



BAB II

TEORI PERENCANAAN PROPELLER

2.1. Umum

Propeller adalah suatu alat penggerak kapal yang dapat menghasilkan gaya dorong melalui putaran daunnya untuk melawan hambatan total kapal, sehingga kapal dapat bergerak dengan kecepatan yang diinginkan.

Sebagai suatu alat penggerak kapal, maka kondisi kerja *propeller* sangat di pengaruhi oleh beberapa faktor seperti hubungan kerjanya terhadap kavitasi, bentuk ukuran serta kekuatannya. Efisiensi dari suatu sistem propulsi secara keseluruhan pada kapal ikut ditentukan oleh efisiensi *propeller* yang merupakan suatu komponen dari sistem propulsi tersebut.

Pada umumnya *propeller* dirancang untuk dapat menghasilkan kecepatan kapal yang optimal pada saat mesin induk bekerja dengan daya penuh. Dalam rencana pemilihan *propeller* kapal tanker ini, digunakan tipe *B – Screw Series*. Zaman sekarang ini banyak kapal-kapal sudah memakai *propeller* tipe ini dikarenakan memiliki efisiensi *propeller* yang sangat baik digunakan, sedangkan sifat kavitasiyapun tidak buruk. Secara garis besar tipe ini ditandai dengan daun yang memiliki ujung lebar dan berpenampang daun *circular back* diujung dan *aerofoil* dibagian bawahnya.

Bilamana kita merencanakan *propeller series* tersebut maka ukuran-ukuran karakteristiknya pun akan disesuaikan dengan tipe yang dipilih, sehingga dapat diharapkan karakteristik dari *propellernya* nanti akan mirip dengan *propeller* yang di jadikan acuan dan telah diuji kelayakannya. Dalam merancang *propeller* maka hal-hal yang harus diperhatikan dalam *propeller* rancangan adalah :

- Bentuk daun dan irisan daun *propeller*
- Diameter *propeller*
- Jumlah daun *propeller*
- Pitch *propeller*
- Factor kavitasi

2.2 Bentuk Daun dan Irisan Daun *Propeller*

2.2.1 Bentuk Daun *Propeller*

Ada tiga macam bentuk garis luar dari daun *propeller* yaitu :

1. Daun berujung lebar
2. Daun berujung sempit
3. Bentuk elips

Pengaruh bentuk garis luar *propeller* adalah sebagai berikut :

1. Pada umumnya efisiensi akan turun kalau ujung daun dibuat lebar.
2. Daun ujung sempit akan meningkat efisiensinya terutama untuk pemakaian dilaut yang tenang atau untuk kapal-kapal dimana daya dorongnya yang diperlukan tidak besar. Hal ini disebabkan karena beban yang bekerja pada daun *propeller* sebagian besar menimpa pada bagian ujung daun sehingga ada kemungkinan kerusakan-kerusakan atau patah. Sehingga daun yang berujung sempit akan sangat fatal pada cuaca yang buruk.
3. Bentuk garis luar elips dewasa ini sudah jarang digunakan, hanya dipakai jaman dahulu.

2.2.2 Bentuk Irisan Daun

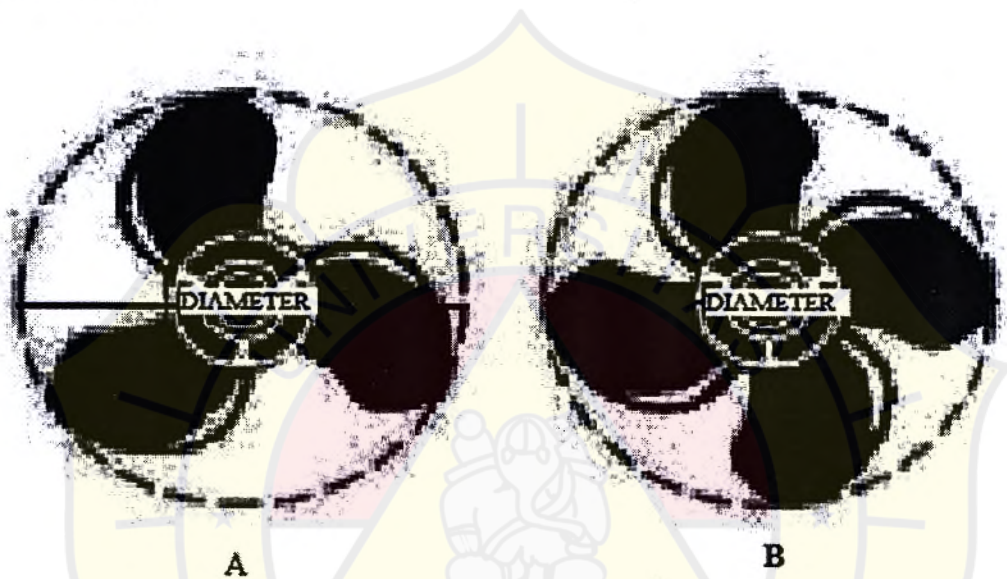
Ada dua macam irisan daun *propeller*, yaitu tipe *segmen* dan tipe *aerofoil*.

- a. Tipe *segmen* memiliki bentuk belakang lingkaran besar dan memiliki bagian tebal ditengah-tengah lebarnya, kemudian mengecil kearah ujungnya. Bentuk daun semacam ini banyak dipakai pada zaman dahulu, tetapi sebenarnya mempunyai keunggulan terhadap beban besar sehingga sampai saat ini masih digunakan, kadang-kadang bagian ujungnya saja sedangkan pangkal daun memiliki irisan tipe ke dua.
- b. Irisan *aerofoil* adalah hasil penyelidikan pada terowongan angin dari laboratorium ilmu penerbangan, yaitu mencari bentuk terbaik untuk sayap pesawat terbang yang kemudian dipakai untuk bentuk irisan daun *propeller* setelah menunjukkan hasil yang memuaskan. Perbedaan utama terhadap tipe pertama adalah tebal maksimum terletak lebih dekat ke ujung muka irisan dan lagi pula bentuk ujung mukanya lebih

bulat dan lebih kuat. Prinsip kerja *propeller* menurut teori elemen daun adalah menentukan gaya-gaya yang dihasilkan oleh setiap potongan daun atau elemen daun dari *propeller*, untuk kemudian dengan cara mengintegrasikan gaya-gaya dorong dari setiap elemen daun akan menghasilkan gaya dorong total.

3 Diameter Propeller

Diameter propeller adalah jarak garis tengah lingkaran dari ujung *propeller* ketika *propeller* berputar.



Gambar 2.1. Diameter pandangan dari buritan.

- A. Diameter *Propeller* Daun Tiga
- B. Diameter *Propeller* Daun Empat

Diameter *propeller* ditentukan oleh jumlah putaran mesin dimana ketika *propeller* berputar dan sejumlah tenaga disalurkan melewati poros dan gear box. Dimensi kapal dan kecepatan kapal juga mempengaruhi diameter *propeller*. Umumnya diameter *propeller* kapal tidak boleh melewati diameter tentative ($0,7R \times$ sarat air), karena dapat menimbulkan getaran dan kebisingan terutama dibagian buritan kapal. Biasanya untuk kapal dengan kecepatan rendah menggunakan diameter *propeller* yang besar, dan untuk kecepatan rendah biasanya menggunakan diameter *propeller* yang

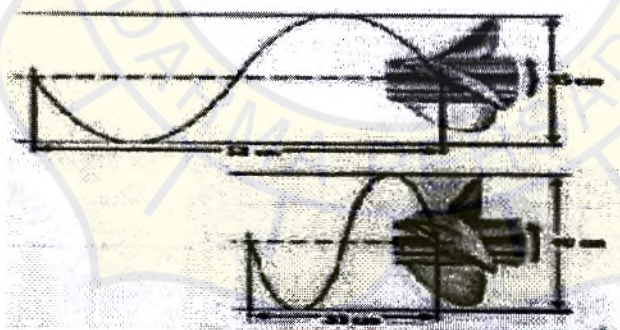
besar. Jika semua variable di anggap konstan maka kenaikan diameter *propeller* sama dengan bertambahnya *effective horse power*, dan meningkatnya diameter *propeller* berbanding terbalik dengan meningkatnya putaran *propeller*, dan luasan daun *propeller*.

2.4 Jumlah Daun *Propeller*

jumlah daun *propeller* berkaitan erat dengan efisien *propeller* dan getaran yang ditimbulkan. Semakin sedikit jumlah daun *propeller* semakin besar efisiensinya, namun berbanding terbalik dengan getaran yang ditimbulkan. Sebagai contoh *propeller* berdaun tunggal akan sangat baik efisiensinya, namun getaran yang ditimbulkan pun sangat besar akibat tidak stabilnya tenaga yang didistribusikan oleh daun *propeller*. Agar getaran yang ditimbulkan seminim mungkin (dapat di tolerir), efisiensi sebesar mungkin dan biaya pembuatan *propeller* diseminim mungkin pula maka untuk kapal yang tidak terlalu besar dapat menggunakan *propeller* berdaun tiga, sedangkan untuk kapal yang berukuran sedang sampai berukuran besar dengan beban *propeller* umumnya menggunakan *propeller* berdaun 4 sampai 5, sedangkan untuk kapal tertentu (VLCC, MCC, atau passenger super line) menggunakan *propeller* berdaun 6 sampai 7.

2.5 Pitch *Propeller*

Pitch adalah jarak axial yang ditempuh dalam satu putaran.



Gambar 2.2
Pitch Propeller

Ditinjau dari segi *pitch* maka propeller dapat dibedakan menjadi :

1. *Constant Pitch (circumferential constant)*
2. *Radially Variable pitch (circumferential constant)*
3. *Circumferential variable pitch*



Gambar 2.3

A. *Constant pitch*

B. *Radially Variabel pitch*

Dari gambar di atas dapat dilihat perbedaan antara *constant pitch* dengan *radially variable pitch*, pada *constant pitch* ukuran daun *propeller* sama disetiap titik mulai dari *leading edge* sampai *trailing edge*, sedangkan untuk *radially variable pitch* ukuran daun *propeller* disetiap titik berbeda, mulai dari *leading edge* dan bertambah secara bertahap sampai *trailing edge*. Penggunaan *radially variable pitch* biasanya digunakan untuk kapal dengan tenaga sedang sampai besar.

Muka daun *propeller* jika bergerak akan membentuk permukaan *helocidal*. *Helocidal* adalah permukaan yang dibentuk oleh sebuah garis lurus, dimana garis lurus tersebut bergerak kibat diputar dengan kecepatan konstan pada sebuah sumbu yang melalui salah satu ujung jari jari garis tadi, dan pada waktu yang sama pula garis tadi digerakkan sepanjang sumbu tersebut dengan kecepatan yang tetap dan teratur.



Permukaan punggung daun *propeller* bilamana bergerak sebenarnya tidak merupakan permukaan *helocidal*. *Pitch* dari punggung itu akan merupakan *circumferential variable pitch*.

Sedangkan pengertian *pitch* daun *propeller* dapat dibedakan secara berikut :

1. *Actual pitch / virtual pitch* (HV)

Adalah *pitch* rata-rata dari muka daun/ *face* dan punggung/ *back*.

2. *Nominal pitch / face pitch* (H)

Adalah *pitch* dari muka daun/ *face* yakni permukaan bertekanan tinggi.

Pemakaian *nominal pitch* lebih praktis karena tidak bergantung pada potongan seksi-seksi daun *propeller*, maka pengukuran *propeller* dan pembuatan rancangan gambar *propeller* dapat lebih direncanakan.

2.6 Kavitasasi

Kavitasasi merupakan suatu fenomena perubahan dari aliran fluida yang membentuk rongga karena tekanan fluida menurun hingga pada tekanan uap. karena itu pada perencanaan suatu *propeller* haruslah diperkirakan akan terjadinya kavitasasi. Dalam penelitian diketahui bahwa kavitasasi akan menimbulkan akibat buruk pada *propeller* yaitu terjadinya erosi pada permukaan daun *propeller* dan akan mengganggu produktivitas *propeller* tersebut. Kavitasasi juga dapat menyebabkan getaran badan kapal (*Hull Vibration*) dan menimbulkan kebisingan (*Noise*) di buritan kapal.

Pada umumnya kavitasasi terjadi diselubung sebuah benda dalam fluida dimana tekanan lokal fluida itu menurun drastis sampai suatu harga yang mendekati sama dengan yang menguap. Kavitasasi adalah fenomena perubahan dari aliran fluida yang sifat-sifatnya ditentukan oleh kenyataan bahwa di beberapa tempat tertentu di daerah aliran tersebut tekanan turun sampai pada tekanan menguap pada temperatur setempat.

Ditempat itulah fluida tadi ada yang berubah menjadi butir-butir gelembung sangat kecil dari penguapan pada temperatur rendah fluida tadi, akibatnya homogenitas aliran fluida akan terganggu.



Untuk mengadakan penelitian perihal kavitasi dipakai suatu unit peralatan percobaan dengan model *propeller* yang dinamakan terowongan kavitasi (*Kavitation tunnel*) yang dapat digunakan untuk menyelidiki terjadinya kavitasi, sifat-sifat *propeller* dalam keadaan kavitasi, dan sejauh mana kavitasi dapat ditolerir.

Secara garis besar kavitasi dapat dibedakan menurut rupa alamiah yang ditampilkan dan dapat diamati, menjadi empat jenis yaitu :

a. **Kavitasi tip vortex (*Tip Vortex Cavitation*)**

Butir-butir gelembung kecil kavitasi terbentuk berderet beriringan di sumbu-sumbu spiral melingkar menyelubungi masing-masing daun *propeller*.

Kavitasi *tip vortex* menyebabkan erosi yang cukup serius pada permukaan dalam *nozzle* atau *duct* untuk kapal dengan alat penggerak *nozzle*.

b. **Kavitasi selapis (*Sheet Cavitation*)**

Kavitasi ini terjadi bilamana sudut pukul dari datangnya partikel-partikel fluida pada permukaan punggung (*back*) dari daun *propeller* besarnya melebihi harga sudut pukul normal untuk penampung daun *propeller* sangat besar, sehingga kemerosotan tekanan dipermukaan punggung daun *propeller* tersebut sangat cepat sekali, akibatnya di tempat di mana terjadinya kemerosotan tekanan yang drastic itu sejumlah partikel fluida akan berpisah.

Jenis kavitasi ini tidak banyak menurunkan besarnya efisiensi *propeller* dan erosi yang diakibatkan pun kecil sekali.

c. **Kavitasi gelembung (*Bubble Cavitation*)**

Bila sudut pukul dari aliran fluida pada permukaan daun tidak begitu besar sehingga aliran tersebut tidak terlepas dari permukaan daun dengan sendirinya maka tekanan disitu akan berangsur-angsur turun harganya dari titik stagnasi sampai melewati tekanan penguapan disitu. Di tempat itulah terbentuk sejumlah butir-butir gelembung sangat kecil kemudian di tempat berikut dibelakangnya dimana tekanan lebih turun lagi, ukuran butiran gelembung bertambah besar dan kemudian akan pecah setelah pecah kemudian akan disusul terbentuknya gelembung-gelembung baru dan akan pecah, demikian seterusnya proses kavitasi itu terus terjadi berulang-



ulang. Akibat dari kavitasi ini efisiensi *propeller* dapat turun banyak dan erosi yang akan ditimbulkan lebih merusak permukaan daun.

d. **Kavitasi awan (Cloud Cavitation)**

Kavitasi ini terjadi karena adanya variasi local dari pembagian kecepatan fluida yang masuk lewat daun *propeller* pada suatu sudut pukul yang besar sehingga rongga tipis yang merupakan *sheet capacity* yang menyelimuti sebagian permukaan daun *propeller* menghilang menjadi tidak ada tetapi berubah bertahap menjadi awan kavitasi. Jenis kavitasi ini merupakan kavitasi yang paling benar bahaya dan paling merusak penimbul erosi kavitasi permukaan daun. Akibat dari kavitasi ini biasanya bersamaan dengan timbulnya deformasi daun yaitu *trailing edge* dari daun *propeller* bengkok.

