



ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA *DRAG FORCE* DAN *LIFT FORCE* ANTARA RUDDER KONVENSIONAL DAN *RUDDER FISH TAIL* DENGAN MENGGUNAKAN CFD

*Abrari Noor Hasmi¹⁾, Alamsyah²⁾ dan Asram Dio Pratama²⁾

¹⁾ Jurusan Matematika dan Teknologi Informasi Institut Teknologi Kalimantan

²⁾ Program Studi Teknik Perkapalan Institut Teknologi Kalimantan

*abrari@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Rudder adalah perangkat untuk mengubah arah kapal dengan mengubah arah arus air yang mengakibatkan manuver pada kapal. *Rudder* ditempatkan diujung belakang lambung kapal/ buritan belakang baling-baling. Jenis umumnya banyak dipakai adalah tipe konvensional namun adapun jenis *rudder* selain jenis konvensional, yaitu jenis *fishtail*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perbedaan performa antara *rudder* konvensional dan *rudder fishtail* terhadap nilai *Drag Force* dan *Lift Force*. Metode yang digunakan adalah persamaan *Clark* dengan bantuan aplikasi berbasis *CFD* untuk mengetahui performa yang dihasilkan pada saat kapal *Drag Force* dan *Lift Force* dengan memvariasikan sudut belok 5° , 10° dan 35° . Hasil penelitian didapatkan *rudder* konvensional memiliki tingkat keefektifitas *drag force* dan *coefficient drag* yang lebih baik dibandingkan *rudder fish tail*, sedangkan pada *rudder fish tail* memiliki tingkat keefektifitas *lift force* dan *coefficient lift* yang lebih baik dibandingkan *rudder* konvensional.

Kata Kunci: *Rudder*, Konvensional, *Fishtail*, *CFD*.

Abstract

Rudder is a device for changing the direction of a ship by changing the direction of the air currents which results in maneuvering the ship. *Rudder* is placed at the rear end of the hull of the ship / stern behind the propeller. The most commonly used type is the conventional type. But as for the type of *rudder* in addition to the conventional type, namely the type of *fishtail*. This study head to analyze the difference in performance between conventional *rudder* and *fishtail rudder* on the value of *Drag Force* and *Lift Force*. The method used is the *Clark's equation* with the help of *CFD-based applications* to determine the performance generated at the time of *Drag Force* and *Lift Force* ships by varying the turning angle of $0,5^\circ$, 10° and 35° . The results showed that conventional *rudder* has a better level of *drag force effectiveness* and *drag coefficient* than *fish tail rudder*, meanwhile, *fish tail rudder* has a level of effectiveness of *lift force* and *lift coefficient* which is better than conventional *rudder*.

Keyword: *Rudder*, Conventional, *Fishtail*, *CFD*.

1. PENDAHULUAN

Kemudi (*rudder*) adalah perangkat untuk mengubah arah kapal dengan mengubah arah arus air yang mengakibatkan perubahan arah kapal. *Rudder* ditempatkan diujung belakang lambung kapal / buritan di belakang baling-baling, yang dapat digerakkan secara mekanis atau hidrolik. Penempatan *Rudder* di belakang propeler, dimaksudkan agar arus yang ditimbulkan propeler dapat dimanfaatkan oleh kemudi untuk mengubah gaya yang bekerja pada kapal menjadi lebih baik. Karena pentingnya peranan *rudder* dalam menjalankan kapal maka diatur dalam Konvensi Internasional SOLAS dalam Bab II-1.



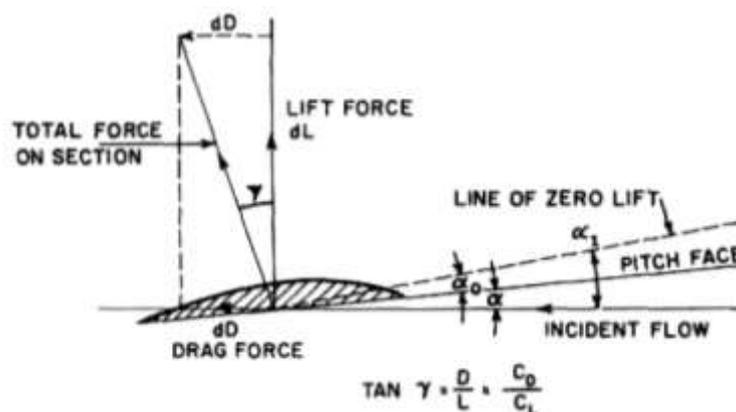
Jenis Rudder yang umumnya banyak dipakai adalah tipe konvensional. Tipe ini terdapat pada banyak jenis kapal mulai jenis kapal dagang (merchant ship) sampai ke kapal perang. Konstruksi daun kemudi nya terdiri dari lembaran berganda dimana kedua ujungnya dihubungkan satu sama lain sehingga didalamnya terbentuk rongga. Selain itu terdapat pula jenis rudder fishtail [1], yaitu rudder dengan area tambahan di bagian tengah ekor kemudi. Rudder fishtail sangat jarang dipakai dan juga sangat sedikit penelitian yang meneliti profil fishtail oleh tes eksperimental. Koefisien pengangkatan desain kemudi harus ditentukan terlebih dahulu dengan menggunakan komputasi dinamis fluida (CFD).

Pada penelitian ini akan dijelaskan perbandingan pada jenis rudder konvensional dan jenis rudder fishtail untuk menganalisa perbedaan performa yang dihasilkan pada saat kapal sedang melakukan manuver. Pada metode kali ini akan menggunakan aplikasi software CFD (Computational Fluid Dynamic), aplikasi ini akan memberikan gambaran mengenai distribusi fluida yang terjadi dengan kondisi serta variasi yang telah ditentukan dan performa yang dihasilkan pada saat kapal *Drag Force dan Lift Force*. Tidak ada sub bab dalam pendahuluan.

2. METODE

Secara prinsip, motor penggerak kemudi kapal sangat dipengaruhi oleh perancangan, sistem propulsi dan sistem kemudi. Sejumlah elemen tersebut secara langsung memberi pengaruh terhadap gaya-gaya dan momen hidrodinamika yang bekerja pada daun kemudi. Ketika kapal bergerak dengan kecepatan tertentu (U) pada aliran bebas ada beberapa gaya yang bekerja, antara lain tahanan kapal, dan gaya dorong kapal [2]. Aliran fluida pada lambung kapal yang tercelup air sebelum mengenai daun rudder pada dasarnya adalah simetris. Arah kapal tidak berubah karena aliran yang dihasilkan saling menyeimbangkan satu sama lain. Oleh karena itu untuk merubah arah kapal dibutuhkan gaya tambahan, yaitu gaya pada daun kemudi. Dengan adanya daun kemudi yang membentuk arah fluida dengan sudut α pada kecepatan yang konstan maka muncullah gaya pada daun kemudi yang tidak simetris. Gaya ini disebut gaya *rudder*, gaya inilah yang menyebabkan perubahan arah haluan kapal.

Gaya rudder merupakan resultan dari drag force dan lift force [3]. Istilah lift digunakan pada analisa gaya ke atas suatu foil aerodynamic, maka dari itu dinamakan gaya lift (angkat) sebab umumnya foil aerodynamic digunakan untuk mengangkat pesawat. Namun istilah lift force juga digunakan pada menganalisa gaya suatu foil rudder untuk membelokkan kapal ke arah samping. Sedangkan drag force merupakan gaya pada rudder yang arahnya berlawanan dengan arah laju kapal seperti pada Gambar 1:



Gambar 1. Gaya yang bekerja pada *rudder*[3]

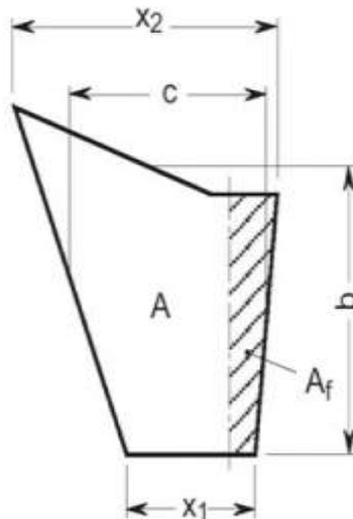
Dari gambar di atas besarnya lift force dan drag force yang terjadi dapat dirumuskan sebagai berikut [3]:

$$C_D = \frac{D}{(\rho/2)AU^2} \quad (1)$$

$$C_L = \frac{L}{(\rho/2)AU^2} \quad (2)$$

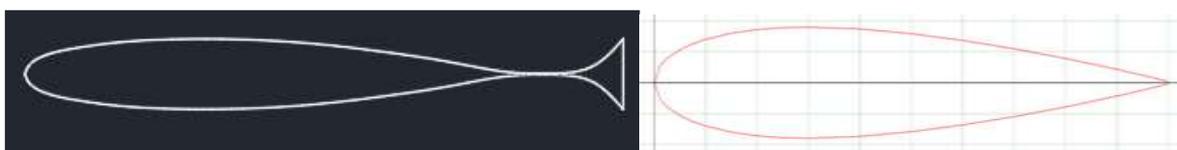
Dimana ρ_F adalah densitas fluida, A menyatakan luas penampang rudder, sedangkan L dan D menyatakan gaya *lift* dan *drag* secara berturut-turut. Notasi U menyimbolkan kecepatan fluida, sedangkan C_D dan C_L secara berturut-turut menyatakan koefisien *drag* dan *lift*.

Berdasarkan “*RULES FOR HULL*” Vol. II, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)[4] dimensi *rudder* pada Gambar 2.



Gambar 2. Dimensi *Rudder* [4]

Dalam tahap awal untuk meninjau pengaruh bentuk daun kemudi terhadap koefisien lift dan aliran air di area sekitar daun kemudi serta pengaruhnya terhadap hambatan pada kapal tongkang minyak menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic*. Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah melakukan analisis yang bertujuan untuk mengaplikasikan dimensi daun kemudi sesuai dengan data yang telah diperoleh di lapangan sehingga dapat mendesain daun kemudi dalam bentuk *3D* untuk daun kemudi dan data yang dapat diperoleh pada website airfoils untuk mendesain daun kemudi tipe konvensional. Untuk mempermudah proses desain model awal, proses ini dilakukan dengan menggunakan software *Autocad 3D*. Desain *surface* dari model daun kemudi yang telah terbentuk dari *software Autocad 3D* dapat langsung di *import* ke software analisis *CFD* seperti gambar berikut:



Gambar 3: Model *2D Rudder*



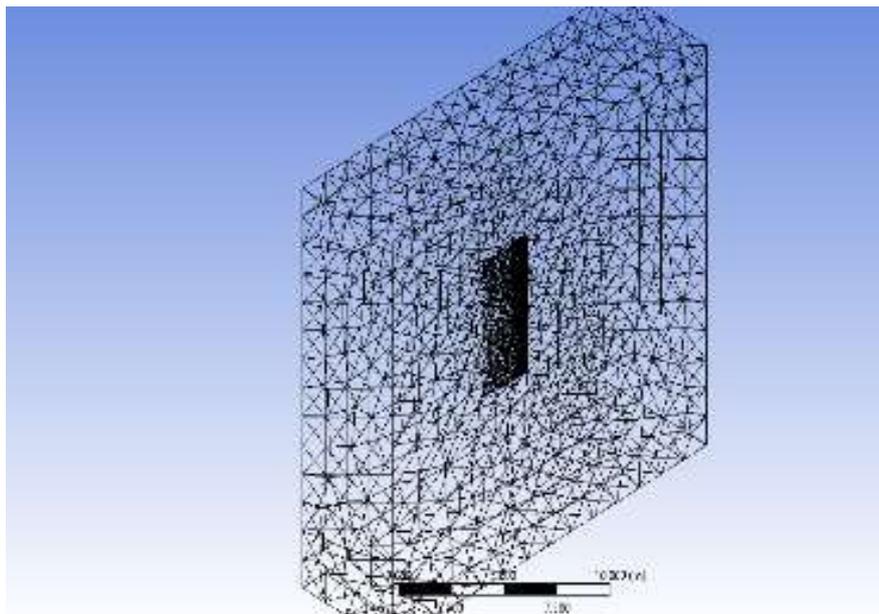
Gambar 4. Model *3D Rudder*

Adapun *principal dimension* pada tabel 1 dan dari *NACA 0018* dan *rudder fishtail* sebagai berikut:

Tabel 1. Ukuran utama *Rudder NACA 0018* dan *Fishtail*

Komponen	Komponen	<i>NACA 0018</i>	<i>Fishtail</i>	satuan
A	Luas penampang <i>rudder</i>	2.745	5.796	cm ²
c	Lebar <i>rudder</i>	3	3	cm
b	Tinggi <i>rudder</i>	14	14	cm
X1	Lebar bagian bawah <i>rudder</i>	2.5	3	cm
X2	Lebar bagian atas <i>rudder</i>	3	3	cm

Setelah model *rudder* yang telah dibuat dan membuat variasinya maka langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi *CFD*. Dalam setiap variasinya *rudder* membentuk sudut 5°, 15°, 25°, dan 35° searah jarum jam. Hasil simulasi yang dapat diambil adalah adanya *drag force*, *lift force*. Setelah itu menentukan *boundary conditions*. *Boundary conditions* merupakan batasan – batasan yang digunakan pada suatu simulasi. Secara umum *boundary condition* terdiri dari dua macam, *inlet* dan *outlet*. *Inlet* biasanya didefinisikan sebagai tempat dimana fluida memasuki domain (*control volume*) yang ditentukan. Berbagai macam kondisi didefinisikan pada *inlet* ini mulai dari kecepatan, komposisi, temperatur, tekanan, laju aliran. Sedangkan pada *outlet* biasanya didefinisikan sebagai kondisi dimana fluida tersebut keluar dari domain atau dalam suatu aplikasi *CFD*. Pada penelitian ini, penulis menggunakan bentuk / tipe *mesh* otomatis (*tetrahedron*). Bentuk *mesh* tersebut dipilih karena dapat menghasilkan jumlah *meshing* yang paling banyak dari pada tipe *mesh* yang lain terhadap benda yang tidak beraturan, sehingga hasil analisis yang diperoleh tentu akan semakin akurat. Pada penelitian ini, penulis mengatur ukuran *mesh* dengan konfigurasi *element size* sebesar 3 cm, seperti gambar berikut:



Gambar 5: Hasil *Meshing* dari aplikasi *software CFD*

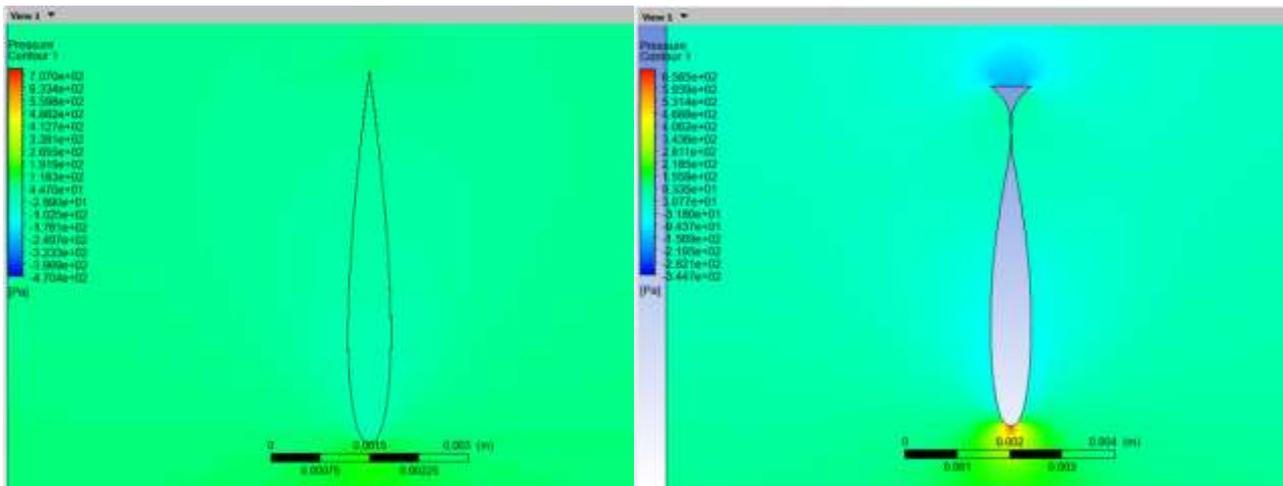
sehingga dihasilkan jumlah *nodes* sebanyak 46712 dan jumlah *elements* sebanyak 260128.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melalui tahap *pre-processing* dan setelah selesai menunggu *running* pada proses *solver*, tahap selanjutnya adalah proses *post processor*. Pada tahap ini menyajikan berbagai macam hasil simulasi seperti *water pressure*, *water velocity*, *geometry pressure*, dan lain – lain. Pada penelitian ini, data hasil simulasi yang akan diolah dan dianalisis adalah fenomena tekanan yang terjadi pada fluida di sekitar daun kemudi sehingga diperoleh gaya - gaya yang bekerja seperti *drag force* dan *lift force*. Berikut merupakan salah satu hasil visualisasi kontur dari beberapa variasi sudut antara model daun kemudi *NACA 0018* dan daun kemudi *fish tail* menggunakan metode *CFD* sebagai berikut:

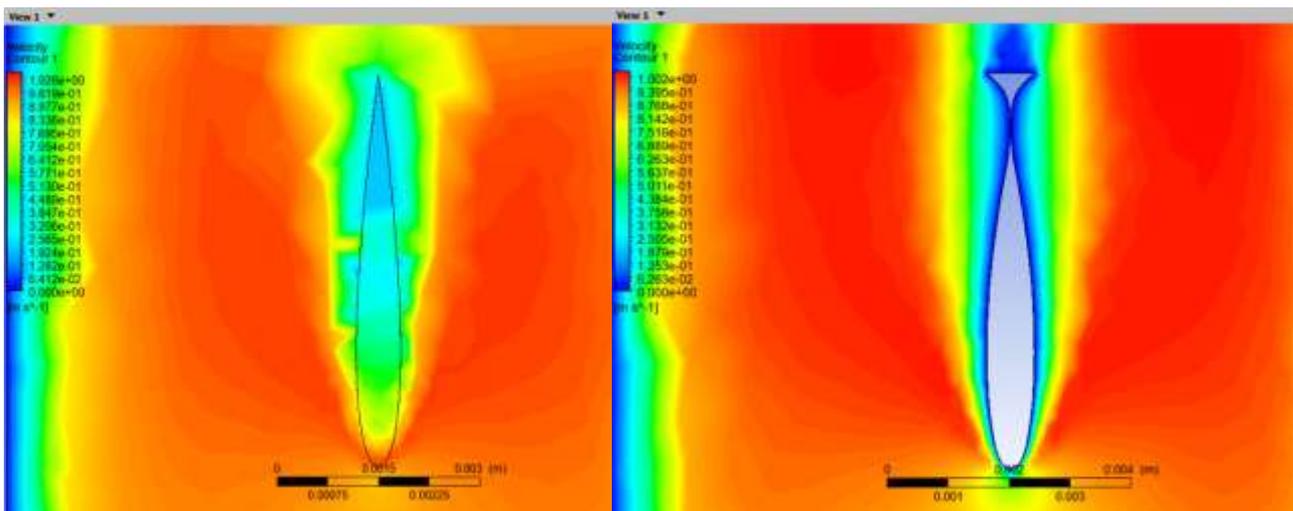


copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Gambar 6. hasil Distribusi tekanan pada *rudder* konvensional dan *fishtail*

Distribusi tekanan daun kemudi *Naca 0018* dengan pada sudut 0° yaitu memiliki tekanan *range* $-7923 \text{ N/m}^2 - 4853 \text{ N/m}^2$, pada sudut 5° memiliki tekanan dengan *range* $-8354 \text{ N/m}^2 - 5394 \text{ N/m}^2$, pada sudut 10° memiliki tekanan dengan *range* $-9212 \text{ N/m}^2 - 2042 \text{ N/m}^2$, pada sudut 35° memiliki tekanan dengan *range* $-3082 \text{ N/m}^2 - 6044 \text{ N/m}^2$. Sedangkan distribusi tekanan daun kemudi *Fishtail* dengan sudut 0° yaitu memiliki tekanan dengan *range* $-3.447 \text{ N/m}^2 - 6.565 \text{ N/m}^2$, pada sudut 5° yaitu memiliki tekanan dengan *range* $-3.923 \text{ N/m}^2 - 7.091 \text{ N/m}^2$, pada sudut 10° yaitu memiliki tekanan dengan *range* $-5.408 \text{ N/m}^2 - 6.126 \text{ N/m}^2$, pada sudut 35° yaitu memiliki tekanan dengan *range* $-1.035 \text{ N/m}^2 - 7.180 \text{ N/m}^2$. Setelah didapat distribusi tekanan didapatkan pula distribusi kecepatan seperti salah satu contoh gambar berikut:



Gambar 7. Hasil Distribusi kecepatan pada *rudder* konvensional dan *fishtail*

Distribusi kecepatan daun kemudi *Naca 0018* dengan pada sudut 0° memiliki *range* $0.000 \text{ m/s} - 1,381 \text{ m/s}$, pada sudut 5° memiliki *range* $0.000 \text{ m/s} - 1,041 \text{ m/s}$, pada sudut 10° memiliki *range* $0.000 \text{ m/s} - 9.811 \text{ m/s}$, pada sudut 35° memiliki *range* $0.000 \text{ m/s} - 2.459 \text{ m/s}$. Sedangkan distribusi kecepatan daun kemudi *Fishtail* dengan sudut 0° yaitu memiliki *range* $0.000 \text{ m/s} - 1,002 \text{ m/s}$, pada sudut 5° yaitu memiliki *range* $0.000 \text{ m/s} - 1,077 \text{ m/s}$, pada sudut 10° yaitu memiliki *range* $0.000 \text{ m/s} - 1.209 \text{ m/s}$, pada sudut 35° yaitu memiliki *range* $0.000 \text{ m/s} - 7.578 \text{ m/s}$.

Selain mendapatkan hasil visualisasi kontur tekanan dari simulasi menggunakan *software CFD*, juga diperoleh nilai dari gaya yang bekerja di sekitar daun kemudi. Gaya yang bekerja pada sumbu *Z* dipresentasikan sebagai *drag force*, sedangkan gaya yang bekerja pada sumbu *X* dipresentasikan sebagai *lift force*. Dari hasil Analisis diperoleh data yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut.

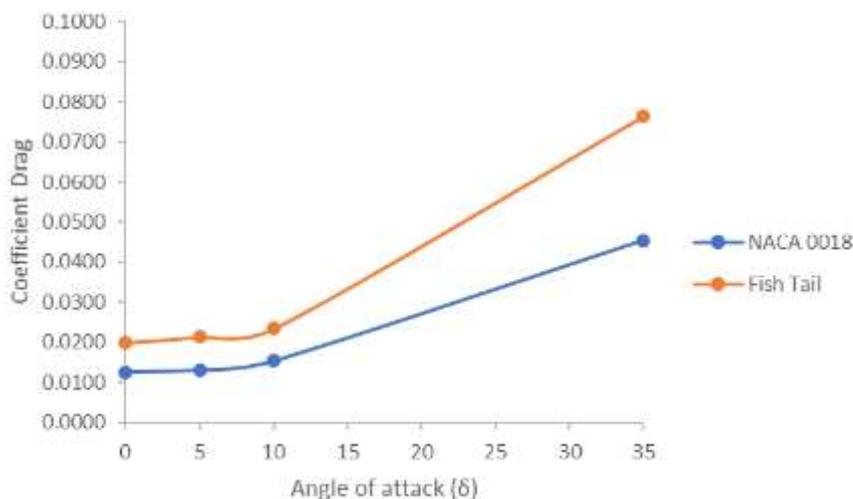
Tabel 2. Data Drag Force, Lift Force, Coefficient Drag, dan Coefficient Lift

Angle of attack(δ)	NACA 0018		Fishtail	
	Drag Force (N)	Lift Force (N)	Drag Force (N)	Lift Force(N)
0°	0.0077	0.0004	0.0122	0.0006
5°	0.0080	0.0077	0.0131	0.0139
10°	0.0094	0.0148	0.0144	0.0276
35°	0.0279	0.0355	0.04676	0.0570

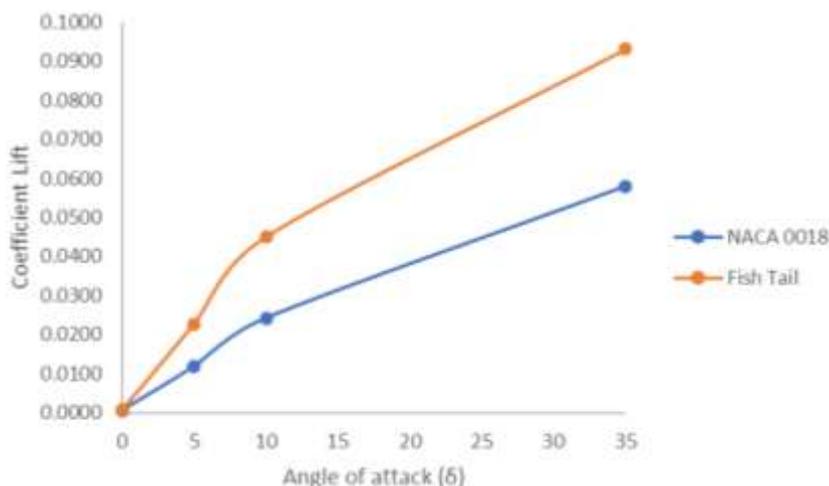
Tabel 3. Data Coefficient Drag, dan Coefficient Lift

Angle of attack(δ)	NACA 0018		Fishtail	
	Koefisien Drag (Cd)	Coefficient Lift (Cl)	Koefisien Drag (Cd)	Coefficient Lift (Cl)
0°	0.0126	0.0006	0.0200	0.0008
5°	0.0131	0.0118	0.0214	0.0227
10°	0.0154	0.0242	0.0234	0.0450
35°	0.0455	0.0579	0.0763	0.0930

Dari nilai drag force dan lift force di Tabel 2 dan 3 nilai Drag force dan Lift force pada daun kemudi Fish tail lebih besar dibandingkan dengan daun kemudi NACA 0018, begitu juga pada Tabel 2 dan 3, nilai Coefficient Drag dan Coefficient Lift pada daun kemudi Fish Tail lebih besar dibandingkan nilai daun kemudi NACA 0018. Untuk lebih jelas dapat kita lihat dengan bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik Coefficient Drag



Gambar 9. Coefficient lift

Sebagaimana terlihat pada Gambar 8d an 9, pada sudut belok yang kecil ($<10^\circ$), perubahan sudut kemudi mengakibatkan sedikit perubahan hambatan pada masing-masing daun kemudia meskipun tidak begitu signifikan, hal berbeda bisa diamati bahwa perubahan sudut belok menghasilkan pertambahan koefisien lift yang cukup besar. Untuk sudut belok yang sama, kemudi *fishtail* memiliki nilai koefisien lift yang lebih besar dibandingkan daun kemudi *NACA 0018*, menandakan bahwa kapal akan lebih mudah untuk berbelok menggunakan rudder *fishtail* dibandingkan kapal yang menggunakan kemudi *NACA 0018*.

4. KESIMPULAN

Hasil dari analisis yang dihasilkan tingkat kemampuan efektivitas *Drag Force* dan terbaik adalah *rudder* konvensional, pada *lift force* kemampuan efektivitas terbaik adalah *rudder fishtail*, sedangkan pada *coefficient Drag* tingkat kemampuan efektivitas terbaik adalah *rudder* konvensional, dan pada tingkat kemampuan efektivitas *coefficient Lift* terbaik adalah *rudder fishtail*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Van Nguyen And Y. Ikeda, "Development Of Fishtail Rudder Sections With Higher Maximum Lift Coefficients," *The Twenty-Fourth International Ocean And Polar Engineering Conference*. International Society Of Offshore And Polar Engineers, Busan, Korea, P. 8, 2014.
- [2] H. D. E. Sembiring, D. Chrismianto, And P. Manik, "Pengaruh Jarak Rudder Dan Propeller Terhadap Kemampuan Thrust Menggunakan Metode Cfd (Studi Kasus Kapal Kriso Container Ship)," *J. Tek. Perkapalan; Vol 4, No 1 Januari*, Jan. 2016.
- [3] A. F. Molland, S. R. Turnock, And D. A. Hudson, *Ship Resistance And Propulsion*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
- [4] Bki, "Vol Ii 'Rules For The Classification And Construction,'" Jakarta, 2014.

