

STUDI NACA 0024 DAN 2624 SEBAGAI MEKANISME PENGGERAK KAPAL KECIL (BOAT) 12,2 M DENGAN MENGGUNAKAN ENERGI GELOMBANG AIR LAUT

Purwo Joko Suranto, Iswadi Nur
Pengajar pada Jurusan Teknik Perkapalan
email: jekdoank@gmail.com

Abstrak

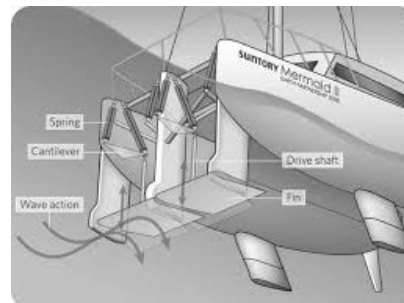
Sistem mekanisme penggerak menggunakan energi gelombang laut terdiri dari pegas dan wings, digunakan sebagai sistem penggerak kapal boat dengan lambung katamaran. Arus gelombang laut menggerakkan wings, diteruskan ke pegas, pegas merespon menimbulkan hentakan pada wings, bergerak bagai ekor lumba-lumba, sehingga kapal dapat bergerak maju melawan arus laut. Studi ini secara teoritis dibantu dengan software MATLAB untuk menghitung respon pegas, ANSYS memodelkan wings dan menghitung trust, MAXSURF untuk memodelkan dan menghitung hambatan dan kecepatan katamaran, maka akan didapat kecepatan kapal boat lambung katamaran dengan sistem mekanisme penggerak menggunakan energi gelombang laut dengan wings NACA 0024 dan NACA 2624 sehingga didapat data untuk kecepatan kapal. Kecepatan gelombang memegang peranan penting dimana merupakan kontak langsung terhadap wings kemudian diteruskan ke pegas. Diasumsikan kecepatan gelombang dengan wave number k_1 , $u = 0,1359$ m/s dan $w = 0,6797$ m/s sedangkan untuk wave number k_2 , $u = 0,1900$ m/s dan $w = 0,9502$ m/s. Pegas memiliki nilai $Kx = 5122$ N/m serta $Kt = 1088$ N-m/rad. Sehingga didapat nilai simpangan pegas dan respon wings yang dapat menghasilkan daya thrust sebesar 1,422 HP yang dapat menggerakkan katamaran dengan kecepatan sampai dengan 1,698 knots. Kapal katamaran dengan sistem penggerak menggunakan energi gelombang laut ini nantinya dapat diaplikasikan untuk kebutuhan moda penangkapan ikan para nelayan, sehingga dapat memberikan alternatif atau mungkin pengganti sebagai penggerak kapal ikan.

Kata kunci: Arus, Wings, Pegas, Foil, Thrust.

PENDAHULUAN

Cadangan terhadap bahan bakar yang berasal dari hasil proses fosil lambat laun akan langka, selain itu terdapat dampak polusi yang ditimbulkan dari sisa proses pembakaran. Hal tersebut memacu para ilmuwan maupun peneliti untuk mengkaji di bidang energi terbarukan. Perlu diupayakan adanya penelitian untuk pemanfaatan energi alternatif selain minyak bumi. Macam-macam energi alternatif dapat berasal dari angin, matahari, gelombang laut, serta dimungkinkan sumber energi yang lain yang berasal dari hewan dan tumbuhan. Perlu dilakukan penelitian dalam bidang Teknik Perkapalan yaitu pemanfaatan energi gelombang air laut. Merujuk kepada penelitian yang pernah dilakukan oleh Kenichi Horie dan Francois Kneider, menyimpulkan bahwa "Gelombang dan arus laut dapat menjadi energi penggerak kapal". Penelitian dilakukan adalah pengembangan jenis propulsi yang berasal dari pemanfaatan gelombang

air laut. Dasar pemikiran dari gelombang air laut akan dapat mengerakkan wings foil, selanjutnya wings foil tersebut akan dapat menggerakkan pegas. Pegas akan memberikan respon dan kemudian akan memberikan reaksi sehingga gaya tersebut akan menggerakkan wings foil secara bolak balik, selanjutnya dengan adanya gerakan dari hentakkan wings foil akan dapat menghentakkan fluida, dengan terjadinya rangkaian gerakan gaya-gaya tersebut akan terjadi gaya dorong.



Gbr. 1. Kapal Suntory Mermaid II milik Prof. Kenichi H.

DASAR TEORI

Derajat Kebebasan

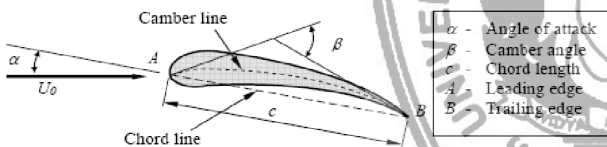
Sistem dengan dua derajat kebebasan membutuhkan dua koordinat independen untuk menghitung konfigurasi dari sistem tersebut. Untuk kasus peredaman bebas, akan ditemukan bahwa terdapat dua cara yang mengakibatkan sistem bergetar secara harmonik. Kedua cara tersebut merupakan modus-modus utama (principal modes). Frekuensi pergerakan untuk modus utama disebut frekuensi alami. Frekuensi alami akan diperoleh pada sistem yang dapat bergetar secara harmonik. Gerak adalah bentuk gelombang kompleks (Vierck). Begitu pula getaran yang berulang dibentuk dari komponen-komponen modus utama. Persamaan differensial gerakan dapat ditulis sebagai berikut:

$$m_1 \cdot \ddot{x}_1 = -k_1 \cdot x_1 + k_2 (x_2 - x_1)$$

$$m_2 \cdot \ddot{x}_2 = -k_2 (x_2 - x_1) - k_3 \cdot x_2$$

Aerofoil

Sesuai dengan tipe dan aplikasi pada bentuk streamline, karakter aerodinamis sangat berpengaruh pada bentuk (profil) pada bagian wing. Cara yang tepat untuk menentukan karakter aerodinamis pada bagian wing adalah merencanakan variasi koefisien gaya (CL dan CD) melawan orientasi bagian pada aliran.



Gbr. 2. Penampang wing

- Chord line : Garis lurus yang menghubungkan leading dan trailing edge
- Chord : Panjang dari chord line
- Camber line : Centreline ketebalan pada aerofoil
- Camber angle : Perbedaan gradien camber line dengan ujung
- Angle of attack : Sudut antara chord line dengan arah datangnya fluida

Karakteristik gaya-gaya aerodinamis yang bekerja pada suatu benda secara umum merupakan bentuk non-dimensional dari gaya drag dan lift, koefisien gaya drag dan lift (Abbott & Von Doenhoff, 1959) adalah sebagai berikut.

$$C_D = \frac{F_D}{\left(\frac{1}{2} \rho U_0^2\right) (c \times l)}$$

$$C_L = \frac{F_L}{\left(\frac{1}{2} \rho U_0^2\right) (c \times l)}$$

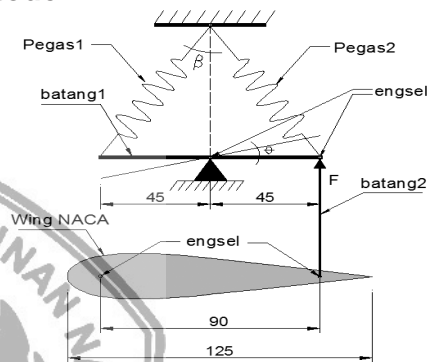
(2)

Keterangan :

- CL = Koefisien Lift
- ρ = Massa Jenis [kg/m³]
- U0 = Kecepatan [m/s]
- A = Luas [m²]

Parameter utama untuk menentukan CL dan CD adalah angle of attack α . Oleh karena itu, langkah awal untuk menentukan karakteristik aerofoil adalah merencanakan variasi CL dan CD terhadap α . Sebagai tambahan Reynolds number $Re = \rho U c / \mu$. Dimana secara umum untuk mengukur efek viskositas, yang memiliki efek yang kecil pada karakteristik.

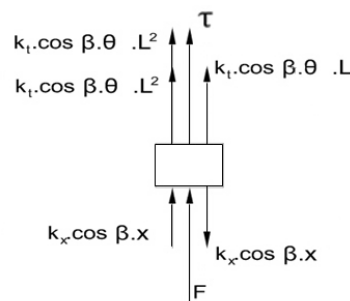
3. Metode



Gbr. 3. Sistem mekanisme wave power.

Berikut ini merupakan sistem mekanisme wave power, seperti yang dapat dilihat pada Gbr.3 bahwa pegas 1 dan pegas 2 terletak pada kemiringan sudut dan konstanta pegas yang sama (simetris).

Dalam paper ini penulis memodelkan sistem mekanisme wave power sebagai sistem yang terdiri dari wing, 2 buah pegas dan batang1 dengan tumpuan engsel (Gbr. 4). Wing dimodelkan dan dianalisa menggunakan ANSYS dengan sudut ayunan antara sumbu x dengan chord line berkisar -20^o sampai 20^o, diperoleh gaya dan momen. Gaya gesek pada engsel diabaikan sehingga Free body diagramnya sebagaimana pada Gbr. 4.



Gbr. 4. Free body diagram sistem mekanisme wave power.

Dari Gbr. 4. dapat dilihat bahwa persamaan free body diagram sistem mekanisme wave power memiliki dua derajat kebebasan. Maka didapatkan matriks sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \tau \cdot \sin(\omega t) \\ F \cdot \sin(\omega t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (-)\omega^2 + 2k_t \cdot \cos \beta \cdot L^2 & -k_x \cdot \cos \beta \cdot L \cdot \sin(\omega t) \\ -k_t \cdot \cos \beta \cdot L \cdot \sin(\omega t) & (-m\omega^2 + k_x \cdot \cos \beta) \cdot \sin(\omega t) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \theta \\ x \end{bmatrix} \quad (3)$$

Frekuensi natural merupakan frekuensi yang terjadi pada sistem sebelum ada gaya dari luar, berupa kesetimbangan sistem setelah menghilangkan gaya luar, dinyatakan dalam persamaan matriks A, sebagai berikut :

$$A = \begin{bmatrix} -\omega^2 + 2k_t \cdot \cos \beta \cdot L^2 & -k_x \cdot \cos \beta \cdot L \\ -k_t \cdot \cos \beta \cdot L & -m\omega^2 + k_x \cdot \cos \beta \end{bmatrix} \quad (4)$$

Untuk menentukan nilai frekuensi natural maka determinan matrik ini harus nol.

$$|A| = 0$$

Respon sistem diperoleh dengan memasukan persamaan sistem mekanisme wave power (persamaan 3) kedalam Matlab dengan menggunakan metode Ode 45.

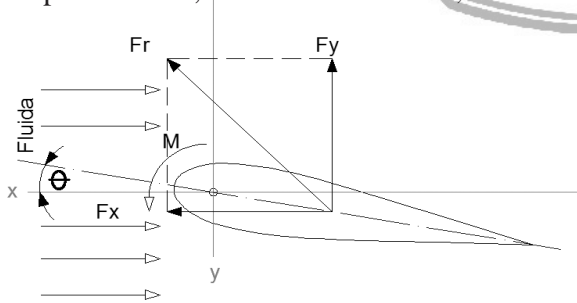
Dari matrik ini diperoleh respon besarnya displasemen getaran dan kecepatan getaran.

Hasil Penelitian

Hasil penelitian sebagai berikut.

4.1. Thrust

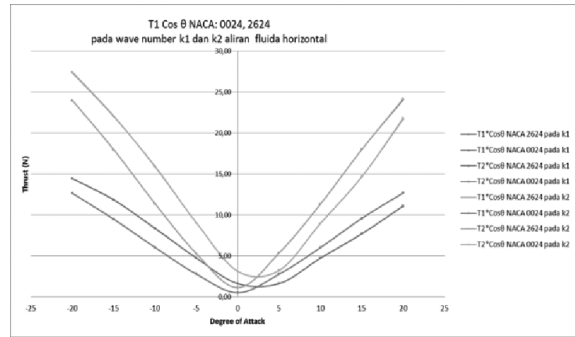
Wave number k1 mempunyai kecepatan horisontal fluida (u) = 0,1359 m/s, kecepatan vertikal fluida (w)=0,6797 m/s. Wave number k2 mempunyai kecepatan u = 0,1900 m/s dan w=0,9502 m/s.



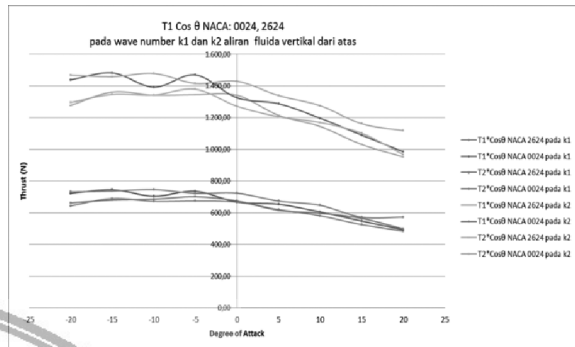
Gbr. 5. Asumsi ketetapan wing NACA

$$Fr = \sqrt{F_y^2 + F_x^2} \quad (5)$$

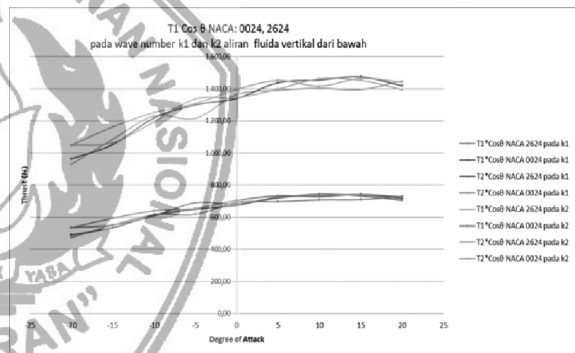
Thrust (T) = Fr*cos θ , merupakan transformasi nilai Fr ke arah sumbu x sehingga dikalikan sudut antara chord length dengan sumbu x (θ) sebagaimana Gbr. 5.



Gbr.6. Grafik thrust pada k1 dan k2 inlet dari depan



Gbr. 7. Grafik thrust pada k1 dan k2 inlet dari atas



Gbr. 8. Grafik thrust pada k1 dan k2 inlet dari bawah

Pada Gbr 6,7 dan 8 terlihat bahwa semakin besar kecepatan fluida akan semakin besar thrust yang dihasilkan. Besarnya thrust pada inlet dari depan wing Gbr. 7 relatif kecil sehingga kurang berpengaruh terhadap kecepatan yg dihasilkan, yang berpengaruh besar adalah inlet dari arah atas (Gbr. 7) dan dari arah bawah (Gbr. 8) yang mempunyai thrust cukup besar, dan diperoleh pada saat chord line wing dan sumbu x membentuk sudut antara 0o sampai 5o, lebih dari itu akan mengalami stall. Hal ini disebabkan karena koefisien lift dan drag dimana koefisien ini memiliki fungsi dari sudut serang θ dan rasio aspek. Rasio aspek didefinisikan sebagai rasio dari kuadrat panjang sayap (chord) terhadap luasan planform. Koefisien lift meningkat dan drag berkurang seiring dengan

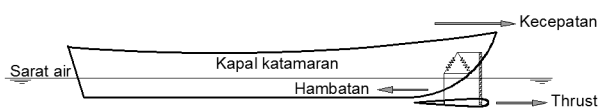
peningkatan rasio aspek. Pada kondisi ini gaya lift merupakan sumbu y sedangkan gaya drag pada sumbu x. Jika α terlalu besar, maka lapisan batas pada permukaan atas berpisah, aliran pada sayap berkembang menjadi daerah ulakan turbulen yang luas. Apabila sudut serang melebihi dari 5° maka lift akan semakin berkurang dan drag meningkat maka foil akan mengalami stall. Dapat dilihat bahwa semakin besar nilai sudut serang melebihi 5° maka nilai thrust pada sumbu y semakin kecil.

4.2 Frekuensi Respon.

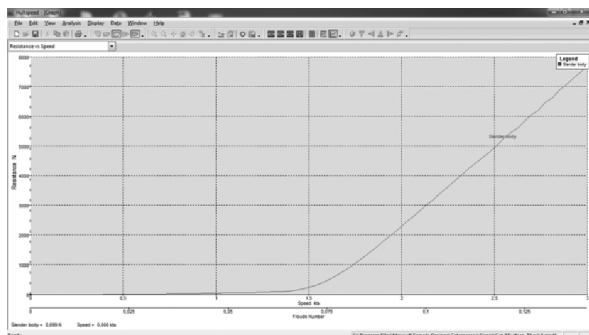
Dengan menggunakan matriks A sama dengan nol. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh besarnya frekuensi natural dimana besarnya $K_x=5122$ N/m dan $K_t=1088$ N-m/rad Sehingga frekuensi naturalnya adalah $\omega_1=730,24$ rad/s dan $\omega_2=5,82$ rad/s. Dengan bantuan software MATLAB, didapat nilai simpangan lateral dan torsional. Dimana sistem mekanisme wave power menggunakan wing NACA 0024 mempunyai simpangan sebagai berikut:

- Simpangan lateral pegas berkisar 0 sampai 0,6 m dan kecepatannya 0 sampai 1,1 m/s.
 - Simpangan torsional wing berkisar 0 sampai 1,9 rad dan kecepatannya 0 sampai 4,4 rad/s
- Sedangkan menggunakan wing NACA 2624 mempunyai simpangan sebagai berikut:
- Simpangan lateral pegas berkisar 0 sampai 0,6 m dan kecepatannya 0 sampai 0,99 m/s.
 - Simpangan torsional wing berkisar 0 sampai 1,86 rad dan kecepatannya 0 sampai 3,67 rad/s

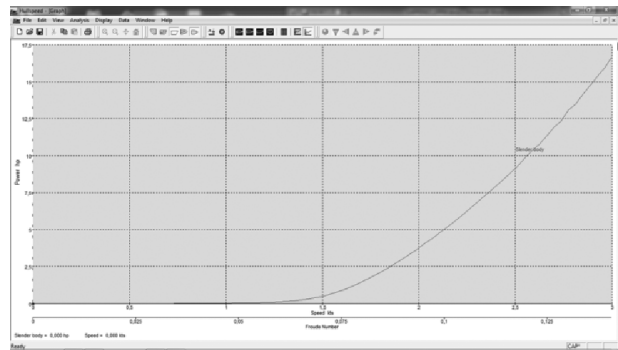
4.3. Hambatan & Kecepatan Katamaran.



Gbr. 9. Asumsi gerak katamaran



Gbr.10. Grafik hambatan dan kecepatan katamaran



Gbr.21. Grafik Power dan kecepatan katamaran

Asumsi gerak katamaran sebagaimana terlihat pada Gbr.9. Tahanan kapal pada kecepatan yang digunakan merupakan gaya yang dibutuhkan untuk menarik kapal, dengan asumsi tidak ada gaya luar yang menarik kapal (Van Manen & Van Oossanen, 1988). Sehingga gaya *thrust* yang dihasilkan oleh wings pada kondisi air tenang akan menarik katamaran. Perhitungan hambatan katamaran menggunakan Maxsurf Hullspeed, analisa yang dipakai untuk menghitung hambatan menggunakan Slender Body dengan metode yg digunakan adalah Molland (catamaran), kecepatan didapat dari grafik hambatan dimana pada sumbu y merupakan nilai hambatan sedangkan pada sumbu x merupakan kecepatan (Gbr. 10) terlihat bahwa kecepatan yang dihasilkan serta power yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal (Gbr.11). Sistem mekanisme wave power menggunakan wing NACA 0024 dengan asumsi efisiensi thrust 25% (Thorby,D., 2008) menghasilkan kecepatan:

- Wing dengan foil NACA 0024 dapat menghasilkan kecepatan sampai dengan 1,69 knot dengan power sebesar 0,94 HP sebagaimana terlihat pada Gbr. 11.
- Wing dengan foil NACA 2624 dapat menghasilkan kecepatan sampai dengan 1,68 knot dengan power sebesar 0,88 HP sebagaimana terlihat pada Gbr. 11.

Kesimpulan

Dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kecepatan gelombang sangat mempengaruhi besarnya nilai gaya *thrust* yang dihasilkan semakin besar kecepatan *fluida* maka semakin besar pula *thrust* yang dihasilkan.
2. Besarnya sudut *chord line* pada wings dengan sumbu x juga mempengaruhi besarnya nilai *thrust* yang ditimbulkan, *thrust* terbesar pada sudut 0° sampai 5° .
3. Wings NACA 0024 menghasilkan thrust yang

sedikit lebih besar dibanding wings NACA 2624.

4. Wings NACA 0024 menghasilkan power sebesar 0,94 HP yang dapat menggerakkan kapal dengan kecepatan 1,69 knot.

PUSTAKA

- [1] Abbott, I. H., & Von Doenhoff, A. E. (1959). Theory Of Wing Sections. New York: Dover Publications, Inc.
- [2] Avallone, E. A., & Baumeister, T. (1997). Mark's Standard Handbook For Mechanical Engineers, 11th edition. New York: Mcgraw-Hill, Inc.
- [3] Beer, F. P., & Johnston, E. R. (2007). VECTOR MECHANICS FOR ENGINEERS: STATIC. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [4] HYPERLINK "<http://www.desktop.aerol>" <http://www.desktop.aerol> , 09 April 2013.
- [5] HYPERLINK "<file:///C:/Users/Jek/AppData/Roaming/Microsoft/Word/www.wikipedia.org>" www.wikipedia.org , 10 April 2013.
- [6] Indiyono,P., (2004).Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai. SIC, Surabaya.
- [7] Thorby, D., 2008, Structural Dynamics and Vibration in Practice,An Engineering Handbook
- [8] Yoghi, A., (2010), Mekanisme Wave Power
- [9] Van Manen, J. D., & Van Oossanen, P. (1988). Principle of Naval Arhitecture Volume II. The Society of Naval Architets and Marine Engineers.
- [10] Vierck, R. K. Vibrations Analysis.

