

# METHODOLOGY OF THE HYBRID PROPULSION SYSTEM (DMP & DEP) FOR TRIMARAN TYPE FAST PATROL BOAT

Aulia Windyandari <sup>1)</sup> Dedy Wahyudi <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Diploma Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro

<sup>2)</sup> Staf Pengajar Teknik Perkapalan, Universitas Muhamadiyah

## *Abstract*

*There are lot of research done to develop a patrol boat, from the modification of hull model until propulsion system equipment. For example the model ship type AMV (Advanced Marine Vehicle) was developed starting from the Catamaran, Trimaran and Pentamaran model. Everything is aimed at obtaining the ship design that has the speed and stability. In addition to achieving high-speed vessel must be equipped with propulsion (Main Power) is great, that means the main engine dimensions, auxiliary equipments and fuel tanks is too large. Many Limitations of space on the ship's engine room trimaran vessel is the main obstacle in designing propulsion system. Beside that Patrol boat should have many missions speed, so propulsion system should be designed at that conditions.*

*Hybrid propulsion is a combination of Diesel Mechanical Propulsion (DMP) with Diesel Electric Propulsion (DEP). DMP system is connected directly to the propeller shaft (or through a reduction-gear). DMP has provide more efficiency rate of 95%. While DEP is only able to provide efficiency by 85% - 89% is slightly lower than DMP, but the DEP offers many advantages such as simplicity and suitability in the rotational speed settings, control systems, engine power production Redundancy, Flexibility in the design of equipments layout in engine rooms, noise, vibration and fuel consumption efficiency which affects the lower pollution.*

*Design of Hybrid Propulsion system can be satisfied and achieved the Power requirements and optimally at all speed condition of patrol boat. Therefore the author made using modeling Maxsurf-11.12 software and carried out various optimization of the choice of main engine, propeller and system conditions for fast patrol boat cruise.*

*Keywords: Patrol boat, trimaran, speed, available spaces, hybrid propulsion, advantages*

## 1. LATAR BELAKANG

Kapal patroli memiliki misi untuk melindungi dan mengawasi suatu wilayah Perairan dari kegiatan-kegiatan penyelundupan, Pembajakan dilaut, ilegal logging, ilegal fishing, invasi negara asing, dan lain-lain aktifitas yang merugikan negara. Untuk dapat menjalankan fungsinya dengan baik maka kapal patroli harus dirancang cepat, handal, kuat, nyaman dan mempunyai stabilitas yang tinggi merupakan prioritas utama disamping aspek-aspek teknis operasional yang ekonomis dari segi bahan bakar, keselamatan, kenyamanan ABK dan kelengkapan persenjataan.

Kecepatan service yang tinggi sampai saat ini merupakan salah satu faktor utama yang harus dimiliki kapal patroli. Banyak riset untuk mengembangkan kapal patroli mulai dari bentuk

badan kapal sampai peralatan sistem propulsinya, Misalnya model kapal jenis trimaran. Hasil suatu penelitian menunjukkan bahwa kapal trimaran dibandingkan dengan kapal jenis monohull yang sepadan, dengan power sekitar 3000 kw didapatkan peningkatan kecepatan service 1-2 knot (triumphant 2001).

Jumlah badan kapal trimaran yang tercelup air yang berjumlah banyak akan didapatkan volume ruangan dalam kapal kapal trimaran akan lebih sempit. Dan inilah yang menjadi kendala utama dalam mendesain sistem propulsinya. Dari beberapa referensi bahwa dalam memperoleh kecepatan yang relatif tinggi, penggerak kapal trimaran direncanakan dengan high speed diesel

engine yang di padukan dengan propulsor water jet.

Penerapan Propulsi jenis water jet di Indonesia masih kurang efektif, kendala utama adalah perairan Indonesia memiliki banyak perairan yang dangkal dan berlumpur, disamping itu kebiasaan masyarakat dalam menjaga kebersihan perairan Indonesia masih sangat rendah, sehingga propeller merupakan penggerak kapal yang sangat efektif dan sampai saat ini penerapannya masih sangat dominan di perairan Indonesia.

Pada saat mendesain sistem propulsi yang mempunyai keuntungan efisiensi yang tinggi atau jenis penggerak yang kompleks harus dibandingkan dengan keuntungan kemudahan yang diberikan oleh sistem permesinan penggerak konvensional dan perencanaan porosnya. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan ketika memilih permesinan yang diantaranya:

- Tahan uji,
- Efisiensi konsumsi bahan bakar,
- dimensi dan berat peralatan,
- Investasi awal.

Sistem propulsi hybrid (DEP dan DMP) direncanakan untuk melayani beberapa kondisi operasional untuk kapal patroli. Misi operasi Pelayaran yang sering dilakukan pada kapal patroli antara lain:

- Pengejaran (*Intercept*) atau kondisi SAR,
  - Pengangkutan (*Transit*),
  - Patroli (*Patrolling in economic speed*) dan
  - Pengintaian (*Loitering*),
- adapun waktu operasional pada tiap-tiap kondisi terlihat pada table-1.1 (MTU,2004).

*Hybrid propulsion* di dalam perkembangannya merupakan perpaduan antara *Diesel Mechanical Propulsion (DMP)* dengan *Diesel Electric Propulsion (DEP)*. Sistem DMP yang dihubungkan langsung ke poros propeller (atau melalui reduction-gear). Dimana DMP mampu memberikan tingkat efisien lebih dari 95%. Sedangkan Diesel Electric Propulsion hanya mampu memberikan efisiensi sebesar 85% - 89% yang sedikit lebih rendah dibanding DMP

Diesel Electric Propulsion (DEP) merupakan sebuah alternatif yang digunakan sebagai sistem penggerak kapal (ship propulsion). Electric propulsion memberikan banyak keuntungan yang sangat penting pada aplikasi tertentu walaupun tidak dapat dipisahkan

dengan adanya biaya yang tidak murah, mempunyai sistem instalasi yang berat, dan adanya losses yang besar pada sistem transmisinya.

Diesel Electric Propulsion memberikan banyak keuntungan dibandingkan dengan Diesel Mechanical Propulsion (DMP) diantaranya :

- Kemudahan dan kesesuaian dalam pengaturan kecepatan putaran.
- Sistem pengontrolan,
- Redundancy produksi power engine,
- Fleksibilitas perancangan kamar mesin,
- Efisiensi pemakaian fuel,
- Tingkat kebisingan dan getaran yang rendah,
- Dampak polusi yang lebih rendah.

Pemilihan sistem propulsi adalah salah satu pertimbangan dasar dalam merancang sebuah kapal. Keputusan merancang sistem propulsi DMP ataupun DEP menjadi sangat sulit untuk memuaskan dan mencapai semua kebutuhan secara simultan. Bagaimanapun harus dibuat sebuah design dari sistem yang paling optimal yang memiliki sebanyak mungkin faktor-faktor yang menguntungkan.

## 2. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dengan adanya data utama dan model kapal trimaran dapat dirumuskan untuk merancang sistem propulsi hybrid yang paling tepat, dan efisien untuk karakteristik kapal trimaran.

## 3. BATASAN MASALAH

Ada beberapa batasan-batasan dalam menentukan sistem propulsi untuk jenis kapal trimaran antara lain:

- a. Kecepatan Service kapal maximum 40 knots.
- b. Jenis propeller menggunakan Fixed Pitch Propeller (FPP).
- c. Aplikasi 2 (dua) Propulsi mekanik pada lambung tengah (main hull) dan 2 (dua) propulsi listrik pada tiap-tiap demi lambung sebelah kiri dan kanan.

- d. Perhitungan Stabilitas kapal tidak termasuk dalam kajian ini.
- e. Analisa hidrodinamika dan aliran kapal tidak termasuk dalam kajian ini.

#### 4. TUJUAN DAN MANFAAT

Ada beberapa yang ingin dicapai dalam penulisan tesis ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan Layout sistem propulsi hybride (DMP & DEP) yang optimum untuk kapal jenis trimaran.
2. Menentukan Kapasitas Daya Prame Mover dan Type Propeller yang sesuai dengan batasan ruang dan tuntutan kecepatan kapal yang diinginkan.
3. Menentukan spesifikasi teknis sistem propulsi hybrid yang tepat untuk jenis kapal trimaran.
4. Menganalisa Performance sistem Propulsi hybrid (DMP & DEP) pada kapal patroli jenis trimaran pada berbagai kondisi pelayaran.
5. Menganalisa Kebutuhan beban listrik (Electric Power Load) baik untuk sistem propulsi dan kebutuhan peralatan di kapal pada setiap kondisi pelayaran.

#### 5. DASAR TEORI

##### A. Pengenalan sistem propulsi kapal

Pada saat beroperasi di laut, suatu kapal harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas (Vs) seperti yang direncanakan. Hal ini mempunyai arti bahwa, kapal haruslah mempunyai rancangan sistem propulsi (penggerak) yang dapat mengatasi keseluruhan gaya-gaya hambat (total resistance) yang terjadi agar memenuhi standar kecepatan dinasnya (Masroeri & Asianto,1999). Secara umum, Sistem Propulsi Kapal terdiri dari 3 (tiga) komponen utama, antara lain :

- Motor Penggerak Utama (*Prime Mover*)
- Sistem Transmisi (*Transmission*)
- Alat Gerak (*Propulsor*).



Gambar 2.1 Skema sistem propulsi kapal

Ketiga komponen utama ini merupakan suatu kesatuan yang didalam proses perencanaannya tidak dapat ditinjau secara terpisah. Kesalahan didalam perancangan, akan membawa ‘konsekuensi’ yang sangat besar terhadap kondisi-kondisi sebagai berikut;

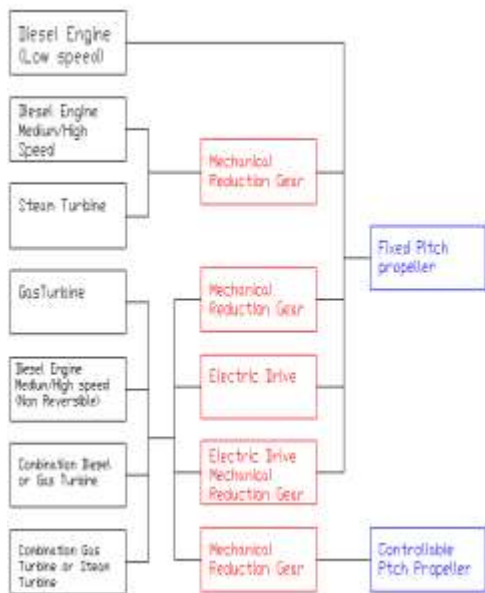
- Tidak tercapainya kecepatan dinas kapal yang direncanakan.
- Fuel oil consumption yang tidak efisien.
- Turunnya nilai ekonomis dari operasional kapal tersebut.
- Pengaruh pada tingkat vibrasi yang terjadi pada badan kapal, dsb.

##### B. Sistem propulsi kapal

Secara mendasar alat gerak kapal dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua), yaitu alat gerak kapal yang *non-mekanik* dan yang *mekanik*. Alat gerak kapal yang non-mekanik adalah *Dayung* dan *Layar*. Sedangkan alat gerak kapal yang mekanik banyak mengalami perkembangan adalah sebagai berikut :

1. Fixed Pitch Propeller
2. Ducted Propeller
3. Contra-rotating Propeller
4. Overlapping propeller
5. Controllable Pitch Propeller
6. Waterjet Propulsion System
7. Cyclodial Propeller
8. Paddle Wheels
9. Superconducting Electric Propulsion System
10. Azimuth Podded Propulsion System

Dasar perancangan sistem penggerak utama adalah merupakan koordinasi antara prime mover dengan sistem transmisi dan propulsor. Untuk menentukan pilihan seorang marine engineer harus mempertimbangkan beberapa kemungkinan kombinasi permesinan (masroeri & Asianto,1999).



Gambar 5.1. Konfigurasi sistem propulsi di kapal

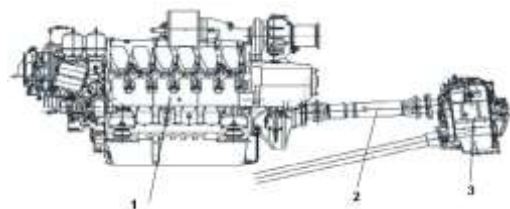
### C. Sistem Propulsi Hybrid

Penggabungan sistem propulsi mekanik dengan sistem propulsi electric sering disebut dengan Propulsi Hybrid (*Hybrid propulsion*)

#### a. Sistem propulsi kapal Mekanik atau Diesel Mechanical Propulsion (DMP)

*Fixed Pitch Propellers (FPP)* yaitu propeller dengan pitch tetap, propeller jenis ini sangat banyak di gunakan karena pembuatan yang mudah sehingga harganya juga lebih murah, Ada beberapa karakteristik propeler jenis FPP yaitu:

- Mudah pembuatannya
- Memiliki ukuran boss yang kecil/ringkas
- Disain untuk kondisi tunggal (satu titik disain)
- Kebutuhan tenaga tergantung pada kecepatan putaran propeller
- Tidak ada batasan pada area atau bentuk blade propeller
- Gearbox (Roda gigi) diperlukan untuk menurunkan atau membalikkan putaran.
- 

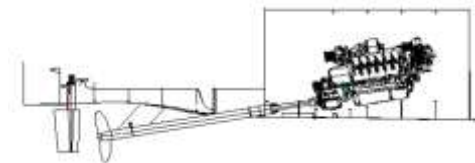


Gambar 5.2. Perencanaan V-Drive gearbox

Keterangan:

1. Main engine
2. Poros Propeller

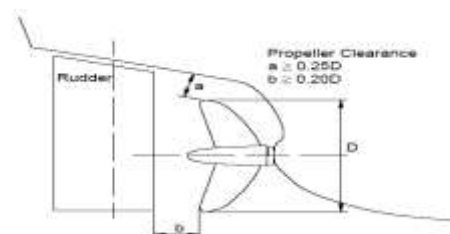
### 3. Gearbox



Gambar 5.3. Instalasi FPP pada kapal cepat

Perencanaan sistem propulsi yang sering dijumpai untuk kapal cepat adalah dengan membuat sudut propeller kebawah, disamping menghindari jarak antara propeller dengan lambung kapal hal ini juga bertujuan untuk memberikan daya angkat kapal sehingga luas permukaan yang tercelup air berkurang sehingga pada kecepatan tinggi akan lebih menaikkan kecepatan kapal. Penerapan sudut kemiringan harus memperhatikan aturan installasi mesin induk.

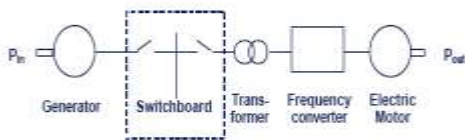
Pada awal perencanaan kapal pemilihan propeller, sedangkan penentuan diameter maksimum harus memperhatikan beberapa jarak antara propeller dengan lambung kapal (MTU Project guide).



Gambar 5.3. Batasan propeler pada kapal

#### b. Sistem propulsi kapal elektrik atau Diesel Electrical Propulsion (DEP)

Pada kapal yang menggunakan sistem Diesel-electric power station, tenaga bantu dan pelayanan kapal adalah secara elektrik, karenanya jika sistem propulsi utama juga menggunakan sistem elektrik maka semua kebutuhan tenaga di kapal tersebut akan dapat dihasilkan oleh mesin yang sama. Dengan menggunakan beberapa buah Gen-set maka akan memungkinkan untuk menyediakan tenaga listrik secara kontinyu dan teratur. Hal ini juga didukung dengan penggunaan sistem kontrol produksi listrik untuk mengoptimisasi output dari masing-masing generator listrik (Suyadi).

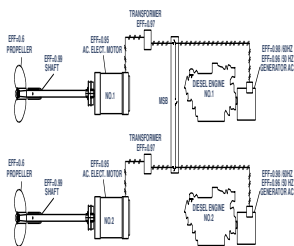


Gambar 5.4. Skema propulsi listrik

Keterangan :

- a. Prime mover (Diesel engine or Natural Gas/COGEN)
- b. synchronous generator
- c. Saklar/ Switchboard
- d. power transformer
- e. motor drive (frequency converter)
- f. motor (synchronous/inductive)
- g. poros & propeller

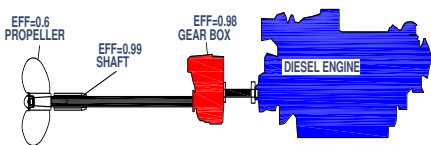
Pada setiap Diesel Electric Propulsion hanya mampu memberikan efisiensi sebesar 85% - 89% yang sedikit lebih rendah dibanding DMP. Rendahnya efisiensi disebabkan transmisi tenaga akan terjadi kehilangan daya disetiap tahapan yang di gambarkan pada gambar 5.5.



Gambar 5.5. Efisiensi pada DEP

Keterangan:

- Efisiensi Alternator : 96 %
- Efisiensi Trasformator : 97%
- Efisiensi Motor : 95 %
- Efisiensi Shaft : 98 %
- Efisiensi Propeller : 60%



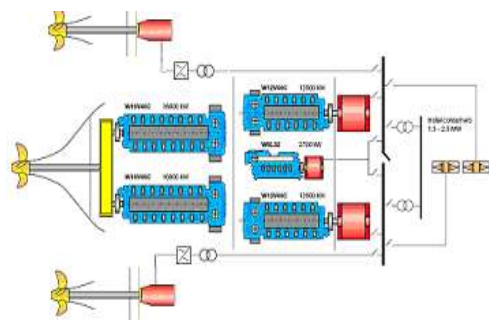
Gambar 5.6. Efisiensi pada DMP

Keterangan:

- Efisiensi Gearbox : 98 %
- Efisiensi Shaft : 98 %
- Efisiensi Propeller : 60 %

Walaupun demikian DEP memberikan banyak keuntungan dibandingkan dengan Diesel Mechanical Propulsion (DMP) diantaranya :

1. Kemudahan dan kesesuaian dalam pengaturan kecepatan putaran propeller beserta arah putarnya.
2. Sistem pengontrolan dapat diatur walaupun dalam jarak yang cukup jauh, sehingga dapat secara langsung diatur oleh operator.
3. Pengadaan tenaga listrik dilakukan secara bersama oleh beberapa buah gen-set sehingga variasi tenaga bisa dilakukan lebih cepat.
4. Redundancy yang berlipat ganda dalam memproduksi tenaga.
5. Fleksibilitas perancangan kamar mesin, DEP memungkinkan untuk memisahkan motor propulsi dengan penggerak utamanya. sehingga lebih menghemat ukuran, ruang, dan berat dibanding sistem DMP.
6. Efisiensi pemakaian fuel karena pembebanan yang tinggi dan uniform dari electric propulsion mengakibatkan sistem ini memberikan kemampuan yang lebih baik untuk Heat recovery, serta mesin bekerja pada titik efisiensi fuel yang paling optimum.
7. Tingkat kebisingan dan getaran yang rendah, karena tanpa adanya reduction gear dan penempatan dari permesinan yang baik.
8. Dampak polusi yang lebih rendah,.

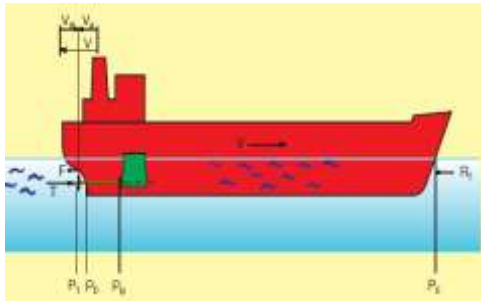


Gambar 5.7. Aplikasi instalasi hybrid (DMP&DEP) propulsi

### C. Gaya yang bekerja pada lambung kapal.

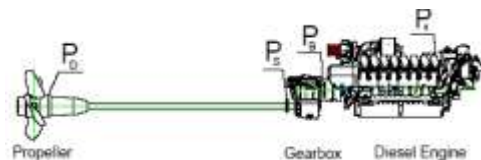
Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (resistance) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat total ini

merupakan jumlah dari semua komponen gaya hambat (tahanan) yang bekerja di kapal, meliputi Tahanan Gesek, Tahanan Gelombang, Tahanan Appendages, Tahanan Udara, Tahanan Residu dsb (Surjo WA,2006).



Gambar 5.8 Gaya-gaya yang bekerja pada sistem penggerak kapal

Secara sederhana Tahanan Total Kapal dapat diperoleh dengan persamaan, sebagai berikut; Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (thrust) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (propulsor). Daya yang disalurkan (PD) ke alat gerak kapal adalah berasal dari Daya Poros (PS), sedangkan Daya Poros sendiri bersumber dari Daya Rem (PB) yang merupakan daya luaran motor penggerak kapal.



Gambar 5.9 Daya pada sistem penggerak dikapal

Ada beberapa pengertian mengenai daya yang sering digunakan didalam melakukan estimasi terhadap kebutuhan daya pada sistem penggerak kapal(Surjo WA,2006), antara lain :

- Daya Efektif (Effective Power-PE);
- Daya Dorong (Thrust Power-PT);
- Daya yang disalurkan (Delivered Power-PD);
- Daya Poros (Shaft Power-PS);
- Daya Rem (Brake Power-PB); dan
- Daya yang diindikasi (Indicated Power-PI).

**Daya Efektif (PE)** adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat dari badan kapal (hull), agar kapal dapat bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain dengan kecepatan servis sebesar VS. Daya Efektif ini merupakan fungsi dari besarnya gaya hambat total dan

kecepatan kapal. Untuk mendapatkan besarnya Daya Efektif kapal, dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_E = R_T * V_S \dots\dots\dots (1)$$

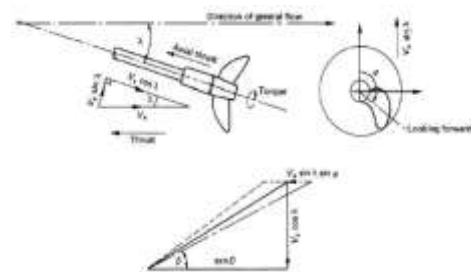
dimana :

PE = Daya Efektif, (kW)

RT = Gaya Hambat Total, (kN)

VS = Kecepatan Servis kapal [{Kec. dlm Knots} \* 0.5144 = {Kec. dlm m/det}]

**Daya Dorong (PT)** adalah besarnya daya yang dihasilkan oleh kerja dari alat gerak kapal (propulsor) untuk mendorong badan kapal. Daya Dorong merupakan fungsi dari gaya dorong dan laju aliran fluida yang terjadi saat alat gerak kapal bekerja.



Gambar 2 – Gaya Trust yang bekerja pada kapal cepat

Adapun per samaan Daya Dorong dapat dituliskan sebagai berikut ;

$$P_T = T * V_a \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

PT = Daya Dorong, (kW)

T =Trust atau Gaya Dorong ropeller, (kN)

Va = Kecepatan advanced aliran fluida di bagian Buritan kapal [m/det] = VS ( 1 – w ); yangmana w adalah wake fraction (fraksi arus ikut).

**Daya Yang Disalurkan ( PD )** adalah daya yang diserap oleh baling-baling kapal guna menghasilkan Daya Dorong sebesar PT, atau dengan kata lain, PD merupakan daya yang disalurkan oleh motor penggerak ke baling-baling kapal (propeller) yang kemudian dirubahnya menjadi Daya Dorong kapal (PT). Variabel yang berpengaruh pada daya ini adalah Torsi Yang Disalurkan dan Putaran baling-baling,

sehingga persamaan untuk menghitung PD adalah sebagai berikut;;

$$P_D = 2\pi Q_D n_p \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

$P_D$  = Daya Yang Disalurkan, dlm. satuan kWatt

$Q_D$  = Torsi Baling-baling kondisi dibelakang badan kapal, dlm. satuan kNm

$n_p$  = Putaran Baling-balin, dlm. satuan rps

**Daya Poros ( $P_S$ )** adalah daya yang terukur hingga daerah di depan bantalan tabung poros (stern tube) dari sistem perporosan penggerak kapal. Untuk kapal-kapal yang berpengerak dengan Turbin Gas, pada umumnya, daya yang digunakan adalah PS.

$$P_S = P_D / \eta_S \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

$P_S$  = Daya yang disalurkan poros (shaft), dlm. satuan kWatt

$\eta_S$  = Efisiensi bantalan-bantalan pada poros

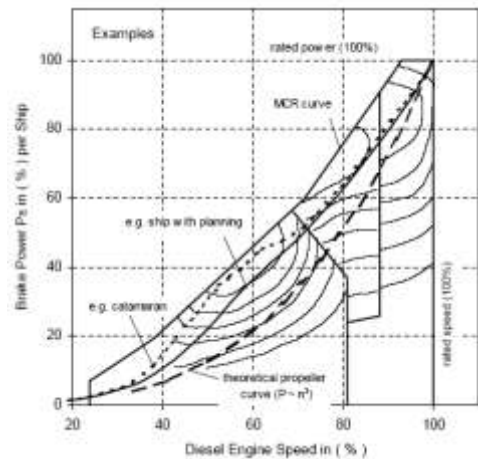
**Daya Rem / Brake Power ( $P_B$ )** adalah daya yang dihasilkan oleh motor penggerak utama (main engine) dengan tipe marine diesel engines. Pada sistem penggerak kapal yang menggunakan Marine Diesel Engines ( type of medium to high speed ), maka pengaruh rancangan sistem transmisi perporosan adalah sangat besar didalam menentukan besarnya daya  $P_S$ . Jika kamar mesin terletak dibelakang dari badan kapal, maka besarnya losses akibat sistem transmisi perporosan tersebut adalah berkisar 2 - 3 %. Namun bila kamar mesin terletak agak ke tengah atau jauh di depan, maka besarnya losses akan semakin bertambah (Surjo WA,2006).

**D. Engine Propeller Matching**

Engine Propeller Matching adalah metode untuk melihat apakah karakteristik beban propeller dapat dipikul oleh motor penggerak utama untuk menjalankan kapal dengan kecepatan *service continous rating*. Analisa EPM ini terdiri dari grafik propeller load, grafik karakteristik *speed-power* pada *main engine (engine envelope)* dan *table speed power prediction*.

Titik operasi dari putaran motor penggerak kapal (engine speed) yang sedemikian hingga tempat(match) dengan karakter beban baling-baling disebut *matching point*, yaitu titik operasi putaran motor dimana power di serap oleh propeller sama dengan power yang diproduksi oleh engine dan menghasilkan kecepatan kapal

yang mendekati (sama persis) dengan kecepatan servis kapal yang direncanakan.

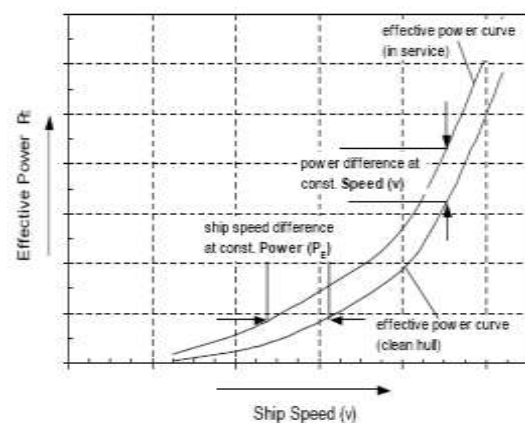


Grafik 5.1 Kurva engine propeller matching

Besarnya power dan speed dinyatakan dengan persentase yakni pada berapa persen putaran propeller dan engine serta daya propeller dan engine yang diperlukan untuk menjalankan kapal dengan kecepatan tertentu. Besarnya putaran dan daya ini terlebih dahulu dikalkulasi dalam tabel yang kemudian di plotkan pada grafik.

**E. Speed Power Prediction**

Prediksi kecepatan-daya digunakan untuk menemukan dimana titik optimum atau kecepatan service seperti teori tersebut. Disini akan ditemukan apakah engine tersebut telah memanfaatkan sejumlah dayanya secara optimum untuk menggerakkan propeller atau kelebihan daya. Tabel speed power prediction adalah sebagai berikut:





Grafik 5.2 Grafik power speed prediction

### F. Perhitungan Poros (shaft) propeller

Berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) tentang Main Propulsion Shafting Section 4. didapatkan rumus perhitungan diameter poros propeller adalah sebagai berikut;

#### a. Perhitungan poros utama (main shaft) propeller

$$d \geq F.K_1 \cdot \sqrt[3]{n \cdot \left[ 1 - \left[ \frac{d_i}{d} \right]^4 \right] \cdot \frac{P_w.C_w}{R_m + 560}} \dots\dots(5)$$

- d = Outside diameter dari Propeller shaft(mm)
- d<sub>i</sub> = adalah diameter lubang poros (mm),
- P<sub>w</sub> = Daya rata-rata dari mesin diesel (kW)
- n = Putaran rata-rata dari poros propeller (Rpm)
- F = Faktor instalasi untuk mesin diesel
- K<sub>1</sub> = Faktor untuk tipe poros utama opeller.
- C<sub>w</sub> = Faktor Material dengan meggunakan Forged steel

$$= \frac{560}{R_m + 160}$$

R<sub>m</sub> = Tensile strength dari meterial poros (N/mm<sup>2</sup>)

#### b. Perhitungan poros tengah (intermediate shaft) propeller

- d<sub>is</sub> = Outside diameter untuk poros tengah (mm)
- K<sub>2</sub> = Faktor untuk tipe poros.

$$d_{is} = F.K_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_w \cdot x \left[ \frac{560}{R_m + 560} \right]}{n}} \dots\dots(6)$$

### G. Motor DC dan AC sebagai Penggerak Kapal

Pada sistem electric propulsion, prime mover menggerakkan generator dan selanjutnya generator mensuplai listrik yang digunakan untuk memutar motor listrik. Jenis motor listrik yang digunakan disesuaikan dengan type atau fungsi kapal tersebut dalam ekploitasinya. Pada umumnya kapal yang mempunyai kegunaan khusus yang

menggunakan motor DC dan untuk kapal niaga yang berorientasi profit pada umumnya menggunakan motor AC. Pada sistem electric propulsion baik dengan menggunakan motor AC maupun DC perlu memperhatikan hal-hal yang berhubungan dengan motor listrik antara lain arus awal, metode pengukuran kecepatan, metode pembalikan putaran dan lain-lain.

Torsi yang digunakan pada saat motor listrik bekerja adalah torsi poros, torsi poros lebih kecil dari torsi jangkar hal ini karena adanya rugi-rugi besi dan gesekan.

Daya kuda (H.P) yang dihasilkan oleh torsi poros disebut “Brake Horse Power” (BHP)

$$BHP = \frac{Q_p \cdot 2 \cdot \pi \cdot N}{735,5} \dots\dots(7)$$

Jadi  $Q_p = \frac{735,5 \cdot BHP}{2 \cdot \pi \cdot N} \dots\dots(8)$

Q<sub>m</sub> – Q<sub>p</sub> disebut torsi hilang (lost torque)

Torsi hilang =

$$0,159 \cdot x \frac{\text{rugi-rugi besi dan gesekan}}{N} N_m \dots\dots(9)$$

$$=$$

$$0,0162 \cdot x \frac{\text{rugi-rugi besi dan gesekan}}{N} N_m$$

Dimana:

- N = putaran motor listrk
- Q<sub>m</sub> = torsi jangkar
- Q<sub>p</sub> = torsi poros

### H. Pemilihan Prime Mover (DEP & DMP)

Pertimbangan dalam memilih mesin hendaknya dilakukan secara teknis dan ekonomis. Secara teknis pemilihan mesin tergantung pada type, jenis, misi, dan kondisi operasional kapal. Penentuan urutan dari karakteristik mesin yang diutamakan untuk kapal patroli diantaranya adalah:

1. Power mesin dalam bentuk Horse Power (HP) atau kiloWatt (kW),



2. Dimensi mesin yaitu ukuran panjang, lebar dan tinggi mesin,
3. Berat mesin biasanya berat kosong (*dry mass*) kedalam *ton* atau *kilogram (kg)*,
4. Jenis langkah mesin yaitu 4 langkah (*four stroke*) atau 2 langkah (*two stroke*),
5. Putaran mesin yaitu putaran mesin kedalam rotasi permenit (*rpm*),
6. *Specific fuel oil consumption* (*sfoc*) yaitu kebutuhan bahan bakar yang diperlukan persatuan daya perjam operasi mesin (*gram/kWh*).

## 6. METHODOLOGY

### A. Pengertian

Metoda merupakan suatu kerangka dasar yang digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan dipecahkan atau dianalisa. Metoda penulisan ini mencakup semua tindakan ataupun langkah-langkah yang akan dilakukan untuk penulisan tesis ini. Secara terperinci diterangkan pada sub bab dibawah ini.

### B. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan dengan tujuan untuk memperdalam pemahaman mengenai pengetahuan yang menunjang dalam penyelesaian permasalahan dari tesis ini. Studi literatur dilakukan dengan mencari data tertulis atau referensi yang mendukung dan berkaitan dengan masalah yang diteliti meliputi buku-buku teori, jurnal, laporan hasil penelitian yang terkait dengan masalah penelitian diatas.

### C. Pengambilan Data

Metoda penelitian ini menggunakan data sekunder yang berasal dari berbagai sumber, antara lain :

- 1 Lines Plan  
Untuk mengetahui tahanan lambung dan model lambung kapal trimaran.
- 2 Rencana Umum Dari Kapal  
Untuk mengetahui space yang tersedia untuk ruang mesin dan menentukan posisi peletakan prame mover.
- 3 Data Peralatan  
Mendapatkan data teknis peralatan-peralatan sistem propulsi yang ada di pasaraan.

### D. Perhitungan Teknis

Setelah mengetahui data utama yang diperlukan maka pada tahapan ini ada beberapa perhitungan teknis dilakukan diantaranya:

- Tahanan total kapal dengan permodelan software maxsurf
- Kebutuhan power main engine dengan software hullspeed
- Trust minimum
- Diemeter Propeller
- Diameter Shaft

### E. Pemilihan spesifikasi peralatan utama Propulsi

Setelah Tahanan total, kebutuhan Power Trust serta efisiensi propulsif maka kita dapat menentukan jenis peralatan-peralatan yang sesuai di pasaran:

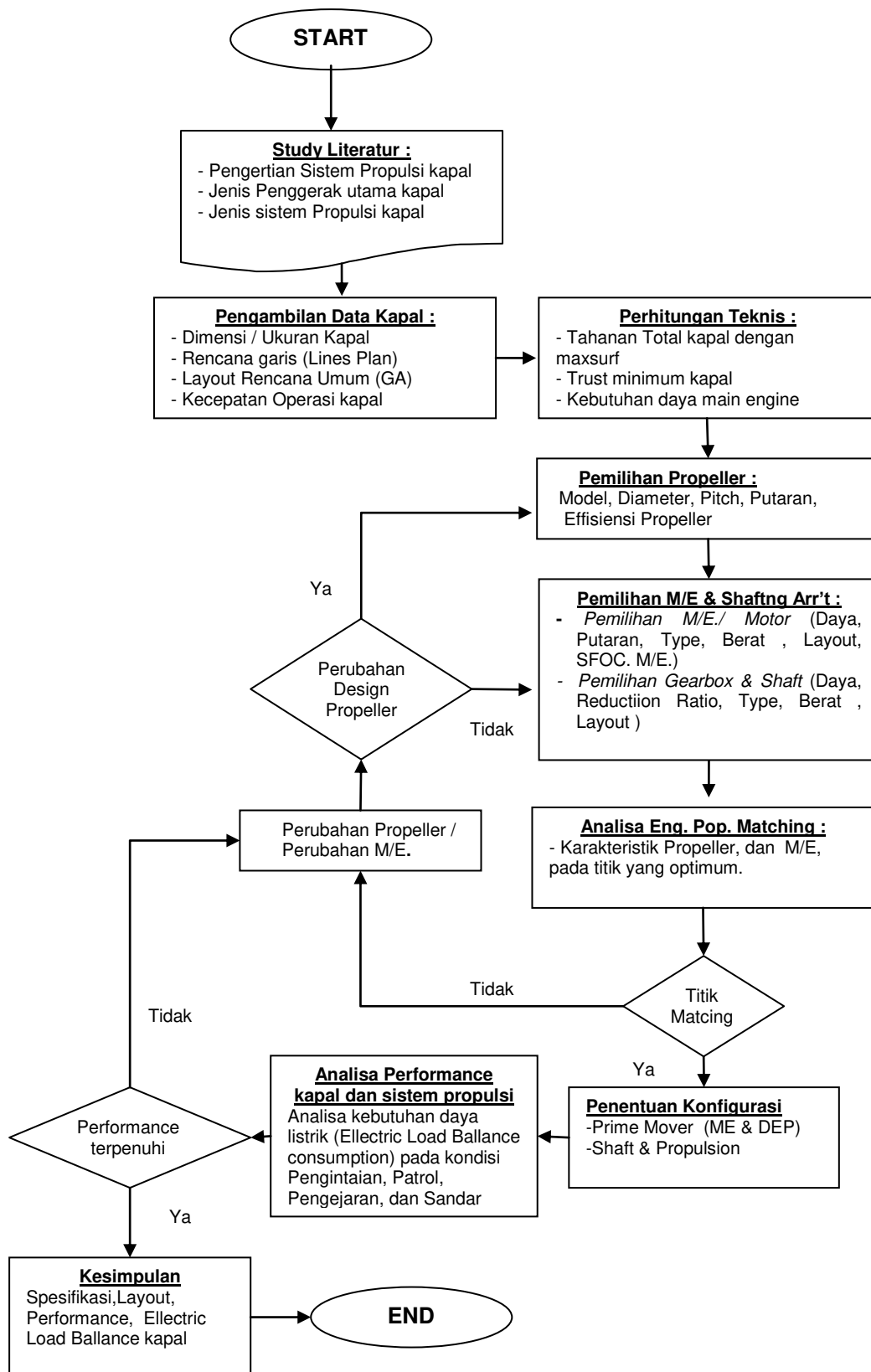
- *Pemilihan Main Engine*  
Pemilihan main engine harus memperhatikan beberapa kreteria baik dari segi daya, putaran, type, berat, dimensi, dan fuel oil consumption (*sfoc*).
- *Pemilihan Motor*  
Pemilihan motor harus memperhatikan beberapa kreteria seperti Daya, Voltage, Jenis Motor, Dimensi, Putaran maupun Berat.
- *Menentukan Propeller*  
Pemilihan jenis propeller harus memperhatikan beberapa hal diantaranya diameter, jumlah daun, pitch, dan efisiensi propeller.

### F. Perancangan Sistem Propulsi

Tahapan Perancangan sistem propulsi ini ada beberapa hal yang dilakukan antara lain menentukan:

- a. *Pemilihan Propeller*  
Menentukan Propeller dengan mempertimbangkan Type, Diameter, Jumlah Blade Propeller, Putaran, Effisiensi Propeller
- b. *Pemilihan Main Engine*  
Menentukan Main Engine dengan mempertimbangkan Daya, Putaran, Type, Berat , Layout, SFOC. M/E.
- c. *Pemilihan Gear Box & Shaft*  
Pemilihan Gearbox dan shaft dengan mempertimbangkan Daya , Reduction Ratio, Type, Berat , Layout.

Untuk lebih jelasnya metodologi penelitian ini dapat dilihat pada flow chart di bawah ini :



Gambar. 3.1 Flow Chart Metodologi penelitian

## G. Analisa Teknis

Adapun analisa teknis yang dilakukan pada penelitian ini, adalah :

### a. Analisa Engine Propeller Matching

Pada Langkah ini menentukan karakteristik propeller dan Prime Mover (main engine) berada pada titik yang optimum.

### b. Penentuan Konfigurasi Sistem Propulsi

Setelah ditemukan enginepropeller matching maka kemudian ditentukan konfigurasi susunan dari Prime Mover (DMP/DEP), Shafting dan Propulsion.

### c. Analisa Kebutuhan daya listrik kapal

Langkah berikutnya yaitu menganalisa kebutuhan daya listrik kapal dan daya listrik sistem propulsi pada kondisi Pengintaian (*Loatering*), Patroli (*Patroling*), Pengejaran (*Intercept*).

## H. Penentuan spesifikasi sistem propulsi

Tahapan akhir yang merupakan kesimpulannya adalah menentukan spesifikasi teknis sistem propulsi hybrid yang tepat untuk kapal type trimaran .

## 7. KESIMPULAN

Pada akhir penelitian ini diambil suatu kesimpulan tentang penerapan sistem hybrid propulsion yang mana sistem ini merupakan penggabungan antara Diesel Mechanical Propulsion (DMP) dan Diesel Electric Propulsion (DEP).

Pada perencanaan kapal patroli jenis trimaran ini DMP di terapkan pada lambung kapal bagian tengah (center hull), sedangkan DEP diterapkan pada kedua lambung kapal bagian samping.

Hasil ini diaplikasikan melalui penentuan spesifikasi, layout, performance dan electric load ballance engine kapal dan pada perencanaannya diharapkan

memenuhi kecepatan operasi kapal, pada saat pengintaian, patroli, degan menggunakan DEP, adapun untuk kondisi Transit dan pengejaran / intercept masih dapat dicapai dengan mengoperasikan mesin DMP sesuai prosentase daya mesin yang diinginkan.

Pada perancangan sistem propulsi hybrid (DEP & DMP) pada kapal patroli jenis trimaran diperlukan beberapa kajian diantaranya:

1. Pengaruh aliran fluida yang ada di terowongan kapal trimaran terhadap efisiensi

penempatan propeller di kedua lambung bagian samping kapal.

2. Pengaruh operasional kecepatan advance pada saat DMP dioperasikan terhadap efisiensi propeller DEP.
3. Diperlukan kajian penerapan propeller CPP untuk memenuhi misi kapal.

## 8. DAFTAR PUSTAKA

1. K.J.Maki, L.J.Doctors, R.M.Scher, W.M.Wilson,S.H.Rhee, A.W.Troesh, R.F.Beck, (2008), *Conceptual Design and Hydrodynamic Analisis of a High-Speed Sealift Adjustable – Length Trimaran*.
2. JS-Solutions, 2008, White Rabbit Ltd.
3. Harvald AA, 1983, *Ship Resistance & Propulsion*, Lyngby, Denmark.
4. Lewis Edward V, 1988, *Principle of naval architecture second revision*, Pavonia Avenue.
5. M.M. Bernitsas,Dkk.,KT,KQ and Efficiency Curve for the Wegeningen B-series propellers,
6. John Carlton, Marine propeller & Propulsion, 2007.
7. Gerhard Götz & friends, 2004,*Technical project guide marine application for engine V 4000 series*, MTU company.
8. www.l e r o y - s o m e r . Com, 2009, General information for Open continuous current (DC) motors.
9. Hari Yudana D N, 2001. *Analisa Teknis-Ekonomis Penggunaan Water Jet sebagai Pengganti propeller pada kapal pesiar dibenoa*. Surabaya , ITS.
10. Masroeri A.A, Asianto, (1999), *Diktat Perancangan kamar mesin*.Surabaya, ITS
11. Adji Surjo W, (2006), *Pengenalan sistem propulsi kapal*, Surabaya, ITS.
12. Adji Surjo W, (2005), *Engine Propeller Matching*, Surabaya, ITS.
13. Leksono Setyo, 2005, Jurnal Perkapalan PPNS, Sinkronisasi propeller dengan mesin induk pada kapal ikan untuk meningkatkan efisiensi dan kerja, BPPT-LHI Surabaya.
14. Suyadi, *Diesel electric propulsion sebagai alternatif Power plant pada*

*kapal-kapal komersial*, Semarang , UNDIP.

15. Sarwito, Sardono, "Sistem Kelistrikan Kapal", Teknologi Sistem Perkapalan FTK-ITS, Surabaya.
16. *Design engineer*, OMCC Maritime,2003.