Studi Perancangan *Trash-Skimmer Boat* di Perairan Teluk Jakarta

Arifin Gustian Pramoko, Hesty Anita Kurniawati
Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: tita@na.its.ac.id

***Abstrak*—Tidak tertanganinya sampah yang setiap hari memenuhi perairan Teluk Jakarta menjadi latar belakang dari dilakukannya studi ini. Penelitian ini bertujuan menghasilkan sebuah desain kapal kerja pengumpul sampah yang tersebar di perairan laut khususnya perairan Teluk Jakarta dengan luas area 285 km^2. Proses desain diawali dengan penentuan ukuran utama menggunakan metode optimasi, lalu peralatan geladak dan kapasitas muatan ditentukan dengan metode *design layout*. Konfigurasi peralatan geladak dan sistem bongkar-muat dibuat berdasarkan kebutuhan dan jumlah sampah yang terdapat di Teluk Jakarta. Dengan mengasumsikan bahwa luasan wilayah yang ditinjau sebagai rute yang harus ditempuh kapal, maka didapatkan jumlah kapal dalam armada agar semua sampah terapung dapat terangkut. Desain yang optimum didapatkan melalui metode optimasi dengan variabel, parameter, dan *constraints* yang telah ditentukan. Yakni berukuran L = 12,497 m, B = 6 m, H = 2 m, T = 1,124 m. Selanjutnya dari ukuran utama yang diperoleh ini dibuat *linesplan* dan *general arrangements* sesuai dengan konfigurasi peralatan bongkar muatnya.**

***Kata Kunci— catamaran, conveyor, skimmer, Teluk Jakarta*.**

I. PENDAHULUAN

DATA dari Dinas Kebersihan Jakarta menunjukkan bahwa jumlah sampah yang dihasilkan masyarakat ibu kota saat ini mencapai 27.996 m^3 per hari, dengan kenaikan rata-rata 5% setiap tahunnya. Sekitar 25.925 m^3 sampah diangkut oleh 757 truk untuk dibawa ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Sedangkan sisanya sebanyak 2.041 m^3 yang tidak terangkut ini tersebar di muara-muara sungai, pelabuhan dan teluk di sekitar perairan kepulauan seribu [1].

Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Jakarta Utara menyatakan bahwa setiap hari minimal terdapat 14 ribu meter kubik sampah yang memenuhi areal seluas 514 km^2 di sekitar Teluk Jakarta. Sampah-sampah ini berasal dari 13 muara sungai yang berada di wilayah tersebut. Menurut data yang ada, sekitar 54% sampah yang ada di Teluk Jakarta adalah plastik (semua yang terbuat dari plastik), 24% kayu, 14% tumbuh-tumbuhan dan daun, dan sisanya (8%) adalah karet, botol kaca/gelas, kain, dan gabus. Dalam pemantauan lebih lanjut, masalah sampah ini menyebabkan tingginya kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biological Oxygen Demand*) di perairan tersebut sehingga keberadaan biota-biota laut terancam [2].

Sehubungan dengan latar belakang tersebut di atas permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimanakah desain *workboat* pengumpul sampah yang sesuai untuk mengumpulkan sampah heterogen di Perairan Teluk Jakarta, dan berapakah biaya pembangunan dan operasional *workboat* pengumpul sampah yang dapat dioperasikan secara optimal dan efisien untuk perairan Teluk Jakarta. Batasan-batasan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah fungsi kerja dari *workboat* dikhususkan untuk mengumpulkan sampah terapung. *Workboat* bekerja optimal pada saat tidak ada gelombang (perairan tenang). Daerah operasional *workboat* terdiri dari pesisir pantai, pelabuhan, muara, dan sungai serta tidak beroperasi di perairan laut lepas.

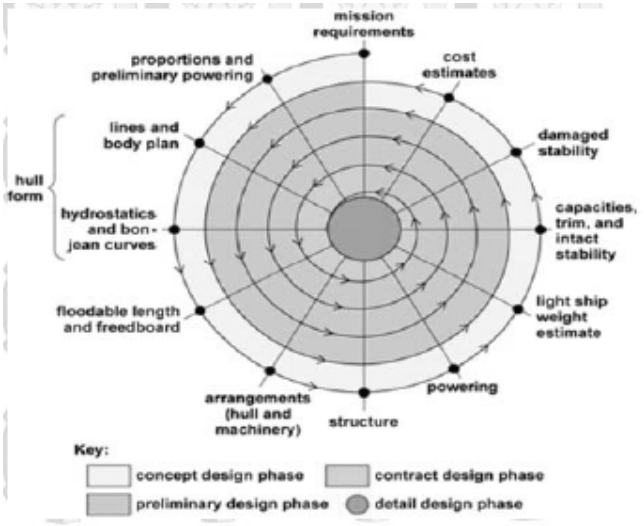
Adapun tujuan dari studi ini adalah untuk mendapatkan ukuran utama (*Linesplan & General Arrangement*) *workboat* yang handal dalam pembersihan sampah heterogen diwilayah perairan pantai, pelabuhan serta muara sungai di Teluk Jakarta. Untuk memperoleh desain alat bongkar muat, pengumpul, dan pengeruk sampah yang sesuai dengan karakter sampah di Teluk Jakarta. Untuk mendapatkan desain workboat pengumpul sampah yang ekonomis, dengan biaya pembangunan dan operasional yang terjangkau bagi pemerintah, khususnya pemerintah DKI Jakarta. Untuk memperkirakan kinerja dan kapasitas angkut *workboat* dalam melakukan pekerjaan pembersihan sampah setiap jam kerjanya.

Desain yang optimum didapatkan melalui metode optimasi dengan variabel, parameter, dan *constraints* yang telah ditentukan. Yakni berukuran L = 12,497 m, B = 6 m, H = 2 m, T = 1,124 m. Selanjutnya dari ukuran utama yang diperoleh ini dibuat *linesplan* dan *general arrangements* sesuai dengan konfigurasi peralatan bongkar muatnya. Adapun perhitungan teknis mencakup perhitungan berat, stabilitas, trim, dan *freeboard* sesuai ketentuan yang berlaku. Konfigurasi peralatan geladak yang berupa tiga buah *conveyor* diantara kedua lambung *catamaran*, diharapkan akan menjadi solusi praktis dalam mengatasi problematika sampah di perairan Indonesia khususnya Teluk Jakarta dan juga pelabuhan-pelabuhan di Nusantara.

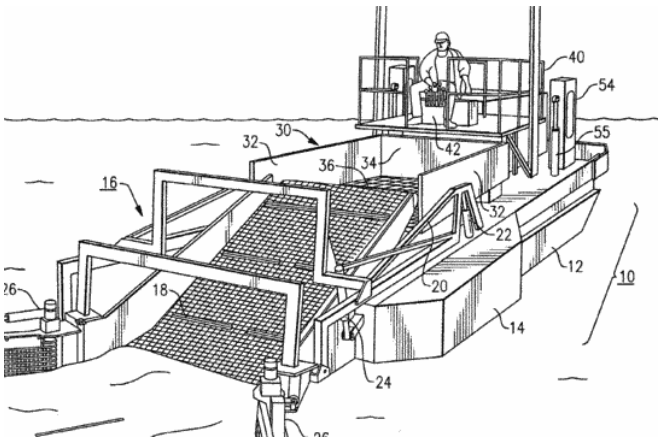
II. STUDI PUSTAKA

A. Pendekatan Desain

Dalam proses mendesain kapal, digunakan pula teknik berulang yang prosesnya terangkum dalam sebuah alur melingkar yang disebut *Spiral Design*. Proses berulang ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah *output* desain yang maksimal dan sesuai keinginan. Didalam diagram *spiral*



Gambar. 1. Perencanaan sebuah kapal merupakan alur yang berputar secara spiral *(spiral design)*.



Gambar. 2. Ilustrasi bentuk kapal kerja *trash skimmer boat*

design terdapat 4 pembagian proses yaitu *concept design, preliminary design, contract design*, dan *detail design* [3]. Proses desain selalu diawali dengan *design statement*.

Sedangkan Metode *Design Layout* adalah metode mendesain yang memperhatikan tata letak elemen-elemen desain terhadap suatu bidang dalam media tertentu untuk mendukung konsep/pesan yang dibawanya [4]. *Layout* (tata letak) adalah konsep pengaturan tenaga kerja, ruang yang tersedia, fasilitas, dan peralatan yang dipergunakan agar semua kegiatan/tujuan berjalan efektif dan efisien. Tata letak (*layout*) merupakan salah satu keputusan yang menentukan efisiensi operasional, dalam hal ini kapal.

Dalam proses menterjemahkan permintaan pemilik kapal kedalam bentuk gambar, spesifikasi dan data lainnya untuk membangun sebuah kapal. Proses dalam desain sebuah kapal adalah saling berhubungan, yang dibagi lagi dalam beberapa tahap selama desain belum pada tahap detail desain [5]. Secara khusus, permintaan pemilik kapal menetapkan misi dimana kapal baru tersebut harus sesuai dengan permintaan seperti kecepatan yang diminta, kebutuhan bahan bakar, kapasitas daya angkut. Secara umum, biaya pembangunan dan biaya operasional harus dibatasi oleh kemampuan *owner*. Proses desain kapal melibatkan studi banding secara numerik untuk mencapai kemampuan yang dinginkan dan masih dalam batasan biaya yang ditetapkan.

Secara umum, batasan seperti halnya kebutuhan yang dikenakan terhadap designer oleh pihak *owner*. Biaya baik dalam desain dan pembangunan kapal maupun dalam operasi kapal, biasanya dibatasi. Dua elemen yang paling dasar dari biaya operasi yaitu awak kapal dan bahan bakar, sehingga biasanya pihak *owner* selalu menekankan untuk mengurangi jumlah *crew* maupun konsumsi bahan bakar. Batasan fisik yang mungkin dikenakan dalam desain berhubungan dengan konstruksi, operasional maupun pemeliharaan. Batasan berat atau ukuran mungkin dikenakan jika kapal beroperasi pada daerah tertentu. Kondisi daerah tersebut dapat dimasukkan dalam batasan ukuran.

B. Metode Optimasi Dalam Mendesain Kapal

Optimasi adalah suatu proses untuk mendapatkan beberapa kemungkinan hasil yang memenuhi syarat berdasarkan batasan-batasan tertentu. Optimasi biasa digunakan untuk mencari suatu nilai minimun atau maksimum yang ditetapkan sejak awal sebagai sebuah *objective function* [6].

Beberapa komponen optimasi yang selalu terlibat dalam setiap proses iterasi dipaparkan sebagai berikut:

Variabel: variabel merupakan harga atau nilai yang dicari dalam proses optimasi.

Parameter: parameter adalah harga atau nilai yang besarnya tidak berubah selama satu kali proses optimasi karena adanya syarat-syarat tertentu. Parameter dapat diubah setelah satu kaliproses optimasi untuk menyelidiki kemungkinan diperolehnya hasil yang lebih baikdalam proses optimasi berikutnya.

Konstanta: konstanta adalah harga atau nilai yang tidak berubah besarnya selama proses optimasi berlangsung tuntas.

Batasan: batasan adalah harga atau nilai batas yang telah ditentukan. Batasan ini menjadi syarat sekaligus kriteria apakah hasil optimasi bisa diterima atau tidak

Fungsi Objyektif: fungsi obyektif adalah hubungan antara semua atau beberapa variabel serta parameter yang nilainya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berbentuk liniear, non-liniear, kompleks, atau bisa juga juga gabungan dari beberapa fungsi obyektif.

C. Trash Skimmer Boat

Sebuah *Trash Skimmer Workboat* merupakan kapal kerja berlambung *pontoon catamaran* yang dilengkapi *conveyor belt* dan bak penampung yang berfungsi untuk mengumpulkan sampah dari perairan melalui sisi haluannya [7]. Pada sisi haluan yang berfungsi sebagai pintu masuknya sampah terdapat lengan yang bisa ditutup atau dibuka seperti pintu yang digerakkan dengan sistem hidrolik. *Conveyor belt* yang berada di haluan bisa dinaik-turunkan sesuai kebutuhan. Ilustrasi bentuk kapal diberikan dalam Gambar 2. Sampah yang berhasil ditangkap selanjutnya akan dikumpulkan ke dalam bak penampung yang berada di belakang *conveyor belt* untuk selanjutnya diangkut menuju bak atau truk penampung yang terletak di darat untuk proses pengolahan lebih lanjut. Segala jenis sampah yang berukuran kurang dari lebar *conveyor* akan terangkat melalui sisi haluan melewati lengan ayun (*flexy conveyor*) yang kemudian dibawa menuju bak penampung yang terdapat di bagian tengah kapal, diantara dua

hull ponton. Di beberapa tempat didunia yang telah menggunakan trash skimmer antara lain The Cities of Baltimore, Washington, D.C., Fort Lauderdale, New York, dan Chicago. Dalam pengoperasiannya diperlukan 2-3 orang kru untuk menjamin bahwa kapal kerja ini meenjalankan fungsinya dengan baik [8].

D. Tinjauan Daerah Operasional

Teluk Jakarta yang luas totalnya sekitar 514 km^2 ini merupakan wilayah perairan dangkal dengan kedalaman mencapai 15 meter. Kepulauan Seribu yang terdiri atas 108 pulau adalah gugusan kepulauan yang berada di Teluk Jakarta. Pada penelitian ini, area Teluk Jakarta yang menjadi objek penelitian secara geografis berada di antara Tanjung Karawang disebelah timur dan Tanjung Pasir di sebelah barat ini memilki luas (*cover area*) 285 km^2 dengan garis pantai sepanjang 33 km serta kedalaman rata-rata perairan 8,4 m. Batas teluk ini antara 106.40 dan 1070, garis bujur. Terdapat 13 sungai dengan total debit air rata-rata 112,7 m^3/detik yang mengalir ke Teluk Jakarta, lihat Tabel 1.

E. Metodologi

Untuk menghasilkan sebuah desain yang optimum, penulis melakukan penelitian dengan metode sistematis yang diawali dengan studi literatur, lalu mengumpulkan data yang diperlukan dari lapangan, setelah itu melakukan identifikasi permasalahan untuk dicarikan solusi yang tepat. Selanjutnya berkaitan dengan desain kapal, penulis mengumpulkan referensi kapal sejenis yang sudah ada untuk kemudian dijadikan sebagai nilai masukan awal (*initial value*) dalam proses optimasi.

Proses berikutnya adalah membuat pemodelan dengan menggunakan perangkat lunak berbasis *CAD* dari ukuran utama yang didapat, yakni, sehingga menghasilkan desain yang berupa gambar rencana garis *(linesplan*) dan gambar rencana umum (*general arrangement*). Model/desain yang telah dibuat ini tentunya sudah melalui proses perhitungan teknis sehingga ukurannya dikatakan optimum, lihat Tabel 2.

Tabel 1.
Data kondisi perairan teluk Jakarta

Item	Value	Unit
Luas Total	514.000	m^2
Jumlah Sampah Total	14.000	m^3
Luas Area Yang Ditinjau	285.000	m^2
Panjang Garis Pantai	33.000	m
Kedalaman Rata-rata	8,4	m
Persebaran Sampah	0,027237354	m^3/m^2
Sampah di Area Yang Ditinjau	7.763	m^3

Sumber: Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Jakarta Utara

Tabel 2.
Detail pengambilan sampah ketika kapal beroperasi

Item	Value	Unit
Luasan Cover Area	514.000	m^2
Lebar Loading Conveyor Direncanakan	2	m
Jarak Tempuh Total di Area (s)	257.000	m
Kecepatan Saat Beroperasi (v)	4	knot
Kecepatan Maksimum Kapal (Ditentukan)	9,000	knot
Waktu Yg dibutuhkan U/ membersihkan	34,69222462	Jam
Jumlah Muatan Sampah Total	14.000,0	m^3
Persebaran sampah	0,027	m^3/m^2
Jam Kerja	6,0	Jam
Jarak Tempuh Selama Jam Kerja	44,4	km
Jumlah Sampah Terangkut Selama 6 Jam Kerja	605,3	m^3

III. ANALISIS TEKNIS DAN PEMBAHASAN

A. Kajian Penanganan Sampah Teluk Jakarta

Luas area yang dipenuhi sampah dipandang sebagai rute pelayaran yang harus ditempuh kapal saat beroperasi. Pekerjaan *skimming* ini akan berjalan optimal jika kecepatan kapal saat beroperasi sama dengan kecepatan *Loading Conveyor* yang berada pada haluan kapal. Sesuai dengan referensi beberapa kapal kerja sejenis, kecepatan kapal dan conveyor ideal adalah 4 knots, dan lebar *Loading Conveyor* selanjutnya ditentukan selebar 2 meter. Dengan demikian, maka

Jarak tempuh total di area = 4514.000 m^2 / 2 m [m]
= 257.000 [m]
= 257 [km]

Jarak tempuh dan kecepatan kapal ini kemudian digunakan untuk menentukan jam kerja total yang dibutuhkan untuk mengangkat semua sampah di lokasi yang ditinjau. Dengan membagi jarak tempuh terhadap kecepatan kapal ideal saat beroperasi (4 knot), maka didapatkan total jam kerja yang dibutuhkan yakni sebanyak 34,69222462 jam.

Selanjuntnya ditentukan kapasitas bak penampung muatan pada kapal adalah sebesar 40 m^3. Dengan menggunakan data jenis-jenis sampah yang terdapat di lapangan, maka didapatkan massa jenis rata-rata dari muatan sampah untuk dikalikan dengan volume bak penampung sehingga didapatkan berat muatan penuh adalah 28 ton. Lalu dengan membagi sisa sampah terhadap kapasitas angkut, maka didapatkan nilai 23 buah kapal total yang bias menangai sampah di Teluk Jakarta tiap harinya.

B. Penentuan Ukuran Utama

Pemodelan perhitungan menggunakan metode optimasi merupakan pernyataan atau penggambaran dari persamaan-persamaan untuk memecahkan permasalahan matematis. Hasil dari pemecahan permasalahan ini dinyatakan sebagai "langkah terbaik" [9]. Untuk mendapatkan hasil pemecahan masalah, penulis menggunakan bantuan *tool* berupa Solver yang terdapat dalam *software* Microsoft Excel. Dengan menggunakan *tool* ini, maka perhitungan nilai yang dibutuhkan untuk mencapai hasil yang terdapat pada suati sel atau sederet sel bias dilakukan dengan baik. *Tool* ini membantu menangani masalah yang melibatkan banyak sel

variable dan membantu mencari kombinasi variabel untuk meminimalkan atau memaksimalkan suatu sel target. Solver memungkinkan untuk mendefinisikan sendiri suatu batasan atau kendala yang harus dipenuhi agar pemecahan masalah dianggap benar.

Hasil optimasi yang sudah optimum merupakan nilai yang telah memenuhi semua kriteria, baik persyaratan menurut kebutuhan (*requirements*) persyaratan regulasi yang mencakup stabilitas, *trim*, serta nilai harga yang paling optimal.

C. Perhitungan Teknis

Hasil optimasi ukuran utama kabal diperlihatkan dalam Tabel 3. Perhitungan aspek-aspek teknis kapal dilakukan sebelum proses optimasi dijalankan, sehingga perhitungan ini merupakan bagian dari pembuatan model optimasi, lihat Tabel 4. Adapun komponen-komponen teknis yang dihitung adalah sebagai berikut:

1. Hambatan

Karena bentuk lambung merupakan lambung katamaran, maka perhitungan hambatan harus memperhatikan formula dan ketentuan dari Insel Molland, yaitu dimana katamaran merupakan kapal multihull dengan lambung demihull yang terisolasi. Pada jarak diantara kedua *demihull* tersebut terdapat faktor hambatan interferensi gelombang (*wave Resistance interference factor*) yang dinotasikan dengan t [10]. Hasil perhitungan hambatan akan dijadikan patokan dalam penentuan daya mesin induk. Setelah mendapatkan nilai dari notasi seluruhnya maka kita dapat menentukan besarnya tahanan totalnya dengan hasil R_T = 50748,801 N

2. Pemilihan Mesin Induk

Setelah diketahui nilai BHP (*brake horse power)* maka dilakukan pemilihan mesin sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan, termasuk juga ukuran agar sesuai dengan dimensi ruang mesin pada kapal. Dari perhitungan BHP sebelumnya didapatkan kebutuhan daya mesin sebesar 253,696 HP sehingga dipilihlan mesin dari katalog Yanmar dengan tipe 6BY2 220 dengan daya 444,997 HP, RPM mesin 1950, dan beratnya 1350 kg.

3. Perhitungan Berat

Berat kapal terdiri dari dua komponen yaitu LWT *(Light Weight Tonnage)* dan DWT *(Dead Weight Tonnage)*. Komponen DWT meliputi berat bahan bakar (Wfo), berat minyak pelumas (Wlu), berat air tawar (Wfw), berat kru dan barang bawaannya (Wca), berat provisi (Wprov), dan berat muatan. Sedangkan LWT meliputi berat lambung kapal (Wst), berat instalasi dan perlengkapan (Woa), dan berat permesinan (Wm). Dari perhitungan didapatkan total LWT kapal kerja *Trash-Skimmer* ini sebesar 19,783 ton. Sedangkan berat total DWT nya sebesar 29,5004 ton.

4. Perhitungan Trim

Trim dapat didefinisikan sebagai gerakan kapal yang mengakibatkan tidak terjadinya *even keel* atau gerakan kapal mengelingi sumbu Y secara tepatnya. Trim ini terjadi akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. Dalam perhitungan trim ini dikatakan "Diterima" atau *"Accepted*" karena kapal memiliki selisih antara LCG (jarak antara FP dengan titik berat kapal) dengan LCB (jarak antara FP dengan titik apung kapal) kurang dari 0.1% Lpp.

Tabel 3.
Hasil optimasi ukuran utama kapal

Value	Value	Unit
L	12,497	m
B	2,000	m
H	2,000	m
T	1,124	m
S	4,000	m

Tabel 4.
Hasil perhitungan stabilitas kapal

Kriteria	Hasil Perhitungan	Status
$e_{0.30^o} \geq 0.055$ m.rad	0.2077 m. rad	Accepted
$e_{0.40^o} \geq 0.09$ m.rad	0.3689 m.rad	Accepted
$e_{30,40^o} \geq 0.03$ m.rad	0.1616 m.rad	Accepted
$h_{30^o} \geq 0.2$ m	1.688 m	Accepted
h_{max} pada $\phi_{max} \geq 25^o$	44.60^o	Accepted
$GM_0 \geq 0.15$ m	0.55 m	Accepted

Tabel 5.
Hasil perhitungan freeboard kapal

Item	Value
d1	1,7
Cb	0,74
Fb	460,5
+Fb2	1660,52
Fba	0,88
Fb'	0,52
Batasan	Accepted

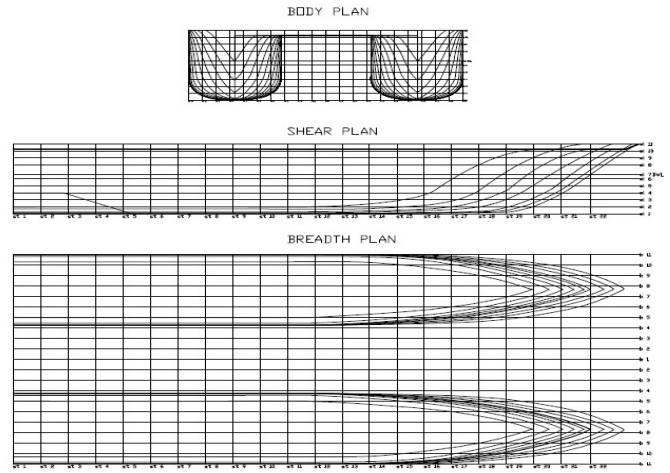
5. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi/kedudukan setimbang dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dikarenakan adanya gaya tertentu. Untuk mengetahui bagaimana kemampuan kapal kembali pada kedudukan semula pada saat mengalami oleng, digunakanlah perhitungan stabilitas.

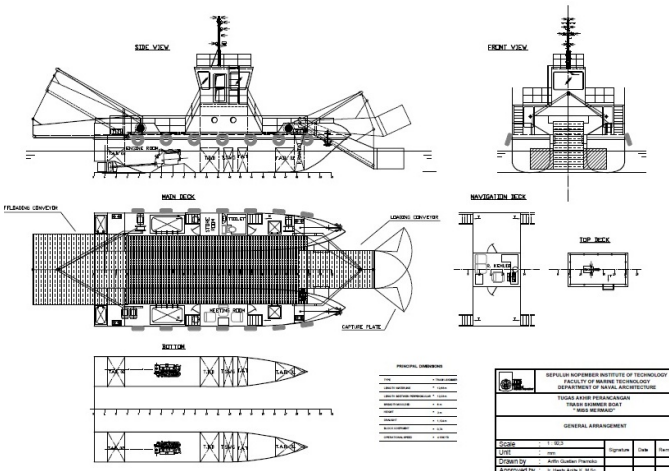
Dari tabel diatas terlihat bahwa desain kapal telah memenuhi persyaratan dari regulasi SOLAS (*Safety of Life at Sea*) sehingga kapal dinyatakan layak beroperasi [11].

6. Perhitungan *Freeboard*

Freeboard adalah selisih antara tinggi kapal dengan sarat kapal, dimana untuk tinggi kapal mencakup tebal kulit dan lapisan kayu (jika ada) sedangkan sarat T diukur pada sarat musim panas. Dengan batasan bawa Fba ≥ Fb', maka hasil perhitungan yang didapat dan telah memenuhi syarat tersaji pada Tabel 5.



Gambar. 3. Rencana garis (*linesplan*)



Gambar. 4. Rencana umum (*general arrangement*) *kapal*

Tabel 6.
Biaya pembangunan kapal

Items	Value	
Baja Kapal	Rp	91.718.415
Elektroda	Rp	17.197.203
Permesinan	Rp	618.954.440
Peralatan & Perlengkapan	Rp	220.248.742
Biaya Total Setelah Koreksi	Rp	967.081.176

D. Gambar Rencana Garis (Lines Plan)

Pembuatan rencana garis (*lines plan*) menggunakan software Maxsurf Pro dan AutoCAD. Dalam pembuatan *lines plan*, pemodelan kapal dilakukan dengan menggunakan metode *Case Based Reasoning*, artinya dengan perangkat lunak ini penulis menerapkan dimensi *design re-use*, *intelligent approaches*, *conceptual design*, dan *full designers's intervention*. Pembuatan model lambung *pontoon catamaran* dilakukan dengan mengambil *sample design* yang terdapat pada software Maxsurf Pro, lalu kemudian dilakukan editing sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Setelah mengambil satu sample design yang dirasa sesuai dengan model yang akan dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan editing dengan melakukan pengaturan pada menu data, yakni mencakup pengaturan *Zero Point*, *Grid Space* untuk menentukan jumlah *station, buttock lines,* dan juga, *water lines.* Untuk menentukan sarat kapal menggunakan menu *Frame Referrence*, serta *Parametric Transformation* digunakan untuk mengubah ukuran-ukuran utama desain. Selanjutnya agar hasil desain sesuai harapan, maka dilakukan editing manual dengan menggeser posisi *control point* yang terdapat pada tiap-tiap *surface* pada gambar.

Rencana garis ini merupakan gambaran bentuk dari lambung yang diproyeksikan menjadi tiga sudut pandang, dan selanjutnya digunakan untuk membuat rencana umum.

E. Rencana Umum (General Arrangement)

Setelah didapatkan gambar lines plan, maka selanjutnya dibuatlah rencana umum guna memenuhi kebutuhan pembersihan sampah di perairan Teluk Jakarta. Rencana umum didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Pada pembuatan rencana umum kapal kerja pengeruk sampah ini pembuatan rencana umum berdasarkan pertimbangan dimensi dan letak peralatan diatas geladak yang digunakan untuk melakukan psoses *skimming* sampah di permukaan perairan.)

Pembuatan rencana umum dilakukan setelah rencana garis selesai dikerjakan dan semua perhitungan selesai dilakukan. Namun tetap dilakukan koreksi ulang atas perhitungan teknisnya selama pembuatan rencana umum, hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa desain tetap memenuhi kriteria kelayakan operasional.

IV. PERHITUNGAN EKONOMIS

A. Perhitungan Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan kapal pada umumnya didominasi oleh biaya dari berat baja, dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal [12]. Sehingga dalam proses optimasi ketiga jenis biaya ini yang kemudian dimasukkan dalam perhitungan. Adapun biaya pembangunan kapal trash skimmer ini mencakup beberapa biaya pokok, yakni biaya berat baja kapal, biaya *electrode*, biaya permesinan kapal, biaya peralatan dan perlengkapan kapal, serta biaya koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah.

Nilai tukar berdasarkan *currency* yang diterbitkan Bank Mandiri pada bulan Januari 2013. Selanjutnya Biaya Pembangunan dapat ditentukan dengan rumus = Biaya Pembangunan Awal – Keuntungan Galangan – Biaya Inflasi + Biaya Dukungan Pemerintah. Dengan demikian biaya pembangunan kapal *trash-skimmer* ini adalah Rp 967.081.176,-, detilnya ada di Tabel 6.

B. Perhitungan Biaya Operasional

Secara umum, biaya operasional bisa dibagi menjadi dua kelompok yaitu biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap adalah biaya yang besar/nilainya tidak berubah. Sedangkan biaya variabel adalah biaya yang besar/nilainya berubah-ubah tergantung pada variabel desain yang diikutkan dalam proses optimasi. Besarnya biaya reparasi kapal diasumsikan senilai 10% dari biaya pembangunan kapal. Sedangkan biaya asuransi diasumsikan senilai 1,5% dari biaya pembangunan. Kapal yang dibangun ini adalah kapal yang akan dimiliki oleh Dinas

Kebersihan sehingga dalam komponen biaya tetap tidak dimasukkan nilai bunga bank per tahunnya. Hal ini berdasarkan peraturan perbankan dimana pihak pemerintah tidak diperkenankan untuk meminjam dana dari bank ketika membangun kapal. Kapal kerja ini direncanakan diawaki oleh tiga orang kru dan gajinya diasumsikan sama dengan upah minimum regional DKI Jakarta tahun 2013. Dari berbagai perhitungan komponen biaya diatas, dapat diketahui bahwa total operasional kapal tiap tahunnya adalah Rp 1.209.501.316,-.

V. KESIMPULAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah:

1. Didapatkan ukuran utama *(Linesplan & General Arrangements)* yang optimum yaitu dengan ukuran L = 12,497 m, B = 6 m, H = 2 m, T = 1,124 m yang sesuai dengan karakteristik kebutuhan pembersihan sampah di Perairan Teluk Jakarta.
2. Desain kapal kerja *Trash-Skimmer* yang memiliki konfigurasi lambung *pontoon catamaran* dan dilengkapi tiga buah *conveyor belt* yang terdiri dari *loading conveyor, storage conveyor*, dan *offloading conveyor,* merupakan desain yang cocok untuk karakter sampah di Teluk Jakarta.
3. Berdasarkan analisa teknisnya, penambahan *bucket* pada sisi haluan kapal kerja tidak memberikan nilai tambah secara teknis karena justru membuat trim kapal bertambah besar, selain itu penambahan *bucket* juga tidak terlalu berpengaruh terhadap peningkatan jumlah sampah yang bisa diangkut oleh kapal kerja, sehingga pemasangannya ditangguhkan.
4. Berdasarkan hasil perhitungan ekonomis, kapal kerja *Trash-Skimmer* yang direncanakan bisa dibangun dengan biaya pembangunan sebesar Rp 816.080.376 per unitnya, dengan biaya operasional sebesar Rp 1.334.203.232/tahun.
5. Beban perairan Teluk Jakarta yang setiap harinya menerima 14.000 m^3 sampah dengan total luas wilayah 514.000 m^2 akan mampu ditanggulangi oleh armada kapal kerja pembersih (*Trash-Skimmer*) yang berjumlah minimal 23 buah, dengan masing-masing kapal berkapasitas angkut sebesar 40 m^3 dengan waktu kerja 8 jam per hari, dengan perincian 6 jam digunakan sebagai waktu *skimming*, dan 2 jam sisanya untuk proses *offloading*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Pemerintah Privinsi DKI Jakarta. (2012, April 25). *Jakarta, Teluk*. Retrieved April 25, 2012, from Portal Resmi Pemprov DKI Jakarta web site: http://www.jakarta.go.id

[2] Berita Pulau Seribu. (2011, May 12). *Pencemaran Sampah di Kepulauan Seribu di Atas Ambang Batas*. Retrieved March 14, 2012, from Berita Pulau Seribu web site: http://www.beritapulauseribu.com.

[3] Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.

[4] Nurasikin. (2012). Tugas Akhir. *Kajian Awal Desain Bucket Wheel Dredger*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

[5] Setiawan, Hari. (2007). Tugas Akhir. *Perencanaan Kapal Penumpang Cepat Rute Jepara- Karimunjawa dan Semarang-Karimunjawa*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

[6] Effendy, Junaedy. (2006). Tugas Akhir. *Analisa Teknis Perencanaan Kapal Patroli Cepat Dengan Bentuk Hull Katamaran*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

[7] United Marine International TrashCat Inc. (UMI). (2012). Catalogue. *A proven Environmental Solution from United Marine International to Floating Debris Problems*. New Richmond.

[8] Liverpool Water Witch (2012). Catalogue. *Multi Purpose Pollution Control, Marine & Waterway Maintenance.* Liverpool.

[9] Arif Hamdani, M. (2010). Tugas Akhir. *Analisa Kapal Catamaran Dengan Variasi Jarak Demihull Menggunakan Program Maxsurf*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

[10] Insel M, Molland AF. (1992). "An Investigation Into The Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans. Transaction of RINA 1992, (134). London,UK.

[11] International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.

[12] Kurniawati, H.A. (2009). Lecture Handout. *Ship Outfitting* . Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).