

# PENGENALAN SISTEM PROPULSI KAPAL

---

## 1. PANDANGAN UMUM

Dalam operasinya di laut, suatu kapal harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas ( $V_s$ ) 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.

Secara umum, Sistem Propulsi Kapal terdiri dari 3 (tiga) komponen utama, antara lain : (a) Motor Penggerak Utama (*main engine*); (b) Sistem Transmisi; dan (c) Alat Gerak (*propulsor*). 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 ;

1. Tidak tercapainya kecepatan dinas kapal yang direncanakan.
2. *Fuel oil consumption* yang tidak efisien.
3. Turunnya nilai ekonomis dari kapal tersebut.
4. Pengaruh pada tingkat vibrasi yang terjadi pada badan kapal, dsb.

Konfigurasi dari ketiga komponen utama sistem propulsi ini sangat dipengaruhi oleh rancangan fungsi kapal itu sendiri, serta bagaimana misi yang harus dijalankan dalam operasionalnya di laut. Sebagai contoh, kapal ikan (*Trawlers/fishing vessels*) pada umumnya memiliki 3 (tiga) pola operasional di laut, yaitu : (a) Pencarian ikan; Kapal ikan sedang mencari posisi ‘gerombolan ikan’ yang ada di lingkungan sekitarnya/terdekat, biasanya kapal beroperasi dengan kecepatan servis berkisar 8 – 12 knots, (b) Pengejaran ikan; Kapal ikan bergerak lebih cepat menuju titik posisi ‘fishing

ground', biasanya kecepatan servis kapal mencapai 16 – 20 knots, (c) Penangkapan ikan; kapal sedang menarik jaring tangkapannya, saat itu kapal bergerak dengan kecepatan yang relatif rendah ( $\leq 6$  knots). Berdasarkan penjelasan tersebut diatas, terlihat bahwa tingkat fleksibilitas dalam operasional kapal ikan adalah sangat tinggi. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka kapal haruslah memiliki konfigurasi sistem propulsi yang handal dan yang mampu memberikan 'ruang fleksibilitas' secara optimal sesuai dengan cakupan teknis dan ekonomis kapal. Sementara itu pada kapal-kapal komersial lainnya (misalnya: General Cargo) terlihat bahwa kebutuhan akan tingkat fleksibilitas operasionalnya, adalah tidak begitu kompleks. Umumnya, pola operasional kapal-kapal general cargo adalah cukup dengan satu kondisi *designed speed* saja. Sehingga, sistem propulsi yang dirancang adalah hanya untuk memenuhi satu tuntutan kecepatan servis yang direncanakan.

## 2. PENGENALAN MOTOR PENGGERAK KAPAL

Di dalam sejarah perkembangan motor penggerak kapal terdapat beberapa tipe yang mendominasi hingga kurun waktu tertentu, adalah sebagai berikut :

- Reciprocating Steam Engine; mendominasi dunia *ship propulsion* (sistem penggerak kapal) hingga sekitar tahun 1910-an. Keunggulannya adalah terletak pada pengaturan beban, khususnya untuk arah *reversed* (arah mundur) yang mana *Reciprocating Steam Engine* memberikan kemudahan serta lebih efisien pada *range* kecepatan rotasi tertentu agar *match* dengan kinerja *screw propeller*. Kelemahannya *Reciprocating Steam Engine* adalah pada instalasinya yang relatif berat, kebutuhan *space* yang besar, output power per cylinder-nya masih sangat terbatas. Selain itu, *Steam* tidak dapat bekerja secara efektif pada tekanan relatif rendah. Serta kebutuhan *fuel consumption* yang tinggi, sebagai gambaran bahwa untuk *triple-expansion engine* maka memerlukan *superheated steam* yang mengkonsumsi bahan bakar (*oil*) hingga  $\pm 0.70$  kg per kWh.
- Marine (Steam) Turbines; yang pertama diinstal oleh *Sir Charles Parsons* ke kapal *Turbinia* pada tahun 1894, dengan kecepatan mencapai 34 knots.

Kemudian *turbines* mengalami kemajuan pesat hingga pada tahun 1906, yang mana diaplikasikan sebagai tenaga penggerak untuk kapal perang *HMS. Dreadnought* dan kapal *Atlantic Liner – Mauretania*. Kebutuhan bahan bakar (*fuel consumption*) secara rata-rata untuk suatu *Large Turbine* adalah 0.30 kg per kWh. Namun demikian, keunggulan segi ekonomis tersebut mengalami suatu tantangan dari sisi *Non-reversible* dan *Rotational Speed*, yang mana memerlukan pertimbangan teknis lebih lanjut. Untuk kepentingan *reverse* diperlukan adanya *reversing turbines* yang secara terpisah diinstal ke sistem. Sementara itu untuk mengatasi *rotational speed*-nya yang relatif tinggi, maka diperlukan adanya *mechanical geared* untuk menurunkan putaran *output turbines* khususnya untuk alat gerak kapal berjenis *screw propeller*, sehingga hal itu menyebabkan terjadinya *power loss* berkisar 2 hingga 4 persen.

Penurunan putaran *turbines* (rpm) ke *propeller shaft* (poros propeller), dapat juga diatasi dengan merancang *electric driven*, yaitu dengan meng-*couple* secara langsung antara *turbine* dengan *generator* yang mana keduanya sama-sama memiliki operasional yang lebih efisien bila dalam kondisi putaran tinggi. Kemudian, *generator* men-*supply* listrik ke *electric motor* yang dihubungkan dengan poros propeller. Hal ini memberikan kelonggaran pada masalah *lay-out engine room* yang mana pengaruh hubungan poros secara langsung dari *turbine* ke *propulsor* dapat dieleminasi. *Turbo-electric Drive* juga memberikan keuntungan terhadap pengurangan untuk *reversed gear mechanism* serta fleksibilitas dalam operasinya. Namun demikian, *power loss* akibat transmisi tenaga serta *investment* perlu dipertimbangkan.

- Internal Combustion Engines; yang digunakan dalam propulsi kapal, pada umumnya adalah *Reciprocating engines* yang beroperasi dengan prinsip-prinsip diesel (*compression ignition*) yang mana kemudian dikenal dengan nama *Diesel Engines*. Berbagai ukuran untuk *Diesel Engines* ini kemudian dibuat, mulai dari kebutuhan untuk *pleasure boats* hingga ke *modern supertankers* dan *passenger liners*. *Engine* ini dapat dikembangkan hingga memberikan lebih dari 2500 kW per cylinder, maka *output power* bisa mencapai 30,000 kW untuk 12

cylinders (40,200 HP). Torsi yang diproduksi oleh *Diesel Engine*, adalah dibatasi oleh *maximum pressure* dari masing-masing silinder-nya. Sehingga, ketika *engine* memproduksi *maximum torque*, maka artinya, *maximum power* hanya dapat dicapai pada kondisi *maximum RPM*. *Diesel Engine* secara konsekuensi, mungkin memproduksi *power* sedemikian hingga proporsional dengan *RPM* untuk masing-masing *throttle setting*-nya. Pembatasan ini kemudian menyebabkan masalah tersendiri didalam melakukan *matching* antara *Diesel Engine* dan *Propeller*.

- *Gas Turbine*; juga telah dikembangkan dalam dunia *ship propulsion* yangmana bahan bakar (*fuel*) dibakar melalui proses udara yang dikompresikan, dan gas panas hasil pembakaran tersebut digunakan untuk memutar turbine. *Gas turbine* umumnya diaplikasikan pada dunia kedirgantaraan, dan perkembangannya sangat tergantung pada teknologi metal yang mampu menahan terhadap tekanan dan temperatur yang tinggi. Keunggulan dari *gas turbine* ini terletak pada ukuran dan kapasitas power yang dihasilkan dibandingkan dengan tenaga penggerak lainnya. Selain itu, kesiapannya untuk beroperasi pada kondisi full-load sangat cepat, yaitu berkisar 15 menit untuk *warming-up period*. *Marine Gas Turbine* sangat jarang dijumpai pada kapal-kapal niaga, hal ini disebabkan karena operasi dan investasinya yang relatif mahal. Sehingga paling banyak dijumpai pada kapal-kapal perang jenis, frigates; destroyers; patrol crafts; dsb. Instalasinya pun kadang merupakan kombinasi dengan tipe permesinan yang lainnya, yakni : Diesel engines.

Beragam macam dari tipe *marine engines*, tidak semuanya di-rate pada basis yang sama. Sebagai misal, *Steam Reciprocating Engines* selalu di-rate dalam bentuk *Indicated Power* ( $P_I$ ); *Internal Combustion Engines* dalam bentuk *Indicated Power*, atau juga, *Brake Power* ( $P_B$ ); dan *Turbine* dalam bentuk *Shaft Power* ( $P_S$ ). Bentuk *Horse Power* masih tetap digunakan sampai saat ini, dimana untuk 1 HP = 0.7457 kW, sedangkan dalam English units 1 HP = 550 ft-lb per sec. *Indicated Power* diukur di dalam cylinders, yang artinya, ada suatu instruments yang bertugas merekam secara

kontinu tekanan uap atau gas. Dari *resultant indicator card*, *Mean Effective Pressure* diukur, sebagai berikut :

$$P_I = p_m \cdot L \cdot A \cdot N \quad [ \text{dalam satuan kWatts} ] \quad (1.1)$$

dimana :

$p_m$  = mean effective pressure, kN/m<sup>2</sup>

L = panjang *piston stroke*, m

A = effective piston area, m<sup>2</sup>

N = jumlah *working stroke* per sec.

*Brake Power* ( $P_B$ ) adalah *power* yang diukur pada *crank-shaft coupling*, dimana persamaannya adalah sebagai berikut :

$$P_B = 2\pi \cdot Q \cdot N \quad [ \text{dalam satuan kWatts} ] \quad (1.2)$$

, dimana Q adalah *brake torque* (kN-m), dan n adalah revolutions per sec.

*Shaft Power* ( $P_s$ ) adalah *power* yang ditransmisikan melalui poros ke propeller. Pengukuran dilaksanakan dikapal, dengan lokasi ukur sedekat mungkin dengan propeller. Pengukuran dilakukan dengan bantuan suatu instrument (*torsionmeter*), yang mengukur sudut *twist* antara dua *section* poros propeller tersebut. Sudut terukur dapat diartikan *proporsional* terhadap torsi yang ditransmisikan. *Shaft power* dapat dihitung dengan formulasi sebagai berikut :

$$P_s = \frac{\pi d_s^4 G \theta n}{32 L} \quad [ \text{dalam satuan kWatts} ] \quad (1.3)$$

, dimana  $d_s$  adalah *shaft diameter* (m); G adalah *Shear modulus of Elasticity* dari material poros (kN/m<sup>2</sup>);  $\theta$  merupakan sudut *twist* yang terukur (derajad);  $L_s$  adalah panjang shaft hingga di titik dimana *twist* tersebut diukur (m); dan n adalah revolution per sec. Harga dari *shear modulus* untuk poros baja adalah  $8.35 \times 10^7$  kN/m<sup>2</sup>.

### 3. PENGENALAN *PROPULSORS* (ALAT GERAK 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, 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

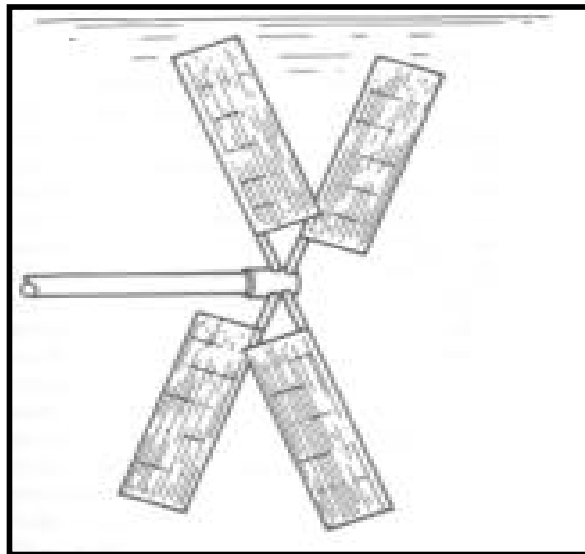
#### (a) SEJARAH PERKEMBANGAN *PROPULSORS*

Awal sejarah perkembangan tentang *alat gerak kapal* mungkin dapat ditarik jauh hingga kisaran 287 – 212 SM yang mana seorang **Archimedes** menemukan piranti untuk memindahkan air dari danau ke saluran irigasi pertanian Syracuse di Sicily. Alat ini kemudian dikenal dengan sebutan “*Archimedean Screw Pumps*”. Adapun bentuk dari Archimedean Screw Pump adalah seperti yang diilustrasikan seperti Gambar 1.1.



Gambar 1.1 – Archimedean Screw Pump

Kemudian di Abad ke XV-an, seorang bernama Leonardo da Vinci (1452-1519) telah membuat sketsa teknis tentang prinsip-prinsip ulir (*screw principle*) seperti yang digunakan sebagai *helicopter rotor*. Beberapa tahun kemudian di tahun 1661, Toogood dan Hayes dari Britain telah mematenkan (*claimed patent*) temuannya yang mana *prinsip screw* menggunakan *helical surfaces* (*Archimedean screws*) sebagai propeller. Selanjutnya, seorang ahli fisika dari Inggris yang bernama Hooke di tahun 1680 menyarankan untuk menggunakan *Archimedean screw* pada sistem penggerak kapal (*ship propulsion*).

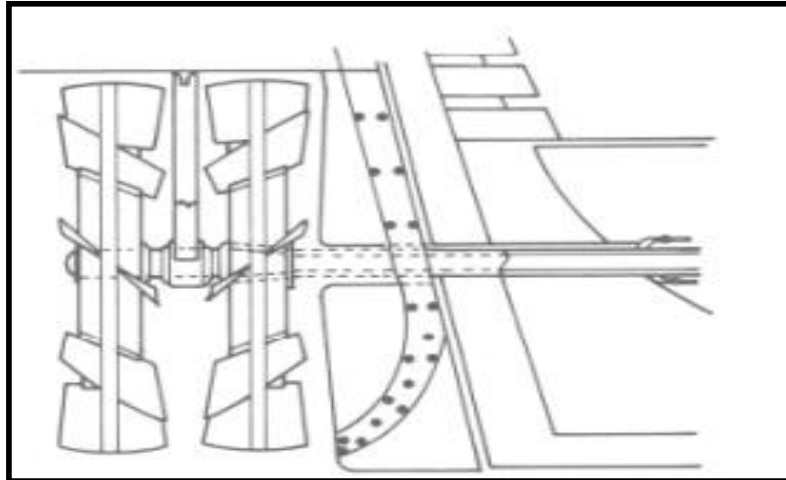


*Gambar 1.2 – Ide Baling-baling Leonardo Da Vinci*

Selanjutnya di sekitar tahun 1802-04, pak C. Steves seorang berkebangsaan Amerika telah menggunakan *screw propeller* yang mana bentuknya mirip dengan *screw propeller* sekarang ini untuk menggerakkan *twin screw steamer* dengan ukuran panjang 7.5 meter. Di tahun 1828, pak R. Wilson seorang petani dari skotlandia telah sukses mendemonstrasikan prinsip-prinsip *screw propeller*.

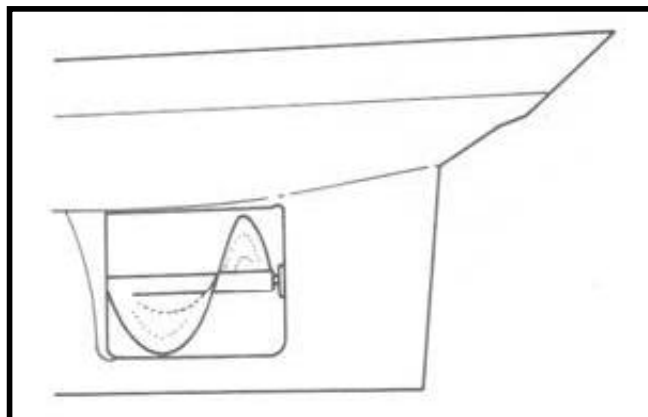
Pada tahun 1836, seorang petani dari Inggris yang bernama pak P. Smith telah menerapkan secara praktis untuk yang pertama kali. Dia menggunakan *single bladed screw* yang terbuat dari kayu yang mana dapat berputar secara dua arah. Di tahun yang sama 1836, pak J. Ericsson, seorang ahli teknik dari Swedia mengembangkan *fore runner of contrarotating propeller* (dua roda dengan tiga daun helicoidal berputar

dengan arah yang berlawanan). Pada tahun 1839, pak Smith melengkapi kapalnya yang berbobot 237 ton, dengan *Archimedes screw props*, yang mana hasilnya sukses luar biasa dan hal ini kemudian menggeser aplikasi dari *Paddle propulsion systems* ke *Screw propulsion system*.



*Gambar 1.3 – Baling-baling Ericsson, Fore Runner Contrarotating Propeller*

Perkembangan dari *steam engines* (1840-1850) telah memberikan kontribusi untuk penggunaan *screw propellers* secara efektif. Di tahun 1845, kapal **Great Britain** adalah kapal dengan *screw propeller* pertama yang melintasi lautan Atlantic. Selanjutnya, pada tahun 1880, Thornycroft telah merancang *propellers* yang bentuknya sama dengan *propellers* saat ini.



*Gambar 1.4 – Baling-baling dengan prinsip ulir dari Smith*

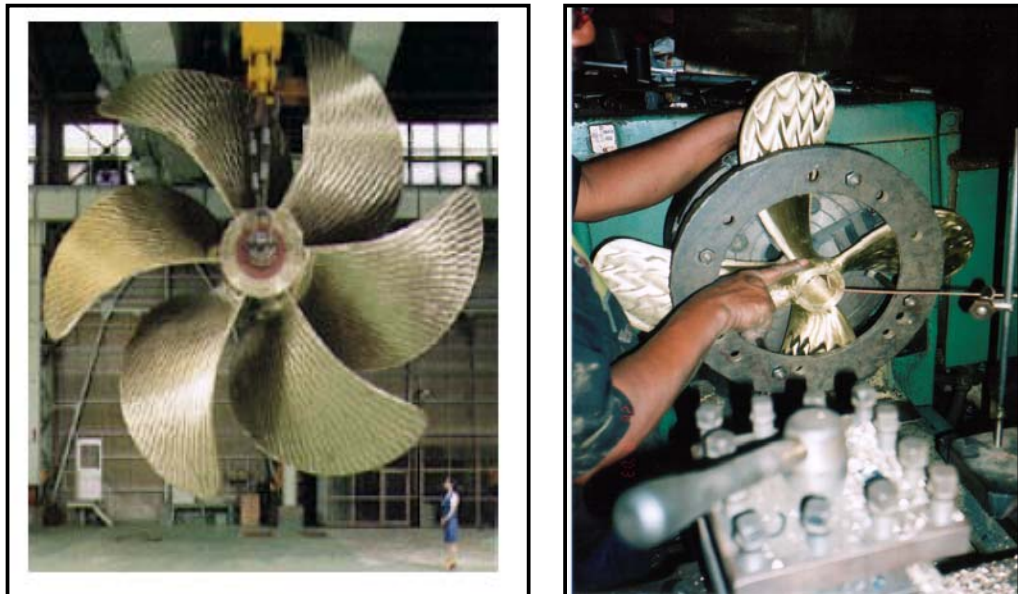


Selanjutnya mulai tahun 1880 hingga 1970, bentuk dasar dari propeller tidak banyak mengalami perubahan. Baru kemudian di era 1970 hingga 1990'an, dimana terjadi kondisi 'Fuel crisis' dan pertimbangan-pertimbangan terhadap 'environmental effects' (misalnya ; low noise, vibrations dan emissions) telah memberikan *impact* pada rancangan bentuk *propeller* dan *stern configurations*, yang mana juga membawa pada perkembangan mengenai *unconventional propellers*.

## **(b) PROPULSORS MODERN**

### **Fixed Pitch Propellers (FPP)**

- Baling-baling jenis ini secara 'tradisi' telah membentuk basis produksinya
- Baling-baling ini secara umum telah memenuhi 'proporsi' yang tepat terutama jenis rancangan dan ukurannya, baik itu untuk baling-baling perahu motor yang kecil hingga untuk kapal muatan curah hingga kapal tangki yang berukuran besar
- FPP ini adalah mudah untuk membuatnya



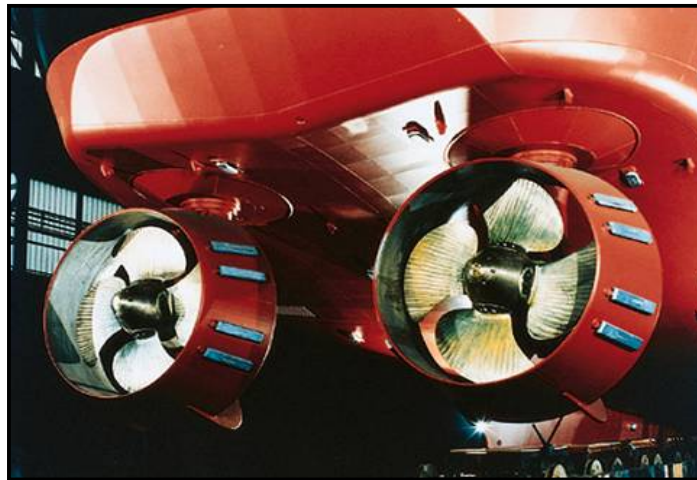
*Gambar 1.5 – Baling-baling jenis Fixed Pitch Propeller*

## Ducted Propeller

Baling-baling *Ducted* terdiri dari dua komponen, yaitu :

- Saluran pipa (*Duct*) berbentuk seperti gelang yangmana mempunyai potongan melintang berbentuk aerofoil, dan
- Baling-baling

Keberadaan ‘saluran pipa’ (*duct*) akan mengurangi gaya-gaya tekanan yang meng-*induced* pada lambung kapal. Baling-baling jenis ini dikenal dengan sebutan Kort Nozzles, melalui pengenalan Kort Propulsion Company’s sebagai pemegang Hak Paten dan asosiasi dari jenis baling-baling ini. Efisiensi Baling-Baling ditingkatkan tergantung atas beban baling-baling.



*Gambar 1.6 – Baling-baling jenis Ducted Propeller*

## Contra-rotating propellers

Baling-baling jenis ini mempunyai *dua-coaxial propellers* yang dipasang dalam satu sumbu poros, secara tersusun satu didepan yang lainnya dan berputar saling berlawanan arah.

Baling-baling ini memiliki keuntungan hidrodinamis terhadap permasalahan penyelamatan energi rotasional ‘slip stream’ yang mungkin akan ‘hilang’ bilamana kita menggunakan sistem ‘single screw propeller’ yang konvensional. Energi yang dapat diselamatkan sekitar 15% dari dayanya.

Baling-baling jenis ini biasanya diaplikasikan pada *small outboard units* yang beroperasi pada putaran 1500 sampai dengan 2000 RPM. Untuk aplikasi pada kapal-kapal yang berukuran relatif besar terdapat permasalahan teknis yang terkait dengan sistem perporosan yang relatif mempunyai ukuran lebih panjang.

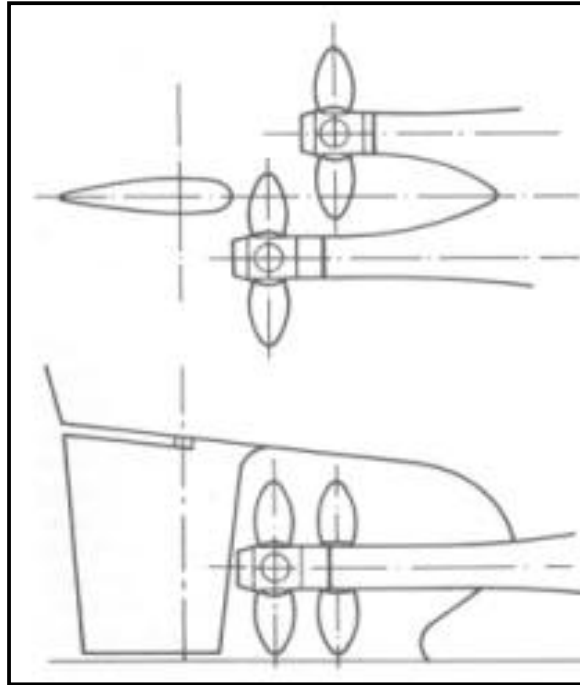


*Gambar 1.7 – Baling-baling jenis Contra-Rotating Propellers*

### **Overlapping Propellers**

Konsep dari baling-baling ini adalah dua propeller tidak dipasang/diikat secara *coaxially*, tapi masing-masing propeller memiliki sumbu poros pada sistem perporosan yang terpisah. Sistem ini dalam prakteknya, adalah sangat jarang diaplikasikan.

Meskipun efisiensi propulsi dari sistem ini adalah lebih tinggi dari *single screw propeller*, namun sistem ini sangat berpengaruh terhadap besarnya tingkat getaran dan kavitasi yang ditimbulkan.



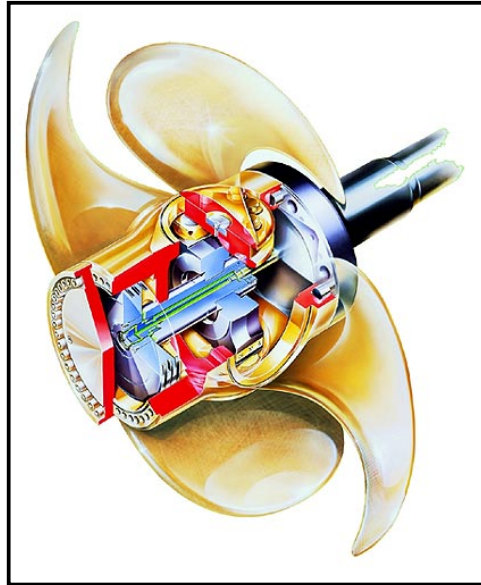
**Gambar 1.8 – Baling-baling jenis *Overlapping Propellers***

### **Controllable Pitch Propellers (CPP)**

Pemilihan dalam aplikasi baling-baling CPP dibandingkan dengan penerapan FPP, adalah disebabkan oleh kebutuhan yang lebih tinggi untuk pengaturan dalam operasional yang harus lebih fleksibel dari pada kebutuhan efisiensi propulsi pada saat kondisi servis.

Baling-baling CPP menyediakan ekstra dalam tingkat ‘derajat kebebasan’ melalui kemampuan perubahan ‘pitch’ dari daun baling-balingnya. Hal ini khususnya untuk kapal-kapal jenis *ferries*, *tugs*, *trawlers*, dan *fisheries* yang membutuhkan kemampuan manouever (olah-gerak) lebih tinggi.

Namun demikian, biaya manufaktur/fabrikasinya adalah sangat tinggi serta kebutuhan biaya untuk perawatan dan perbaikan juga relatif tinggi.



*Gambar 1.8 – Baling-baling jenis CPP*

### **Waterjet Propulsion System**

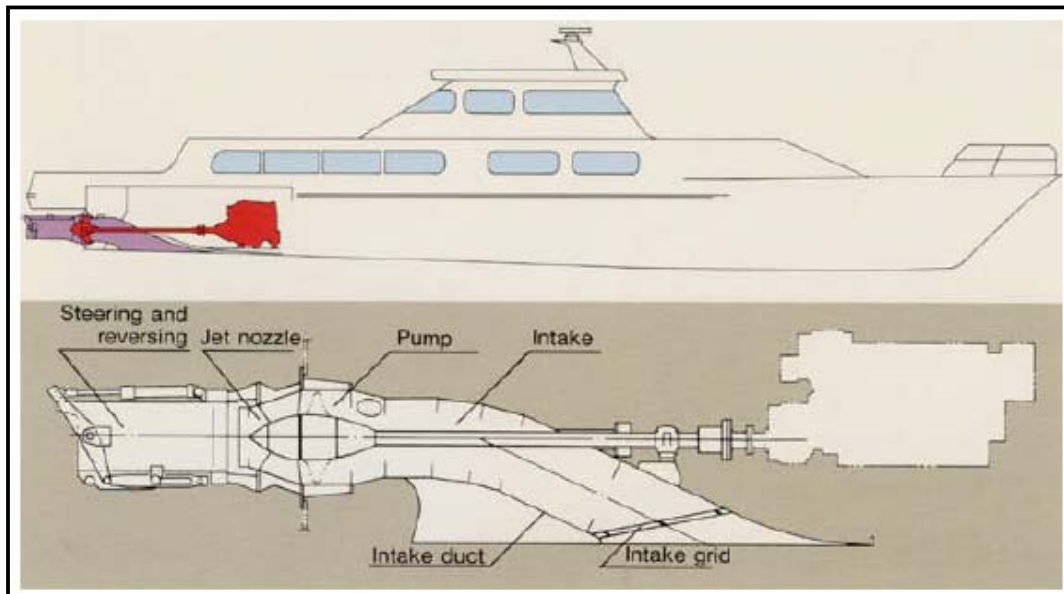
Sistem propulsi *waterjet* telah menjawab tentang kebutuhan akan aplikasi sistem propulsi untuk variasi dari *small high speed crafts*, meski sesungguhnya juga banyak kita jumpai aplikasi sistem propulsi ini pada kapal-kapal yang berukuran relatif besar.

Prinsip operasi dari *waterjet*, air dihisap melalui sistem *ducting* oleh *internal pump* yangmana terjadi penambahan energi pada air. Kemudian, air tersebut di semprotkan ke belakang dengan kecepatan yang tinggi. Gaya dorong (*Thrust*) yang dihasilkan merupakan hasil dari penambahan momentum yang diberikan ke air.

Sistem lebih disukai untuk suatu baling-baling konvensional. Sebab suatu baling-baling konvensional mengalami *cavitation* pada kecepatan sangat tinggi (45 knots), tetapi di dalam *waterjet unit* pompa mestinya tidak terjadi kavitasi. Sistem propulsi *Waterjet* memiliki kemampuan untuk meningkatkan olah-gerak kapal.



*Gambar 1.9 (a) – Sistem Propulsi Waterjet*



*Gambar 1.9 (b) – Sistem Propulsi Waterjet*

### Cycloidal Propellers

Sistem *Cycloidal Propellers* adalah juga dikenal dengan sebutan baling-baling poros vertikal meliputi satu set *verically mounted vanes*, enam atau delapan dalam jumlah, berputar pada suatu cakram horisontal atau mendekati bidang horisontal. Sistem ini mempunyai keuntungan yang pantas dipertimbangkan ketika kemampuan olah gerak dalam mempertahankan posisi stasiun kapal merupakan faktor penting pada perencanaan kapal. Dengan aplikasi *propulsor* jenis ini, maka instalasi kemudi yang terpisah pada kapal sudah tidaklah diperlukan. Sistem memperlengkapi dengan rangka

pengaman untuk membantu melindungi *propulsor* tersebut dari kerusakan-kerusakan yang di sebabkan oleh sumber eksternal.



*Gambar 1.10 – Cycloidal Propeller*

### **Paddle Wheels (Roda Pedal)**

Salah satu tipe *propulsors* mekanik yang aplikasinya sudah jarang ditemui saat ini. Seperti namanya, maka *Paddle Wheels* ini adalah suatu roda yang pada bagian diameter luarnya terdapat sejumlah bilah/sudu-sudu yang berfungsi untuk memperoleh momentum geraknya. Ada dua tipe bilah/sudu yang diterapkan pada *propulsors* jenis ini, antara lain : *fixed blades* dan *adjustable blades*.

Pada *fixed blades*, sudu-sudu terikat secara mati pada bagian roda pedal tersebut. Sehingga hasil momentum gerak dari roda pedal tidaklah begitu optimal. Namun bila ditinjau dari aspek teknis pembuatannya adalah sangat jauh lebih mudah daripada *adjustable blades*. Hal ini disebabkan oleh tingkat *kompleksitas* konstruksi - *adjustable blades*-nya, yang mana harus mampu menjaga posisi blades agar selalu tegak lurus terhadap arah gerak kapal.

Kelemahan teknis dari propulsors ini adalah terletak pada adanya penambahan / perubahan lebar kapal sebagai konsekuensi terhadap penempatan kedua roda pedal di sisi sebelah kiri dan kanan dari badan kapal. Selain itu, keberadaan instalasi roda pedal adalah relatif berat bila dibandingkan dengan *screw propeller*. Sehingga secara umum aplikasi roda pedal membawa konsekuensi juga terhadap berat instalasi motor penggerak kapal. Kemudian paddle-wheels ini juga rentan terhadap gerakan rolling kapal, yang mana akan menyebabkan ‘ketidak-seimbangan’ momentum gerak yang dihasilkan. Kondisi ini tentu akan mengakibatkan gaya dorong *paddle-wheels* menjadi tidak seragam antara roda disebelah kiri dan kanan kapal, sehingga laju gerak kapal berubah ‘zig-zag’. Aplikasi yang tepat dari roda pedal ini adalah untuk perairan yang tenang, seperti danau, sungai dan pantai.



*Gambar 1.11 – Paddle-Wheels*

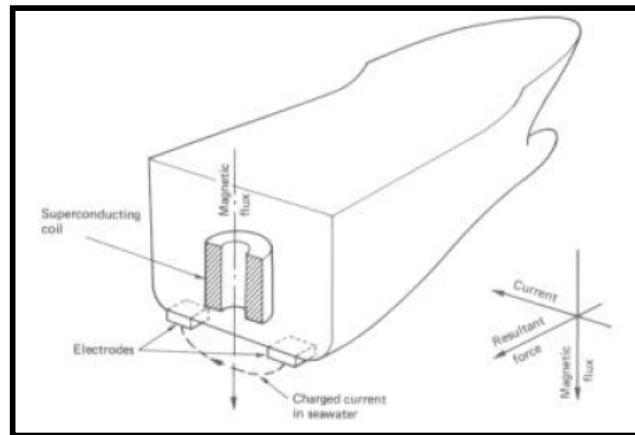
### **Super-conducting Electric Propulsion**

Pada sistem ini tidak perlu disediakan *propulsors* (alat gerak kapal), seperti misalnya *screw propellers* ataupun *paddle-wheels*. Prinsip dasarnya adalah merupakan *electromagnetic propulsion*, yang mana dihasilkan dari interaksi antara *fixed coil* didalam badan kapal dan ‘arus listrik’ yang dilewatkan melalui air laut oleh elektrode-elektrode yang tempatkan pada bagian dasar (*bottom*) dari lambung kapal.



Gaya yang dihasilkan secara *orthogonal* terhadap medan magnet dan arus listrik, adalah merupakan hasil dari *Fleming's right-hand rule*. Jenis *Propulsion* ini mampu menekan tingkat *noise* dan *vibration* akibat propulsi hidrodinamik, sehingga hal ini menjadikan pertimbangan tersendiri untuk aplikasi pada kapal-kapal angkatan laut.

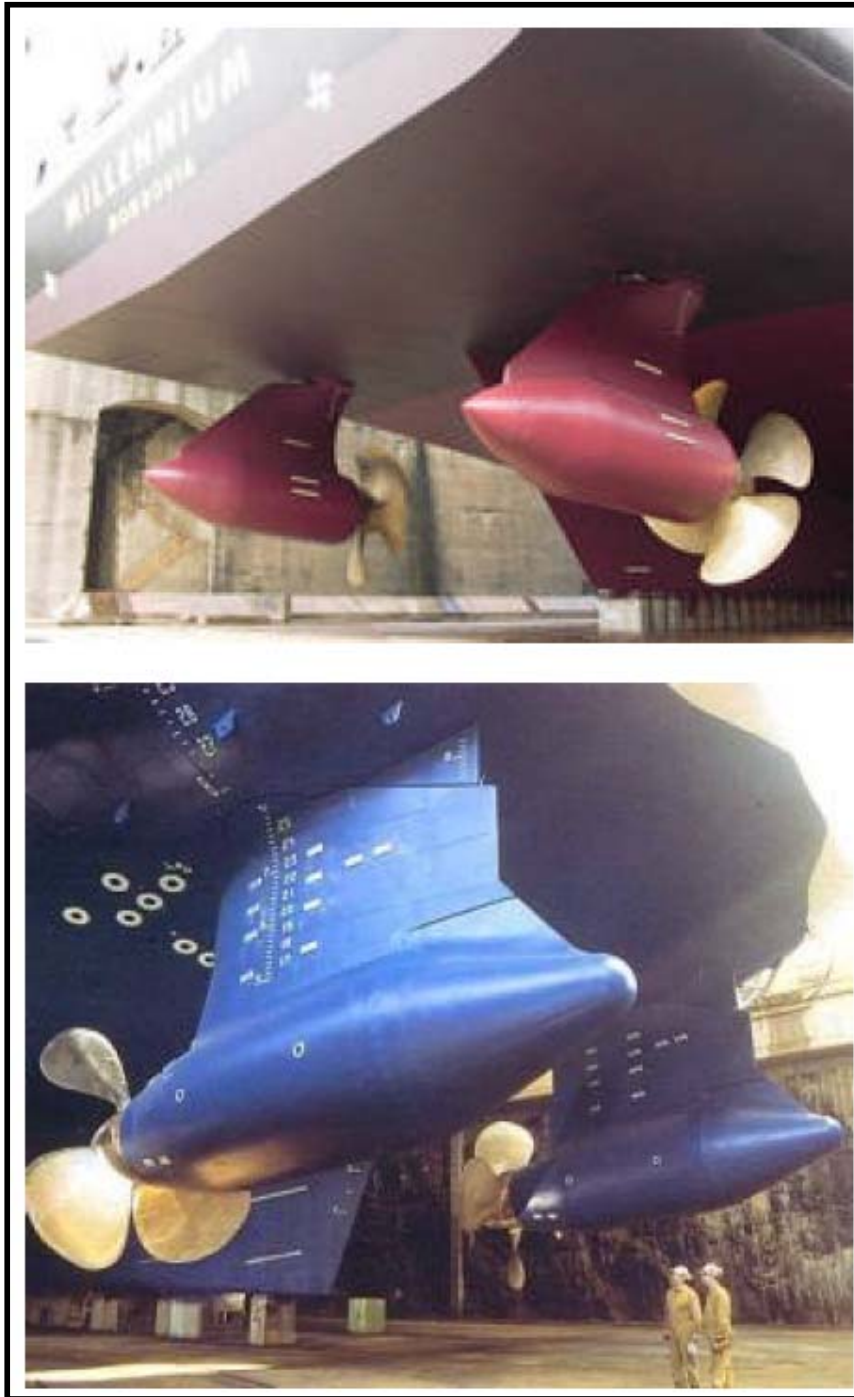
Satu dari masalah utama yang terjadi pada sistem propulsi ini adalah kesulitan-kesulitan teknis untuk menjaga *superconducting coil* di *zero resistance property*, yang mana hal tersebut dibutuhkan untuk menjaga temperatur *Liquid Helium* hingga mencapai  $-268^{\circ}\text{C}$ .



*Gambar 1.12 – Superconducting Electric Propulsion*

### **Azimuth Podded Propulsion System**

Jenis *propulsion system* ini memiliki tingkat olah-gerak kapal dan efisiensi yang tinggi, demikian juga dengan tingkat *noise* dan *cavitation* yang relatif rendah. Saat ini pengguna terbanyak dari sistem *pod units* ini adalah kapal-kapal *cruise liner*. Pengenalan teknologi pada aplikasi *Pod Propulsion* ini akan membawa perubahan untuk penempatan unit propulsi, yang sedemikian hingga tanpa perlu lagi mempertimbangkan susunan *shaft* atau *space* untuk motor penggerak. Tentu saja, hal ini akan memberikan kesempatan-kesempatan baru kepada *designers* kapal untuk membuat rancangan ‘**ultimate hullform**’.



*Gambar 1.13 – Azimuth Podded Propulsion System*