

Kincir Angin Tipe Vertikal Dengan Menggunakan Natural Convection Ruang Pengereng Sebagai Penggerak

Gabrielle Titania Hindra, I. G. B. Wijaya Kusuma, Suarnadwipa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Indonesia terletak di garis katulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai sumber energi surya yang berlimpah. Untuk memanfaatkan energi surya kita bisa menggunakan berbagai macam cara salah satunya dengan menggunakan konveksi alamiah. Konveksi alamiah (natural convection) atau konveksi bebas (free convection), terjadi karena fluida yang mengalami perbedaan suhu mengalir secara alami tanpa ada nya pengaruh atau bantuan dari sekitar. Penelitian ini dilakukan secara simulasi menggunakan aplikasi Autodesk CFD yang akan di variasikan 3 kondisi yaitu cuaca panas yang mempunyai temperature 40°C intensitas matahari $987,64 \text{ watt/m}^2$ lalu cuaca mendung yang mempunyai temperature 36°C intensitas matahari $756,50 \text{ watt/m}^2$, dan cuaca hujan yang mempunyai temperature 26°C intensitas matahari $390,90 \text{ watt/m}^2$. Dilakukan juga pengujian 3 tipe airfoil yaitu NACA 0012, 0018, dan 4418 dengan menggunakan aplikasi AeroFoil 3.2 input pada aplikasi tersebut adalah kecepatan angin sebesar $1,1 \text{ m/s}^2$ dan panjang chord $0,2 \text{ m}$. Hasil dari penelitian kali ini didapat bahwa perpindahan panas natural dapat menghasilkan aliran kecepatan fluida. Kecepatan aliran fluida yang dihasilkan paling tinggi terdapat pada cuaca panas yaitu sebesar $2,49 \text{ m/s}^2$ lalu yang paling rendah dihasilkan oleh cuaca hujan sebesar $1,13 \text{ m/s}^2$ dan secara teoritis sebesar $1,3573 \text{ m/s}^2$ lalu tipe NACA yang paling baik untuk digunakan sebagai airfoil pada kincir angin tipe vertikal adalah NACA 4418 yang mempunyai koefisien drag dan lift yang paling tinggi lalu menghasilkan gaya drag sebesar 0.027509214 N , gaya lift sebesar 0.012210356 N , dan mempunyai gaya thrust sebesar $0,3 \text{ N}$.

Kata kunci : Konveksi alami, CFD, aerofoil, airfoil

Abstract

Indonesia is located on the equator, so Indonesia has an abundant source of solar energy. To take advantage of solar energy, we can use various ways, one of which is by using natural convection. Natural convection (natural convection) or free convection (free convection), occurs because fluids that experience a temperature difference flow naturally without any influence or assistance from the surroundings. This research was carried out in a simulation using the Autodesk CFD application which will vary 3 conditions, namely hot weather which has a temperature of 40°C , sun intensity 987.64 watt/m^2 , then cloudy weather which has a temperature of 36°C solar intensity 756.50 watt/m^2 . and rainy weather which has a temperature of 26°C , sun intensity 390.90 watt/m^2 . Also conducted testing of 3 types of airfoils, namely NACA 0012, 0018 and 4418 using the AeroFoil 3.2 application, the input in these applications is a wind speed of 1.1 m/s^2 and a chord length of 0.2 m . The results of this research show that natural heat transfer can produce fluid velocity flow. The highest velocity of fluid flow produced is found in hot weather, namely 2.49 m/s^2 , then the lowest is produced by rainy weather at 1.13 m/s^2 and theoretically at 1.22 m/s^2 then the best NACA type to be used as an airfoil in vertikal type windmills is NACA 4418 which has the highest drag and lift coefficient then produces a drag force of 0.027509214 N , a lift force of 0.012210356 N , and has a thrust force of 0.3 N at a cross-sectional area of 151.51 m^2 .

Keywords: Natural convection, CFD, aerofoil, airfoil

1. Pendahuluan

Indonesia menduduki negara terpadat penduduk ke-4 berdasarkan data dari the spectator index, kebutuhan pangan selalu menjadi masalah bagi negara ini. Untuk memenuhi kebutuhan pangan yang tinggi maka permasalahan di bidang industri pangan yang mencakup pertanian dan perikanan di Indonesia perlu di perbaiki. Salah satunya adalah masalah pengeringan hasil panen. Selama ini hasil panen tersebut dikeringkan dengan cara menjemur dipinggir jalan seringkali dengan kondisi angin yang kencang , sehingga kotoran yang terbawa angin akan tercampur mengakibatkan hasil panen memiliki nilai dan kualitas yang rendah, , di sisi lain Indonesia terletak di garis katulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai

sumber energi matahari yang kuat dengan intensitas matahari rata-rata sekitar $4,8 \text{ kWh/m}^2$ per hari di seluruh wilayahnya [1]. Oleh sebab itu energi panas surya ini sangat cocok digunakan untuk pengeringan apalagi Indonesia sangat banyak produk pertanian dan perkebunan. Pemanfaatan energi matahari dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya dengan memanfaatkan fenomena perpindahan panas dengan konveksi alami . Konveksi alamiah terjadi karena fluida yang mengalami perbedaan suhu mengalir secara alami tanpa ada nya pengaruh atau bantuan dari sekitar [2]. Dengan kondisi tersebut, dibuat alat pengering yang berbentuk seperti ruang agar hasil panen dapat dimasukkan kedalamnya dan tidak tercampur dengan kotoran dari luar. Selain untuk mengeringkan produk pertanian temperature di ruang

pengeriing yang tinggi tersebut dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan kincir angin. Kincir angin bekerja dengan memanfaatkan energi panas atau pertukaran kalor secara konveksi alamiah.

2. Dasar Teori

2.1. Natural Convection

Konveksi alami atau biasa dikenal sebagai konveksi bebas terjadi karena fluida yang mengalami perbedaan suhu mengalir secara alami tanpa ada nya pengaruh atau bantuan dari sekitar. Bagian fluida yang mengalami pemanasan memuai dan densitasnya menjadi lebih kecil sehingga bergerak ke atas. Tempatnya semula digantikan oleh bagian fluida yang dingin yang memiliki densitas lebih tinggi. Radiator panas yang digunakan untuk memanaskan ruang merupakan suatu contoh peranti praktis yang memindahkan kalor dengan konveksi bebas [3]. Dalam medan gravitasi, ada gaya total yang mendorong fluida ringan yang ditempatkan pada fluida yang lebih berat ke atas. Gaya ini disebut gaya apung (buoyancy force) besarnya gaya apung adalah berat fluida yang dipindahkan oleh tubuh objek. Bilangan Grashof adalah grup tanpa dimensi. Ini mewakili rasio gaya apung untuk gaya viskos yang bekerja pada fluida, dinyatakan sebagai:

$$Gr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2} \quad (1)$$

Dimana :

g = percepatan gravitasi, m/s^2

β = koefisien ekspansi volume, $1/K$

L = panjang permukaan plat, m

ν = viskositas kinematika fluida, m^2/s

Dalam natural convection korelasi dengan kecepatan fluida dapat dirumuskan menggunakan persamaan nusselt seperti berikut:

$$Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^n$$

$$Nu = C \cdot \left[\frac{\rho \nu L}{\mu} \right]^m \cdot Pr^n$$

$$V = \sqrt[m]{\frac{Nu}{C} \frac{\mu}{\rho L}} \quad (2)$$

Dimana :

Nu = Nusselt number

C = Konstanta

ρ = Massa jenis

ν = Kecepatan

L = Panjang Plat

μ = Viskositas Dinamis

di mana konstanta C dan n bergantung pada geometri permukaan dan aliran.

Nusselt number dan Prandtl Number sendiri dapat dicari menggunakan persamaan:

$$Nu = c \cdot Ra^n \quad (3)$$

$$Ra = Gr \cdot Pr \quad (4)$$

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} \quad (5)$$

Dimana :

Nu = Nusselt number

Ra = Rayleigh number

Pr = Prandtl number

2.2. Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan suatu sistem simulasi analisis berbasis komputer yang meliputi perpindahan panas, aliran fluida, dan fenomena lainnya.

CFD mengandung tiga tahapan, yaitu:

- 1) Pre-processor, yang merupakan tahapan awal dimana membangun rancangan yang akan kita buat
- 2) Solver Proses pada solver adalah proses pemevahan secara matematika menggunakan analisis numerik dengan pemisalan variabel ke fungsi yang lebih sederhana
- 3) Post-processor. Pada tahapan ini adalah menampilkan seluruh hasil yang dibuat dalam tahapan sebelumnya [4].

2.3. Kincir Angin Vertikal (Vertikal)

Kincir angin sumbu vertikal/tegak memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus sejajar dengan sudu kincir dan mampu bergerak dari berbagai macam arah angin. Kincir angin vertikal tipe vertikal menggunakan sudu dengan cara memotong silinder Flettner menjadi 2 paruhan sepanjang garis pusat dan kemudian memposisikan 2 paruhan tersebut membentuk seperti huruf "S" yang diletakan pada lingkaran batas sudu. Jumlah blade pada kincir angin ini adalah 3 buah.

Airfoil adalah bentuk suatu penampang yang dapat menghasilkan efek aerodinamika ketika dilewati fluida. Airfoil pada penelitian kali ini digunakan sebagai blade kincir angin tersebut. Penentuan jenis airfoil di sesuaikan dengan kecepatan angin dan tipe kincir angin.

NACA adalah bentuk airfoil yang di kembangkan oleh National Advisory Committee for Aeronautics. Pengaruh efek kelengkungan dan persebaran ketebalan/thickness dilakukan pada bilangan reynold. Pada NACA seri empat digit pertama yaitu maksimum chamber pada chord. Digit kedua yaitu dari leading edge menuju persepulu posisi maksimum chamber pada chord, lalu pada digit terakhir yaitu ketebalan airfoil terhadap chord [5].

2.4. Aerodinamika Pada Kincir Angin

Salah satu aspek dalam design kincir adalah aerodinamika. Gaya aerodinamika pada kincir ini adalah gaya drag (gaya hambat), gaya lift (gaya angkat), gaya thrust (gaya dorong).

Gaya hambat adalah gaya tahanan yang disebabkan oleh gerakan benda melalui fluida, seperti air atau udara. Persamaan gaya hambat yang diberikan pada benda yang bergerak melalui fluida adalah:

$$Fd = \frac{1}{2} C_d \rho v^2 \quad (6)$$

Dimana :

Fd = gaya drag (N)

C_d = Koefisien hambatan, yang dapat bervariasi seiring dengan kecepatan benda. Tetapi nilai tipikal berkisar dari 0,4 hingga 1,0 untuk fluida yang berbeda (seperti udara dan air)

ρ = Massa jenis fluida yang dilalui benda bergerak (kg/m^3)

a = Luas penampang drag (m^2)

v = Kecepatan benda relatif terhadap fluida (m/s)

Gaya lift adalah gaya yang mengangkat suatu benda keatas yang terjadi karena tekanan dibawah benda lebih besar daripada tekanan diatas benda. Persamaan gaya angkat adalah :

$$F_l = \frac{1}{2} C_l \rho a v^2 \quad (7)$$

Dimana:

F_l = gaya lift (N)

C_l = Koefisien lift

ρ = Massa jenis fluida yang dilalui benda bergerak (kg/m^3)

a = Luas penampang drag (m^2)

v = Kecepatan benda relatif terhadap fluida (m/s)

Gaya dorong adalah kebalikan dari gaya hambat, dalam hal ini reaksi dari udara kecepatan tinggi di ruang pengering yang keluar akan menghasilkan gaya dorong kedepan gaya dorong sendiri adalah resultan dari drag dan lift, untuk mengetahui daya yang dihasilkan pada kincir ini dapat menggunakan persamaan:

$$P = F_{thrust} \cdot V \quad (8)$$

Dimana :

P = Daya thrust (Watt)

F_{thrust} = resultan dari drag dan lift (N)

V = kecepatan benda relatif terhadap fluida (m/s)

2.5. Aerofoil 3.2.

Aplikasi AeroFoil 3.2. yang akan digunakan dalam penelitian kali ini berfungsi untuk mendapatkan koefisien drag (C_d) dan koefisien lift (C_l) pada airfoil yang ditentukan dengan input kecepatan fluida yang dihasilkan ruang pengering tersebut dan panjang chord airfoil. Berikut adalah tampilan dari aplikasi AeroFoil 3.2.



Gambar 1 . Tampilan Aplikasi

3. Metode Penelitian

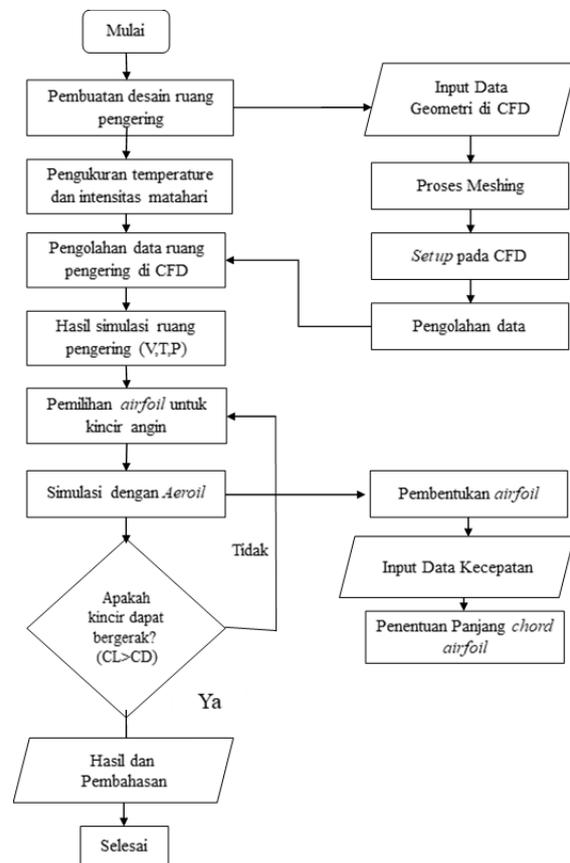
3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan studi eksperimental atau percobaan dengan tujuan untuk mencari korelasi antara satu variable dengan variable lainnya dengan batasan – batasan yang ada.

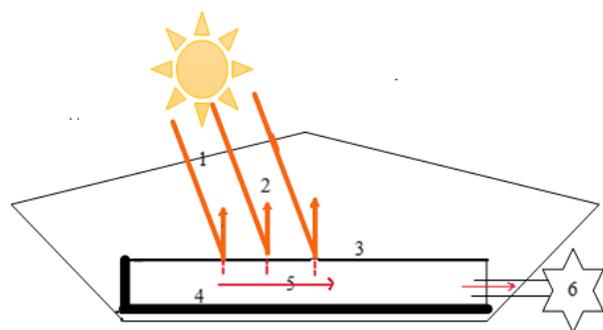
Adapun pendekatan secara eksperimental ini dikerjakan sesuai dengan tujuan pelaksanaan

penelitian yaitu untuk mengetahui kecepatan aliran fluida pada ruang pengering akibat perpindahan panas natural yang dihasilkan pada ruang pengering dan menganalisa tipe naca yang paling bagus untuk kincir angin sesuai hasil simulasi.

3.2. Tahapan penelitian



3.3. Skematik penelitian



Gambar 2. Eksperimental Setup

Keterangan:

1. Sinar matahari
2. Sinar matahari yang di pantulkan
3. Plat pertama
4. Plat kedua yang diberikan isolator
5. Aliran panas fluida
6. Kincir angin

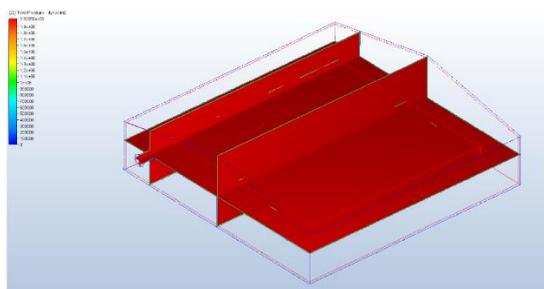
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Aplikasi CFD

Adapula data penelitian dapat digolongkan adalah :

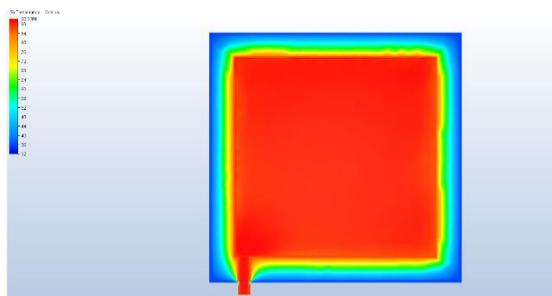
1. Cuaca panas:
 - Temperature max : 40°C
 - Heatflux max : 987.64 Watt/m²
2. Cuaca mendung:
 - Temperature max : 36°C
 - Heatflux max : 756.50 Watt/m²
3. Cuaca hujan :
 - Temperature max : 26°C
 - Heatflux max : 390.90 Watt/m²

4.1.1. Tekanan



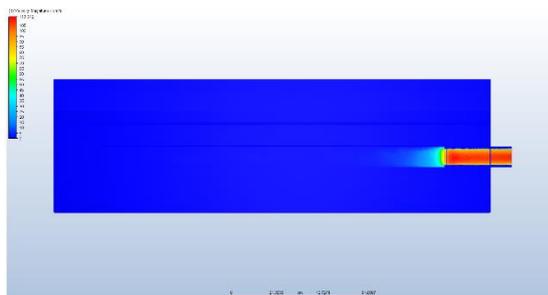
Gambar 3. Persebaran Tekanan Pada Cuaca Panas, Mendung, Hujan

4.1.2. Temperature



Gambar 4. Persebaran Temperature Pada Cuaca Panas, Mendung, Hujan

4.1.3. Kecepatan Fluida



Gambar 5. Persebaran Kecepatan Pada Cuaca Panas, Mendung, Hujan

Data hasil simulasi didapatkan seperti tabel di bawah ini :

Tabel 1 . Hasil Simulasi CFD

	Tekanan	Temperature	Kecepatan
Cuaca Panas	2.202656 x 10 ⁵ pa	90,2 °C	2,49 m/s ²
Cuaca Mendung	2.02653 x 10 ⁵ pa	82,22 °C	1,93 m/s ²
Cuaca Hujan	2.202651 x 10 ⁵ pa	73,2 °C	1,13 m/s ²

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa perpindahan panas natural pada ruang pengering dapat menghasilkan kecepatan aliran fluida yang akan dimanfaatkan untuk menggerakkan kincir. Semakin besar input temperature dan intensitas matahari maka akan semakin tinggi juga output kecepatan aliran fluida yang dihasilkan. Kecepatan aliran fluida yang dihasilkan paling tinggi terdapat pada cuaca panas yaitu sebesar 2,49 m/s² lalu yang paling rendah dihasilkan oleh cuaca hujan sebesar 1,13 m/s² dan secara teoritis sebesar 1,22 m/s² pada cuaca hujan.

4.1.4. Perhitungan Secara Teoritis

- Menghitung Grashof Number :

$$Gr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2}$$

$$= \frac{9,8 (1 / ((73,2+26)+273)(73,275-26) 0,4^3}{(1,816 \times 10^{-6})^2}$$

$$= 1,86 \times 10^9$$

- Menghitung Rayleigh Number :

$$Ra = Gr \times Pr$$

$$= 1,86 \times 10^9 \times 0,7$$

$$= 1,32 \times 10^9$$

- Menghitung bilangan Nusselt dan Kecepatan Aliran Fluida:

$$Nu = Ra^{1/3} = Re^{0,8} \times Pr^{0,4}$$

$$1,320 \times 10^9 = \left(\frac{\rho v d}{\mu}\right)^{0,8} \times Pr^{0,4}$$

$$1097,09 = \left(\frac{\rho v d}{\mu}\right)^{0,8} \times 0,7^{0,4}$$

$$\left(\frac{1097,09}{0,8670}\right)^{1/0,8} = \left(\frac{1,086 \text{ kg/m}^3 \cdot v \cdot 0,1\text{m}}{195,33 \times 10^{-7} \text{ kg/m} \cdot \text{s}}\right)$$

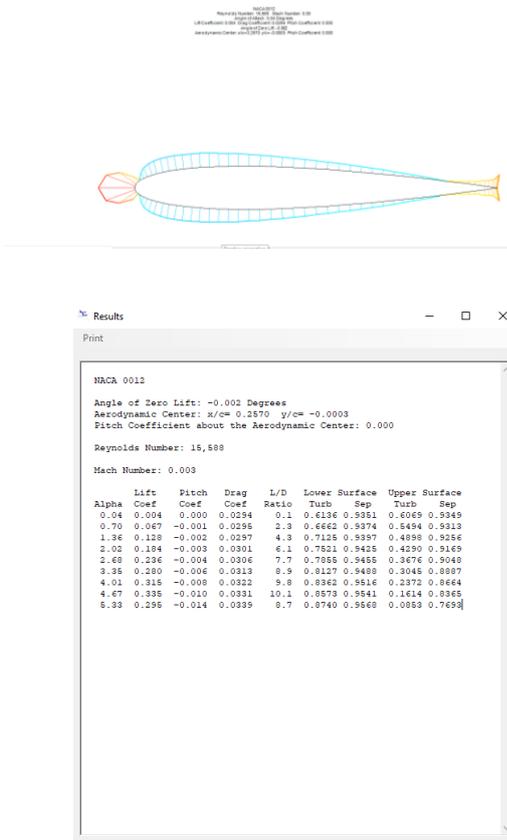
$$= 1,3573$$

4.2. Simulasi Aerofoil 3.2.

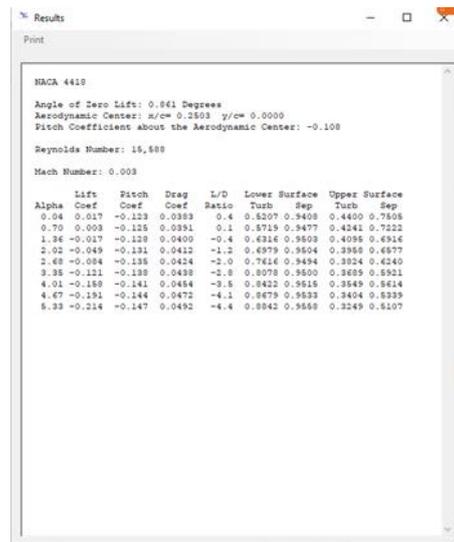
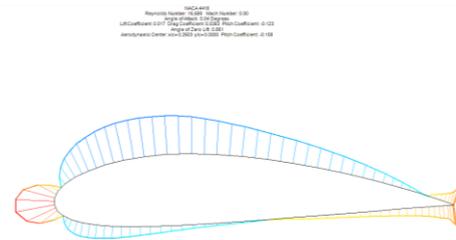
Setelah mendapat hasil simulasi berupa kecepatan fluida yang dihasilkan di ruang pengering, maka kecepatan yang paling kecil yaitu 1,13 m/s dan panjang chord 0,2 m akan menjadi input pada simulasi aerofoil. NACA yang dipilih adalah 0012, 0018, 4418 .

4.2.1. NACA 0012

4.2.3. NACA 4418.

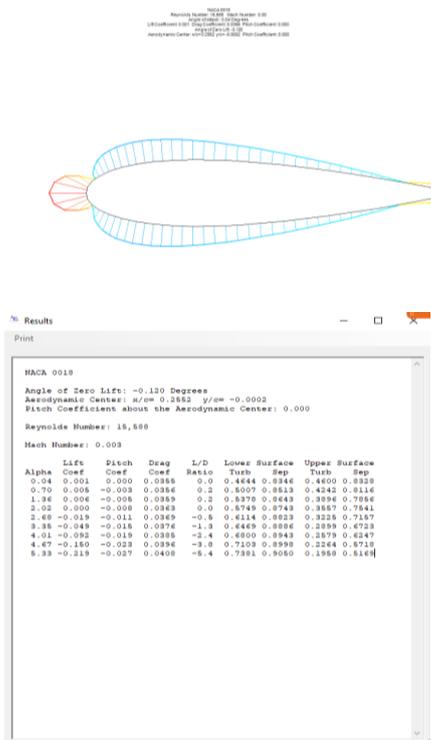


Gambar 5. Geometri dan Nilai Koefisien Drag dan Lift NACA 0012.



Gambar 7. Geometri dan Nilai Koefisien Drag dan Lift NACA 4418.

4.2.2. NACA 0018



Gambar 6. Geometri dan Nilai Koefisien Drag dan Lift NACA 0018.

Data hasil simulasi didapatkan seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2. Hasil Simulasi Aerofoil

	Koefisien Drag	Koefisien Lift
NACA 0012	0,0294	0,004
NACA 0018	0,0355	0,001
NACA 4418	0,0383	0,017

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa tipe NACA mempengaruhi koefisien drag dan lift. NACA 4418 mempunyai koefisien drag tertinggi yaitu sebesar 0,0383 lalu koefisien lift sebesar 0,017 .

4.2.4. Perhitungan Aerodinamika Kincir NACA 4418.

- $$Fd = \frac{1}{2} Cdpav^2$$

$$= \frac{1}{2} x 0,0383 x 1,125 x 1,13^2$$

$$= 0.027509214 N$$
- $$Fl = \frac{1}{2} Clpav^2$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \times 0,017 \times 1,125 \times 1,13^2 \\ &= 0.012210356 \text{ N} \end{aligned}$$

• F_{thrust}

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(0.027509214)^2 + (0.012210356)^2} \\ &= 0,3 \text{ N} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa kincir angin dengan tipe NACA 4418 mempunyai koefisien drag dan lift yang paling besar. Berdasarkan perhitungan gaya thrust pada kincir tersebut sebar 0,3 N pada luas penampang 151,51 m².

5. Kesimpulan

1. Perpindahan panas natural pada ruang pengering dapat menghasilkan kecepatan aliran fluida yang akan dimanfaatkan untuk menggerakkan kincir. Semakin besar input temperature dan intensitas matahari maka akan semakin tinggi juga output kecepatan aliran fluida yang dihasilkan. Pada penelitian kali ini kecepatan aliran fluida yang dihasilkan paling tinggi terdapat pada cuaca panas yaitu sebesar 2,49 m/s² lalu yang paling rendah dihasilkan oleh cuaca hujan sebesar 1,13 m/s² dan secara teoritis sebesar 1,22 m/s² pada cuaca hujan.
2. Tipe NACA yang paling baik untuk digunakan sebagai airfoil pada kincir angin tipe vertikal adalah NACA 4418 yang menghasilkan koefisien drag dan lift yang paling tinggi lalu mempunyai gaya drag sebesar 0.027509214 N, gaya lift sebesar 0.012210356 N, dan mempunyai gaya thrust sebesar 0,3 N pada luas penampang 1,3573

Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), 2010, *Indonesia Energy Outlook*, Jakarta.
- [2] Vries Dkk., 2011, *Energi yang Terbarukan.*, Jakarta.
- [3] Departemen teknik kimia universitas Indonesia, 2012, *Perpindahan Kalor Pemicu III: Konveksi Alami.*
- [4] Versteeg, 1995, *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method.* New York.
- [4] Hidayat, fajri, 2014, *Analisa Aerodinamika Airfoil NACA 0012 Dengan Ansys Fluent.* Jakarta: Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945

