

ANALISA PENGARUH ALIRAN FLUIDA YANG DITIMBULKAN OLEH GERAKAN PUTARAN PROPELLER PADA KAPAL IKAN TERHADAP TEKANAN PROPELLER DENGAN PENDEKATAN

Samuel, Dian Hafiz

¹⁾Teknik Perkapalan, Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia
Email: samuel_aritonang@undip.ac.id

Abstrak

Dalam operasinya dilaut, 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 yang dapat mengatasi keseluruhan gaya-gaya hambat yang terjadi agar memenuhi standar kecepatan dinas. Penelitian untuk meningkatkan daya dorong *propeller* dari tahun ketahun terus dilakukan dengan meningkatkan efisiensi *propeller*. Tapi dari sisi lain usaha untuk meneliti dimana konsentrasi tegangan yang diakibatkan daya dorong *propeller* masih kurang dilakukan Untuk Penelitian ini analisa yang dilakukan adalah untuk mengetahui distribusi tekanan pada *propeller* dan juga *maximum stress* yang terjadi pada *propeller*.

Proses pembuatan model geometri dibantu dengan menggunakan software CAD dan analisisnya dilakukan dengan menggunakan pendekatan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) sebagai sarana visualisasi. Analisa dilakukan dengan memvariasikan putaran *propeller* pada 100, 200, 300, 400, 500 rpm.

Berdasarkan hasil perhitungan dan hasil *running software* CFD yang telah dilakukan didapatkan hasil perbedaan tekanan dimana pada tiap putarannya semakin meningkat. Tekanan paling besar terjadi pada putaran 500 rpm yaitu sebesar 28169,72 N. Dengan menggunakan software MSC NASTRAN didapatkan nilai *maksimum strees* sebesar 13,1 N/mm² akan tetapi material ini masih dalam batas aman karena hasil perhitungan *safety factor* material bahan didapat nilai 33,87..

Kata kunci: *propeller*, Tekanan, CFD, RPM, *maksimum strees*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penelitian untuk meningkatkan daya dorong *propeller* dari tahun ketahun terus dilakukan dengan meningkatkan efisiensi *propeller*. Tapi dari sisi lain usaha untuk meneliti dimana konsentrasi tegangan yang diakibatkan daya dorong *propeller* masih kurang dilakukan. Dengan menggunakan software CFD dan diharapkan dapat mengetahui jenis aliran fluida dan konsentrasi tegangan yang ditimbulkan oleh *thrust propeller* melalui simulasi komputer.

Dari hasil penelitian ini digunakan untuk meminimalisasi kerusakan dan mengantisipasi agar dalam memproduksi *propeller* tidak hanya

melihat dari segi keuntungan saja melainkan juga dari segi kualitas dari *propeller* tersebut.

1.2 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil yang mengarah dengan baik dan terfokus pada permasalahan maka perlu adanya batasan masalah. Adapun batasan masalah untuk Penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Analisa didasarkan pada data *propeller* perahu nelayan biasa dengan jumlah daun baling-baling 4
2. Analisa lebih ditekankan pada hasil visualisasi aliran fluida, distribusi tekanan dan pengaruhnya terhadap *propeller*.

3. Tidak menghitung pengaruh yang disebabkan fenomena kavitasi yang terjadi (tidak ada kavitasi)
4. Tidak membahas masalah tentang spesifikasi peralatan mesin dan *gearbox*.

1.3 Tujuan Penulisan

Berdasarkan permasalahan diatas, penulisan Penelitian ini bertujuan untuk :

1. mengetahui distribusi dan perbedaan tekanan pada propeller kapal nelayan
2. Mengetahui nilai maksimum *stress* yang terjadi pada *propeller*

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat dari Penelitian ini adalah :

1. Mengetahui besar distribusi tekanan dari hasil penelitian dengan pendekatan CFD
2. Menambah literatur ilmu pengetahuan dan teknologi tentang permodelan redesain *Screw propeller* sebagai alternatif sarana meminimalisir biaya *experiment* dengan pendekatan aliran yang riil

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Propulsi

Kapal adalah sebuah hasil teknologi yang memiliki berbagai macam sistem yang kompleks dan rumit. Pada saat kapal bergerak dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat dan air, dan untuk mengatasi gaya tersebut diperlukan suatu gaya dorong yang cukup besar dari sistem penggeraknya [4].

Sistem penggerak atau disebut sistem propulsi adalah suatu sistem yang sangat berpengaruh dalam olah gerak kapal. Sistem penggerak utama meliputi [1]:

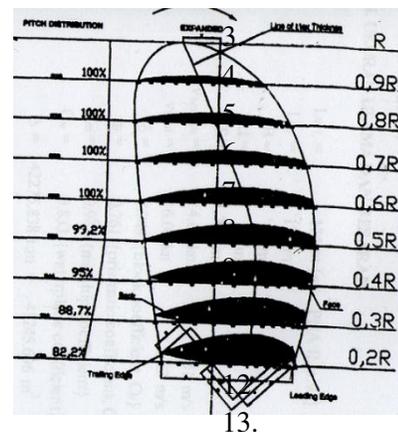
- motor induk (*main engine*) sebagai penggerak pertama (*prime mover*)
- penggerak (propulsor) pada umumnya yang digunakan adalah *screw propeller*

- Komponen-komponen transmisi yang meliputi perporosan (*shafting*), roda gigi reduksi (*reduction gear*), selain itu juga ada yang menggunakan transmisi listrik (*electric transmission*)

2.2 Hidrodinamika Propeller

Dalam membuat bentuk dasar propeller dibutuhkan bentuk yang hidrodinamis yaitu yang dinamakan hidrofoil dimanamenghasilkan suatu *lift* yang lebih besar dibandingkan dengan *drag*-nya. Pergerakan dari hidrofoil ini terjadi pada suatu media fluida dengan kecepatan yang memungkinkan terjadinya hidrodinamika.

Hidrodinamika adalah peristiwa dimana kecepatan antara bagian atas dan bawah hidrofoil terjadi perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas airfoil melaju lebih cepat daripada fluida yang melewati bagian bawah. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tekanan antara aliran fluida bagian atas dan aliran fluida bagian bawah. Seperti yang kita ketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan. Sehingga yang terjadi adalah aliran fluida yang melalui bagian bawah hidrofoil lebih pelan bila dibandingkan bagian atas hidrofoil, perbedaan tekanan yang terjadi inilah yang kemudian akhirnya menimbulkan fenomena *lift* atau gaya angkat itu [5].



Gambar 2.1 Foil pada daun *propeller*.

2.3 Konsep *Boundary Layer*

Lapisan batas (*boundary layer*) diartikan sebagai daerah fluida yang dekat dengan benda padat. Di daerah benda tersebut kecepatannya sangat besar dibandingkan dengan variasi longitudinalnya. Dan tegangan gesernya mempunyai arti yang penting. Ketebalan lapisan batas didefinisikan sebagai jarak dan permukaan benda dimana kecepatan sama dengan nol kesuatu titik yang kecepatannya mencapai 99% kecepatan aliran bebas U. Lapisan batas bisa laminar, turbulen atau transisional. Dan kadang-kadang disebut sabuk gesekan (*frictional belt*). Faktor-faktor yang mempengaruhi lapisan batas adalah gradien tekanan. Kekasaran permukaan, perpindahan panas, *body forces*, gangguan pada aliran bebas.

2.4 *Computational Fluid Dynamics*

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan analisa sistem yang mencakup aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait. Seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi berbasis komputer (*numeric*). Teknik ini sangat berguna dan dapat diaplikasikan pada bidang industri dan non-industri. *Code* CFD terstruktur atas logaritma *numeric*, sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan problem pada suatu aliran fluida [6].

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Observasi

Pada bagian ini dilakukan beberapa hal untuk memperoleh data yang sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan. Hal tersebut antara lain adalah pengamatan dan pencarian data secara langsung ke PT. Satria Laksamana Bahari. Metode yang dilakukan adalah studi lapangan, survey data, dan interview.

3.2 Penentuan Geometri Model

Pada tahap ini akan dijelaskan tentang cara dalam penggambaran *propeller* yang dilakukan tiap profil *propeller* berdasarkan data yang diambil dari project desain *propeller* kapal nelayan.

Karakteristik *Propeller* :

Jumlah daun	:	4 buah
Garis tengah D	:	1,02 m
Langkah ulir P	:	0,81 m



Gambar 2.2 Model *Propeller*

3.3 Cara Menentukan Koordinat *Propeller*

- Pertama mengukur titik pusat *boss propeller* [2]

Cara mengukurnya dengan menggunakan bantuan kertas dan jangka sorong. Dimana pengukuran dilakukan dengan cara mencari keliling *boss propeller* dengan memutar jangka berulang-ulang sehingga didapat ukuran yang tepat. Setelah itu digambarkan dikertas yang kemudian dilekatkan pada ujung *boss propeller* sebagai patokan titik pusat *boss propeller*.

- Kedua mengukur diameter *propeller*

Caranya dari titik pusat *boss propeller* ditarik garis referensi menggunakan benang keujung daun *blade propeller*.

- Ketiga menentukan jarak *Leading edge* dan *trailing edge* terhadap *center line*. Caranya dari garis referensi diukur dan hasilnya dibagi 10

Langkah – langkah pembuatan :

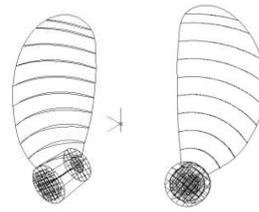
- Dari pusat Φ *boss propeller* maka ditarik garis referensi tegak lurus menggunakan benang yang sebelumnya telah direkatkan menggunakan selotip agar tidak bergeser. untuk mempermudah penarikan garis pada blade propeller.
- Dari garis referensi tersebut maka dibagi 10 untuk menentukan jari – jari.
- Dari jari – jari (0,2R ,0,3R ,0,4R.....0,9R) yang didapat dari blade propeller kemudian ditentukan titik pembagian untuk mempermudah mengukur jarak antara *Center Line* terhadap *Leading edge* dan *Trailing edge*
- Dari titik yang didapat maka untuk menentukan ketebalan *blade* dengan bantuan alat ukur jangka sorong. (semakin banyak titik yang ditentukan. Maka hasil ketebalan makin sedikit *error* yang didapat

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Model Menggunakan Software

4.1.1. Autocad

Pembuatan model *Propeller* menggunakan *software* Autocad dimana hasil dari pengukuran model *Propeller* yang telah dilakukan sebelumnya kemudian digambar ulang dengan menggunakan *software* ini. Dimensi dari *Propeller* yang dimodelkan adalah jenis *Propeller* yang berada dipasaran dengan diameter 1000 mm



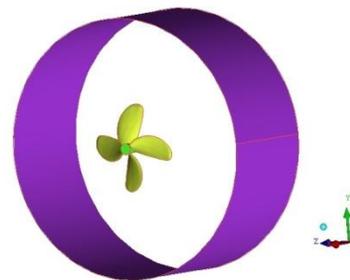
Gambar 4.1 Pemodelan dengan Autocad

4.1.2. Computational Fluid Dynamics (CFD)

Pre-Processor

Langkah Pre-Processor merupakan langkah awal dimana bahasa pemrograman design model akan diterjemahkan oleh *Solver manager*.

Model akan dibentuk sedemikian rupa sehingga terdapat beberapa bagian untuk memberikan batasan-batasan aliran fluida yang dijalankan dan membuat model menjadi suatu objek yang akan dialiri fluida. Dalam hal ini berarti, terdapat 2 bagian dalam permodelan dan dibagi menjadi model sebagai objek dan membuat suatu *boundary* untuk fluida.



Gambar 4.2 Boudary dari *Propeller* pada CFX

4.1.3. Solver Manager

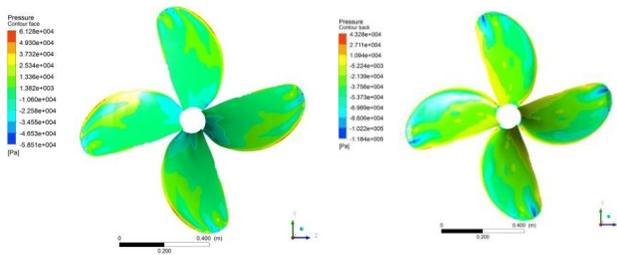
Solver manager adalah langkah kedua bagian dari CFX, dimana pada langkah ini berfungsi sebagai penerjemah file dalam format *.def* menjadi format *.res* yang selanjutnya dapat diterjemahkan oleh Post-Processor.

Post-Processor

Langkah Post-Processor akan menampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap *s olver Manager*, hasil

perhitungan dapat dilihat berupa data numerik dan data visualisasi aliran fluida pada model. Data numerik yang diambil adalah data nilai variabel sifat fluida yang dapat di ambil adalah sebagai berikut :

1. Berupa contour *PRESSURE* pada bagian *face* dan *back Propeller*
2. Nilai dari luasan area dari *face* dan *back Propeller*
3. Nilai force dari bagian *face* dan *back Propeller*



Gambar 4.3 Pressure sisi *face* dan *Back* pada putaran 500 rpm

Tabel 4.1 Nilai *force*, luas area dan distribusi tekanan

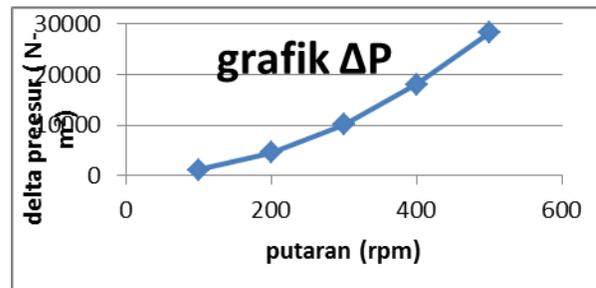
N o	N (Rp m)	F-face (N)	F-back (N)	A-face (m ²)	A-back (m ²)
1.	100	531,294	-37,934	0,437882	0,428252
2.	200	2126,74	-150,901	0,437882	0,428252
3.	300	4786,36	-339,001	0,437882	0,428252
4.	400	8509,89	-602,389	0,437882	0,428252
5	500	13297,3	-940,82	0,437882	0,428252

Tabel 4.2 Nilai *force*, luas area dan distribusi tekanan

P-face (N/m ²)	P-back (N/m ²)	ΔP (N/m ²)	ΔP (Psi)
1213,33	88,578	1124,752	0,163
4856,87	352,36	4504,51	0,653
10930,7	791,59	10139,11	1,47
19434,2	1406,4	18027,8	2,614
30366,6	2196,88	28169,72	4,084

Dari tabel tersebut dapat diketahui besarnya perbedaan tekanan yang terjadi pada *Propeller* mengalami kecenderungan naik pada putaran yang lebih tinggi. Dimana pada putaran 100 rpm nilai perbedaan tekanan antara sisi *face* dan *back* adalah sebesar 1124,75 N/m². Untuk putaran 200 rpm nilai perbedaan tekanan antara sisi *face* dan *back* adalah 4504,51 N/m². Sedangkan pada putaran 300, 400 dan 500 rpm nilai perbedaannya adalah 10139,11 N/m², 18027,8 Pa dan 28169,72 N/m². sehingga dapat dikatakan memiliki kecenderungan naik seperti pada grafik dibawah ini

Grafik Grafik hubungan perbedaan tekanan dengan putaran



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Perbedaan Tekanan

4.2 Tegangan yang Diijinkan

Untuk menentukan apakah suatu material itu memiliki kemampuan untuk menahan tegangan yang berupa tarikan atau regangan dapat dilihat dari nilai *Yield stress* . Jika tegangan yang bekerja pada suatu bahan itu melebihi dari tegangan maksimum yang diijinkan maka bisa dipastikan material yang mendapatkan tersebut akan rusak. Hal ini sangat penting untuk diperhatikan karena bahan meskipun dikenai suatu tegangan yang lebih kecil dari tegangan yang diijinkan tetap saja suatu saat akan mengalami perubahan ataupun rusak [3].

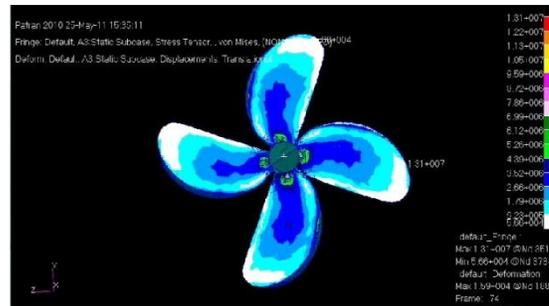
Tabel 4.3 Tegangan Yang Diijinkan

Mechanical Properties (Normal Range)	
Yield	27 - 33,000 psi
Tensile	60 – 72,000 psi
% Elong in 2 in	20 – 35
Proof stress	14 – 16,000 psi
Brinell hardness	112 – 130 psi
Fatigue – air	9 – 14,000 psi

Dalam simulasi yang telah dilakukan nilai dari tegangan yang bekerja pada permukaan blade *Propeller* masih lebih kecil dari tegangan yang diijinkan. Kriteria material bahan yang digunakan adalah *manganese bronze* dengan data-data sebagai berikut :

Tabel 4.4 Material Properties *Propeller*

Item	Manganese Bronze
Chemical Composition %	
Copper	55 - 60
Zinc	Reminder
Nickel	-
Iron	0.9 – 2.0
<u>Manganese</u>	0.3 – 0.9
Alumuniun	0.7 – 1.0
Lead	0.4 max
Tin	1.5 max
All Others	-



Gambar 4.5. hasil running menggunakan *software NASTRAN*

4.3 Validasi Hasil Perhitungan

Validasi dari hasil perhitungan adalah penting karena untuk menunjukkan keakuratan hasil suatu perhitungan dengan menggunakan program bantu. Validasi yang dilakukan adalah dengan cara membandingkan hasil perhitungan dari program numerik dengan hasil perhitungan secara analitik. Perhitungan manual yang akan dilakukan dengan menghitung tegangan von mises.

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \tau_{xy})^2 + (\tau_{xy} - \sigma_x)^2}{2}}$$

σ_x = Tegangan normal X (N/ m²)

σ_y = Tegangan normal Y (N/ m²)

σ_{xy} = Tegangan shear XY (N/ m²)

σ_v = Tegangan Von Misses (N/ m²)

Pada hasil analisa dari MSC Nastran didapatkan tegangan von misses sebesar 1.557837 N/ m² yang terjadi pada node 35

Dari perhitungan validasi tegangan von misses didapat nilai sebesar 12,9 N/m² sehingga pada didapat nilai ralat nisbi yang mendekati nilai pada hasil dari software sebesar 1,5 % sehingga dapat dikatakan bahwa hasilnya valid.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Perbedaan putaran *propeller* memiliki pengaruh terhadap besarnya nilai perbedaan tekanan. Semakin meningkat putaran *propeller* maka nilai dari perbedaan tekanannya semakin meningkat pula.

100 rpm : 1124,752 N

200 rpm : 4504,51 N

300 rpm : 10139,11 N

400 rpm : 18027,8 N

500 rpm : 28169,72 N

Maximum stress terbesar terjadi pada saat putarn maksimum yaitu 500 rpm senilai 13,1 N/mm² dimana daerah paling kritis terjadi pada node 351. Material ini masih dalam batas aman karena nilai *safety factor* yang didapat sebesar 33,587

5.2 Saran

1. Untuk masalah kekuatan material dapat disimulasikan untuk mencari sampai

beberapa jauh life time dari propeller tersebut digunakan

2. Model propeller yang digunakan untuk penelitian selanjutnya dapat divariasikan agar dapat membandingkan faktor-faktor yang lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harvald, Sv Aa, 1983, *Tahanan dan propulsi kapal*, Surabaya, Airlangga, University press
- [2] Adji, Suryo, 2005. *Engine Propeller Matching*, Kumpulan Jurnal Ilmiah FTK-ITS, Surabaya
- [3] Van Lamereen, Dr.Ir.W.P.A (1948). *Resistence, Propulsion and steering of Ships*, The Technical Publishing. Company H-Stam-Harleem
- [4] Manik, Parlindungan (2008). *Propulsi Kapal*, Diktat Mata Kuliah Propulsi Kapal JTP-FTK-UNDIP
- [5] Young, Donald F. Okiishi, Theodore H. R, Munson, Bruce R. 2004. *Mekanika fluida jilid 1*, alih bahasa Harinaldi, Budiarso. Jakarta : Erlangga.
- [6] Anonim, 2010. *Tutorial ansys CFX*. www.ansyscfx.com.