantitatif menggunakan angket, observasi terstruktur, dan eksperimen, masing-masing dengan instrumen yang sesuai seperti panduan wawancara atau kuesioner[9]. Dalam penelitian ini angket akan disebarkan kepada khalayak umum, utamanya pemangku kepentingan kaitannya dengan pendidikan agar pertanyaan yang disampaikan dapat dimengerti dan dijawab dengan dasar keilmuan yang dimiliki. Daftar pertanyaan yang diajukan terkait dengan kapal antara lain terkait kapasitas, ukuran, jenis lambung dan kecepatan kapal. Sampel dari kapal yang digunakan adalah kapal hasil penelitian yang pernah dilakukan.

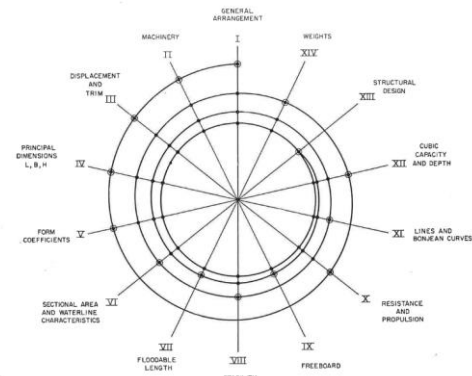
Penentuan teknis penggerak, pemesinan akan merujuk pada hasil kesimpulan yang didapatkan dari penelitian. Desain kapal akan merujuk kepada hasil peminatan angket yang telah disebar untuk selanjutnya dilakukan analisa. Analisa yang dilakukan akan menjadi dasar dalam validasi model yang telah dirancang. Desain tersebut akan dibahas dan diteliti dalam penelitian lanjut setelah dilakukan penelitian terkait dengan desain kapal yang telah ada.

Penentuan teknis penggerak, pemesinan akan merujuk pada hasil kesimpulan yang didapatkan dari penelitian. Desain kapal akan merujuk kepada hasil peminatan angket yang telah disebar untuk selanjutnya dilakukan analisa. Analisa yang dilakukan akan menjadi dasar dalam validasi model yang telah dirancang. Desain tersebut akan dibahas dan diteliti dalam penelitian lanjut setelah dilakukan penelitian terkait dengan desain kapal yang telah ada. Rencana umum merupakan perencanaan tata letak ruang kapal yang disesuaikan dengan fungsi serta perlengkapannya sesuai kebutuhan[10]. Penyusunan rencana umum kapal didasarkan pada penempatan ruang mesin, kebutuhan akomodasi, serta lokasi tangki-tangki yang diperlukan. Selain itu, dimensi dan posisi peralatan serta fasilitas di atas geladak turut menjadi pertimbangan penting. Aspek keselamatan dan efisiensi juga menjadi perhatian dalam perancangan tangki dan perlengkapan lainnya agar dapat menunjang kestabilan serta kondisi *trim* kapal secara optimal.

Pembuatan sistem penggerak kapal merupakan proses perancangan dan pemasangan komponen mekanis yang berfungsi menghasilkan gaya dorong agar kapal dapat bergerak di air[11]. Sistem ini umumnya terdiri dari mesin utama (*main engine*), sistem transmisi (*gearbox*), poros propulsi (*shaft*), dan baling-baling (*propeller*). Pemilihan jenis penggerak ditentukan oleh tipe kapal, ukuran, fungsi operasional, serta efisiensi bahan bakar dan kecepatan yang diinginkan. Dalam tahap perancangan, aspek seperti daya mesin, konfigurasi ruang mesin, sistem pendinginan, dan kontrol otomatis juga diperhitungkan untuk menjamin kinerja optimal dan keandalan selama operasi. Selain itu, pertimbangan terhadap tingkat kebisingan, getaran, dan emisi gas buang turut menjadi bagian penting dalam proses rekayasa sistem penggerak kapal modern.

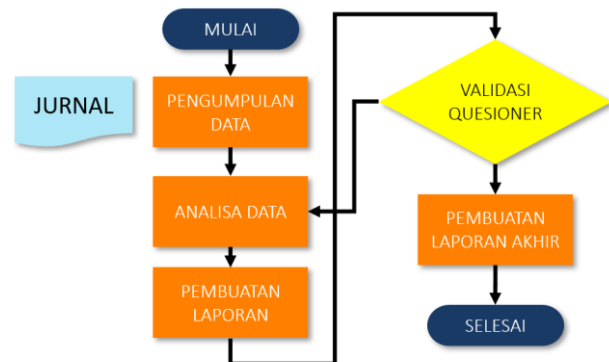
Dalam perancangan kapal, metode pembuatan desain rencana umum, sistem penggerak dan pemesinan mengacu kepada desain rancangan spiral dimana desain

kapal akan dibuat sesuai dengan pola spiral. Saat terjadi kesalahan dalam proses desain, maka proses penelitian akan dilakukan secara berulang untuk memaksimalkan data yang didapatkan[12].



Gambar 3: Desain spiral kapal

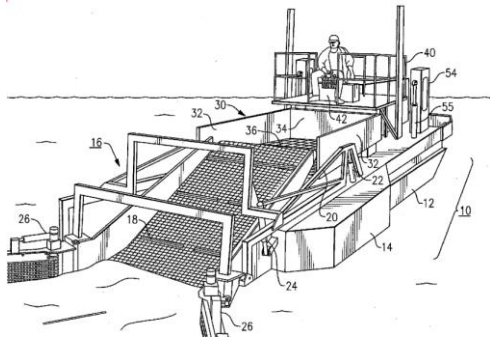
Peralatan yang digunakan dalam studi desain yaitu penggunaan perangkat lunak pengolahan data. Metode pengumpulan data akan menggunakan perangkat lunak formulir *daring* untuk mempercepat dan mempermudah pengumpulan dan pengelolaan data. Terkait dengan variabel yang kemungkinan akan digunakan antara lain berkaitan dengan ukuran, fungsi, kemanfaatan dan hasil maksimal yang dicapai. Diagram alir penelitian ditampilkan dalam Gambar 3.



Gambar 4: Diagram alir penelitian

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

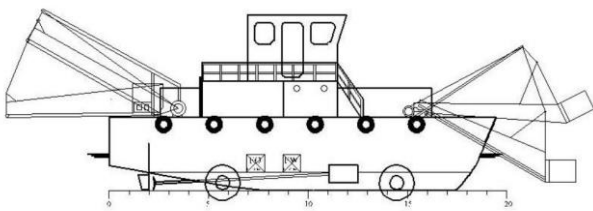
Permasalahan sampah menjadi masalah yang tidak hanya terjadi pada area tertentu di Indonesia. Permasalahan ini hampir terjadi di seluruh daerah yang belum melaksanakan proses pengolahan sampah yang optimal. Kapal *skimmer*[13] yang dipatenkan oleh Walczyk merupakan sebuah cikal bakal perkembangan kapal pengangkut sampah di dunia. Menjadi rujukan peneliti dan banyak menjadi referensi dalam proses perancangan kapal.



Gambar 5: Trach skimmer boat (paten Amerika)

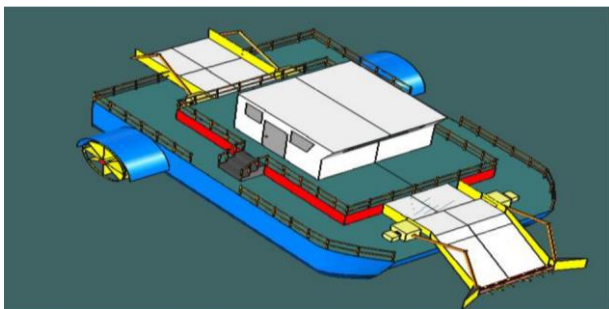
Gambar 5 merupakan gambar kapal pengambil sampah yang sudah dipatenkan di Amerika. Dari kapal tersebut kemudian berkembang di Indonesia dengan berbagai macam bentuk dan ukuran kapal.

SIDE VIEW



Gambar 6: Kapal Skimmer amphihi Ciliwung

Besarnya polutan sampah yang ada di Jakarta menginisiasi peneliti untuk membuat kapal pengangkut sampah di Sungai Ciliwung[14]. Keunikan dari kapal pengangkut sampah di Sungai Ciliwung ini adalah kapal dapat dioperasikan baik di darat maupun di air. Hal ini memudahkan bagi operator untuk berpindah dari satu sungai ke Sungai yang lain untuk membersihkan sampah. Gambar 7 yang merupakan kapal *skimmer* Sungai Ciliwung terlihat bahwa kapal tersebut memiliki roda pada bagian lambung kapal. Hal ini yang memungkinkan kapal untuk bisa bergerak di darat, dan serta beraktivitas di air.



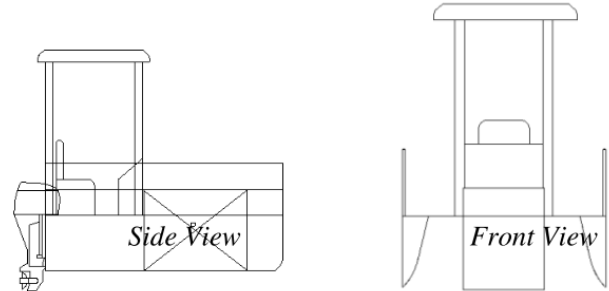
Gambar 7: Kapal skimmer kalimas

Beberapa sumber dari jurnal juga menekankan inovasi dari model yang dibuat antara lain modifikasi pada alat penggerak. Inovasi dari kapal pengangkut sampah tipe lain yaitu adanya *paddle wheel* yang berada di bagian samping kapal dimana *paddle wheel* ini digunakan untuk menggerakkan kapal[15] yang ditunjukkan pada gambar 8.

Selain bentuk penggerak, perkembangan dari kapal pengangkut sampah antara lain pada bagian jumlah lambung kapal. Jumlah dan bentuk lambung kapal akan

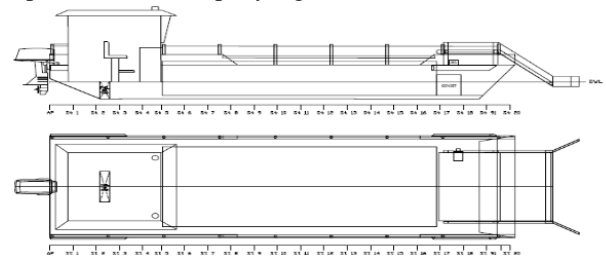
berpengaruh pada stabilitas dan oleh gerak kapal. Dengan jumlah lambung yang lebih banyak, dimungkinkan kapal akan lebih stabil. Namun hal ini tidak serta-merta menjadi satu acuan, karena semakin banyak lambung maka desain kapal akan semakin kompleks.

Kapal *skimmer* (pengangkut sampah) yang didesain untuk sungai di Balikpapan merupakan salah satu kapal yang memiliki lambung kapal yang jumlahnya lebih dari satu[16]. Keunggulan dari bentuk lambung trimaran seperti pada gambar 8 adalah memiliki tingkat kestabilan yang lebih baik sehingga ketika kapal membawa muatan yang banyak maupun berat, bisa meminimalisasikan potensi permasalahan yang mungkin akan timbul.



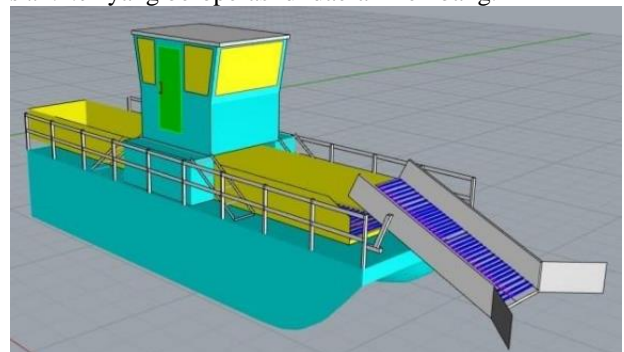
Gambar 8: Kapal *skimmer* Balikpapan

Kemampuan kapal dalam membawa muatan sampah perlu diperhatikan dalam proses desain kapal pengangkut sampah[17]. Beberapa metode yang digunakan antara lain dengan menggunakan *conveyor* yang terhubung dengan penampungan di darat, dapat juga menggunakan dan memaksimalkan ruangan yang berada di dalam kapal. Kapal *skimmer* Samarinda menggunakan ruangan kapal sebagai tempat pengumpulan sampah sementara yang dapat dilihat pada gambar 9. Kapal tersebut mengoptimalkan ruangan yang berada di kapal yang bilamana muatan sudah penuh, selanjutnya bisa dipindahkan ke tempat yang lain.



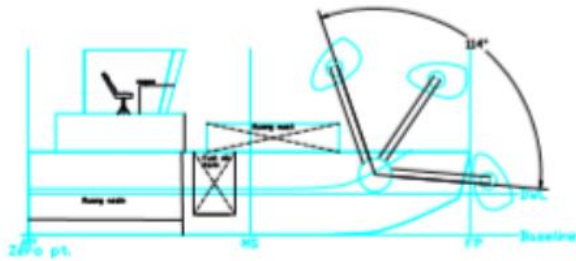
Gambar 9: Gambar kapal *skimmer* Samarinda

Desain lain dari tempat penampungan sampah pada kapal *skimmer* adalah menggunakan *conveyor* yang terhubung dengan daratan. Gambar 10 merupakan kapal *skimmer* yang beroperasi di daerah Rembang.



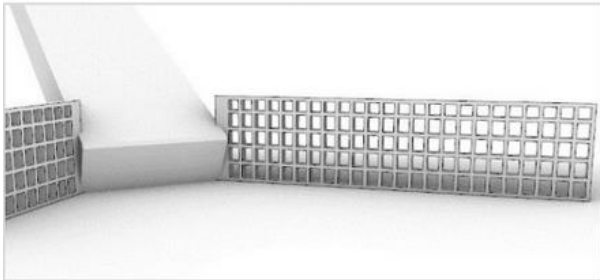
Gambar 10: Kapal *skimmer* Rembang

Kapal *skimmer* Rembang menggunakan 3 *conveyor* yang dioperasikan pada bagian haluan tengah dan buritan dengan tujuan untuk mempermudah proses pemuatan dan pengeluaran sampah[18]. Selain dari segi jumlah, model jenis *conveyor* juga perlu dikembangkan untuk kemudahan operasional seperti digambarkan pada gambar 11 kapal *skimmer* di Sumenep.

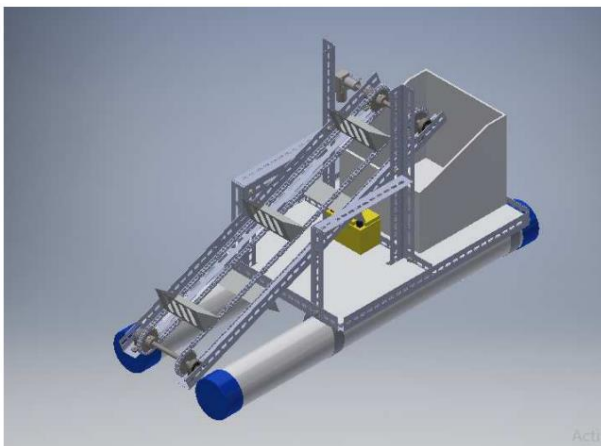


Gambar 11: Kapal *skimmer* Sumenep

Kapal *skimmer* di Sumenep memperlihatkan bentuk modifikasi pada bagian *conveyor*, dimana *conveyor* dapat dilipat ke atas sehingga lebih mempermudah pada saat proses penyimpanan dan pengalokasian ruangan ketika kapal bersandar atau tidak sedang beroperasi [19]. Pada desain tertentu seperti gambar 12, desain *conveyor* ini juga menjadi penting, mengacu kepada penelitian yang pernah dilakukan mengenai plat bukaan pada *conveyor* dimana sayap lingkaran berongga lebih cepat mengumpulkan sampah dibandingkan sayap lainnya, namun pada kecepatan tertentu air melewati sayap sehingga efektivitasnya sulit dibandingkan, sementara resistansi terbesar hingga terkecil berturut-turut adalah pada sayap padat, lingkaran berongga, dan persegi berongga[6].



Gambar 12: Sayap pada konveyor *skimmer*



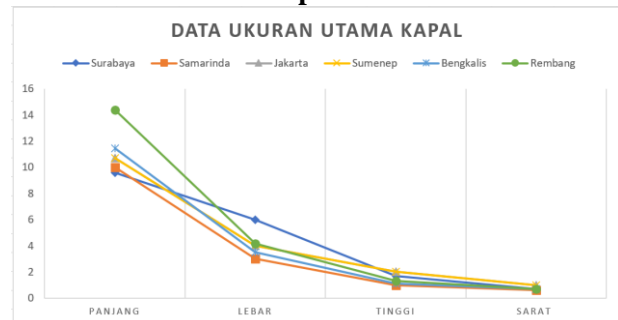
Gambar 13: Prototipe

Semakin majunya teknologi menjadikan model pembuatan pengaplikasian teknologi semakin berkembang dengan mulai dimasukkannya komponen elektrik dalam pembuatan kapal[20]. Prototipe kapal pada gambar 13 dibuat dengan skala ukuran yang lebih kecil untuk mempermudah proses *sub assembly* dan *assembly*. Dari desain yang dibuat, kapal *skimmer* menggunakan sistem arduino untuk mengatur pergerakan kapal dan dari model yang dibuat, kapal ternyata mampu mengambil sampah dari air untuk kemudian dimasukkan ke dalam bak penampungan sampah. Secara umum rangkuman dari penjelasan mengenai kapal pengangkut sampah dapat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Rekapitulasi Perbandingan Kapal Pengangkut Sampah

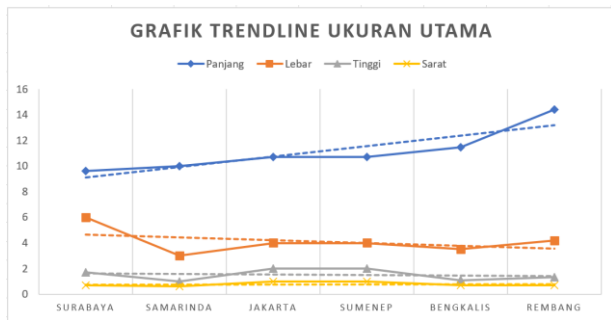
	Alat Gerak	Mesin Penggerak	Jumlah Konveyor	Kapasitas Angkut
Surabaya	<i>Paddle Wheel</i>	<i>Inboard</i>	1	4
Jakarta	<i>Propeller</i>	<i>Inboard</i>	1	5.5
Balikpapan	<i>Propeller</i>	<i>Outboard</i>	3	0.168
Samarinda	<i>Propeller</i>	<i>Outboard</i>	1	3.5
Sumenep	<i>Propeller</i>	<i>Outboard</i>	1	4.5
Rembang	<i>Propeller</i>	<i>Outboard</i>	3	0.01454
Bengkalis	<i>Propeller</i>	<i>Outboard</i>	3	<i>Direct</i>

3. 1 Ukuran Utama Kapal



Gambar 14: Grafik Data Ukuran Utama Kapal

Dari data ukuran utama kapal pada gambar 14 dapat diketahui bahwa ukuran utama kapal pengangkut sampah bervariasi tergantung dari lokasi dan kapasitas angkut dari kapal. Kemampuan olah gerak kapal dalam aliran sungai juga perlu diperhatikan guna kelancaran operasional kapal. Kapal pengangkut sampah rata-rata memiliki panjang 10 meter dengan lebar rata-rata sekitar 4 meter, dimana ukuran ini rata-rata sesuai dengan ukuran lebar sungai yang ada di Indonesia yang tidak memiliki lebar alur yang cukup besar pada daerah tertentu. Mengingat juga sebaiknya yang perlu diutamakan adalah pengelolaan sampah di rumah tangga sehingga sampah dapat terkelola dan tidak dibuang di sungai.



Gambar 15: Grafik Garis Tren Ukuran Utama Kapal

Tren ukuran utama kapal yang ditunjukkan pada gambar 15 menunjukkan bahwa perubahan satu ukuran utama kapal tidak sama antara ukuran satu dengan yang lain. Model tren perubahan ukuran panjang kapal tidak sama dengan ukuran lebar dan dan tinggi kapal. Dari grafik yang didapatkan bisa dijadikan kesimpulan awal bahwa perbedaan kapal pengangkut sampah utamanya pada bagian panjang kapal dimana panjang kapal yang berkaitan dengan ukuran lebar sungai (diperlukan untuk memutar arah berlayar kapal).

3.2 Penggerak Kapal

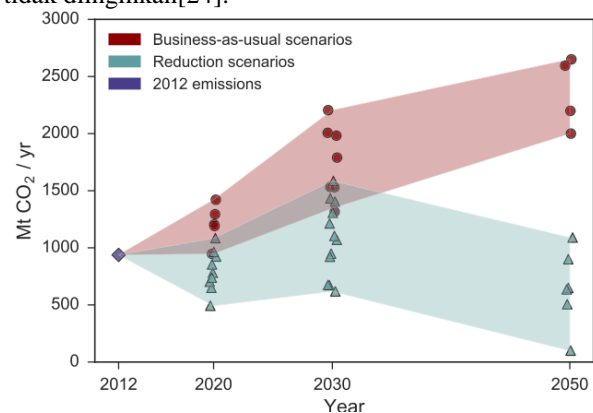
Sistem penggerak kapal pada kapal pengangkut sampah juga perlu diperhatikan dimana dalam operasional kapal penggerak kapal akan mempengaruhi pergerakan kapal di antaranya:

1. *Manouvering* (berbelok, berputar)
2. Gerak maju ke depan
3. Gerak bergeser

Sistem penggerak yang terdapat dalam kapal pengangkut sampah juga ditentukan oleh kemampuan operator dan tujuan dari penggunaan penggerak. Data yang diperoleh dari referensi dapat diketahui bahwa mesin *outboard* adalah mesin yang banyak dipilih untuk penggunaan kapal. Mesin ini banyak digunakan karena kemudahan pengoperasian dan perawatan. Mesin *inboard* jarang digunakan sebab memiliki keterbatasan yaitu kesulitan dalam proses akses perawatan maupun perbaikan. Terdapat satu inovasi yaitu penggunaan *paddle wheel* untuk mesin penggerak. Penggunaan *paddle wheel* ini, bertujuan untuk mempermudah pergerakan kapal saat kapal melewati area yang banyak sampah dimana kemungkinan besar baling-baling kapal tidak dapat bekerja dengan baik.

Perlu penggunaan teknologi baru pada sistem penggerak kapal untuk mengoptimalkan nilai dari kapal yang akan dibuat, salah satunya dengan pengaplikasian penggerak elektrik. Perancangan sistem propulsi elektrik pada kapal harus dilakukan dengan analisis teknis dan kajian ekonomis yang matang. Hasil studi menunjukkan bahwa penggunaan sistem propulsi elektrik dengan sumber daya baterai lebih menguntungkan dibandingkan sistem propulsi mekanis berbasis motor disel, terutama dari segi biaya operasional yang lebih rendah. Selain itu, sistem propulsi elektrik dapat menjadi alternatif yang efektif untuk menggantikan mesin disel pada kapal nelayan jenis rawai. Implementasi pada kapal ikan 30 GT menunjukkan potensi efisiensi yang lebih tinggi, sehingga dapat mendukung pengoperasian kapal yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.[21][22][23].

Dasar penggunaan teknologi baru disebabkan adanya data polutan Co2 yang semakin besar yang dapat dilihat pada gambar 16. Industri maritim menghadapi tantangan besar dalam mengurangi emisi gas rumah kaca (GHG) di tengah meningkatnya permintaan transportasi laut, dengan berbagai langkah teknologi dan operasional yang tersedia. Studi ini mengkaji 22 langkah pengurangan CO2, menemukan bahwa tidak ada satu langkah pun yang cukup efektif sendiri, sehingga kombinasi beberapa langkah diperlukan untuk mencapai pengurangan signifikan. Dengan adopsi cepat dan kombinasi yang tepat, pengurangan emisi lebih dari 75% dapat dicapai, dengan contoh kombinasi langkah yang dapat menurunkan emisi hingga 78% pada tahun 2050. Keberhasilan penerapan langkah-langkah ini bergantung pada pertumbuhan sektor maritim serta dukungan kebijakan, regulasi, dan studi berkualitas tinggi untuk memastikan efektivitasnya tanpa dampak negatif yang tidak diinginkan[24].



Gambar 3: Skenario Pengurangan Emisi

3.3 Upaya Pengurangan Emisi

Penggunaan energi terbarukan pada kapal penting untuk mengurangi emisi GHG, meskipun kapal bertenaga surya menghadapi tantangan teknis dan biaya awal yang tinggi. *Solar-assisted power* dapat mengurangi konsumsi bahan bakar hingga 8 ton/hari, menekan emisi CO₂ hingga 12%, dan menghemat biaya operasional sekitar 5 juta USD per tahun. Penelitian masa depan akan berfokus pada integrasi berbagai sumber energi alternatif untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan kapal[25]. Solusi yang diberikan berdasarkan hasil studi adalah dengan menggunakan kapal pengangkut sampah bertenaga listrik dimana beberapa kapal sudah menerapkan teknologi tersebut meskipun masih dalam bentuk peruntukan yang lain[26]. Meskipun memiliki biaya awal tinggi dan ketergantungan pada elektronik daya, sistem ini berpotensi menjadi solusi utama di masa depan dengan integrasi energi terbarukan dan manfaat lingkungan yang signifikan[27]. Namun kunci dari itu semua adalah bagaimana teknologi penyimpanan daya tersebut akan berkembang sehingga pemanfaatannya akan lebih maksimal[28].

3.4 Survey Kebutuhan Masyarakat

Dari studi literatur yang dilakukan dapat diberikan hasil bahwa beberapa desain yang memungkinkan dibuat dalam rencana pembuatan kapal ke depan adalah dimana

kapal memiliki *conveyor* untuk mengangkat sampah, memiliki kestabilan yang memadai, memiliki ruang yang cukup dan menggunakan penggerak listrik sebagai wujud peran serta dalam program pengurangan emisi karbon yang saat ini digalakkan. Dari studi literatur kemudian dilakukan penyebaran kuesioner kepada masyarakat sebagai data pendukung dalam pembuatan desain kapal *skimmer*. Penyebaran kuesioner ini dilakukan kepada masyarakat umum mulai dari akademisi dan lingkungan warga yang memiliki visi yang sama dalam semangat menjaga kebersihan lingkungan.

Pertanyaan yang kami ajukan antara lain berikut:

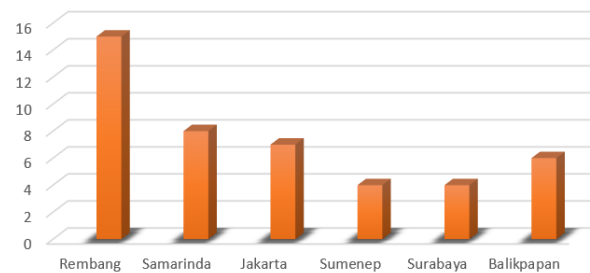
- ✓ Apa pendapat Anda mengenai kebutuhan kapal pengangkut sampah di wilayah perairan Batam?
- ✓ Menurut Anda, fitur apa saja yang sebaiknya ada pada kapal pengangkut sampah?
- ✓ (Beberapa pilihan fitur disebutkan seperti sistem pemilah sampah, penggerak ramah lingkungan, dll.)
- ✓ Apa jenis sistem penggerak yang menurut Anda paling sesuai untuk kapal pengangkut sampah di Batam?
- ✓ Seberapa penting stabilitas kapal dalam operasional pengangkut sampah menurut Anda?
- ✓ Menurut Anda, bagaimana karakteristik perairan Batam yang perlu diperhatikan dalam mendesain kapal?
- ✓ Apa masukan atau saran Anda terkait desain kapal pengangkut sampah yang efektif dan efisien?

Hasil kuesioner kemudian diringkas dan dijadikan dasar dalam pembuatan penelitian selanjutnya yaitu proses pembuatan rencana umum. Gambar 18 merupakan data jumlah lambung kapal yang diminati oleh masyarakat untuk desain kapal *skimmer*. Lambung *monohull* banyak dipilih disebabkan karena kemudahan dalam pembuatan dan pengaplikasian. Namun catatan yang penting adalah, meskipun *monohull*, bentuk lambung mesti menyerupai bentuk balok (kotak) untuk memaksimalkan stabilitas kapal.



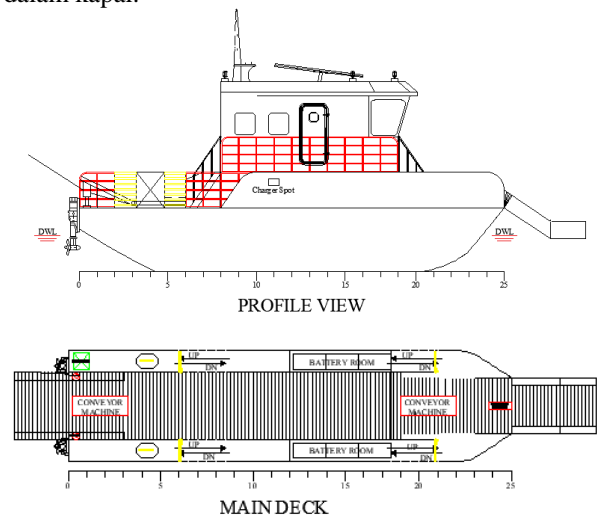
Gambar 18: Jumlah Lambung Kapal yang Diminati

Sebaran Peminat Bentuk Kapal



Gambar 19: Sebaran Peminatan Bentuk Kapal

Bentuk estetika kapal juga menjadi acuan dalam perencanaan desain kapal. Setelah dilakukan penyebaran survei, kapal dengan desain daerah rembang menjadi kapal yang banyak dipilih oleh masyarakat seperti ditunjukkan gambar 19. Secara singkat dapat dijelaskan bahwa bentuk kapal di daerah rembang memiliki bentuk yang *compact*, kemudahan dalam pengambilan, penyimpanan sementara dan pengeluaran sampah dari dalam kapal.



Gambar 20: Sketsa rencana umum kapal

Sketsa rencana umum kapal merupakan gambar sketsa awal dalam proses rencana kapal. Dalam desain rancangan yang akan dibuat selanjutnya, rancangan utama pada gambar 18 akan menjadi acuan dalam perancangan model kapal. Perhitungan hambatan akan dilakukan untuk mendapatkan data kebutuhan rencana pemersinan, rencana sistem penggerak dan akan dipadukan juga dengan rencana kebutuhan kelistrikan kapal. Penelitian ini merupakan penelitian yang akan dilakukan pada kegiatan penelitian mendatang.

4.0 KESIMPULAN

Kesimpulan dalam studi yang dilakukan antara lain adalah, desain kapal pengangkut sudah ada di beberapa daerah dengan beberapa model. Komponen yang penting dalam desain kapal sampah antara lain penentuan jumlah lambung, penggunaan *conveyor*, penggunaan alat gerak dan penggunaan sumber alat gerak. Perlu penerapan *green technology* dan pengaplikasian *carbon emission reduction* dalam desain yang dibuat. Dari hasil validasi melalui kuesioner, bentuk lambung *monohull* dengan sistem *conveyor* dan bentuk yang *compact*, ringkas

menjadi pilihan masyarakat, Kedepan perlu dilakukan pembuatan desain kapal pengangkut sampah yang sesuai dengan parameter data yang telah dikumpulkan, pembuatan desain sistem penggerak dan pemesinan kapal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik Negeri Batam karena telah diberikan kesempatan untuk terus berkarya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Y. Prabawa, N. S. Adi, W. S. Pranowo, S. S. Sukoraharjo, B. G. Gautama, and I. R. Suhelmi, "Strategy on marine debris reduction in Indonesia: A review and recommendation," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 925, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/925/1/012027.
- [2] Badan Pusat Statistik, "Kota Batam Dalam Angka," Batam, 2025. [Online]. Available: batamkota.bps.go.id.
- [3] N. P. Purba *et al.*, "Marine debris in Indonesia: A review of research and status," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 146, no. May, pp. 134–144, 2019, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.05.057.
- [4] M. Anggoro, "Desain kapal 2- in- 1 pembersih sampah dan tumpahan minyak di perairan surabaya," ITSSurabaya, 2019.
- [5] Q. Kong, "Autonomous Vessel Design for Efficient Marine Debris Collection: A MATLAB Simulink and Arduino-Based Approach," *Sci. Technol. Eng. Chem. Environ. Prot.*, vol. 1, no. 5, 2024, doi: 10.61173/qcxhmx26.
- [6] E. Sugianto, J. Horng-Chen, and N. P. Purba, "Numerical investigation of conveyor wing shape type effect on ocean waste collection behavior," *E3S Web Conf.*, vol. 324, 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202132401005.
- [7] M. Fachrul, S. K. Nurtika, D. Teknik, K. Fakultas, and T. Universitas, "DESAIN KONSEPTUAL MINI-SHIP SEBAGAI PEMBERSIH SAMPAH DI," vol. 7, no. 1, pp. 70–77, 2025.
- [8] D. D. Buaidastuti and P. . Agustinus Bandur., *Validitas dan Reliabilitas Penelitian*. Jakarta: Mitra Wacana Media, 2010.
- [9] Ardiansyah, Risnita, and M. S. Jailani, "Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif," *J. IHSAN J. Pendidik. Islam*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2023, doi: 10.61104/ihsan.v1i2.57.
- [10] R. Taggart, "Design and Construction WRITTEN BY A GROUP O F AUTHORITIES," 1980.
- [11] J. Koto and Syafwan bin Anah, *Traditional Ship Production*. Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia, 2016.
- [12] John Harvey Evans, "Basic Design Concepts," *A.S.N.E. J.*, pp. 671–678, 1959.
- [13] S. L. Walczyk, "TRASH COLLECTION SKIMMER BOAT," US 2006/0065586 A1, 2006.
- [14] N. F. Adiba and H. A. Kurniawati, "Desain Trash Skimmer Amphibi-Boat di Sungai Ciliwung Jakarta," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 2–7, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16571.
- [15] A. E. Pratama and H. A. Kurniawati, "Desain Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat dengan Sistem Penggerak Paddle Wheel di Sungai Kalimas Surabaya," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, pp. 2–6, 2019, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.32187.
- [16] A. I. W. Wulandari, W. S. Setiawan, T. H. Hidayat, and A. F. Fauzi, "Desain Skimmer Boat (Kapal Pengambil Sampah) Daerah Perairan Sungai di Kalimantan Timur," *Wave J. Ilm. Teknol. Marit.*, vol. 14, no. 1, pp. 9–18, 2020, doi: 10.29122/jurnalwave.v14i1.4087.
- [17] Alamsyah and M. D. Nugroho, "Design of Catamaran Ship as Inland Waterways Transportation Mode in Mahakam River of," *J. Wave*, vol. 12, pp. 1–10, 2018.
- [18] F. Wahyu Wijaya, D. Chrismianto, and A. Wibawa Budi Santosa, "Studi Perancangan Trash Skimmer Boat Tipe Katamaran untuk Wilayah Perairan Wisata Pantai di Kabupaten Rembang," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 10, no. 2, pp. 10–20, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/nava1>.
- [19] R. Widad and E. Pranatal, "Perancangan kapal pembersih sampah (Trash skimmer) Untuk wilayah perairan Teluk Sumenep," *Semit. Ii*, vol. 2, no. 1, pp. 293–298, 2020.
- [20] A. R. Patta and I. Iskandar, "Prototype Robot Pemungut Sampah Berbasis Arduino Mega," *J. Rekayasa Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 2, p. 155, 2019, doi: 10.30872/jurti.v3i2.3475.
- [21] M. F. Wibowo, R. Dimas, E. Witjonarko, and A. Trisna, "Perencanaan Sistem Propulsi Elektrik Pada Fast Patrol Boat 28 Meter," *Proc. Conf. Mar.*, vol. 1, no. 4, pp. 22–25, 2023.
- [22] A. V. Matondang, "Analisa Design Dan Kajian Ekonomis Sistem Propulsi Elektrik Yang Ramah Lingkungan Pada Kapal Ikan 30 Gt," *Repository.Its.Ac.Id*, pp. 23,25-26,35-36, 2017, [Online]. Available: http://repository.its.ac.id/44713/1/4213100057-Undergraduate_Theses.pdf.
- [23] M. Muhammad, S. Heni, and A. Syarifuddin,

- “Perencanaan Sistem Propulsi Elektrik Pada Kapal Nelayan Madura,” *Jurnal Techno Bahari*, vol. 6, no. 2. pp. 1–14, 2019.
- [24] O. Yildiz, A. E. Yilmaz, and B. Gokalp, “State-of-the-art system solutions for unmanned underwater vehicles,” *Radioengineering*, vol. 18, no. 4, pp. 590–600, 2009.
- [25] T. Tuswan *et al.*, “Current research outlook on solar-assisted new energy ships: representative applications and fuel & GHG emission benefits,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1081, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1081/1/012011.
- [26] J. Sardi, A. B. Pulungan, R. Risfendra, and H. Habibullah, “Teknologi Panel Surya Sebagai Pembangkit Listrik Untuk Sistem Penerangan Pada Kapal Nelayan,” *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 7, no. 1, pp. 21–26, 2020, doi: 10.32699/ppkm.v7i1.794.
- [27] D. Paul, “A History of Electric Ship Propulsion Systems [History],” *IEEE Ind. Appl. Mag.*, vol. 26, no. 6, pp. 9–19, 2020, doi: 10.1109/MIAS.2020.3014837.
- [28] S. Karimi, M. Zadeh, and J. A. Suul, “Shore Charging for Plug-In Battery-Powered Ships: Power System Architecture, infrastructure, and Control,” *IEEE Electr. Mag.*, vol. 8, no. 3, pp. 47–61, 2020, doi: 10.1109/MELE.2020.3005699.