

# PENGARUH BENTUK *PROFILE* KEMUDI TERHADAP ALIRAN FLUIDA PADA KAPAL IKAN TRADISIONAL KM. SURYA ANDALAN BERBASIS CFD

Andi Trimulyono\*, Parlindungan Manik \*, Wahyu Masykuri Al Hakim.

\*Program Studi S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Abstrak

Teknik pembuatan kapal ikan tradisional oleh para nelayan masih dilakukan secara konvensional dimana kapal tradisional pada umumnya menggunakan daun kemudi hanya berupa pelat tunggal, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *profile* daun kemudi dengan memodifikasi pelat tunggal yang ada pada sebuah kapal ikan tradisional sehingga dapat dibandingkan gaya angkat yang dihasilkan oleh pelat tunggal dengan daun kemudi yang menggunakan bentuk *foil* (modifikasi) melalui simulasi CFD.

Penelitian ini mengkaji pengaruh bentuk *profile* kemudi terhadap aliran fluida dan tahanan yang disebabkan oleh daun kemudi pada kapal ikan tradisional KM. Surya Andalan yang mempunyai bentuk buritan cembung (*cruiser*) dengan menggunakan paket program CAD (*Computer Aided Design*) serta CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Dengan menjaga luasan total pada daun kemudi agar diketahui dampak penambahan *profile* daun kemudi, sementara modifikasi dengan mengubah sudut serang daun kemudi.

Hasil perhitungan dan analisa dengan menggunakan metode *free surface* model modifikasi pada sudut  $0^0$  dengan kecepatan 7 knot tahanan yang tereduksi sebesar 45.71%. Hasil simulasi daun kemudi dengan menggunakan *foil* mempunyai gaya angkat yang lebih besar namun bekerja secara optimum pada sudut  $20^0$  pada kecepatan 7 knot terjadi peningkatan gaya angkat 37.59 % dari gaya angkat yang diperoleh model daun kemudi tunggal.

*Kata kunci : daun kemudi, CFD gaya angkat*

## 1. Pendahuluan

Sampai saat ini teknik pembuatan kapal perikanan oleh para nelayan dilakukan secara konvensional, belum diterapkan teknologi modern, dalam pembuatan kapal ikan tradisional yang dilakukan masih berdasarkan pengalaman yang dimiliki dan secara turun temurun dan mengikuti tradisi yang ada di daerah setempat, karena unsur tradisi yang masih kental teknologi yang ada saat ini dalam pembangunan kapal belum diterapkan. Umumnya, kapal ikan tradisional terbuat dari bahan kayu dan biasanya dibangun digalangan atau pengrajin kapal kayu tradisional, sehingga mempunyai bentuk dan karakter sesuai dengan

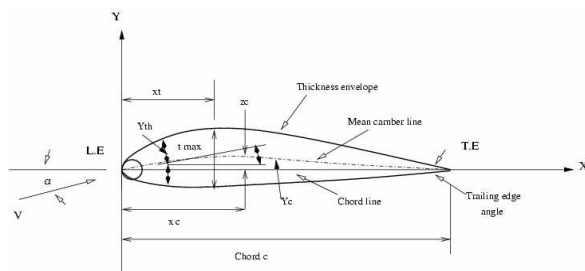
daerah masing-masing, seperti bentuk dari haluan, buritan, lambung, penempatan mesin, penempatan alat pendorongnya, dan lain-lain.

Kapal – kapal tradisional saat ini pada umumnya menggunakan daun kemudi hanya berupa pelat tunggal, untuk meningkatkan manuver kapal dilakukan penambahan luasan daun kemudi menjadi lebih besar, dan juga dengan memperbesar sudut kemiringan daun kemudi. Pada penelitian ini akan penelitian mengenai pengaruh penggunaan *profile* kemudi dengan memodifikasi pelat tunggal yang ada pada sebuah kapal ikan tradisional.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Airfoil

*Airfoil* mempunyai beberapa jenis dan mempunyai karakteristik masing-masing baik dimensi maupun ketebalannya. Sebagai contoh pada *airfoil* seri NACA mempunyai beberapa karakteristik tersendiri, sebagai contoh seri NACA 4 digit *wing sections*, NACA 5 digit *wing sections* dan NACA 6 digit *wing sections*.



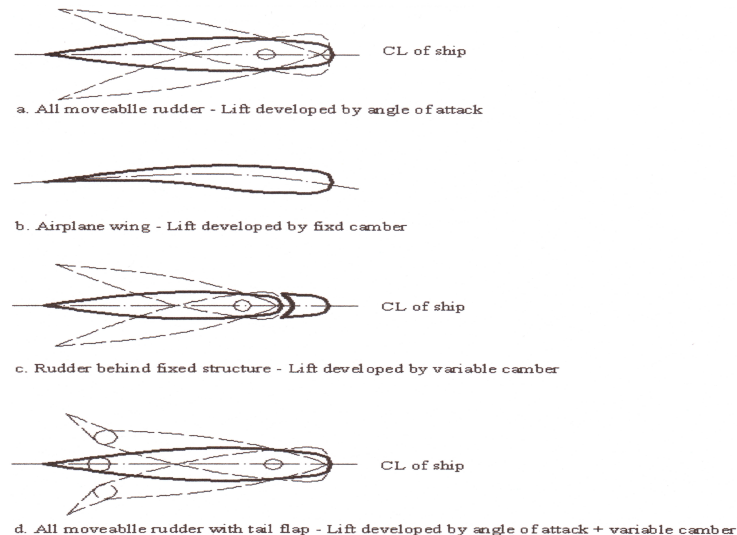
*Airfoil* seri NACA 4 digit *wing sections* mempunyai bentuk atau kontur simetri dan asimetri. Kontur simetri antara lain tipe (NACA 0012, NACA 0015, NACA 0018 dan NACA 0024), sedangkan untuk tipe non simetri antara lain NACA (05,07,08,10,15,22,27,33,37,44)15. Pengertian dari empat digit pada seri NACA, digit pertama menandakan spesifik maksimum camber dalam prosentase panjang *chordnya*, digit kedua menandakan jarak antara dari *leading edge* ke maximum *camber* dalam *chord*, dan dua digit terakhir menandakan tebal maksimum *airfoil* dalam prosentase *chord*.

Sebagai contoh, seri NACA 0010 adalah tipe *airfoil* simetri mempunyai tebal maksimum sebesar 10% dari *chord*. NACA 4412 bentuk *airfoil* non-simetri, penamaan *airfoil* tersebut mengindikasikan bahwa NACA 4412 mempunyai 4% *camber* pada 40% *chord* dari *leading edge airfoil* dan mempunyai ketebalan maksimum 12% dari panjang *chord*.

## 2.2 Daun Kemudi Kapal

### 2.2.1 Jenis Jenis Daun Kemudi Kapal

Jenis-jenis daun kemudi yang digunakan di kapal berbentuk foil NACA diantaranya akan memiliki bentuk sebagai berikut :



Gambar 2.2. Jenis-jenis daun kemudi kapal

Pada jenis kemudi seperti pada gambar 2.2.1.C. diatas, gaya dan momen yang bekerja pada kemudi serta gaya dan momen pada kapal ketika kapal berbelok akan berbeda dari jenis kemudi seperti pada gambar 2.2.1.A. Jenis kemudi tersebut (gambar 2.2.1.C) akan menghasilkan gaya yang lebih besar daripada jenis kemudi pada gambar 2.2.1.A. Besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh kemudi jenis ini tergantung pada modifikasi desain (*camber*) dan sudut serang (*angle of attack*). (Bottomley,1935) melalui penelitiannya telah membuktikan bahwa untuk sudut 30 sampai dengan 40 derajat, untuk luas 25% bagian yang tetap (*fixed portion*) dan 75% bagian yang bergerak (*movable*) akan menghasilkan lebih dari 90% gaya angkat daripada jenis kemudi seperti gambar 2.2.1.A. untuk luas yang sama.

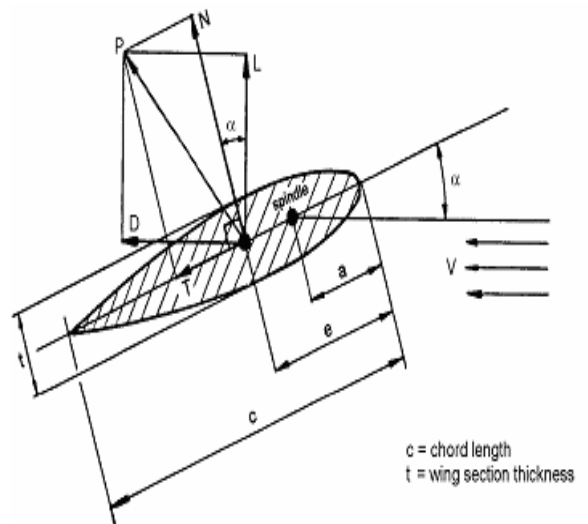
Pada jenis kemudi seperti gambar 2.2.1.D, bahkan apabila dipasang *flap* kecil yang tak seimbang (*unbalanced flap*), akan menghasilkan koefisien gaya angkat maksimum yang jauh lebih besar daripada semua jenis kemudi diatas. Penambahan ukuran *flap* lebih dari 20% akan memberikan sedikit pengaruh pada gaya angkat maksimum. Gaya angkat yang dihasilkan bisa sebanding dengan momen pada pena kemudi dan tahanan (*drag*). Akan tetapi momen yang bekerja pada pena kemudi tersebut adalah lebih kecil daripada momen kemudi maksimum pada jenis kemudi lainnya.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pada jenis kemudi ini dengan 20% *flap* akan menghasilkan gaya tahanan (*drag*) yang lebih kecil daripada jenis kemudi lainnya untuk koefisien gaya angkat yang lebih besar 0,6(Kerwin,1972). Namun beberapa kekurangan pada kemudi jenis adalah mekanisme pengoperasian yang kompleks, bongkar pasang yang sulit untuk perawatan, peningkatan momen pada pena kemudi, harga konstruksi, serta kurang efektif dibandingkan dengan jenis kemudi gambar 2.2.1.A ketika kapal mundur. Kemudi jenis ini hanya akan digunakan apabila ada ruangan yang cukup luas (*space restrictions limit the size of control surface*) serta kinerja ketika kapal sedang mundur adalah hal yang tidak signifikan.

### 2.2.2 Gaya – Gaya Yang Bekerja Pada Daun Kemudi Kapal

Sebuah kemudi yang terletak di belakang baling-baling akan bekerja seperti halnya sebuah *airfoil* atau sayap. Daun kemudi tersebut akan memberikan *lift* dan *drag* karena

adanya arus yang melintasinya. Gambar dibawah menunjukkan komponen gaya yang dihasilkan oleh sebuah daun kemudi. Total gaya yang dihasilkan oleh daun kemudi tersebut dapat diuraikan menjadi komponen gaya angkat (L) yang bekerja tegak lurus terhadap aliran air dan gaya *drag* (D) yang bekerja searah dengan aliran arus air. Selain itu total gaya tersebut juga dapat diuraikan dalam bentuk gaya normal (N) dan gaya tangensial (T).



Gambar.2.3 Gaya-gaya yang bekerja pada daun kemudi kapal

Dengan mendefinisikan koefisien *lift* dan *drag* yang tak berdimensi dan menentukan nilai-nilai perkirannya dengan cara-cara baik menggunakan analisis yang disederhanakan atau dengan beberapa teknik numerik atau eksperimen yang sesuai koefisien *lift*  $C_L$  dan koefisien *drag*  $C_D$  yang didefinisikan sebagai berikut

$$C_L = \frac{F_L}{\left(\frac{\rho}{2} U_0^2\right) (A)}$$

$$C_D = \frac{D_L}{\left(\frac{\rho}{2} U_0^2\right) (A)}$$

### 2.3 Lift ( Gaya Angkat )

Secara umum koefisien *lift* meningkat dan koefisien *drag* berkurang seiring dengan peningkatan rasio aspek. Sayap yang panjang lebih efisien karena kerugian ujung sayap relatif lebih kecil daripada sayap pendek. Namun demikian sayap yang panjang menyulitkan untuk manuver secara cepat sehingga perlu di perhitungkan besarnya aspek rasio yang optimal. Efek-efek viskos dan tegangan geser memberikan kontribusi dihasilkannya *lift* secara langsung meskipun sedikit, dan efek-efek ini memegang peranan penting dalam perancangan dan penggunaan peralatan penghasil *lift*. Koefisien lift adalah sebuah fungsi dari parameter tak berdimensi

$$C_L = \text{fungsi} (Re, Ma, Fr, \frac{\epsilon}{\rho}).$$

Bilangan Froude menjadi penting jika terdapat permukaan bebas, seperti pada hidrofoil berkecepatan tinggi. Kekasaran permukaan  $\epsilon$  relatif tidak penting dalam kaitannya dengan *lift* tetapi kekasaran lebih mempunyai efek pada *drag*. Bilangan mach penting dalam aliran-aliran yang relatif sangat cepat dan dalam aliran supersonic dan efek bilangan reynold seringkali tidak besar. Parameter yang paling penting yang mempengaruhi koefisien *lift* adalah bentuk benda.

Koefisien *lift* meningkat secara tepat terhadap sudut serang, sudut serang yang terlalu besar, lapisan batas pada permukaan atas berpisah, aliran pada sayap berkembang menjadi olakan turbulen yang luas berkurang dan drag meningkat sehingga airfoil mengalami *stall*. Untuk mencegah kondisi tersebut di tambahkan flap pada ujung sayap untuk meningkatkan lift meskipun menambah *drag*.

### 2.4 Drag (Gaya Geser)

Setiap benda yang bergerak melalui suatu fluida akan mengalami drag, drag merupakan gaya bersih dalam arah aliran karena tekanan dan gaya pada permukaan benda.  $C_D$  adalah fungsi dari parameter tak berdimensi lainnya seperti bilangan Reynolds, Bilangan Mach, Bilangan Froude, dan kekasaran relatif.

$$C_D = \text{fungsi} (Re, Ma, Fr, \frac{\epsilon}{\rho}).$$

Drag gesekan adalah bagian dari *drag* yang langsung disebabkan oleh tegangan geser  $\tau_w$  pada benda. *Drag* bukan hanya merupakan fungsi dari besarnya tegangan geser tetapi juga orientasi permukaan dimana gaya tersebut bekerja. Benda yang sangat *streamline* untuk aliran bilangan Reynolds rendah sebagian drag disebabkan oleh drag gesekan, tetapi untuk aliran turbulen kekasaran sangat mempengaruhi nilai dari drag gesekan.

Drag tekanan adalah bagian dari *drag* yang langsung disebabkan oleh tekanan,  $p$  pada sebuah benda. Drag tekanan adalah fungsi dari besarnya tekanan dan orientasi arah elemen permukaan dimana gaya tekanan tersebut bekerja. Besarnya tekanan acuan tidak mempengaruhi drag secara langsung karena gaya tekanan netto pada benda adalah nol jika tekanan konstan ( yaitu,  $p_o$  ) pada seluruh permukaan.

### 2.5 Computational fluid dynamics

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) merupakan ilmu sains dalam penyelesaian numerik dinamika fluida. CFD adalah pendekatan ketiga dalam studi dan pengembangan bidang dinamika fluida selain pendekatan teori dan eksperimen murni. Saat ini banyak terdapat perangkat lunak CFD yang dapat digunakan dalam analisa fluida ,

dengan *software* dapat mensimulasikan aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia dan interaksi fluida dengan struktur hanya dengan permodelan di komputer.

Pada dasarnya semua jenis CFD menggunakan persamaan dasar (governing equation) dinamika fluida yaitu persamaan kontinuitas, momentum dan energi. Persamaan-persamaan ini merupakan pernyataan matematis untuk tiga prinsip dasar fisika :

1. Hukum Kekekalan Massa (The Conservation of Mass)
2. Hukum Kedua Newton (Newton's Second Law of Motion)
3. Hukum kekekalan Energi

Untuk mendapatkan persamaan dasar gerak fluida, filosofi berikut selalu diikuti :

- a. Memilih prinsip fisika dasar dari hukum-hukum fisika ( Hukum Kekekalan Massa, Hukum Kedua Newton, Hukum Kekekalan Energi ).
- b. Menerapkan prinsip-prinsip fisika di dalam model aliran.

### 3 Metodologi

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hambatan yang diterima pada daun kemudi actual dan bentuk daun kemudi foil serta mendapatkan gaya angkat pada model daun kemudi kapal ikan tradisional dengan menggunakan simulasi CFD.. Untuk proses penyusunan penelitian ini data-data dari objek penelitian terbagi menjadi beberapa tahap antara lain :

#### 3.1 Studi Lapangan

Dalam penelitian ini perlu dilakukan studi lapangan yang bertujuan untuk melengkapi kebutuhan data untuk pengerjaan penelitian ini, adapun studi lapangan tersebut antara lain :

##### 3.1.1 Pengambilan Data Penelitian

Studi lapangan dilakukan secara langsung dan wawancara, diantaranya :

1. Data Primer
2. Data Sekunder

##### 3.1.2 Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.3 Pengumpulan Data

### 3.2 Studi Literatur

Mempelajari sistematika perhitungan yang akan dikemukakan di dalam Tugas Akhir dari berbagai referensi baik berupa buku, jurnal, dan lain – lain.

Dasar – dasar teori dan referensi yang dijadikan untuk pengolahan data dan membahas data – data penelitian antara lain:

1. Bentuk aliran fluida
2. Boundary layer
3. Teori mekanika fluida

*Manual book* dari beberapa software yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain :

1. *Maxsurf*
2. *Software CFD*

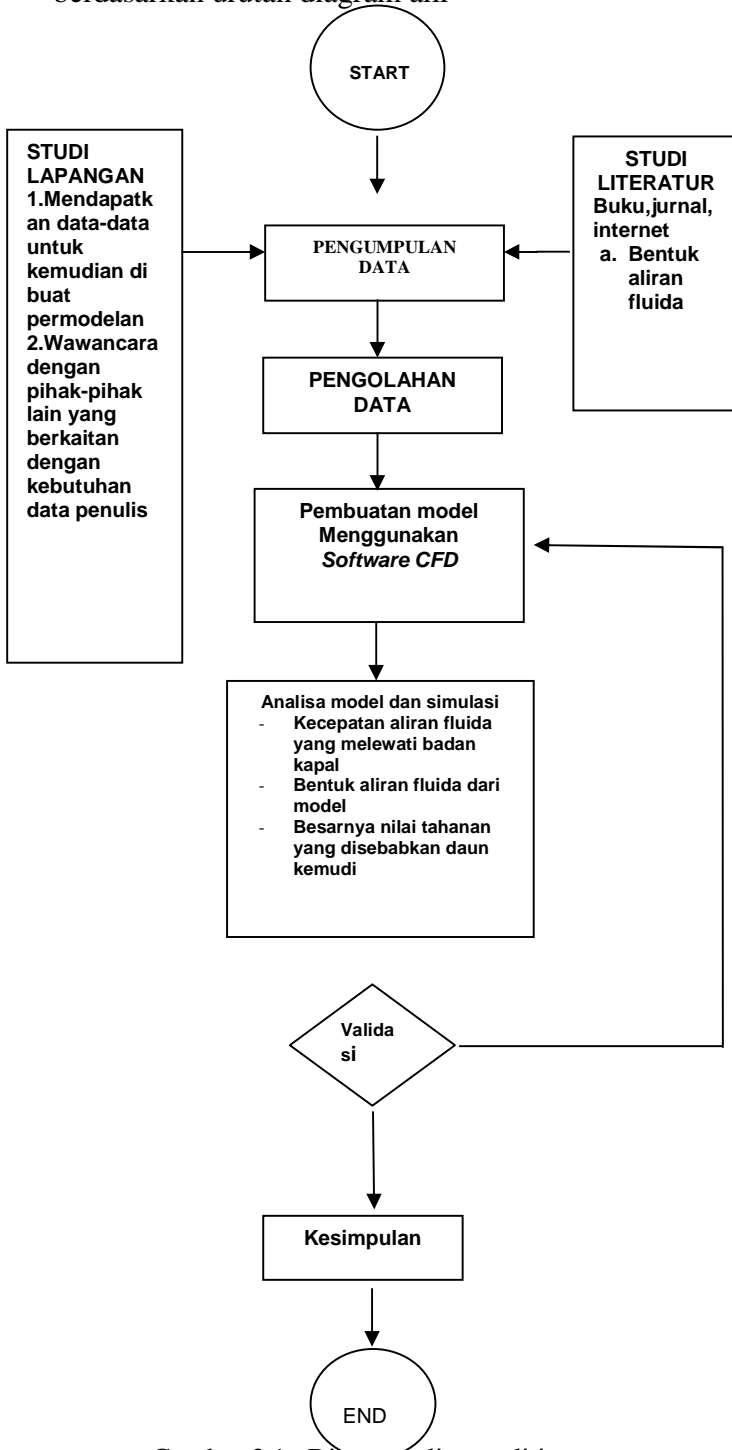
### 3.3 Pembuatan Desain Model

Dari data awal yang telah diambil, kemudian dilakukan pembuatan model dengan menggunakan program delftship, agar dapat dimodelkan dengan menggunakan program CFD maka perlu di-export dengan file berextension IGES, pembuatan model dan simulasi di software CFD meliputi tahapan proses :

1. *Pre processor* : *input* karakteristik fluida *disekitar* model dan kondisi batas (*boundary condition*) dari model.
2. *Flow solver* : (meliputi eksekusi dan *iterasi* (running) simulasi terhadap *model* berdasarkan *input* yang diberikan pada tahap *pre processor*).
3. *Post processor* (meliputi penampilan *output* data dan visualisasi dari hasil *running* simulasi).

### 3.4 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Penyusunan penelitian ini didasarkan pada sistematika metodologi yang diuraikan berdasarkan urutan diagram alir

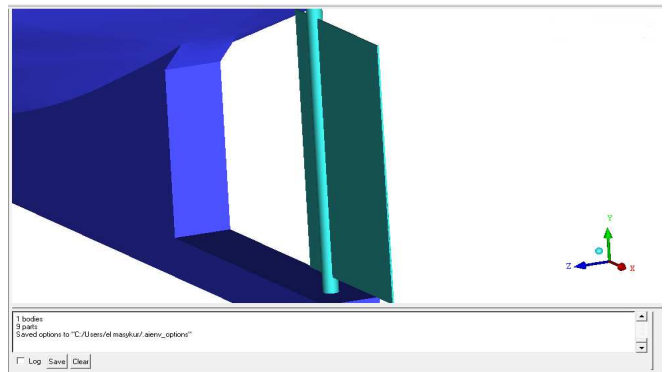


Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

## 4 Analisa dan Pembahasan

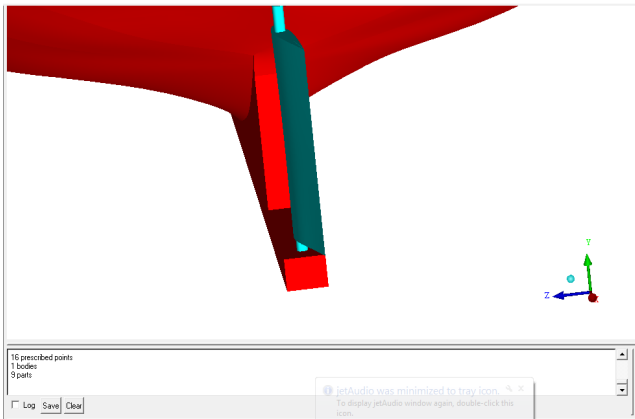
### 4.1 Pembuatan Model

Pembuatan model badan kapal menggunakan software delftShip. Agar dapat dimodelkan dengan menggunakan program CFD maka gambar yang dihasilkan oleh delftShip perlu di-export terlebih dahulu dengan file ber-extension IGES. Kemudian file tersebut diimport oleh program CFD untuk diolah lebih lanjut menjadi sebuah model badan kapal. Bentuk awal daun kemudi adalah pelat utuh berbentuk persegi dengan panjang *chord* 1 m dan *span* 1,7 m kemudian dilakukan modifikasi dengan penambahan profile kemudi tanpa mengubah bentuk aktualnya modifikasi penambahan profile kemudi dilakukan bertujuan untuk melihat kemungkinan kenaikan kinerja ( besarnya tahanan lebih kecil dari kondisi actual ) terhadap penggunaan bentuk konvensional.



Gambar 3.2. Model daun kemudi aktual

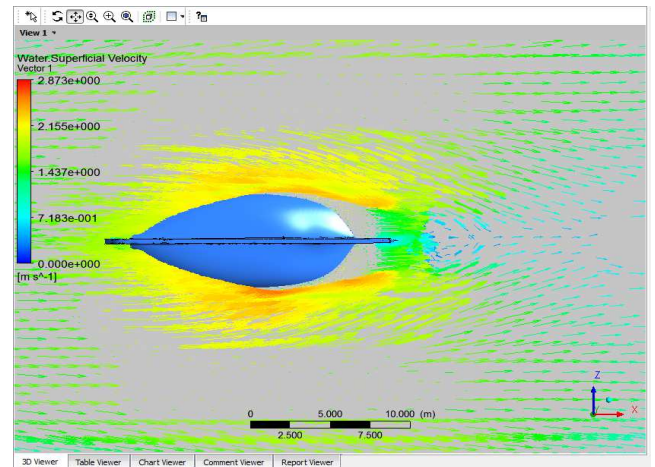




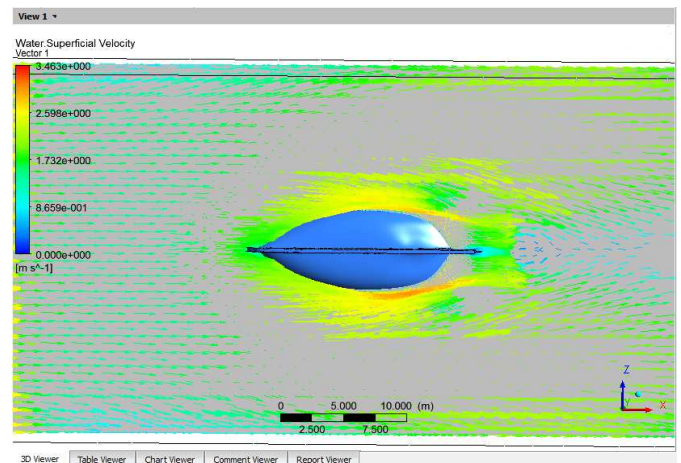
Gambar 3.3. Model daun kemudi dengan penambahan *profile*

#### 4.2 Hasil Analisa Perhitungan

Setelah tahap *pre-processor* telah selesai kemudian dilanjutkan ke tahap *flow solver*. Tahap *flow solver* untuk merunning data yang di-input pada tahap sebelumnya, tahap *flow solver* meliputi eksekusi dan iterasi running simulasi terhadap model. *Output* dari *flow solver* kemudian ditampilkan dalam tahap *post-processor*. Pada tahap *post-processor* inilah tampilan atau visualisasi fenomena aliran fluida dapat dianalisis, berikut beberapa tampilan atau visualisasi fenomena aliran fluida dari tahap *post-processor*.



Gambar 4.1. *Post-processing* (vector-velocity) 4 knot



Gambar 4.2. *Post-processing* (vector-velocity) 5 knot

Tabel 4.1 Hasil perhitungan tahanan yang disebabkan daun kemudi pada program CFD

kecepatan (knot)	Sudut 0 derajat		Sudut 10 derajat		Sudut 20 derajat		Sudut 30 derajat	
	actual (kN)	foil (kN)	actual (kN)	foil (kN)	actual (kN)	foil (kN)	actual (kN)	foil (kN)
4	0.002	0.006	0.050	0.008	0.020	0.099	0.109	0.032
5	0.025	0.015	0.148	0.108	0.151	0.138	0.456	0.531
6	0.044	0.021	0.157	0.108	0.439	0.438	1.225	0.974
7	0.070	0.038	0.201	0.123	0.664	0.581	1.595	1.421

Tabel 4.2. Hasil perhitungan gaya angkat pada daun kemudi di program CFD

speed (knot)	lift 10 deg		lift 20 deg		lift 30 deg	
	actual (N)	foil (N)	actual (N)	foil (N)	actual (N)	foil (N)
4	218.023	224.28	709.086	1122.7	207.058	457.402
5	645.54	1114.91	650.926	967.853	796.301	853.584
6	628.443	1065.28	1800.2	2792.1	2389.13	144.523
7	625.301	1250.64	1905.87	3053.79	3006.11	914.705

## 5 Kesimpulan

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan pada kapal ikan KM. Surya Andalan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil simulasi CFD bentuk *foil* pada kecepatan 7 knot dengan memmodifikasi sudut serang diketahui bahwa nilai tahanan yang didapat pada daun kemudi bentuk *foil* lebih kecil daripada yang diterima daun kemudi model aktual.
2. Hasil simulasi model pada kondisi aktual diketahui kecepatan aliran fluida pada didaerah daun kemudi sekitar 0.9901m/s dan tahanan tekanan yang terjadi sekitar 1883.67 Pa. Pada model modifikasi diketahui aliran fluida sekitar 1.13 m/s . Tahanan tekanan yang dihasilkan sekitar 1249.57 Pa.
3. Hasil model daun kemudi modifikasi mempunyai gaya angkat yang lebih lebih besar akan tetapi daun kemudi NACA dapat bekerja secara optimum pada kapal ikan tradisional sekitar sudut serang  $20^0$  pada kecepatan 7 knot terjadi peningkatan gaya angkat 37.59 % dari gaya angkat yang diperoleh model daun kemudi aktual.

### 5.2 Saran.

Untuk penelitian selanjutnya perlunya beberapa perbaikan untuk melengkapi penelitian ini yang meliputi :

1. Pada penelitian ini, pemodelan dan simulasi hanya dilakukan pada daun kemudi naca 0006. Sehingga perlu adanya simulasi yang memmodifikasi bentuk daun kemudi.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan jenis daun kemudi dengan tipe yang lain.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adji, Suryo. 2005. *“Engine Propeller Matching”*, Kumpulan Jurnal Ilmiah FTK-ITS, Surabaya.
- Edward. V. Lewis. 1989. *“Principle of Naval Architecture Volume III : Motion in Waves and Controllability”*. Second Revision. SNAME. New Jersey.
- H, Heru, 2008, *Modifikasi Daun Kemudi Tunggal (Konvensional) Menjadi Daun Kemudi Dengan Flap Untuk Meningkatkan Maneuverability Kapal*, Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Harvald, 1978, *Resistance and Propulsion of Ships*, John Wiley and Sons, New York
- Harvald, Sv Aa, 1983, *Tahanan dan Propulsi Kapal*, Surabaya, Airlangga University Press.
- M, Afif, 2009, *Studi Pengaruh Bentuk Balok Mati (skek) Terhadap Aliran Fluida dan Tahanan Kapal Ikan Tradisional “KM. Surya Andalan” Dengan Menggunakan CFD*, FT-UNDIP, Semarang.(Tugas Akhir).



Young, Donald F. Okiishi, Theodore H. R,  
Munson, Bruce R. 2004. *Mekanika  
Fluida Jilid 1*, alih bahasa Harinaldi.  
Budiarto. Jakarta: Erlangga.

[www.manbw.com](http://www.manbw.com), *Basic Principle of Ship  
Propulsion.pdf*.