

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sejarah Baling - Baling

Penggerak Kapal mekanik dimulai dengan mesin uap. Kapal yang sukses pertama dari tipe ini masih menjadi bahan perdebatan, para penemu abad ke-18 meliputi William Symington, Marquis de Jouffroy, John Fitch dan Robert Fulton, akhirnya Symington William 's dengan *Dundas Charlotte*-nya dianggap sebagai kapal dengan mesin uap pertama. Baling - baling dengan tipe screw (sebagai lawan paddlewheels) diperkenalkan di paruh kedua abad ke-18. David Bushnell 's menemukan kapal selam (*Turtle*) pada tahun 1775 dengan, menggunakan tenaga manusia untuk menyelam dan bergerak. Insinyur Bohemia Josef Ressel merancang dan mematenkan *screw propeler* pertama pada 1827. Fransiskus Pettit Smith mengadakan pengujian serupa pada 1836. Pada 1839, John Ericsson memperkenalkan *screw propeler* ke Amerika Serikat. Kombinasi rancangan dengan menggunakan dayung dan baling-baling masih digunakan pada saat itu (digunakan pada 1858 SS *Great Eastern*). Awal abad ke-20 *paddle wheel* sepenuhnya telah ditinggalkan. Baling - baling dapat menggantikan *paddle wheel* karena efisiensi yang lebih besar, desain yang sederhana, memiliki sistem transmisi yang lebih sederhana, dan mengurangi kerentanan terhadap kerusakan (terutama jika digunakan dalam perang). Desain awal hanya terdiri dari dua daun baling - baling. Rancangan ini sangat umum, tetapi penemu tak henti-hentinya bereksperimen dengan profil yang berbeda dan lebih besar jumlah *blades*.



Gambar 2.1. Berbagai macam jumlah daun baling-baling
(Sumber: Ref. No. 3 Hal. 2)

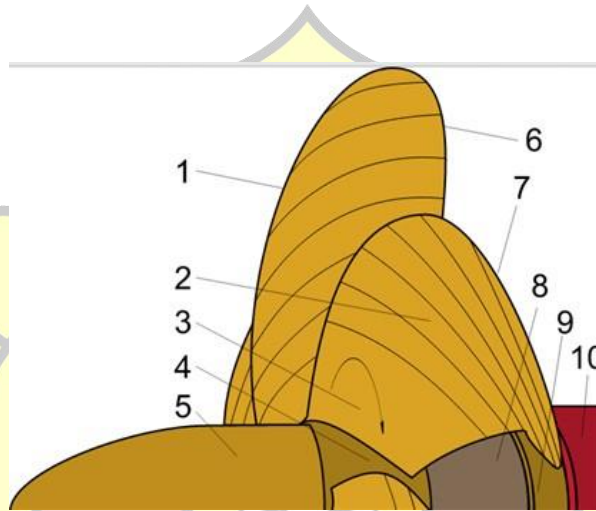
Baling - baling terdiri dari satu atau lebih daun dan beroperasi seperti perputaran sekrup. Perbedaan tekanan antara depan dan belakang permukaan *airfoil* berbentuk daun menghasilkan akselerasi udara atau *air* dibelakang daun.

Baling - baling pada umumnya diletakkan pada kedudukan serendah mungkin di bagian belakang kapal. Baling - baling harus mempunyai diameter sedemikian rupa sehingga bila kapal dalam keadaan bermuatan penuh baling-baling dapat terbenam secara memadai sehingga dapat menghindari terjadinya fenomena terikutnya udara (*airdrawing*) dan pemacuan baling-baling (*racing*) ketika kapal mengalami gerakan angguk. Ditafsirkan diameter baling-baling kapal harus lebih kecil dari dua pertiga sarat buritan, yaitu

$$D_{maks} < 2/3 TA \text{ (Ref. No.3 Hal. 1)}$$

2.2 Geometri Baling - Baling

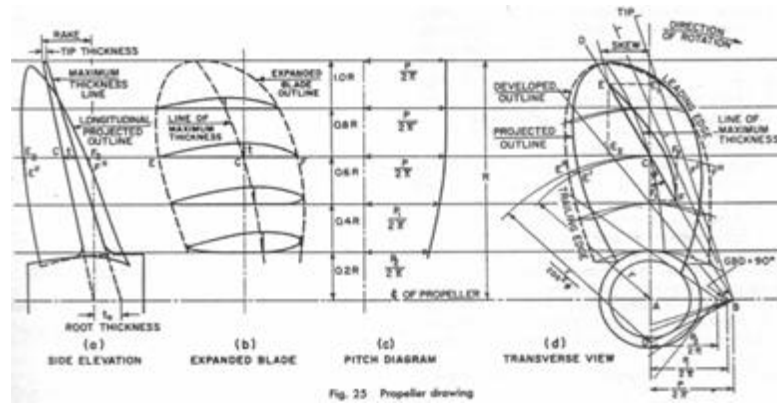
Permukaan daun baling-baling yang menghadap ke belakang disebut sisi muka (*face*), atau sisi dengan tekanan tinggi, sedangkan sisi sebaliknya disebut punggung, atau sisi belakang (*back*), atau sisi tekanan rendah (Gambar.2.2)



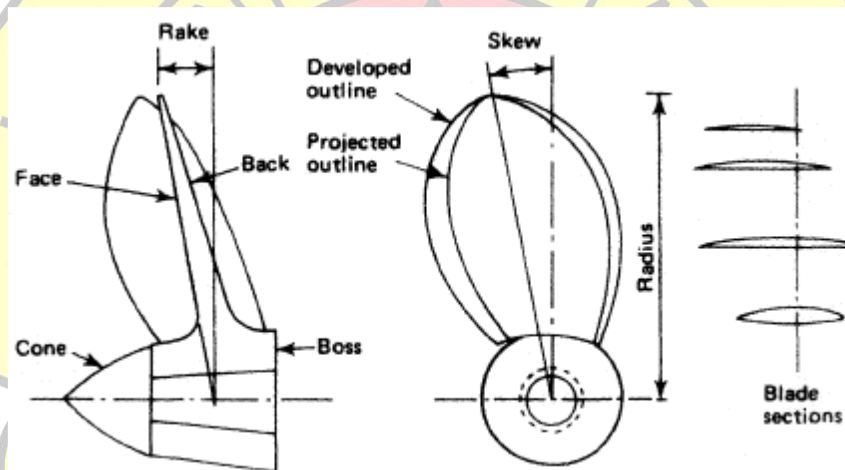
Gambar 2.2. Penamaan Pada Baling - Baling
(Sumber: Ref. No. 3 Hal. 2)

Keterangan

- 1) *Trailing edge*
- 2) *Face*
- 3) *Fillet area*
- 4) *Hub or Boss*
- 5) *Hub or Boss Cap*
- 6) *Leading edge*
- 7) *Back*
- 8) *Propeller shaft*
- 9) *Stern tube bearing*
- 10) *Stern tube*



Gambar 2.3. Desain Baling - Baling
(Sumber: Ref. No. 3 Hal. 2)



Gambar 2.4. Sketsa Desain Baling - Baling
(Sumber: Ref. No. 3 Hal. 2)

2.3 Baling - Baling B-Series

Baling - baling B-Series atau lebih dikenal dengan Wageningen merupakan baling - baling yang paling sering digunakan terutama pada kapal jenis *merchant ship*. Bentuk dari baling – baling B-Series sangatlah sederhana. Baling - baling ini mempunyai section yang modern dan karakteristik kinerja yang baik.

2.4 Diameter Optimum

Koefisien Baling-Baling

Untuk menentukan koefisien baling-baling menggunakan rumus, yaitu :

$$B_p = \frac{N \times \sqrt{SHP}}{V_a^{2.5}} \quad (\text{Sumber: Ref. No. 9 Hal. 91})$$

Dimana :

N_K = Koreksi Putaran baling-baling

SHP = *Shaft Horse Power*

V_a = *Advance speed of propeller.*

Diameter Optimum (D_o)

Untuk menentukan Diameter Optimum (D_o) digunakan rumus, yaitu :

$$D_o = \frac{\delta_k \times V_a}{N_K} \times 0,3048 \quad (\text{Sumber: Ref. No. 9 Hal. 91})$$

Dimana : D_o = Diameter Optimum.

δ_K = Koreksi *Advance Coefficient*.

V_a = *Advance Speed* dari *propeller*.

N_K = Koreksi Putaran baling-baling

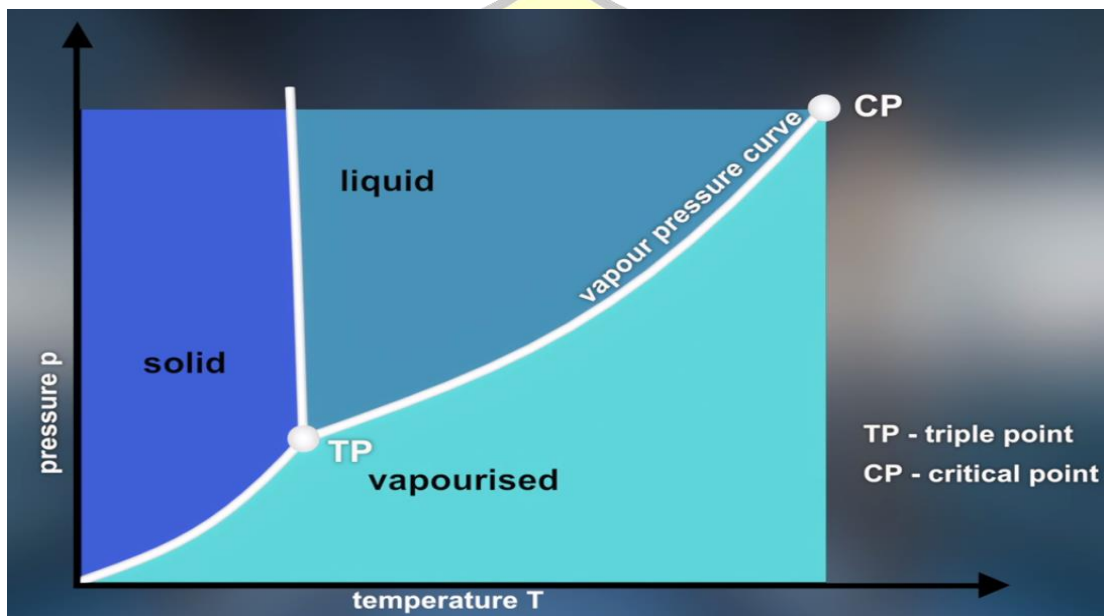
2.5 Kavitasi

Kavitasi akan terjadi apabila daun baling - baling bekerja dengan pembebanan yang relatif tinggi. Proses kavitasi terjadi ketika ada penurunan tekanan fluida di sekitar daun propeller sampai mencapai tekanan uap fluida tersebut, sehingga akan menimbulkan sejumlah rongga (*cavities*) yang berisi uap. Jika terjadi kavitasi pada baling – baling, maka pada putaran kritis tertentu, akan terjadi pemecahan aliran yang terus meningkat, dan mengakibatkan penurunan gaya dorong baling - baling. Sehingga kecepatan kapal yang direncanakan tidak dapat tercapai.

Ketika kavitasi muncul, perubahan air menjadi uap gelembung mengikuti putaran dari daun baling – baling mengakibatkan perbedaan kecepatan pada daun baling – baling dan sekitarnya, hal ini juga mengakibatkan penurunan tekanan pada daerah sekitar baling – baling yang menyebabkan kavitasi terjadi.

Terdapat 2 jenis penguapan :

1. Yang pertama telah kita ketahui jenis penguapan dengan menaikkan suhu. (boiling).
2. Penguapan di bawah suhu yang hampir konstan karena tekanan yang berkurang dalam hal ini disebut kavitasi. (cold boiling).

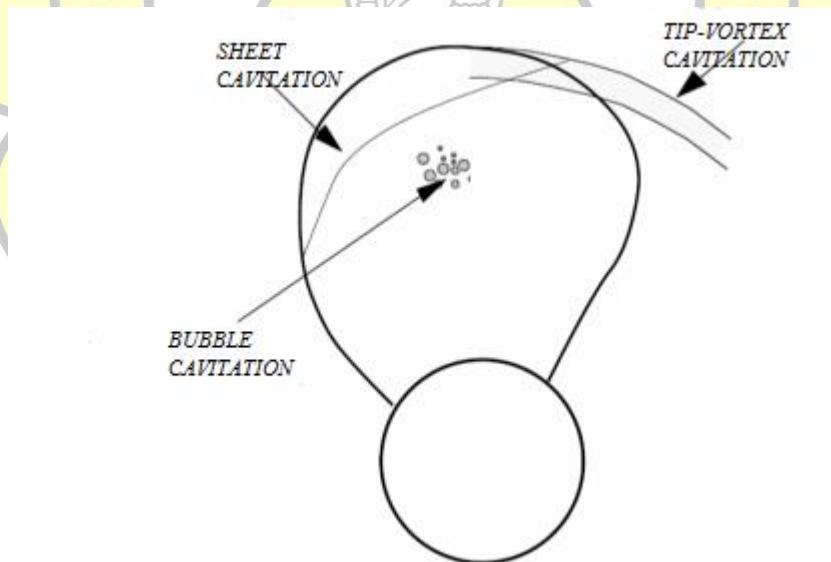


Gambar 2.5 Grafik Perubahan Fase
(Sumber: Ref. No. 9 Hal.199)

2.6 Sejarah Kavitasi

- Euler (Swiss Mathematican) pertama kali melaporkan kemungkinan kavitasi pada desain roda air tertentu pada tahun 1754.
- Reynolds menulis serangkaian jurnal tentang mesin dengan baling - baling yang mendorong arus dan mengenalkan kavitasi seperti yang kita ketahui saat ini (1873).
- Parson membangun *cavitation tunnel* pertama di dunia untuk mengamati fenomena kavitasi dalam skala model dan menguji baling-baling “turbinia” kapal turbin uap pertama di dunia yang terkenal di tahun 1895. *Cavitation tunnel* ini masih berfungsi di City Museum, NewCastle, UK. 15 Tahun kemudian Parson mampu membuat *cavitation tunnel* yang lebih besar.

2.7 Jenis Kavitasi pada Baling - Baling



Gambar 2.6 Bentuk kavitasi pada baling - baling

(Sumber: Ref. No. 6)

Klasifikasi menurut bentuk fisik kavitasi pada baling – baling :

1. *Sheet Cavitation*

- Lapisan uap tipis yang menempel pada daun baling – baling.
- Jika sudut daun baling – baling tidak berubah maka kavitasi jenis ini tidak akan menimbulkan kerusakan parah.

2. *Bubble Cavitation*

- Terbentuk karena hasil ketidak stabilan dari *sheet cavitation* atau dari kuatnya aliran turbulen.
- Kavitasi ini dapat mengakibatkan kerusakan yang cukup besar, menyebabkan kebisikan dan erosi dari material daun baling baling.

3. *Tip-Vortex Cavitation*

- Di ujung dan pada *hub* baling-baling, ujung kavitasi terbentuk.
- Dapat mengakibatkan banyak kerusakan dalam bentuk erosi pada daun baling baling.

2.8 Cavitation inception

Proses awal terbentuknya kavitasi di sebut *cavitation inception*. Hal ini terjadi karena perubahan fasa air menjadi gelembung uap yang di sebut *nuclei*. Timbulnya nuclei pada air tergantung dengan keadaan tekanan, kecepatan dan temperatur fluida.

Terbentuknya kavitasi dapat dijelaskan dari rumus berikut :

$$P_A \leq P_V \text{ (Ref. No. 12 Hal. 3)}$$

atau

$$\frac{P_0 - P_A}{\frac{1}{2} \rho V^2} \geq \frac{P_0 - P_V}{\frac{1}{2} \rho V^2}$$

Dimana P_0 dan V adalah tekanan dan kecepatan yang tidak terganggu.
 P_V dan V_a adalah tekanan dan kecepatan lokal pada daun baling baling.

Persamaan Bernouli :

$$P_0 + \frac{1}{2} \rho V^2 = P_A + \frac{1}{2} \rho V^2$$

$$P_0 - P_A = \frac{1}{2} \rho (V_a^2 - V^2) \text{ (Ref. No. 12 Hal. 3)}$$

Maka dari persamaan diatas dapat di simpulkan :

$$\frac{P_0 - P_A}{\frac{1}{2} \rho V^2} = \frac{\frac{1}{2} \rho (V_a^2 - V^2)}{\frac{1}{2} \rho V^2} = \frac{\Delta P}{q} \geq \frac{P_0 - P_V}{\frac{1}{2} \rho V^2} \text{ (Ref. No. 12 Hal. 3)}$$

σ adalah *cavitation number* dan CP koefisien tekanan, dan dapat didefinisikan seperti :

$$\sigma = \frac{P_0 - P_v}{\frac{1}{2} \rho V^2}$$

$$CP = - \frac{\Delta P}{q} \text{ (Ref. No. 12 Hal. 3)}$$

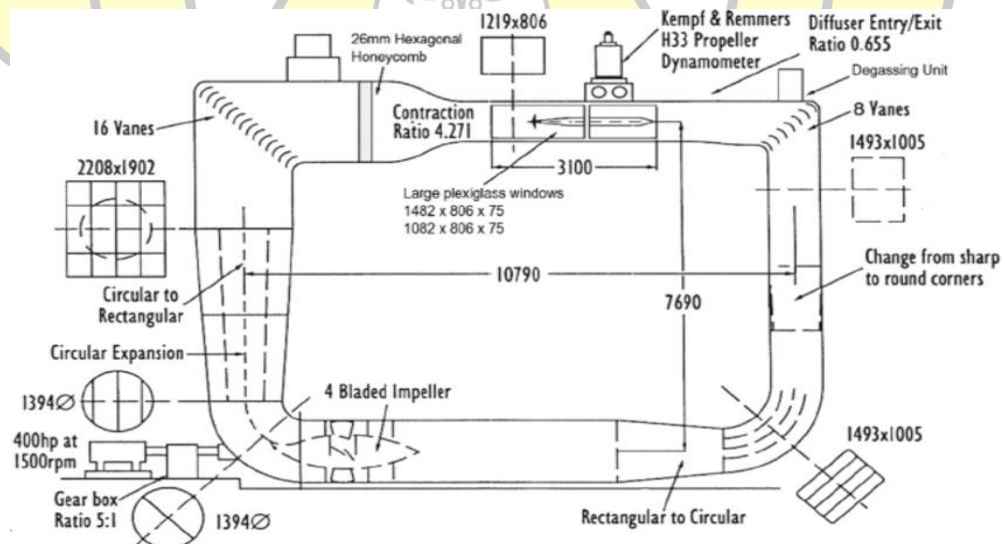
Maka dapat disimpulkan bahwa :

Jika $\sigma \leq \frac{\Delta P}{q}$ Kavitasi muncul

$\sigma > \frac{\Delta P}{q}$ Kavitasi tidak muncul

2.9 Cavitation Tunnel

Tujuan utama dari *cavitation tunnel* adalah untuk menunjukkan efek kavitasi yang di timbulkan baling – baling akibat perbedaan tekanan.



Gambar 2.7 Design of The Emerson Cavitation Tunnel

(Sumber: Ref. No. 1 Hal. 45)

Akibat terjadi kavitasi dapat menyebabkan :

1. Berkurangnya gaya dorong kapal.
2. Terjadinya getaran pada lambung kapal.
3. Terdengarnya suara berisik pada bagian buritan kapal.
4. Terjadinya erosi pada baling-baling kapal.
5. Apabila ini berlangsung terus menerus dapat mengakibatkan baling-baling retak dan akan mengakibatkan daun baling-baling patah.

2.10 Definisi Fluida

Fluida merupakan suatu zat atau bahan yang dalam keadaan setimbang tak dapat menahan gaya atau tegangan geser (*shear force*). Dapat pula didefinisikan sebagai zat yang dapat mengalir bila ada perbedaan tekanan dan atau tinggi. Suatu sifat dasar fluida nyata, yaitu tahanan terhadap aliran yang diukur sebagai tegangan geser yang terjadi pada bidang geser yang dikenai tegangan tersebut adalah *viskositas* atau kekentalan atau kerapatan zat fluida tersebut. Berdasarkan wujudnya, fluida dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

1. Fluida gas, merupakan fluida dengan partikel yang renggang dimana gaya tarik antara molekul sejenis relatif lemah dan sangat ringan sehingga dapat melayang dengan bebas serta volumenya tidak menentu.
2. Fluida cair, merupakan fluida dengan partikel yang rapat dimana gaya tarik antara molekul sejenisnya sangat kuat dan mempunyai permukaan bebas serta cenderung untuk mempertahankan volumenya.

2.11 Sifat Fluida

Fluida merupakan zat yang dapat mengalir yang mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Ketahanan fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruang. Zat tersebut dapat berupa cairan maupun gas. Untuk mengerti aliran fluida maka harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida. Sifat-sifat dasar fluida tersebut yaitu; kerapatan, berat jenis, tekanan, temperatur, kekentalan.

2.12 Aliran Fluida

Karakteristik struktur aliran internal (dalam pipa) sangat tergantung dari kecepatan rata-rata aliran dalam pipa, *densitas*, *viskositas* dan diameter pipa. Ada 3 tipe aliran fluida didalam sistem pipa, dapat dikategorikan yaitu :

1. Aliran *Laminer*, aliran fluida dengan kecepatan rendah. Partikel-partikel fluida mengalir secara teratur dan sejajar dengan sumbu pipa. *Reynold* menunjukkan bahwa untuk aliran laminar berlaku Bilangan *Reynold*, $NRe < 2100$.
2. Aliran *Turbulen*, aliran fluida dengan kecepatan tinggi. Partikel-partikel fluida mengalir secara tidak teratur atau acak didalam pipa. *Reynold* menunjukkan bahwa untuk aliran turbulen berlaku Bilangan *Reynold*, $NRe > 4000$.
3. Aliran Transisi, aliran fluida dengan kecepatan diantara kecepatan linear dan kecepatan *turbulen*. Aliran berbentuk laminar atau *turbulen* sangat tergantung oleh pipa dan perlengkapannya. *Reynold* menunjukkan bahwa untuk aliran transisi berlaku hubungan Bilangan *Reynold*, $NRe 2100 - 4000$.