

## STUDI NUMERIK PENGARUH PERUBAHAN SUDUT MASUK DAN SUDUT KELUAR BLADE TERHADAP PERFORMA AXIAL FAN 445MM

Muchammad Irsyad Habibi<sup>1\*</sup>, Burniadi Moballa, S.T., M.Sc., Ph.D<sup>2</sup>, George Endri Kusuma, S.T.,  
M.Sc.Eng.<sup>3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik  
Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik  
Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik  
Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [muchammadirsyad@student.ppns.ac.id](mailto:muchammadirsyad@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [bmoballa@ppns.ac.id](mailto:bmoballa@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [kusuma.george@ppns.ac.id](mailto:kusuma.george@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>

**Abstract** - The use of axial fans for air handling units on ships is still widely used because axial fans produce higher flowrates than centrifugal fans when pressure requirements are relatively low. Many companies produce axial fans but they do not care about the resulting performance. As a result, the flowrate requirements for air handling units are not met. Now many domestic companies are developing axial fans to maximize the performance of axial fans. To maximize the performance of the axial fan, several modifications are made. Many modifications are made such as modifying the blade inlet and outlet angles, the number of blades, blade profiles. In this study, modifications will be made to the inlet angle and outlet angle of the airfoil. The airfoil inlet angle will be increased by 1° and reduced by 1° while the airfoil outlet angle will be increased by 1° and reduced by 1°. In this study, 3D modeling was carried out using CFD (Computational Fluid Dynamics) method. After modifying the inlet and outlet angles on the axial fan, the most optimal variation is to increase by 1° the outlet angle of the trailing edges because it has a relatively large flow coefficient and power coefficient value.

**Keyword:** CFD (Computational Fluid Dynamics), Inlet Angle, Outlet Angle, Axial fan

### Nomenclature

$Q$  = Debit ( $m^3/s$ )  
 $t$  = waktu (s)

### 1. PENDAHULUAN

Dalam perencanaan pembangunan kapal harus dibuat tertutup mungkin agar air laut tidak masuk kedalam ruangan. Konsekuensi dari perencanaan ini adalah udara dari luar ruangan tidak dapat bersirkulasi langsung dengan udara yang berada di dalam ruangan, namun ruangan yang berada di kapal harus memperhatikan beberapa aspek utamanya aspek kenyamanan sebuah ruangan. Aspek kenyamanan ini dimulai dari sistem tata udara yang mengatur kelembapan udara, pengendalian suhu ruangan sehingga kondisi dalam ruangan memberikan kenyamanan bagi awak kapal dan penumpang. Untuk memberikan kenyamanan di suatu ruangan rata-rata diberi sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) atau yang biasa disebut dengan sistem pengkondisian udara.

Pengkondisian udara adalah suatu proses perlakuan udara terhadap suhu untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pendistribusian secara serentak guna mencapai

kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada didalamnya<sup>1</sup>. Ada berbagai macam sistem pengkondisian udara, salah satu contohnya yakni sistem *air handling unit* yang dapat mendinginkan beberapa ruangan sekaligus. Sistem *air handling unit* memiliki banyak komponen seperti *fan*, *filter*, *coil*, dan *ducting*. Salah satu komponen yang berperan penting dari sistem ini yakni *fan*. *Fan/blower* merupakan bagian dari *air handling unit* yang berfungsi sebagai penggerak udara di sepanjang sistem distribusi udara yang terhubung dengan *static pressure fan/blower*<sup>2</sup>.

Ada dua jenis *fan* yang biasa digunakan dalam *air handling unit* yaitu *centrifugal fan* dan *axial fan*. Dalam menentukan tipe *fan* yang akan digunakan untuk *fan* dari *air handling unit* disesuaikan dalam kebutuhan. Masing-masing dari *fan* memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing. Jika dilihat dari segi penggunaan untuk tekanan statis yang relatif rendah, penggunaan *axial fan* memiliki karakteristik *flowrate* yang besar untuk penggunaan pada tekanan rendah<sup>3</sup>.

Melihat dari kebutuhan untuk keperluan pada industri baik di lingkungan galangan kapal maupun industri lain yang menggunakan *axial fan*, kebutuhan tiap tahun dari penggunaan *axial*

*fan* untuk *air handling unit* ini masih banyak digunakan dikarenakan menghasilkan *flowrate* yang lebih besar. Berdasarkan data hasil penjualan CV. El Mitra Abadi yang terdapat pada Tingkat Komponen Dalam Negeri dari Web Kemenerin jumlah penggunaan *axial fan* sebesar 42.19% dan penggunaan fan sentrifugal sebesar 27.07%, ini menunjukkan bahwa penggunaan *axial fan* lebih besar dibandingkan penggunaan fan sentrifugal. Namun penggunaan dari *axial fan*, *flowrate* dirasa masih kurang untuk menampung beban seluruh ruangan. Maka dari itu untuk memaksimalkan penggunaannya, dilakukan beberapa modifikasi. Beberapa contoh modifikasi yang biasa dilakukan yakni menambah jumlah sudu, bentuk profil sudu, dan sudut masuk atau sudut keluar dari sudu. Penelitian ini dilakukan berdasarkan acuan beberapa jurnal, seperti pada penelitian <sup>4</sup> melakukan modifikasi sudut inlet pada bagian hub dan tip dan menghasilkan koefisien performa sebesar 57%. Pada penelitian <sup>5</sup> yang melakukan prediksi turbin propeller dengan variasi beberapa sudut.

Pada tugas akhir ini, penulis melakukan redesain *axial fan* dari *air handling unit* dengan memodifikasi sudut masuk dan sudut keluar dari setiap *blade* yang akan dilakukan dengan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Dalam hal ini program yang akan digunakan dalam CFD (*Computational Fluid Dynamics*) menggunakan program *openfoam* untuk mengetahui pengaruh sudut masuk dan sudut keluar terhadap performa dari *fan aksial*. Variasi yang dilakukan yakni merubah sudut masuk dan sudut keluar *blade*. Sehingga nantinya akan dibandingkan hasil dari performa *axial fan* yang sudut masuk dan sudut keluar *blade* sudah dirubah dengan *axial fan* sudut awal.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Pengumpulan Data

Pada proses ini proses pengumpulan data yang dikumpulkan merupakan data primer yang diperoleh dari pengukuran objek secara dan jurnal penelitian sebelumnya sebagai acuan dalam menentukan variabel sudut masuk dan sudut keluar *airfoil* dari *blade axial fan*.

Tabel 2. 1 Data Existing

Casing	Diameter	445 mm
	Tebal	14,5 mm
	Panjang	495 mm
Fan	Jumlah	8 buah
	Panjang blade	157,5 mm
	Airfoil	NACA 6409
	Panjang Airfoil Hub	78.7 mm

	Panjang Airfoil Tip	68.55 mm
	Diameter hub	130 mm
	Sudut Serang Hub	35°
	Sudut Serang Tip	30°
Motor	Tipe	3 Phase Induction Motor
	Daya	1,5 kW
	Tegangan	220 V
	Putaran	1730 rpm
	Arus	6,1 A

### 2.2 Validasi dan Grid Independence

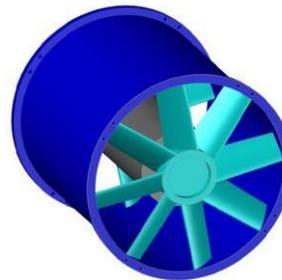
Berikut Langkah-langkah proses validasi dan Grid Independence:

#### 1. Penentuan Model Numerik

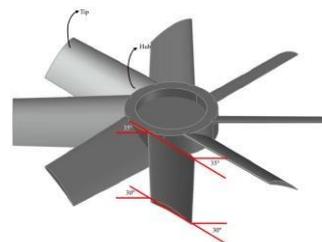
Proses awal sebelum memasuki tahap validasi dan *Grid Independence* dilakukan penentuan model numerik yang akan dipakai pada *software Computational Fluid Dynamic (CFD)*.

#### 2. Pembuatan Existing Fan

Pemodelan desain menggunakan data *existing fan* sesuai dengan pengukuran objek yang dilakukan. Setelah dilakukan pembuatan model awal kemudian dilakukan pemodelan sesuai dengan variasi.



Gambar 2.1 3D Existing



Gambar 2.2 Sudut Fan

Tabel 2.2 Variasi

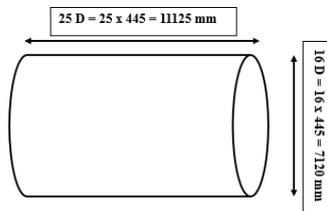
Desain Variasi	Airfoil	
	Sudut	
A	Leading Edges ditambah 1°	
B	Leading Edges dikurangi 1°	
C	Trailing Edges ditambah 1°	
D	Trailing Edges dikurangi 1°	
E	Data Existing	

Dengan adanya perubahan sudut masuk dan sudut keluar dari setiap *blade* diharapkan mengetahui performa pada *axial fan* yang memberikan nilai terbaik. Pada penelitian ini menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) sebagai alat bantu dalam menganalisa sejumlah gaya dan aliran yang bekerja.

### 3. Pembangkitan Meshing

*Meshing* merupakan suatu kontrol penghitungan dalam pembagian ruang. Prinsip proses *meshing* adalah mengisi ruang yang berisi fluida yang akan dihitung menjadi beberapa bagian. Bagian-bagian ini digunakan sebagai kontrol penghitungan. Setelah itu, variasi jumlah *mesh* yang paling sesuai ditemukan untuk validasi model.

Setelah menentukan jumlah *mesh*, menentukan kondisi batas/*boundary condition*. *Setting boundary condition* ini digunakan untuk menentukan pemodelan *airfoil* menggunakan *solver* dari *OpenFoam*. Pada penelitian ini menggunakan modifikasi pada tutorial *simplefoam* dengan menentukan *boundary* pada model *airfoil* dan seluruh isi domain menjadi tipe *Wall* dan *Patch*. *Setting boundary condition* dapat dilihat pada tabel.



Gambar 2.3 *Boundary Condition*

Tabel 2.3 *Setting Boundary*

Boundary	Type
Inlet	Patch
Outlet	Patch
Top	Patch
Bottom	Patch
Blade	Wall

Tabel 2.4 Jumlah Cell

Max Cell Size	Number of Cell
0.5	4608440
0.6	3319371
0.7	2581897
0.8	2094519

### 4. Solving

*Solving* merupakan tahap perhitungan terhadap model yang dibuat pada tahap *pre processing*. Terdapat tiga jenis solusi numerik, yaitu *finite difference*, *finite element* dan *finite volume*. Secara umum, metode numerik *solver* terdiri dari langkah-langkah berikut ini :

1. Perkiraan variabel yang tidak diketahui dengan menggunakan fungsi sederhana.
2. Diskretisasi dengan substansi perkiraan-perkiraan tersebut dengan menggunakan persamaan-persamaan aliran yang berlaku dan berbagai manipulasi matematika.
3. Penyelesaian dari persamaan aljabar

### 5. Post Processing

Selanjutnya hasil penghitungan *solving* adalah nilai-nilai numerik dan variabel dasar. *Post-processing* menampilkan hasil sebagai visualisasi atau distribusi kontur parameter aliran fluida.

### 6. Validasi Grid Independence

Setelah simulasi CFD selesai, jumlah sel yang digunakan dalam perhitungan harus divalidasi karena akan menentukan keakuratan hasil yang dihasilkan karena jumlah sel dapat mempengaruhi perubahan bentuk geometri. Namun, jumlah sel yang lebih besar tidak selalu meningkatkan keakuratan hasil perhitungan. Oleh karena itu, jumlah cell atau *mesh* yang paling ideal akan ditentukan. Ini dilakukan untuk mengurangi penggunaan memori komputer dan efisiensi waktu.

### 7. Sesuai dengan Spesifikasi Existing Fan?

Pada tahap akhir dilakukan validasi dengan membandingkan nilai hasil simulasi dengan data *existing fan* yang dijadikan acuan. Apabila nilai jauh dari nilai validasi maka perlu dilakukan revisi pemodelan dan *setting*.

## 2.3 Studi Parameter

Dalam tahap ini akan dilakukan simulasi perubahan sudut masuk dan sudut keluar dari *blade axial fan*. Pada Langkah awal tahap ini dilakukan penggambaran objek 2D pada penelitian ini meliputi tampak atas dari *impeller* dari *axial fan* dan variasi model sudut yakni menggunakan sudut masuk dan sudut keluar pada *airfoil*. Pada proses simulasi sudu *fan* untuk aliran fluida dibuat bolak – balik. Setelah proses pembuatan *impeller fan* yang disesuaikan dengan sudut masuk dan sudut keluar pada *airfoil* maka bisa dilakukan simulasi sesuai dengan *boundary* yang telah ditentukan menggunakan CFD dengan software *OpenFoam*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Solving

Pada proses validasi ini solver yang digunakan pada *software* OpenFoam adalah simpleFoam. Pada solver type ini semua perintah diatur pada file system/controlDict. Setting ControlDict.

Tabel 3.1 Hasil Running Existing

Maxcellsize	Q (m <sup>3</sup> /s)	Time Kovergen	Error (%)
0.8	1.81251	1830s	-
0.7	2.66807	1450s	1.47203
0.6	2.24358	1430s	1.23783
0.5	2.67249	1320s	1.47447

#### 3.2 Hasil Simulasi

Setelah melakukan proses solving, hasilnya dapat dilihat menggunakan *software* ParaView. Hasil dari proses solving ini Ketika dibuka di ParaView akan disajikan berupa visualisasi atau kontur distribusi parameter aliran fluida. Hasil *Surface Flow* dan *Pressure* dapat dilihat pada ParaView kemudian dilakukan perhitungan untuk membandingkan nilai *Coefficient of Flowrate*, *Coefficient of Power* dan *Coefficient of Head* dari variasi yang ditentukan.

Tabel 3.2 Hasil *Surface Flow*

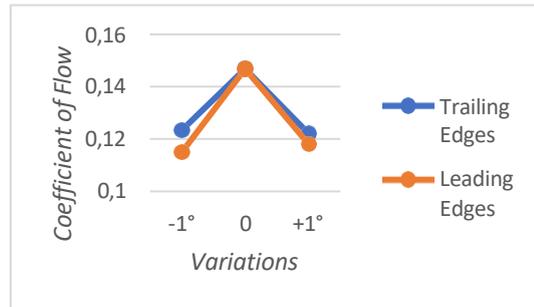
Desain	Flowrate (m <sup>3</sup> /s)
Existing	2.344 m <sup>3</sup> /s
TE Plus	1.949 m <sup>3</sup> /s
TE Min	1.968 m <sup>3</sup> /s
LE Min	1.834 m <sup>3</sup> /s
LE Plus	1.886 m <sup>3</sup> /s

#### 3.3 Hasil Dengan Perhitungan Manual

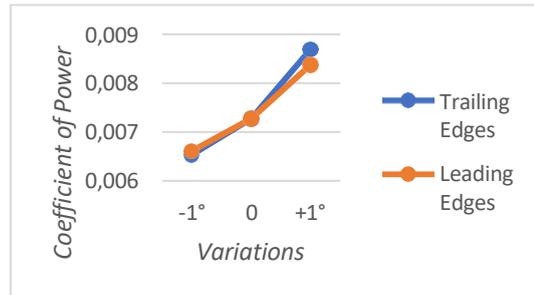
Perhitungan manual dilakukan dengan mengambil data processing dari hasil running yang ada pada file running. Kemudian setelah data didapat, dilakukan perhitungan manual dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 3.3 Hasil perhitungan

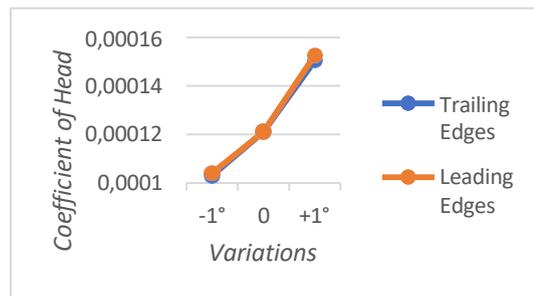
	Q	Φ	CP	Ψ
Existing	2.344 m <sup>3</sup> /s	0.14682861	0.007272471	0.00012111
TE Plus	1.949 m <sup>3</sup> /s	0.122084	0.00869267	0.000150448
TE Min	1.968 m <sup>3</sup> /s	0.123274	0.00653449	0.00010312
LE Min	1.834 m <sup>3</sup> /s	0.114898	0.00660943	0.000104093
LE Plus	1.886 m <sup>3</sup> /s	0.118138	0.00837794	0.00015267



Gambar 3.1 Grafik *Coefficient of Flow*



Gambar 3.2 Grafik *Coefficient of Power*



Gambar 3.3 Grafik *Coefficient of Head*

### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukann peneliti, maka dapat diambil beberapa Kesimpulan seperti dibawah ini:

1. Penelitian dengan pemodelan variasi merubah sudut masuk *leading edges* terhadap *flow coefficient* dapat disimpulkan bahwa penambahan sudut *leading edges* memiliki *flow coefficient* yang paling besar yakni sebesar 0.118138 sedangkan pengurangan *leading edges* sebesar 0.114898.
2. Penelitian dengan pemodelan variasi merubah sudut keluar *trailing edges* terhadap *flow coefficient* dapat disimpulkan bahwa pengurangan sudut *trailing edges* memiliki *flow coefficient* yang paling besar yakni sebesar 0.123274 sedangkan penambahan sudut *trailing edges* sebesar 0.122084.

3. Penelitian dengan pemodelan variasi merubah sudut masuk *leading edges* terhadap *power coefficient* dapat disimpulkan bahwa penambahan sudut *leading edges* memiliki *power coefficient* yang paling besar yakni sebesar 0,00837794 sedangkan pengurangan *leading edges* sebesar 0,00660943.
  4. Penelitian dengan pemodelan variasi merubah sudut keluar *trailing edges* terhadap *power coefficient* dapat disimpulkan bahwa penambahan sudut *trailing edges* memiliki *power coefficient* yang paling besar yakni sebesar 0,00869267 sedangkan penambahan sudut *trailing edges* sebesar 0,00653449.
- VAKSIN SINOVAC PT. BIOFARMA. 2022;11.
  3. Tanjung AS. STUDI EKSPERIMEN PENGARUH BLADE SETTING ANGLE 30° DAN 60° BERPROFIL FLAT PLATE TERHADAP KARAKTERISTIK KERJA AXIAL FAN 120MM. Published online 2015.
  4. Himawanto DA, Bisri H, Nurdin A. PENGARUH GEOMETRI SUDU INLET BAGIAN TIP DAN HUB TURBIN PROPELLER PADA UNJUK KERJA ALIRAN HORIZONTAL. *J ReKayasa Mesin*. 2022;13(1):77-84. doi:10.21776/ub.jrm.2022.013.01.9
  5. Priyadyo P, Hadiyanto H, Jamari J. Computational Fluid Dynamic (CFD) Analysis of Propeller Turbine Runner Blades using various Blade Angles. Published online 2021.

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perbandingan merubah sudut masuk *leading edges* dan sudut keluar *trailing edges* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Ketika sudut keluar *trailing edges* dirubah nilai *flow coefficient* akan lebih besar daripada merubah sudut masuk *leading edges*. Pada nilai *power coefficient*, menambah sudut masuk *leading edges* dan menambah sudut keluar *trailing edges* akan menghasilkan *power coefficient* yang lebih besar dibandingkan mengurangi sudut masuk *leading edges* dan mengurangi sudut keluar *trailing edges*.

## 5 UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan, doa, dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, semangat, motivasi, kasih sayang, do'a selama menempuh pendidikan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
2. Bapak Burniadi Moballa selaku dosen pembimbing I
3. Bapak George Endri Kusuma selaku dosen pembimbing II
4. Kerabat dan sahabat seperjuangan Teknik Permesinan Kapal-PPNS

## 6 DAFTAR PUSTAKA

1. Asroni M, Widodo B. KAJI EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK TERMODINAMIKA DARI PEMANASAN REFRIGERANT 12 TERHADAP PENGARUH PENDINGINAN. 2015;6.
2. Sholihah M, Melkias AA. ANALISIS PENGATURAN KELEMBABAN PADA AIR HANDLING UNIT AREA PRODUKSI