

# Analisa Penerapan Sistem Hybrid Pada Kapal KPC-28 Dengan Kombinasi Diesel Engine dan Motor Listrik yang Disuplai Dengan Baterai

Tangguh Bimantoro, I Made Ariana, dan Indrajaya Gerianto

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

**Abstrak**—Teknologi Hybrid System Vessel akhir-akhir ini sedang menjadi bahasan yang sering dibicarakan di dunia pendidikan dan teknologi permesinan. Teknologi Hybrid System Vessel yang dimaksud adalah kapal yang berjalan dengan dua sumber tenaga, mesin yang bekerja dengan sumber tenaga bahan bakar dan motor listrik yang bekerja dengan sumber tenaga listrik. Oleh karena adanya permasalahan tersebut maka dikembangkanlah konsep system hybrid pada kapal. Hybrid ini mengacu teknologi pada mobil hybrid yang sudah dikembangkan sekarang, tujuan dari hybrid ini adalah sebagai penghematan BBM dan juga sebagai pereduksi emisi di system permesinan kapal. Penelitian ini menggunakan simulasi dengan software Maxsurf, kemudian dilakukan dengan metode perhitungan manual yang nantinya digunakan untuk menentukan jumlah baterai yang dibutuhkan pada penggerak motor induksi. Hasil dari penelitian ini berupa desain Hybrid System kapal KPC – 28, serta hasil analisa Hybrid System di kapal apakah memberikan efisiensi bahan bakar yang cukup hemat dengan tanpa menggunakan Hybrid System pada mesin kapal tersebut.

**Kata Kunci**—Hybrid, hybrid engine, baterai to electric motor, DC motor

## I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan Negara maritim, dimana wilayah lautnya 2 : 3 dari wilayah daratnya sehingga konsekuensinya Indonesia harus dapat mengendalikannya dan mengamankan seluruh wilayah lautan yang dimilikinya sesuai dengan ketentuan dalam *United Nations Convention On The Law Of The Sea (UNCLOS th. 1982) (Subroto, 1983)*. Indonesia adalah sebuah Negara kepulauan dengan 17.499 pulau dan luas laut mencapai 5,8 juta km<sup>2</sup>, garis pantai sepanjang kurang lebih 81.000 km dan wilayah daratan seluas 2,2 juta km<sup>2</sup> serta posisi silang yang terletak diantara dua benua dan dua samudera, kemungkinan terjadinya kerawanan-kerawanan seperti pelanggaran wilayah, pengambilan kekayaan laut tanpa izin, penyelundupan, perompakan dan sabotase (*Hamzah, 1984*). Banyaknya kasus pelanggaran berupa pelanggaran wilayah oleh kapal Negara asing, *illegal fishing* dan *illegal logging* yang terjadi di territorial Indonesia menunjukkan bahwa belum sepenuhnya wilayah laut Indonesia tercover oleh kapal Patroli Republik Indonesia.

Pengembangan kapal-kapal tempur sampai saat ini terus dilakukan di berbagai Negara, bahkan seperti sebuah persaingan tersendiri untuk dapat menciptakan alutsista yang semakin canggih dan tentunya dijaga rahasianya dari Negara lain. Karena menyangkut tentang keamanan. Skripsi ini bertujuan untuk memberikan inovasi kepada alutsista NKRI

agar armadanya memiliki teknologi yang berkembang dan tidak



Gambar 1.1 Peta sektor-sektor operasi keamanan laut wilayah timur

(Sumber : SOPS Armatim 2008)

tinggal oleh Negara lain. Dan diharapkan analisa tentang permesinan kapal patroli ini dapat membantu perkembangan alutsista yang ada di NKRI.

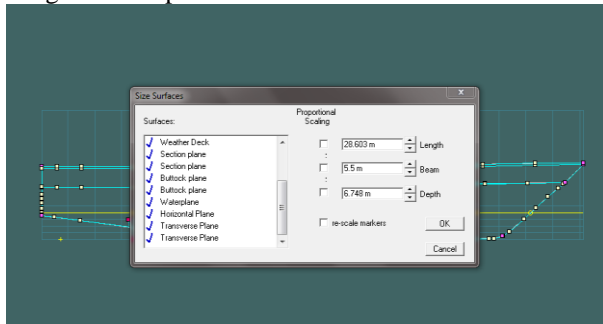
Keterbatasan jumlah Kapal Patroli dan anggaran yang disediakan oleh Negara serta tuntutan pengamanan wilayah laut NKRI pada penugasan kapal di sektor-sektor operasi keamanan laut mengakibatkan perlu adanya tuntutan pemikiran tentang distribusi penugasan kapal patroli yang optimum.

Perlu diketahui bahwa kapal-kapal patroli masing-masing memiliki perbedaan kemampuan kecepatan, serta *endurance* (lama ketahanan untuk sekali berlayar, berkaitan dengan logistik kapal), jarak dan luas jangkauan (*coverage*) serta biaya operasi yang berbeda pula. Kapal patroli saat ini masih menggunakan bahan bakar minyak untuk menjalankan tugasnya. Sehingga jika terjadi kelangkaan BBM maka kapal semakin jarang beroperasi, mengakibatkan keamanan perairan Indonesia semakin rawan.

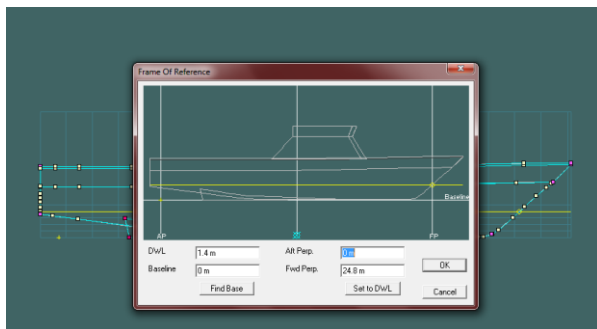
Hal serupa juga dialami kendaraan yang ada di darat, dan sekarang sudah ada solusi untuk masalah tersebut. Salah satu contoh adalah mobil hybrid. Mobil hybrid adalah mobil yang menggunakan system penggerak ganda yaitu mesin otto atau mesin diesel di kombinasikan dengan motor listrik yang disuplai dari baterai. Alternative tersebut cukup berhasil dan berdarat besar dipasaran. Dari contoh tersebut, memunculkan ide untuk mengaplikasikan konsep hybrid yang semulanya diterapkan di kendaraan darat, sekarang diterapkan di kapal. Oleh karena itu perlu adanya penelitian tentang analisa penerapan system Hybrid pada kapal KPC – 28 dengan mengkombinasikan diesel engine dan motor induksi yang disuplai dengan baterai.

II. METODE PENELITIAN

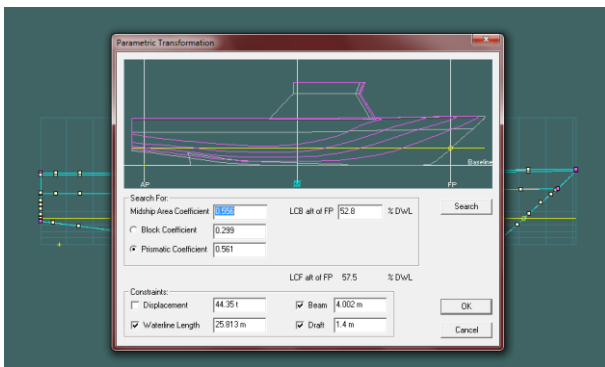
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode berbasis percobaan dengan membuat perancangan sistem peralatan ini kemudian dilakukan



Gambar 3.1. kolom “size surface” pada maxsurf

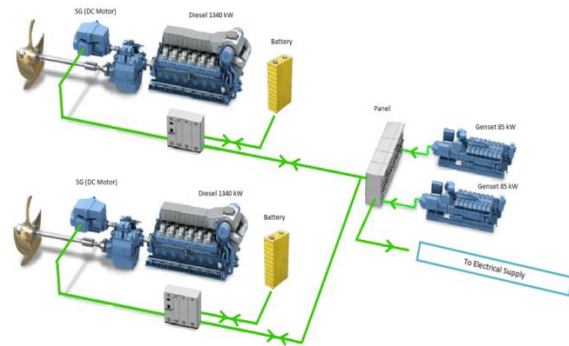


Gambar 3.2. kolom “frame of reference” pada maxsurf

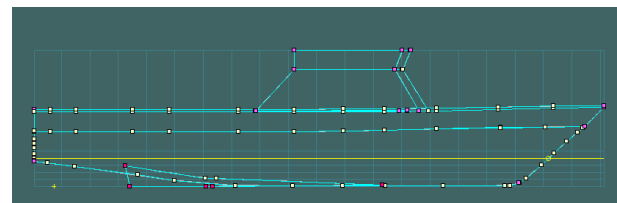


Gambar 3.3. kolom “parametric transformation” pada maxsurf

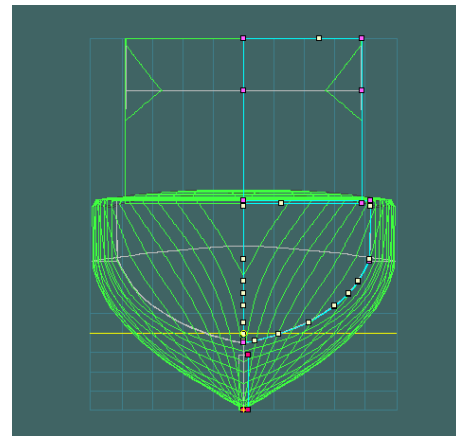
kemudian dengan perhitungan manual, diharapkan dapat menemukan rancangan terbaik menggunakan system *Hybrid* di kapal KPC – 28.



Gambar 3.4. desain system permesinan “Hybrid”



Gambar 4.2 desain *Maxsurf* tampak samping



Gambar 4.3 desain *Maxsurf* tampak depan

pengujian dan percobaan pada sistem tersebut. Metodologi penulisan skripsi ini mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan tugas akhir. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan sebagai berikut :

A. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Minimnya sumber bahan bakar membuat kita dipaksa untuk mencari alternatif selain inovasi yang sudah ada sebelumnya. Perencanaan system permesinan pada kapal perlu adanya sedikit inovasi guna mengurangi konsumsi bahan bakar pada system permesinan kapal pada umumnya. Dalam penerapan ini dikembangkan metode *Hybrid* pada permesinan kapal tersebut. Perihal yang paling berkaitan dengan konsumsi bahan bakar adalah waktu dan jarak. Dalam penerapan tersebut diharapkan dapat menemukan inovasi terbaik, guna memecahkan permasalahan yang dihadapi. Dibantu dengan menggunakan software *Maxsurf* untuk mencari tahanan dan

B. Study Literatur

Tahapan selanjutnya adalah melakukan studi literatur dengan tujuan untuk merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir ini. Studi literatur ini dapat diperoleh dari buku, jurnal, paper atau dari internet yang mendukung bahasan dari tugas akhir ini. Selain itu bisa juga dengan melakukan tanya jawab dengan pihak yang berkepentingan dan berkompeten pada bahasan ini.

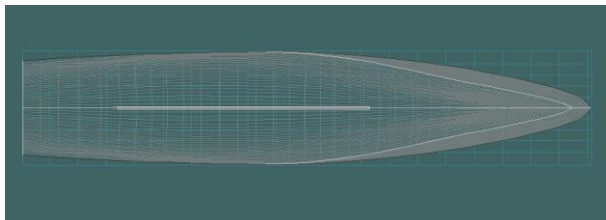
C. Pengumpulan Data

Observasi lapangan dan pengumpulan data yang di dapat dari berbagai sumber yang terpercaya guna memaksimalkan hasil dari rancangan tersebut. Data yang diambil diharapkan dapat mewakili tujuan pencarian data yaitu :

1. Mencari data kapal secara lengkap mengenai general arrangement dan beserta desain dua dimensi kapal yang diobservasi.
2. Mencari data mesin kapal utama (*diesel engine*) dan juga motor listrik.

Tabel 4.1  
Hasil tahanan Maxsurf

	Speed (kts)	Savitsky Resist. (N)	Savitsky Power
1	0	--	--
2	1	--	--
3	2	--	--
4	3	--	--
5	4	--	--
6	5	--	--
7	6	--	--
8	7	--	--
9	8	--	--
10	9	--	--
11	10	--	--
12	11	--	--
13	12	--	--
14	13	19304.88	234.74
15	14	20783.14	272.15
16	15	22337.31	313.4
17	16	23983.87	358.63
18	17	25859.09	408.01
19	18	27419.08	461.64
20	19	29239.75	519.64
21	20	31116.8	582.1
22	21	33045.75	649.1
23	22	35021.92	720.67
24	23	37040.45	796.86
25	24	39096.27	877.65
26	25	41184.19	963.04
27	26	43298.83	1052.99
28	27	45434.71	1147.43
29	28	47586.27	1246.28
30	29	49747.92	1349.42
31	30	51914.09	1458.74
32	31	54079.36	1568.08
33	32	56238.52	1683.29
34	33	58386.71	1802.2
35	34	60519.57	1924.84
36	35	62633.34	2050.45
37	36	64725.02	2179.47
38	37	66792.46	2311.56
39	38	68834.47	2446.61
40	39	70850.77	2584.55
41	40	72842.05	2725.32



Gambar 4.4 desain Maxsurf tampak atas

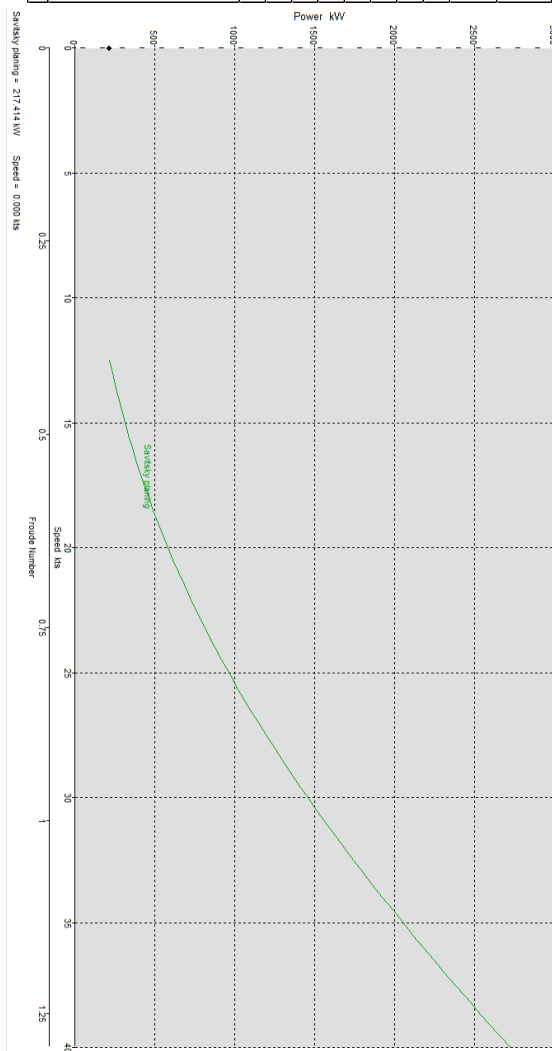
3. Mencari *speks* baterai yang maksimal sebagai media penyimpanan energi listrik. Pertimbangan pemilihan baterai adalah dimensi dan berat.
4. Melakukan analisa kapal saat kapal melakukan pengejaran dimana ditentukan kecepatan kapal saat melakukan pengejaran adalah 35 knots. Analisa yang dilakukan

meliputi perhitungan tahanan kapal dan daya kapal yang mengacu pada kecepatan kapal.

5. Melakukan analisa kapal saat kapal melakukan patroli/pengintaian yaitu pada kecepatan 16, 21, 26 knots. Analisa yang dilakukan meliputi perhitungan tahanan kapal dan daya kapal. Serta pembebanan oleh generator sebagai penghasil listrik.

Tabel 4.2  
Perhitungan baterai

no.	baterai	kapasitas baterai		kapasitas yang dibutuhkan		Jumlah Baterai Seri	Jumlah Baterai Paralel	jumlah total baterai	berat persatuan (kg)	berat total (kg)		
		Ah	Volt	Ah	Volt							
1	Master Volt MLI Ultra 12/2500	180	12	500	420	3.1	4	35	35	140	29	4060
2	Master Volt MLI Ultra 12/5000	360	12	500	420	1.6	2	35	35	70	57	3990
3	Master Volt MLI Ultra 24/5000	180	24	500	420	3.1	3	18	18	54	58	3132
4	Winston Battery WB-LYP40AHA	40	2.8	500	420	14	14	150	150	2100	1.5	3150
5	Winston Battery WB-LYP160AHA	160	2.8	500	420	3.5	4	150	150	600	5.6	3360
6	Winston Battery WB-LYP260AHA	260	2.8	500	420	2.2	3	150	150	450	8.7	3915
7	Winston Battery WB-LYP400AHA	400	2.8	500	420	1.4	2	150	150	300	13.5	4050
8	E-Marine Li3 12 V 65 A	65	12	500	420	8.6	9	35	35	315	12.24698	3857.8
9	E-Marine Li3 12 V 160 A	160	12	500	420	3.5	4	35	35	140	22.6796	3175.1
10	E-Marine Li3 12 V 450 A	450	12	500	420	1.2	2	35	35	70	63.95647	4477



Gambar 4.5 tabel hasil tahanan Maxsurf

6. Melakukan analisa kapal saat kapal berada di sekitar pelabuhan yaitu pada kecepatan < 15 knots. Analisa yang dilakukan meliputi perhitungan tahanan kapal dan kecepatan kapal yang diperlukan pada saat mode penggerak menggunakan motor listrik.

Mencari speks baterai charger untuk menentukan waktu yang dibutuhkan pada saat pengisian baterai.

#### D. Perancangan Alat

Dalam tahapan ini akan dilakukan design ulang sebuah kapal patroli yang sebelumnya sudah ada pada software *Maxsurf* yang kemudian di desain ulang dengan mengubah principal dimension serta merubah sedikit bentuk bangunan kapal tersebut sehingga hampir menyerupai aslinya. Dan diharapkan dari sample design tersebut hanya terpaut sedikit perbedaan dari kapal yang aslinya.

1. Karena keterbatasan kemampuan dalam software *Maxsurf*, penulis menggunakan *Sample Design* yang sudah ada sebelumnya. Yaitu sebuah sampel desain sebuah kapal cepat yang belum sempurna, yang hanya terdiri dari *Hull* saja.
2. Menata ulang sampel desain yang sudah ada dengan membuatnya mendekati sama dengan desain kapal sebenarnya. Sehingga hasil ketika sudah di *running* mendekati sama.
3. Beberapa hal yang perlu dirubah adalah, LOA, Beam, Depth, Cb, Vs, Lpp. Yang merupakan dimensi utama kapal yang akan penulis *Re-design*. Design tersebut berubah dimensi sesuai dengan dimensi umum kapal penulis, setelah itu untuk mempermudah memposisikan gambar sesuai dengan standar perancangan gambar yaitu pastikan *After Perpendicular* atau “zero point” berada pada posisi *Rudder*. Setelah menentukan *After Perpendicular* maka selanjutnya menentukan *Fore Perpendicular* atau panjang Lpp dengan cara memberikan patokan panjang Lpp design tersebut dengan cara medouble klik “lingkaran kuning” tersebut dengan mengisikan nilai longitudinal = Lpp kapal dan Vertical = draft kapal
4. Setelah mendapatkan patokan Lpp dari “zero point” ke “lingkaran kuning” maka selanjutnya menentukan pangjang Lpp agar bisa dibuat gading-gading yang bersesuaian dengan panjang tersebut dengan cara menekan tab tool “data-frame of reference”. Selanjutnya masukan nilai “fwd perp = nilai Lpp” dan “DWL = nilai sarat kapal”, dan pastikan posisi “AP, Midship, dan FP”, bersesuaian dengan standar gambar kapal. Kemudian pastikan “lingkaran kuning “ memotong “garis kuning = tinggi draft atau LWL kapal”.
5. Setelah sudah mendapatkan nilai panjang Lpp maka selanjutnya adalah menentukan panjang Lwl dengan cara “data – parametric transformation’ dengan mengisikan data” Water Length = nilai Lwl kapal”, Beam = nilai lebar kapal”, dan “Draft = nilai sarat kapal” dan tidak perlu mengisi “Displacement” karena perhitungan dimungkinkan menggunakan rumus ( $\Delta = Lwl \times B \times T \times Cb \times \gamma_o$ ) kemudian “search” yang mana *maxsurf* menyesuaikan “garis kuning” sebagai panjang Lwl kapaldan menyesuaikan bentuk sesuai desain kita dan “ok”. Sampai sinilah penyesuaian terhadap dimensi utama.
6. Selanjutnya menyesuaikan koefisien kapal sesuai dengan rancangan kapal tersebut dengan menekan tab tool “data – parametric transformation”. Isikan nilai “Midship Area

Coeffisien =  $C_m$ ”, Block Coeffisien =  $C_b$ , dan “Prismatic Coeffisien =  $C_p$ ” seperti kapal rancangan kita tapi jika ingin menentukan titik buoyancy kapal secara manual maka isikan “LCB aft of FP = persentase letak titik dari FP % DWL” karena jenis rancangan berupa kapal tanker maka letak bouyancy terletak di belakang midship atau > 50 % DWL yang mana kalau kita lihat Section Area Curve, luasan bagian terbesar adalah di belakang midship, atau mungkin dengan alas an bagian belakang memerlukan space yang luas untuk meletakkan mesin dibelakang midship kemudian “search” yang mana akan menyesuaikan bentuk design sesuai dengan kapal rancangan yang akan dibuat.

#### E. Perhitungan Tahanan Total

Pada tahap ini dilakukan perhitungan total dari kapal yang ditinjau dengan bentuk dan data kapal yang telah diberikan sebelumnya. Pada skripsi ini untuk mendapatkan tahanan total, maka digunakan software MAXSURF 11.12. Dengan menggunakan software ini didapatkan data tahanan total dan juga daya yang diperlukan untuk melawan tahanan yang terjadi pada kecepatan tertentu.

#### F. Penyusunan Hybrid Engine System

*Hybrid Engine System* pada kapal ini sama seperti halnya yang diterapkan pada kendaraan di darat. Menggunakan dua penggerak yaitu diesel engine dan dikombinasikan dengan motor induksi sebagai penggerak kedua yang disuplai dengan baterai. Pada kondisi pengintaian, konsep Hybrid Engine System ini tidak menggunakan Diesel Engine sebagai penggerak kapal, melainkan dengan menggunakan motor Listrik yang menggunakan energy dari baterai. Untuk kondisi Patroli, disini Diesel Engine mulai bekerja sebagai penggerak propeller dan juga sebagai penggerak generator atau yang biasa disebut Power Take Off (PTO), sehingga beban engine menjadi ganda. Sedangkan pada kondisi Pengejaran, Diesel Engine bekerja dengan kondisi maksimum sebagai penggerak Propeller, dan tidak dibebani dengan generator seperti pada kondisi Pengejaran yang membebani diesel engine dengan generator untuk digunakan sebagai penghasil listrik untuk pengisian baterai. Motor listrik (motor DC) bekerja ketika kapal bergerak dengan kecepatan dibawah kecepatan (knots) tertentu.

#### *Perhitungan dan Optimasi*

Pada tahap ini, perhitungan mengenai bagian-bagian dari *Hybrid Engine System* ini dilakukan secara umum, dengan menggunakan perhitungan manual, sehingga dapat dicari hasil yang sesuai dengan kesesuaian di lapangan.

Metode perhitungan yang dipergunakan diantaranya yaitu:

1. Perhitungan tahanan kapal menggunakan software *Maxsurf* yang dianalisa melalui *Maxsurf Pro* dan *Hull Speed*,
2. Perhitungan distribusi daya,
3. Perhitungan kebutuhan speks Main Engine, Motor DC dan Baterai,
4. Perhitungan perbandingan konsumsi bahan bakar sebelum dan sesudah menggunakan sistem *Hybrid*.

### A. Perhitungan Tahanan

Pada tahapan ini perhitungan menggunakan *software Maxsurf* yaitu untuk mengetahui besar tahanan yang dialami oleh kapal. Dari besar tahanan itulah nanti dapat diketahui berapa tahanan yang dialami kapal setiap knots.

Dari gambar tersebut, dilakukan *re-drawing* menggunakan *software Maxsurf* dengan menggambar ulang desain kapal dua dimensi kedalam bentuk tiga dimensi sampai menyerupai bentuk pada gambar dibawah.

Berikut ini hasil gambar dari *software Maxsurf* :

Gambar tersebut diatas kemudian kita analisa menggunakan program *Hull Speed*, yang digunakan untuk mencari tahanan kapal yang telah didesain sebelumnya menggunakan *Maxsurf Pro*. Berikut adalah hasil tahanan dari hasil running *software Maxsurf*.

data tersebut dihitung dengan batasan kecepatan 0 – 40 knots, dengan metode *Savitsky Plannig* khusus untuk kapal cepat. Dari data tersebut, dapat dilanjutkan untuk mencari distribusi daya.

### B. Analisa Distribusi Daya Tanpa Shaft Generator

Pada mode Mannouver 13 knots	= 246.9 kW
Pada mode Pengintaian 18 knots	= 485.5 kW
Pada mode Patroli 25 knots	= 1013 kW
Pada mode Pengejaran 35 knots	= 2156 kW

### C. Analisa Distribusi Daya Dengan Shaft Generator

Pada mode Mannouver 13 knots	= 606.9 kW
Pada mode Pengintaian 18 knots	= 845.5 kW
Pada mode Patroli 25 knots	= 1373 kW
Pada mode Pengejaran 35 knots	= 2516 kW

### D. Pemilihan Main Engine

Engine dipilih berdasarkan hasil distribusi daya pada kecepatan 35 knots dengan nilai BHP MCR 2641.323 kW.

Data *Main Engine* yang dipilih adalah sebagai berikut :

Merk	: MTU
Type	: 12 V 2000 M93
Cylinder	: 12 Cylinder
Power	: 1340 kW (1800 bhp)
Speed	: 2450
SFOC	: 213 g/kWh

Engine yang dipakai sebanyak dua, karena menggunakan propeller ganda yang digerakkan oleh dua *main engine*.

### E. Pemilihan Motor Listrik

Pemilihan motor listrik yaitu berdasarkan fungsi dan kapasitas yang dibutuhkan, penulis memilih motor DC karena berfungsi sebagai motor dan dapat juga sebagai generator. Sedangkan kapasitas yang dipilih penulis bertujuan agar pengoperasian motor listrik dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan energi/daya yang telah penulis perhitungkan. Dari beberapa faktor tersebut, penulis mendapatkan salah satu speks Motor DC seperti dibawah ini :

Merk	: SIEMENS
Type	: 1GG6 Size 225
Rated output	: 181 kW
Speed	: 2300 rpm
Voltage	: 420 volt

Current	: 472 Ampere
Rated torque	: 1480 Nm
Efficiency	: 91 %
Length x Width x High	: (1150 x 550 x 450) mm

### F. Pemilihan Batterai

Salah satu media penyimpanan energy pada system kelistrikan adalah batterai atau biasa yang disebut aki. Syarat-syarat yang harus dipenuhi untuk pemilihan batterai adalah voltase harus sama dengan kebutuhan speks komponen yang akan disuplai, sedangkan untuk total arus dapat di variasikan sesuai kebutuhan berapa lama waktu untuk dipakai atau dengan bahasa lain lama konsumsi batterai. Dari beberapa speks batterai, maka dipilihlah batterai yang sesuai berdasarkan, voltase, ampere, dan berat batterai. Berikut adalah tabel hasil perhitungan beberapa speks batterai sehingga didapatkan batterai yang efisien :

### G. Pemilihan Spesifikasi Genset

Genset yang dipilih adalah DEUTZ Marine Genset. Mempertimbangkan kebutuhan listrik yang sesuai dengan kebutuhan desain kapal.

Data genset yang dipilih adalah sebagai berikut :

Merk	: Deutz
Type	: BF4M1013EC
Cylinder	: 4 Cylinder
Power Engine	: 92 kW
Power output	: 102 kVA (86.7 kW)
Speed	: 1500
SFOC	: 213 g/kWh

Pada desain kapal patroli ini, genset yang digunakan sebanyak dua buah genset. Yang dioperasikan bergantian.

### H. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

#### a) Tanpa shaft Generator

$$\begin{aligned} W_{fo\ Total} &= \text{total konsumsi engine} * (2) \\ &+ \text{konsumsi genset} \\ &= ((0.031 + 0.12 + 0.65 + 0.55) \times 2) + 0.46 \\ &= 2.702 + 0.46 \\ &= 3.162 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### b) Dengan Shaft Generator

$$\begin{aligned} W_{fo\ Total} &= \text{total konsumsi engine} * (2) \\ &+ \text{konsumsi genset} \\ &= ((0.12 + 0.9 + 0.55) \times 2) + 0.11 \\ &= 3.14 + 0.11 \\ &= 3.25 \text{ ton} \end{aligned}$$

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Sistem permesinan *Hybrid* pada kapal masih belum bisa diterapkan karena dalam installasinya cukup banyak dan banyak beberapa komponen yang cukup berat serta mahal. Tidak memungkinkan untuk diaplikasikan saat ini.
2. Kekurang sempurnaan dalam penyusunan konsep sistem permesinan *Hybrid*, sehingga ada beberapa

hitungan yang kurang, sehingga mengakibatkan beberapa komponen diasumsikan sempurna.

3. Keunggulan dalam konsep *Hybrid* ini adalah pada pemakaian generator set yang berkurang jam operasinya, dan bahkan jumlah genset yang sudah diaplikasikan dapat berkurang karena fungsi dari *Shaft Generator* tersebut dapat sebagai penghasil listrik untuk memenuhi kebutuhan kapal.
4. Konsumsi bahan bakar total sebelum dan sesudah memakai *Shaft Generator* memiliki selisih cukup sedikit lebih efisien dalam konsumsi bahan bakar.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang turut serta membantu dalam proses pengerjaan penelitian ini, terutama kepada Ayah dan Ibu yang telah memberikan doa sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Principal of Naval Architect*
- [2] *Marine Design of Screw Propeller*
- [3] Adji, S.W. 2005. "Engine Propeller Matching"
- [4] *Waterway development, safe waterways*
- [5] *Ship & Offshore | GreenTech, Efficient adjustment of propulsion power*
- [6] Manual book MTU Engine