

STUDI NUMERIK PENGARUH PROFIL SUDU TERHADAP PERFORMA AXIAL FAN 445 MM

Muhammad Alfi¹, Burniadi moballa², George Endri Kusuma³

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Email: muhammadalfi@student.ppns.ac.id^{1*}

Abstract - Axial fans are often used in industrial fields. The axial fan needs are higher than the centrifugal one, so there are more and more local companies produce the fan. However, many producers ignore their performance and are more concerned with large-scale production. Based on this case, 3D modelling simulations based on Computational Fluid Dynamics (CFD) of axial fans were carried out to analyse the effect of blade profile to the flow coefficient (C_p) and power coefficient (Φ) values. Simulations were carried out by using symmetrical and asymmetrical blade profiles. The final results show that the best flow coefficient (C_p) and power coefficient (Φ) on symmetrical blade profiles are $\Phi = 0.09454436$ on NACA 0008 and $C_p = 0.011033747$ on NACA 0012. In the asymmetric blade profile, the best value obtained is $\Phi = 0.124312977$ in NACA 6412 and $C_p = 0.012551278$ in NACA 6408. Existing fan that uses NACA 6409 produces $\Phi = 0.14682861$ and $C_p = 0.007272471$. Therefore, the most optimum axial fan is the existing fan with NACA 6409 blade profile.

Keyword: CFD (Computational Fluid Dynamics), Flow Coefficient, NACA Airfoil, Power Coefficient.

Nomenclature

Q	= Debit (m^3 / s)
Φ	= Flow Coefficient
C_p	= Power Coefficient
Ψ	= Head Coefficient

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan jumlah pulau terbanyak di dunia, memiliki lebih dari 16.000 pulau, Indonesia banyak mengandalkan transportasi laut sebagai penghubung antar pulau dan distribusi barang. Kapal merupakan tempat tinggal sementara bagi penumpang dan ABK, sehingga aspek kenyamanan harus sangat diperhatikan pada kapal. Kenyamanan yang disediakan untuk penumpang dan ABK perlu diperhatikan, termasuk kebisingan, getaran, serta kenyamanan terkait sistem pengkondisian udara.

Indonesia adalah negara dengan iklim tropis, sehingga perlu merancang sistem pemanas, ventilasi, dan pendingin udara (HVAC) serta jaringan salurannya yang mampu mengatasi beban pendinginan selama musim panas, sehingga ruangan tetap nyaman bagi penumpang dan ABK. Sistem HVAC berfungsi untuk mengatur suhu dan kelembaban udara dalam ruangan². Beberapa contoh dari sistem HVAC adalah sistem *air conditioning* (AC) sentral dan *air handling unit* (AHU). AHU adalah mesin yang berfungsi sebagai penukar kalor antara air dingin dan udara. Dalam proses ini, udara panas dari dalam ruangan dihisap oleh blower untuk melewati kumparan pendingin di AHU,

sehingga menghasilkan udara dingin³. Komponen utama dari AHU meliputi filter, fan, coil, *dehumidifier*, *dampers*, *vibration isolator*, penampung air, sensor, insulasi, *service panels*, *frame*, *housing*, dan *terminal unit*.

Fan (kipas) adalah mesin fluida yang digunakan untuk memindahkan fluida dalam bentuk gas dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Klasifikasi fan dapat dibedakan berdasarkan arah pergerakan fluidanya seperti *axial fan* dan *centrifugal fan*⁴. Axial fan adalah perangkat yang berfungsi untuk mengurangi tekanan dan meningkatkan volume aliran udara. Kipas jenis ini banyak digunakan di berbagai industri, seperti pada sistem HVAC, komputer, otomotif, permesinan, dan elektronik. Menurut hasil penjualan tingkat komponen dalam negeri (TKDN) oleh kementerian perindustrian republik Indonesia (kemenperin), kebutuhan penggunaan *axial fan* lebih tinggi dibandingkan dengan *centrifugal fan*, karena *axial fan* memiliki *mass flow rate* yang lebih tinggi. Agar meningkatkan performa dari *axial fan*, maka dari itu banyak dilakukan modifikasi pada *axial fan* agar sesuai dengan kebutuhannya, contohnya dengan memodifikasi pada dimensi dari sudu *axial fan* seperti modifikasi perubahan profil sudu, kemiringan sudu dan modifikasi lainnya. Pada penelitian yang dilakukan oleh⁵ modifikasi dilakukan pada profil sudu menggunakan profil airfoil NACA 1412, 4412, dan 6412 untuk bagian tip dengan variasi sudut 60°, 74°, dan 80°. Sedangkan untuk bagian hub, digunakan jenis airfoil NACA 9312, 9412, dan 9512 dengan variasi sudut 20°, 30°, dan 36°. Pemilihan airfoil

tersebut didasarkan pada penambahan dan pengurangan 10 persen pada lokasi maksimum chamber airfoil.

Pada tugas akhir ini, penulis melakukan penelitian perubahan profil sudu terhadap performa *axial fan*. Penelitian ini dilakukan dengan metode CFD (Computational Fluid Dynamics), yang merupakan cabang dari mekanika fluida yang memanfaatkan analisis numerik dan data terstruktur untuk menganalisis dan menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan fluida. Variasi dalam penelitian ini melibatkan perubahan profil sudu dengan menggunakan profil sudu simetris dan asimetris. Sehingga nantinya dapat dibandingkan performa nilai *power coefficient* dan *flow coefficient*.

2. METODOLOGI

2.1 Pengambilan Data

Pada tahap pengumpulan data, dilakukan pencarian data terkait permasalahan yang diperoleh. Data yang dikumpulkan merupakan data primer yang diperoleh dari pengukuran objek secara langsung. Pada Tabel 2.1 menunjukkan data hasil pengukuran objek.

Tabel 2.1 Data *Existing Fan*

Casing	Diameter	445 mm
	Tebal	14,5 mm
	Panjang	495 mm
Fan	Jumlah	8 buah
	Panjang blade	157,5 mm
	Airfoil	NACA 6409
	Diameter Hub	130 mm
	Sudut β Hub	35°
	Sudut β Tip	30°
	Angle of attack	55°
Motor	Tipe	3 Phase Induction Motor
	Daya	1,5 kW
	Tegangan	220 V
	Putaran	1730 rpm
	Arus	6,1 A2

2.2 Validasi dan *Grid Independence*

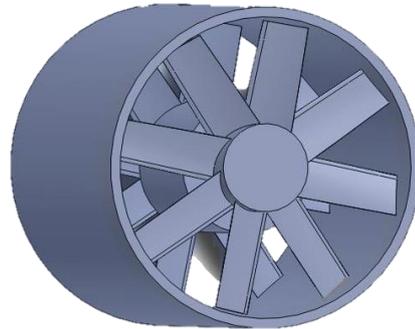
Berikut ini langkah – langkah proses validasi dan *Grid Independence*

2.2.1 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)*.

2.2.2 Pemodelan *Existing Fan*

Pemodelan desain *fan* menggunakan data *existing fan* sesuai dengan objek yang di ukur di lapangan. Gambar 2.1 menunjukkan hasil pemodelan 3D dari *existing fan*.



Gambar 2.1 Geometri *Existing Fan*

2.2.3 Pembangkitan *Meshing*

Meshing merupakan suatu kontrol penghitungan dalam pembagian ruang. Prinsip proses *meshing* adalah dengan membagi ruang yang berisi fluida menjadi beberapa bagian untuk perhitungan. Bagian-bagian yang terpisah ini berfungsi sebagai kontrol dalam proses penghitungan. Lalu dilakukan validasi model dengan cara mencari variasi jumlah *mesh* yang paling cocok untuk digunakan. Pada penelitian ini akan menggunakan variasi *max cell size* pada *meshing* yaitu 0.5, 0.6, 0.7 dan 0.8.

Setelah pembangkitan *mesh* ditetapkan *boundary condition*. *Boundary condition* digunakan untuk menentukan pemodelan airfoil pada analisa numerik menggunakan *solver* dari OpenFOAM. Pada penelitian ini menggunakan modifikasi dengan menentukan *boundary* pada model airfoil dan seluruh sisi domain menjadi tipe *wall* dan *patch*.

2.2.4 Solving

Solving adalah tahap perhitungan terhadap model yang telah dibuat pada tahap pre-processing. Ada tiga jenis solusi numerik yang digunakan, yaitu finite difference, finite element, dan finite volume. Secara umum, metode numerik *solver* melibatkan langkah-langkah berikut :

- Memperkirakan variabel yang tidak diketahui dengan menggunakan fungsi yang sederhana.
- Diskretisasi dengan menggunakan perkiraan-perkiraan tersebut melalui persamaan aliran yang relevan dan berbagai manipulasi matematika.
- Penyelesaian dari persamaan aljabar.

2.2.5 *Post Processing*

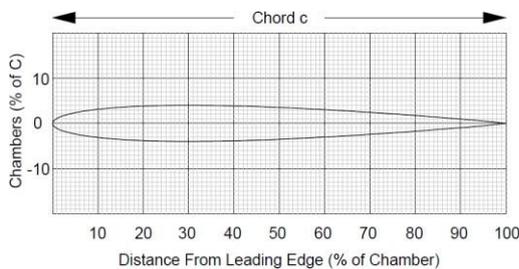
Selanjutnya, hasil perhitungan dari *solving* yang berupa nilai-nilai numerik dan variabel-variabel dasar akan disajikan dalam *post-processing*. Hasil ini ditampilkan dalam bentuk visualisasi atau kontur distribusi parameter aliran fluida.

2.2.6 Grid Independence

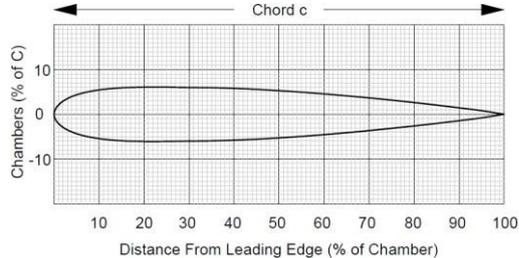
Setelah proses simulasi CFD selesai, validasi jumlah sel yang digunakan dalam perhitungan akan dilakukan, karena jumlah sel dapat mempengaruhi akurasi hasil dan perubahan bentuk geometri. Namun, banyaknya sel tidak selalu berhubungan langsung dengan peningkatan akurasi. Oleh karena itu, jumlah sel (mesh) yang paling optimal akan ditentukan untuk efisiensi waktu dan penggunaan memori komputer. Penggunaan ukuran sel maksimum yang berbeda dapat menyebabkan variasi dalam jumlah sel pada proses meshing. Pada penelitian ini akan menggunakan variasi *max cell size* yaitu 0.5, 0.6, 0.7 dan 0.8.

2.3 Studi Parameter

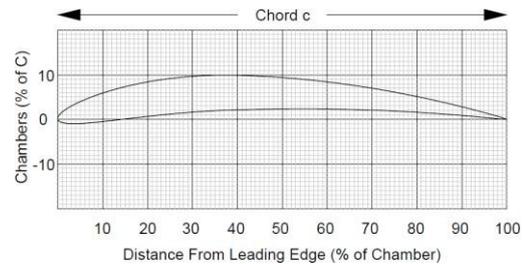
Dalam tahap studi parameter ini akan dilakukan simulasi model profil sudu *axial fan*. Pada Langkah awal tahap ini dilakukan penggambaran objek 2D pada dengan melakukan variasi, model tipe profil sudu *fan* dan variasi model tipe profil sudu *axial fan* menggunakan tipe simetris menggunakan profil airfoil NACA 0008 dan 0012 (Pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3) dan tipe asimetris menggunakan profil airfoil NACA 6408 dan 6412 (Pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5). Setelah proses pembuatan model profil sudu dilakukan maka bisa langsung dilakukan simulasi sesuai dengan *boundary* yang telah ditentukan menggunakan CFD dengan *software* OpenFOAM.



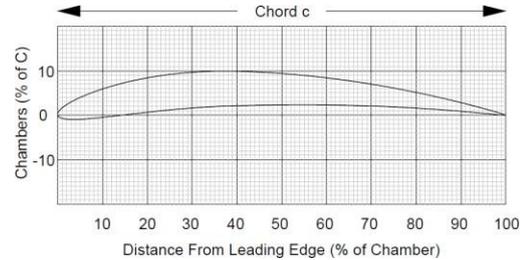
Gambar 2.2 NACA 0008



Gambar 2.3 NACA 0012



Gambar 2.4 NACA 6408



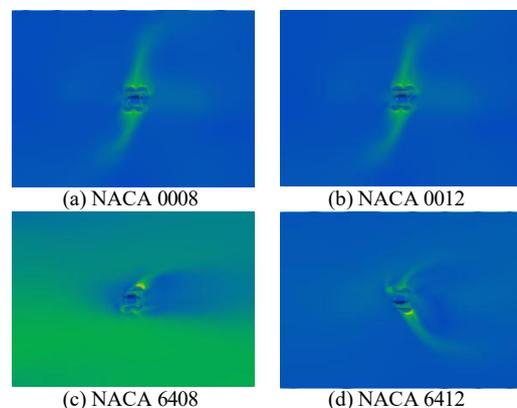
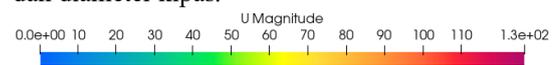
Gambar 2.5 NACA 6412

2.4 Evaluasi Hasil Simulasi

Tahapan evaluasi hasil simulasi bertujuan untuk mengolah data yang didapat dari hasil simulasi *software* OpenFOAM, kemudian dilakukan olah data sehingga didapatkan perbandingan hasil nilai *power* dan *flowrate axial fan* dengan beberapa variasi tipe profil sudu simetris dan asimetris yang sudah ditentukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri desain variasi menggunakan variasi airfoil. Langkah-langkah yang digunakan untuk membuat desain axial fan mengikuti prinsip yang sama dengan desain awal. Desain awal berfungsi sebagai dasar untuk validasi. Persamaan dimensi antara desain variasi dan desain awal mencakup sudut pengaturan bilah, diameter hub, dan diameter kipas.



Gambar 3.1 Hasil Umagnitude dari *axial fan*

Gambar 3.1 di atas merupakan tampilan hasil simulasi yang berupa tampilan U magnitude pada t terakhir yang menunjukkan kecepatan aliran udara yang melewati *axial fan*

Dari seluruh simulasi yang dilakukan, maka dapat diketahui tabel perbandingan nilai Φ , C_p dan Ψ dan efisiensi sebagai berikut:

Tabel 3.1 Perbandingan Φ , C_p dan Ψ

Design	Φ	C_p	Ψ
Existing Fan	0.14682861	0.007272471	0.0001211
NACA 0008	0.0945436	0.005698591	0.0000328391
NACA 0012	0.093597883	0.011033747	0.000031398
NACA 6408	0.11823385	0.012551278	0.000112517
NACA 6412	0.124312977	0.003851739	0.00012575

Tabel 3.1 di atas menunjukkan penurunan nilai Φ dibandingkan dengan *existing fan*. Nilai Φ tertinggi terdapat pada variasi profil NACA.6412 Nilai C_p tertinggi terdapat pada variasi profil NACA 6408. Nilai Ψ tertinggi terdapat pada variasi NACA 6412.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. Pertama, pada profil sudu simetris, nilai *flow coefficient* (Φ) terbesar terdapat pada tipe NACA 0008 dengan nilai Φ sebesar 0.09454436, yang lebih baik dibandingkan NACA 0012 namun mengalami penurunan dibandingkan dengan *Existing Fan*. Kedua, untuk profil sudu asimetris, nilai Φ terbesar diperoleh dari tipe NACA 6412 dengan nilai Φ sebesar 0.124312977, yang lebih baik dari NACA 6408 tetapi masih lebih rendah dibandingkan dengan *Existing Fan*. Selanjutnya, untuk profil sudu simetris pada *power coefficient* (C_p), nilai C_p terbesar terdapat pada tipe NACA 0012 dengan nilai C_p sebesar 0.011033747, yang lebih baik daripada NACA 0008 pada *axial fan*. Terakhir, untuk profil sudu asimetris, nilai C_p terbesar dihasilkan oleh tipe NACA 6408 dengan nilai C_p sebesar 0.012551278, yang lebih baik dibandingkan NACA 6412 pada *axial fan*. Pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa perbandingan antara profil sudu simetris dan asimetris pada kinerja *axial fan* dalam menghasilkan *flow coefficient* dan *power coefficient* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. *Axial fan* yang menggunakan profil sudu simetris (NACA 0008 dan NACA 0012) lebih unggul dalam menghasilkan nilai *power coefficient* dibandingkan dengan *axial fan*

yang menggunakan profil sudu asimetris (NACA 6408 dan NACA 6412). Namun, profil sudu asimetris (NACA 6408 dan NACA 6412) menghasilkan nilai *flow coefficient* yang lebih baik dibandingkan dengan profil sudu simetris (NACA 0008 dan NACA 0012). Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa desain *existing fan* yang menggunakan profil NACA 6409 memberikan performa paling optimal dengan nilai *flow coefficient* terbaik yaitu $\Phi = 0.14682861$, serta menghasilkan *power coefficient* yang cukup baik, yaitu $C_p = 0.007272471$.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa penyelesaian jurnal ini tidak lepas dari bimbingan, doa, dan motivasi dari berbagai pihak, dan oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih 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, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing I
3. Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng. selaku dosen pembimbing II
4. Kerabat dan sahabat seperjuangan Teknik Permesinan Kapal-PPNS

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Hasan AD. Perencanaan Sistem Pengkondisian Udara (hvac) pada Ruang Akomodasi Kapal Tanker Menggunakan Refrigeran R 407 c. Published online 2018.
2. Faizal M, Saputra R. PERANCANGAN ULANG SISTEM HVAC PADA GEDUNG PERKANTORAN X DI JAKARTA DENGAN METODE CLTD. *BT*. 2017;12(1):139. doi:10.54378/bt.v12i1.99
3. Sutrisna IPO. PERANCANGAN AIR HANDLING UNIT (AHU) SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF DALAM PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK PADA PENDINGIN RUANGAN (AC). *September*. 2021;10(02).
4. Tanjung AS. STUDI EKSPERIMEN PENGARUH BLADE SETTING ANGLE 30° DAN 60° BERPROFIL FLAT PLATE TERHADAP KARAKTERISTIK KERJA AXIAL FAN 120MM. Published online 2015.
5. Hanif MF, Mustaghfirin MA, Santoso E. Analisa Pengaruh Sudut Serang dan Airfoil

NACA 4 Digit pada Blade Axial Fan.
Published online 2020.