

# Desain Kapal Pengangkut dan Pemilah Sampah untuk Operasional di Hilir Sungai Ciliwung, DKI Jakarta

Cahya Imanuddin Aji, Hasanudin

Departemen Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

*e-mail:* hasanudin@na.its.ac.id

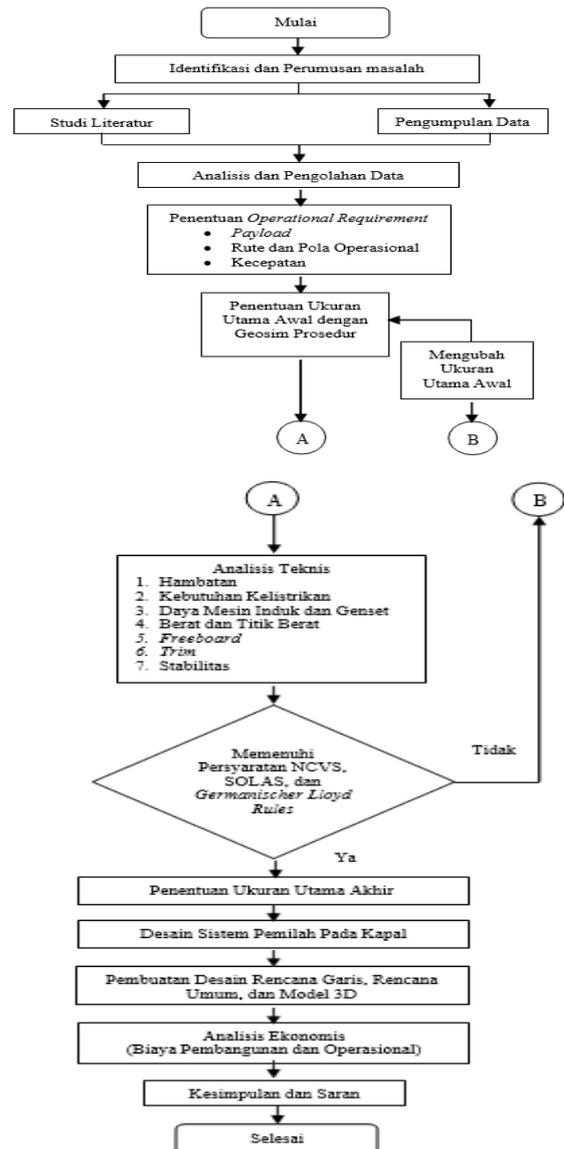
**Abstrak**—Pencemaran lingkungan yang terjadi di Sungai Ciliwung yang mengalir dari Bogor hingga DKI Jakarta menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir di DKI Jakarta ketika musim hujan. Pencemaran tersebut disebabkan oleh penduduk di sekitar sungai yang masih membuang sampah rumah tangga ke dalam aliran sungai. Permasalahan sampah tersebut menjadi perih yang perlu diatasi oleh pemerintah dan juga kesadaran dari masyarakat dalam membuang sampah. Penelitian ini bertujuan menghasilkan sebuah desain kapal kerja pembersih sampah yang sekaligus dapat memisahkan antara sampah organik dan non-organik. Proses desain diawali dengan menghitung volume sampah harian berdasarkan data rekapitulasi volume sampah 2018-2021 dari UPK Badan Air DKI Jakarta. Kapal direncanakan beroperasi dari Pintu Air Manggarai hingga Pintu Air Karet. Ukuran utama ditentukan menggunakan metode geosim procedure. Kapal ini dilengkapi dengan mesin pemilah yang dapat memisahkan antara sampah organik dan non-organik. Kapal ini menggunakan conveyor belt untuk proses loading dan unloading sampah. Hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan menunjukkan kapal pembersih sampah berlambung katamaran dengan ukuran utama  $Loa = 12,4$  m;  $Lpp = 10,7$ ;  $B = 7$  m,  $H = 1,8$  m;  $T = 0,8$  m. Mesin penggerak utama kapal ini memiliki daya sebesar  $2 \times 6,6$  kW dengan kecepatan dinas 5 knot. Kapal yang didesain telah memenuhi kriteria freeboard minimal sesuai NCVS, memenuhi kriteria trim sesuai SOLAS Chapter II-1 Part B-1 dan memenuhi kriteria stabilitas utuh untuk kapal kecil ( $L < 24$  m) dari Germanischer Lloyd. Biaya pembangunan kapal sebesar Rp 1.398.761.820 dengan biaya operasional sebesar Rp 252.921.124.

**Kata Kunci**—*Trash Skimmer, Sampah, Conveyor, Sungai Ciliwung.*

## I. PENDAHULUAN

**D**AERAH aliran sungai (DAS) secara umum adalah suatu hamparan atau kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi yang mengumpulkan air hujan dan sedimen serta mengalirkannya melalui anak sungai dan keluar pada satu titik. DAS Ciliwung adalah aliran urban yang berarti strategis dalam konteks nasional. Sungai ini memiliki hulu yang terletak di Kabupaten Bogor tepatnya Tugu Puncak hingga bagian hilir yang terletak di Jakarta Utara. DAS Ciliwung memiliki panjang aliran utama  $\pm 117$  km dengan luas  $\pm 347$  km<sup>2</sup> dan kedalaman  $\pm 1,5$  m [1].

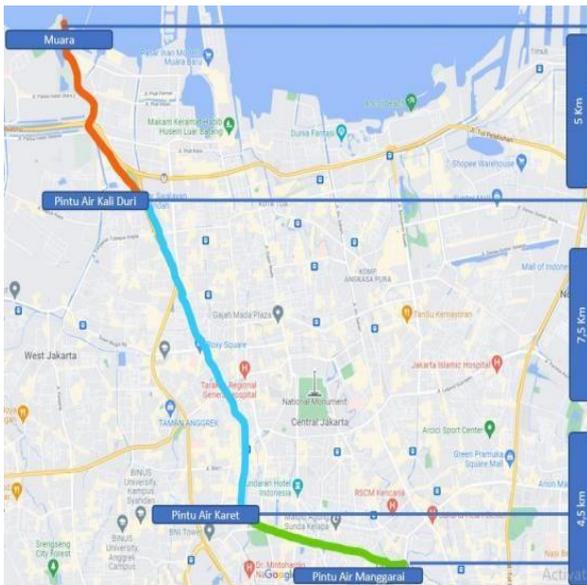
Sungai Ciliwung pernah menjadi sumber kehidupan bagi masyarakat Jakarta serta habitat untuk berbagai jenis ikan. Namun karena jumlah penduduk yang ada di bantaran DAS Ciliwung semakin padat, mengakibatkan terjadinya pencemaran di aliran tersebut tidak dapat dihindari. Pencemaran lingkungan yang terjadi di DAS Ciliwung



Gambar 1. Diagram alir.

menjadi salah satu penyebab terjadinya bencana banjir dan longsor di musim hujan.

Berdasarkan data yang berasal dari UPK Badan Air DKI Jakarta, dapat diketahui jumlah volume sampah harian yang ada di Sungai Ciliwung. Volume sampah dihitung tepatnya dari Pintu Air Manggarai hingga Pintu Air karet pada tahun 2018 sampai 2021. Jumlah volume sampah harian tersebut secara berturut-turut adalah sebagai berikut: 21,37 m<sup>3</sup>; 25,52 m<sup>3</sup>; 22,16 m<sup>3</sup>; dan 28,24 m<sup>3</sup>.



Gambar 2. Pembagian zona pada lokasi tinjauan.



Gambar 3. Rata-rata volume sampah harian tahun 2018-2021.

Upaya pemerintah dalam mengatasi pencemaran akibat sampah yang diproduksi masyarakat di sepanjang DAS Ciliwung saat ini masih menggunakan metode konvensional. Proses operasional pengangkutan menggunakan rakit yang terbuat dari bambu dengan dayung sebagai alat penggerak. Metode pengangkutan sampah tersebut membutuhkan waktu yang lama dan petugas kebersihan yang banyak supaya dapat mengangkat sampah di sepanjang DAS Ciliwung.

Berdasarkan hasil permasalahan tersebut maka diperlukan kapal yang mampu melakukan operasional pengangkutan sampah lebih mudah dan cepat di DAS Ciliwung. Untuk itu dalam penelitian ini akan didesain kapal pengangkut sampah untuk operasional pengangkutan sampah yang dilengkapi dengan sistem yang dapat memisahkan antara sampah organik dengan sampah non-organik. Sehingga sampah yang didapatkan dari operasional pengangkutan di DAS Ciliwung tidak perlu dilakukan pemilahan ulang antara sampah organik dan non-organik. Dengan dibangunnya kapal pengangkut dan pemilah sampah untuk wilayah DAS Ciliwung, diharapkan dapat mengurangi penumpukan sampah di bagian hilir sungai serta dapat berpartisipasi dalam menjalankan program

Tabel 1.  
Rekapitulasi perhitungan *geosim procedure*

Penentuan Nilai K		
$(L_2/L_1)^3$	=	$W_2/W_1$
$L_2/L_1$	=	$(W_2/W_1)^{1/3}$
$L_2/L_1$	=	1,16
K	=	1,16
Ukuran Baru		
L	=	10,7 m
B	=	6,98 m
T	=	0,81 m
H	=	1,98 m
Batasan		
B max	=	15
T max	=	2

Tabel 2.  
Koefisien kapal

Koefisien Kapal		
$L_{pp}$	=	10,7 m
$\nabla$	=	22,722 m <sup>3</sup>
$\Delta$	=	23,29 ton
$C_B$	=	0,763
$C_M$	=	0,847
$C_P$	=	0,901
$C_{WP}$	=	0,965
Fr	=	0,244
Vs	=	2,5 m/s

pemerintah untuk dapat mengurangi sebanyak 70% sampah plastik yang ada di laut hingga tahun 2025 mendatang.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Konsep Trash Simmer Boat

Trash Skimmer Boat adalah jenis kapal yang pada umumnya beroperasi di sungai, pantai, ataupun saluran air lainnya. Kapal jenis ini adalah kapal yang memiliki fungsi untuk mengumpulkan sampah yang mengapung di atas permukaan air. Pada umumnya kapal ini dibuat dengan lambung berjenis double hull yang disebut dengan catamaran ataupun dengan lambung mono hull. Kapal ini dilengkapi dengan sistem penggerak berupa paddle wheel atau screwdriver propulsion. Metode pengambilan sampah pada kapal ini ada yang menggunakan conveyor belt dan ada juga yang tidak [2]

Pada kapal yang menggunakan conveyor belt, sampah dimasukkan ke dalam kapal pada sisi haluan dengan menggunakan conveyor belt [3]. Sedangkan untuk trash skimmer boat yang tidak menggunakan conveyor belt memiliki desain kapal yang lebih sederhana. Kapal ini mengumpulkan sampah dengan membiarkan aliran air yang membawa sampah supaya masuk ke dalam bak penyimpanan tanpa menggunakan conveyor belt [4].

Tabel 3.  
Rekapitulasi berat DWT dan LWT

Total Berat Kapal (DWT + LWT)			
No	Komponen Berat	Berat	Satuan
1	Berat DWT	6,37	ton
2	Berat LWT	16,53	ton
Total Berat DWT + LWT Kapal		22.9	ton

Tabel 4.  
Perhitungan Trim

Loadcase	Nilai Trim	Jenis Trim	Kriteria
loadcase 1	- 0,034	m Haluan	Accepted
loadcase 2	- 0,013	m Haluan	Accepted
loadcase 3	- 0,006	m Haluan	Accepted
loadcase 4	- 0,043	m Haluan	Accepted
loadcase 5	- 0,026	m Haluan	Accepted
loadcase 6	0,013	m Buritan	Accepted
loadcase 7	-0,02	m Haluan	Accepted
loadcase 8	- 0,019	m Haluan	Accepted
loadcase 9	- 0,008	m Buritan	Accepted

Tabel 5.  
Perhitungan stabilitas

Kriteria Minimal	Kondisi	GM (0.35 m)	h <sub>30°</sub> (0.2 m)	e <sub>0,30°</sub> (0.055 m.deg)	Status
Nilai Aktual	Loadcase 1	13,36	2,092	58,162	Diterima
	Loadcase 2	11,576	2,092	55,320	Diterima
	Loadcase 3	10,227	2,094	53,050	Diterima
	Loadcase 4	13,553	2,082	58,324	Diterima
	Loadcase 5	11,663	2,079	55,773	Diterima
	Loadcase 6	10,329	2,086	53,138	Diterima
	Loadcase 7	13,877	2,657	73,181	Diterima
	Loadcase 8	56,073	1,942	59,734	Diterima
	Loadcase 9	32,623	1,951	59,562	Diterima



Gambar 4. Model 3D kapal tampak depan.

**B. Jenis Lambung**

Kapal ini menggunakan lambung jenis katamaran (*double hull*). Katamaran adalah kapal yang memiliki dua lambung atau *double hull* yang keduanya dihubungkan dengan geladak atau *bridging platform* di tengahnya. Katamaran memiliki keuntungan dibandingkan dengan *monohull*, di mana tingkat *slamming*, serta *deck witness* kapal lebih kecil [5]. Selain itu dengan tenaga dorong yang sama, kecepatan yang dihasilkan akan lebih besar, geladak kapal lebih luas, serta stabilitas yang lebih baik. Kapal katamaran memiliki geladak yang lebih besar dibandingkan dengan kapal *mono hull*, kombinasi antara geladak tersebut dengan berat kapal kosong yang rendah dapat mencegah kapal mengalami oleng yang merupakan kelemahan dari kapal dengan lambung *mono hull*. Sayangnya katamaran memiliki kekurangan yaitu pembuatan kapal yang lebih rumit, dan kemampuan *manuver* yang kurang baik [6].

**C. Sistem Pemilahan Sampah**

Sampah yang didapatkan dari operasional pengangkutan terdiri dari berbagai jenis sampah, yaitu organik dan non-organik. sampah tersebut perlu dilakukan pemilahan supaya sampah yang didapatkan dapat lebih mudah untuk didaur ulang menjadi suatu produk yang lebih bermanfaat. Pemilahan sampah tersebut dapat dilakukan secara otomatis dengan mesin buatan dalam negeri. Mesin tersebut adalah Pujio Bae, dibuat oleh Pujio Hartono yang masuk 10 besar dalam Lomba Teknologi Tepat Guna (TTG) pada September 2018. Mesin ini berbentuk silinder dengan dimensi sebesar 240×90×70 cm dan berat ±450 kg. Mesin ini mampu

melakukan pengolahan sebesar 9 m<sup>3</sup> /jam. Tenaga penggerak yang digunakan untuk mengoperasikan mesin ini adalah diesel 24 HP dengan dinamo listrik sebesar 18.800 watt . Cara kerja dari mesin ini sangat sederhana. Sampah campuran yang terdiri dari organik dan non-organik dimasukkan ke dalam mesin. Setelah sampah dimasukkan, di bagian samping kanan mesin akan dihasilkan semacam bubuk hasil dari sampah organik, sedangkan di bagian samping kiri mesin akan dihasilkan potongan sampah non-organik padat.

**D. Sistem Loading dan Unloading Sampah**

*Trash Skimmer Boat* ini dilengkapi dengan *conveyor belt* yang saling berhubungan dari mulai haluan sampai buritan kapal. Agar dapat melakukan pembersihan sampah dengan mudah, digunakan 3 buah *conveyor belt* yaitu *loading conveyor*, *storage conveyor*, dan *offloading conveyor*. *Loading conveyor* terletak di haluan kapal dan berfungsi untuk menangkap sampah yang ada di depan kapal. Sampah yang berhasil ditangkap oleh *loading conveyor* kemudian akan diteruskan menuju ke mesin pemilah sampah yang kemudian menuju bak penampungan sesuai dengan jenis sampah tersebut (organik dan non-organik). Di dasar bak

Tabel 6.  
Total biaya koreksi pembangunan kapal

Item	Value
Keuntungan Galangan	Rp 174.845.227
Biaya Untuk Inflasi	Rp 43.711.306
Biaya Pajak Pemerintah	Rp 305.979.148
Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi	Rp 524.535.683
Biaya total setelah dikoreksi	Rp 1.398.761.820

Tabel 7.  
Total biaya operasional kapal

Biaya	Nilai	Masa
Biaya Perawatan	Rp 27.975.236	per tahun
Gaji Crew	Rp 105.988.477	per tahun
Bahan Bakar Fuel Oil	Rp 59.478.705	per tahun
Bahan Bakar Diesel Oil	Rp 59.478.705	per tahun
Total	Rp 252,921,124	per tahun

penampung terdapat *storage conveyor*, berfungsi untuk mempermudah keluarnya sampah dari bak penampungan ketika proses *offloading* berlangsung. *Offloading conveyor* adalah *conveyor* terakhir yang terletak di bagian buritan kapal. Secara garis besar *conveyor offloading* memiliki fungsi yang hampir sama dengan *loading conveyor*.

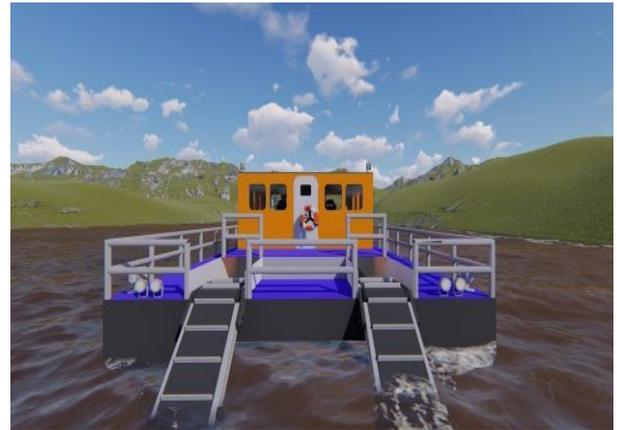
E. *Dumping Area*

*Dumping area* merupakan tempat penampungan sementara muatan yang telah diangkut oleh kapal. Penampungan sampah sementara terletak di daerah sempadan sungai. Sempadan sungai adalah kawasan yang terletak di sepanjang pinggiran sungai, sempadan memiliki peran penting dalam menjaga kelestarian fungsi dari sungai [7]. Berdasarkan hasil pengamatan langsung di sepanjang DAS Sungai Ciliwung dapat ditentukan lokasi sebagai tempat *dumping area* yang terletak di sempadan sungai. *Dumping area* I dapat terletak di sempadan sungai dekat Pintu Air Manggarai yang memiliki ketinggian ±0.6 meter dari permukaan sungai. Oleh karena itu, area tersebut dapat dijadikan sebagai *dumping area* I. Untuk *dumping area* II dapat terletak di sempadan sungai dekat Pintu Air Karet yang memiliki ketinggian ±1 meter dari permukaan sungai. Oleh karena itu, area tersebut dapat dijadikan sebagai *dumping area* II.

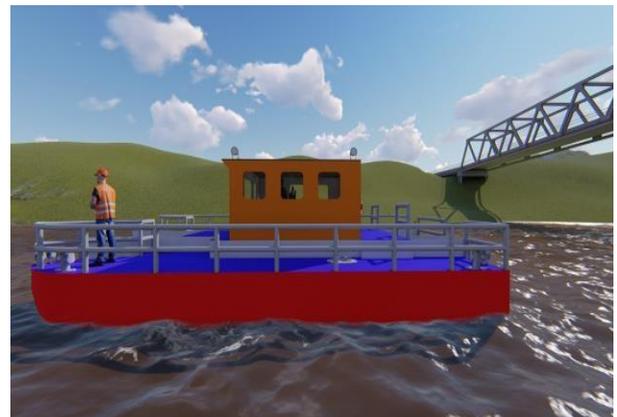
III. METODE PENELITIAN

A. *Metode Pengerjaan*

Metodologi penelitian adalah kerangka dasar dari tahapan penyelesaian penelitian yang mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan. Diagram alir menggambarkan tahapan yang ditampilkan secara singkat dan padat. Diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Proses pengerjaan terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan tersebut menunjukkan urutan pengerjaan dari awal sampai akhir. Penjelasan tahapan tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 5. Model 3D kapal tampak belakang.



Gambar 6. Model 3D Kapal tampak samping.

1) *Identifikasi Masalah*

Tahapan pertama dalam mengerjakan penelitian ini adalah menentukan permasalahan yang ada di DAS Ciliwung Hilir. Pengumpulan informasi menggunakan data primer dan sekunder.

2) *Studi Literatur*

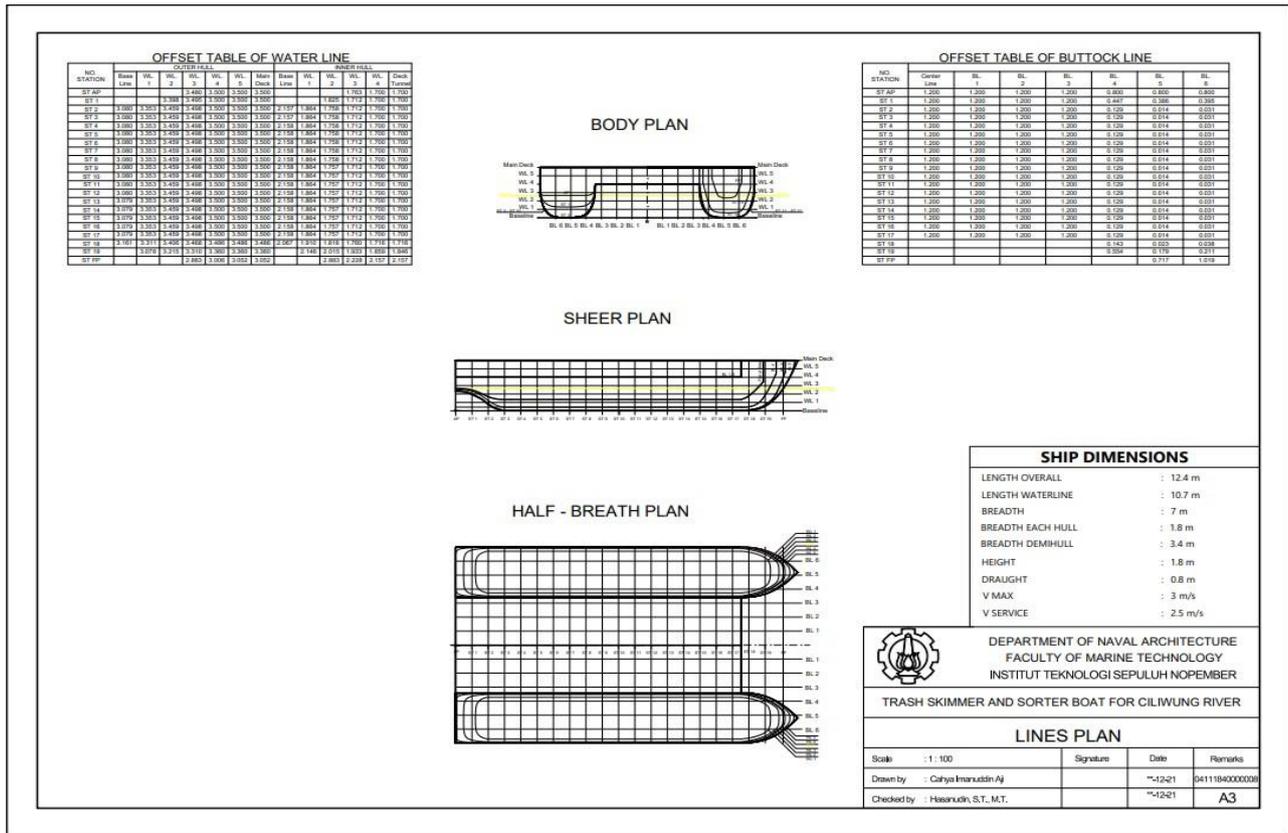
Studi literatur yang dilakukan dalam mengerjakan penelitian ini adalah studi yang berkaitan dengan permasalahan yang ada serta pencarian informasi dan referensi yang mendukung dalam menyelesaikan masalah mendesain kapal *skimmer* ini. Studi literatur yang dilakukan berkaitan dengan pemahaman teori dan konsep dari perhitungan analisis teknis dan ekonomiskapal.

3) *Pengumpulan Data*

Data yang digunakan dalam pengerjaan penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data Primer merupakan data yang diperoleh secara langsung melalui pengamatan dan pengukuran. Pengamatan dilakukan dengan menyusuri sepanjang aliran sungai, dan melakukan pengukuran menggunakan tali yang diberi pemberat untuk mengetahui kedalaman sungai. Data Sekunder adalah data yang diperoleh dari berbagai literatur, *paper*, buku dan internet. Dalam hal ini data kondisi dan volume sampah harian dari tahun 2018-2021 serta fasilitas yang ada di DAS Ciliwung Hilir berasal dari UPK Badan Air DKI Jakarta.

4) *Penentuan Payload dan Ukuran Utama Awal*

Penentuan *payload* dilakukan dengan menentukan jumlah



Gambar 7. Lines Plan.

volume sampah harian yang ada di DAS Ciliwung Hilir tepatnya dari aliran sungai dari Pintu Air Manggarai hingga Pintu Air Karet. Jumlah volume harian tersebut didapatkan melalui analisa regresi linear banyaknya volume sampah dari tahun 2018 sampai dengan 2021. Untuk mendapatkan ukuran utama awal, digunakan metode *geosim prosedur*. Setelah didapatkan ukuran utama awal, selanjutnya dilakukan optimasi agar kapal kerja ini dapat dibuat berdasarkan ukuran utama yang optimum serta memenuhi ketentuan *Insell & Molland*.

5) *Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis*

Tahapan selanjutnya adalah perhitungan analisa teknis dan ekonomis kapal. Pada tahapan ini dilakukan pengolahan dari data-data diperoleh, yaitu perhitungan yang sesuai dengan aspek teknis desain kapal meliputi perhitungan hambatan dan propulsi, perhitungan berat kapal, perhitungan *freeboard*, perhitungan *trim*, perhitungan stabilitas kapal, perhitungan biaya pembangunan dan operasional kapal.

6) *Pembuatan Model dan Gambar Umum*

Pembuatan model 3 dimensi dilakukan dengan menggunakan *software Maxsurf Modeler*. Pembuatan model harus memperhatikan kriteria-kriteria yang telah dihitung dan ditentukan. Setelah itu, Model 3D dari *Maxsurf Modeler* di-export dan dibuka di *software Auto CAD* untuk dibuat *linesplan*. Setelah *linesplan* selesai, dilanjutkan dengan pembuatan *general arrangement*.

7) *Kesimpulan*

Tahapan terakhir dalam pengerjaan penelitian ini adalah penarikan kesimpulan dan saran.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Penentuan Operational Requirement*

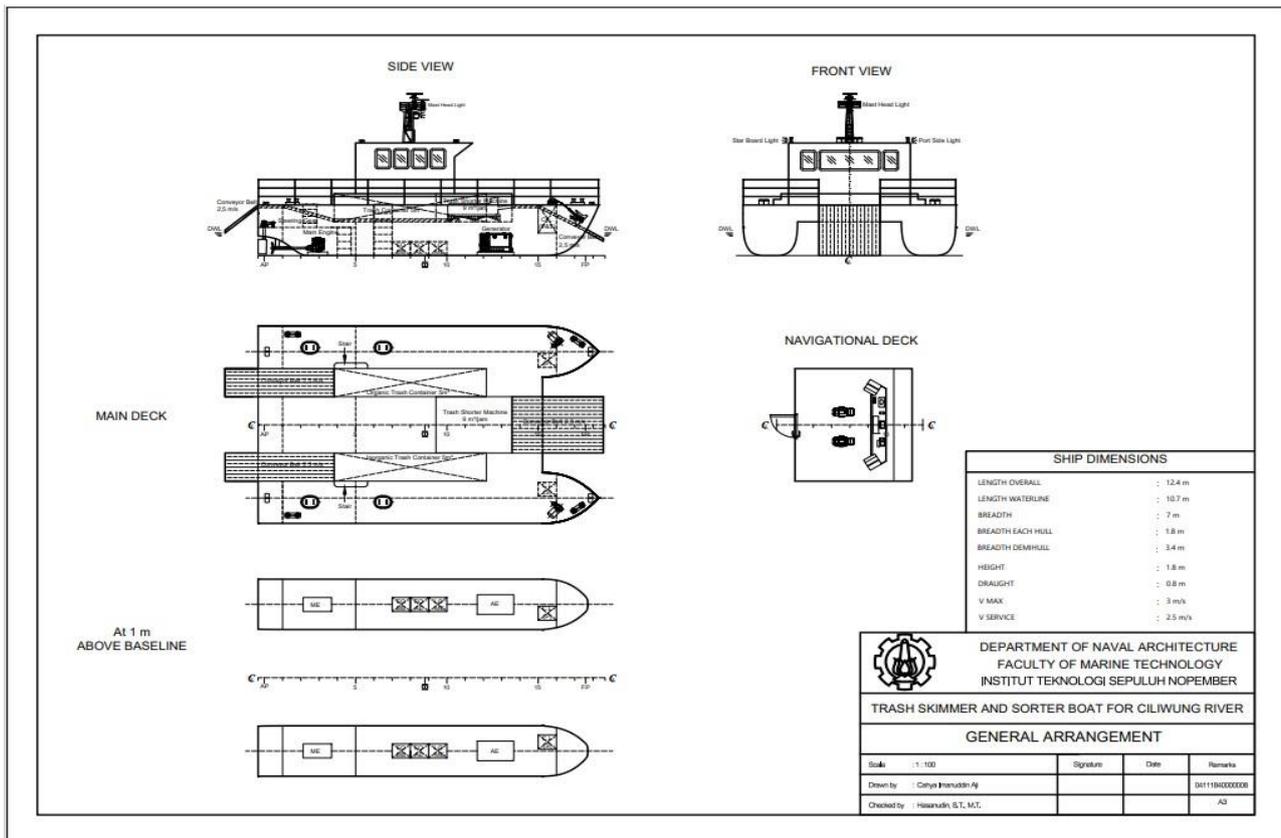
Penentuan *operational requirement* meliputi penentuan rute pelayaran, *payload*, dan kecepatan kapal.

1) *Rute Pelayaran*

Sungai Ciliwung yang mengalir dari hulu yang terletak di Kabupaten Bogor memiliki hilir yang terdiri dari 2 percabangan di wilayah Jakarta Utara. Secara administratif, Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) membagi Sungai Ciliwung menjadi 6 segmen dengan 4 kewilayahan yaitu

Pemerintah Kabupaten Bogor, Pemerintah DKI Jakarta, Pemerintah Kota Bogor, serta Pemerintah Kota Depok. Pemerintah Kota Bogor menangani segmen 1 dan 3, Pemerintah Kabupaten Bogor menangani segmen 2, Pemerintah Kota Depok menangani segmen 4, dan Pemerintah Daerah DKI Jakarta menangani segmen 5 dan 6. Sungai Ciliwung dengan wilayah administratif Pemerintah DKI Jakarta pada segmen 6 yang mengalir di wilayah Pulo Gadung hingga Tanjung Priok dipilih sebagai lokasi tinjauan dari penelitian ini karena kondisi dari batasan fisik yang memungkinkan.

Setelah lokasi tinjauan ditentukan, dilakukan *zoning* pada wilayah tersebut dengan cara melakukan survei lapangan secara langsung untuk melihat kondisi, karakteristik, dan banyaknya timbunan sampah di sepanjang aliran secara aktual pada aliran Sungai Ciliwung yang menuju ke Muara Baru. Setelah dilakukan pengamatan, aliran Sungai Ciliwung dapat dibagi menjadi 3 zona berdasarkan karakteristiknya.



Gambar 8. General Arrangement.

Pembagian zona dapat dilihat pada Gambar 2.

Pemilihan daerah operasional pada penelitian ini ditentukan berdasarkan kondisi dari zoning yang telah dibuat. Pada zona 1 memiliki aliran sepanjang 4,5 km yang terletak di wilayah Jakarta Pusat. Karakteristik sungai di zona ini dapat memenuhi rancangan kapal penelitian ini untuk beroperasi dan jembatan penyeberangan yang terdapat di zona ini memiliki ketinggian lebih dari 4 meter dari permukaan sungai. Oleh karena itu, zona 1 yang bermula dari Pintu Air Manggarai sampai Pintu Air Karet dipilih sebagai daerah operasional kapal.

### 2) Penentuan Payload Kapal

Payload yang dimaksud untuk kapal ini adalah sampah. Dalam menentukan payload kapal pengangkut dan pemilah sampah digunakan forecasting dengan metode regresi berdasarkan data volume sampah yang telah didapatkan. Rata-rata volume sampah harian pada tahun 2018 hingga 2021 dapat ditunjukkan oleh grafik. Grafik hasil rekapitulasi rata-rata volume sampah tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan data volume sampah yang didapat, langkah selanjutnya adalah melakukan forecasting dengan metode regresi. Setelah forecasting dilakukan, didapatkan hasil rekapitulasi volume sampah harian yang harus diangkut di aliran Sungai Cilwung tersebut sebesar 28,7 m<sup>3</sup>. Mayoritas sampah merupakan hasil limbah rumah tangga dengan massa jenis sampah di sungai sebesar ±0,65 ton/m<sup>3</sup>. Sehingga dapat diketahui bobot sampah sebesar 18,65 ton. Jumlah tersebut terlalu besar apabila diangkut dalam 1 kali operasional. Sehingga kapal yang dibuat harus melakukan pekerjaan secara berulang dalam sehari. Ditentukan jumlah operasional

kapal sebanyak 3 kali/hari, sehingga dapat dihitung payload dari kapal pengangkut dan pemilah sampah sebesar 9,5 m<sup>3</sup> atau 6,2 ton.

### 3) Kecepatan Kapal

Setelah rute pelayaran dan payload telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah menentukan kecepatan operasional kapal untuk mendapatkan waktu pelayaran. Kecepatan dinas kapal yang akan direncanakan tidak boleh melebihi kecepatan dari loading conveyor supaya proses pengangkutan sampah oleh conveyor dapat maksimal.

Dalam 1 kali operasional, kapal pengangkut dan pemilah melakukan proses skimming dari titik awal yang terletak di Pintu Air Manggarai hingga titik akhir yang terletak di Pintu Air Karet dengan kecepatan 5 knot dengan estimasi waktu selama 45 menit. Setelah itu, kapal melakukan proses unloading hasil muatan sampah yang telah terangkut dan terpilah di dumping area II yang terletak di sempadan dekat Pintu Air Karet selama 20 menit. Kapal kemudian melanjutkan proses skimming dari Pintu Air Karet menuju Pintu Air Manggarai dengan kecepatan yang sama yaitu 5 knot dan estimasi waktu selama 45 menit. Setelah itu kapal melakukan unloading muatan di dumping area I yang terletak di sempadan dekat Pintu Air Manggarai.

### B. Analisa Teknis

#### 1) Penentuan Ukuran Utama

Dalam menentukan ukuran utama awal kapal, digunakan metode geosim procedure dan juga batasan sesuai dengan kondisi dari lokasi operasional. Kapal pembanding yang digunakan adalah kapal pembersih sampah untuk Sungai Kalimas Surabaya. Data-data kapal pembanding yang

digunakan adalah:  $L = 9,2$  m;  $B = 6$  m;  $T = 0,7$  m;  $C_b = 0,454$ ;  $C_d = 0,22$ ;  $DWT = 4$  ton. Perkiraan  $DWT$  kapal yang akan dibangun adalah 6,3 ton. Hasil perhitungan dengan metode tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

## 2) Perbandingan Ukuran Utama

Setelah didapatkan ukuran utama menggunakan metode *geosim procedure*, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk rasio ukuran utama awal kapal. Rasio perbandingan ukuran tersebut menggunakan jurnal dari *Insell & Molland 1992*. Hasil perhitungan rasio ukuran utama adalah sebagai berikut.

$L/B_1$	$= 5,95$	$; 5,9 < L/B_1 < 11,1$	; Memenuhi
$B/H$	$= 3,89$	$; 0,7 < B/H < 4,1$	; Memenuhi
$S/L$	$= 0,32$	$; 0,19 < S/L < 0,51$	; Memenuhi
$S/B_1$	$= 1,88$	$; 0,9 < S/B_1 < 4,1$	; Memenuhi
$B_1/T$	$= 2,25$	$; 0,9 < B_1/T < 3,1$	; Memenuhi
$B_1/B$	$= 0,25$	$; 0,15 < B_1/B < 0,3$	; Memenuhi

## 3) Koefisien Bentuk Badan Kapal

Langkah selanjutnya setelah didapatkan ukuran utama kapal yaitu mencari nilai koefisien bentuk badan kapal. Nilai-nilai ini adalah fungsi dari perbandingan nilai ukuran utama kapal yang telah diperoleh. Nilai-nilai koefisien bentuk badan kapal yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

## 4) Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan kapal dilakukan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan oleh kapal untuk dapat beroperasi sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Perhitungan hambatan kapal pada penelitian ini menggunakan acuan dari *Insell & Molland 1992*. Dimana hambatan kapal dipengaruhi oleh besarnya nilai  $W_{SA}$ , dan koefisien hambatan total kapal. Komponen hambatan dalam kapal berlambung katamaran lebih kompleks dibandingkan dengan kapal *monohull* dikarenakan adanya efek interferensi antar kedua lambungnya. Nilai hambatan total kapal ini adalah 2,6 kN.

## 5) Perhitungan Daya Mesin

Perhitungan daya mesin digunakan sebagai pertimbangan dalam memilih mesin utama yang sesuai dengan kebutuhan kapal. Perhitungan dilakukan sesuai *Principle of Naval Architecture Vol.II* dan *parametric design*. Dalam proses perhitungan daya mesin, terdapat beberapa elemen yang harus dihitung seperti *Effective Horse Power* (EHP), *Thrust Horse Power* (THP), *Delivered Horse Power* (DHP), *Shaft Horse Power* (SHP), dan *Brake Horse Power* (BHP). Setelah nilai BHP didapatkan, langkah selanjutnya adalah dihitung nilai dari *Maximum Continuous Rating* (MCR) dengan penambahan *power service margin* sebesar 15%. MCR dari hasil perhitungan tersebut adalah sebesar 12,493 kW. kapal pengangkut dan pemilah sampah ini direncanakan menggunakan 2 mesin, sehingga satu mesin dibutuhkan daya sebesar 6,24 kW.

## 6) Perhitungan Berat Kapal

Pada penelitian ini pengerjaan hanya sebatas konsep desain. Perhitungan tebal pelat dilakukan pada 3 bagian yaitu tebal pelat alas, tebal pelat sisi, dan tebal pelat geladak. Dari masing-masing bagian tersebut dilakukan perhitungan di masing-masing daerah yaitu pada daerah  $0 \leq x/L < 0,2$  [A];

$0,2 \leq x/L < 0,7$  [M]; dan  $0,7 \leq x/L$  [F]. Setelah didapatkan tebal pelat dari masing-masing bagian, dapat ditentukan pelat yang akan digunakan untuk kapal sebesar 6 mm.

Perhitungan berat kapal terdiri dari 2 jenis yaitu *Dead Weight Tonnage* (DWT) dan *Light Weight Tonnage* (LWT). Komponen berat DWT terdiri dari berat *payload*, awak kapal, bahan bakar mesin utama, generator, dan *lube oil*. Komponen berat LWT terdiri dari berat lambung, geladak, *railing, equipment & outfitting*, dan berat permesinan. Rekapitulasi perhitungan titik berat komponen DWT dan LWT dapat ditunjukkan pada Tabel 3. *Displacement* kapal sebesar 23,37 ton, sehingga terdapat *margin displacement* sebesar 2%.

## 7) Perhitungan Trim

Perhitungan *trim* pada kapal digunakan untuk dapat mengetahui nilai kemiringan kapal pada kondisi tertentu (*loadcase*). Perhitungan *trim* dilakukan berdasarkan kriteria yang terdapat di dalam *SOLAS Chapter II-1, Part B-1*. Perhitungan *trim* dilakukan dalam 6 kondisi dengan variasi muatan dan kondisi *consumable*. Kondisi tersebut dijelaskan dalam Tabel 4.

## 8) Perhitungan Freeboard

*Freeboard* adalah selisih antara tinggi kapal dengan sarat kapal (T) dimana muatan dalam kondisi penuh yang diukur ketika kondisi sarat musim panas. Perhitungan *freeboard* untuk kapal pengangkut dan pemilah sampah ini mengacu kepada *Non-Convention Vessel Standard (NCVS) Indonesian Flagged*. Kapal pada penelitian ini termasuk ke dalam kapal Tipe B. Koreksi *freeboard* yang dilakukan terdiri dari koreksi koefisien blok ( $K_b$ ), dan koreksi dalam (D). Pada perhitungan *freeboard* untuk kapal pengangkut dan pemilah sampah ini dapat diterima karena nilai lambung timbul aktual lebih besar dari nilai lambung timbul yang telah dikoreksi. Nilai *freeboard* perhitungan sebesar 30,589 cm sedangkan nilai *freeboard* aktual sebesar 100 cm.

## 9) Perhitungan Stabilitas Kapal

Perhitungan stabilitas kapal digunakan untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang pada kondisi tertentu (*loadcase*). Kriteria dalam perhitungan stabilitas mengacu pada kriteria stabilitas untuk kapal kecil ( $L < 24$  m) dari *Germanischer Lloyd* dengan referensi *Buku Stabilitas Kapal Kecil* oleh Ali Azhar dan Tri Agung Kristiyono. Hasil perhitungan stabilitas ditunjukkan pada Tabel 5.

## C. Gambar Umum

Gambar umum terdiri dari rencana garis, rencana umum, dan model 3D kapal. pembuatan rencana garis yang dibuat menggunakan bantuan *software Maxsurf Modeler Advance*. Rencana garis adalah gambar dari potongan badan kapal yang terdiri dari 3 sudut pandang yaitu gambar *body plan* (tampak melintang), *sheer plan* (tampak memanjang), dan *half breadth plan* (tampak atas). Gambar rencana garis dapat dilihat pada Gambar 7. Gambar Rencana Umum adalah gambar perencanaan dan pembagian ruang yang disesuaikan dengan kebutuhan dan bentuk lambung kapal. Pada bagian haluan kapal terdapat *loading conveyor belt* yang berfungsi untuk mengangkut sampah dari permukaan sungai. Sedangkan di bagian buritan kapal terdapat *offloading conveyor belt* yang berfungsi untuk mengeluarkan muatan

sampah yang ada di tangki kapal menuju *dumping area* yang terletak di sempadan sungai. Gambar rencana umum dapat dilihat pada Gambar 8. Setelah Rencana Garis dan Rencana Umum dibuat, langkah selanjutnya adalah pembuatan model 3D kapal yang dibuat menggunakan *software Maxsurf Modeler Advance*. Model 3D dari kapal ini dapat dilihat pada Gambar 4, 5 dan 6.

#### D. Perhitungan Ekonomis

Perhitungan ekonomis pada penelitian ini meliputi perhitungan biaya pembangunan dan biaya operasional kapal. Kapal pengangkut dan pemilah sampah yang dibuat tidak digunakan untuk kepentingan komersial, sehingga tidak dilakukan perhitungan dan analisis mengenai laba untung dan rugi.

##### 1) Biaya Pembangunan Kapal

Biaya pembangunan kapal terdiri dari 3 bagian yaitu biaya baja kapal dan elektroda, biaya permesinan, dan biaya *equipment & outfitting* kapal. Koreksi biaya pembangunan kapal dilakukan dengan memperhatikan keuntungan dari pihakgalangan sebagai pihak yang melakukan pembangunan kapal, biaya inflasi, dan biaya pajak pemerintah [8]. Total biaya koreksi pembangunan kapal dapat dilihat pada Tabel 6.

##### 2) Biaya Operasional Kapal

Biaya operasional kapal terdiri dari 5 komponen yaitu biaya untuk pinjaman bank, biaya perawatan, biaya asuransi, biaya gaji *crew*, dan biaya bahan bakar. Setelah dilakukan perhitungan dari tiap komponen, dapat diketahui biaya operasional kapal untuk tiap tahunnya. Rincian biaya operasional kapal pengangkut dan pemilah sampah dapat dilihat pada Tabel 7.

### V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis teknis dan ekonomis, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:(1)Dari penentuan *owner requiremnet* didapatkan nilai *Payload* kapal sebesar 6,3 ton; Kapal beroperasi sebanyak3x dalam 1 hari; Kecepatan dinas kapal sebesar 5 knot;(2)Didapatkan ukuran utama kapal pengangkut dan pemilah sampah yaitu  $L_{oa} = 12,4$  m;  $L_{wl} = 10,7$  m;  $B = 7$  m;  $H = 1,8$ m;  $T = 0,8$  m;(3)Hasil analisa teknis yang didapat adalah sebagai berikut:(a)Besarnya hambatan kapal yang didapat berdasarkan perhitungan *Insell & Molland 1992* adalah 2,05 kN;(b)Daya mesin utama yang digunakan adalah  $2 \times 6.6$  kW dengan daya

generator sebesar  $2 \times 14$  kW;(c)Kapal memiliki berat 22,9-ton dengan nilai koreksi *displacement* sebesar 465 kg, sehingga terdapat selisih 2%;(d)Nilai *trim* maksimal kapal adalah  $\pm 0,054$  meter dan di setiap *loadcase* yang dibuat telah memenuhi batasan;(e)Kapal memiliki *freeboard* setinggi 0,305 meter dan telah memenuhi syarat *freeboard* minimum sesuai dengan NCVS;(f)Kapal memiliki stabilitas yang baik dan telah memenuhi persyaratan kriteria stabilitas utuh untuk kapal kecil ( $L < 24$  m) dari *Germanischer Lloyd*;(4)Desain *Linesplan, General Arrangement*, dan model 3 dimensi dari kapal ini telah dibuat dan dapat dilihat pada lampiran;(5)Berdasarkan analisa ekonomis yang telah dilakukan, biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan kapal ini sebesar Rp 1.398.761.820. Sedangkan biaya operasional per tahun kapal ini adalah sebesar Rp 252.921.124 per-tahun.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada UPK Badan Air DKI Jakarta yang telah bersedia membantu dalam memberikan data-data terkait kondisi di Sungai Ciliwung.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Widhiasari and Rahma, "Load capacity study of Ciliwung watershed moersidik," *Jurnal Hidrology*, vol. 2, no. 13, pp. 1–16, 2008.
- [2] K. D. Ganvir, P. R. Nekar, L. W. Ghate, and H. H. Bhagat, "The impact of water pollution and preliminary study on river trash collecting mechanism," *International Journal of Technical Research and Applications*, vol. 7, no. 1, pp. 85–87, 2019, [Online]. Available: [www.ijtra.com](http://www.ijtra.com)
- [3] Arifin Gustian Pramoko and Hesty Anita Kurniawati, "Studi perancangan trash skimmer boat di perairan Teluk Jakarta, Wave," *Jurnal Teknik POMITS*, vol. 2, no. 1, pp. G11–G16, 2013.
- [4] A. I. Wulandari, W. Setiawan, T. Hidayat, and D. A. Fauzi, "Design of trash skimmer boat for inland waterways in East Kalimantan," *Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, vol. 14, no. 1, pp. 9–18, 2020.
- [5] W. Arianto, "Desain Kapal Wisata Katamaran untuk Kepulauan Karimunjawa," Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya, 2016.
- [6] D. Chrismianto, A. A. Berlian, Y. Sobirin, and J. T. Perkapalan, "Pengaruh variasi bentuk hull kapal catamaran terhadap besar hambatan total menggunakan CFD," *KAPAL*, vol. 11, no. 2, pp. 99–106, 2014.
- [7] Arief Ega Pratama and Hesty Anita Kurniawati, "Desain aquatic weed and trash skimmer boat dengan sistem penggerak paddle wheel di Sungai Kalimas Surabaya," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 2, pp. G150–G154, 2018.
- [8] D. G. A. Watson, "Some ship design methods," *Naval Architect*, vol. 4, 1977.