

# PEMAKAIAN BALING-BALING BEBAS PUTAR (FREE ROTATING PROPELLER) PADA KAPAL

Eko Julianto Sasono \*)

## Abstract

*Propeller as a means of ship activator expand in phase for the shake of phase. Although that way in this time propeller represent the mechanical ship activator appliance is which is at most used for the ship of from all size measure and its type. Pursuant to the reason is above need of research and attempt to increase efficiency of propulsi ship. One of research and attempt which have been done/conducted by free propeller turn around. Which free propeller turn around this exploit the free energi stream rotation (slip stream) from especial propeller, while as ordinary propeller of this propeller can alter from free stream into energi push ( trusht )*  
**Keywords :** ship, propullstion, Free Rotating Propeller

## Pendahuluan.

Baling-baling pertama kali dibuat di Inggris pada tahun 1680 oleh HOOKE. Kemudian sekitar tahun 1804 di Amerika, seorang yang bernama Colonel Stevens mencoba menggunakan baling-baling pada kapalnya yang mempunyai panjang 7,5 meter. Pada tahun 1828, Russel berhasil pula membuat sebuah baling-baling untuk dipasang pada sebuah kapal yang berukuran 60 feet yang pada saat itu dapat mencapai kecepatan sekitar 6 knot. Tetapi keberhasilan ini belum mendapat perhatian dari sarjana-sarjana Austria dan para pemilik kapal lainnya.

Akhirnya pada tahun 1836, seorang yang bernama PETTITSMITH dari Inggris mencoba sebuah baling-baling ciptaannya yang dipasang pada sebuah kapal kayu berukuran 6 ton dengan mesin penggerak sebesar 6 HP yang percobaan pertamanya ini dilakukan di Paddington Canal. Pada percobaan tersebut kapal PETTITSMITH menabrak kapal lain yang sedangambat di tepi kanal dan tabrakan ini telah mengakibatkan patahnya sebagian dari baling-balingnya, tetapi dengan patahnya sebagian baling-baling tersebut secara tidak disangka kapalnya melaju lebih cepat. Sehingga dari kejadian tersebut Smith dapat menyempurnakan baling-baling buatannya dengan lebih baik lagi.

Sejak penggunaan pertama kali sampai dengan sekarang, baling-baling sebagai alat penggerak kapal berkembang secara tahap demi tahap. Walaupun demikian saat ini baling-baling merupakan alat penggerak kapal mekanis yang paling banyak digunakan untuk kapal-kapal dari segala ukuran dan jenisnya.

Sejak saat itu telah banyak dilakukan penelitian dan pengembangan dari baling-baling untuk lebih meningkatkan unjuk kerja dan efisiensi baling-baling. Seperti kita ketahui baling-baling merupakan alat penggerak kapal yang paling efisien dibanding dengan alat penggerak lainnya, seperti *water jet*, roda kemudi dan *voith schneider propeller*. Walaupun demikian masih dilakukan beberapa percobaan untuk lebih meningkatkan efisiensi dari baling-baling jenis sekerup ini (*screw propeller*).

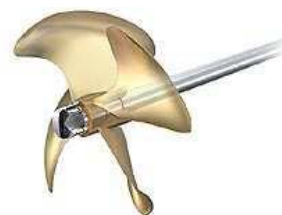
Terdapat berbagai macam jenis *propeller* kapal yang dapat digunakan, terutama untuk kapal dengan berbagai tipe dan bentuk, mulai dari penggunaan angin (layar), tenaga manusia (dayung), dan sejak berkembangnya penggunaan motor uap, mulai berkembang penggunaan roda dayung, kemudian dengan ditemukannya *motor diesel* penggunaan roda dayung bergeser ke penggunaan *propeller*. Untuk peningkatan kecepatan ada kalanya menggunakan motor jet, motor listrik, dan sebagainya.

## Macam-Macam Jenis Propeller

### 1. Propeller Biasa

Propeller dengan pitch tetap (*fixed pitch propeller*)

Propeller dengan langkah tetap (*fixed pitchpropeller*, *FPP*) biasa digunakan untuk kapal besar dengan rpm relatif rendah dan torsi yang dihasilkan tinggi, pemakaian bahan bakar lebih ekonomis, noise atau getaran minimal, dan kavitasi minimal, biasanya di desain secara individual sehingga memiliki karakteristik khusus untuk kapal tertentu akan memiliki nilai efisiensi optimum



Gambar 1. *fixed pitch propeller*

Propeller dengan pitch yang dapat diubah (*controllable pitch propellers*)

Propeller dengan pitch yang dapat diubah-ubah, (*controllable pitch propeller*, *CPP*) merupakan baling-baling kapal dengan langkah daun *propellernya* dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan misal untuk rpm rendah biasa digunakan *pitch* yang besar dan rpm tinggi digunakan *pitch* yang pendek, atau dapat digunakan untuk mendorong kedepan dan menarik kapal mundur ke belakang, sehingga hal ini dapat menciptakan pemakaian bahan bakar seefektif mungkin.

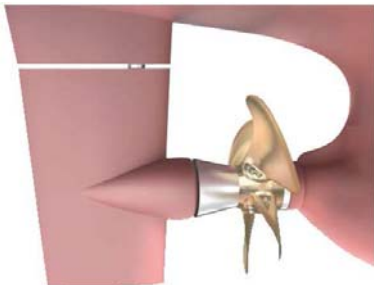
\*) Staf Pengajar Jurusan D III T.Perkapalan  
Fakultas Teknik Undip



Gambar 2. *controllable pitch propellers*

*Propeller yang berpadu dengan rudder (Integrated propeller & rudder)*

*Propeller yang terintegrasi dengan rudder, IPR merupakan propeller yang hubnya dihubungkan dengan rudder, ini adalah pengembangan terbaru dari propulsi kapal. Kondisi ini menyebabkan arus air dari propeller yang melewati rudder akan memberikan peningkatan pengendalian dan pengaturan rudder, sehingga di peroleh penurunan pemakaian bahan bakar. (improved steering and control, and also reduces fuel consumption)*



Gambar 3. *Integrated propeller & rudder*

*Propeller dengan bolt yang dapat diatur (adjustable bolted propeller).*

Jenis propeller ABP, ini merupakan pengembangan FPP, dimana daun baling-balingnya dapat dibuat secara terpisah kemudian dipasang pada boss propeller dengan baut, sehingga dapat distel pitchnya pada nilai optimum yang akan dicapai (*allows the most efficient blade matching for optimum efficiency while simplifying the installation process*), dengan pembuatan daun secara terpisah ongkos pembuatan dapat ditekan (butuh satu cetakan/mold daun propeller) termasuk pengirimannya.

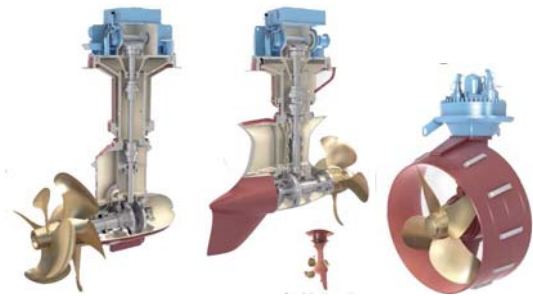


Gambar 4. *adjustable bolted propeller*

## 2. Azimuth thrusters

*Azimuth thruster* digunakan untuk mempermudah kapal dalam *manuver*, namun pemakan alat penggerak dengan posisi berada di bagian atas sehingga memberi tempat yang lebih lapang untuk

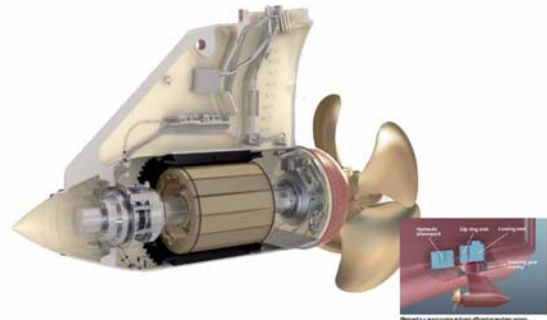
menempatkan penggerak utamanya, baik berupa motor diesel atau motor listrik.



Gambar 5. *Azimuth thrusters*

## 3. Electrical pods

Penggunaan propulsi motor listrik mulai dari 5 sampai dengan 25 Mwatt, menggantikan penggunaan propeller dengan poros dan rudder konvensional. Teknologi Pod, memungkinkan untuk menempatkan propeller pada daerah aliran air yang optimal (*hydro-dynamically optimised*). Pod propeller diadopsi dari Azimuth Propeller, dengan menempatkan electro motor di dalam pod diluar dari badan kapal.



Gambar 6. *Electrical pods*

## 4. Tunnel thrusters

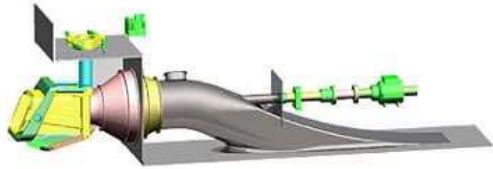
Propeller yang ditempatkan didalam terowongan ini biasa digunakan untuk tujuan *manuver* (*Strens/Bow Thruster*), sehingga mempermudah kapal untuk *manuver* terutama di pelabuhan.



Gambar 7. *Tunnel thrusters*

## 5. Waterjets

Propulsi kapal menggunakan pompa yang mengisap air pada bagian depan dan mendorongnya kebagian belakang sehingga kapal dapat bergerak kedepan dengan prinsip momentum. Penggerak ini lebih effisein digunakan untuk kapal dengan kecepatan diatas 25 knots dengan power engine 50 KWatt sampai 36 MWAtt



Gambar 8. Waterjets

6. Voith Schneider Propeller  
*Voith Schneider Propeller* merupakan bentuk propulsi kapal dengan menggunakan daun vertikal yang diputar seperti disk, dimana setiap daun dapat menghasilkan daya dorong pada kapal. Sistem ini bekerja mirip pengendali langkah balig-baling helicopter (*collective pitch control*). Roda gigi dalam mekanisasi propulsi ini, saat berputar dapat merubah sudut serang dari tiap daun *propeller* (berbentuk *hydrofoil*) sehingga tiap daun baling-baling akan menghasilkan daya dorong (*thrust*) pada berbagai arah, menyebabkan kapal tidak butuh *rudder lagi*.



Gambar 9. Voith Schneider Propeller

- Beberapa metode untuk meningkatkan daya dorong dan efisiensi dari baling-baling antara lain :
- a. Membuat beberapa sirip/*fin* didepan baling-baling hal ini dimaksudkan untuk lebih meningkatkan aliran air yang masuk ke *propeller*
  - b. Memasang sirip/*fin* dibelakang baling-baling, tepatnya dipasang pada kemudinya.
  - c. Membuat ujung baling-baling sedemikian rupa untuk mengurangi *kavitasi* pada ujung baling-baling dan mengurangi getaran, baling-baling jenis ini lazim disebut *Highly Skewed Blade Shape*.
  - d. Memasang beberapa sirip/*fin* pada *boss* baling-baling yang dilakukan untuk mengurangi *kavitasi* pada aliran bebasnya.
  - e. Memasang sebuah baling-baling tambahan dibelakang baling-baling utama dengan putaran yang terbalik dengan sebutan *Contra Rotating Propeller*.
  - f. Dengan memasang poros baling-baling agak menyamping, sehingga baling-baling tidak tepat pada posisi *centrenya*. Metode ini dikembangkan oleh NKK Corp. Sehingga disebut sebagai NKK Off-centre Propeller Ships (NOPS).

- g. Memasang baling-baling tambahan yang dapat bergerak secara bebas (*Free Rotating Propeller/Grim Vane Wheel*) dibelakang baling-baling utama dengan memanfaatkan aliran bebas baling-baling utama.

Dari beberapa metode dan jenis baling-baling diatas, pada penulisan kali ini akan disajikan hanya metode yang terakhir saja, yaitu penggunaan baling-baling bebas putar/*free rotating propeller/Grim Vane Wheel*.

### Metodologi Penelitian

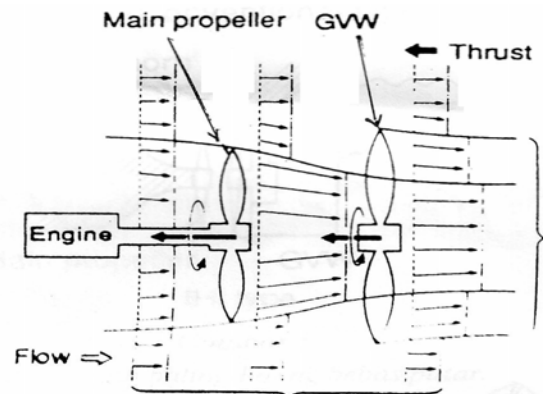
Penelitian ini dilakukan di negara Jerman pada sebuah pusat studi research, yaitu Federal Minister of Research, yang dilakukan pada sebuah kapal dengan data-data sebagai berikut:

BHP mesin induk	6.390 KW
Putaran	133 RPM
Diameter baling-baling	5.000 mm
Pich	4.235 mm
Jumlah daun	4 Daun
Ecpanded area ratio	0.59
Diameter baling-baling bebas putar	5.700 mm
Jumlah daun baling-baling bebas putar	9 daun

### Prinsip Kerja

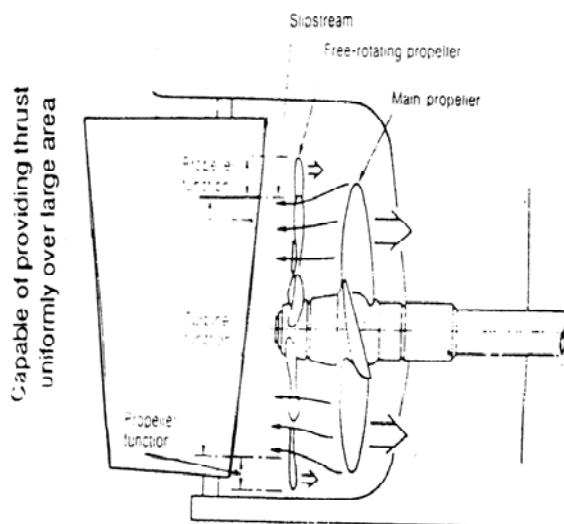
Baling-baling bebas putar atau *Free Rotating Propeller* pertama kali diperkenalkan oleh Professor Grim dari *Federal Minister of Research and Technology Jerman*, oleh karena itulah baling-baling ini dikenal pula dengan nama Grim's Vane Wheel.

Baling-baling bebas putar ini diperkenalkan pada tahun 1967 dan mulai dipasang pada kapal-kapal komersial pada tahun 1980. Prinsip kerja dari baling-baling ini adalah berputar secara bebas pada poros baling-baling utama dengan memanfaatkan aliran bebas dari baling-baling utama dengan demikian akan dapat meningkatkan efisiensi energi. Untuk itulah maka diameter baling-baling bebas putar ini harus dibuat lebih besar dari baling-baling utama, dari hasil penelitian dan pengujian pada tangki percobaan umumnya diameter baling-baling bebas putar 20% lebih besar dari baling-baling utama



Gambar 10. Velocity distribution at each cross sectional section principle of GVW

Fungsi baling-baling bebas putar ini adalah bisa sebagai turbin dan juga baling-baling biasa. Sebagai turbin baling-baling bebas putar memanfaatkan energi putaran aliran bebas (*Slip Stream*) dari baling-baling utama, sedangkan sebagai baling-baling biasa baling-baling ini dapat mengubah energi dari aliran bebas kedalam energi dorong (*trusht*).



Gambar 11. Principle of free-rotating Propeller

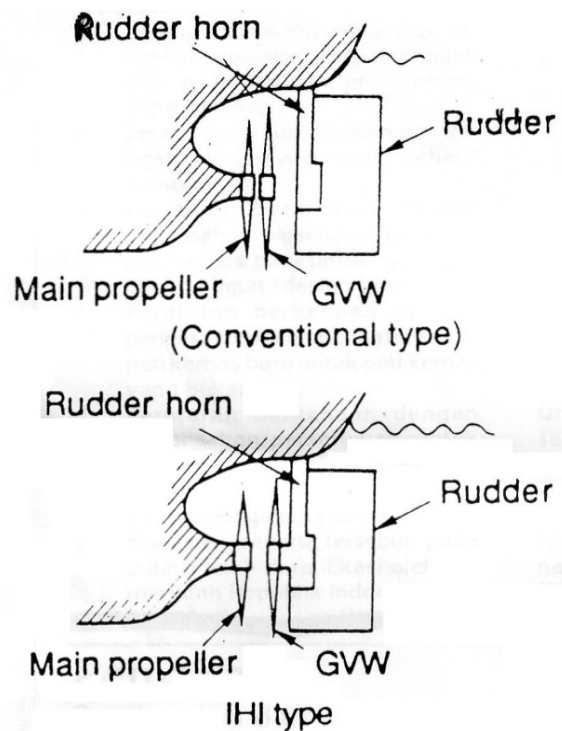
Dengan pengujian pada sebuah model kemampuan dari baling-baling bebas putar ini untuk meningkatkan efisiensinya adalah sekitar 5 s/d 10%, sedangkan pada pengujian di kapal sesungguhnya (MV "PHAROS") kenaikan efisiensi sekitar 10%. Peningkatan efisiensi ini tergantung pada pemasangan, diameter, jumlah daun, *pitch*, dan juga *design* dari profil daun baling-balingnya.

Keuntungan lainnya adalah bahwa baling-baling jenis ini dapat memanfaatkan kembali energi aliran dinamik vortek yang hilang yang dihasilkan oleh baling-baling utama.

Pada gambar 1 dan 2 dapat dilihat prinsip kerja dari baling-baling bebas putar yang memanfaatkan aliran bebas baling-baling utamanya.

#### Aplikasi Pada Kapal

Sampai saat ini sudah 50 kapal kelas *Germanischer Lloyd* (GL) yang mempergunakan baling-baling jenis ini dan beberapa kapal kelas *Nippon Kaiji Kajokai* (NKK) juga memasangnya. Salah satu kapal yang dibangun ISHIKAWAJIMA HAIMA HEAVY INDUSTRIES Ltd. (IHI) yakni kapal tanker 236.604 DWT T.Y. DRACO mempergunakan baling-baling bebas putar dengan 9 daun baling-baling dengan diameter 11,64 M, sedangkan diameter baling-baling utama 9,5 M.



Gambar 12. Pemasangan Baling-baling

Kapal ini mempergunakan mesin induk INI-Sulzer 7RTA84M dengan tenaga 27.240 BHP dan putaran 66 RPM. Seperti yang dijelaskan diatas baling-baling bebas putar ini dipasang pada poros utama dibelakang baling-baling utama dengan menggunakan *Roller Bearing*, sedangkan pada kapal T.Y. DRACO di atas, baling-baling bebas putar dipasang pada bagian *Rudder Post* sehingga baling-baling bebas putar dapat bergerak bebas diantara ruangan baling-baling utama dan kemudi, seperti terlihat pada gambar 3.

Perbedaan pemasangan baling-baling bebas putar ini adalah pada sistem pertama adanya penambahan beban pada poros baling-baling utama, sedangkan sistem yang kedua adanya jaminan keamanan dan keandalan. Dan pada pengujian yang telah dilakukan dikatakan dapat menghemat pemakaian bahan bakar sekitar 20% lebih hemat dan dapat meningkatkan kecepatan kapal 2 knot.

#### Pengujian Yang Telah Dilakukan

Untuk mengetahui pengaruh baling-baling ini terhadap poros baling-baling dan bantalannya dan aspek lain-lain yang timbul, dilakukan beberapa percobaan dan pengujian yang dilakukan oleh *Germanischer Lloyd* (LR) dan *Nippon Kaiji Kajokai* (NKK). Pengujian ini dilakukan pada kapal-kapal selama beroperasi.

##### 1. Pengujian oleh GL (*Germanischer Lloyd*)

*Germanischer Lloyd* (GL) lebih menekankan pengujian pada bantalan baling-baling bebas putar, karena sering ditemui masalah yang timbul pada bantalan baling-baling bebas putar ini. Sehingga menimbulkan beberapa pertanyaan, apakah disebabkan oleh gaya yang diteri-

ma, apakah karena perencanaan bantalan/*bearing* dan pinnya atau karena tegangan berlebihan yang timbul selama beroperasi.

Di dalam hal ini *Germanischer Lloyd* berkesempatan mengadakan penelitian pada baling-baling bebas putar ini, khususnya pada bantalan dan pinnya.

Untuk itu dilakukan penelitian pada sebuah kapal yang dibangun pada awal tahun 1987 dengan data-data sistem penggerak sebagai berikut :

BHP mesin induk	6.390 KW
Putaran	133 RPM
Diameter baling-baling	5.000 mm
<i>Pich</i>	4.235 mm
Jumlah daun	4 Daun
<i>Expanded area ratio</i>	0.59
Diameter baling-baling bebas putar	5.700 mm
Jumlah daun baling-baling bebas putar	9 daun

Pemilihan titik-titik pengujian dibuat sedemikian rupa agar dapat diperoleh sebanyak mungkin gambar dari beban kerja yang terdapat pada baling-baling bebas putar selama beroperasi. Pada gambar berikut ini dapat dilihat posisi titik pengukuran pada baling-baling bebas putar.

Pengukuran dilakukan pada saat beroperasi untuk jangka waktu yang pendek dengan melakukan peru-bahan kecepatan dan olah gerak kapal. Sedangkan dalam jangka waktu yang panjang dengan mem-perhatikan cuaca dan pengaruh keadaan laut, beban kapal dan lain-lain.

Pada pengukuran ini hasilnya dicatat dan dimasukkan ke komputer untuk diolah dan dibuat analisisnya.

Dari hasil pengujian yang didapat tersebut dengan ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Daya dorong yang dihasilkan dari baling-baling bebas putar adalah bersifat eksentris.
- Ketika melewati posisi 0, daun baling-baling akan bergetar. Dari hasil analisa frekwensi didapat bahwa daun baling-baling bergetar pada frekwensi pribadi pertamanya.
- Selama pada kecepatan operasi (133 rpm) tegangan puntir yang terjadi sebesar 80 N/mm<sup>2</sup>.

Karena posisi eksentris dari pusat daya dorong maka daya dorong baling-baling menimbulkan momen puntir pada pinnya. Momen puntir ini adalah pengaruh dari berat baling-baling sendiri. Gabungan dari tegangan puntir dapat dihitung dari hasil pengukuran diatas.

Dari hasil analisa dapat diamati bahwa selama operasi pada kecepatan konstan, tegangan puntir selalu pada posisi yang tetap, pada saat putaran lokal, pengukuran yang dilakukan pada pinnya akan memperlihatkan bentuk fungsi sinus. Analisa frekwensi dan perhitungan sudut fasa,

besarnya dan arahnya dari tegangan puntir akan dapat ditemukan.

Dari hasil perhitungan tersebut dimana tegangan puntir dari pin baling-baling diplotkan pada sistem koordinat silinder. Pada saat baling-baling diam berat dari baling-baling akan menyebabkan tegangan puntir pada pinnya. Dengan menaikinya putaran, tegangan puntir akan naik pula sampai bisa mencapai 10 N/mm<sup>2</sup>, dengan arah berlawanan jarum jam. Tegangan yang terjadi pada pin ini akan dapat menyebabkan kelelahan (*fatigue*) pada material pinnya.

Dari hasil pengujian diatas pihak GL terus mengadakan beberapa penelitian yang dengan sebuah proyek penelitian yang diberi nama "*Experimental Investigation at vane Wheel Bearing*". Penelitian ini dilakukan pada kapal-kapal yang telah beroperasi dengan menggunakan baling-baling bebas putar selama 6 tahun untuk pengembangan hub baling-baling bebas putar. Dengan demikian kemungkinan untuk mendapatkan bentuk dai bantalan baling-baling tersebut lebih baik lagi.

Dari penelitian tersebut diperoleh beberapa data sebagai berikut :

- Tegangan puntir pada daun baling-baling.
- Tegangan puntir pada pins baling-baling.
- Temperatur bantalan.
- Getaran pada hub poros.
- Kurva kecepatan dari baling-baling utama dan bebas putar.
- Torsi pada poros.

2. Pengukuran oleh NKK (*Nippon Kaiji Kajokai*)  
Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh *Nippon Kaiji Kajokai* (NKK) untuk mengetahui aspek-aspek yang timbul akibat digunakannya baling-baling bebas putar ini dan pengujian dilakukan pada beberapa kapal samudra. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan daun baling-baling dari baling-baling bebas putar dan kekuatan poros baling-baling utama. Tegangan berulang-ulang pada bagian belakang kapal, torsi, gaya dorong dan getaran kapal juga diuji sebelum dan sesudah pemasangan baling-baling bebas putar.

Pengujian yang dilakukan menunjukkan beberapa hal yang penting seperti tersebut di bawah ini :

- a. Pemakaian Energi  
Pengukuran torsi menunjukan bahwa baling-baling bebas putar dapat menghemat energi. Sebagai contoh, tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan poros pada kecepatan kapal yang diinginkan 12.1 knot lebih rendah 6 s/d 8.5% dengan dipasangnya baling-baling bebas putar.

- b. Putaran *Propeller*  
Putaran dari baling-baling bebas putar yang bergerak dengan arah yang sama berputar 37.5% dari putaran baling-baling utama. Pengujian untuk gerakan mundur dengan baling-baling bebas putar berputar 12% dari putaran baling-baling utama.
- c. Tegangan pada Daun Baling-baling  
Pengukuran dan pengujian yang dilakukan memeperlihatkan bahwa tegangan daun baling-baling pada sisi depan lebih tinggi ketika posisi tepat pada bagian atas dan bawah, sejajar dengan baling-baling utama. Tegangan yang timbul pada baling-baling bebas putar bervariasi tergantung pada posisinya dengan baling-baling utama.
- d. Tekanan Berulang Pada *Aft Body* dan Getaran Kapal  
Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh bagian belakang kapal akibat dipasangnya baling-baling jenis ini, dari hasil analisa getaran vertikal ditemukan bahwa didaerah steering gear room getarannya dirasakan menurun dibandingkan sebelum dipasangnya baling-baling jenis ini. Hal ini disebabkan terjadinya perubahan sudut pukulan dari kecepatan air laut yang dekat dengan ujung baling-baling (*blade tip*) utama, karena kita ketahui bahwa bila terjadi kavitasi pada blade tip, maka akan dapat menimbulkan tekanan pada bagian belakang kapal yang selanjutnya akan timbul getaran pada lambung kapal.
- e. Tegangan Puntir pada Poros baling-baling  
Tegangan puntir yang terdapat pada poros baling-baling adalah sama dengan penjumlahan tegangan yang ditimbulkan dari berat poros dan *propeller* dan tegangan yang disebabkan oleh gaya poros baling-baling, tegangan ini meningkat sesuai dengan putaran poros baling-baling. Pada penelitian yang telah dilakukan ditemukan bahwa berat baling-baling bebas putar digabung dengan gaya poros baling-baling akan mempengaruhi kenaikan moment puntir pada putaran baling-baling yang tinggi, tetapi amplitudo yang berulang akan menurun pada putaran baling-baling yang tinggi. Pengaruh ini disebabkan oleh gaya fluida yang saling mempengaruhi diantara baling-baling bebas putar.

### Penutup

Pengujian dan penelitian yang dilakukan oleh beberapa Biro Klasifikasi asing terhadap beberapa kapal yang telah menggunakan baling-baling bebas putar ini telah menemukan beberapa segi keuntungan yang cukup berarti, antara lain penghematan energi dan juga ditemukannya penurunan tingkat getaran pada badan kapal.

Pemakaian baling-baling jenis ini tidak hanya terbatas pada kapal-kapal berukuran besar, tetapi juga dapat pula diterapkan pada kapal-kapal sedang dan kecil. Pada pengujian yang dilakukan oleh *Nippon Kaiji Kijokai* (NKK), ukuran kapal yang diuji adalah 199 ton (GRT) dengan panjang 50 m, lebar 9.1 m dan diameter baling-baling utama 1850 mm 4 daun sedang diameter bebas putar 2220 mm 8 daun.

Tidak tertutup kemungkinannya untuk penggunaan baling-baling bebas putar ini pada kapal-kapal type Caraka Jaya generasi berikutnya.

### Daftar Pustaka

1. Annual Report, *Germanischer Lloyd*, 1983, 1987,1988.
2. BKI, 1996, *Rules an Regulation for The Classification and Construction of Ship*, PT. BKI, Jakarta.
3. Horington, R,L, 1992, *Marine Engineering*, USA Pergamon Press, London.
4. Harval, 1978, *Resistance and Propulsion of Ship*, John Wiley and Sous, New York.
5. Murtedjo, 2002, *Tahanan dan Propulsi*, FTK-ITS, Surabaya.
6. NKK Overseas, 1986 No. 38
7. NKK Overseas, 1988 No. 40
8. NKK Overseas, 1990 No, 42
9. PT. PAL (Persero) Indonesia, 2000, *Sistem Manajemen Pembangunan Kapal Baru ; Perencanaan san Produksi*, PT. PAL (Persero) Indonesia, Surabaya.
10. Yarzyna, Harky, 1996, *Design of Marine Propellers*, Palska Akademia Nauk Instytut Maszyn przeplywowych, Poland.