

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA NUMERIK SUDUT SERANG PADA AIRFOIL NACA 2410 TERHADAP PERFORMANCE SUDU KINCIR ANGIN**

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

**Disusun Oleh:**

**TYO FRANSETYO**  
**1407230078**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

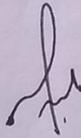
Nama : Tyo Fransetyo  
NPM : 1407230078  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : ANALISA NUMERIK SUDUT SERANG PADA AIRFOIL  
NACA2410 TERHADAP PERFORMANCE SUDU KINCIR  
ANGIN / TURBIN ANGIN  
Bidang ilmu : Konversi energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2019

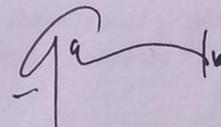
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



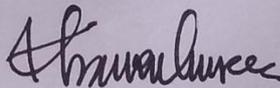
H. Muharnif, S.T., Msc

Dosen Penguji II



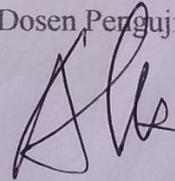
Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Kena



Affandi, S.T., M.

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Tyo Fransetyo  
Tempat /Tanggal Lahir : Binjai / 16 agustus 1995  
NPM : 1407230078  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Analisa numerik sudut serang pada airfoil naca 2410 terhadap performance sudu kincir angin”,**

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 hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan 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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 Maret 2019

Saya yang menyatakan,



Tyo Fransetyo

## ABSTRAK

Kebutuhan manusia akan pasokan energi semakin lama semakin meningkat dan manusia masih sangat tergantung dengan energi konvensional. Salah satu sumber energi alternatif yang sudah mulai dikembangkan saat ini adalah energi angin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil data yang telah disimulasikan dari SolidWorks 2014.

Kincir angin merupakan sebuah alat yang dapat mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Disamping itu kincir angin juga merupakan penghasil tenaga listrik yang ramah lingkungan, sehingga sangat baik apabila dibudidayakan. Desain dari baling-baling juga mempengaruhi kinerja kincir angin dalam menghasilkan listrik. Di penelitian ini desain baling – baling sesuai dengan profil NACA 2410 (National Advisory Committee for Aeronautics). Proses pembuatan baling-baling kincir angin diawali dengan menggambar melalui software SolidWorks 2014. Pengujian dilakukan dengan cara mensimulasikan desain yang sudah dibuat pada software SolidWorks 2014 dengan pengujian kecepatan aliran fluida bervariasi, yaitu mulai dari 2 m/s, 4 m/s, 6 m/s, 8 m/s, sampai 10 m/s.

Hasil penelitian dari pengujian kecepatan aliran yang bervariasi ;

Dalam perhitungan kecepatan aliran 2 m/s, menghasilkan kerugian koefisien 6.69 pa, daya angin sebesar 2.36 watt, torsi sebesar 0.43 N.m, daya kincir angin sebesar 40.05 watt, dan koefisien daya maksimal sebesar 5.82 %.

Dalam perhitungan kecepatan aliran 4 m/s, menghasilkan kerugian koefisien 7.64 pa, daya angin sebesar 18.88 watt, torsi sebesar 0.51 N.m, daya kincir angin sebesar 47.50 watt, dan koefisien daya maksimal sebesar 39.74 %.

Dalam perhitungan kecepatan aliran 6 m/s, menghasilkan kerugian koefisien 35.49 pa, daya angin sebesar 63.72 watt, torsi sebesar 0.59 N.m, daya kincir angin sebesar 54.95 watt, dan koefisien daya maksimal sebesar 115.9 %.

Dalam perhitungan kecepatan aliran 8 m/s, menghasilkan kerugian koefisien 97.32 pa, daya angin sebesar 151.04 watt, torsi sebesar 0.67 N.m, daya kincir angin sebesar 62.41 watt, dan koefisien daya maksimal sebesar 242 %.

Dalam perhitungan kecepatan aliran 10 m/s, menghasilkan kerugian koefisien 18.46 pa, daya angin sebesar 295 watt, torsi sebesar 0.74 N.m, daya kincir angin sebesar 68.93 watt, dan koefisien daya maksimal sebesar 427.9 %.

**Kata kunci :** NACA 4412, Kincir angin, kerugian koefisien, torsi, koefisien daya.

## **ABSTRACT**

Human needs for energy supply are increasingly increasing and humans are still very dependent on conventional energy. One alternative energy source that has begun to be developed at this time is wind energy. The purpose of this study was to find out the results of data that had been confirmed from Solidwork 2014.

Windmills are devices that can convert mechanical energy into electrical energy. Besides that, windmills are also environmentally friendly electric generators, so they are very good when cultivated. The design of the propeller also affects the performance of the windmill in producing electricity. In this study the propeller design was in accordance with the NACA 2410 profile (National Advisory Committee for Aeronautics). The process of making windmill propellers begins with drawing through the Solidworks 2014 software. Tests are carried out by expressing designs that have been made in Solidworks 2014 software with varying fluid flow velocity tests, ranging from 2 m / s, 4 m / s, 6 m / s, 8 m / s, up to 10 m / s.

The research results from various flow velocity tests;

In calculating the flow velocity of 2 m / s, resulting in coefficient losses of 6.69 pa, wind power of 2.36 watts, torque of 0.43 N.m, windmill power of 40.05 watts, and maximum power coefficient of 5.82%.

In calculating the flow speed of 4 m / s, resulting in a coefficient loss of 7.64 pa, wind power of 18.88 watts, torque of 0.51 N.m, windmill power of 47.50 watts, and maximum power coefficient of 39.74%.

In calculating the flow velocity of 6 m / s, resulting in a coefficient loss of 35.49 pa, wind power of 63.72 watts, torque of 0.59 N.m, windmill power of 54.95 watts, and maximum power coefficient of 115.9%.

In calculating the flow speed of 8 m / s, resulting in a coefficient loss of 97.32 pa, wind power of 151.04 watts, torque of 0.67 N.m, windmill power of 62.41 watts, and maximum power coefficient of 242%.

In calculating the flow speed of 10 m / s, resulting in a coefficient loss of 18.46 pa, wind power of 295 watts, torque of 0.74 N.m, windmill power of 68.93 watts, and maximum power coefficient of 427.9%.

**Keywords:** NACA 4412, Windmill, loss coefficient, torque, power coefficient.

## KATA PENGANTAR

Dengan 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 laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Analisa numerik sudut serang pada airfoil naca 2410 terhadap performance sudu kincir angin”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

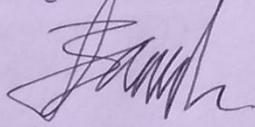
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. sekaligus sebagai Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Sudirman Lubis,ST, M.,T, selaku Dosen Pimbimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak H. Muharnif, S.T.,Msc, selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Chandra A Siregar, S.T.,M.T yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekertaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.

7. Orang tua penulis: syamsudar dan nilawati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Rekan –rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Khususnya Angkatan 2014 terima kasih atas bantuan dan dukungannya.

Ucapan terima kasih kepada sahabat –sahabat saya yang membantu selama menyelesaikan tugas sarjana ini, khususnya, **agus, mulia, wawan, fachrur rozi, putra, fikri, fachrur roza, indah apriliyanti**, Dan semua pihak yang telah membantu yang tidak bias disebutkan satu persatu.

Laporan 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 dunia konstruksi teknik sipil/Mesin/Elektro.

Medan, 9 Maret 2019  
  
Tyo Fransetyo

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup	3
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. Kincir angin	5
2.1.1. Pengertian Kincir angin	5
2.1.2. Klasifikasi Kincir angin	6
2.1.2.1. Turbin angin sumbu horizontal (HAWT)	6
2.1.2.2. Turbin angin sumbu vertical (VAWT)	9
2.2. Konsep dasar sistem konversi energi angin (SKEA)	13
2.3. Koefisien daya	14
2.4. Naca ( <i>national advisory committee for aeronautics</i> )	15
2.5. Simulasi pada software solidwork 2014	18
2.5.1. Pengertian simulasi	18
2.5.2. Klasifikasi simulasi	20
2.5.3. Terapan simulasi	20
2.6. Performance	21
2.6.1. Pengertian performance menurut para ahli	21
<b>BAB 3 METODOLOGI</b>	<b>24</b>
3.1 Tempat dan Waktu	24
3.1.1. Tempat	24
3.1.2. Waktu	24
3.2 Bahan dan Alat	25
3.2.1. laptop	25
3.2.2. Software solidworks 2014	25
3.2.3. Bahan yang digunakan	26
3.3 Diagram Alir Penelitian	27
3.4 Perancangan model dengan solidworks 2014	28

<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN ANALISA DATA</b>	<b>35</b>
4.1. Hasil penelitian	35
4.1.1 Sirmulasi dengan <i>Boundary condition velocity 2 m/s</i>	35
4.1.2. Sirmulasi dengan <i>Boundary condition velocity 4 m/s</i>	36
4.1.3. Sirmulasi dengan <i>Boundary condition velocity 6 m/s</i>	36
4.1.4. Sirmulasi dengan <i>Boundary condition velocity 8m/s</i>	37
4.1.5. Sirmulasi dengan <i>Boundary condition velocity 10 m/s</i>	38
4.2. Pembahasan analisa data	38
4.2.1. Perhitungan percepatan aliran	39
4.2.2. Perhitungan daya angin	39
4.2.3. Perhitungan torsi	41
4.2.4. Perhitungan daya kincir	42
4.2.5. Perhitungan koefisien daya	43
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>45</b>
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	45

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**LEMBAR ASISTENSI**

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Waktu pelaksanaan penelitian	24
Tabel 4.1. Data percobaan	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 kincir angin american multiblade	7
Gambar 2.2 kincir angin jenis dutch four arm	8
Gambar 2.3 kincir angin jenis propeler 3 sudu	8
Gambar 2.4 kincir angin jenis saenius	10
Gambar 2.5 kincir angin jenis darrieus	11
Gambar 2.6 kincir angin jenis H-rotor	12
Gambar 2.7 gambar airfoil naca seri “satu”	15
Gambar 2.8 gambar airfoil naca seri “enam angka”	16
Gambar 2.9 gambar airfoil naca seri “empat angka”	17
Gambar 2.10 gambar airfoil naca simetris	17
Gambar 2.11 gambar airfoil naca seri “lima angka”	18
Gambar 2.12 gambar naca 2410	18
Gambar 3.1 komputer yang digunakan	25
Gambar 3.2 prangkat lunak solidworks 2014	26
Gambar 3.3 diagram alir	27
Gambar 3.4 beberapa jenis naca	28
Gambar 3.5 numerik dari naca 2410	28
Gambar 3.6 menyalin numerik naca 2410 ke exel	29
Gambar 3.7 save naca dan mengganti type file	29
Gambar 3.8. Tampilan awal <i>Solidworks</i> 2014	29
Gambar.3.9. <i>Front plane</i>	30
Gambar 3.10 import numerik ke solidwork 2014	30
Gambar 3.11 hasil dari naca2410	30
Gambar 3.12 mencari garis yang terputus	31
Gambar 3.13 menyambung garis yg terputus	31
Gambar 3.14 menentukan lebar dari sudu	31
Gambar 3.15 hasil jadi dari naca 2410	32
Gambar 3.16. Menambah menubar solidworks flow simulation	32
Gambar 3.17. Memulai simulasi	32
Gambar 3.18. Menentukan jenis fluida	33
Gambar 3.19 menentukan <i>boundary condition</i>	33
Gambar 3.20. Menentukan <i>goals</i>	33
Gambar 3.21. Menunggu proses runing	34
Gambar 3.22. Proses <i>Cut plot</i>	34
Gambar 4.1 simulasi kecepatan aliran 2 m/s proses <i>cut plot analisis pressure</i>	35
Gambar 4.2 simulasi kecepatan aliran 4 m/s proses <i>cut plot analisis pressure</i>	36
Gambar 4.3 simulasi kecepatan aliran 6 m/s proses <i>cut plot analisis pressure</i>	36
Gambar 4.4 simulasi kecepatan aliran 8 m/s proses <i>cut plot analisis pressure</i>	37
Gambar 4.5 simulasi kecepatan aliran 10 m/s proses <i>cut plot analisis pressure</i>	38
Gambar 4.6 grafik perbandingan perubahan tekanan terhadap kecepatan	44

## DAFTAR NOTASI

$m$	= massa udara yang bergerak (kg)
$v$	= kecepatan angin (m/s)
$V$	= laju volume udara ( $m^3/s$ ) $v$ = kecepatan angin (m/s)
$A$	= luas area sapuan rotor ( $m^2$ )
$P$	= daya mekanik (W)
$v$	= kecepatan angin (m/s),
$\rho$	= densitas udara ( $\rho$ rata-rata $1,2 \text{ kg/m}^3$ )
$v_1$	= kecepatan angin sebelum melewati turbin
$v_2$	= kecepatan angin setelah melewati turbin
$cp$	= koefisien daya (power coefficient)
$p$	= Daya mekanik yang dihasilkan turbin (Watt)
$P_0$	= Daya mekanik total yang terkandung dalam angin yang melalui $A$ (Watt)
$n$	= rpm
$T$	= torsi (m)
$F$	= besaran gaya (N)

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Turbin angin pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dan kegiatan yang lainnya. Turbin angin banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan Negara-Negara Eropa lainnya yang lebih dikenal dengan nama *Windmill*. Turbin angin modern lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat dengan menggunakan prinsip konversi energi dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui, yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional seperti PLTD dan PLTU, turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan, karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbarui, seperti batubara dan minyak bumi sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik (Hambali dkk, 2009).

Energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus mengalami peningkatan kebutuhan, karena penambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Sedangkan energi fosil yang selama ini merupakan sumber energi utama, ketersediaannya sangat terbatas dan terus mengalami deplesi (*depletion*: kehabisan, menipis). Proses alam memerlukan waktu yang sangat lama untuk dapat kembali menyediakan energi fosil ini. Upaya-upaya pencarian sumber energi alternatif selain fosil menyemangati para peneliti di berbagai negara untuk mencari energi lain yang kita kenal sekarang dengan istilah energi terbarukan. Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Energi terbarukan meliputi energi air, panas bumi, matahari, angin, biogas, bio mass, serta gelombang laut. Beberapa kelebihan energi terbarukan antara lain: sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar (Jarass, 1980).

Angin sebagai sumber energi yang jumlahnya melimpah merupakan sumber energi yang terbarukan dan tidak menimbulkan polusi udara karena tidak menghasilkan gas buang yang dapat menyebabkan efek rumah kaca. Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki sekitar 17.500 pulau dengan panjang garis pantai lebih dari 81.290 km dan berada di daerah tropis yang dilewati angin muson pada tiap musim. Indonesia memiliki potensi energi angin yang sangat besar yaitu sekitar 9,3 GW dan total kapasitas yang baru terpasang saat ini sekitar 0,5 MW (Daryanto, 2007).

Salah satu pemanfaatan energi angin adalah dengan menggunakan turbin angin. Turbin angin mampu mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik dengan bantuan generator. Turbin angin yang sudah banyak digunakan adalah turbin angin sumbu horisontal, dimana dalam penggunaannya memerlukan aliran angin yang berkecepatan tinggi dan arah aliran yang searah dengan turbin. Namun angin di wilayah Indonesia mempunyai kecepatan rendah dan arah aliran yang selalu berubah-ubah. Pada turbin angin sumbu horisontal pemanfaatannya harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya (Karwono, 2008). Berbeda dengan turbin angin sumbu horisontal, turbin angin sumbu vertikal dapat memanfaatkan angin dari segala arah sehingga tidak perlu mengarahkan turbin pada arah angin yang paling tinggi kecepatannya.

Turbin angin sumbu vertikal jenis savonius mampu menerima angin dari segala arah dan memiliki torsi awal yang besar pada kecepatan angin rendah (Kamal, 2008), sehingga bisa digunakan di daerah yang memiliki kecepatan angin rendah dan arah aliran yang berubah-ubah. Proses pembuatan turbin savonius juga lebih mudah jika dibandingkan dengan pembuatan turbin angin sumbu horisontal karena turbin savonius memiliki desain yang sederhana. Turbin savonius mampu menerima angin dari segala arah karena memiliki sisi cekung dan cembung yang saling berlawanan yang dihadapkan pada arah datangnya angin. Turbin akan berputar searah dengan sisi cekung sudu yang dikenai aliran angin. Sisi cembung.

sudu yang dihadapkan pada arah datangnya angin menjadi penghambat karena menghasilkan torsi negatif yang berlawanan dengan arah putaran turbin (Altan dkk. 2012).

NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*)

merupakan standar dalam perancangan suatu airfoil. Perancangan airfoil pada dasarnya bersifat khusus dan dibuat menurut selera serta sesuai dengan kebutuhan dari sudu kincir yang akan dibuat. Akan tetapi NACA menggunakan bentuk airfoil yang disusun secara sistematis dan rasional. NACA mengidentifikasi bentuk airfoil dengan menggunakan sistem angka kunci seperti seri “ satu “, seri “ enam ”, seri “ empat angka “, dan seri “ lima angka “. dan yang akan digunakan dengan penelitian kali ini adalah menggunakan naca airfoil 2410 dengan mengaplikasikan ke solidworks 2014.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang yang telah dijabarkan, maka penulis menarik perumusan masalah sebagai berikut:

1. Mendesain dan menganalisa naca yang telah di tentukan serta mensimulasikan pada software solidworks 2014.
2. Mencari perbandingan percepatan laju aliran dari hasil simulasi yang telah di variasikan.

## 1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi pada :

1. Menggambar model naca 2410 dengan software solidworks 2014
2. Desain kincir angin dengan menggunakan software solidworks
3. Menganalisis struktur kerja kincir angin dengan menggunakan software solidworks

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat sudu kincir angin dengan model airfoil naca 2410 dengan menggunakan software solidworks2014.
2. Membuat simulasi pada software solidworks2014
3. Mengetahui perbandingan kecepatan aliran fluida yang dimulai dari 2 m/s, 4 m/s, 6 m/s, 8 m/s, dan 10 m/s.

## 1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui hasil perbandingan kecepatan aliran fluida yang telah di tentukan.
2. Menjadi acuan untuk pengembangan turbin angin skala kecil yang dapat diterapkan di lingkungan perkotaan yang memiliki kecepatan angin yang rendah.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Kincir angin / Turbin angin

##### 2.1.1 Pengertian kincir angin / turbin angin

Kincir angin adalah sebuah alat yang mampu memanfaatkan kekuatan angin untuk diubah menjadi kekuatan mekanik. Dari proses itu memberikan kemudahan berbagai kegiatan manusia yang memerlukan tenaga yang besar seperti memompa air untuk mengairi sawah atau menggiling biji-bijian. Kincir angin modern adalah mesin yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik, disebut juga dengan turbin angin. Turbin angin kebanyakan ditemukan di Eropa dan Amerika Utara.

Sampai saat ini belum diketahui secara pasti siapa penemu kincir angin. Kekuatan angin sudah lama menjadi perhatian utama manusia. Pengembangan kincir angin dimulai dari bentangan layar yang menampung angin untuk menggerakkan kapal. Dari sinilah, pengetahuan terus dikembangkan hingga terciptalah alat yang dinamakan kincir angin (*eg. PostMill/WindMill*). Naskah tertua tentang kincir angin terdapat dalam tulisan Arab dari abad ke-9 Masehi yang menjelaskan bahwa kincir angin yang dioperasikan di perbatasan Iran dan Afganistan sudah ada sejak beberapa abad sebelumnya, kadang disebut *Persian windmill*. Jenis yang sama juga digunakan di Cina untuk menguapkan air laut dalam memproduksi garam. Terakhir masih digunakan di Crimea, Eropa dan Amerika Serikat. Fungsi pertama kali kincir angin adalah untuk menumbuk biji-bijian tanaman padi. Seiring berjalannya waktu, kincir angin mengalami pergeseran fungsi. Saat ini, kincir angin dimanfaatkan untuk menghasilkan tenaga listrik.

### 2.1.2 Klasifikasi Turbin Angin

Turbin angin dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Turbin angin sumbu horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbine*) HAWT
2. Turbin angin sumbu tegak (*Vertical Axis Wind Turbine*) VAWT

#### 2.1.2.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal (HAWT).

Turbin angin sumbu horizontal (HAWT) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar.

Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan.

Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar HAWT merupakan mesin upwind (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin downwind (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditekuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resintensi angin dari bilah-bilah itu.

Ada beberapa kincir angin tipe HAWT yang biasa di terapkan, yaitu :

## 1. Tipe American Multiblade

Kincir angin american multiblade adalah salah satu jenis kincir angin yang mempunyai jumlah sudu yang banyak, biasanya kincir angin ini memiliki jumlah sudu lebih dari tiga buah. Gambar kincir angin american multiblade dapat dilihat pada gambar 2.1 sesuai dengan namanya, kincir angin ini banyak di temukan di negara Amerika Serikat dan biasa digunakan untuk memompa air, menggiling biji - bijian dan sebagai pembangkit listrik.



Gambar 2.1 kincir angin jenis american multiblade  
(sumber : [www.kanoroutes.nl](http://www.kanoroutes.nl))

## 2. Tipe Dutch Four Arm

Kincir angin Dutch Four Arm memiliki jumlah sudu 4 buah. Gambar kincir angin Dutch Four Arm dapat dilihat pada gambar 2.2. kincir angin ini biasanya digunakan oleh negara belanda untuk menggerakkan pompa agar dapat mengeringkan lahan dengan cara memompa air tanah keluar lahan yang biasa disebut polder. Adanya angin secara teratur, dapat menjamin pompa tersebut untuk berfungsi secara terus – menerus sehingga pompa pun dapat terus beroperasi. Sudah berabad – abad kincir jenis ini digunakan oleh negara belanda untuk menggiling gandum dan untuk memompa air demi mengeringkan negrinya yang lebih rendah daripada laut.



Gambar 2.2. kincir angin jenis Dutch Four Arm  
(sumber : [www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com))

### 3. Tipe Propeler

Kincir angin jenis propeler ini biasanya memiliki jumlah 2 atau 3 bilah. Kincir angin jenis propeler memiliki efisiensi yang cukup baik. Pada umumnya, untuk sistem pembangkit listrik tenaga angin digunakan jenis ini karena karakteristiknya yang unggul. Kincir angin jenis propeler dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. kincir angin jenis propeler 3 sudu  
(Sumber : [www.google.com](http://www.google.com))

Kelebihan HAWT :

- Dasar menara yang tinggi membolehkan akses ke angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki geseran angin (perbedaan antara laju dan arah angin antara dua titik yang jaraknya relatif dekat di dalam atmosfer bumi. Di sejumlah lokasi geseran angin, setiap sepuluh meter ke atas, kecepatan angin meningkat sebesar 20%.

Kelemahan HAWT :

- Menara yang tinggi serta bilah yang panjangnya bisa mencapai 90 meter sulit diangkut. Diperkirakan besar biaya transportasi bisa mencapai 20% dari seluruh biaya peralatan turbin angin.
- TASH yang tinggi sulit dipasang, membutuhkan derek yang sangat tinggi dan mahal serta para operator yangampil.
- Konstruksi menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, gearbox, dan generator.
- TASH yang tinggi bisa memengaruhi radar airport.
- Ukurannya yang tinggi merintangikanjangkauan pandangan dan mengganggu penampilan lansekap.
- Berbagai varian downwind menderita kerusakan struktur yang disebabkan oleh turbulensi.
- TASH membutuhkan mekanisme kontrol *yaw* tambahan untuk membelokkan kincir ke arah angin.

#### **2.1.2.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal (VAWT)**

Turbin angin sumbu vertikal/tegak (VAWT) memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. VAWT mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah.

Dengan sumbu yang vertikal, generator serta gearbox bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga

putaran yang berdenyut. *Drag* (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar.

Karena sulit dipasang di atas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit. Aliran udara di dekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang bisa menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya kebisingan dan *bearing wear* yang akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasangi menara turbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal.

Ada beberapa kincir angin tipe VAWT yang biasa di terapkan, yaitu :

#### 1. Tipe savonius

Kincir angin tipe savonius ini di ciptakan oleh insinyur Finlandia SJ savonius pada tahun 1929, dan di aplikasikan pada tahun 1931. Kincir VAWT ini merupakan jenis yang paling sederhana dan menjadi versi besar dari anemometer. Kincir savonius dapat berputar karena adanya gaya dorong dari angin, sehingga putaran rotor pun tidak akan melebihi kecepatan angin. Koefisien daya untuk jenis savonius biasanya tidak lebih dari 25%. Jenis kincir ini cocok untuk aplikasi daya yang rendah. Kincir jenis ini dapat di lihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. kincir angin jenis savonius

(sumber : [www.pinterest.com](http://www.pinterest.com))

## 2. Tipe Darrieus

Kincir angin tipe Darrieus di temukan oleh seorang insinyur prancis *George Jeans Maria Darrieus* yang dipatenkan pada tahun 1931. Ia memiliki 2 bentuk turbin yang digunakan di antaranya adalah “*Eggbeater/Curved Bladeed*” dan “*straight – bladed*” VAWT. Kincir angin Darrieus mempunyai sudu yang disusun dalam posisi simetri dengan poros. Pengaturan ini cukup efektif untuk menangkap berbagai arah angin. Berbeda dengan savonius, kincir angin Darrieus bergerak dengan memanfaatkan gaya angkat yang terjadi ketika angin bertiup. Bilah sudu turbin Darrieus bergerak berputar mengelilingi sumbu. Kincir angin jenis ini dapat di lihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. kincir angin jenis darrieus

(sumber : [www.commonswikimedia.org](http://www.commonswikimedia.org))

## 3. Tipe H-rotor

Kincir angin jenis ini dikembangkan di Inggris melalui penelitian yang dilakukan selama 1970 – 1980an, diuraikan bahwa mekanisme yang digunakan pada sudu berbilah lurus (*straight – bladed*) Darrieus VAWT tidak diperlukan, ternyata ditemukan bahwa efek hambatan yang diciptakan oleh sebuah sudu akan

membatasi kecepatan angin untuk dapat mencapai kecepatan putaran optimalnya. Kincir angin jenis H-rotor dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6. kincir angin jenis H-rotor

(sumber : [www.archiexpo.com](http://www.archiexpo.com))

Kelebihan VAWT :

- Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.
- Karena bilah-bilah rotornya vertikal, tidak dibutuhkan mekanisme yaw.
- Sebuah VAWT bisa diletakkan lebih dekat ke tanah, membuat pemeliharaan bagian-bagiannya yang bergerak jadi lebih mudah.
- VAWT memiliki sudut airfoil (bentuk bilah sebuah baling-baling yang terlihat secara melintang) yang lebih tinggi, memberikan keaerodinamisan yang tinggi sembari mengurangi *drag* pada tekanan yang rendah dan tinggi.
- Desain VAWT berbilah lurus dengan potongan melintang berbentuk kotak atau empat persegi panjang memiliki wilayah tiupan yang lebih besar untuk diameter tertentu daripada wilayah tiupan berbentuk lingkarannya HAWT.
- VAWT memiliki kecepatan awal angin yang lebih rendah daripada HAWT. Biasanya VAWT mulai menghasilkan listrik pada 10 km/jam (6 m.p.h.)
- VAWT biasanya memiliki *tip speed ratio* (perbandingan antara kecepatan putaran dari ujung sebuah bilah dengan laju sebenarnya angin)

### Kekurangan VAWT

- Kebanyakan VAWT memproduksi energi hanya 50% dari efisiensi HAWT karena drag tambahan yang dimilikinya saat kincir berputar.
- VAWT tidak mengambil keuntungan dari angin yang melaju lebih kencang di elevasi yang lebih tinggi.
- Kebanyakan VAWT mempunyai torsi awal yang rendah, dan membutuhkan energi untuk mulai berputar.
- Sebuah VAWT yang menggunakan kabel untuk menyanggahnya memberi tekanan pada bantalan dasar karena semua berat rotor dibebankan pada bantalan. Kabel yang dikaitkan ke puncak bantalan meningkatkan daya dorong ke bawah saat angin bertiup.

### 2.2 . Konsep Dasar Sistem Konversi Energi Angin (SKEA)

Prinsip utamanya adalah mengubah energi kinetik yang dimiliki angin menjadi energi kinetik poros. Besarnya energi yang dapat ditransferkan ke rotor tergantung pada massa jenis udara, luas area rotor dan kecepatan angin. Hal ini selanjutnya akan dibahas melalui persamaan-persamaan.

$$E = \frac{1}{2}mv^2 (NM) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan menganggap suatu penampang melintang  $A$ , dimana udara dengan kecepatan  $v$  mengalami pemindahan volume untuk setiap satuan waktu, yang disebut dengan aliran volume  $V$  sebagai persamaan :

$$V = vA(m^3/s) \dots\dots\dots(2.2)$$

Sedangkan aliran massa dengan kerapatan udara  $\rho$  sebagai

$$m = \rho vA (kg) \dots\dots\dots(2.3)$$

Persamaan-persamaan diatas menunjukkan energi kinetik dan aliran massa yang melewati suatu penampang melintang  $A$  sebagai energi  $P$  yang ditunjukkan dengan mensubstitusi persamaan (2.3) ke persamaan (2.1) menjadi :

$$P = \frac{1}{2}\rho Av^3(W) \dots\dots\dots(2.4)$$

### 2.3. Torsi

Menghitung torsi diperlukan untuk mengetahui brapa besar daya yang di dapat, di nyatakan dengan :

$$T = F \times l \dots\dots\dots(2.5)$$

Sedangkan untuk persamaan daya kincir dapat di nyatakan sebagai :

$$P_{out} = T \times w \dots\dots\dots(2.6)$$

2.4. Koefisien Daya

Koefisien daya adalah hal penting dalam merancang turbin angin karena menunjukkan berapa besar energi angin yang dapat diekstraksi dari energi kinetik angin yang melalui penampang rotor. Koefisien daya sangat mempengaruhi kinerja turbin angin, dan koefisien daya dipengaruhi oleh konstruksi turbin angin dan prinsip konversi energinya. Keluaran daya dari rotor dinyatakan dengan.

$$P = \frac{1}{4} \rho A (v_1^2 - v_2^2) (v_1 + v_2) \dots\dots\dots(2.7)$$

sedangkan daya yang melewati penampang rotor adalah :

$$P_0 = \frac{1}{2} \rho v_1^3 A \dots\dots\dots(2.8)$$

Efisiensi/perbandingan antara daya luaran turbin terhadap daya total yang melalui penampang rotor disebut koefisien daya *c<sub>p</sub>*.

$$c_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

**Pengertian sudut serang / angle of attac.** Yaitu Sudut Sayap atau sudu kincir Terhadap Datangnya Udara Dari Depan. Angle Of Attack (A.O.A) adalah sudut yang dibentuk oleh Chord Line dengan Relative Wind.

Chord dari Airfoil pada bagian sayap (Imaginer Line yang ditarik dari Leading Edge sampai Trailing Edge)

Airfoil adalah bentuk dari suatu sayap pesawat yang dapat menghasilkan gaya angkat (lift) atau efek aerodinamika ketika melewati suatu aliran udara.

2.5. NACA (*National Advisory Committe for Aeronautics*)

merupakan standar dalam perancangan suatu airfoil. Perancangan airfoil pada dasarnya bersifat khusus dan dibuat menurut selera serta sesuai dengan kebutuhan dari pesawat yang akan dibuat. Akan tetapi NACA menggunakan bentuk airfoil yang disusun secara sistematis dan rasional. NACA mengidentifikasi bentuk airfoil dengan menggunakan sistem angka kunci seperti seri “*satu* “, seri “*enam* ”, seri “*empat angka* “, dan seri “*lima angka* “.

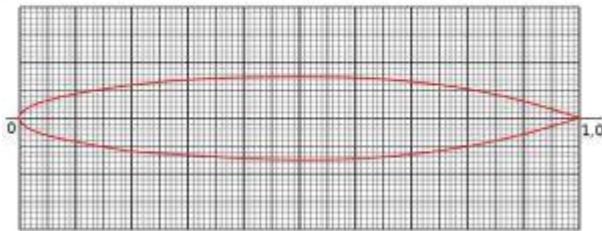
Berikut adalah identifikasi angka-angka dari seri NACA tersebut :

1. Seri “*Satu* “

- Angka pertama adalah menunjukkan serinya.
- Angka kedua menunjukkan letak tekanan minimum dalam persepuluh chord dari trailing edge.
- Angka ketiga menunjukkan koefisien gaya angkat ( $c_l$ ) rancangan dalam persepuluh chord.
- Dua angka terakhir menunjukkan maximum thickness atau ketebalan maksimum dalam perseratus chord.

Contoh airfoil dengan **NACA 16-123**, angka 1 adalah serinya (seri satu angka), memiliki letak tekanan minimum 60 % chord dari trailing edge, memiliki koefisien gaya angkat rancangan 0.1 dan mempunyai ketebalan maksimum 23 % chord.

## NACA 16-015

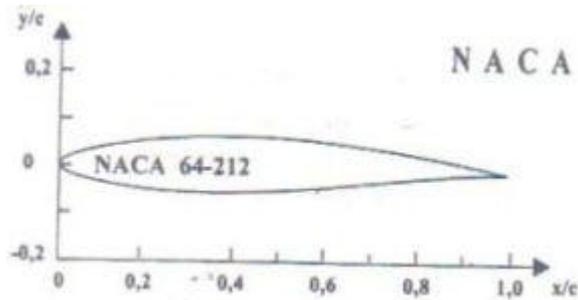


Gambar 2.7 airfoil NACA seri " satu "

### 2. Seri " Enam "

- Angka pertama menunjukkan serinya.
- Angka kedua menunjukkan letak tekanan minimum dalam sepersepuluh chord dari trailing edge.
- Angka ketiga menunjukkan koefisien gaya angkat ( $c_l$ ) rancangan dalam sepersepuluh chord.
- Dua angka terakhir adalah maksimum thickness dalam seperseratus chord.

Misalnya untuk airfoil dengan **NACA 65-218**, angka 6 adalah serinya (seri enam angka), tekanan minimum terjadi pada  $0.5c$  untuk distribusi tebal simetrik/dasar pada gaya angkat nol, memiliki koefisien gaya angkat rancangan  $c_l$   $0.2c$ , dan tebal maksimum 18% chord. Airfoil jenis ini dirancang sebagai airfoil laminar untuk kecepatan tinggi, dirancang untuk menghasilkan  $c_{lmax}$  yang tinggi dan  $c_d$  yang lebih rendah pada  $c_l$  yang tinggi.



Gambar 2.8 airfoil NACA seri ” enam “

### 3. Seri “ *Tujuh* “

- Angka pertama adalah serinya.
- Angka kedua adalah letak tekanan minimum pada bagian upper surface perseratus chord.
- Angka ketiga adalah letak tekanan minimum pada bagian lower surface perseratus chord.
- Satu huruf menunjukkan profil standar dari airfoil.
- Angka kelima adalah koefisien gaya angkat rancangan dalam persepuluh chord.
- Dua angka terakhir adalah ketebalan maksimum dalam perseratus chord.

Contoh airfoil *NACA 71-2A315*, angka 7 adalah serinya, mempunyai letak tekanan minimum 10 % chord dari trailing edge pada upper surface, letak tekanan minimum pada lower surface pada 20 % chord dari trailing edge, menggunakan standar “ A “ airfoil, memiliki koefisien gaya angkat rancangan 0.3, dan mempunyai ketebalan maksimum 15 % chord.

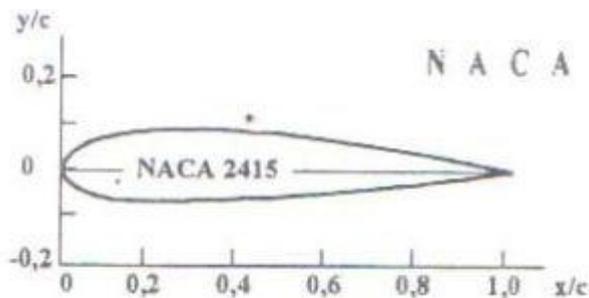
### 4. Seri “ *Delapan* “

Identifikasi pada airfoil ini sama dengan airfoil pada seri 7, namun angka 8 merupakan serinya. Airfoil seri delapan merupakan airfoil superkritis, di desain supaya aliran udara yang melewati bagian upper dan lower surface pada airfoil dibuat lebih maksimum dan drag yang dihasilkan seminim mungkin. Ciri-ciri airfoil ini mempunyai chamber yang besar dan radius yang besar pada leading edge, biasanya digunakan pada pesawat yang mempunyai kecepatan transonic ( $1 > M > 1$ ).

### 5. Seri “ *Empat angka* “

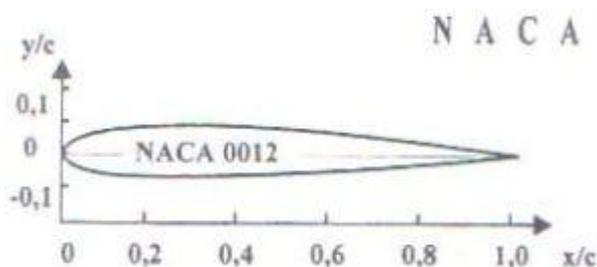
- Angka pertama adalah maksimum camber dalam perseratus chord.
- Angka kedua adalah posisi maksimum camber pada chord line dalam sepersepuluh chord dari leading edge.

- Dua angka terakhir dalam maksimum thickness dalam seperseratus chord. Misalnya untuk airfoil dengan NACA 2412 (seri empat angka) memiliki camber maksimum  $0.02c$  terletak di  $0.4c$  dari leading edge, dan maximum thickness atau tebal maksimum  $0.12c$ . Dalam praktek, umumnya angka-angka ini dinyatakan dalam persen tali busur, yaitu : camber 2% di 40%  $c$  dengan tebal 12%.



Gambar 2.9 airfoil NACA seri “empat angka”

Untuk airfoil simetris, yang mempunyai bentuk tali busur yang sama antara bagian atas dengan bagian bawahnya merupakan airfoil dengan chamber nol. Contohnya adalah airfoil dengan NACA 0012, memiliki chamber dengan nilai yang nol dan mempunyai tebal maksimum 12%.

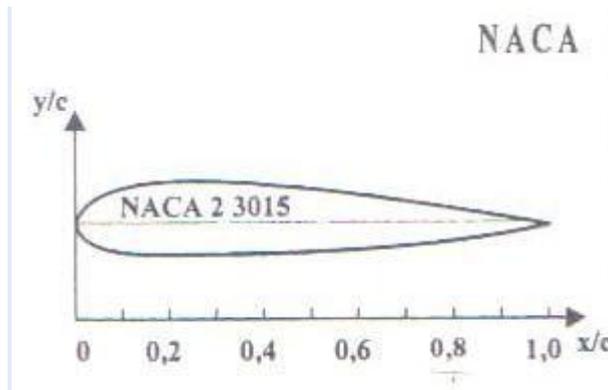


Gambar 2.10 airfoil NACA simetris

#### 6. Seri “lima angka”

- Bila angka pertama dikalikan  $3/2$  memberikan koefisien gaya angkat ( $c_l$ ) rancangan dalam seperseratus.
- Dua angka berikutnya, bila dibagi dua menunjukkan letak maksimum camber di chord line dalam seperseratus chord diukur dari leading edge.
- Dua angka terakhir menunjukkan maksimum thickness dalam seperseratus chord.

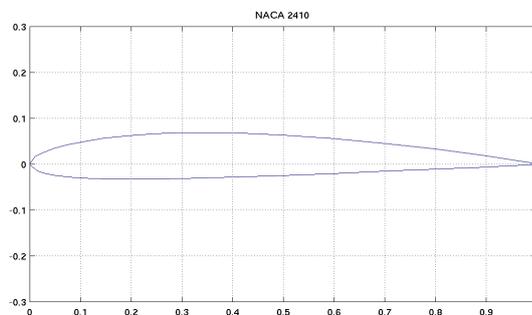
Misalnya untuk airfoil dengan NACA 23012, memiliki koefisien gaya angkat rancangan 0.3, chamber maksimum terletak di  $0.15c$ , dan tebal maksimum  $0.12c$ . Koefisien gaya angkat rancangan adalah koefisien gaya angkat teoritis airfoil dengan arah aliran bebas sejajar dengan garis singgung mean camber line di leading edge.



Gambar 2.11 airfoil seri NACA “lima angka”

## 7. NACA 2410

Brikut adalah gambar grafik dari naca 2410, yaitu naca yang akan di gambar dalam model sudu kincir angin pada software solidworks 2014, dan yang akan di simulasikan untuk mendapatkan data hasil dari simulasi tersebut.



Gambar 2.12 naca 2410

## 2.6. Simulasi pada software solidwork 2014

### 2.6.1. Pengertian simulasi

Simulasi adalah metode yang paling luas penggunaannya dalam mengevaluasi berbagai alternatif sistem sumberdaya air. Teknik ini mengandalkan cara coba-banding (trial-and-error) untuk memperoleh hasil yang mendekati optimal. Model simulasi mempunyai maksud untuk mereproduksi watak esensial dari sistem yang dipelajari. Teknik simulasi dapat dibayangkan dengan percobaan (eksperimen), sebagai penyelesaian masalah untuk mempelajari sistem yang kompleks yang tidak dapat dianalisis secara langsung dengan cara analitik. Teknik

simulasi merupakan metode kuantitatif yang menggambarkan perilaku suatu sistem. Digunakan untuk memperkirakan keluaran (output) dari masukan (input) sistem yang telah ditentukan.

Simulasi adalah suatu cara untuk menduplikasi/menggambarkan ciri, tampilan, dan karakteristik dari suatu sistem nyata. Ide awal dari simulasi adalah untuk meniru situasi dunia nyata secara matematis, kemudian mempelajari sifat dan karakter operasionalnya, dan akhirnya membuat kesimpulan dan membuat keputusan berdasar hasil dari simulasi. Dengan cara ini, sistem di dunia nyata tidak disentuh /dirubah sampai keuntungan dan kerugian dari apa yang menjadi kebijakan utama suatu keputusan di uji cobakan dalam sistem model.

Metode simulasi merupakan proses perancangan model dari suatu sistem nyata (riil) dan pelaksanaan eksperimen-eksperimen dengan model ini untuk tujuan memahami tingkah laku sistem atau untuk menyusun strategi (dalam suatu batas atau limit yang ditentukan oleh sebuah satu atau beberapa kriteria) sehubungan dengan operasi sistem tersebut. Metode simulasi dapat menjelaskan tingkah laku sebuah sistem dalam beberapa waktu dengan mengobservasi tingkah laku dari sebuah model matematika yang dibuat sesuai dengan karakter sistem yang asli sehingga seorang analis bisa mengambil kesimpulan tentang tingkah laku dari sistem dunia nyata.

( Sumber : STIKOMP Digital Library )

Simulasi adalah suatu program komputer. Simulasi adalah, secara esensial, suatu proses eksperimen yang memerlukan perencanaan yg hati-hati. Simulasi adalah model dari suatu sistem, dengan software memodelkan sistem, dan ukuran numerik performansi diturunkan dari output simulasi.

( Sumber : Simulasi\_07.ppt )

#### 2.5.2 Klasifikasi simulasi

Klasifikasi simulasi dalam tiga dimensi:

1. Model Simulasi Statik vs. Dinamik Model statik: representasi sistem pada waktu tertentu. Waktu tidak berperan di sini. Contoh: model Monte Carlo.  
Model dinamik: merepresentasikan sistem dalam perubahannya terhadap waktu.  
Contoh: sistem conveyor di pabrik.

2. Model Simulasi Deterministik vs. Stokastik Model deterministik: tidak memiliki komponen probabilistik (random). Model stokastik: memiliki komponen input random, dan menghasilkan output yang random pula.

3. Model Simulasi Kontinu vs. Diskrit Model kontinu: status berubah secara kontinu terhadap waktu. Contoh : gerakan pesawat terbang.

Model diskrit: status berubah secara instan pada titik-titik waktu yang terpisah. Contoh : jumlah customer di bank.

4. Model simulasi sudu kincir angin pada model naca tertentu Memiliki input model naca yg di inginkan, misal model naca 2410. Contoh : kincir angin pada PLTA ( Sumber : Artificial Intelligence and Multimedia.pdf )

### 2.5.3. TERAPAN SIMULASI

Contoh-contoh area aplikasi simulasi:

1. Sistem antrian
2. Perancangan dan analisis sistem manufacturing.
3. Evaluasi persyaratan hardware dan software untuk sistem komputer.
4. Evaluasi sistem senjata atau taktik militer yang baru.
5. Perancangan sistem komunikasi dan message protocol.
6. Perancangan dan pengoperasian fasilitas transportasi, mis. jalan tol, bandara, rel kereta, atau pelabuhan.
7. Evaluasi perancangan organisasi jasa, mis. rumah sakit, kantor pos, atau restoran fast food.
8. Analisis sistem keuangan atau ekonomi.

( Sumber : Simulasi\_07.ppt )

## 2.6. PERFORMANCE

### 2.6.1. Pengertian performance menurut para ahli

Performance dapat diartikan sebagai tingkat pencapaian hasil atau “The degree of accomplishment” (Rue and Byars , 1981:375). Sering pula disebut tingkat pencapaian tujuan organisasi. Penilaian terhadap performance atau disebut juga kinerja merupakan suatu kegiatan yang sangat penting. Penilaian dimaksud bisa dibuat sebagai masukan guna mengadakan perbaikan untuk peningkatan

kinerja organisasi pada waktu berikutnya. (Mac Donald and Lawton , 1977). Apabila sebuah organisasi tidak menghasilkan keluaran berupa materi , performance juga sebagai sebutan bagi pengukuran output atau hasil dari organisasi. Penjelasan tersebut dibicarakan oleh Stodgil dalam hubungannya dengan permasalahan output organisasi.

Menurut Peter Jennergren dalam Nystrom dan Starbuck (1981:43), makna dari Performance (Kinerja) adalah “Pelaksanaan tugas-tugas secara actual”. Sedangkan Osborn dalam John Willey dan Sons (1980:77) menyebutnya sebagai “Tingkat pencapaian misi organisasi”. Dengan demikian dapatlah disimpulkan yang mana performance (kinerja) itu merupakan “Suatu keadaan yang bisa dilihat sebagai gambaran dari hasil sejauh mana pelaksanaan tugas dapat dilakukan berikut misi organisasi”.

Untuk mengetahui bagaimana kinerja sebuah organisasi banyak pendapat para pakar dengan menggunakan indikator dan konsep , seperti efektivitas, efisiensi dan juga produktivitas untuk menentukan sejauh mana kemampuan sebuah organisasi dalam mencapai tujuan. Namun konsep dan indikator yang dikemukakan selalu saja hanya tepat digunakan bagi organisasi swasta yang berorientasi keuntungan belaka, hal ini tentunya berbeda dengan organisasi publik yang berorientasi pada pelayanan kepada masyarakat banyak tanpa mengejar keuntungan materi. Namun orientasi untuk pelayanan publik bagi kesejahteraan dan kemakmuran masyarakat untuk menuju suatu pemerintahan yang good governance.

Levine dkk (1990) mengusulkan tiga konsep yang bisa dipergunakan untuk mengukur kinerja birokrasi publik, yaitu: responsiveness, responsibility dan accountability (Dwiyanto, 1995). Georgepoulos dan Tannenbaum dalam Emitai Etzioni (82) Menggunakan ukuran keberhasilan sebuah organisasi dengan :

- Produktivitas organisasi.
- Bentuk organisasi yang luwes sehingga berhasil menyesuaikan diri dengan perubahan yang terjadi di dalam organisasi yang bersangkutan.
- Tidak adanya ketegangan, tekanan maupun konflik di antara bagian-bagian dalam organisasi tersebut.

Stodgil dan James D.Thomson (1967:33) berpendapat bahwa keberhasilan organisasi melalui :

- productivity/performances
- Integration and Morale
- Adaptiveness
- Institutionalization.

Bila dilihat ukuran-ukuran yang diberikan para pakar di atas dapat dimaklumi adanya sisi yang hampir sama antara satu sarjana dengan yang lain. Ukuran kriteria tersebut memang telah dibuktikan berhubungan positif dengan efektivitas organisasi, namun demikian dalam pengukuran kinerja organisasi dari sudut pencapaian tujuan sebagai misi akhir dari tujuan banyak dari kriteria evaluasi tersebut relatif tidak stabil setelah jangka waktu selanjutnya, yang mana kriteria yang telah dipakai untuk pengukuran kinerja waktu sekarang belum tentu tepat dan cocok lagi untuk waktu yang akan datang, mungkin saja dapat diragukan hasilnya pada waktu berikutnya. Untuk itu dalam menentukan kriteria yang akan dipakai dalam penelitian ini, penulis tidak langsung menggunakan pendapat salah satu pakar di atas, namun berusaha menyesuaikan dengan keadaan pada Bagian Organisasi Sekretariat Kota Pekanbaru sebagai salah satu organisasi yang ada pada Lembaga Pemerintah Daerah Kota Pekanbaru. Menurut Keban (1995), pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengukur kinerja Pemda, yaitu pendekatan manajerial dan pendekatan kebijakan, dengan asumsi bahwa efektivitas dari tujuan pemda sangat tergantung dari dua kegiatan pokok tersebut "Public Management and Policy". Pendekatan manajemen mempersoalkan hingga seberapa jauh fungsi-fungsi manajerial pemda telah dijalankan seefisien dan seefektif mungkin.

Sasarannya adalah semua yang bertugas mengimplementasikan kebijakan publik. Selanjutnya Keban (1995) menggabungkan kedua pendekatan tersebut yang disebutnya dengan pendekatan moral/ethika, yang mana beliau melihat hingga seberapa jauh pemerintah daerah menaruh perhatian terhadap aspek moralitas, yakni apakah pemda memperlakukan pegawainya dan masyarakat umum atau golongan tertentu secara adil? atau apakah pemda memperhatikan internal dan eksternal etik?. Apakah pemda cukup responsif atau tanggap

terhadap perubahan yang datang dari masyarakat. Adapun sasaran dari pendekatan ini adalah gabungan dari dua pendekatan di atas. Selanjutnya fungsi manajerial dapat ditinjau dari manajerial yang bertugas, berupa adanya peningkatan dalam pemakaian manajerial skill, pemakaian sistem, dan prosedur kerja yang lebih baik, peningkatan motivasi serta kepuasan kerja di antara pegawai atau aparat pmda. Apakah peningkatan ini telah memberikan sumbangan terhadap tercapainya tujuan secara efisien dan efektif. Selain itu kinerja pemerintah dapat dinilai sampai sejauh mana masing-masing instansi telah melaksanakan fungsi, tugas dan tanggung jawab tersebut yang merupakan manifestasi dari kegiatan manajemen dan policy. Dalam penelitian ini nanti yang dimaksudkan dengan performance (kinerja) adalah “ Ada Tidaknya Bagian Organisasi melakukan tugas dan fungsinya secara aktual sehari-hari “.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1. Tempat

Adapun tempat dilakukannya simulasi numerik untuk alat penukar kalor pipa ganda ini dilakukan di gedung D lantai tiga(3) di fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

#### 3.1.2. Waktu

Pengerjaan studi numerik ini dilaksanakan setelah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing, dan terlihat pada table 3.1.

Tabel 3.1: waktu pelaksanaan penelitian

No.	Kegiatan	Waktu (bulan)					
		12	1	2	3	4	5
1.	Pengajuan judul						
2.	Penyediaan alat dan bahan						
3.	Studi literatur						
4.	Perancangan gambar naca 2410 menggunakan software solidworks2014						
5.	Pengujian sudu naca 2410 dengan menggunakan software solidworks2014						
6.	Penyelesaian Skripsi						

### 3.2. Alat Dan Bahan Penelitian

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

#### 3.2.1. Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam studi numerik ini adalah sebagai berikut :

1. Processor : Intel(R) Core (TM) -4005 CPU 1.80 GHz

2. Ram : 2.00 G
3. Operation System : *Windows 7 pro 64 bit operation system*



Gambar 3.1. Komputer Yang Digunakan

### 3.2.2. *Software Solidworks*

*Software solidworks* yang sudah terinstal pada laptop adalah solidwork 2014 dengan persyaratan sistem pada computer.

#### 1. Perangkat Lunak *Solidworks* 2014

Program *Solidworks* merupakan program komputer yang berfungsi untuk melakukan desain dan analisa kekuatan maupun aliran. Program tersebut dapat membantu kita dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang dikeluarkan berkurang, waktu market dari benda pun dapat dipercepat. *Solidworks* dibuat dengan berdasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga.



Gambar 3.2. Perangkat Lunak Solidworks 2014

### 3.2.3. Bahan Yang Digunakan

#### 1. Literaur

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

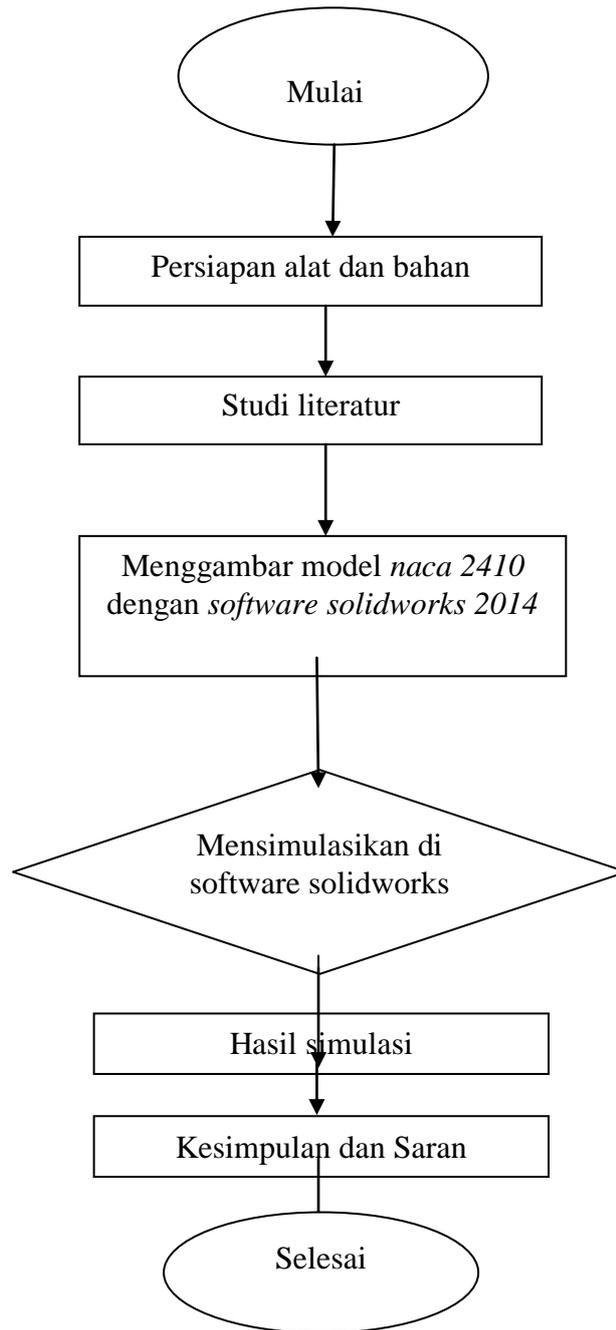
#### 2. Buku-bukuReferensi

Bahan berupa buku yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dikerjakan dan mendapatkan landasan teori sesuai dengan penelitian.

#### 3. Jurnal-jurnal

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

### 3.3. Diagram Alir

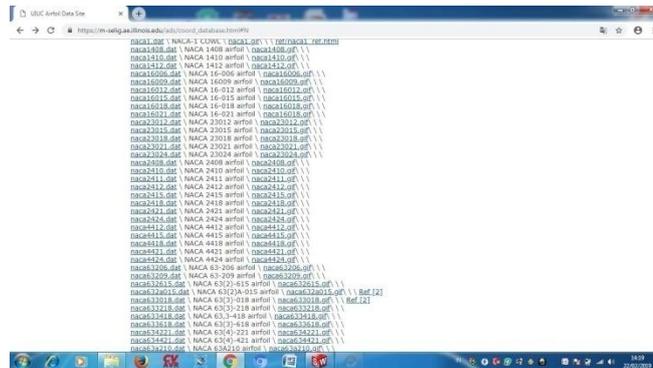


Gambar 3.3. Diagram Alir

### 3.4. Perancangan Model Dengan *Software Solidworks* 2014

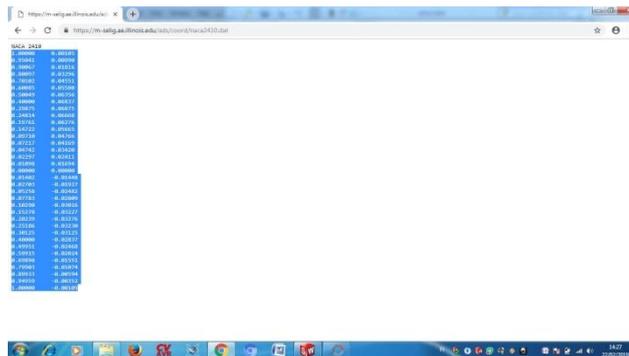
Model sudu yang akan di rancang dengan menggunakan *software Solidworks* 2014 yaitu model dari naca 2410. Brikut adalah langkah – langkah merancang dan mensimulasi dengan menggunakan *software Solidworks* 2014.

1. Nyalakan komputer yang akan digunakan untuk merancang desain *airfoil NACA 2410*
2. Download jenis naca yg di inginkan dari [www.google.com](http://www.google.com) yaitu naca 2410



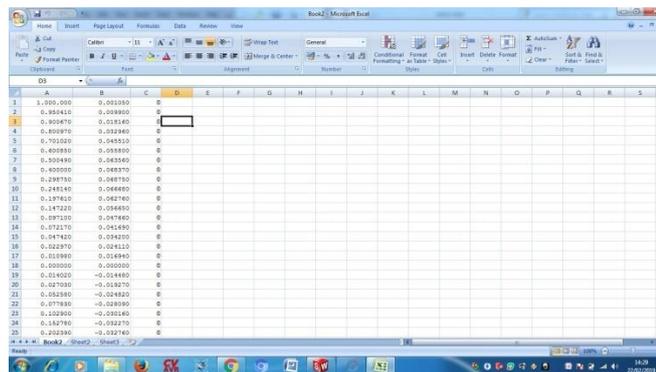
Gambar 3.4 beberapa jenis naca

3. Pilih naca 2410 KLIK dan blok dan salin ke microsoft exel untuk import data ke dalam solid work



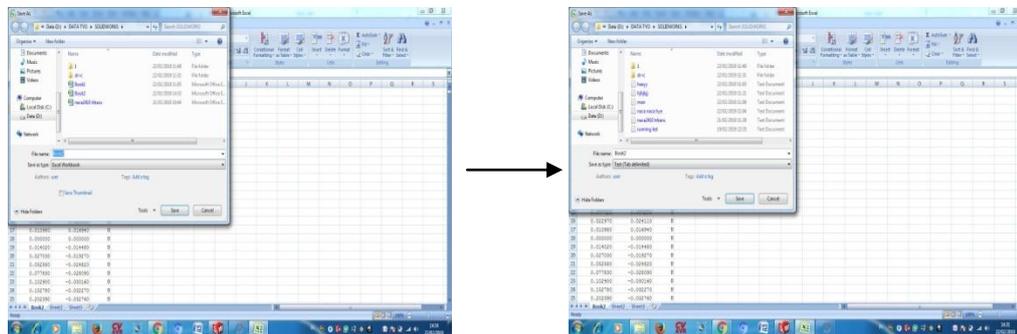
Gambar 3.5 numerik dari naca 2410

- Lalu salin ke exle untuk mengganti format file



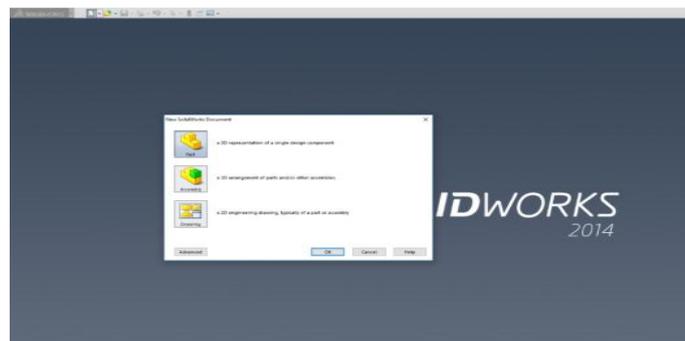
Gambar 3.6 menyalin numerik naca 2410 ke exel

- Lalu save program exel dengan mengganti type filenya dari exel workbook menjadi text (tab delimited)



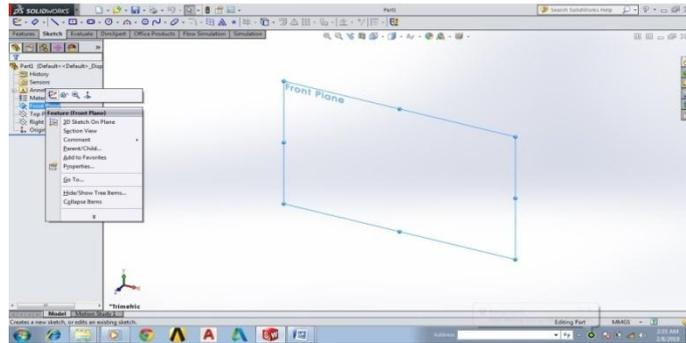
Gambar 3.7 save naca dan mengganti type file

- Buka *software Solidworks 2014* pada komputer,
- Pilih “New Document” pada sudut kanan atas tampilan *software Solidworks 2014*, kemudian pilih “Part” dan pilih “OK”.



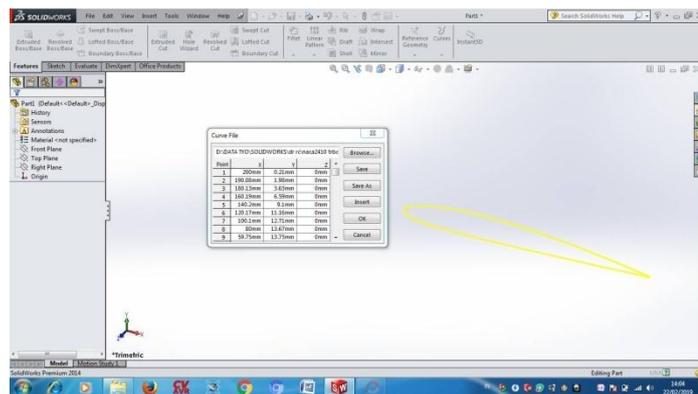
Gambar 3.8. Tampilan awal *Solidworks2014*

8. Pilih *front plane* klik kanan pada logo *sketch*.



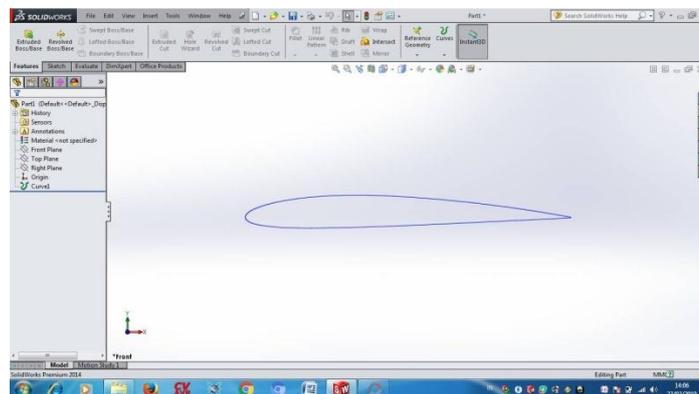
Gambar.3.9. *Front plane*

9. Pilih insert klik *curve* untuk import data dari excel ke solidwork.



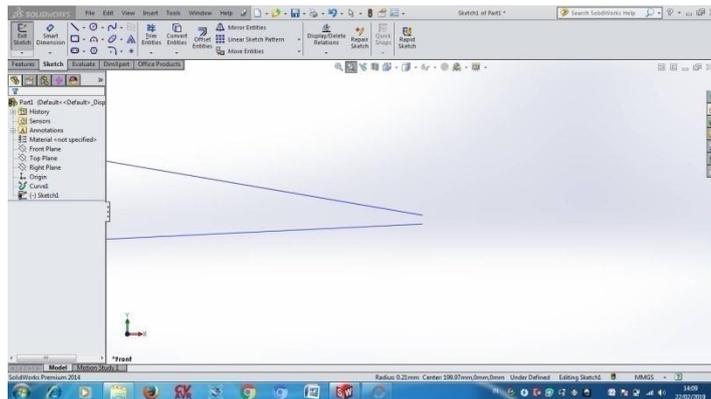
Gambar 3.10 import numerik ke solidwork 2014

10. Klik ok untuk menghasilkan data dari excel yang telah di import dan akan muncul bentuk naca yg telah di tentukan, yaitu naca 2410



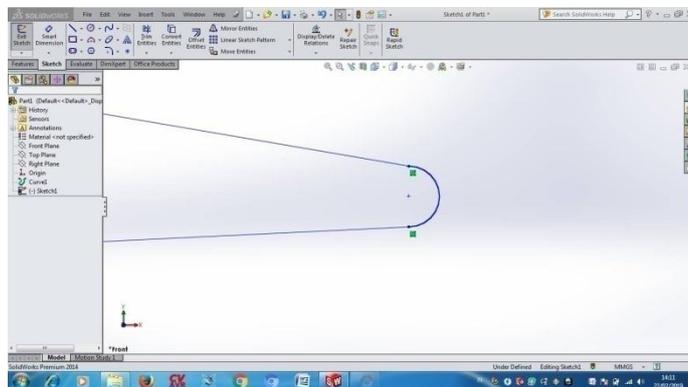
Gambar 3.11 hasil dari naca2410

11. Mencari dari gambar naca yang sudah keluar untuk memastikan tidak ada yang terputus dari garis tersebut



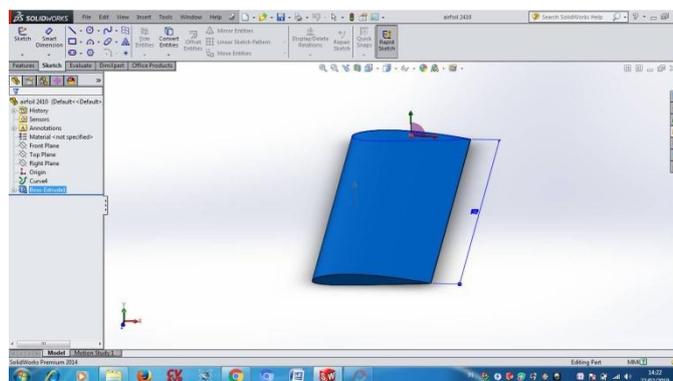
Gambar 3.12 mencari garis yang terputus

12. Setelah menemukan yang terputus pastikan menyambung garis yang terputus



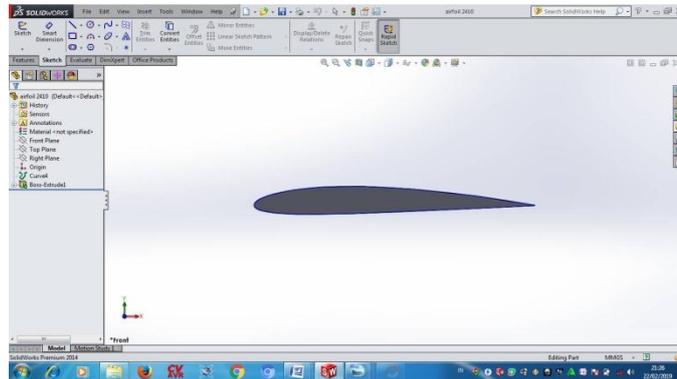
Gambar 3.13 menyambung garis yg terputus

13. Setelah menyambung garis yang terputus lalu menentukan ukuran dari sudut naca 2410 sesuai yang di inginkan



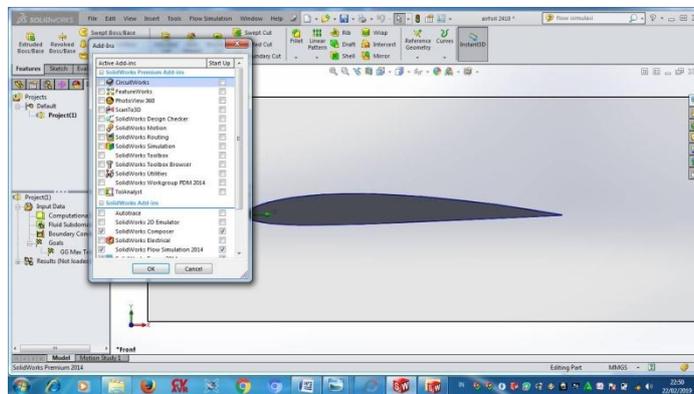
Gambar 3.14 menentukan lebar dari sudut

14. Hasil jadi sudu pada kincir angin yang di ambil dari naca 2410 dan telah selesai dari proses penyambungan garis yang terputus dan telah di tentukan lebar dari model naca 2410

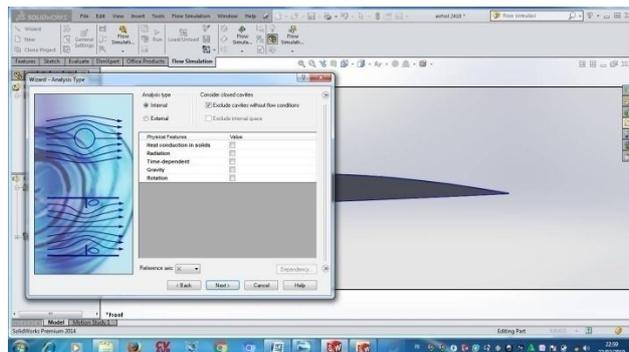


Gambar 3.15 hasil jadi dari naca 2410

15. Cara menampilkan *flow simulation* pada *menu bar* klik *add-ins* beri tanda centang pada kotak *flow simulation*.

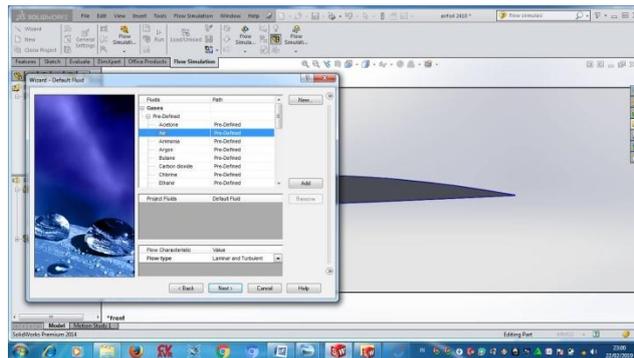


- Gambar 3.16. Menambah menubar solidworks flow simulation  
16. Melakukan simulasi aliran dengan langka klik pada *menu bar* *flow simulation* – *wizard* – klik *next* – beritanda centang sesuai pada gambar – *next*.



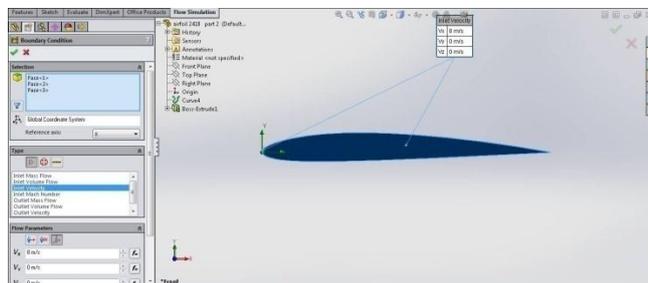
Gambar 3.17. Memulai simulasi

17. Memilih jenis fluida yang akan digunakan saat simulasi berhubung fluida yang kita gunakan adalah udara maka kita beri tanda centang pada *air*.



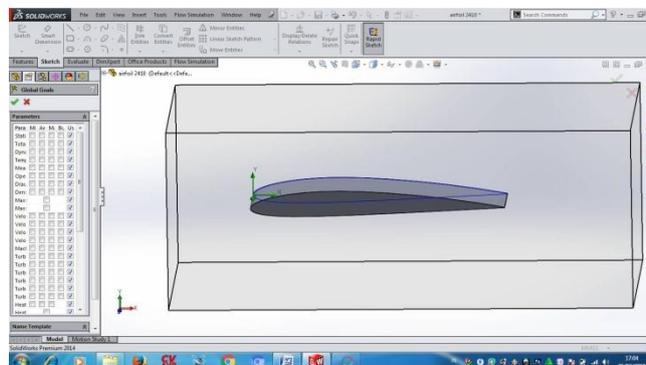
Gambar 3.18. Menentukan jenis fluida

18. Klik kanan pada *boundary condition* dan memberikan nilai inlet velocity yg telah di tentukan, pada penelitian ini inlet velocity yang telah di tentukan bervariasi yaitu mulai dari 2 m/s – 10 m/s setelah itu klik centang hijau



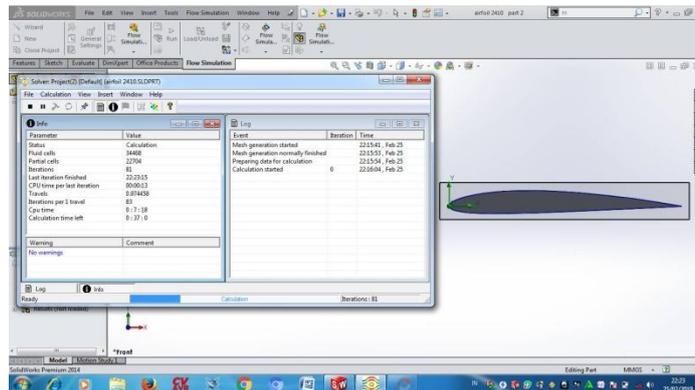
Gambar 3.19 menentukan *boundary condition*

19. Klik kanan pada goal – pilih insert global goal – klik pada kotak total pressure (max), temprature fluid (max), temperature solid (max) – heat transfer (max) – klik pada centang hijau.



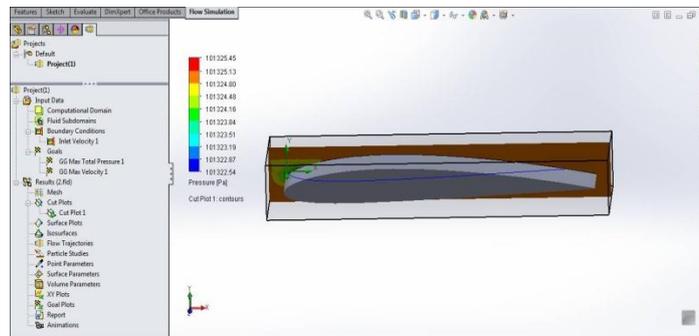
Gambar 3.20. Menentukan *goals*

20. Klik run dan menunggu proses run selesai untuk mendapatkan hasil yang ingin di jalankan dari model yang telah terbuat dari solidwork 2014.



Gambar 3.21. Menunggu proses runing

21. Apabila proses running sudah selesai maka klik *result* – klik *cut plot* – pilih *plane* atau bagian perpotongan yang ingin kita lihat hasil simulasinya misalnya *right plane* – klik tanda centang hijau.



Gambar 3.22. Proses *Cut plot*

## BAB 4

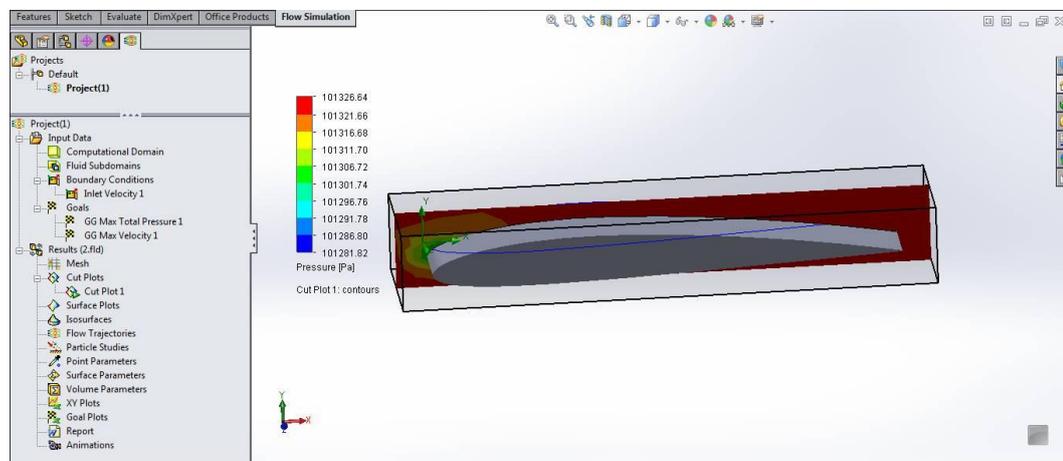
### HASIL DAN PEMBAHASAN ANALISA DATA

#### 4.1. Hasil Penelitian

Dalam mengevaluasi data sirmulasi kincir angin menggunakan naca 2410 dengan menggunakan perangkat lunak *solidworks* 2014, terdapat percepatan udara yang di variasikan sampai 5 (lima) variasi kecepatan. Berikut ini adalah hasil dari simulasi perhitungan yang di variasikan berdasarkan kecepatan variasi yang telah di tentukan, yaitu dari 2 m/s – 10 m/s. brikut adalah hasil dari sirmulasi dengan beberapa variasi kecepatan :

##### 4.1.1. simulasi dengan *Boundary condition* pada nilai *inlet velocity* 2 m/s

Yang dipakai untuk proses simulasi adalah *Boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu 2 m/s . Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut:

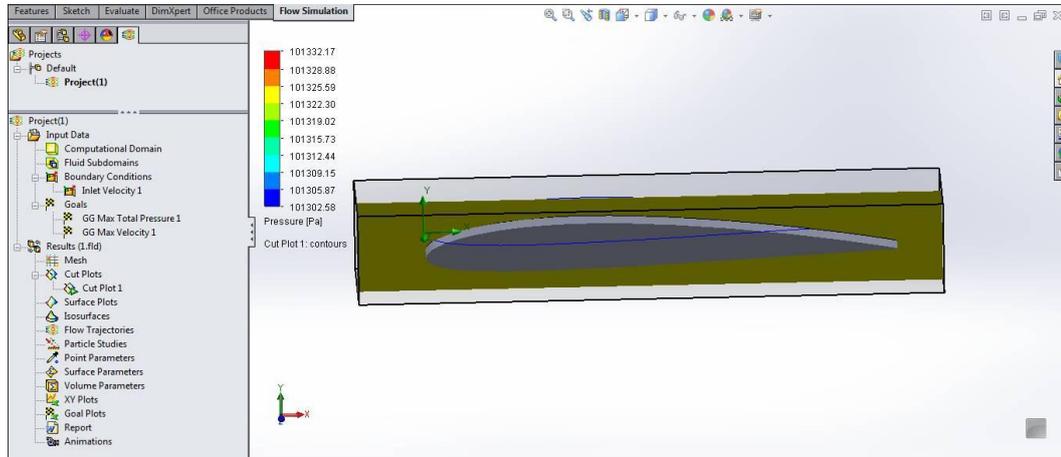


Gambar 4.1 simulasi pada kecepatan aliran 2 m/s proses *cut plot analisis pressure*

Dari hasil proses *cut plot analisis presure*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian depan dari objek mengalami tekanan yang paling kuat yakni sebesar 101326.34 Pa ditunjukkan pada warna merah disebabkan karena adanya benturan aliran fluida yang masuk dan mengenai bagian dari kincir angin yg sisi bagian terbesar, sedangkan bagian yang tidak menerima tekanan yaitu pada bagian keluar aliran fluida yang ditunjukkan dengan warna biru yakni sebesar 101319.65 Pa

#### 4.1.2. Simulasi dengan *Boundary condition* pada nilai *inlet velocity* 4 m/s

Yang dipakai untuk proses simulasi adalah *Boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu 4 m/s. Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut:

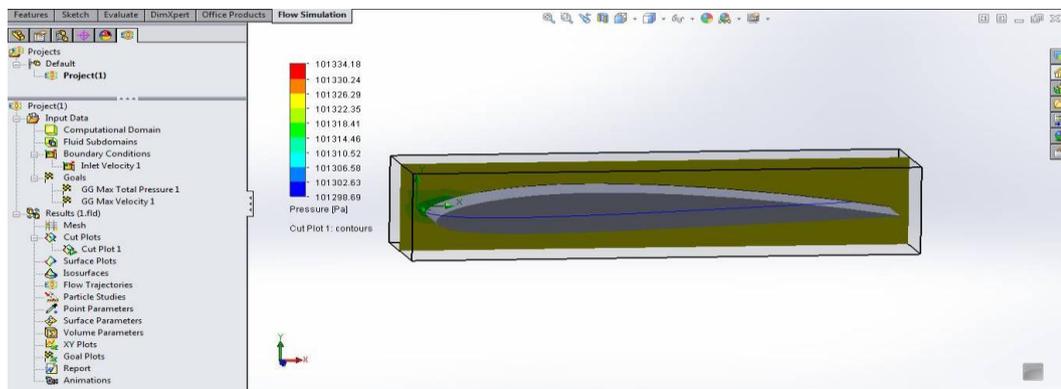


Gambar 4.2 simulasi pada kecepatan aliran 4 m/s proses *cut plot analisis pressure*.

Dari hasil proses *cut plot analisis pressure*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian depan dari objek mengalami tekanan yang paling kuat yakni sebesar 101326.40 Pa ditunjukkan pada warna merah disebabkan karena adanya benturan aliran fluida yang masuk dan mengenai bagian dari kincir angin yg sisi bagian terbesar, sedangkan bagian yang tidak menerima tekanan yaitu pada bagian keluar aliran fluida yang ditunjukkan dengan warna biru yakni sebesar 101318.76 Pa.

#### 4.1.3. Simulasi dengan *Boundary condition* pada nilai *inlet velocity* 6 m/s

Yang dipakai untuk proses simulasi adalah *Boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu 6 m/s. Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut:

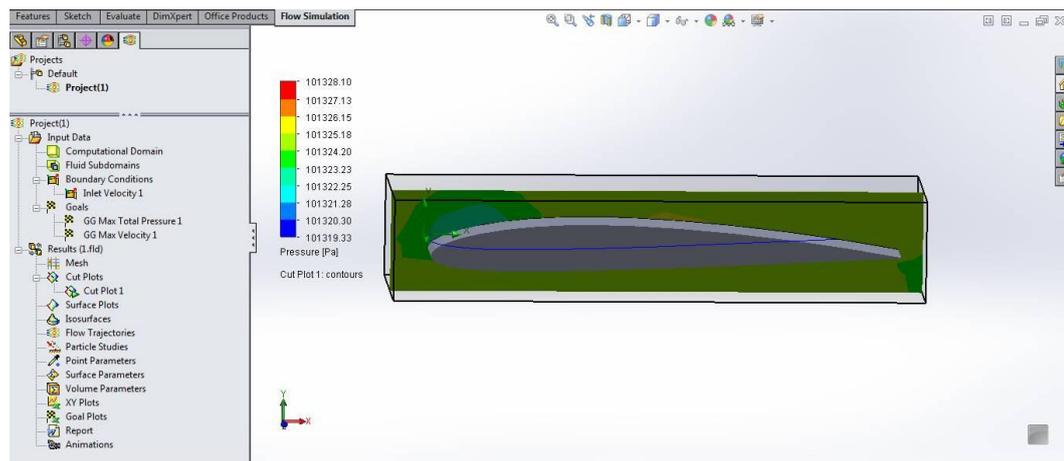


Gambar 4.3 simulasi pada kecepatan aliran 6 m/s proses *cut plot analisis pressure*.

Dari hasil proses *cut plot analisis pressure*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian depan dari objek mengalami tekanan yang paling kuat yakni sebesar 101334.18 Pa ditunjukkan pada warna merah disebabkan karena adanya benturan aliran fluida yang masuk dan mengenai bagian dari kincir angin yg sisi bagian terbesar, sedangkan bagian yang tidak menerima tekanan yaitu pada bagian keluar aliran fluida yang ditunjukkan dengan warna biru yakni sebesar 101298.69 Pa.

#### 4.1.4. Simulasi dengan *Boundary condition* pada nilai *inlet velocity* 8 m/s

Yang dipakai untuk proses simulasi adalah *Boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu 8 m/s . Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut:

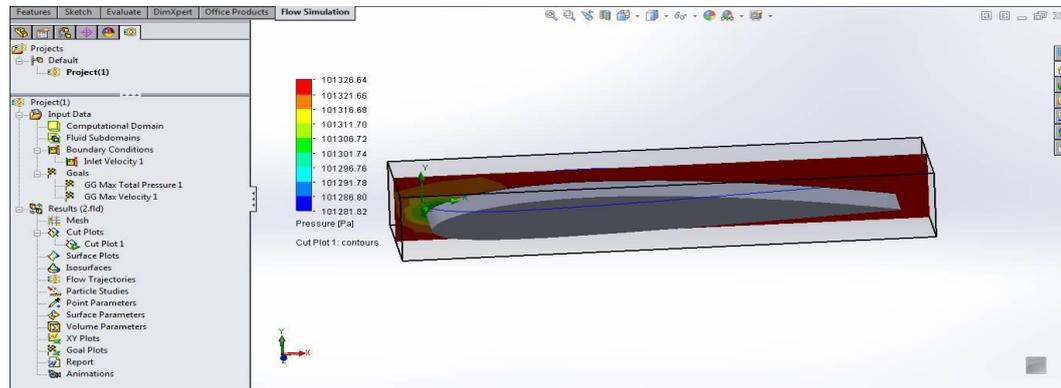


Gambar 4.4 simulasi pada kecepatan aliran 8 m/s proses *cut plot analisis pressure*.

Dari hasil proses *cut plot analisis pressure*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian depan dari objek mengalami tekanan yang paling kuat yakni sebesar 101344.38 Pa ditunjukkan pada warna merah disebabkan karena adanya benturan aliran fluida yang masuk dan mengenai bagian dari kincir angin yg sisi bagian terbesar, sedangkan bagian yang tidak menerima tekanan yaitu pada bagian keluar aliran fluida yang ditunjukkan dengan warna biru yakni sebesar 101237.06 Pa.

#### 4.1.5. Simulasi dengan *Boundary condition* pada nilai *inlet velocity* 10 m/s

Yang dipakai untuk proses simulasi adalah *Boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu 10 m/s. Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 4.5 simulasi pada kecepatan aliran 10 m/s proses *cut plot analisis pressure*.

Dari hasil proses *cut plot analisis pressure*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian depan dari objek mengalami tekanan yang paling kuat yakni sebesar 101329.53 Pa ditunjukkan pada warna merah disebabkan karena adanya benturan aliran fluida yang masuk dan mengenai bagian dari kincir angin yg sisi bagian terbesar, sedangkan bagian yang tidak menerima tekanan yaitu pada bagian keluar aliran fluida yang ditunjukkan dengan warna biru yakni sebesar 101311.07 Pa.

#### 4.2. data hasil percobaan

Tabel 4.1. Data hasil percobaan dari berbagai variasi kecepatan angin yaitu 2 m/s, 4 m/s, 6 m/s, 8 m/s, 10 m/s. Dengan geafitasi bumi 9.81 m/s<sup>2</sup>, dan massa jenis udara 1.18 m/s<sup>2</sup> dengan suhu 27<sup>0</sup>C.

Tabel 4.1 data percobaan.

NO	Kecepatan udara	Putaran kincir n (rpm)	Besaran gaya (F)	Arus (Ampere)
1	2 m/s	890	1.60	0.19
2	4 m/s	890	1.90	0.28
3	6 m/s	890	2.20	0.41
4	8 m/s	890	2.50	0.54
5	10 m/s	890	2.75	0.66

## 4.2. Pembahasan analisa data

Dalam pembahasan pengolahan data, digunakan beberapa asumsi untuk mempermudah pengolahan dan perhitungan data sebagai berikut :

- Percepatan grafitasi bumi =  $9.81\text{m/s}^2$
- Massa jenis udara =  $1.18\text{ kg/m}^2$  dengan suhu  $27^{\circ}\text{C}$
- Jarak lengan ke torsi sebesar =  $0.27\text{m}$
- Putaran poros (n) sebesar  $890\text{ rpm}$
- Besaran gaya (F) pada kecepatan  $2\text{m/s} = 1.60\text{ N}$
- Besaran gaya (F) pada kecepatan  $4\text{m/s} = 1.90\text{ N}$
- Besaran gaya (F) pada kecepatan  $6\text{m/s} = 2.20\text{ N}$
- Besaran gaya (F) pada kecepatan  $8\text{m/s} = 2.50\text{ N}$
- Besaran gaya (F) pada kecepatan  $10\text{m/s} = 2.75\text{ N}$

### 4.2.1. Perhitungan percepatan aliran

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan kecepatan mulai dari  $2\text{ m/s} - 10\text{ m/s}$  dapat dihitung kerugian koefisien dengan cara sebagai berikut :

#### 1. Perhitungan pada kecepatan aliran $2\text{ m/s}$ :

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_{in} - p_{out} \\ &= 101326.34\text{ Pa} - 101319.65\text{ Pa} \\ &= 6.69\text{ pa}\end{aligned}$$

#### 2. Perhitungan pada kecepatan aliran $4\text{ m/s}$ :

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_{in} - p_{out} \\ &= 101326.40\text{ Pa} - 101318.76\text{ Pa} \\ &= 7.64\text{ pa}\end{aligned}$$

#### 3. Perhitungan pada kecepatan aliran $6\text{ m/s}$ :

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_{in} - p_{out} \\ &= 101334.18\text{ Pa} - 101298.69\text{ Pa} \\ &= 35.49\text{ pa}\end{aligned}$$

#### 4. Perhitungan pada kecepatan aliran $8\text{ m/s}$ :

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_{in} - p_{out} \\ &= 101344.38\text{ Pa} - 101237.06\text{ Pa} \\ &= 97.32\text{ pa}\end{aligned}$$

**5. Perhitungan pada kecepatan aliran 10 m/s :**

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_{in} - P_{out} \\ &= 101329.53 \text{ Pa} - 101311.07 \text{ Pa} \\ &= 18.46 \text{ pa}\end{aligned}$$

**4.2.2. Perhitungan daya angin**

**1. Kecepatan angin 2 m/s.**

Diambil dari data pengujian pertama yaitu diperoleh kecepatan angin 2 m/s, massa jenis udara yang telah di tentukan yaitu ( $\rho$ ) sebesar  $1,18 \text{ kg/m}^3$  dan luas penampang (A) yaitu  $0.5 \text{ m}^2$ . Maka dapat dihitung daya angin sebesar :

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$P_{in} = \frac{1}{2} \times 1.18 \times 0.5 \times 2^3$$

$$P_{in} = 2.36 \text{ watt}$$

Jadi daya angin yang dihasilkan sebesar 2.36 watt.

**2. Kecepatan angin 4 m/s**

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$P_{in} = \frac{1}{2} \times 1.18 \times 0.5 \times 4^3$$

$$P_{in} = 18.88 \text{ watt}$$

Jadi daya angin yang dihasilkan sebesar 18.88 watt.

**3. Kecepatan angin 6 m/s :**

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$P_{in} = \frac{1}{2} \times 1.18 \times 0.5 \times 6^3$$

$$P_{in} = 63.72 \text{ watt}$$

Jadi daya angin yang dihasilkan sebesar 63.72 watt.

**4. kecepatan angin 8 m/s :**

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$P_{in} = \frac{1}{2} \times 1.18 \times 0.5 \times 8^3$$

$$p_{in} = 151.04 \text{ watt}$$

Jadi daya angin yang dihasilkan sebesar 151.04 watt.

**5. Kecepatan angin 10 m/s :**

$$p_{in} = \frac{1}{2} \times 1.18 \times 0.5 \times 10^3$$

$$p_{in} = 295 \text{ watt}$$

Jadi daya angin yang dihasilkan sebesar 295 watt.

**4.2.3. Perhitungan Torsi**

**1. Perhitungan dengan kecepatan 2 m/s;**

Diambil dari pengujian pertama dengan kecepatan angin 2m/s, besaran gaya (F) = 1.60 N dan jarak lengan ke torsi 0.27 m, maka torsi dihitung :

$$T = F \times l$$

$$T = 1.60 \times 0.27$$

$$T = 0.43 \text{ N.m}$$

Jadi torsi yang dihasilkan sebesar 0.43 N.m

**2. perhitungan dengan kecepatan 4 m/s;**

$$T = F \times l$$

$$T = 1.90 \times 0.27$$

$$T = 0.51 \text{ N.m}$$

Jadi torsi yang dihasilkan sebesar 0.51 N.m

**3. perhitungan dengan kecepatan 6 m/s;**

$$T = F \times l$$

$$T = 2.20 \times 0.27$$

$$T = 0.59 \text{ N.m}$$

Jadi torsi yang dihasilkan sebesar 0.59 N.m

**4. perhitungan dengan kecepatan 8 m/s;**

$$T = F \times l$$

$$T = 2.50 \times 0.27$$

$$T = 0.67 \text{ N.m}$$

Jadi torsi yang dihasilkan sebesar 0.67 N.m

**5. perhitungan dengan kecepatan 10 m/s;**

$$T = F \times l$$

$$T = 2.75 \times 0.27$$

$$T = 0.74 \text{ N.m}$$

Jadi torsi yang dihasilkan sebesar 0.74 N.m

**4.2.4. Perhitungan Daya Kincir**

**1. Perhitungan pada kecepatan 2 m/s ;**

Diproleh kecepatan angin 2 m/s, putaran poros (n) sebesar 890 rpm, dan torsi yang telah di hitung pada kecepatan 2 m/s yaitu 0.43 N.m, maka dapat dihitung ;

$$p_{out} = T \times \omega$$

$$p_{out} = 0.43 \times \frac{\pi \cdot 890}{30}$$

$$p_{out} = 40.05 \text{ watt}$$

Jadi daya yang di hasilkan sebesar 40.05 watt.

**2. Perhitungan pada kecepatan 4 m/s ;**

$$p_{out} = T \times \omega$$

$$p_{out} = 0.51 \times \frac{\pi \cdot 890}{30}$$

$$p_{out} = 47.50 \text{ watt}$$

Jadi daya yang di hasilkan sebesar 47.50 watt.

**3. Perhitungan pada kecepatan 6 m/s ;**

$$p_{out} = T \times \omega$$

$$p_{out} = 0.59 \times \frac{\pi \cdot 890}{30}$$

$$p_{out} = 54.95 \text{ watt}$$

Jadi daya yang di hasilkan sebesar 54.95 watt.

**4. Perhitungan pada kecepatan 8 m/s ;**

$$p_{out} = T \times \omega$$

$$p_{out} = 0.67 \times \frac{\pi \cdot 890}{30}$$

$$p_{out} = 62.41 \text{ watt}$$

Jadi daya yang di hasilkan sebesar 62.41 watt.

**5. Perhitungan pada kecepatan 10 m/s ;**

$$p_{out} = T \times w$$

$$p_{out} = 0.74 \times \frac{\pi \cdot 890}{30}$$

$$p_{out} = 68.93 \text{ watt}$$

Jadi daya yang di hasilkan sebesar 68.93 watt.

**4.2.5. Perhitungan Koefisien Daya**

Diambil dari perhitungan di atas, yaitu daya angin, dan daya kincir angin. Pada kecepatan 2 m/s terdapat nilai daya angin sebesar 2.36 watt, dan daya kincir angin sebesar 40,50 watt, maka dapat dihitung ;

**1. Perhitungan dengan kecepatan 2 m/s;**

$$C_p = \frac{p_{out}}{p_{in}} \times 100\%$$

$$C_p = \frac{2.36}{40.50} \times 100\%$$

$$C_p = 5.82 \%$$

Jadi koefisien daya yang dihasilkan sebesar 5.82 %.

**2. Perhitungan dengan kecepatan 4 m/s;**

$$C_p = \frac{p_{out}}{p_{in}} \times 100\%$$

$$C_p = \frac{18.88}{47.50} \times 100\%$$

$$C_p = 39.74 \%$$

Jadi koefisien daya yang dihasilkan sebesar 39.74 %.

**3. Perhitungan dengan kecepatan 6 m/s;**

$$C_p = \frac{p_{out}}{p_{in}} \times 100\%$$

$$C_p = \frac{63.72}{54.95} \times 100\%$$

$$C_p = 115.9 \%$$

Jadi koefisien daya yang dihasilkan sebesar 115.9 %.

**4. Perhitungan dengan kecepatan 8 m/s;**

$$C_p = \frac{p_{out}}{p_{in}} \times 100\%$$

$$C_p = \frac{151.04}{62.41} \times 100\%$$

$$C_p = 242 \%$$

Jadi koefisien daya yang dihasilkan sebesar 242 %.

5. **Perhitungan dengan kecepatan 2 m/s;**

$$C_p = \frac{p_{out}}{p_{in}} \times 100\%$$

$$C_p = \frac{295}{68.93} \times 100\%$$

$$C_p = 427.9 \%$$

Jadi koefisien daya yang dihasilkan sebesar 427.9 %.

Setelah perhitungan selesai silakukan. Maka hasil perhitungan dan simulasi dapat ditampilkan dalam bentuk grafik. Berikut beberapa grafik yang dibuat antaralain adalah :

1. Perbandingan  $\Delta P$  terhadap kecepatan



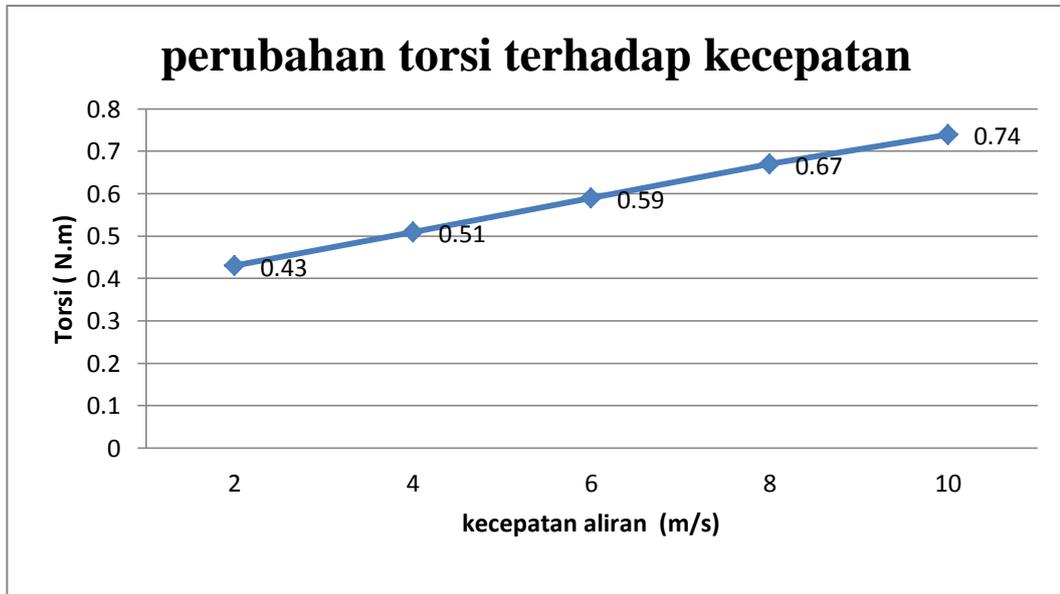
Gambar 4.6 grafik perbandingan prubahan tekanan terhadap kecepatan

2. Perubahan gaya angin terhadap kecepatan



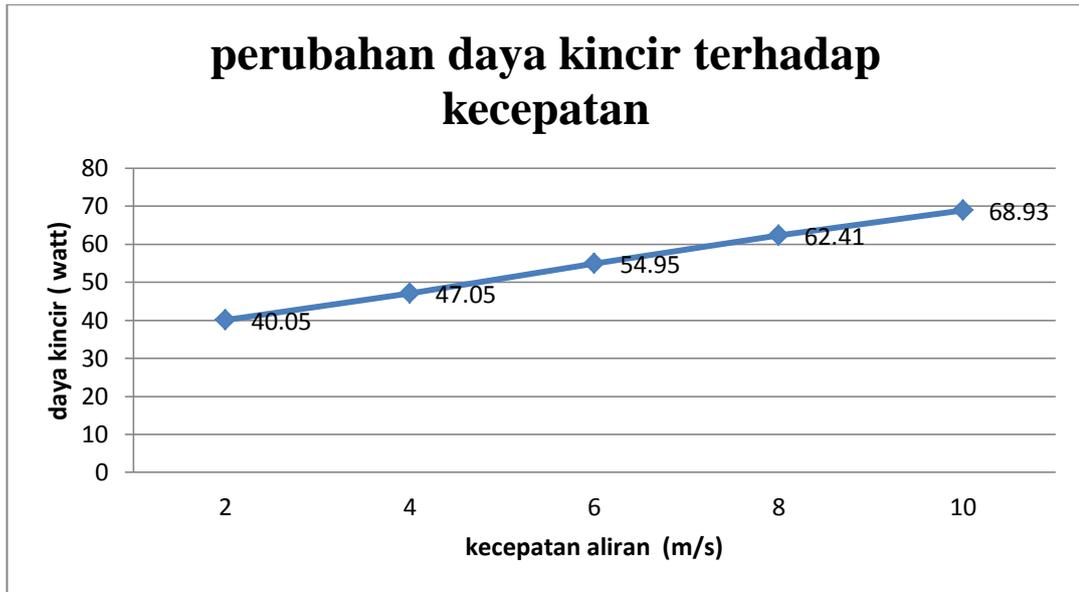
Gambar 4.7 Perubahan gaya angin terhadap kecepatan

3. Perubahan torsi terhadap kecepatan



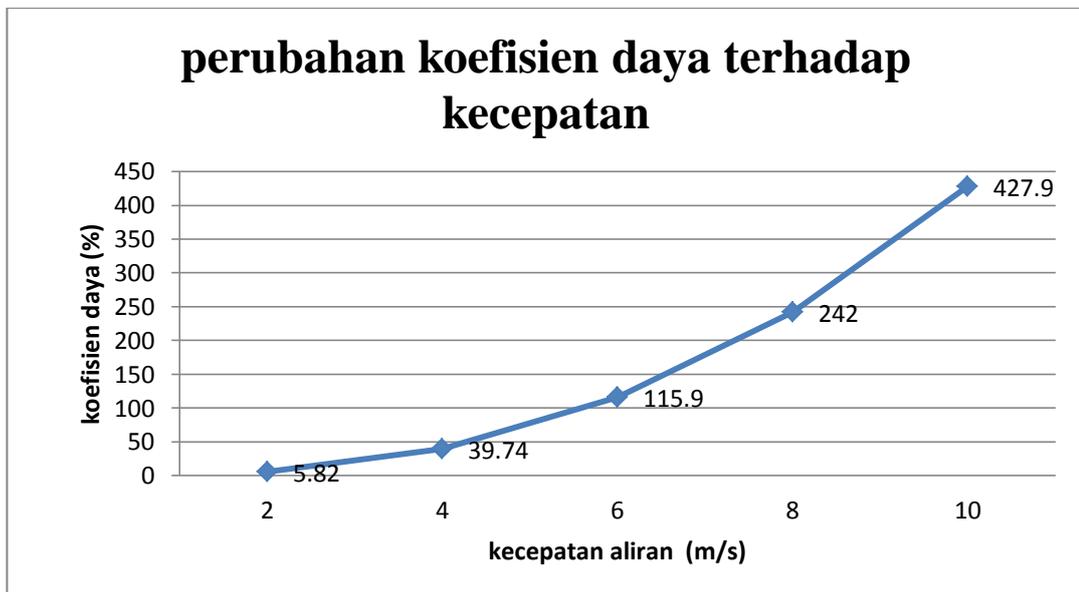
Gambar 4.8 Perubahan torsi terhadap kecepatan

4. Perubahan daya kincir terhadap kecepatan



Gambar 4.9 Perubahan daya kincir terhadap kecepatan

5. Perubahan koefisien daya terhadap kecepatan



Gambar 4.10 Perubahan koefisien daya terhadap kecepatan

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Dengan menggunakan perangkat lunak dalam menganalisa khususnya software solidworks 2014 yang berbasis MEH mempermudah dan memperhemat waktu dalam menganalisa permasalahan struktur elemen.

Simulasi adalah suatu teknik numerik untuk melakukan percobaan – percobaan pada suatu komputer digital, Yang melibatkan bentuk – bentuk fungsi matematika dan logika tertentu untuk menjelaskan tingkah laku dan struktur suatu sistem nyata yang kompleks. Simulasi dapat digunakan untuk merancang, menganalisa dan menilai suatu sistem.

#### 5.2. Saran

Dalam membuat gambar model naca 2410 dan untuk menjalankan simulasinya dari software solidworks 2014 haruslah benar – benar teliti, agar tidak terjadi kesalahan pada jalannya simulasi.

## Daftar pustaka

- Hambali dkk., 2009, prinsip konversi energi dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui.
- Sarjito .,2010, studi karakteristik airfoil naca 2410 dan naca 0012 pada berbagai variasi angle of attack. Surakarta : universitas muhammadiyah surakarta.
- Jarass.,1980, upaya pencarian sumber energi alternatif selain fosil.
- Muhammad faadhil, karwono, dan samsudin anis.,2009, pengaruh sudut serang terhadap kinerja turbin angin heliks gorlov dengan penambahan curveplate.
- Budi sugiarto, sudjito, denny widyanuriyawan, slamet wahyudi.,2010, simulasi kincir angin dengan variasi pengarah, malang : universitas brawijaya malang.
- Karwono, 2008, pemanfaatan energi angin dengan menggunakan turbin angin.
- Kamal, 2008, pembuatan turbin angin dengan model sumbu vertikal savonius
- Altan dkk, 2012, sumber torsi negatif terhadap sumbu yang di hadapkan pada arah datangnya angin.
- Firman aryanto, 2013, pengaruh kecepatan angin terhadap unjuk kerja turbin angin poros horizontal. Jl. Majapahit. Nusa tenggara barat : universitas mataram.
- Rahmat taufiqurrahman, 20014, penelitian numerik turbin angin dengan jumlah sudu dan kecepatan angin. Surabaya : institut teknologi sepuluh ( ITS ).
- Maret enggar prasetya, 2015, studi kerja turbin angin dengan naca 2410 dengan modifikasi sudu variasi, dengan sudut kemiringan  $0^0, 10^0, 15^0$ . Surakarta : universitas muhammadiyah surakarta.
- Arnoldus dwi sunu kopong mangu, 2016. Unjuk kerja kincir angin poros horizontal dua sudu komposit diameter 1m lebar maksimum 13 cm dengan jarak 12,5 cm dari pusat poros, yogyakarta : universitas sanata darma yogyakarta.

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta seminar

Nama

NPM

Judul Tugas Akhir

: **Tyo Fransetiyo**

: 1407230078

: Analisa Numerik Sudut Serang Pada Airfoil Naca 2410 –  
Terhadap Performance Sudu Kincir Angin.

**DAFTAR HADIR**

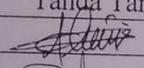
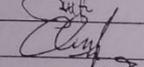
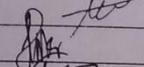
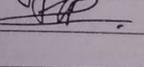
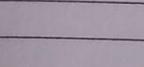
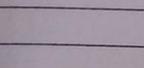
**TANDA TANGAN**

Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T

Pembimbing – II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

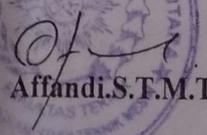
Pembanding – I : H.Muhrnif.S.T.M.Sc

Pembanding – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230299	Abdi saputra.	
2	1307230275	Bambang Katresnan	
3	1307230262	Arie Indra Wirawiraa	
4	1207230173	M. Azhar Sahnil Damanik	
5	1507230239	FIKI APIZA	
6	1407230236	M. Khairul Fiqri Ramha.	
7			
8			
9			
10			

Medan, 05 Rajab 1440 H  
09 Maret 2019 M

Ka. Prodi Teknik Mesin

  
Affandi.S.T.M.T



DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : **Tyo Fransetyo**  
NPM : 1407230078  
Judul T.Akhir : Analisa Numerik Sudut Serang Pada Airfoil Naca 2410 Terhadap Performance Sudu Kincir Angin.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T  
Dosen pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

Lihat buku skripsi

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 04 Rajab 1440 H  
09 Maret 2019 M

Diketahui :

Ka Prodi T.Mesin



Affandi, S.T.M.T

Dosen Pembanding - I

H.Muharnif.S.T.M.Sc

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Tyo Fransetyo  
NPM : 1407230078  
Judul T.Akhir : Analisa Numerik Sudut Serang Pada Airfoil Naca 2410 Terhadap Performance Sudu Kincir Angin.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T  
Dosen pembeding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pembeding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

..... *liber buku TVGA saradin* .....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

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

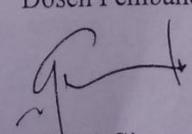
Medan 04 Rajab 1440 H  
09 Maret 2019 M

Diketahui :

Ka Prodi T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembeding - II

  
Chandra A Siregar.S.T.M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISA NUMERIK SUDUT SERANG PADA AIRFOIL  
NACA 2410 TERHADAP PERFORMANCE SUDU KINCIR  
ANGIN / TURBIN ANGIN

Nama : Tyo Fransetyo  
NPM : 1407230078

Dosen Pembimbing 1 : Khairul umurani, S.T., M.T  
Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	10 des. 2019	Pemberian penjelasan tugas	e
2	kamis. 20/12-2019	Perbaikan pembalukan	e
3	Senin, 7 jan/2019	Perbaikan tulisan pustaka	a
4	1 sblasa, 15/1 2019	Perbaikan Metode	le
5	kamis, 24/1 2019	Perbaikan analisis data	le
6	Senin 11/1 2019	Lanjut ke pembimbing 2	le
7	Senin 11/1 2019	Perbaikan spasi	A
8	Rabu 27/1 2019	Tambahan data pustaka	AS
9	sabtu 2/2019	Ace	
10	sabtu 2/2019	Ace, kesimpulan	le

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Tyo Fransetyo  
Npm : 1407230078  
Tempat / Tanggal Lahir : Binjai / 16 Agustus 1995  
Jenis Kelamin : Laki – Laki  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Alamat : Jl. Ani – ani.Lk.VII, Kel.Cengkeh Turi,  
Kec.Binjai Utara  
Kel / Desa : Cengkeh Turi  
Kecamatan : Binjai Utara  
Kota : Binjai  
Provinsi : Sumatera Utara  
No. HP : 0831 – 6121 – 9497  
Email : [baba48358@gmail.com](mailto:baba48358@gmail.com)  
Nama Orang Tua  
Ayah : Syamsudar  
Ibu : Nilawati

### PENDIDIKAN FORMAL

2002 – 2008 : SD Negeri 020580 Binjai  
2008 – 2011 : SMP Negri 6 Binjai  
2011 – 2014 : SMK Swatsa Putra Anda Binjai  
2014 – 2019 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara