

TUGAS AKHIR
ANALISIS PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP
KINERJA NACA 0018

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

NIKMAL
2107230049



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

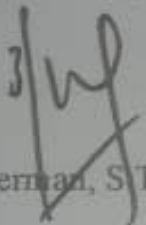
Nama : NIKMAL
NPM : 2107230049
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Kinerja
NACA 0018
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 Agustus 2025

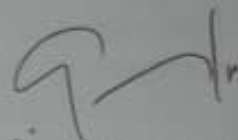
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Dr. Suherman, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T

Program Study Teknik Mesin,
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama lengkap : NIKMAL
NPM : 2107230049
Tempat / Tanggal lahir : Sikapas, 06 Agustus 2002
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

"ANALISIS PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP KINERJA NACA 0018"

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan Kelulusan / keserjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 Agustus 2025
Penulis



NIKMAL

ABSTRAK

Diantara sumber energi yang belum di manfaatkan secara luas adalah energi angin. Energi angin dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan cara mengonversikan angin ke turbin angin. Pembuatan turbin angin didasarkan pada desain *airfoil*. *Airfoil NACA 0018* merupakan salah satu jenis *airfoil* simetris yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi aerodinamis, seperti sayap pesawat terbang dan baling-baling turbin angin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh kecepatan udara terhadap *coefficient lift* dan *coefficient drag* yang dihasilkan *NACA 0018* pada sudut serang 0° , 15° , 25° , dan 35° dengan variasi kecepatan udara 2 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s, dan 8 m/s dengan menggunakan metode experimental pada terowongan angin. Dari hasil experiment ini dapat diketahui adanya pengaruh kecepatan udara terhadap sudut serang. Pada penelitian ini di dapatkan hasil experiment pada sudut serang 15° *airfoil* mengalami peningkatan yang signifikan perbandingan *coefficient lift/coefficient drag* cenderung meningkat seiring dengan peningkatan sudut serang hingga mencapai titik puncak, kemudian menurun setelah melewati sudut serang optimal dapat dilihat pada kecepatan 6 m/s perbandingan Cl/Cd mencapai nilai tertinggi pada sudut serang 15° dengan nilai 2,411 menunjukkan efisiensi aerodinamis yang optimal pada titik tersebut.

Kata kunci: *Airfoil NACA 0018*, energi angin, sudut serang, *coefficient lift/drag*.

ABSTRACT

Among the renewable energy sources that have not been widely utilized is wind energy. Wind energy can be converted into electrical energy by using wind turbines. The design of wind turbines is based on airfoil profiles. The NACA 0018 airfoil is a type of symmetric airfoil commonly used in various aerodynamic applications, such as aircraft wings and wind turbine blades. The aim of this study is to analyze the effect of wind speed on the lift coefficient and drag coefficient produced by the NACA 0018 airfoil at angles of attack of 0° , 15° , 25° , and 35° , with wind speed variations of 2 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s, and 8 m/s. The experimental method was carried out using a wind tunnel. The results of this experiment indicate that wind speed significantly influences the aerodynamic performance at various angles of attack. It was found that at an angle of attack of 15° , the airfoil experienced a significant increase in the lift-to-drag ratio, which tended to rise with increasing angle of attack until it reached a peak, and then declined after surpassing the optimal angle. At a wind speed of 6 m/s, the Cl/Cd ratio reached its highest value of 2.411 at an angle of attack of 15° , indicating optimal aerodynamic efficiency at that point.

Keywords: NACA 0018 airfoil, wind energy, angle of attack, lift/drag coefficient

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini yang berjudul “ Analisis Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Kinerja *NACA* 0018 ”

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua penulis: Ayah Yusman lubis dan mamak Mazilah harahap yang sudah bersusah payah membesarkan, mendidik dan membiayai studi pendidikan penulis. Terimakasih sudah mengasih kepercayaan hingga saat ini hingga proposal tugas akhir ini dapat diselesaikan penulis.
2. Bapak Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas proposal ini.
3. Bapak Dr. Suherman, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas proposal ini.
4. Bapak Chandra A Putra Siregar, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II, sekaligus selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Sahabat-sahabat penulis: Ibnu Rizki Ahmad tambuse, Imam tigor sinaga, febri ansari, Yudi Firmansyah, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 22 Januari 2025



NIKMAL

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Energi Angin	4
2.2. Turbin Angin	4
2.3. Klasifikasi Turbin Angin	5
2.3.1. <i>Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)</i>	5
2.3.2. <i>Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)</i>	6
2.4. <i>AirFoil</i>	7
2.5. <i>Airfoil</i> Simetris	8
2.6. <i>NACA Airfoil</i>	8
2.7. <i>Airfoil NACA</i> seri 4 digit	9
2.8. Distribusi Tekanan Pada <i>Airfoil</i>	9
2.9. Aliran Fluida	10
2.10. Bilangan Reynold	11
2.11. Sudut Serang (<i>Angle Of Attack</i>)	12
2.12. Koefisien Angkat (Cl)	12
2.13. Koefisien Hambatan (Cd)	13
2.14. <i>Windtunnel</i>	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	15
3.1.1 Tempat	15
3.1.2 Waktu	15
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian	15
3.2.1 Terowongan Angin (<i>Wind tunnel</i>)	15
3.2.2 Menentukan Dan Membuat <i>Model Airfoil</i>	16
3.2.3 Bahan Yang Digunakan	16
3.3 Diagram Alir	17

3.4	Set Up Alat Uji	18
3.5	Prosedur Perancangan	18
3.6	Prosedur Experimental	20
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Hasil Percobaan	23
4.1.1	Hasil Eksperimen	23
4.2	Grafik Gaya <i>Lift</i> (Newton)	26
4.3	Grafik Gaya <i>Drag</i> (Newton)	27
4.4	Perhitungan <i>Coefficient Lift</i> Dan <i>Coefficient Drag</i>	27
4.5	Perbandingan Koefisien Angkat Dengan Sudut Serang	27
4.6	Perbandingan Koefisien Hambat Dengan Sudut Serang	28
4.7	Pembahasan	28
4.8	Analisis Perbandingan Koefisien Angkat Dengan Sudut Serang	28
4.9	Analisis Perbandingan Koefisien Hambat Dengan Sudut Serang	29
4.10	Perhitungan Perbandingan Koefisien <i>Lift</i> Dan Koefisien <i>Drag</i>	29
4.11	Grafik Koefisien <i>Lift</i> Dan Koefisien <i>Drag</i>	29
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran	32
	DAFTAR PUSTAKA	33
	LAMPIRAN	35
	LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal kegiatan penelitian	15
Tabel 3. 2 Spesifikasi Terowongan angin (<i>wind tunnel</i>) yang digunakan	15
Tabel 3. 3 Keterangan ukuran <i>airfoil</i>	16

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Macam-macam desain kincir angin <i>VAWT</i> (Yusuf Ismail Nakhoda, 2017)	6
Gambar 2. 2 macam-macam desain turbin angin <i>HAWT</i> (Yusuf Ismail Nakhoda, 2017)	6
Gambar 2. 3 <i>Nomenklatur Airfoil</i> (Surono et al., 2021).	7
Gambar 2. 4 <i>Airfoil simetris</i> (Lufti & Harjanto, 2023).	8
Gambar 2. 5 <i>Airfoil NACA 0018 simetris</i> (Tilvaldyev, 2023)	9
Gambar 2. 6 Distribusi tekanan (Arif maulana ghofar, 2018)	10
Gambar 2. 7 Aliran laminar (Lufti & Harjanto, 2023).	10
Gambar 2. 8 Aliran turbulent (Lufti & Harjanto, 2023).	10
Gambar 2. 9 Aliran transisi (Lufti & Harjanto, 2023).	11
Gambar 2. 10 Boundary layer pada permukaan rata (Amat Chaeroni, 2022).	12
Gambar 2. 11 <i>angle of attack</i> (Wahyudi & Agung, 2021).	12
Gambar 2. 12 Terowongan angin (<i>Windtunnel</i>)	14
Gambar 3. 1 Terowongan angin (<i>Windtunnel</i>)	15
Gambar 3. 2 Hasil pembuatan <i>airfoil</i>	16
Gambar 3. 3 Diagram alir	17
Gambar 3. 4 Set Up Alat Uji	18
Gambar 3. 5 Pemotongan kayu balsa dengan model <i>airfoil NACA 0018</i>	18
Gambar 3. 6 Bentuk <i>airfoil NACA 0018</i> pada kayu balsa	19
Gambar 3. 7 Rangkah <i>airfoil NACA 0018</i>	19
Gambar 3. 8 Proses penempelan kayu balsa pada rangka <i>airfoil</i>	19
Gambar 3. 9 Hasil jadi dari <i>airfoil NACA 0018</i>	19
Gambar 3. 10 <i>Airfoil</i> sudut serang 0°	20
Gambar 3. 11 <i>Airfoil</i> sudut serang 15°	20
Gambar 3. 12 <i>Airfoil</i> sudut serang 25°	20
Gambar 3. 13 <i>Airfoil</i> sudut serang 35°	21
Gambar 3. 14 Meja pengujian (<i>test section</i>)	21
Gambar 3. 15 <i>Fan controller</i>	21
Gambar 3. 16 <i>Anemometer</i>	22
Gambar 3. 17 Software PLX-DAQ	22
Gambar 4. 1 Grafik gaya angkat dan gaya hambat terhadap sudut serang dengan kecepatan angin 2 m/s	23
Gambar 4. 2 Grafik gaya angkat dan gaya drag terhadap sudut serang dengan kecepatan angin 4 m/s	24
Gambar 4. 3 Grafik gaya angkat dan gaya drag terhadap sudut serang dengan kecepatan angin 5 m/s	24
Gambar 4. 4 Grafik gaya angkat dan gaya hambat terhadap sudut serang dengan kecepatan angin 6 m/s	25
Gambar 4. 5 Grafik gaya angkat dan gaya hambat terhadap sudut serang dengan kecepatan angin 8 m/s	26
Gambar 4. 6 Grafik nilai gaya angkat terhadap sudut serang	26
Gambar 4. 7 Grafik nilai gaya hambat terhadap sudut serang	27
Gambar 4. 8 Grafik perbandingan koefisien angkat terhadap sudut serang	28

Gambar 4. 9 Grafik perbandingan koefisien hambat terhadap sudut serang	28
Gambar 4. 10 Perbandingan <i>coefficient lift</i> dan <i>coefficient drag</i>	29

DAFTAR NOTASI

SIMBOL	KETERANGAN	SATUAN
C_l	<i>Koefisien lift</i>	
L	<i>Gaya lift</i>	
ρ	Densitas fluida	kg/m ³
V	Kecepatan aliran	m/s
S	Luas area	m ²
C_d	<i>Koefisien drag</i>	
D	<i>Gaya drag</i>	
V^2	Kecepatan udara terukur	
Re	Bilangan Reynolds	
L	Panjang karakteristik	
μ	Dinamika kerapatan udara	Pa
ν	Kerapatan kinematik	m ² /s

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini telah banyak dikembangkan sumber energi baru dan terbarukan. Sumber energi baru dan terbarukan didapatkan dari pemanfaatan fenomena alam seperti energi matahari, energi angin, energi air, panas bumi dan nuklir. Ketersediaan energi ini berlimpah, tidak akan habis dipakai dan dapat digunakan sepanjang waktu (Muvariz & Rossbandrio, 2015). Diantara sumber energi yang belum di manfaatkan secara luas adalah energi angin.

Pemanfaatan sumber energi angin di Indonesia masih langka, hal tersebut dimungkinkan karena pengaruh teknologi atau pengetahuan yang belum populer, arah angin yang tidak tetap dan dipandang kurang ekonomis. Angin dipandang sebagai proses alam yang kurang memberikan nilai ekonomis bagi kegiatan masyarakat, namun jika hal ini dimanfaatkan secara optimal dapat memberikan pengaruh yang besar untuk mengurangi krisis energi yang sedang terjadi sekarang ini. Daerah- daerah pesisir di Indonesia memiliki kapasitas angin yang cukup besar dan memungkinkan untuk dikembangkan pembangkit listrik tenaga angin yang sifatnya terbarukan, berkelanjutan dan ramah lingkungan (Sitorus et al., 2015). Potensi energi angin di Indonesia cukup memadai, karena kecepatan angin rata-rata berkisar 3,5 - 7 m/s (Maidi Saputra, 2016).

Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari, karena bergerak angin memiliki energi kinetik (Sitorus et al., 2015).

Energi angin dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan cara mengonversikan angin ke turbin angin. Pembuatan turbin angin didasarkan pada desain *airfoil*. Desain *airfoil* yang biasa digunakan untuk penerapan aplikasi turbin angin dan sayap pesawat terbang adalah berdasarkan *NACA (National Advisory Committee for Aeronautics)* yang merupakan lembaga di bawah *NASA* untuk meneliti karakteristik *airfoil*. Karena konsep *NACA airfoil* yang umumnya memanfaatkan angin sebagai pemberi gaya angkat pada turbin angin dan

memungkinkan turbin angin untuk berputar, karena pengaruh gaya angkat yang terjadi pada sudu turbin angin, yaitu *lift force* dan *drag force*. (Samosir et al., 2022)

Airfoil NACA 0018 merupakan salah satu jenis *airfoil* simetris yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi aerodinamis, seperti sayap pesawat terbang dan baling-baling turbin angin. *Airfoil NACA 0018*, yang memiliki profil lebih tebal, sangat cocok digunakan untuk turbin angin (Md. Hasib Mahmud Mazumder, 2024).

Beberapa penelitian sudah pernah dilakukan, salah satunya penelitian yang dilakukan (M. F. Muvariz & Rossbandrio, 2015), Dimana ia melakukan penelitian dengan pendekatan *Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Didapatkan performa pada blade profil *NACA 0018* berupa semakin besar *angle of attack* (α) maka semakin besar gaya yang terjadi pada blade. Begitu juga untuk harga koefisien *drag* dan *lift*. Namun untuk gaya *lift*, terjadi penurunan nilai pada saat *angle of attack* (α) 20° .

Airfoil adalah bentuk aerodinamik yang ditujukan untuk menghasilkan gaya angkat (*lift*) yang besar dengan gaya hambat (*drag*) yang sekecil mungkin (Wahyudi & Agung, 2021). Gaya angkat terjadi pada *NACA airfoil* karena tekanan aliran di permukaan atas *airfoil* lebih rendah dari pada tekanan aliran di permukaan bawahnya.

Berdasarkan uraian diatas penulis bermaksud untuk melakukan penelitian dengan judul ANALISIS PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP KINERJA *NACA 0018*. Dari hasil penelitian ini, harapannya dapat mengetahui bagaimana mengkaji distribusi dari kinerja *NACA 0018* dan distribusi kecepatan yang terjadi disekitar *airfoil* dengan variasi kecepatan, untuk mengetahui hubungan yang terjadi antara *coefficient lift (CL)* dan *coefficient Drag (CD)* dengan variasi kecepatan yang telah di tentukan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan udara terhadap kinerja *NACA 0018* dengan metode experimental.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi pada:

1. Menggunakan metode experimental pada terowongan angin (*wind tunnel*).

2. Profil sayap yang digunakan adalah *NACA 0018* yang memiliki karakteristik simetris.
3. Variasi kecepatan yang digunakan yaitu 2 m/s, 4m/s, 5m/s, 6m/s, dan 8m/s.
4. Sudut serang yang digunakan yaitu 0°, 15°, 25°, dan 35°
5. Fluida yang digunakan adalah udara.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis pengaruh kecepatan angin terhadap *coefficient lift* pada *airfoil NACA 0018*.
2. Untuk menganalisis pengaruh kecepatan angin terhadap *coefficient drag* pada *airfoil NACA 0018*
3. Untuk menentukan kinerja *NACA 0018*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hasil perbandingan kecepatan aliran fluida yang telah ditentukan.
2. Dapat mempelajari dan mengetahui karakteristik aerodinamika *airfoil NACA 0018* terhadap variasi kecepatan menggunakan metode experimental

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Angin

Angin adalah pergerakan arus udara di permukaan bumi. Pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh radiasi matahari menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan yang menyebabkan aliran angin dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Pemanasan yang tidak merata ini disebabkan oleh permukaan bumi yang tidak teratur dan rotasi bumi (Ponakala et al., 2017).

Kepadatan udara berkurang saat udara dipanaskan yang menyebabkan penurunan tekanan. Karena hal ini, udara hangat akan naik di atas udara yang relatif lebih dingin dan menghasilkan perbedaan tekanan. Rotasi bumi menyebabkan turbulensi lebih lanjut dan menciptakan pola angin yang bervariasi dengan kecepatan angin yang berbeda di permukaan bumi. Aliran angin (energi kinetik) ini ditangkap oleh turbin angin untuk menghasilkan listrik (Ponakala et al., 2017)

2.2 Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin merupakan salah satu cara pemanfaatan energi angin yang berpotensi di Indonesia (Sudrajat et al., 2020). Turbin angin bekerja dengan mengkonversi energi angin menjadi energi rotasi melalui blade turbin. Konsep dasar dari turbin angin adalah untuk mengkonversi energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik yang akan digunakan untuk memutar rotor dari turbin dan menghasilkan energi listrik.

Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan keperluan pengairan irigasi, penyelepan padi dll. Namun seiring berkembangnya waktu kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin (Habibullah & Firdaus, 2021).

Turbin angin pertama kali digunakan untuk menghasilkan listrik pada tahun 1887 oleh James Blyth. James Blyth membangun turbin angin setinggi 10 meter untuk menjadi sumber listrik penerangan pada pondok miliknya (Sudrajat et al., 2020). Berdasarkan jenisnya turbin angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu *vertical*

axis wind turbine (VAWT), dan *horizontal axis wind turbine (HAWT)* (Sudrajat et al., 2020).

2.3 Klasifikasi Turbin Angin

Turbin angin merupakan salah satu cara pemanfaatan energi angin. Turbin angin bekerja dengan mengkonversi energi angin menjadi energi rotasi melalui blade turbin. Konsep dasar dari turbin angin adalah untuk mengkonversi energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik yang akan digunakan untuk memutar rotor dari turbin dan menghasilkan energi listrik (Sudrajat et al., 2020).

Turbin angin dibagi menjadi 2 tipe yaitu:

1. *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*
2. *Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)*

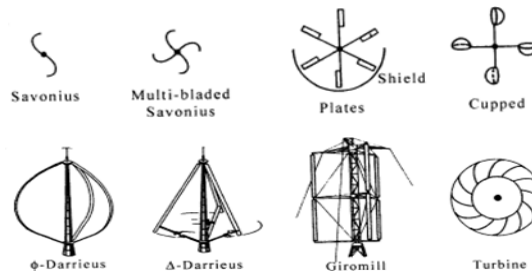
2.3.1 Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)

Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. Ada tiga tipe rotor pada turbin angin jenis ini, yaitu: Savonius, Darrieus, dan H rotor. Turbin Savonius memanfaatkan gaya drag sedangkan Darrieus dan H rotor memanfaatkan gaya *lift* (Yusuf Ismail Nakhoda, 2017). *VAWT* pertama kali ditemukan oleh peneliti bernama Georges Jean Marie Darrieus pada tahun 1931 (Sudrajat et al., 2020).

Sama halnya seperti *HAWT*, *VAWT* juga mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya, yaitu memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah, dinamo atau generator dapat ditempatkan di bagian bawah turbin sehingga mempermudah perawatan, tidak bising, dan kerja turbin tidak dipengaruhi arah angin. Kekurangannya yaitu kecepatan angin di bagian bawah sangat rendah sehingga apabila tidak memakai tower akan menghasilkan putaran yang rendah, dan efisiensi lebih rendah dibandingkan *HAWT* (Yusuf Ismail Nakhoda, 2017).

Turbin angin sumbu vertikal (*VAWT*) lebih efisien dibandingkan dengan turbin angin sumbu horizontal (*HAWT*) untuk aplikasi dengan kecepatan angin rendah karena kemampuannya untuk menangkap angin yang mengalir dari segala arah. Oleh karena itu, sistem *VAWT* lebih cocok untuk aplikasi perumahan dan perkotaan karena dapat diterapkan secara universal (Ponakala et al., 2017). *VAWT*

awalnya lebih berkembang untuk konversi energi mekanik, tetapi seiring dengan perkembangan desain, turbin tipe ini banyak digunakan untuk konversi energi listrik skala kecil (Yusuf Ismail Nakhoda, 2017). Gambar 2.1 menunjukkan macam-macam desain kincir angin VAWT.

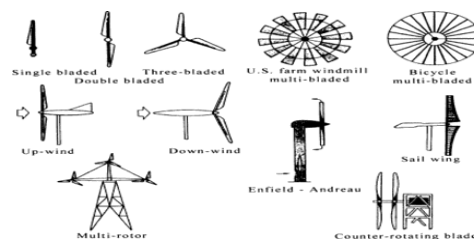


Gambar 2.1 Macam-macam desain kincir angin VAWT (Yusuf Ismail Nakhoda, 2017)

2.3.2 Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)

Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin (Sitorus et al., 2015). Agar rotor dapat berputar dengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor. Biasanya turbin jenis ini memiliki blade berbentuk *airfoil* seperti bentuk sayap pada pesawat. Secara umum semakin banyak jumlah blade, semakin tinggi putaran turbin (Yusuf Ismail Nakhoda, 2017).

Setiap desain rotor mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihan turbin jenis ini, yaitu memiliki efisiensi yang tinggi, dan *cut-in wind speed* rendah. Kekurangannya, yaitu turbin jenis ini memiliki desain yang lebih rumit karena rotor hanya dapat menangkap angin dari satu arah sehingga dibutuhkan pengarah angin (Yusuf Ismail Nakhoda, 2017). Turbin Angin Sumbu *Horizontal (HAWT)* berputar di sekitar sumbu yang sejajar dengan aliran angin, menjadikannya sangat cocok untuk pembangkitan energi skala besar (Md. Hasib Mahmud Mazumder, 2024). Gambar 2.2 menunjukkan macam-macam desain HAWT.

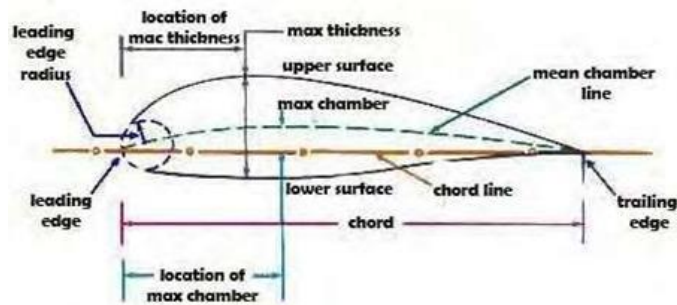


Gambar 2.2 Macam-macam desain turbin angin HAWT (Yusuf Ismail Nakhoda, 2017)

2.4 Airfoil

Aerofoil atau *Airfoil* adalah suatu bentuk geometri yang apabila ditempatkan di suatu aliran fluida akan memproduksi gaya *angkat (Lift)* lebih besar dari gaya *hambat (drag)*. Perbedaan tekanan antara permukaan atas dan bawah *airfoil* akan menimbulkan gaya resultan yang arahnya tegak lurus arah datangnya aliran fluida, gaya ini disebut sebagai gaya *angkat (lift)*. Gaya angkat yang dihasilkan oleh *airfoil* inilah yang kemudian dimanfaatkan pada berbagai aplikasi teknik (Wahyudi & Agung, 2021). Besar kecilnya gaya angkat yang terjadi akan berubah-ubah tergantung geometri *airfoil* dan kondisi operasinya.

Berdasarkan standar data *NACA*, *airfoil* tersebut mempunyai data-data teknis tiap bentuknya yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3



Gambar 2.3 Nomenklatur Airfoil (Surono et al., 2021).

Untuk *airfoil NACA*, telah dikeluarkan standar data beserta karakteristik aerodinamikanya yang dinyatakan dalam bentuk serial number yang terdiri dari 4 digit (Harahap & Sasongko, 2003). Yang mana setiap digitnya mempunyai arti sebagai berikut:

- Angka pertama: menunjukkan harga *maksimum chamber* dalam prosentase terhadap *chord*.
- Angka kedua: menunjukkan lokasi dari *maksimum chamber* dalam persepuluh *chord*.
- Dua angka terakhir: menunjukkan *maksimum thickness* dalam prosentase *chord*.

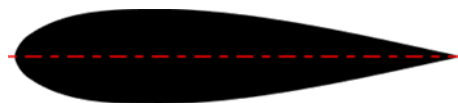
Berdasarkan bentuk serial number dari *NACA* tersebut, maka untuk *airfoil simetris* dua angka pertama adalah sama dengan nol, karena bentuk dari *airfoil simetris* tersebut tidak berchamber, dalam artian harga chamber-nya selalu nol (Harahap & Sasongko, 2003). Dengan pengertian variabel geometris *airfoil* berikut adalah istilah-istilah yang terdapat pada *Airfoil*:

1. *Leading Edge* adalah bagian yang paling depan dari sebuah *airfoil* dimana aliran udara pertama kali.
2. *Trailing Edge* adalah bagian yang paling belakang dari sebuah *airfoil* dimana aliran udara keluar dari permukaan *airfoil*.
3. *Chamber line* adalah garis yang membagi sama besar antara permukaan atas dan permukaan bawah dari *airfoil mean chamber line*.
4. *Chord line* adalah garis lurus yang menghubungkan *leading edge* dengan *trailing edge* dari *airfoil*.
5. *Chord* adalah jarak antara *leading edge* dengan *trailing edge*.
6. *Maksimum chamber* adalah jarak maksimum antara *mean chamber line* dan *chord line*. Posisi *maksimum chamber* diukur dari *leading edge* dalam bentuk persentase *chord*.
7. *Maksimum thickness* adalah jarak maksimum antara permukaan atas dan permukaan bawah *airfoil* yang juga diukur tegak lurus terhadap *chord line*.

Semua bagian ini berperan penting dalam menghasilkan daya angkat dan gaya hambat (drag) pada *airfoil* ketika ditempatkan dalam aliran udara.

2.5 *Airfoil Simetris*

Airfoil simetri adalah suatu bentuk *airfoil* yang permukaan atas dan bawah luasnya sama (Surono et al., 2021). Gambar 2.4 menunjukkan geometri dari *airfoil simetris*.



Gambar 2.4 *Airfoil simetris* (Lufti & Harjanto, 2023).

Airfoil simetris umumnya digunakan pada permukaan kontrol seperti *stabilizer horizontal* dan *stabilizer vertikal* (Rudder dan Elevator). *Airfoil simetris* ini didefinisikan dalam keluarga 4-digit, tetapi dua digit pertama ditetapkan sebagai nol. *Airfoil simetris* tidak memiliki *camber*, hanya memiliki ketebalan (Tilvaldyev, 2023).

2.6 *NACA Airfoil*

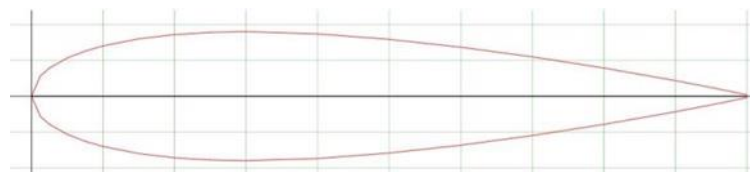
NACA airfoil adalah salah satu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dan dengan bantuan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk

memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bodi *airfoil*. *Geometri airfoil* memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik aerodinamika dengan parameter penting berupa CL , dan kemudian akan terkait dengan *lift* (gaya angkat yang dihasilkan) (Lufti & Harjanto, 2023). *NACA* merupakan salah satu referensi untuk pemilihan *airfoil* yang populer saat ini. Pengujian yang dilakukan *NACA* lebih sistematis dengan membagi pengaruh efek kelengkungan dan distribusi ketebalan atau *thickness* serta pengujiannya dilakukan pada berbagai nilai bilangan Reynold (Wahyudi & Agung, 2021).

2.7 *Airfoil NACA* seri 4 digit

Pada *airfoil NACA* seri empat digit, digit pertama menyatakan persen *maksimum chamber* terhadap *chord*. Digit kedua menyatakan persepuluh posisi *maksimum chamber* pada *chord* dari *leading edge*. Sedangkan dua digit terakhir menyatakan persen ketebalan *airfoil* terhadap *chord* seperti pada Gambar 2.5 (Andinata Sitepu, 2015). Contohnya *airfoil* yang digunakan pada penelitian ini adalah *airfoil NACA 0018*. *Airfoil NACA 0018* ini memiliki arti sebagai berikut:

- “00” menunjukkan bahwa profil sayap ini simetris, artinya tidak memiliki kelengkungan (*chamber*).
- “18” menunjukkan ketebalan maksimum profil sayap, yaitu 18% dari panjang *chord* (garis lurus dari tepi depan ke tepi belakang profil sayap).



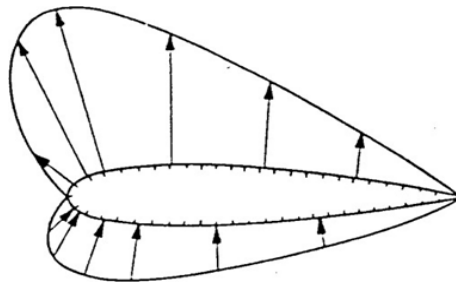
Gambar 2.5 *Airfoil NACA 0018* simetris (Tilvaldyev, 2023)

Karena simetris, *NACA 0018* menghasilkan gaya angkat nol pada sudut serang nol.

2.8 Distribusi Tekanan Pada *Airfoil*

Ketika sebuah aliran udara bergerak melewati sebuah *airfoil*, maka akan terdapat perbedaan kecepatan lokal di sekeliling *airfoil*, dan hal ini mengakibatkan perbedaan tekanan statis di sekeliling *airfoil* seperti pada Gambar 2.6. Kecepatan aliran yang besar akan menyebabkan tekanannya menjadi kecil, dan hal ini juga berlaku kebalikannya. Apabila tekanan yang dikaji lebih besar dari tekanan udara bebas, maka tekanan tersebut disebut dengan tekanan positif, sedangkan apabila

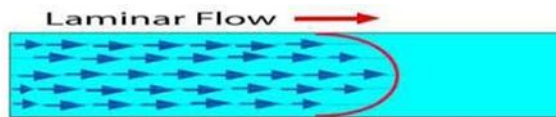
lebih kecil dari tekanan udara bebas maka disebut dengan tekanan negatif, atau biasa disebut dengan tekanan suction (Arif maulana ghofar, 2018).



Gambar 2.6 Distribusi tekanan (Arif maulana ghofar, 2018)

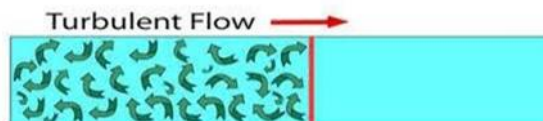
2.9 Aliran Fluida

Aliran fluida dapat dikategorikan menjadi 3 macam yaitu Aliran laminar, Aliran turbulen, dan Aliran transisi. Aliran laminar adalah aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan, atau laminar-laminar dengan satu lapisan meluncur secara lancar, teratur dan sejajar satu sama lain seperti pada Gambar 2.7. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relative antara lapisan. Sehingga aliran laminar memenuhi hukum viskositas Newton (Lufti & Harjanto, 2023).



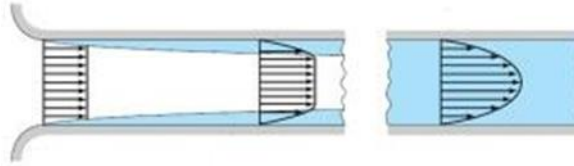
Gambar 2.7 Aliran laminar (Lufti & Harjanto, 2023).

Aliran turbulen adalah aliran dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar seperti pada Gambar 2.8. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian – kerugian aliran (Lufti & Harjanto, 2023).



Gambar 2.8 Aliran turbulen (Lufti & Harjanto, 2023).

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen (Lufti & Harjanto, 2023). Atau sebaliknya seperti pada Gambar 2.9. Pada kondisi ini, karakteristik aliran tidak sepenuhnya laminar maupun turbulen.



Gambar 2.9 Aliran transisi (Lufti & Harjanto, 2023).

2.10 Bilangan Reynold

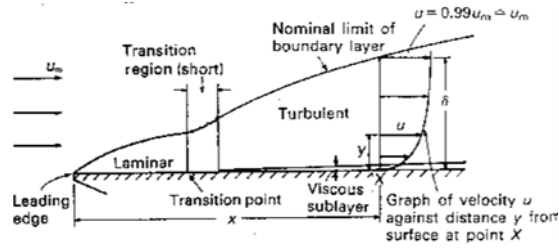
Pada tahun 1884 Osborne Reynold melakukan percobaan untuk menunjukkan sifat-sifat aliran laminar dan turbulen. Reynold menunjukkan bahwa untuk kecepatan aliran yang kecil fluida akan mengalir secara lurus seperti benang yang sejajar. Apabila kecepatan fluida ditambah maka aliran akan bergelombang yang akhirnya pecah dan menyebar. Kecepatan pada saat aliran mulai pecah disebut aliran kritik (Arif maulana ghofar, 2018).

Menurut Reynold, ada tiga faktor yang mempengaruhi keadaan aliran yaitu kekentalan fluida μ (mu), rapat massa fluida ρ (rho) dan luas penampang dari benda. Reynold menunjukkan bahwa aliran dapat diklasifikasikan berdasarkan suatu angka tertentu. Angka tersebut diturunkan dengan membagi kecepatan aliran dengan nilai $\mu / \rho l$, yang disebut dengan Bilangan Reynold (Arif maulana ghofar, 2018). Bilangan Reynold didapatkan dari Persamaan (2.1) (Amat Chaeroni, 2022).

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \quad (2.1)$$

Dimana Re adalah bilangan Reynold, V adalah kecepatan rata-rata udara (m/s), D adalah panjang karakteristik (m), μ adalah *Dynamic Viscosity* (Pa), ρ adalah kerapatan udara (kg/m³), dan ν adalah *Kinematic Viscosity* (didefinisikan sebagai $\nu = \mu / \rho$) (m²/s) (Amat Chaeroni, 2022).

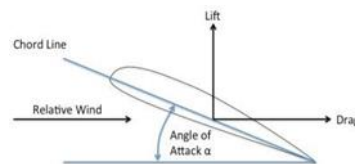
Bilangan Reynold atau Reynold number adalah suatu bilangan tanpa dimensi yang menganalisa gaya inersia fluida (Amat Chaeroni, 2022). Arti penting dari angka ini adalah untuk membedakan aliran udara dari engine seperti aliran laminar, transisi, atau turbulen seperti pada Gambar 2.10 dimana $Re \leq 2000$ Aliran Laminar, $2000 \leq Re \leq 4000$ Aliran Transisi, $Re \geq 4000$ Aliran Turbulen (Amat Chaeroni, 2022).



Gambar 2.10 Boundary layer pada permukaan rata (Amat Chaeroni, 2022).

2.11 Sudut Serang (*Angle Of Attack*)

Sudut serang adalah sudut yang dibentuk oleh tali busur sebuah *airfoil* dan arah aliran udara yang melewatinya (*relative wind*). Biasanya diberi tanda α (*alpha*) seperti pada Gambar 2.11 (Lufti & Harjanto, 2023). Untuk *airfoil simetris*, besar *Lift* yang dihasilkan akan nol bila sudut serang nol, sedang pada *airfoil* tidak simetris sekalipun sudut serang nol tetapi gaya angkat telah timbul. Gaya angkat menjadi nol bila *airfoil* tidak simetris membentuk sudut negatif terhadap aliran udara. Sudut serang dimana gaya angkat sebesar nol ini disebut *zero angle Lift* (Wahyudi & Agung, 2021).



Gambar 2.11 *angle of attack* (Wahyudi & Agung, 2021).

2.12 Koefisien Angkat (CL)

Koefisien angkat, yang umumnya disingkat sebagai *CL*, adalah angka yang digunakan untuk membandingkan kinerja profil dan sayap. Koefisien angkat juga merupakan salah satu variabel yang masuk ke dalam persamaan angkat atau rumus angkat. Koefisien angkat adalah angka yang digunakan oleh para insinyur untuk memodelkan semua ketergantungan kompleks dari bentuk, kemiringan, dan beberapa kondisi aliran terhadap ketinggian (Tilvaldyev, 2023). Persamaan ini pada dasarnya adalah pengaturan ulang dari persamaan angkat di mana koefisien angkat diselesaikan dalam bentuk variabel-variabel lainnya. Koefisien angkat didapatkan dari Persamaan 2.2 (Tilvaldyev, 2023).

$$CL = \frac{2L}{\rho SV^2} \quad (2.2)$$

Dimana CL koefisien *lift*, L adalah gaya *lift*, ρ (kg/m³) adalah densitas fluida, V (m/s) adalah kecepatan aliran dan S (m²) menunjukkan luas area (Tilvaldyev, 2023).

2.13 Koefisien Hambatan (Cd)

Koefisien hambatan (*drag coefficient*) adalah besaran tak berdimensi yang digunakan untuk mengukur hambatan atau resistansi suatu objek dalam lingkungan fluida, seperti udara atau air. Koefisien hambatan ini digunakan dalam persamaan hambatan (*drag equation*), di mana koefisien hambatan yang lebih rendah menunjukkan bahwa objek tersebut akan memiliki hambatan aerodinamis atau hidrodinamis yang lebih kecil. Koefisien hambatan selalu terkait dengan luas permukaan tertentu.

Koefisien hambatan dari suatu objek mencakup efek dari dua faktor dasar penyumbang hambatan dinamis fluida: gesekan kulit (*skin friction*) dan hambatan bentuk (*shape drag*). Koefisien hambatan aerodinamis dari sayap (*airfoil*) juga mencakup efek dari hambatan yang diinduksi oleh gaya angkat (*lift-induced drag*). Persamaan 2.3 menunjukkan rumus untuk koefisien hambatan (Tilvaldyev, 2023).

$$CD \frac{2D}{\rho SV^2} \quad (2.3)$$

Dimana CD adalah *koefisien drag*, D adalah gaya *drag*, ρ (kg/m³) adalah densitas fluida, V adalah kecepatan aliran dan S (m²) menunjukkan luas area (Tilvaldyev, 2023).

2.14 Windtunnel

Terowongan angin atau *windtunnel* sering digunakan dalam berbagai bidang seperti aerodinamika, teknik, dan fisika, melalui bidang tersebut terowongan angin memegang peranan penting dalam kehidupan manusia contohnya desain pesawat terbang dan bodi mobil dengan adanya terowongan angin ini yang fungsinya untuk mensimulasi sebuah kondisi udara terhadap suatu model (Imam Maulana Idris, 2019).

Teknik uji coba aerodinamik pada alat ini adalah dengan menempatkan objek pada *test section*. Pada *test section* akan diketahui performansi aerodinamik pada titik tertentu dari model tersebut yang pada akhirnya melahirkan kesimpulan kelayakan model. Kecepatan angin uji dapat divariasikan mulai dari kecepatan rendah hingga kecepatan tinggi. Arah angin juga dapat direkayasa dengan

mengubah derajat posisi kedudukan atau sudut serang objek pada *test section*. Terdapat dua jenis rangkaian *windtunnel*, yaitu rangkaian terbuka dan rangkaian tertutup. Pada rangkaian terbuka, udara mengikuti aliran lurus dari jalur masuk melalui bagian intake lalu menuju *test section* dan *diffuser* seperti pada Gambar 2.12 (Gema pandji erlangga, 2017).



Gambar 2.12 Terowongan angin (*Windtunnel*)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan

3.1.1 Tempat

Tempat perancangan dan pembuatan dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri, No.3 Medan.

3.1.2 Waktu

Pelaksanaan penelitian dimulai setelah mendapatkan persetujuan dari dosen pembimbing untuk melakukan penelitian, yang tersusun pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Jadwal kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		11	12	1	2	3	4
1	Pengajuan judul						
2	Menyediakan alat dan bahan						
3	Studi literatur Mendesain dan pembuatan <i>airfoil NACA 0018</i>						
4	Pengujian alat menggunakan proses experimental						
5	Penyelesaian skripsi						

3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam studi experimental ini adalah:

3.2.1 Terowongan Angin (*wind tunnel*)

Terowongan angin (*wind tunnel*) yang digunakan untuk menjalankan proses eksperimen seperti pada Gambar 3.1 dengan spesifikasi pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Spesifikasi Terowongan angin (*wind tunnel*) yang digunakan

No	Keterangan	Spesifikasi
1	Tegangan motor listrik	220/380V /50Hz
2	Kecepatan putaran motor listrik	2840r/min
3	Daya motor listrik	0.75 kW

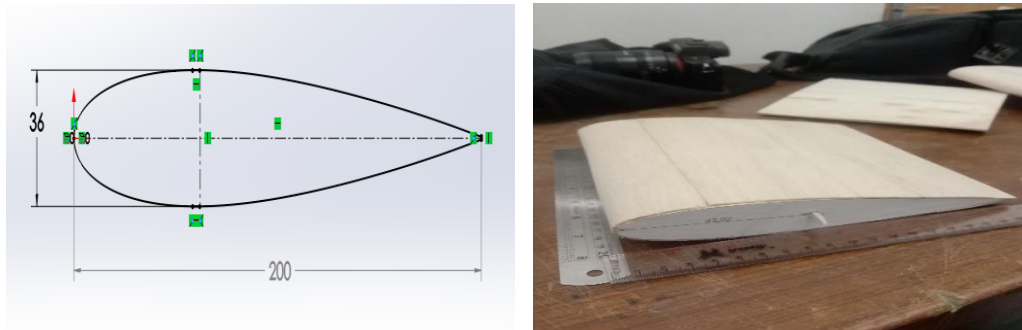


Gambar 3. 1 Terowongan angin (*Windtunnel*)

3.2.2 Menentukan Dan Membuat Model *Airfoil*

Airfoil yang digunakan pada penelitian adalah model *NACA 0018*. Bahan yang digunakan adalah kayu balsa dengan panjang *chord* 200 mm dan lebar span 200 mm dan mengikuti dengan model *airfoil* yang sudah jadi seperti pada Gambar 3.2.

Pada Tabel 3.3 merupakan keterangan dari ukuran *airfoil* yang digunakan.



Gambar 3. 2 Hasil pembuatan *airfoil*

Tabel 3. 3 Keterangan ukuran *airfoil*

No	Parameter	Keterangan
1	Panjang <i>chord</i>	200 mm
2	Lebar <i>span airfoil</i>	200 mm
3	Ketebalan maksimum <i>airfoil</i>	36 mm
4	Posisi <i>thickness</i> maksimum	58,12 mm dari <i>leading edge</i>

3.2.3 Bahan Yang Digunakan

1. Literatur

Bahan berupa studi literatur yang berisi hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang sudah dikerjakan.

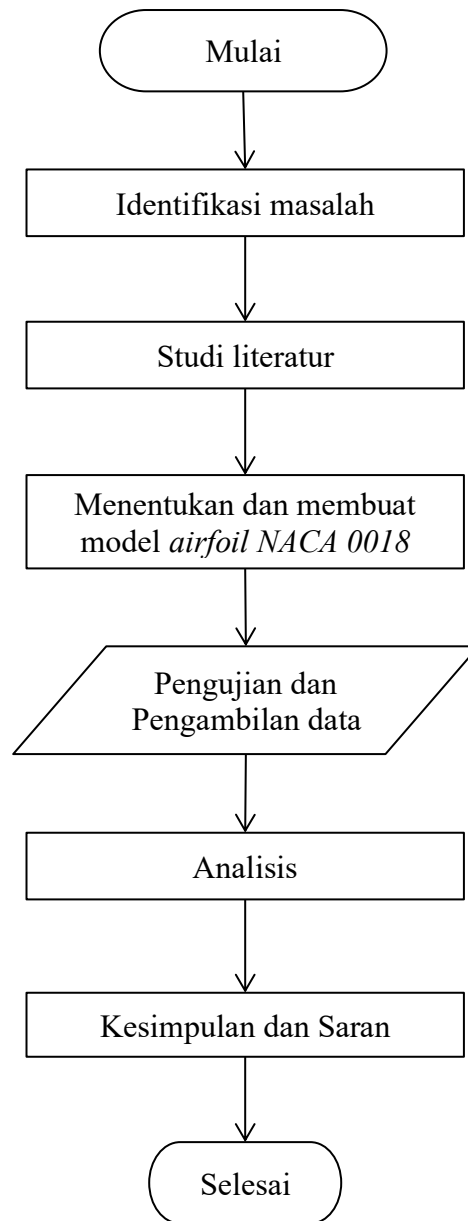
2. Buku-buku referensi.

Bahan yang berupa buku sebagai referensi yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dikerjakan dan mendapat landasan teori sesuai dengan penelitian.

3. Jurnal-jurnal

Jurnal berupa ketikan berisi penelitian terdahulu berkaitan dengan penelitian yang sedang dikerjakan.

3.3 Diagram Alir



Gambar 3.3 Diagram alir

3.4 Set Up Alat Uji



Gambar 3.4 Set up alat uji

Keterangan :

1. *Airfoil NACA 0018*
2. *Load cell gaya lift*
3. *Load cell gaya drag*
4. *Anemometer*
5. *Fan controller*
6. *Tes section*
7. *Komputer anemometer*
8. *Komputer menghitung lift dan drag*

3.5 Prosedur perancangan

Pada tahapan ini *airfoil* yang digunakan adalah model *airfoil NACA 0018* menggunakan bahan dari kayu balsa dengan mengikuti model yang sudah jadi. Adapun langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

1. Gunakan data profil *NACA 0018* untuk menggambar bentuk *airfoil* pada permukaan kayu balsa dan potong kayu sesuai gambar menggunakan pisau cutter seperti pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Pemotongan kayu balsa dengan model *airfoil NACA 0018*

2. Haluskan permukaan *airfoil* dengan amplas agar memiliki permukaan yang rata seperti pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Bentuk *airfoil* NACA 0018 pada kayu balsa

3. Satukan profil yang sudah terbentuk dalam bentuk rangkai yang presisi seperti pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Rangkai *airfoil* NACA 0018

4. Tempelkan kayu balsa dengan ketebalan lebih tipis pada rangka *airfoil* yang sudah diolesi lem seperti pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Proses penempelan kayu balsa pada rangka *airfoil*

5. Pada Gambar 3.9 hasil jadi *airfoil* jenis NACA 0018 pada kayu balsa telah selesai dirancang dan kemudian akan diuji pada terowongan angin



Gambar 3.9 Hasil jadi dari *airfoil* NACA 0018

3.6 Prosedur Experimental

Adapun untuk melakukan experimental pada terowongan angin dengan melakukan tahapan berikut ini yaitu:

1. Pasang *airfoil* pada meja pengujian (*test section*) seperti pada Gambar 3.10 - 3.13 dan atur sudut serang (*angle of attack*) pada profil sayap dengan posisi pengujian 0° , 15° , 25° , dan 35°



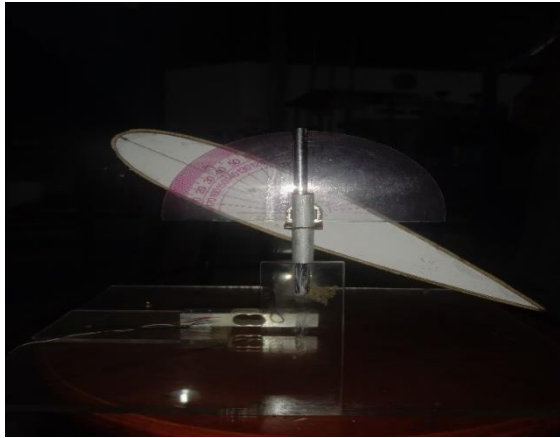
Gambar 3.10 *Airfoil* sudut serang 0°



Gambar 3.11 *Airfoil* sudut serang 15°



Gambar 3.12 *Airfoil* sudut serang 25°



Gambar 3.13 *Airfoil* sudut serang 35°

2. Pasang meja pengujian (*Test section*) yang sudah dilengkapi alat ukur *load cell* untuk mengukur gaya angkat (*lift*) dan gaya hambat (*drag*) pada *airfoil* seperti pada Gambar 3.14 di dalam Terowongan angin.



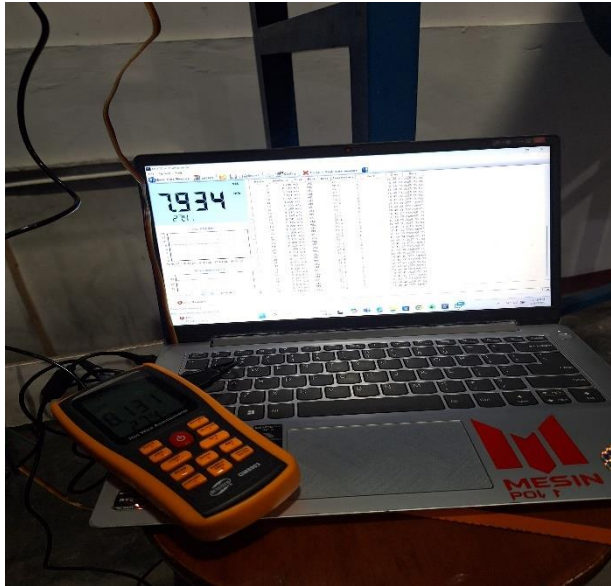
Gambar 3.14 Meja pengujian (*Test section*)

3. Nyalakan kipas pada *windtunnel* seperti pada Gambar 3.15 dan atur frekuensi pada *fan controller* untuk mencapai kecepatan udara sesuai dengan variasi kecepatan yang digunakan yaitu 2 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s dan 8 m/s



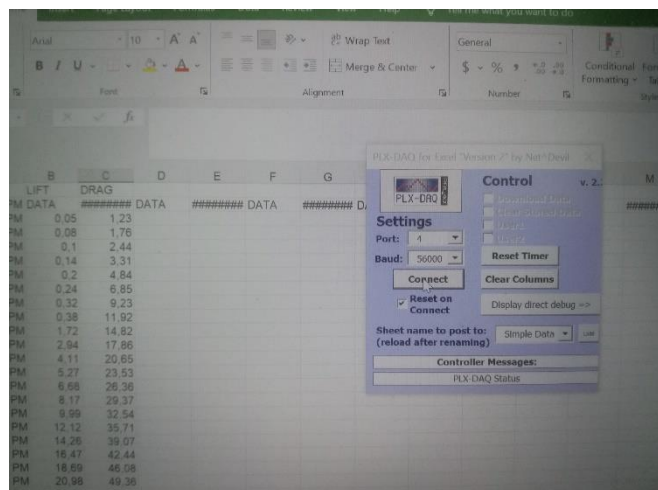
Gambar 3.15 *Fan controller*

4. Setelah mengatur frekuensi dari putaran kipas pada *windtunnel* ukur kecepatan angin menggunakan alat ukur *anemometer* seperti pada Gambar 3.16 untuk memastikan kecepatan sudah sesuai dengan variasi kecepatan angin yang digunakan.



Gambar 3.16 *Anemometer*

5. Setelah kecepatan udara stabil, klik connect pada software PLX-DAQ di excel seperti pada Gambar 3.17 untuk memulai pencatatan gaya angkat dan gaya hambat yang terukur oleh *load cell*.



Gambar 3.17 Software PLX-DAQ

6. Mengulangi percobaan sebanyak tiga kali untuk memperoleh data rata-rata dari percobaan yang dilakukan.
7. Selesai.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Percobaan

Berdasarkan teori dan metodologi yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka didapatkan hasil data tugas akhir sebagai berikut.

4.1.1 Hasil Eksperimen

Eksperimen dilakukan pada *windtunnel* menggunakan kecepatan angin 2 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s, dan 8 m/s. Adapun yang diukur adalah gaya angkat dan gaya hambat dengan satuan Newton pada sudut serang 0° , 15° , 25° , dan 35° . Untuk hasil pengukuran dan grafik akan ditampilkan berikut.

- Kecepatan Angin 2 m/s

Percobaan pertama dilakukan dengan kecepatan angin 2 m/s sebanyak 3 kali pengambilan data. Kemudian diambil nilai rata-rata dari hasil pengambilan data pada setiap sudut serang.

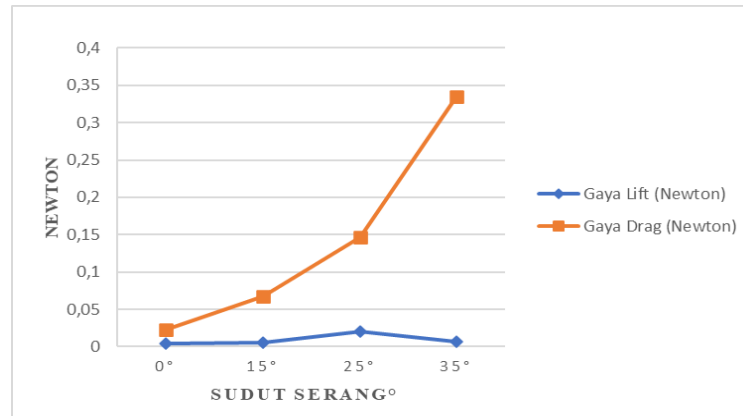


Gambar 4. 1 Grafik gaya angkat dan gaya hambat terhadap sudut serang dengan kecepatan angin 2 m/s

Menjelaskan bahwa pada Gambar 4.1 percobaan dengan kecepatan angin 2 m/s dapat dilihat pada grafik di atas menunjukkan bahwa semakin besar sudut serang maka nilai dari gaya drag semakin meningkat. Pada sudut serang 35° *airfoil* mengalami gaya drag tertinggi dengan nilai 0,088 Newton. Sedangkan untuk gaya lift hampir tidak terjadi apa-apa di setiap sudut serang.

- Kecepatan Angin 4 m/s

Untuk percobaan kedua dilakukan dengan kecepatan angin 4 m/s sebanyak 3 kali pengambilan data. Kemudian di ambil nilai rata-rata dari hasil pengambilan data pada setiap sudut serang.

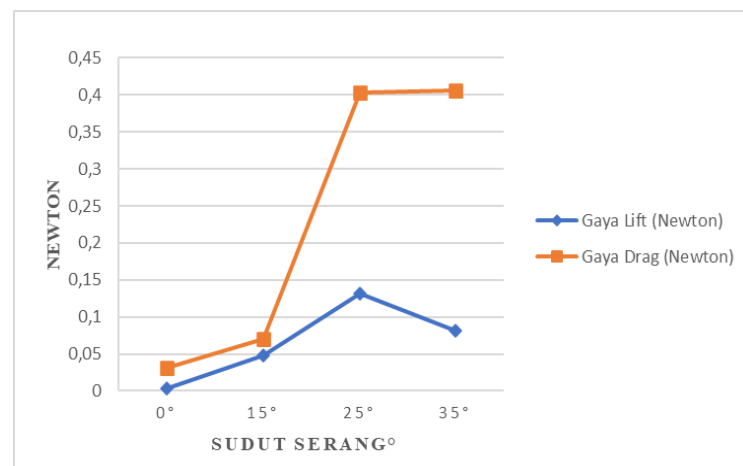


Gambar 4.2 Grafik gaya angkat dan gaya drag terhadap sudut serang dengan kecepatan angin 4 m/s

Percobaan dengan kecepatan angin 4 m/s dapat dilihat pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin besar sudut serang maka nilai dari gaya drag semakin meningkat. Pada sudut serang 35° *airfoil* mengalami gaya drag tertinggi dengan nilai 0,335 Newton. Sedangkan untuk gaya lift hampir tidak terjadi apa-apa di semua rentang sudut serang.

- Kecepatan Angin 5 m/s

Percobaan ketiga dilakukan dengan kecepatan angin 5 m/s sebanyak tiga kali pengambilan data pada setiap sudut serang. Kemudian diambil nilai rata-rata untuk gaya angkat dan gaya hambat.

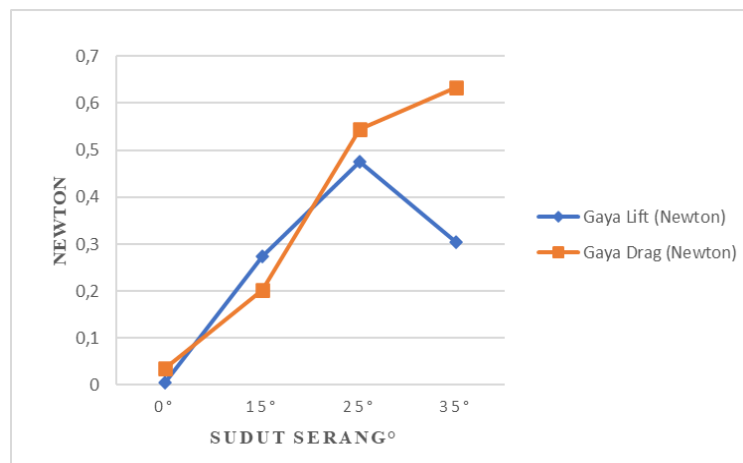


Gambar 4. 3 Grafik gaya angkat dan gaya drag terhadap sudut serang dengan kecepatan angin 5 m/s

Percobaan dengan kecepatan angin 5 m/s dapat dilihat pada Gambar 4.3 menjelaskan bahwa semakin besar sudut serang maka nilai gaya *lift* cenderung meningkat, pada sudut serang 25° *airfoil* mengalami gaya *lift* tertinggi dengan nilai 0,131 Newton dan lalu menurun pada sudut serang 35° . Sedangkan untuk gaya drag terus meningkat seiring dengan peningkatan sudut serang, pada sudut serang 35° *airfoil* mengalami gaya drag tertinggi dengan nilai 0,406 Newton.

- Kecepatan Angin 6 m/s

Percobaan keempat dilakukan dengan kecepatan angin 6 m/s sebanyak tiga kali pengambilan data pada setiap sudut serang. Kemudian diambil nilai rata-rata untuk gaya angkat dan gaya hambat.

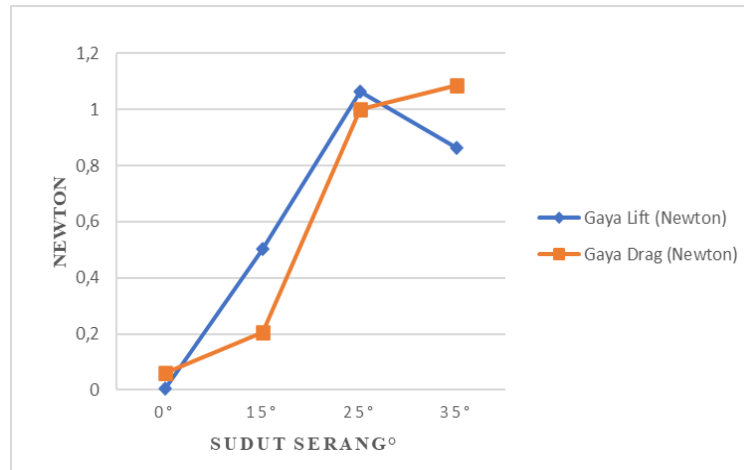


Gambar 4. 4 Grafik gaya angkat dan gaya hambat terhadap sudut serang dengan kecepatan angin 6 m/s

Percobaan dengan kecepatan angin 6 m/s dapat dilihat pada Gambar 4.4 menjelaskan bahwa semakin besar sudut serang maka nilai dari gaya *lift* terus meningkat dan lalu menurun pada sudut serang 35° . Untuk gaya *lift* tertinggi terjadi pada sudut serang 25° dengan nilai 0,475 Newton. Sedangkan untuk gaya *drag* terus meningkat seiring dengan peningkatan sudut serang, pada sudut serang 35° *airfoil* mengalami gaya drag terbesar dengan nilai 0,634 Newton.

- Kecepatan Angin 8 m/s

Percobaan kelima dilakukan dengan kecepatan angin 8 m/s sebanyak tiga kali pengambilan data pada setiap sudut serang. Kemudian diambil nilai rata-rata untuk gaya angkat dan gaya hambat.

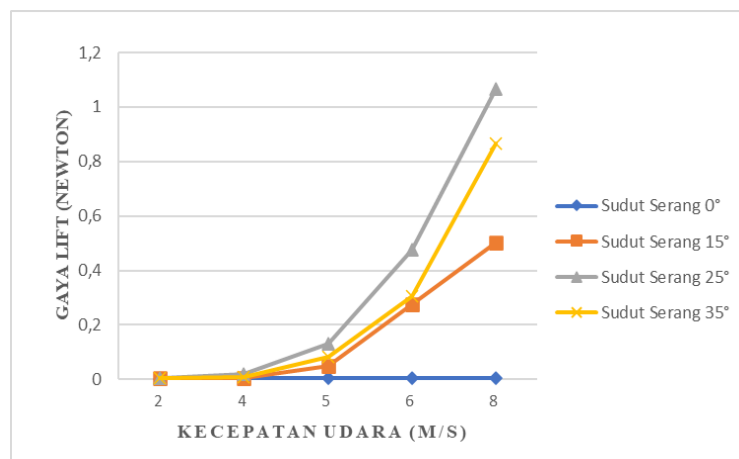


Gambar 4. 5 Grafik gaya angkat dan gaya hambat terhadap sudut serang dengan kecepatan angin 8 m/s

Percobaan dengan kecepatan angin 8 m/s dapat dilihat pada Gambar 4.5 menjelaskan bahwa semakin besar sudut serang maka nilai dari gaya *lift* semakin meningkat dan lalu menurun pada sudut serang 35°. Untuk gaya *lift* tertinggi terjadi pada sudut serang 25° dengan nilai 1,065 Newton. Sedangkan untuk gaya drag terus meningkat seiring dengan peningkatan sudut serang, pada sudut serang 35° *airfoil* mengalami gaya *drag* tertinggi dengan nilai 1,087 Newton.

4.2 Grafik Gaya Lift (Newton)

Berikut adalah grafik dari gaya angkat terhadap sudut serang



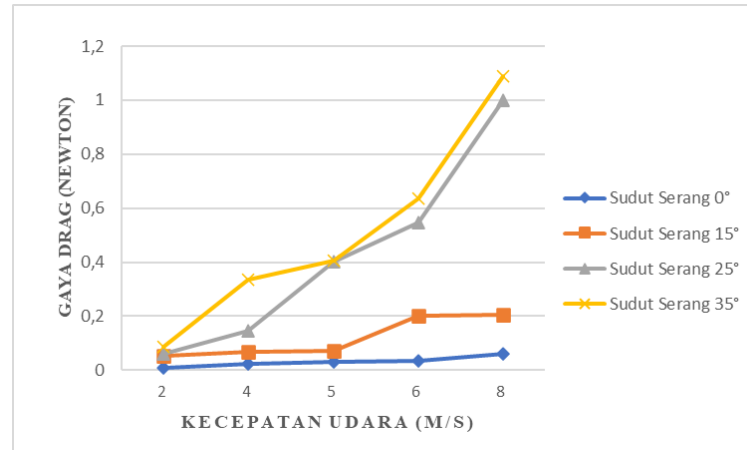
Gambar 4. 6 Grafik nilai gaya angkat terhadap sudut serang

Menjelaskan bahwa pada Gambar 4.6 gaya angkat dipengaruhi oleh variasi kecepatan udara dan sudut serang, dapat dilihat hasil gaya angkat dengan variasi kecepatan, semakin besar nilai dari kecepatan angin maka semakin besar nilai dari gaya angkat. Untuk perbandingan kecepatan angin dapat dilihat antara kecepatan 2

m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s dan 8 m/s nilai gaya angkat rata-rata paling tinggi terdapat pada kecepatan 8 m/s. Untuk gaya lift tertinggi terjadi pada sudut serang 25° dengan nilai 1,065 Newton.

4.3 Grafik Gaya Drag (Newton)

Berikut adalah grafik gaya hambat terhadap sudut serang



Gambar 4. 7 Grafik nilai gaya hambat terhadap sudut serang

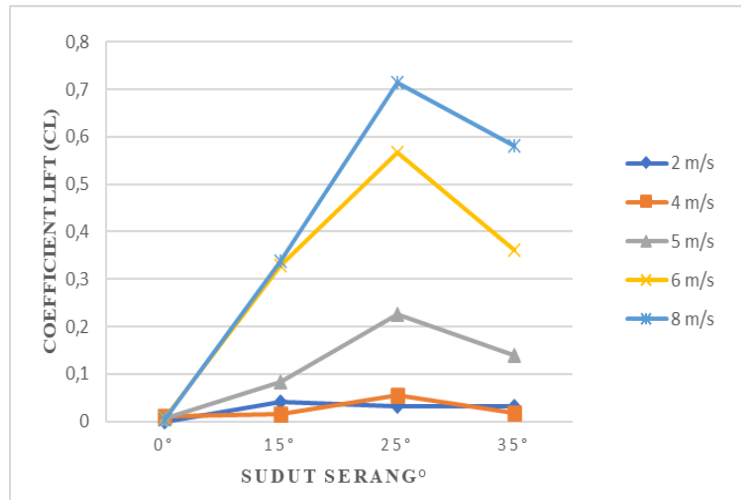
Menjelaskan bahwa pada Gambar 4.7 gaya drag dipengaruhi oleh variasi kecepatan udara, dapat dilihat hasil gaya drag dengan variasi kecepatan udara, semakin besar nilai dari kecepatan udara maka semakin besar nilai dari gaya drag. Untuk perbandingan kecepatan 2 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s dan 8 m/s nilai gaya *drag* maksimum rata-rata tertinggi terdapat pada kecepatan udara 8 m/s. pada sudut serang 35° *airfoil* mengalami gaya drag tertinggi dengan nilai 1,087 Newton.

4.4 Perhitungan *Coefficient Lift* Dan *Coefficient Drag*

Untuk mendapatkan nilai koefisien angkat dan hambat, maka hasil pengukuran gaya angkat dan gaya hambat perlu diolah terlebih dahulu. Gaya angkat yang didapat dibagi dengan dynamic pressure dan luas permukaan *airfoil*. *Dynamic pressure* didapat dari massa jenis udara dikalikan dengan kecepatan udara kuadrat. Rumus tersebut berlaku juga untuk menghitung koefisien hambat. Untuk hasil perhitungan koefisien angkat dan koefisien hambat ditampilkan pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9

4.5 Perbandingan Koefisien Angkat Dengan Sudut Serang

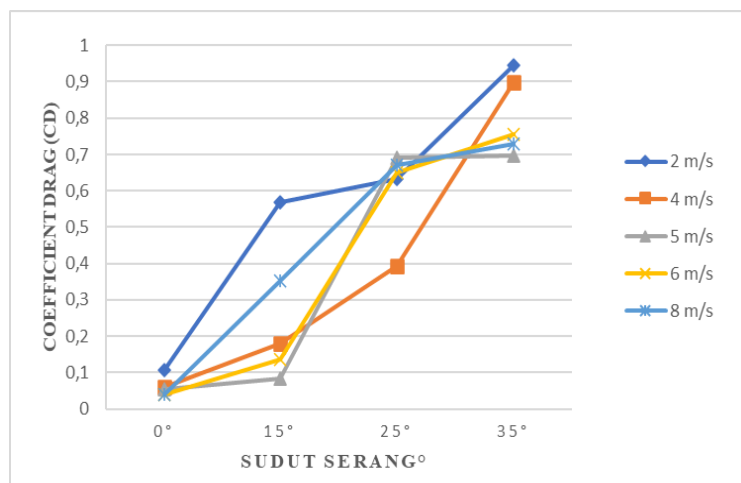
Dari hasil perhitungan koefisien angkat pada semua kecepatan udara, kemudian diplot pada grafik terhadap sudut serang.



Gambar 4. 8 Grafik perbandingan koefisien angkat terhadap sudut serang

4.6 Perbandingan Koefisien Hambat Dengan Sudut Serang

Dari hasil perhitungan koefisien hambat pada semua kecepatan udara, kemudian diplot pada grafik terhadap sudut serang.



Gambar 4. 9 Grafik perbandingan koefisien hambat terhadap sudut serang

4.7 Pembahasan

Setelah didapatkan data-data di atas, berikut merupakan pembahasan dari hasil percobaan.

4.8 Analisis Perbandingan Koefisien Angkat Dengan Sudut Serang

Pada gambar 4.8 terdapat grafik perbandingan koefisien angkat hasil percobaan dengan semua kecepatan udara terhadap sudut serang. Semakin besar kecepatan angin maka nilai dari koefisien angkat dari *airfoil* akan meningkat. Begitu juga dengan sudut serang, semakin besar sudut serang maka nilai koefisien

angkat dari *airfoil* juga semakin besar. Tetapi seiring meningkatnya sudut serang pada sudut serang 35° *airfoil* hampir mengalami *stall*.

4.9 Analisis Perbandingan Koefisien Hambat Dengan Sudut Serang

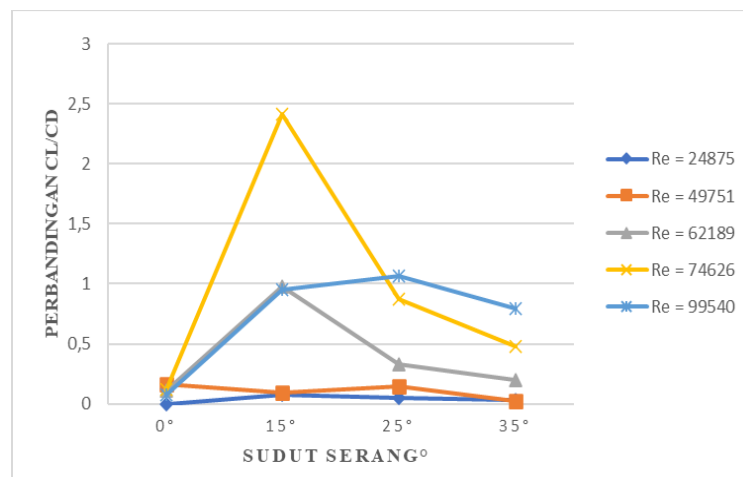
Pada gambar 4.9 menunjukkan grafik perbandingan dari koefisien hambat dengan semua kecepatan udara dari percobaan dengan sudut serang. Sama halnya dengan analisis di atas, semakin besar kecepatan udara dan sudut serang dari *airfoil* maka nilai dari koefisien hambat semakin besar. Dapat dilihat dari gambar 4.9 nilai koefisien hambat tertinggi rata-rata pada sudut serang 35° .

4.10 Perhitungan Perbandingan Koefisien Lift Dan Koefisien Drag

Untuk mendapatkan nilai dari perbandingan *koefisien lift* dan *koefisien drag*, maka hasil dari perhitungan koefisien lift dan koefisien drag perlu diolah terlebih dahulu. Yaitu dengan cara membagi nilai Cl dengan nilai CD

4.11 Grafik Koefisien Lift Dan Koefisien Drag

Dari hasil perhitungan perbandingan koefisien lift dan koefisien drag pada semua kecepatan udara, kemudian diplot pada grafik terhadap sudut serang



Gambar 4. 10 Perbandingan *coefficient lift* dan *coefficient drag*

Hubungan antara efisiensi aerodinamik (Cl/Cd) terhadap sudut serang (α) masing-masing kecepatan udara pada sudut serang 15° efisiensi aerodinamik (Cl/Cd) *NACA 0018* seperti pada Gambar 4.10 mengalami peningkatan yang signifikan perbandingan *coefficient lift/coefficient drag* cenderung meningkat seiring dengan peningkatan sudut serang hingga mencapai titik puncak, kemudian menurun setelah melewati sudut serang optimal dapat dilihat pada kecepatan 6 m/s perbandingan Cl/Cd mencapai nilai tertinggi pada sudut serang 15° dengan nilai

2,411 menunjukkan efisiensi aerodinamis yang optimal pada titik tersebut kemudian menurun seiring dengan peningkatan sudut serang. Sementara itu, pada kecepatan udara yang lebih rendah menunjukkan perbandingan Cl/Cd yang relatif rendah diseluruh rentang sudut serang yang diuji.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis data yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Eksperimen dilakukan pada *windtunnel* menggunakan kecepatan angin 2 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s, dan 8 m/s pada sudut serang 0° , 15° , 25° , dan 35° . Berdasarkan hasil analisis, ditemukan bahwa kecepatan udara memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai dari *coefficient lift* dimana semakin besar kecepatan angin atau bilangan Reynold maka nilai dari *coefficient lift* dari *airfoil* akan meningkat. Namun, seiring dengan peningkatan sudut serang *airfoil* akan memasuki kondisi *stall* dimana pada penelitian ini dapat dilihat pada sudut serang 35° *airfoil* hampir memasuki kondisi *stall*.
- b. Pengaruh kecepatan angin terhadap *coefficient drag* pada *airfoil NACA 0018*. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di terowongan angin dengan variasi kecepatan angin, dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai *coefficient drag*, dimana nilai *coefficient drag* akan meningkat seiring bertambahnya kecepatan udara. Begitu juga untuk sudut serang, semakin besar sudut serang maka gaya hambat semakin besar.
- c. Kecepatan aliran udara dan sudut serang mempunyai pengaruh pada *coefficient lift* dan *coefficient drag* dari *airfoil*. Semakin besar kecepatan udara maka *coefficient* angkat dan *coefficient* hambat yang dialami oleh *airfoil* semakin besar. Begitu juga untuk sudut serang, semakin besar sudut serang maka gaya angkat dan gaya hambat semakin besar. Tetapi untuk sudut serang jika terlalu besar maka *airfoil* akan mengalami *stall*. Dimana pada penelitian ini menemukan bahwa nilai rasio L/D tertinggi pada sudut serang 15° sudut serang ini merupakan titik optimal dimana profil menghasilkan gaya angkat maksimal dengan gaya hambat minimal.

5.2 Saran

Pada pelaksanaan penelitian ini masih terdapat kekurangan dan menghambat dalam penelitian, adapun saran dari penulis ialah sebaiknya dalam melaksanakan eksperiment menggunakan alat-alat pengukuran yang baru agar eksperiment berjalan dengan lancar sehingga tidak terjadi error pada saat pelaksanaan experiment.

DAFTAR PUSTAKA

- Amat Chaeroni, A. S. (2022). Analisa Perancangan Smoke Tunnel Portable Sebagai Alat Visualisasi Airflow Wind Tunnel. *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan, Vol, VII No. 2*.
- Andinata Sitepu, F. H. N. A. P. A. H. S. D. M. N. (2015). Uji Performansi Turbin Angin Tipe DARRIEUS- H Dengan Profil Sudu NACA 4415 Dan Analisa Perbandingan Efisiensi Menggunakan Variasi Jumlah Sudu Dan Sudut Pitch. *Jurnal Dinamis, Vol.3, No.2*.
- Arif maulana ghofar. (2018). *Pemilihan Sudut Pasang Airfoil Naca 2412 Pada Tail UAV Male Dengan Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamic Untuk Memperoleh Gaya Angkat Optimal*.
- Gema pandji erlangga. (2017). *Studi Eksperimental Karakteristik Aerodinamik Airfoil NACA 4412 Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara*.
- Habibullah, M., & Firdaus, R. (2021). Pengaruh Variasi Sudut Alfa Sudu Rotor Blade Terhadap Unjuk Kerja Wind Turbine Dengan Menggunakan Blade NACA 0018. In *Procedia of Engineering and Life Science* (Vol. 1, Issue 2).
- Harahap, Y., & Sasongko, H. (2003). Analisa Karakteristik Distribusi Tekanan dan Kecepatan Pada Bodi Aerodinamika Airfoil Dengan Metoda Panel Dalam Fenomena "Flow Around Body." In *Fakultas Teknologi Industri* (Vol. 5, Issue 1). <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/22>
- Imam Maulana Idris. (2019). Rancang Bangun Terowongan Angin (wind tunnel) Tipe Subsonic Dengan Test Section 0,2 X 0,2 m Untuk Alat Peraga Mekanika Fluida. *Journal Mechanical Engineering, Vol 2, No 2(2)*, 19–24.
- Lufti, A., & Harjanto, B. (2023). Analisis Airfoil (Sayap Pesawat) Terhadap Coefisien Lift (Cl) Dan Coefisien Drag (Cd) Dengan Variasi Kecepatan Udara. *Teknik Mesin Pertahanan Akademi Militer Magelang, Vol 11. No 1*.
- Maidi Saputra. (2016). Kajian Literatur Sudu Turbin Angin Untuk Skala Kecepatan Angin Rendah. *Jurnal Mekanova, vol 2*.
- Md. Hasib Mahmud Mazumder. (2024). *CFD Analysis of NACA Airfoils for Wind Turbine and Aerospace Applications at Low Reynolds Numbers*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4965405/v1>
- Muvariz, F., & Rossbandrio, W. (2015). *Studi Gaya Drag dan Lift pada Blade Profile NACA 0018 Turbin Arus Laut Sumbu Vertikal*.
- Muvariz, M. F., & Rossbandrio, W. (2015). Studi Gaya Drag dan Lift pada Blade Profile NACA 0018 Turbin Arus Laut Sumbu Vertikal. *Jurnal Integrasi, 7(1)*, 40–44.
- Ponakala, V. R., Anil Kumar, D. G., & Student, P. G. (2017). Design and Simulation of Small Wind Turbine Blades in Q-Blade. In *International Journal of Engineering Development and Research* (Vol. 5). www.ijedr.org
- Samosir, R., Turnip, K., Putra, B., & Sebo, M. (2022). Simulasi Turbin Angin dengan Beberapa Tipe Airfoil Menggunakan Software Qblade. *Jurnal Teknik Mesin, Vol. 11, No. 2(2)*, 72.
- Sitorus, R. B., Sitorus, T. B., Gultom, S., Napitupulu, F. H., & Bin Nur, T. (2015). Uji Performansi Turbin Angin Profil Sudu NACA 0018 Sebagai Penggerak Aerotor Di Tambak Udang. *Jurnal Dinamis, Vol.3, No.3(3)*.

- Sudrajat, A., Hidayanti, F., Repi, V. V. R., & Widjayahakim, D. (2020). Perancangan Sistem Kontrol Otomatis Turbin Angin Yaw Direction. *Jurnal Ilmiah Giga*, Vol 23, no 2(2), 83. <https://doi.org/10.47313/jig.v23i2.936>
- Surono, A., Huda, M., Telekomunikasi, J., Telkommil, P. T., Staf,), Poltekad, D., Raya, J. L., No, A., & Batu, J. (2021). *Rancang Bangun Pesawat Unmanned Aerial Vehicle (UAV) GALAK-24 Dengan Metode Autonomous*.
- Tilvaldyev, S. (2023). *Effect Of a Winglets With 90° Can't Angle In The Generation Of Vibrations On a Half Wing With a Symmetrical Naca 0018 Airfoil*.
- Wahyudi, Y., & Agung, M. (2021). Pengaruh Distribusi Tekanan Terhadap Gaya Lift Airfoil Naca 23012 Pada Berbagai Variasi Angle Of Attack. In *Jurnal | Mechanical Engineering*.
- Yusuf Ismail Nakhoda, choirul saleh. (2017). *Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga Di Daerah Pesisir Pantai*.

LAMPIRAN

Data hasil experiment

Pengukuran gaya angkat dan gaya hambat dengan satuan Newton

9. Hasil pengukuran gaya angkat dan gaya hambat pada kecepatan angin 2 m/s

Sudut serang	Gaya angkat (N)	Gaya Hambat (N)
0°	0,000	0,010
15°	0,004	0,053
25°	0,003	0,059
35°	0,003	0,088

10. Hasil pengukuran gaya angkat dan gaya hambat pada kecepatan angin 4 m/s

Sudut serang	Gaya angkat (N)	Gaya Hambat (N)
0°	0,004	0,023
15°	0,006	0,067
25°	0,021	0,147
35°	0,007	0,335

11. Hasil pengukuran gaya angkat dan gaya hambat pada kecepatan angin 5 m/s

Sudut serang	Gaya angkat (N)	Gaya Hambat (N)
0°	0,004	0,031
15°	0,048	0,071
25°	0,131	0,403
35°	0,082	0,406

12. Hasil pengukuran gaya angkat dan gaya hambat pada kecepatan angin 6 m/s

Sudut serang	Gaya angkat (N)	Gaya Hambat (N)
0°	0,005	0,035
15°	0,275	0,203
25°	0,475	0,545
35°	0,304	0,634

13. Hasil pengukuran gaya angkat dan gaya hambat pada kecepatan angin 8 m/s

Sudut serang	Gaya angkat (N)	Gaya Hambat (N)
0°	0,005	0,062
15°	0,503	0,206
25°	1,065	1,000
35°	0,865	1,087

Perhitungan koefisien angkat dan koefisien hambat

1. Hasil perhitungan koefisien angkat dan koefisien hambat pada kecepatan angin 2 m/s

Sudut Serang	<i>Coefficient Lift</i>	<i>Coefficient Drag</i>
0°	0	0,107
15°	0,042	0,569
25°	0,032	0,633
35°	0,032	0,945

2. Hasil perhitungan koefisien angkat dan koefisien hambat pada kecepatan angin 4 m/s

Sudut Serang	<i>Coefficient Lift</i>	<i>Coefficient Drag</i>
0°	0,010	0,061
15°	0,016	0,179
25°	0,056	0,394
35°	0,018	0,899

3. Hasil perhitungan koefisien angkat dan koefisien hambat pada kecepatan angin 5 m/s

Sudut Serang	<i>Coefficient Lift</i>	<i>Coefficient Drag</i>
0°	0,006	0,053
15°	0,082	0,084
25°	0,225	0,692
35°	0,140	0,697

4. Hasil perhitungan koefisien angkat dan koefisien hambat pada kecepatan angin 6 m/s

Sudut Serang	<i>Coefficient Lift</i>	<i>Coefficient Drag</i>
0°	0,005	0,041
15°	0,328	0,136
25°	0,566	0,650
35°	0,362	0,756

5. Hasil perhitungan koefisien angkat dan koefisien hambat pada kecepatan angin 8 m/s

Sudut Serang	<i>Coefficient Lift</i>	<i>Coefficient Drag</i>
0°	0,003	0,041
15°	0,337	0,353
25°	0,714	0,671
35°	0,580	0,729

Perhitungan perbandingan koefisien lift dan koefisien drag

1. Hasil perhitungan perbandingan koefisien lift dan koefisien drag pada kecepatan angin 2 m/s

Sudut Serang	<i>Coefficient Lift</i>	<i>Coefficient Drag</i>	Cl/Cd
0°	0	0,107	0
15°	0,042	0,569	0,073
25°	0,032	0,633	0,050
35°	0,032	0,945	0,033

2. Hasil perhitungan Perbandingan koefisien lift dan koefisien drag pada kecepatan angin 4 m/s

Sudut Serang	<i>Coefficient Lift</i>	<i>Coefficient Drag</i>	Cl/Cd
0°	0,010	0,061	0,163
15°	0,016	0,179	0,089
25°	0,056	0,394	0,142
35°	0,018	0,899	0,020

3. Hasil perhitungan perbandingan koefisien lift dan koefisien drag pada kecepatan angin 5 m/s

Sudut Serang	<i>Coefficient Lift</i>	<i>Coefficient Drag</i>	Cl/Cd
0°	0,006	0,053	0,113
15°	0,082	0,084	0,976
25°	0,225	0,692	0,325
35°	0,140	0,697	0,200

4. Hasil perhitungan perbandingan koefisien lift dan koefisien drag pada kecepatan angin 6 m/s

Sudut Serang	<i>Coefficient Lift</i>	<i>Coefficient Drag</i>	Cl/Cd
0°	0,005	0,041	0,121
15°	0,328	0,136	2,411
25°	0,566	0,650	0,870
35°	0,362	0,756	0,478

5. Hasil perhitungan perbandingan koefisien lift dan koefisien drag pada kecepatan angin 8 m/s

Sudut Serang	<i>Coefficient Lift</i>	<i>Coefficient Drag</i>	Cl/Cd
0°	0,003	0,041	0,073
15°	0,337	0,353	0,954
25°	0,714	0,671	1,064
35°	0,580	0,729	0,795

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Kinerja NACA 0018
Nama : NIKMAL
NPM : 2107230049

Dosen Pembimbing : Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	14/12/2024	- Pemberian tugas Akhir	h
2.	17/12/2024	- Perbaiki latar Belakang	h
3.	16/01/2025	- Perbaiki tujuan	h
4.	18/01/2025	- Perbaiki tinjauan Pustaka	h
5.	20/01/2025	- Perbaiki Metode	h
6.	23/01/2025	- Perbaiki Prosedur Pengambilan data	h
7.	30/01/2025	- Acc. seminar proposal	h
8.	05/05/2025	- Perbaiki Analisis data	h
9.	24/06/2025	- Perbaiki kesimpulan	h
10.	30/07/2025	- Acc. seminar hasil	h
11.	25/08/2025	- Acc. Essay Tugas Akhir	h



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bisa mengawal tuntut ini agar diberikan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Pg/PT/III/2024

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id>

fatek@umsu.ac.id

[umsu.medan](#)

[umsu.medan](#)

[umsu.medan](#)

[umsu.medan](#)

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 2099/II.3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik MESIN Pada Tanggal 15 November 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama : NIKMAL
Npm : 2107230049
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP KINERJA NACA 0018

Pembimbing : KHAIRUL UMURANI ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

3. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
4. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 13 Jumadil Awal 1446 H
16 November 2024 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

Peserta seminar

Nama : Nikmal

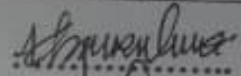
NPM : 2107230049

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Kinerja Naca 0018

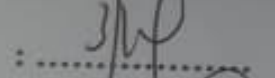
DAFTAR HADIR

TANDA TANGAN

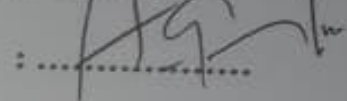
Pembimbing – I : Dr Khairul Umurani ST.MT

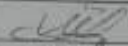
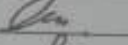
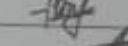
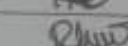


Pembanding – I : Dr Suherman ST.MT



Pembanding – II : Chandra A Siregar ST.MT



No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2107230017	Yuli Fitriana	
2	2107230138	MHD ZULHILMI RIST	
3	2107230125	Fauzi HARAKAP	
4	2107230160	Andi Priwardana	
5	2107230053	FATHURAHMAN BAYU Kusuma	
6	2107230046	ADI PERMANDA SIREGAR	
7	2107230081	MUHAMMAD FADIL NAINIBOLAH	
8	2107230078	ARI DIAN SYAHPUTRA	
9	2107230069	HARIA BAGAS SWARA	
10	2107230034	RAFIY RIZALDY LUBIS	

Medan 19 Safar 1447 H
13 Agustus 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Nikmal
NPM : 2107230049
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Kinerja Naca
0018

Dosen Pembanding – I : Dr Suherman ST.MT
Dosen Pembanding – II : Chandra A Siregar ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Dr Khairul Umurani ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
.....*Chandra A Siregar*.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 19 Safar 1447 H
13 Agustus 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- I

Chandra A Siregar
Chandra A Siregar ST.MT

Dr Suherman
Dr Suherman ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Nikmal
NPM : 2107230049
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Kinerja Naca 0018

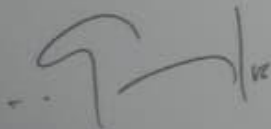
Dosen Pembanding – I : Dr Suherman ST.MT
Dosen Pembanding – II : Chandra A Siregar ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Dr Khairul Umurani ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ②. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
lihat buku tugas akhir
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 19 Safar 1447 H
13 Agustus 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar ST.MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Pribadi

Nama	: NIKMAL
Tempat / Tanggal lahir	: Sikapas, 06 Agustus 2002
Alamat	: Sikapas, Kecamatan Muara Batang Gadis, Kab. Mandailing Natal
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Umur	: 23 Tahun
Agama	: Islam
Kewarganegaraan	: Indonesia
Status	: Belum Menikah
No. Hp	: 081362938484
E-mail	: nikmallubis02@gmail.com

Riwayat Pendidikan

Tahun 2009-2015 : SD Negeri 384 Sikapas
Tahun 2015-2018 : SMP Negeri 1 Muara Batang Gadis
Tahun 2018-2021 : SMK Negeri 1 Padangsidempuan
Tahun 2021-2025 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara