

Desain 3-in-1 *Workboat* (*Dredger-Fire Fighter-Crane Boat*) Wilayah Operasional Pelabuhan Pulau Baai, Provinsi Bengkulu

Ahmad Dioba Dwika Rizki dan Hesty Anita Kurniawati

Departemen Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: tita@na.its.ac.id

Abstrak—Pelabuhan Pulau Baai ialah salah satu pelabuhan yang ada di Indonesia, terletak di Provinsi Bengkulu dengan luas 120.000 ha. Alur pelayaran Pelabuhan Pulau Baai berpotensi mengalami pendangkalan setiap tahunnya dikarenakan pelabuhan ini menghadap langsung pada Samudra Hindia dan dipengaruhi oleh angin muson barat dan angin muson timur yang membawa sedimen berupa pasir. Selain itu, sebagai pelabuhan pengumpan yang menjadi bagian wilayah vital di Provinsi Bengkulu berbagai tindakan antisipasi terhadap kecelakaan menjadi hal yang penting, seperti apabila terjadi kebakaran kapal maupun terjadinya tumpahan minyak. Penelitian ini bertujuan melakukan analisis teknis desain kapal yang cocok untuk Pelabuhan Pulau Baai, Bengkulu. Oleh sebab itu akan didesain *workboat* yang dilengkapi dengan alat keruk dengan jenis *cutter suction dredger*, *fire fighter external system*, dan *crane boat* yang nantinya akan mengangkut *oil boom* ke atas kapal. *Payload* pada kapal ini ialah peralatan sistem keruk *cutter suction dredger* dengan kemampuan keruk 1088 m³/jam, peralatan *fire fighter* dengan notasi *FIFI 1*, *crane* SWL 3.6 ton dan *oil boom* seberat 1.4 ton dengan panjang 450 m. Hasil perhitungan analisis teknis dari 3-in-1 *workboat* menghasilkan ukuran utama panjang (L_{OA}) = 17.3 m; lebar (B) = 6.4 m; tinggi (H) = 1.8 m; sarat (T) = 0.9 m dan kecepatan (V_s) = 8 knot. Setelah itu dilakukan desain Gambar Rencana Garis, Gambar Rencana Umum, dan Model 3D dengan biaya pembangunan kapal sebesar Rp. 3.054.761.397, dan biaya operasional Rp. 433.183.439/tahun.

Kata Kunci—3-in-1 *Workboat*, *Crane Boat*, *Dredger*, *Fire Fighter*, Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu.

I. PENDAHULUAN

PELABUHAN Pulau Baai, Bengkulu ialah salah satu pelabuhan yang ada di Indonesia, terletak di Provinsi Bengkulu dengan luas kurang lebih 3.000 ha. Alur pelayaran pada Pelabuhan Pulau Baai memiliki panjang 2.300 m dan lebar 60 m [1]. Pelabuhan Pulau Baai ini menjadi salah satu pelabuhan cabang PT. Pelabuhan Indonesia II atau biasa dikenal dengan nama lain *Indonesia Port Corporation* (IPC) yang kemudian menjadikan pelabuhan ini sebagai pelabuhan pengumpan [2]. Pelabuhan pengumpan itu sendiri ialah pelabuhan yang fungsi pokoknya melayani kegiatan angkutan laut dalam negeri, alih muat angkutan laut dalam negeri, dalam jumlah terbatas, merupakan pengumpan bagi Pelabuhan Utama dan Pelabuhan Pengumpul, dan sebagai tempat asal tujuan penumpang dan/atau barang, serta angkutan penyeberangan dengan jangkauan pelayanan dalam provinsi [3].

Pelabuhan Pulau Baai berpotensi selalu mengalami pendangkalan pada alur pelayaran yang diakibatkan sedimentasi berupa pasir yang terbawa oleh angin, arus air laut, pasang surut, gelombang dan aktivitas pelabuhan yang

mana Pelabuhan Pulau Baai ini menghadap langsung dengan Samudra Hindia. Selain itu pelabuhan ini juga menghadapi angin muson barat dan timur yang mengakibatkan terjadinya pendangkalan setiap tahunnya [4].

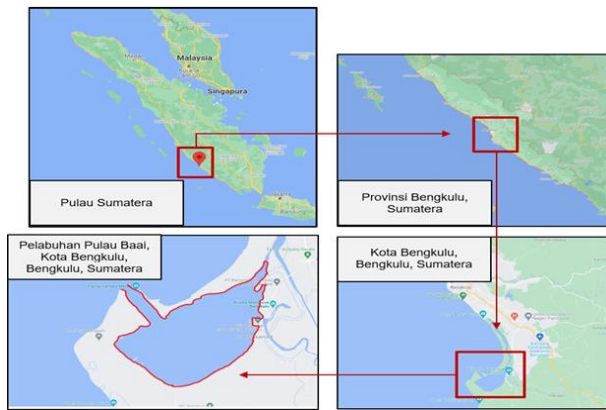
Selain itu sebagai salah satu wilayah vital di Bengkulu yang digunakan sebagai satu-satunya jalur pengangkutan laut [2]. Oleh karena itu, diperlukannya berbagai tindakan antisipasi apabila terjadinya keadaan yang tidak diinginkan seperti kebakaran ataupun kapal bocor yang menyebabkan tumpahan minyak di area pelabuhan. Dalam survei kecelakaan kapal, kebakaran kapal menjadi salah satu yang menyebabkan kerugian terbesar yang mana 25% kerugian akibat kecelakaan kapal diakibatkan kebakaran dan lebih dari 50% korban jiwa pada kecelakaan kapal disebabkan oleh kebakaran [5].

Bedasarkan permasalahan diatas, dibutuhkan kapal yang dapat melakukan operasional dalam proses pengerukan sedimen sebagai penyebab pendangkalan alur pelayaran pelabuhan, serta kejadian kecelakaan di area pelabuhan seperti kebakaran dan tumpahan minyak akibat kapal bocor atau hal sebagainya. Untuk itu dalam penelitian ini akan didesain kapal pengeruk dengan sistem keruk *cutter suction dredger*, *fire fighter external system*, serta *crane* yang mengangkut *oil boom* ke atas *deck* kapal, yang mana perhitungan pemilihan tersebut menyesuaikan dengan kondisi Pelabuhan Pulau Baai. Dengan dibangunnya kapal ini, diharapkan mampu mengatasi pendangkalan akibat sedimentasi, membantu proses pemadaman kebakaran dan melakukan pelokalisiran tumpahan minyak di Pelabuhan Pulau Baai, Bengkulu.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Tinjauan Wilayah

Pelabuhan Pulau Baai berada sekitar 20 km dari pusat kota Bengkulu, seperti pada Gambar 1. dengan titik koordinat geografis 102° 16' 00" – 102° 18' 30" BT dan 03° 53' 00" – 03° 55' 30" LS dengan luas perairan luar 2.183,47 ha dan perairan dalam 1.000 ha [2]. Pelabuhan ini menjadi Pelabuhan Pengumpan yang didasarkan pada Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 898 Tahun 2016. Kendala yang dialami oleh pelabuhan ini setiap tahunnya ialah alur pelayaran yang selalu mengalami pendangkalan diakibatkan oleh transport sedimentasi yang mengakibatkan memerlukan biaya pengerukan rutin dengan biaya yang relatif besar dengan melakukan penyewaan kapal keruk sebagai Pengumpan menjadikan Pelabuhan Pulau Baai ini wilayah penunjang operasional pelabuhan.



Gambar 1. Lokasi Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu.

Tabel 1. Karakteristik Daerah Operasional

Data	Niali	Satuan	Keterangan
Jenis Perairan			Air Asin/ Air Laut
Luas	3.000	ha	
Kedalaman	7,6-10	m	
Jenis Sedimen			Pasir Basah
Tinggi Sedimen	2.29	m	Perhitungan

Sebagai Pelabuhan vital yang merupakan satu satunya jalur pengangkutan laut. Berbagai tindakan antisipasi terhadap kecelakaan kerja dilapangan menjadi salah satu kegiatan wajib yang ada, untuk menghindari kerugian yang besar dimasa yang akan datang seperti kebakaran dan tumpahan minyak dari kapal tanker yang masuk ke Pelabuhan Pulau Baai, Bengkulu [2].

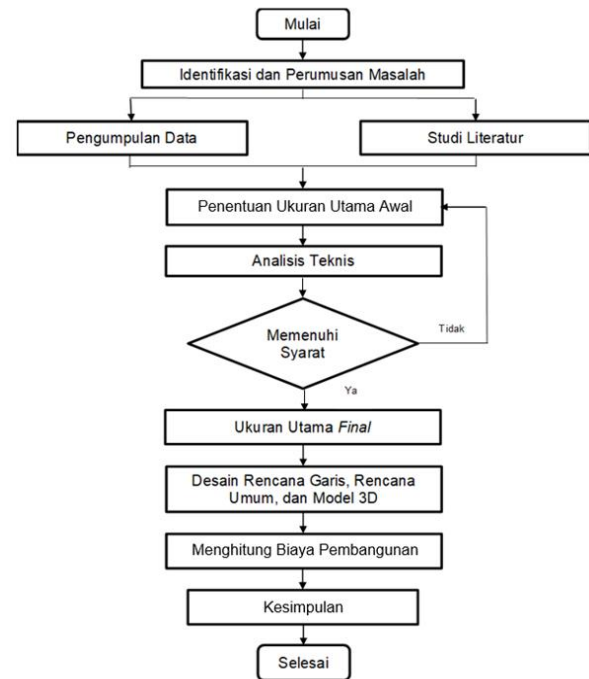
B. Workboat

Workboat atau biasa juga disebut dengan kapal kecil, merupakan pengertian umum dari *service craft* yang mana masuk dalam sekup Kelas kecuali kapal pesiar dan kapal amphi. Workboat mencakup berbagai pengoperasian baik di sungai, pelabuhan dan laut. Terdapat banyak kegiatan yang dapat dilakukan oleh workboat yaitu sebagai kapal survey, kapal pancing, pemulihan tumpahan minyak, line handling, kapal untuk menyelam, dan berbagai pengoprasian lainnya [6].

C. Kapal Keruk (Dredger)

Kapal keruk (*dredger*) merupakan kapal yang memiliki peralatan khusus untuk melakukan kegiatan pengerukan yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan, baik dari pelabuhan, alur pelayaran, ataupun industri lepas pantai sehingga dapat membantu lancarnya operasional dalam wilayah kerjanya [7]. Pengerukan sendiri memiliki pengertian sederhana yaitu penggalian tanah, lumpur, dan bebatuan, dengan proses yang terdiri dari penggalian, pengangkutan, dan pembuangan hasil kerukan [8].

Pekerjaan pengerukan (*dredging*) dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu pengerukan awal (*capital dredging*) dan pengerukan perawatan (*maintenance dredging*) [9]. Selain itu alat keruk yang digunakan pada kapal keruk dilengkapi dengan *barge*, baik menjadi satu kesatuan dengan kapal keruk maupun terpisah. Jenis kapal keruk dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu alat kerja keruk tipe hidrolis dan alat kerja keruk tipe mekanis [10-11].



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian.

D. Fire Fighter

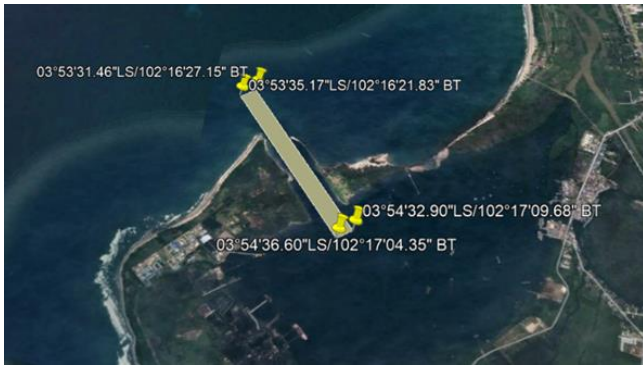
Fire fighter system atau sistem pemadam kebakaran sepenuhnya memiliki peran dan fungsi yang sangat penting untuk memadamkan kebakaran, baik itu pada kapal terbakar maupun lainnya. Tujuan dari sistem ini ialah apabila terjadi kebakaran pada kapal atau lain sebagainya dapat dipadamkan dengan segera. Sebuah survei mengenai kecelakaan kapal mengklasifikasikan penyebab kecelakaan kapal dengan kategori kandas dan kebakaran, meski masih ada penyebab-penyebab lainnya yang dianggap juga bisa membahayakan keselamatan kapal serta penumpangnya. Survei tersebut menyebutkan bahwa hampir 25% kerugian akibat kecelakaan kapal disebabkan oleh kebakaran dan lebih dari 50% korban jiwa pada kecelakaan kapal disebabkan oleh kebakaran [5].

E. Crane Boat

Crane boat merupakan salah satu jenis kapal kecil yang mengaplikasikan crane di atas deck kapal. Crane sendiri merupakan salah satu pesawat pengangkat dan pemindah material yang bekerja dengan prinsip kerja tali. Crane berfungsi sebagai alat berat (*heavy equipment*) memiliki bentuk dan kemampuan angkat yang besar dan mampu berputar hingga 360 derajat dan jangkauan yang luas sesuai dengan ukurannya. Crane digunakan untuk angkat muatan secara vertikal dan gerak kearah horizontal bergerak secara bersama menurunkan muatan ke tempat yang telah ditentukan dengan mekanisme pergerakan crane secara dua derajat kebebasan.

F. Oil Boom

Oil boom merupakan alat pelokalisir tumpahan minyak berfungsi untuk mengatur area tumpahan minyak sebelum tumpahan minyak tersebut dibersihkan. Oil boom menjadi salah satu peralatan yang wajib dimiliki setiap pelabuhan untuk mencegah pencemaran lebih lanjut apabila terjadinya tumpahan minyak [12].



Gambar 3. Lokasi Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu.

Tabel 4.

Rekapitulasi Kedalaman Alur Pelayaran

Tahun	Tinggi Sedimentasi		Kedalaman	
2019	7.00	m	3.00	m
2020	5.90	m	4.10	m
2021	0.10	m	9.90	m
2022	2.40	m	7.60	m
2023	2.80	m	7.20	m
2024	1.77	m	8.20	m
2025	2.32	m	7.70	m
2026	2.30	m	7.70	m

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bagan Alir

Bagan alir atau diagram alir pengerjaan menggambarkan tahapan yang akan dilaksanakan secara singkat dan padat. Bagan alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

B. Tahap Pengerjaan

Adapun tahapan-tahapan yang dilalui dalam penelitian ini, adalah dengan identifikasi dan perumusan masalah, yaitu mengidentifikasi dan merumuskan masalah di Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu menjadi tahapan pertama dalam pengerjaan penelitian ini yaitu kebutuhan kapal *dredger*, *fire fighter*, dan juga *crane boat*. Tahap berikutnya adalah studi literatur, yaitu dilakukan pembelajaran dan pengumpulan teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan pada penelitian ini. Baik teori desain kapal, tinjauan wilayah, kapal *dredger*, *fire fighter*, serta *crane boat*. Tahap ketiga adalah pengumpulan data dimana menggunakan metode pengumpulan data secara tidak langsung (sekunder). Data ini diperoleh dari berbagai literatur, *paper*, buku, internet, serta instansi-instansi terkait yaitu Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu dan PT Pelindo II Cabang Bengkulu.

Penentuan *payload* menjadi tahap keempat dan dilakukan dengan memperhitungkan berat dari mesin dan *outfitting* sistem keruk, *oil boom*, *crane*, serta sistem *fire fighting* yang kemudian dilanjutkan dengan penentuan ukuran utama awal kapal. Tahapan setelah didapatnya ukuran utama dilanjutkan dengan analisis teknis, tahapan ini dilakukannya pengolahan data-data yang diperoleh untuk melakukan perhitungan yang sesuai dengan aspek teknis desain kapal. Perhitungan aspek teknis desain kapal dilakukan setelah didapatkannya ukuran utama kapal yang kemudian dilanjutkan perhitungan rasio-rasio kapal, koefisien utama kapal, komponen DWT dan LWT, pemeriksaan *trim*, stabilitas, *freeboard*, dan pemeriksaan kesesuaian volume yang dibutuhkan. Setelah

Tabel 2.
Ukuran Utama Kapal

Nama	Ukuran	Satuan
<i>Length Overall</i> (L_{oA})	17.30	m
<i>Length between Perpendicular</i> (L_{pp})	17.00	m
<i>Breadth</i> (B)	6.40	m
<i>Height</i> (H)	1.80	m
<i>Draught</i> (T)	0.90	m
<i>Service Speed</i> (V_s)	8.00	knot

Tabel 3.
Perbandingan Ukuran Utama Kapal

Perbandingan Ukuran Utama dengan Kapal <i>Workboat</i>						
L/B	=	2.7	»	2.0	$\leq L/B \leq$	3.5
L/T	=	18.9	»	9.6	$\leq L/T \leq$	24.4
B/T	=	7.1	»	4.3	$\leq B/T \leq$	11.9
B/H	=	3.6	»	2.9	$\leq B/H \leq$	5.6
Perbandingan Ukuran Utama dengan Kapal <i>Dredger</i>						
L/B	=	2.7	»	2.7	$\leq L/B \leq$	4.7
L/T	=	18.9	»	12.8	$\leq L/T \leq$	29.9
B/T	=	7.1	»	4.7	$\leq B/T \leq$	7.6
B/H	=	3.6	»	2.8	$\leq B/H \leq$	4.0

didapatkan ukuran utama kapal dilanjutkan pada tahap mendesain model kapal atau membuat gambar *lines plan*, *general arrangement*, dan *3D model*. Berikutnya adalah melakukan penghitungan biaya pembangunan dan biaya operasional dari kapal yang didesain. Tahap terakhir adalah merangkum hasil analisis dan menjawab tujuan yang telah ditetapkan diawal penyusunan penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tinjauan Lokasi

Tinjauan lokasi sangat berpengaruh dalam mendesain kapal yang tepat guna sehingga perlu diketahui karakteristik daerah operasional Pelabuhan Pulau Baai, Bengkulu. Karakteristik Pelabuhan Pulau Baai dapat dilihat pada Tabel 1. Pemilihan daerah operasional pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu daerah operasional untuk pengerukan dan daerah operasional *fire fighter* dan *crane boat*. Pemilihan daerah operasional untuk pengerukan mengacu pada keputusan direktur jenderal perhubungan laut tentang persetujuan kepada PT. Pelabuhan Indonesia II cabang Bengkulu untuk melaksanakan kegiatan keruk di wilayah perairan DLKr/DLKp Pelabuhan Pulau Baai Provinsi Bengkulu dengan koordinat pengerukan yang dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** dan untuk operasional *fire fighter* dan *crane boat* mencakup seluruh wilayah Pelabuhan Pulau Baai, Bengkulu.

Penentuan pola operasional kapal dilakukan dengan cara melihat hasil pemilihan daerah operasional. Operasional kapal dilakukan seminggu sekali dan akan dimulai dari dermaga ke daerah pengerukan dengan kecepatan 8 knot dengan estimasi waktu 5 menit dan akan melaksanakan pengerukan dengan estimasi waktu 365 menit. Proses operasional kapal akan menggunakan *floating pipe* dari *discharge pipe* ke *dumping area* yang telah ditentukan di sebelah kanan alur pelayaran sebagai kegiatan reklamasi bertujuan untuk pencegahan abrasi yang dapat memengaruhi

Tabel 5.
Koefisien Bentuk Badan Kapal

Nama	Nilai	Satuan
<i>Froud Number</i> (Fn)	0.319	
Koefisien <i>Block</i> (C _B)	0.798	
Koefisien <i>Midship</i> (C _M)	0.990	
Koefisien <i>Waterplan</i> (C _{WP})	0.922	
Koefisien <i>Prismatic</i> (C _P)	0.814	
<i>Volume Displacement</i> (V)	77.0	m ³
<i>Displacement</i> (Δ)	78.9	ton

Tabel 6.
Konstanta Daya Mesin

Konstanta	Nilai	Satuan
<i>Effective Horse Power</i> (EHP)	80.254	kW
<i>Thrust Horse Power</i> (THP)	73.667	kW
<i>Delivered Horse Power</i> (DHP)	136.673	kW
<i>Shaft Horse Power</i> (SHP)	139.462	kW
<i>Brake Horse Power</i> (BHP)	142.308	kW
<i>Komponen Berat</i>	Berat	Satuan
<i>Berat DWT</i>	2.23	ton
<i>Berat LWT</i>	73.56	ton
<i>Total DWT+LWT</i>	75.79	ton
<i>Total DWT+LWT</i> 75.79	Displacement 78.9	Koreksi 6.29%

ketinggian gelombang yang ada di dalam kolam labuh Pelabuhan Pulau Baai, Bengkulu.

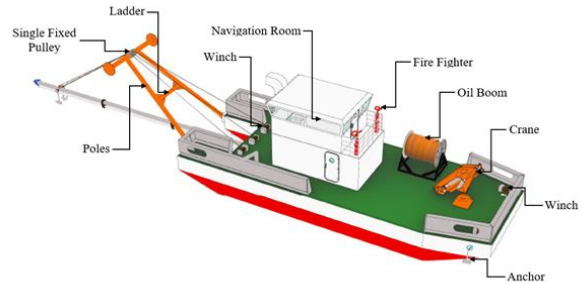
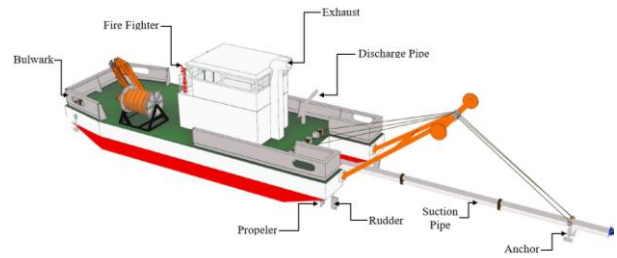
B. Penentuan Payload

Penentuan *payload 3-in-1 workboat (dredger-fire fighter-crane boat)* dibagi menjadi tiga, yaitu menentukan peralatan keruk, peralatan *fire fighter*, *crane* dan *oil boom*. Peralatan keruk yang digunakan ialah peralatan yang ada pada *cutter suction dredger*. Untuk kinerja mesin keruk yang digunakan juga memperhatikan data laju sedimentasi yang didapatkan dari tahun 2019 – 2022 dari PT. Pelindo II Cabang Bengkulu. Kemudian data mengenai sedimentasi yang didapatkan diproyeksikan ke tahun-tahun selanjutnya. Sehingga dapat dilakukan proyeksi target pengerukan yang akan dilakukan oleh kapal yang didesain yaitu pada tahun 2026, dapat dilihat pada Tabel 2.

Setelah mendapatkan data mengenai tinggi sedimen pada tahun 2026 kemudian dilakukan perhitungan mengenai laju sedimen perharinya yang sebesar 868 m³/hari. Kemudian dengan diketahuinya tingkat laju sedimentasi yang terjadi setiap harinya maka didapatkanlah spesifikasi mesin pompa pengerukan dan peralatan penunjang lainnya yang optimal dalam kegiatan pengerukan ini.

Penentuan *crane* yang akan diaplikasikan pada *workboat* yang akan didesain pada penelitian ini sebelumnya diperhitungkan untuk membantu penanganan tumpahan minyak menggunakan *oil boom* yang diangkut diatas *workboat*. Dengan menggunakan *oil boom* seberat 1.369,5 kg maka didapatkanlah jenis *crane* dengan memperhatikan SWL (*Safety Working Load*) sebesar 80% dengan kemampuan maksimum 3,6 ton.

Penentuan sistem *fire fighter* atau notasi kelas *FIFI* yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada notasi kelas *FIFI* pada kapal yang telah beroperasi di Pelabuhan Pulau Baai, yaitu dengan notasi Kelas *FIFI 1* dengan total berat komponen 1,26 ton.



Gambar 1. 3D Model.

Penentuan sistem *fire fighter* atau notasi kelas *FIFI* yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada notasi kelas *FIFI* pada kapal yang telah beroperasi di Pelabuhan Pulau Baai, yaitu dengan notasi Kelas *FIFI 1* dengan total berat komponen 1,26 ton.

C. Penentuan Ukuran Awal Kapal

Penentuan ukuran awal kapal dapat ditentukan dari data perhitungan *payload* yang telah dilakukan. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat ditentukan nilai ukuran utama kapal yang dimuat dalam Tabel 3.

D. Penghitungan Analisis Teknis Kapal

Penghitungan analisis teknis kapal melalui beberapa tahapan, berupa:

1) Pengecekan Rasio Ukuran Utama Kapal

Pengecekan rasio dilakukan setelah didapatnya ukuran utama kapal berdasarkan perbandingan kapal-kapal sejenis yang telah di regresi. Kapal-kapal yang dibandingkan berupa kapal *dredger* dan juga kapal *workboat* seperti pada Tabel 4.

2) Penentuan Sistem Propulsi Kapal

Dalam penentuan sistem propulsi kapal, dipilih *inboard engine* dikarenakan daya yang dibutuhkan oleh kapal yang besar. Untuk propeler yang digunakan yaitu *twin-screw propulsion system* disebabkan bagian lambung buritan terbagi menjadi dua yang berfungsi untuk penempatan *suction pipe* sebagai alat pengerukan.

3) Penghitungan Koefisien Bentuk Badan Kapal

Perhitunagn koefisien bentuk badan kapal dilakukan secara matematis yang memperoleh nilai sebagai mana pada **Error! Reference source not found.**

4) Penghitungan Hambatan

Penghitungan Hambatan pada penelitian ini menggunakan perhitungan secara matematis dengan hambatan total pada kecepatan 8 knot sebesar $R_t = 19.500,055 \text{ N}$.

Tabel 8.
Perhitungan Trim

Kondition		Trim (m)	Condition	Status
Oil Boom%	Consumable %			
0	0	0.066	Trim by Stern	Diterima
0	10	0.009	Trim by Stern	Diterima
0	100	0.058	Trim by Stern	Diterima
100	10	-0.047	Trim by Bow	Diterima
100	100	-0.001	Trim by Bow	Diterima

Tabel 9.
Perhitungan Stabilitas

Condition		GM (m)	H _{30°} (m)	E _{0,30°} (m)	Status
Oil Boom%	Consumable %				
0	0	4.379	1.464	29.181	Diterima
0	10	4.974	1.839	34.162	Diterima
0	100	5.193	1.908	35.488	Diterima
100	10	4.823	1.819	34.606	Diterima
100	100	5.027	1.889	35.988	Diterima

5) Penghitungan Daya Mesin

Sebagai dasar penentuan dalam memilih mesin utama yang sesuai dengan kapal yang didesain, perhitungan daya mesin sebagai acuannya. Terdapat beberapa konstanta dalam perhitungan daya mesin yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Koefisien Bentuk Badan Kapal

Nama	Nilai	Satuan
Froude Number (Fn)	0.319	
Koefisien Block (C _B)	0.798	
Koefisien Midship (C _M)	0.990	
Koefisien Waterplan (C _{WP})	0.922	
Koefisien Prismatic (C _P)	0.814	
Volume Displacement (V)	77.0	m ³
Displacement (Δ)	78.9	ton

Tabel 6.

Maximum Continuous Rating (MCR) dihitung melalui penambahan Power Service Margin sebesar 15% untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan. MCR dari hasil perhitungan didapatkan 156.54 kW. kapal yang didesain direncanakan menggunakan 2 mesin, sehingga satu mesin dibutuhkan daya sebesar 78.27 kW.

6) Penghitungan Berat Kapal

Penghitungan berat kapal dibagi menjadi dua yaitu Dead Weight Tonnage (DWT) dan Light Weight Tonnage (LWT). Adapun untuk komponen dari DWT yaitu berat kru kapal, fuel oil untuk engine dan generator, lube oil dan berat oil boom, sedangkan untuk LWT yaitu berat lambung kapal, geladak kapal, ruang navigasi, bulwark dan railing, equipment dan outfitting, permesinan, FIFI, dan crane.

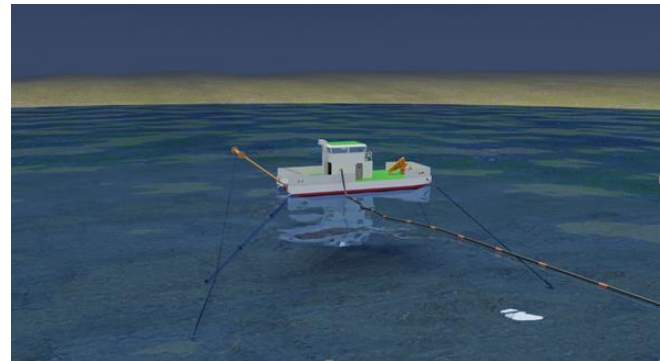
Dalam melakukan perhitungan konstruksi kapal berpedoman pada rules dari Biro Klasifikasi Indonesia Volume II Rules for Hull. Serta untuk margin displacement digunakan 2-10% yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Koefisien Bentuk Badan Kapal

Nama	Nilai	Satuan
Froude Number (Fn)	0.319	
Koefisien Block (C _B)	0.798	
Koefisien Midship (C _M)	0.990	
Koefisien Waterplan (C _{WP})	0.922	
Koefisien Prismatic (C _P)	0.814	
Volume Displacement (V)	77.0	m ³
Displacement (Δ)	78.9	ton

Tabel 7.
Ukuran Utama Kapal.

Nama	Ukuran	Satuan
Length Overall (L _{OA})	17.30	m
Length between Perpendicular (L _{PP})	17.00	m
Breadth (B)	6.40	m
Height (H)	1.80	m
Draught (T)	0.90	m
Service Speed (V _S)	8.00	knot



Gambar 5. Ilustrasi Proses Dredging.

Tabel 6.

7) Penghitungan Trim

Perhitungan trim digunakan untuk mengetahui nilai kemiringan kapal pada kondisi tertentu (loadcase). Perhitungan trim mengikuti ketentuan SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Regulasi 5-1, dengan trim maksimum dalam penelitian ini ± 0.085 m. Loadcase yang digunakan terbagi menjadi lima dengan komponen oil boom dan consumables dengan masing masing nilai 0%, 10% dan 100%. Kondisi tersebut dilakukan perhitungan trim dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 7.

8) Penghitungan Freeboard

Dalam perhitungan freeboard mengacu pada Rules for The Towing Survey of Barges and Tugboats, menggunakan nilai K= 0.8L yang kemudian diperoleh nilai minimal dari freeboard sebesar 0.15 m. Sedangkan nilai freeboard dari kapal yang didesain sebesar 0.9 m. Dengan nilai freeboard kapal yang didesain lebih besar dari freeboard yang di syaratkan dapat disimpulkan freeboard telah memenuhi.

9) Penghitungan Stabilitas Kapal

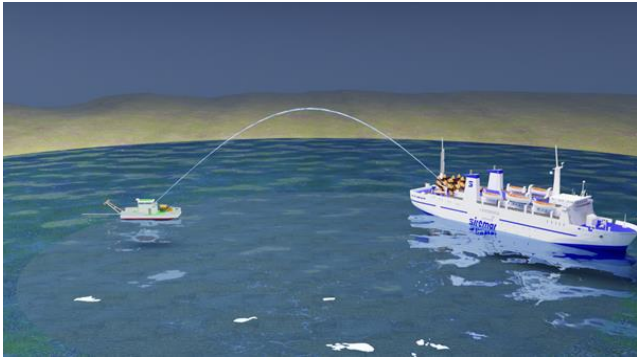
Penghitungan stabilitas kapal dengan kriteria yang mengacu pada Germanischer Lloyd Part 3 Section 5.C. perhitungan yang dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**

E. Penentuan Ukuran Utama Kapal

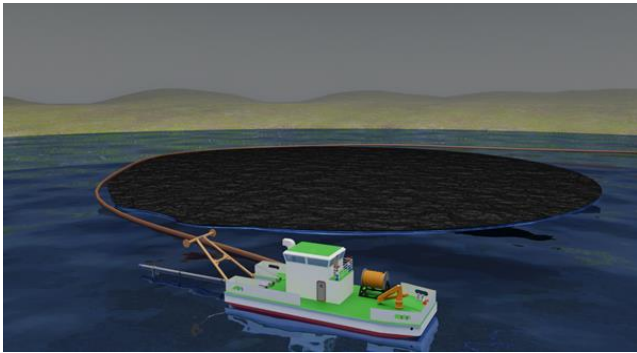
Penentuan ukuran utama kapal dapat ditentukan dari data perhitungan payload yang telah dilakukan. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat ditentukan nilai ukuran utama kapal yang dapat dimuat oleh Tabel 9.

F. Desain Rencana Garis (Lines Plan)

Desain rencana garis atau lines plan merupakan gambaran dari bentuk badan kapal yang dipotong secara melintang (body plan), vertikal memanjang (sheer plan), dan horizontal memanjang (half-breadth plan). Selain itu, dilengkapi dengan tabel ordinate of height above baseline (biasanya diletakan di sebelah kiri gambar body plan) dan tabel ordinate



Gambar 6. Ilustrasi Semburan FIFI.



Gambar 7. Ilustrasi Proses Melokalisir Tumpahan Minyak.

of half breadth (biasanya diletakan di sebelah kanan gambar body plan).

G. Desain Rencana Umum (General Arrangement)

Desain rencana umum merupakan gambaran tata letak ruangan dan peralatan serta perlengkapan kapal dengan mempertimbangkan fungsi dan titik berat karena akan berpengaruh pada stabilitas, baik secara memanjang (*trim*) maupun melintang kapal. Dalam pembuatan gambar rencana umum ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Hal pertama yang perlu diperhatikan ialah mengenai jarak gading kapal. Serta gambar ini menjelaskan secara detail mengenai pandangan *profile view*, *main deck*, dan *bottom*.

H. Desain 3D Model

Desain model 3D pada Gambar 4 kapal merupakan gambaran nyata dari desain rencana garis dan rencana umum. Desain ini berguna untuk mempermudah dalam memvisualisasikan bentuk kapal. Selain itu juga mengilustrasikan saat kapal beroperasi melakukan *dredging* seperti yang ditunjukkan oleh **Error! Reference source not found.**, melakukan pemadaman kebakaran yang ditunjukkan Gambar 6, serta melokalisir tumpahan minyak di pelabuhan yang digambarkan pada **Error! Reference source not found.**

V. BIAYA PEMBANGUNAN DAN OPERASIONAL

A. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal

Perhitungan biaya pembangunan kapal dengan memperhitungkan biaya baja kapal dan elektroda, biaya permesinan kapal, dan biaya *equipment* dan *outfitting* kapal sebesar Rp. 1,897,367,327.31. Selain itu biaya pembangunan tersebut ditambahkan dengan biaya koreksi keadaan ekonomi dan inflasi. Dengan total biaya Rp. 3,054,761,397.

B. Perhitungan Biaya Operasional

Perhitungan biaya operasional kapal terdiri dari tiga bagian perhitungan yaitu *maintenance cost*, biaya gaji *crew*, dan biaya bahan bakar. Biaya *maintenance cost* diasumsikan 2% dari total biaya pembangunan kapal sebesar Rp. 61.095.228/tahun [13]. Biaya gaji *crew* diperhitungkan dengan acuan UMP Bengkulu tahun 2022 dengan total biaya sebesar Rp. 80.571.385/tahun. Biaya bahan bakar disesuaikan dengan kebutuhan operasional kapal yang dilaksanakan seminggu satu kali dengan memperhitungkan biaya bahan bakar *main engine* dan *auxiliary engine* sebesar Rp. 291.516.826/tahun. Dengan biaya operasional total pertahun sebagai Rp. 433,183,439.

VI. KESIMPULAN

Setelah dilakukan berbagai proses berupa studi literatur, pengumpulan data, tahapan desain dengan analisis teknis serta perhitungan biaya pembangunan dan operasional, maka didapatkanlah kesimpulan dari penelitian ini ialah: (1) *Operational scheme* dari 3-in-1 *workboat* melakukan pengerukan di area alur pelayaran, serta untuk fungsi *fire fighter* dan penurunan *oil boom* dilakukan hanya ketika keadaan *emergency*. Kapal akan beroperasi sebanyak satu kali dalam seminggu untuk kegiatan pengerukan dan akan menggunakan *barge* sebagai tempat penampung sementara saat kapal melakukan pengerukan dengan cara ditransfer langsung dari *discharge pipe* ke *barge*. (2) *Payload* dari 3-in-1 *workboat* berdasarkan hasil analisis dari data diperoleh *payload* yang dibagi menjadi tiga yaitu peralatan sistem keruk *cutter section dredger* dengan berat 8.22 ton, peralatan *fire fighter* notasi kelas FIFI 1 dengan berat komponen 1.26 ton, *crane* dan *oil boom* dengan berat masing masing 1.71 ton dan 1.37 ton. (3) Ukuran utama kapal yang diperoleh untuk 3-in-1 *workboat* yaitu: *Length Overall* (L_{OA}) sepanjang 17.3 m, *Length Between Perpendicular* (L_{PP}) sepanjang 17.0 m, *Breadth* (B) sepanjang 6.4 m, *Height* (H) sepanjang 1.8 m, *Draught* (T) sepanjang 0.9 m, *Service Speed* (V_s) sepanjang 8 knot. (4) Berdasarkan analisis teknis yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut: (a) *Freeboard* dari kapal adalah 0.9 m, sehingga lebih besar dari syarat minimum yaitu 0.15 m sehingga kondisi *freeboard* diterima. (b) Batasan untuk *trim* pada kapal yaitu 0.085 m dengan hasil perhitungan *trim* telah memenuhi persyaratan sesuai *SOLAS Chapter II-1 Part B-I, Regulasi 5-1*. (c) Hasil perhitungan stabilitas telah memenuhi persyaratan sesuai *Germanischer Lloyd Chapter 3 Section 5.C*. (5) Kapal yang didesain memiliki konfigurasi sistem *dredger*, *fire fighter*, *crane boat* sebagai alat operasional. Untuk keperluan pengerukan menggunakan sistem *cutter section dredger*, keperluan *fire fighter* menggunakan notasi kelas FIFI 1, *crane* yang didesain memenuhi tujuan untuk mengangkat *oil boom*. (6) Didapatkan gambar *Linesplan*, *General Arrangement*, dan model 3D kapal. (7) Biaya pembangunan dan operasional dari 3-in-1 *workboat* berdasarkan hasil perhitungan yang direncanakan dapat dibangun dengan biaya pembangunan Rp. 3,054,761,397, dan biaya operasional Rp. 433,183,439/tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bagian Lalu Lintas dan Angkutan Laut Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu serta fasilitator PT. Pelindo II Cabang Bengkulu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supiyati, Suwarsono, and I. Setiawan, "Angkutan sedimen penyebab pendangkalan pelabuhan Pulau Baai Bengkulu dengan metode diskritisasi dinamika oseonografi," *Din. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 2, pp. 172–180, 2011,
- [2] H. Hamdani, "Kajian teknologi sand by passing penanggulangan sedimentasi dan erosi Pantai Bengkulu (Pelabuhan Pulau Baai)," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 19, no. 1, pp. 77–87, 2014, doi: <https://doi.org/10.14710/mkts.v19i1.7837>.
- [3] Kementerian. Perhubungan, *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 57 Tahun 2020 Tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 51 Tahun 2015 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Laut*. Jakarta: Kementerian Perhubungan, 2020.
- [4] A. P. Nasution and A. Kartohardjono, "Pengerukan pemeliharaan alur pelayaran pelabuhan Pulau Baai Bengkulu dengan sistim sand by passing," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2019, pp. 1–10, [Online]. Available: jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek.
- [5] Z. Ariany, "Riset aplikasi keselamatan kebakaran di kapal," *Gema Teknol.*, vol. 16, no. 2, pp. 90–92, Apr. 2011, doi: [10.14710/gt.v16i2.22133](https://doi.org/10.14710/gt.v16i2.22133).
- [6] M. A. Fudholi, "Perencanaan Workboat Sederhana Untuk Pengecekan Sarat Kapal," Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 2011.
- [7] F. Azka, "Perancangan Plain Suction Dredger Untuk Alur Muara Sungai Sambong, Batang, Jawa Tengah," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2014.
- [8] W. Widodo, "Analisis Teknis dan Ekonomis Pengadaan Kapal Keruk yang Sesuai untuk Pelabuhan Trisakti Banjarmasin," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2002.
- [9] A. D. Majid and H. A. Kurniawati, "Desain amphibious dredger untuk pengerukan Sungai Porong Sidoarjo di daerah buangan Lumpur Lapindo," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, pp. 127–132, 2018, [Online]. Available:
- [10] T. W. A. for W. T. Infrastructure, *Classification of Soils and Rock for The Maritime Dredging Process*. Belgium: PIANC Secrétariat Général, 2017.
- [11] British Standards Institution, "Part 5: Code of Practice for Dredging and Land Reclamation," in *Maritime Structures*, London: British Standards Institution, 1991.
- [12] Menteri Perhubungan, *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 58 Tahun 2013 Tentang Penanggulangan Pencemaran di Perairan dan Pelabuhan*. Jakarta: Kementerian Perhubungan, 2013.
- [13] D. G. M. Watson, *Practical Ship Design*. London: Elsevier Science, 1988.