

TUGAS AKHIR

SIMULASI NUMERIK PENGARUH MEKANISME PASSIVE TERHADAP KINERJA TURBIN DARRIEUS PADA PROFIL NACA 0012

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

Disusun Oleh:

FEBRI ANTONI S

1507230184



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

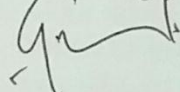
Nama : Febri Antoni S
NPM : 1507230184
Judul Skripsi : Simulasi Numerik Pengaruh Mekanisme Passive Terhadap
Kinerja Turbin Darrieus Pada Profil Naca 0012
Bidang ilmu : Konversi Energi

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, 3 November 2020

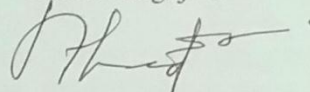
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



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

Dosen Penguji II



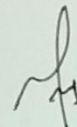
Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T

Dosen Penguji III



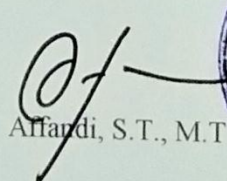
Khairul Umurani S.T.,M.T

Dosen Penguji IV



H. Muharnif S.T., M.Sc

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,


Alfandi, S.T., M.T



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap :Febri Antoni S
Tempat /Tanggal Lahir :Mulioarjo /18 Februari 1996
NPM :1507230184
Fakultas :Teknik
Program Studi :Teknik Mesin

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

“SIMULASI NUMERIK PENGARUH MEKANISME PASSIVE TERHADAP KINERJA TURBIN DARRIEUS PADA PROFIL NACA 0012”

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 orisinil 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 Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan,13 November 2020

Saya yang menyatakan,



Febri Antoni S

ABSTRAK

Turbin air adalah alat mekanik yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Prinsip kerja turbin air adalah memanfaatkan semaksimal mungkin energi potensial air yang dapat ditangkap oleh peralatan utama yaitu sudu turbin untuk diteruskan melalui poros yang digunakan untuk memutar generator. Untuk mengetahui performansi atau kemampuan dari turbin air perlu dilakukan pengujian. Tujuan penulisan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa pengaruh mekanisme *passive pitch* terhadap kinerja yang akan dihasilkan pada sudut pitch 0° , 20° , 40° dengan variasi debit air 50 L/m, 100 L/m, 150 L/m, 200 L/m, 220 L/m, dengan menggunakan *Solidworks Flow Simulation*. Metode simulasi menggunakan tipe analisa internal Flow. Kondisi batas yang digunakan adalah *inlet Volume Flow* pada *inlet* dan *Environment pressure* pada *outlet*. Dari hasil simulasi ini dapat diketahui adanya pengaruh mekanisme *passive* pada sudut pitch yang digunakan dari setiap variasi debit pada turbin air Darrieus profil NACA 0012, pada penelitian ini didapatkan hasil dari simulasi bahwa daya yang paling maksimum pada sudut pitch 0° yang menghasilkan daya turbin = 13,734 J/s pada debit 220 liter/menit, nilai torsi maksimum didapatkan pada sudut pitch 20° dengan torsi = 3,665 N/m pada aliran 220 liter/menit, dan Efisiensi maksimum didapatkan pada sudut pitch 0° dengan debit 100 liter/menit dengan nilai = 0,325%. Dan dapat diketahui semakin besar sudut pitch yang digunakan maka semakin kecil daya turbin yang didapatkan, namun semakin besar nilai torsi yang akan didapatkan.

Kata Kunci: Turbin Air Darrieus, Mekanisme *passive*, simulasi.

ABSTRAK

The water turbine is a mechanical device consisting of the shaft and blades. The working principle of a water turbine is to make the most of the potential energy of water that can be captured by the main equipment, namely the turbine blade to be passed through the shaft used to rotate the generator. To find out the performance or capability of the water turbine, it is necessary to test it. The purpose of this research is to find out how much the passive pitch mechanism affects the performance that will be produced at a pitch angle of 0° , 20° , 40° with variations of water discharge 50 L / m, 100 L / m, 150 L / m, 200 L / m, 220 L / m, using Solidworks Flow Simulation. The simulation method uses the internal flow analysis type. The boundary conditions used are the Volume Flow inlet at the inlet and Environment Pressure at the outlet. From the simulation results, it can be seen that the effect of the passive mechanism on the pitch angle used from each discharge variation in the water turbine Darrieus Naca 0012 profile, in this study the results obtained from the simulation that the maximum power at the pitch angle 0° which produces power turbine = 13,734 J/s at a discharge of 220 liters / minute, the maximum torque value can be obtained at a pitch angle of 20° with torque = 3,665 N / m at a flow of 220 liters / minute, and the maximum efficiency can be at a pitch angle of 0° with discharge of 100 liters / minute with a value of = 0.325%. And it can be seen that the greater the pitch angle that is used, the smaller the turbine power is obtained, but the greater the torque value that will be obtained.

Keywords: Darrieus Water Turbine, Mechanism passive, simulation.

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 “Simulasi Numerik Pengaruh mekanisme passive terhadap kinerja turbin darrieus pada profil naca 0012” 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 dan Penguji III 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 H. Muharnif S.T, M.Sc, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji IV yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T., selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak memberikan koreksi dan masuPkan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T, selaku Dosen Pembanding II yang juga yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Affandi, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
8. Kedua orang tua tercinta saya Ayahanda Jupriadi dan Ibunda Hijrah Mujas yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan doa yang terbaik. Terimakasih atas segalanya semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan dan membalas semua kebaikan kalian. Aamiin ya rabbal'amin.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Kepada Cici Kurniawati yang telah memberikan semangat dan dukungan dari awal kuliah hingga akhir kuliah ini.
11. Sahabat-sahabat penulis: Fahrudin Arazi, Syarin Fauzi Harahap, Pandi Hariadi, Wahyu, Ibnu Manda dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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 Mesin.

Medan, 18 September 2020



Febri Antoni S

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Energi Air	4
2.1.1. Sejarah Turbin Air	4
2.2. Turbin	5
2.2.1. Pengertian turbin air	6
2.2.2. Klasifikasi turbin air	6
2.2.3. Defenisi turbin air	7
2.3. Komponen Utama Turbin Air	8
2.3.1. Rotor (komponen yang bergerak)	9
2.3.2. Stator (komponen yang diam/tidak bergerak)	9
2.4. Hydrofoil	9
2.5. Airfoil Naca 0012	11
2.6. Mekanisme pitch turbin vertikal darrieus	13
2.7. Daya Air Dan Turbin	14
2.8. Turbine Solidity	15
2.9. <i>Compunataional Dynamic Fluida</i> (CFD)	15
2.9.1. Proses <i>Compunataional Dynamic Fluida</i>	16
2.9.2. <i>Meshing</i>	17
2.10. Analisa Perhitungan Daya Turbin	17
2.11. Simulasi Numerik	20
2.11.1. Pengertian Simulasi	20
2.11.2. Pengertian Numerik	20
2.11.3. Pengertian Simulasi Numerik	20
BAB 3 METODOLOGI	21
3.1 Tempat dan Waktu Pembuatan	21
3.1.1. Tempat Pembuatan	21
3.1.2. Waktu Penelitian	21

3.2	Alat dan instrument penelitian	22
3.2.1	Laptop/Pc	22
3.2.2	Aplikasi Solidword	22
3.3	Flowchart Penelitian	23
3.4	Prosedur Penelitian	24
3.4.1	Pre Processing	24
3.4.2	Procesing	25
3.4.3	Analisa Data Dan Kesimpulan	26
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Valiasi Penelitian	27
4.1.1	Desain Turbin Air Darrieus Naca 0012	27
4.1.2	Desain Sudu Darrieus	30
4.1.3	Wizard	33
4.1.4	Bondary Condition	34
4.1.5	Goels	35
4.2	Hasil simulasi	39
4.2.1	Meshing	39
4.2.2	Kontur Tekanan Fluida	40
4.2.3	Vaktor Kecepatan Fluida	42
4.3	Efisiensi turbin	44
4.3.1	Putaran sudut	44
4.3.2	Perhitungan efisiensi turbin	48
4.4	Grafik Perbandingan Hasil Simulsi	52
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1.	Kesimpulan	55
5.2.	Saran	55
	DAFTAR PUSTAKA	56
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Kulit <i>Meshing</i>	17
Tabel 3.1 Jadwal dan pelaksanaan penelitian	21
Tabel 3.2 Spesifikasi PC yang digunakan	22
Tabel 3.3 Inlet volume flow	25
Tabel 4.1 Wizard	34
Tabel 4.2 Boundary Condition	34
Tabel 4.3 Goals yang digunakan	36
Tabel 4.4 Equation Goals	39
Tabel 4.5 Kecepatan aliran linier sudut pitch 0°	45
Tabel 4.6 Kecepatan aliran linier sudut pitch 20°	46
Tabel 4.7 Kecepatan aliran linier sudut pitch 40°	47
Tabel 4.8 Data hasil simulasi sudut pitch 0°	49
Tabel 4.9 Data hasil simulasi sudut pitch 20°	50
Tabel 4.10 Data hasil simulasi sudut pitch 40°	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Darrieus	8
Gambar 2.2 Bentuk Profil Sudu Hydrofoil	10
Gambar 2.3 Luasan Permukaan Kreteristik	12
Gambar 2.4 Mekanisme Pergerakan foil A) mekanisme fixed pitch B) mekanisme passive variable pitch	13
Gambar 3.1 Aplikasi solidword	22
Gambar 3.2 <i>Flowehart Penelitian</i>	23
Gambar 4.1 Tahap Awal Solidwod	27
Gambar 4.2 Top Plane	28
Gambar 4.3 Desain 2D Diameter Rumah	28
Gambar 4.4 Desain Rumah Sudu 3D	29
Gambar 4.5 Sketch Pintu Keluar Air	29
Gambar 4.6 Sketch pintu Masuk Air	30
Gambar 4.7 Sketch 2D Sudu Darrieus	30
Gambar 4.8 Sketch 3D Darrieus Naca 0012	31
Gambar 4.9 <i>Runer</i> Sudut 0^0	31
Gambar 4.10 <i>Runer</i> Sudut 20^0	32
Gambar 4.11 <i>Runer</i> Sudut 40^0	32
Gambar 4.12 Ukuran <i>Runer</i>	33
Gambar 4.13 Bagian Turbin	33
Gambar 4.14 Goals	38
Gambar 4.15 Hasil <i>mesh</i>	39
Gambar 4.16 Kontur Tekanan fluida Pada Sudut Pitch 0^0	40
Gambar 4.17 Kontur Tekanan fluida Pada Sudut Pitch 20^0	41
Gambar 4.18 Kontur Tekanan fluida Pada Sudut Pitch 40^0	41
Gambar 4.19 Vektor Kecepatan Fluida Sudut Pitch 0^0	42
Gambar 4.20 Vektor Kecepatan Fluida Sudut Pitch 20^0	43
Gambar 4.21 Vektor Kecepatan Fluida Sudut Pitch 40^0	43
Gambar 4.22 Kecepatan linear	44
Gambar 4.23 Grafik Debit Air Vs Torsi	52
Gambar 4.24 Grafik Debit Air Vs Daya Turbin	53
Gambar 4.25 Grafik Debit Air Vs Efisiensi	54

DAFTAR NOTASI

NO. Simbol	Besaran	Satuan
1. N_s	Kecepatan spesifik	rpm
2. V_n	Kecepatan pancaran	m/s
3. P	Daya	watt
4. Q	Debit aliran air	m ³ /s
5. t	waktu	second
6. v	Kecepatan runner	m/s
7. H	Tinggi jatuh	m
8. n	Putran	rpm
9. g	Perepatan gravitasi	m/s ²
10. T	Torsi	Nm
11. ρ	Kerapatan Air	kg/m ³
12. η_t	Efisiensi turbin	%
13. dn	Diameter nozzle	m
14. D_t	Diameter lingkaran tusuk	m
15. Z	Jumlah Sudu	Buah
16. B_s	Lebar Sudu	m
17. C_s	Kedalaman Sudu	m
18. M	Lebar Bukaan Sudu	m
19. I	Jarak Jet Keujung Sudu	m
20. L_s	Panjang Sudu	m
21. F	Gaya	N
22. ω	Kecepatan Keliling	rpm
23. C_p	koefisien daya	J
24. p_{rotor}	Daya pada rotor	watt
25. p_{air}	Daya air	J/s

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan energi listrik serta menipisnya bahan bakar fosil yang tersedia, maka keadaan tersebut memaksa manusia untuk mencari energi alternatif (*renewable energi*) yang dapat diperbarui. Untungnya banyak energi alternatif yang ada di Indonesia seperti aliran air sungai yang ada di pegunungan dan dataran rendah, sehingga aliran air sungai itu dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga air atau turbin air yang menjadi sumber listrik terbarukan dan ramah lingkungan yang saat ini kita butuhkan. (Yuniarso et al., 2012)

Saat ini telah dikembangkan turbin arus air sungai Darrieus yang lebih efisien yang dapat mengambil energi dari arus sungai ataupun kanal yang ada di sekitarnya. Dengan demikian dihasilkan energi kinetik yang diperoleh dari air yang mengalir dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis menjadi energi listrik.

Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir atau turbin air yang memanfaatkan aliran air sungai maupun aliran arus laut. Selain itu, turbin Darrieus merupakan salah satu jenis turbin *hydrokinetic* yang tidak memerlukan tinggi tekanan (*head*) air agar dapat bekerja. Keuntungan lain dari turbin Darrieus adalah turbin tersebut kurang sensitif terhadap turbulensi tetapi sensitif terhadap arah aliran. Di antara beberapa bentuk geometri turbin sudu turbin Darrieus, geometri sudu lurus (atau H-Darrieus) lebih sering digunakan sebab pembuatannya lebih mudah dan konstruksinya yang lebih sederhana. Dalam beberapa penelitian menyatakan bahwa jumlah sudu H-rotor memiliki efek *self starting* yang paling baik namun tidak untuk semua posisi *azimuth* sudu. Rotor turbin Darrieus jenis H yang menggunakan *airfoil* sudu tidak simetris memberikan hasil koefisien torsi statis yang tinggi untuk setiap sudu efek pembalikan arah aliran air tidak mempengaruhi pada daya yang dihasilkan oleh turbin. Namun *pitch* negatif (relatif terhadap tangen dari lingkaran *pitch*) meningkatkan daya yang dihasilkan oleh turbin (Nasution et al., 2018)

Mengacuh beberapa hal di atas maka penelitian ini mencoba untuk mensimulasikan pengaruh mekanisme passive turbin air vertikal naca 0012 dengan sudu 4 turbin air darrieus dan di harapkan perangkat lunak *CFD* akan memberikan simulasi aliran fluida, benda-benda bergerak, aliran multi fasa, reaksi kimia, interaksi fluida dengan struktur, dan sistem akuisisi hanya dengan pemodelan di komputer. Dengan menggunakan *software* ini kita dapat membuat *virtual prototype* dari sebuah sistem atau alat yang akan kita analisis dengan menerapkan kondisi nyata dilapangan. *Software CFD* akan memberikan data-data, gambar-gambar, atau kurva-kurva yang menunjukkan prediksi dari performansi keandalan sistem yang kita disain tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah latar belakang diatas, maka dapat ditarik rumusan-masalah, bagaimana pengaruh mekanisme passive pada sudu turbin darrieuse pada sudut $0^0, 20^0, 40^0$ dan pengaruh jumlah debit aliran terhadap torsi dan efiseinsi yang dihasilkan oleh turbin.

1.3 Ruang lingkup

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini ada batasan-batasan masalah yang diberikan agar penelitian ini lebih terarah, adapun batasan masalahnya adalah:

1. Membuat desain turbin *Darrieus* meliputi desain poros dan sudu, serta memvariasikan sudut pitch $0^0, 20^0, 40^0$ menggunakan *software Solidworks*.
2. Melakukan simulasi *CFD* fluida pada turbin *Darrieus* dengan menggunakan *software Solidwork Folw Simulation 2014*.
3. Membandingkan hasil perhitungan dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* dengan hasil pengujian secara eksperimental.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh mekanisme passiv pada daya yang dihasilkan pada tiap variasi sudut pitch pada turbin air tipe darrieus dengan sudut pitch $0^0, 20^0, dan 40^0$ pada naca 0012.

2. Untuk menganalisis pengaruh mekanisme passiv pada tiap sudut pitch sudu turbin terhadap daya, torsi, dan efisiensi yang dihasilkan.
3. Untuk menganalisis hasil dari pengaruh mekanisme passiv pada sudut sudu naca 0012 turbin pembangkit listrik tipe darrieus.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah wawasan dan kemampuan berpikir mengenai ilmu pengetahuan tentang simulasi kerja turbin jenis darrieus.
2. Sebagai literatur atau referensi pada penelitian dan sejenisnya dalam rangka pengembangan teknologi tentang turbin darrieus khususnya.
3. Hasil simulasi dapat dijadikan acuan dalam perancangan dan perencanaan turbin darrieus, dan sebagai sarana diagnosis dalam mencari sebab masalah atau kegagalan yang terjadi pada pengujian ekperimental.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Air

Kaidah enegri menyatakan bahwa suatu bentuk energi akan dapat diubah menjadi bentuk energi lain. Arus air yang mengalir mengandung energi dan energi tersebut dapat diubah bentuk, misalnya perubahan dari energi potensial (tekanan) kedalam enegi kinetis (kecepatan), ataupun sebaliknya. Artinya selajutnya dari kaidah kekekalan energi adalah apabila arus air dalam alirannya dilewatkan melalui turbin air, maka energi yang ada dalam air akan diubah menjadi bentuk yang lain.

Energi air telah dimanfaatkan secara luas di Indonesia yang dalam skala besar telah digunakan sebagai pembangkit listrik. Beberapa perusahaan di bidang pertanian bahkan juga memiliki pembangkit listrik sendiri yang bersumber dari energi air. Di masa mendatang untuk pembangunan pedesaan termasuk industri kecil yang jauh dari jaringan listrik nasional, energi yang dibangkitkan melalui sistem mikrohidro diperkirakan akan tumbuh secara pesat.

Pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Umumnya turbin digunakan untuk membangkitkan energi listrik sedangkan kincir untuk pemanfaatan energi mekanik secara langsung. Pada umumnya untuk mendapatkan energi mekanik aliran air ini, perlu beda tinggi air yang diciptakan dengan menggunakan bendungan. Akan tetapi dalam menggerakkan kincir, aliran air pada sungai dapat dimanfaatkan ketika kecepatan alirannya memadai.

2.1.1 Sejarah Turbin Air

Kata "*turbine*" ditemukan oleh seorang insinyur Perancis yang bernama Claude Bourdin pada awal abad 19, yang diambil dari terjemahan bahasa Latin dari kata "*whirling*" (putaran) atau "*vortex*" (pusaran air). Ján Andrej Segner mengembangkan turbin air reaksi pada pertengahan tahun 1700. turbin ini mempunyai sumbu horizontal dan merupakan awal mula dari turbin air modern.

Turbin ini merupakan mesin yang simpel yang masih diproduksi saat ini untuk pembangkit tenaga listrik skala kecil. Segner bekerja dengan Euler dalam membuat teori matematis awal untuk desain turbin. Pada tahun 1820, Jean-Victor Poncelet mengembangkan turbin aliran kedalam. Pada tahun 1826, Benoit Fourneyon mengembangkan turbin aliran keluar. Turbin ini sangat efisien (80%) yang mengalirkan air melalui saluran dengan sudu lengkung satu dimensi. Saluran keluaran juga mempunyai lengkungan pengarah. Pada tahun 1844, Uriah A. Boyden mengembangkan turbin aliran keluar yang meningkatkan performa dari turbin Fourneyon. Bentuk sudunya mirip dengan turbin Francis. Pada tahun 1849, James B. Francis meningkatkan efisiensi turbin reaksi aliran kedalam hingga lebih dari 90%. Dia memberikan test yang memuaskan dan mengembangkan metode *engineering* untuk desain turbin air. Turbin Francis dinamakan sesuai dengan namanya, yang merupakan turbin air modern pertama. Turbin ini masih digunakan secara luas di dunia saat ini. Turbin air aliran kedalam mempunyai susunan mekanis yang lebih baik dan semua turbin reaksi modern menggunakan desain ini. Putaran massa air berputar hingga putaran yang semakin cepat, air berusaha menambah kecepatan untuk membangkitkan energi. Energi tadi dibangkitkan pada sudu dengan memanfaatkan berat jatuh air dan pusarannya. Tekanan air berkurang sampai nol sampai air keluar melalui sirip turbin dan memberikan energi. Sekitar tahun 1890, bantalan fluida modern ditemukan, sekarang umumnya digunakan untuk mendukung pusaran turbin air yang berat. Hingga tahun 2002, bantalan fluida terlihat mempunyai arti selama lebih dari 1300 tahun. Sekitar tahun 1913, Victor Kaplan membuat turbin Kaplan, sebuah tipe mesin baling-baling. Ini merupakan evolusi dari turbin Francis tetapi dikembangkan dengan kemampuan sumber air yang mempunyai head kecil.

2.2 Turbin

Turbin adalah sebuah mesin yang dapat berputar karena adanya energi dari aliran fluida yang mendorong atau menekannya. Turbin sederhana memiliki satu bagian yang bergerak ‘*assembly rotor-blade*’ fluida yang bergerak sehingga baling – baling berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan motor.

2.2.1 Pengertian Turbin Air

Turbin air merupakan alat untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

2.2.2 Klasifikasi Turbin Air

Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

a. Turbin Impuls

Turbin impuls adalah turbin air yang cara kerjanya merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial + tekanan + kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi kinetik. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nozle. Air keluar nozle yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impulse). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nozle tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Contoh turbin impuls adalah turbin Pelton.

b. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Turbin jenis ini adalah turbin yang paling banyak digunakan. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga runner (bagian turbin yang berputar) dapat

berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. Runner turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin. Turbin reaksi disebut juga dengan turbin tekanan lebih karena tekanan air sebelum masuk roda turbin lebih besar dari pada tekanan air saat keluar roda turbin. Secara umum dapat dikatakan bahwa aliran air yang masuk ke roda turbin mempunyai energi penuh, kemudian energi ini dipakai sebagian untuk menggerakkan roda turbin dan sebagian lagi dipergunakan untuk mengeluarkan air ke saluran pembuangan. Jenis turbin reaksi yang sering digunakan antara lain, turbin francis, turbin propeler atau kaplan.

Berdasarkan arah alirannya, turbin dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu turbin aliran radial dan turbin aliran aksial.

a. Turbin Aliran Radial.

Turbin aliran radial adalah turbin yang arah alirannya tegak lurus dengan arah putaran poros turbin. Turbin dengan aliran radial digunakan untuk laju alir (aliran *working fluid*) rendah dan dengan perbedaan tekanan (*difference pressure*) tinggi.

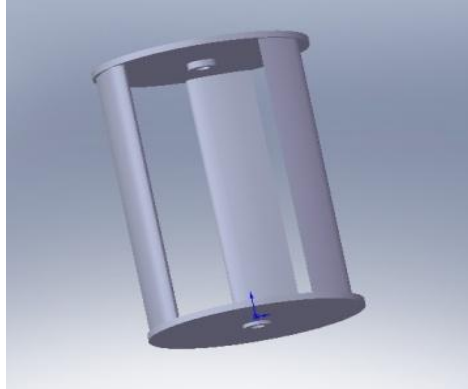
b. Turbin Aliran Aksial.

Turbin yang sejajar dengan arah putaran poros turbin. Turbin dengan aliran aksial digunakan untuk laju alir tinggi dan dengan perbedaan tekanan rendah (1–40 bar). Axial-flow turbines kebanyakan digunakan dalam aplikasi penggunaan, efisiensi Axial-flow turbines lebih tinggi dibandingkan radial-inflow turbines.

2.2.3 Defenisi Turbin Air Darrieus

Turbin darrieus merupakan salah satu jenis turbin yang dikembangkan oleh seorang *aeronautical engineer* asal Prancis yang bernama Georges Jean Marie darrieus pada tahun 1931. Turbine darrieus ini memiliki keunggulan diantaranya tidak terlalu memperhitungkan arah aliran karena bentuknya yang simetri, tekanan gravitasi tidak mampu balik pada bentuk sudunya, mampu beroperasi pada head dan kecepatan yang rendah , sedangkan kelemahannya adalah ketidak mampuan melakukan *self-starting*, dan getaran yang tinggi. Prinsip kerja turbin Darrieus adalah akibat kecepatan aliran air maka menyebabkan sudu berputar dengan

kecepatan putar tertentu, maka resultan dari kecepatan tersebut akan menghasilkan gaya hydrodinamis.



Gambar 2.1 Turbin Darrieus, Sudargana.(2012)

Gaya angkat (*lift*) dihasilkan karena bentuk airfoil dari sudu turbin. sudu-sudu ini memotong udara/air dengan sudut serang yang mengakibatkan perbedaan tekanan. Hasil dari perbedaan tekanan inilah yang mengakibatkan gaya angkat, yang mana mendorong sudu bergerak ke depan. Untuk mendorong turbin, torsi yang disebabkan oleh gaya angkat harus lebih besar dibanding torsi yang dihasilkan oleh gaya hambat (*drag*) sehingga menghasilkan torsi netto. Turbin darrieus merupakan jenis turbin air yang menggunakan energi alternatif yang dapat dengan cepat di proses kembali oleh turbin. Energi air yang di ubah menjadi energi listrik menggunakan turbin air. Turbin air sumbu vertikal merupakan jenis turbin air yang dapat berputar pada kecepatan rendah dengan pembuatan yang murah.

2.3 Komponen Utama Turbin Air

Komponen utama turbin air dapat di golongkan menjadi dua jenis yaitu rotor (komponen yang bergerak), dan stator (komponen yang tidak bergerak). Yang meliputi antara lain sudu-sudu, poros, bantalan, pipa pengarah, rumah turbin.

2.3.1 Rotor (komponen yang bergerak)

a. Sudu-sudu

Sudu-sudu berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh nozel atau aliran fluida.

b. Poros

Poros berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang di hasilkan dari suduh

c. Bantalan

Bantalan berfungsi sebagai perapat-perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.

2.3.2 Stator (komponen yang diam/tidak bergerak)

a. Pipa Pengarah/Nozzle.

Pipa pengarah/nozzle berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang di gunakan didalam sistem besar.

b. Rumah Turbin.

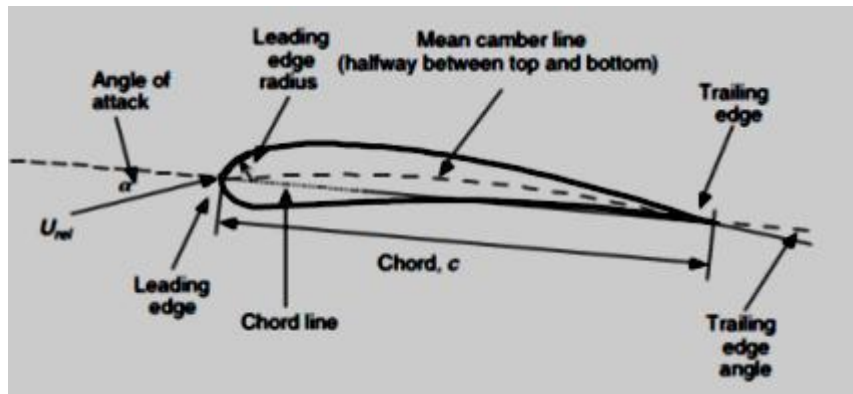
Rumah turbin berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen komponen turbin.

2.4. Hydrofoil.

Hydrofoil di gunakan untuk menghasilkan gaya lift yang bekerja pada turbin angin atau turbin air agar dapat berputar. Saat ini salah satu referensi untuk pemilihan *hydrofoil* yang populer adalah profil *hydrofoil* yang dibuat oleh *National Advisory Committee for Aeronautik* (NACA). Pengujian yang dilakukan oleh NACA lebih sistematis dengan membagi pengaruh efek kelengkungan dan distribusi ketebalan serta pengujiannya dilakukan pada berbagai bilangan *Reynolds*. Setiap bentuk *Hydrofoil* NACA mempunyai parameter-parameter tersendiri sesuai dengan pengaplikasiannya. Parameter-parameter yang telah ditentukan menurut standart NACA seperti pada gambar 2.2 adalah:

1. Panjang *cord* (c)
2. Maksimum *camber* (f) atau *camber ratio* (f/c) dalam %
3. Posisi maksimum *camber* (X_f)

4. Ketebalan maksimum *Hydrofoil* (t)
5. Posisi maksimum ketebalan (td)
6. Radius *nose* (rN)
7. Koordinat *Hydrofoil* $Z_u (X)$ bagian atas dan $z_i (X)$ bagian bawah.



Gambar 2.2 Bentuk Profil sudu Hydrofooil, Nasution et al., (2018)

$$y = \pm \left(\frac{t}{c} \right) \left(1,4845 \cdot x \frac{1}{2} - 0,63 \cdot x^2 - 1,568 \cdot x^2 + 1,4215 \cdot x^3 - 0,5075 \cdot x^4 \right) \quad (2.1)$$

Dimana : t adalah tebal maksimum sudu adalah lebar sudu (*chord length*).

Ketika sebuah benda bergerak melalui fluida, suatu interaksi antara benda dengan fluida terjadi, efek ini dapat di gambarkan dalam bentuk gaya-gaya pada pertemuan antar muka fluida benda. Gaya resultan dalam arah yang sama dengan kecepatan hulu disebut sebagai *drag*, dan gaya resultan yang tegak lurus terhadap arah kecepatan hulu disebut sebagai *lift*. Secara prinsip, kerja turbin air Darrieus ditunjukkan pada Gambar 2.2 Sudu pada turbin ini pada umumnya berbentuk *hydrofoil* simetris yang memenuhi standard NACA. Air yang dengan kecepatan U menabrak sudu mengakibatkan *lift* yang merupakan gaya tangensial yang membentuk torsi agar turbin berputar. Turbin akan berputar dengan kecepatan v dan akibat kedua gerak ini maka terdapat gerak relative W . arah *lift* akan tegak lurus dengan arah kecepatan relative. *Lift* (L) inilah yang menimbulkan torsi pada rotor turbin sehingga turbin dapat berputar. *Drag* (D) adalah tahanan dari sudu untuk bergerak.

Kecepatan air akan mempengaruhi efisiensi dari turbin yang mana semakin tinggi kecepatan semakin tinggi efisiensinya. Jadi salah satu faktor yang

mempengaruhi efisiensi turbin adalah kecepatan air. Semakin besar kecepatan air maka efisiensi semakin naik. Soliditas turbin darrieus dirumuskan dengan :

$$\sigma = \frac{nC}{\pi d} \quad (2.2)$$

Dengan n adalah jumlah sudu, C adalah lebar sudu (*cord*), d adalah diameter turbin. Soliditas Turbin juga mempengaruhi kinerja turbin darrieus dan hasilnya menunjukkan bahwa perbedaan efisiensi maksimum sedikit berbeda namun pengaruhnya terhadap λ yang mana lebar C akan membatasi batasan pemakaian untuk λ tertentu saja. (elvy sahnur, 2018)

2.5 Airfoil NACA 0012

Airfoil adalah salah satu bentuk body aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bagian lainnya ketika melintasi atau dilintasi fluida yang mengalir. Pada turbin vertical axis darrieus airfoil adalah bentuk blade yang dapat menghasilkan gaya angkat (*lift*) atau efek aerodinamika ketika melawati suatu aliran. Dalam perkembangannya, terutama eksperimental aerodinamik, gaya-gaya maupun momen aerodinamik lebih banyak dinyatakan dalam koefisien tak berdimensi (*dimension less coefficient*). Untuk itu dikenal lebih dahulu mengenai *dynamic pressure* dari *free stream*.

$$q_{\infty} = \frac{1}{2} \rho v_{\infty}^2 \quad (2.3)$$

Disamping q_{∞} , dikenal juga apa yang disebut panjang dan luasan karakteristik (*characteristic surface/characteristic length*). Beberapa koefisien dari gaya dan momen didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{Lift coefficient: } C_L = \frac{L}{q_{\infty}} \cdot S \quad (2.4)$$

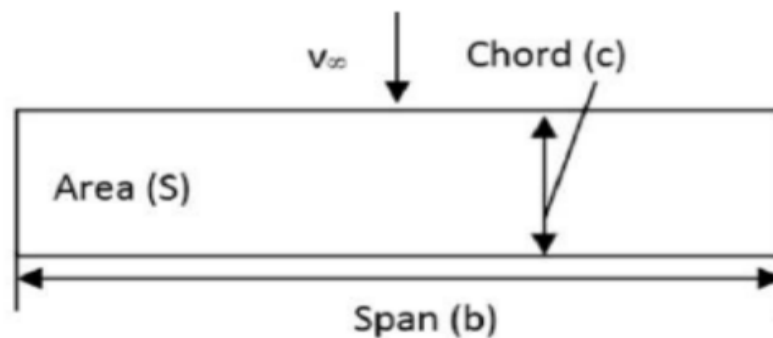
$$\text{Drag coefficient: } C_D = \frac{D}{q_{\infty}} \cdot S \quad (2.5)$$

$$\text{Normal force coefficient: } C_N = \frac{N}{q_{\infty}} \cdot S \quad (2.6)$$

$$\text{Axial force coefficient: } C_A = \frac{A}{q_\infty} \cdot S \quad (2.7)$$

$$\text{Momen coefficient: } C_M = \frac{M}{q_\infty} \cdot S \quad (2.8)$$

Berikut contoh luas permukaan karakteristik :



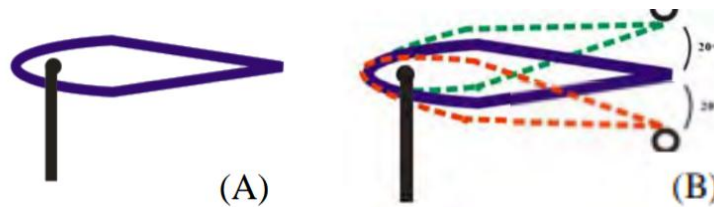
Gambar.2.3 Luasan permukaan karakteristik, Sudargana.(2012)

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 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 “ gambar airfoil ada pada gambar 2.3.. NACA 0012 merupakan seri “empat angka” yang artinya memiliki chamber dengan nilai 0 dan mempunyai maksimum thickness 12%.

2.6 Mekanisme Pitch Turbin Vertical Darrieus.

Untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja turbin diperlukan berbagai macam percobaan yang dilakukan. Mekanisme pergerakan turbin merupakan salah satu cara untuk meningkatkan performa diantaranya yang sudah dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Pitch yang digunakan pada turbin berkaitan dengan posisi foil terhadap pusat rotasi dan relative terhadap aliran. Tipe pitch dikelompokkan menjadi dua, yaitu fixed pitch dan variable pitch Fixed pitch

merupakan suatu cara yang digunakan pada sebuah turbin dimana pitch pada sebuah blade dikondisikan tidak dapat bergerak. Fixed pitch apabila diterapkan pada sebuah turbin memiliki beberapa sifat, yaitu dapat diterapkan dengan mudah dan perawatan yang tidak rumit. Namun pada jenis ini, turbin Akan memiliki sifat self start sangat berat. Hal ini dikarenakan bahwa pada fase awal terdapat turbin yang memiliki permukaan yang luas yang dapat menghilangkan gaya angkat yang disebut dengan stall yang dapat menurunkan efisiensi dan menimbulkan keadaan fatigue. Pada gambar 2.3 A ditunjukkan mekanisme fixed pitch.



Gambar.2.4 Mekanisme Pergerakan foil A) mekanisme fixed pitch B) mekanisme passive variable pitch, Aris Febrianto(2016).

Pada variable pitch, terdapat dua macam tipe yaitu pasif dan aktif. Pada tipe aktif pitch, benda atau foil telah dikontrol untuk dapat bergerak dengan sudut serang tertentu yang terbaik yang dapat menghasilkan gaya yang maksimal. Sedangkan pada passive pitch, yaitu dengan menerapkan jarak sudut dalam interfal tertentu sebagai daerah dimana benda atau airfoil dibebaskan untuk bergerak. Passive variable pitch merupakan cara dimana pitch diberikan sebuah derajat kebebasan sebagai tempat untuk benda atau foil bergerak. Pada tipe pasif tersebut, maka foil dapat bergerak bebas pada lingkaran rotasi turbin sesuai dengan arah aliran fluida yang mengalir. Dengan penerapan passive variable pitch, efisiensi turbin akan meningkat dan turbin dapat berputar lebih mudah. Pada gambar 2.4 B ditunjukkan mekanisme variabel passivpitch.

2.7 Daya Air Dan Turbin

Besarnya energi yang dihasilkan oleh turbin darrieus merupakan energi poros yang diperoleh turbin dari energi aliran air. Untuk mengetahui daya turbin Darrieus terlebih dahulu harus diketahui vektor gaya dan kecepatan pada *hydrofoil*

nya. Daya keluar poros turbin adalah daya yang output yang dihasilkan oleh turbin. Daya inilah yang dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik apabila digunakan untuk pembangkit listrik. Secara umum daya dihitung dengan rumus berikut :

$$P = F \cdot U \quad (2.9)$$

Dimana F merupakan gaya tangensial yang memutar rotor turbin sedangkan U merupakan kecepatan tangensial dari rotor turbin atau sudu. Karena rotor turbin bergerak lingkaran maka yang mana r adalah radius turbin dan adalah kecepatan sudut turbin [rad/s]. dengan demikian persamaannya ditulis :

$$P = F \cdot \omega \cdot r \quad (2.10)$$

Persamaan (1) dapat dihubungkan dengan torsi T yang mana dirumuskan sebagai berikut :

$$T = F \cdot r \quad (2.11)$$

Persamaan (1) dan (2) memberikan hubungan berikut :

$$P = T \cdot \omega \quad (2.12)$$

Hubungan antara daya turbin dengan daya air masuk ke turbin dinyatakan sebagai koefisien daya atau *Power Coefficient* (CP).

$$C_p = \frac{P_{rotor}}{P_{air}} \quad (2.13)$$

Daya air sebagai daya input ke turbin adalah energi kinetik aliran air dengan kecepatan V yang menabrak rotor turbin dengan bidang turbin A diberikan oleh hubungan berikut :

$$P_{air} = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (2.14)$$

Dengan demikian maka *Power Coefficient* (*CP*) menjadi

$$C_p = \frac{T \cdot \omega}{\frac{1}{2} \rho A V^3} \quad (2.15)$$

2.8 Turbin Solidity

Dari penelitian sebelumnya bentuk dari turbin akan mempengaruhi performa dan efisiensinya. Pada turbin yang memanfaatkan gaya lift untuk berputar seperti contoh turbin darrieus, secara teori bernoulli gaya lift yang dihasilkan akan lebih besar ketika nilai sapuan turbin lebih banyak. Dengan itu untuk mendapatkan hasil yang optimal perlu diketahui nilai solidity dari turbin. Nilai Solidity pada turbin merupakan seberapa banyak luas sapuan blade. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung nilai solidity dari suatu turbin. Pengaruh dari meningkatnya nilai solidity adalah meningkatnya nilai koefisien performansi pada kurva turbin hidrodinamik. Nilai koefisien performa akan turun bilamana diameter dari turbin meningkat, dimana artinya ada pengaruh nilai dari C_p seiring dengan meningkatnya nilai solidity.

2.9 *Computational Dynamic Fluida (CFD)*

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah tool berbasis komputer untuk mensimulasikan perilaku suatu sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas dan proses fisik lainnya. Cara kerjanya dengan memecahkan persamaan-persamaan aliran fluida (dalam bentuk tertentu) meliputi suatu daerah yang diinginkan, dengan kondisi pada batas-batas daerah tersebut adalah spesifik dan diketahui persamaan yang menggambarkan proses-proses momentum, transfer massa dan transfer panas dikenal sebagai persamaan Navier Stokes. Persamaan ini merupakan persamaan parsial differensial dan diturunkan pada awal abad ke-19 oleh Sir George Stokes seorang ilmuwan berkebangsaan Inggris dan Henry Navier berkebangsaan Prancis. Solusi analitik umum dari persamaan ini tidak diketahui namun persamaan ini dapat didiskritkan dan dipecahkan secara numerik. Persamaan-persamaan yang menggambarkan proses lain seperti pembakaran dapat dipecahkan dengan persamaan Navier Stokes.

Model aproksimasi sering digunakan untuk menurunkan persamaan tambahan ini, model turbulensi adalah salah satu contohnya. Ada beberapa jumlah metode solusi yang digunakan untuk kode CFD. *Computational Fluid Dynamics* merupakan suatu program yang dapat digunakan untuk menganalisa aliran fluida beserta karakteristik yang ditimbulkan akibat Bergeraknya suatu benda pada fluida tersebut. Persamaan dasar yang digunakan pada CFD merupakan persamaan yang didasarkan pada dinamika fluida yaitu persamaan kontinuitas, momentum dan energi. Prinsipnya adalah suatu ruang berisi fluida yang akan dilakukan perhitungan dibagi menjadi beberapa bagian. Bagian-bagian ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan *meshing*. Sel merupakan sebuah kontrol perhitungan yang akan dilakukan oleh aplikasi. Pada setiap sel akan dilakukan perhitungan dengan batasan *domain* dan *boundary condition* yang telah ditentukan. Prinsip inilah yang dipakai pada proses perhitungan dengan menggunakan bantuan komputasi komputer.

2.9.1. Proses *Computational Fluid Dynamic*

Secara umum proses perhitungan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) terdiri atas 3 bagian utama yaitu:

1. *Pre-processing*

Pre-processing adalah langkah awal dalam menganalisa sebuah model CFD. Sebelum sebuah model dianalisa, geometri model harus di definisikan terlebih dahulu menjadi domain komputasi. Kemudian membuat *meshing* yang sesuai dengan geometri dan analisa yang akan dilakukan. Terakhir mendefinisikan kondisi batas dan sifat dari fluida yang akan digunakan.

2. *Solving*

Solving CFD merupakan proses pengolahan dan perhitungan dari kondisi yang telah di tetapkan saat *pre-processing*. Pada tahapan ini dilakukan proses komputasi numerik dengan menggunakan metode numerik berupa pendekatan variabel yang diketahui menjadi fungsi yang lebih sederhana, diskritisasi

dengan substitusi pendekatan kedalam persamaan yang mengatur aliran, serta solusi dari persamaan aljabar.

3. *Post-processing*

Post-processing merupakan tahap akhir dalam analisis CFD. Tahap ini, hasil dari komputasi numerik yang telah dilakukan dibuat visualisasikan dan di dokumentasikan dalam bentuk gambar, kurva, dan animasi. Hasil visualisasi dan dokumentasi akan dibuat untuk melakukan analisa.

2.9.2 *Meshing*

Proses *meshing* bertujuan untuk membagi *solution domain* menjadi bagian bagian yang lebih kecil lagi yang disebut dengan *cell*. Keakuratan dan perhitungan tergantung dari dan ukuran serta struktur *cell*. Proses perhitungan yaitu melalui iterasi diantara *cell-cell* dalam *mesh*. Jumlah pembagian mesh ini nantinya akan menentukan keakuratan dari hasil komputasi numerik yang dilakukan. Semakin halus hasil *meshing* maka hasil komputasi numerik akan semakin akurat, namun waktu proses komputasi numerik akan menjadi lebih lama. *Software Solidwoks Flow Simulation* akan menyeimbangkan gaya dan aliran-aliran massa pada setiap *cell* hingga *error* dapat diprediksi dan diperkecil. Kualitas *meshing* dapat diukur menggunakan *mesh metric*. Skala kualitas *meshing* untuk *mesh metric skewness* ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Skala Kulititas *Meshing*

<i>Value of Skewness</i>	0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 -0,8	0,8 – 0,95	0,95 – 0,98	0,98 – 1,00
<i>Quality</i>	<i>Excellent</i>	<i>Very Good</i>	<i>Good</i>	<i>Accep- table</i>	<i>Bad</i>	<i>Unaccep- tible</i>

2.10 Analisa Perhitungan Turbin

Penelitian ini diawali dengan mengetahui luas penampang dan kecepatan aliran. Persamaan untuk menghitung luas saluran masuk pada sudut pengarah aliran adalah:

$$A = P.l \tag{2.16}$$

Untuk menghitung kecepatan aliran pada posisi sudut pengarah aliran digunakan persamaan:

$$v1 = \frac{Q}{A} \quad (2.17)$$

Dengan Q adalah debit aliran yang digunakan dalam penelitian ini. Selanjutnya dapat dihitung laju massa air yang mengalir persatuan waktu adalah

$$m = \rho.Q.v \quad (2.18)$$

Dengan ρ massa jenis air. Pada penelitian ini digunakan untuk turbin ini yakni saluran terbuka sehingga tidak ada beda tekanan. Persamaan energi yang digunakan dalam turbin kinetik adalah energi kinetik. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik. Besarnya energi yang dihasilkan oleh suatu aliran ditentukan dengan (Zahir dan Bambang, 2010)

$$Ek = \frac{1}{2}.m.v^2 \quad (2.19)$$

Untuk turbin kinetik yang hanya memanfaatkan aliran air atau kecepatan arus sungai, energi air yang tersedia merupakan energi kinetik. Sebagaimana ditunjukkan pada.

$$Ekt = \frac{1}{2}.m.v^2 \quad (2.20)$$

Untuk daya air yang mengalir pada suatu penampang saluran tertentu maka dalam perhitungannya dipergunakan (Kadir dan Bambang, 2010)

$$Pa = \frac{1}{2}.\rho.Q.v^2 \quad (2.21)$$

atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas $Q = A.v$ maka:

$$pa = \frac{1}{2}.\rho.A.v^3 \quad (2.22)$$

Untuk menghitung besar daya turbin yang dihasilkan akibat adanya energi kinetik dipergunakan perumusan (Arismunandar,2004)

$$Pt = T.\omega \quad (2.23)$$

Maka untuk mendapatkan torsi yang merupakan gaya dikali dengan lengan radius, besarnya torsi dapat dihitung dengan persamaan:

$$T = Ft.R \quad (2.24)$$

Kecepatan keliling turbin atau dikenal dengan kecepatan sudut dapat diperoleh dengan menghitung:

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{60} \quad (2.25)$$

Daya yang dihasilkan oleh turbin sebesar:

$$Pt = T.\omega \quad (2.26)$$

Efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$nt = \frac{pt}{pa} \times 100\% \quad (2.27)$$

Mekanisme menurut KKBI adalah dunia teknik yang mempunyai arti pemakaian mesin; alat –alat dari mesin. Secara lengkapnya, mekanisme dunia teknik di gunakan untuk menerangkan teori yang sesuai dengan gejala dan prinsip yang di gunakan untuk menjelaskan sistem kerja mesin tanpa bantuan intelegensi suatu sebab maupun juga prinsip kerja. Sedangkan pengertian dari passive pitch, yaitu dengan menerapkan jarak sudut dalam interfal tertentu sebagai daerah dimana benda atau airfoil dibebaskan untuk bergerak.

Torsi adalah ukuran kekuatan atau gaya yang dapat menyebabkan objek berputar sekitar sumbu. Sama seperti gaya yang menyebabkan objek berakselerasi dalam kinematika linier (garis lurus) torsi inilah yang menyebabkan suatu objek memperoleh percepatan sudut.

Daya adalah kemampuan melakukan usaha tiap satuan waktu, dalam fisika daya di sebut juga kecepatan melakukan kerja dengan jumlah energi yang di hasbiskan persatuan waktu.

Efisiensi adalah suatu ukuran keberhasilan sebuah kegiatan yang di nilai berdasarkan besarnya biaya atau sumber daya yang di gunakan untuk mencapai hasil yang di inginkan.

2.11 Simulasi Numerik

2.11.1 Pengertian Simulasi

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 berdasarkan hasil dari simulasi. Dengan cara ini sistem di dunia nyata tidak tersentuh / diubah sampai keuntungan dan kerugian dari apa yang menjadi kebijakan utama suatu keputusan diujicobakan dalam sistem model. (hidayah, 2019)

2.11.2 Pengertian Numerik

Numerik atau biasa dikenal sebagai metode numerik adalah teknik - teknik yang digunakan untuk memformulasikan masalah matematis agar dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan. (hidayah, 2019)

2.11.3 Pengertian Simulasi Numerik

Simulasi numerik adalah simulasi yang dilakukan dengan menggunakan suatu teknik numerik untuk melakukan percobaan, yang melibatkan bentuk – bentuk fungsi matematika dan logika tertentu untuk menjelaskan tingkah laku dan struktur suatu sistem nyata yang kompleks. Simulasi numerik dapat digunakan untuk merancang, menganalisa, dan menilai suatu sistem. (hidayah, 2019)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan.

3.1.2. Waktu Penelitian

Adapun waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai dari dikeluarkannya Surat Penentuan Tugas Akhir dan Pengunjukan Dosen Pembimbing oleh Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan diberikan oleh Dosen Pembimbing I dan II. Penelitian dimulai pada tanggal 21 Oktober 2019 sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Jadwal dan Pelaksanaan Penelitian

No.	Kegiatan	Waktu (Bulan)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Studi Literatur	■	■						
2	Pengumpulan Data		■						
3	Penentuan Diameter dan Jumlah Runner			■					
4	Pembuatan Model				■				
5	Simulasi					■			
6	Pengolahan Data dan Evaluasi						■		
7	Penyelesaian Tugas Akhir							■	

3.2. Alat dan Instrumen Penelitian

Peralatan dan instrument yang digunakan pada simulasi dan pengambilan data pada simulasi ini adalah sebagai berikut :

3.2.1. Laptop/PC

PC digunakan untuk mendesain dan menjalankan proses simulasi. Selanjutnya untuk pengambilan data dengan baik dibutuhkan PC dengan spesifikasi yang cukup mumpuni. Adapun spesifikasi PC yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 3.2 Spesifikasi PC yang digunakan

Processors	Intel(R) Core(TM) i3-4030U CPU @ 1.90GHz
Memory	3988 MB / 134217727 MB
Operating system	(Build 9600)
CAD version	SolidWorks 2014 SP0.0
CPU speed	1900 MHz

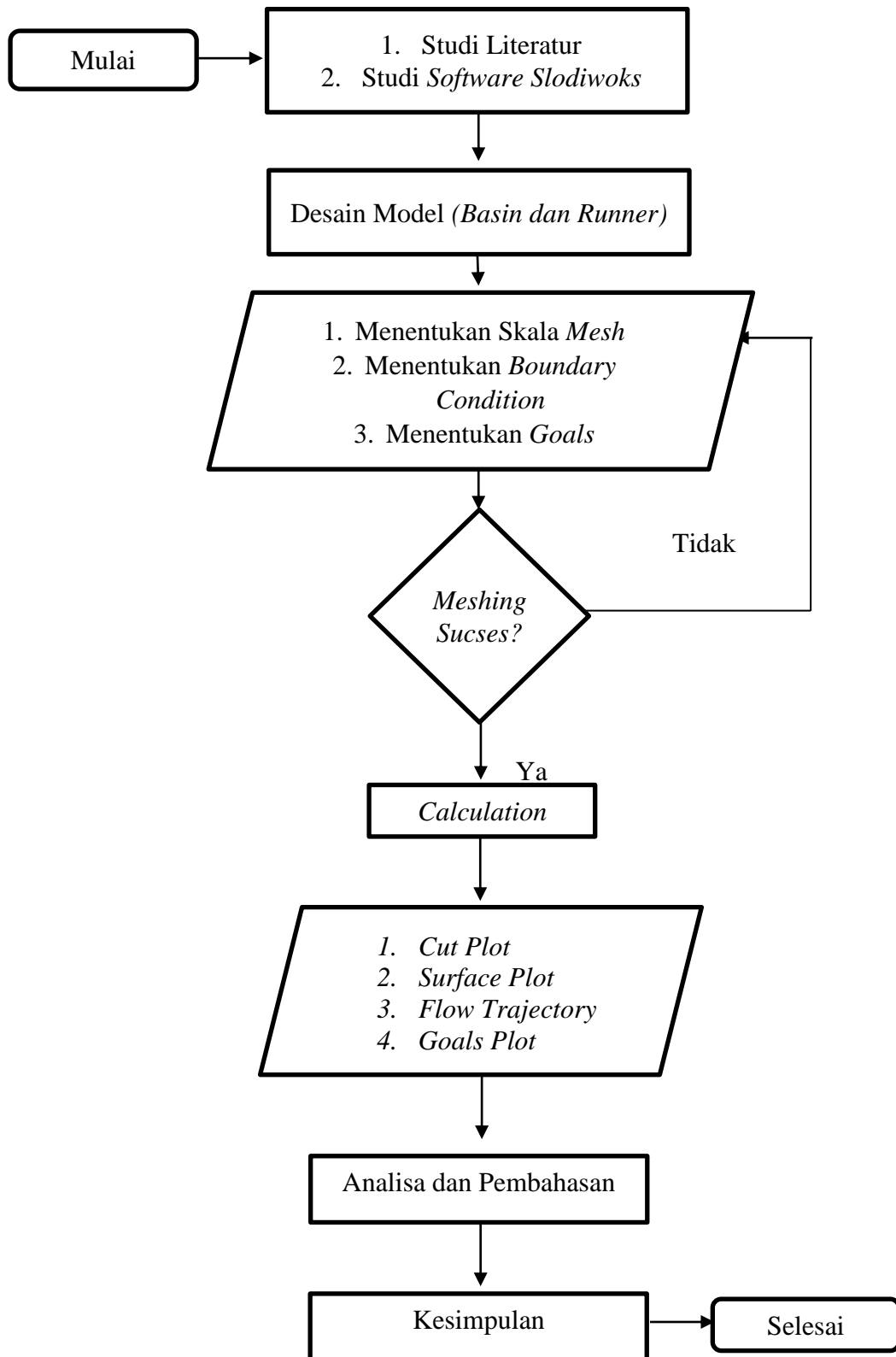
3.2.2. Aplikasi *Solidworks*

Aplikasi *Solidworks* digunakan untuk mendesain bagian-bagian dari Turbin air *darrieus naca 0012* dan selanjutnya disimulasikan menggunakan aplikasi *add-ins Solidworks Flow Simulation*.



Gambar 3.1 Aplikasi *Solidworks*

3.3. Flowchart Penelitian



Gambar 3.2 Flowchart Penelitian

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. *Pre Processing*

Tahap *pre processing* ini merupakan tahapan awal dalam membangun dan menganalisa sebuah model komputasi fluida (CFD). Dalam tahapan *pre processing* ini terdiri dari beberapa subtahapan mulai dari pembuatan desain bodi menggunakan software *Solidworks*, penentuan daerah komputasi, penggenerasian mesh (*meshing*) serta menentukan parameter parameter yang digunakan dalam simulasi.

3.4.1.1. Desain Komponen Turbin

Pada tahapan ini penulis membuat desain geometri 3D turbin air *darrieus naca 0012* menggunakan software *Solidworks 2014*. Diameter sudu turbin yang dirancang adalah 120, jari jari 60 mm. Diameter rumah turbin 205 mm dan tingginya 220 mm.

Selanjutnya penulis akan mendesain komponen kedua yaitu runner. Diameter runner adalah mm dengan tinggi 140 mm. panjang sudu 120 mm dan lebar sudu 90 mm dengan ketebalan 1,5 mm. serta diameter poros luar 100 mm.

3.4.1.2. *Wizard*

Tahapan ini dilakukan pada *solidworks flow simulation* dengan menentukan satuan unit yang digunakan yaitu *SI (Satuan Internasional)*, menentukan tipe analisa yaitu *internal analysis* dengan *exclude cavities withot flow conditions*. Fluida yang digunakan adalah air, selanjutnya *resut resolution* (skala mesh) dipilih pada level 4 untuk mempercepat dalam melakukan *calculation* dan hasilnya sudah cukup bagus.

3.4.1.3. Menentukan *Boundary Condition*

Tipe *boundary condition* yang dimasukkan pada simulasi ini adalah pada bagian *inlet* dipilih *flow opening* dan tipenya adalah *Inlet Volume Flow*. Adapun variasi *volume flow* yang digunakan dalam simulasi ini adalah:

Tabel 3.3. *Inlet Volume Flow*

L/m	m ³ /s
50	0,000833
100	0,00167
150	0,0025
200	0,00333
220	0,00366

Selanjutnya pada bagian *oulet boundary condtion* yang digunakan adalah adalah *pressure opening* dengan tipe *Enviornment Pressure* pada setiap variasi debit pada tabel 3.3 diatas.

3.4.1.4. Menentukan Goals

Adapun goals yang diperlukan pada simulasi ini adalah:

1. *Surface goals* dengan parameter *GG Mass Flow Rate* pada turbin air *darrieus naca 0012*.
2. *Surface goals* dengan parameter *GG Torque (Y)* pada turbin air *darrieus naca 0012*.
3. *Surface goals* dengan parameter untuk menghitung PG Velocity (Z).
4. *Surface goals* dengan parameter untuk menghitung Kecepatan.
5. *Surface goals* dengan parameter untuk menghitung Daya Air.
6. *Surface goals* dengan parameter untuk menghitung Kecepatan Sudut.
7. *Surface goals* dengan parameter untuk menghitung Daya Turbin.

3.4.2. *Procesing*

Pada aplikasi *solidworks flow simulation* computer memproses data-data yang telah dimasukkan tadi pada tahapan, *wizard*, *boundary condition*, dan *goals* mulai mengkalkulasi *mesh* dan selanjutnya melakukan *solving*.

3.4.2.1. *Meshing*

Pada *Wizar mesh* yang telah ditentukan adalah level 4. Semakin rapat selnya maka akan semakin akurat hasil perhitungan yang di dapat, namun akan menambah waktu penyelesaian simulasi. Oleh karena itu sebelum di *running*, *mesh* pada model diperiksa terlebih dahulu agar tidak ada ukuran mesh yang besar meliputi ujung model yang berukuran jauh lebih kecil dai ukuran mesh.

Setelah dilakukan pengecekan maka *solver* akan melakukan *meshing* dan memperhalus bagian-bagian yang dibutuhkan penghalusan *mesh*, seperti pada ujungujung atau sudut, bagian yang berkurva dan bagian-bagian yang sangat kecil dibandingkan dengan ukuran bagian lainnya pada model. Hasil akhir dari penghalusan mesh tergantung berdasarkan level mesh yang dipilih, semakin tinggi levelnya maka akan semakin halus seragam, yang terpenting adalah *meshing* yang halus meliputi bagian model yang perlu penghalusan *mesh*.

3.4.2.2. *Solving*

Setelah proses *meshing* selesai maka selanjutnya proses *solving*. Proses *solving* memakan waktu yang cukup lama tergantung dari jumlah *mesh*. Peroses *solving* berlangsung dengan mengkalkulasi iterasi-iterasi yang telah ditentukan pada tahap mesing.

3.4.3. Analisa Data Dan Kesimpulan

Analisis data dilakukan berdasarkan hasil simulasi yang dilkakukan dengan melihat struktur aliran berupa distribusi tekanan dan arah kecepatan aliran air. Data hasil simulasi yang diperoleh berupa *torque*, *velocity*, *pressure drop*, *kontur tekan*, dan *kontur keceppatan*. Selanjutnya data dan hasil simulasi yang diperoleh ditabelkan dan diplot ke dalam grafik. Dari tabel dan grafik dilakukan analisa yang meggambarkan hasil simulasi. Kemudian dari hasil analisa tersebut dapat ditarik kesimpulan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Valiasi Penelitian

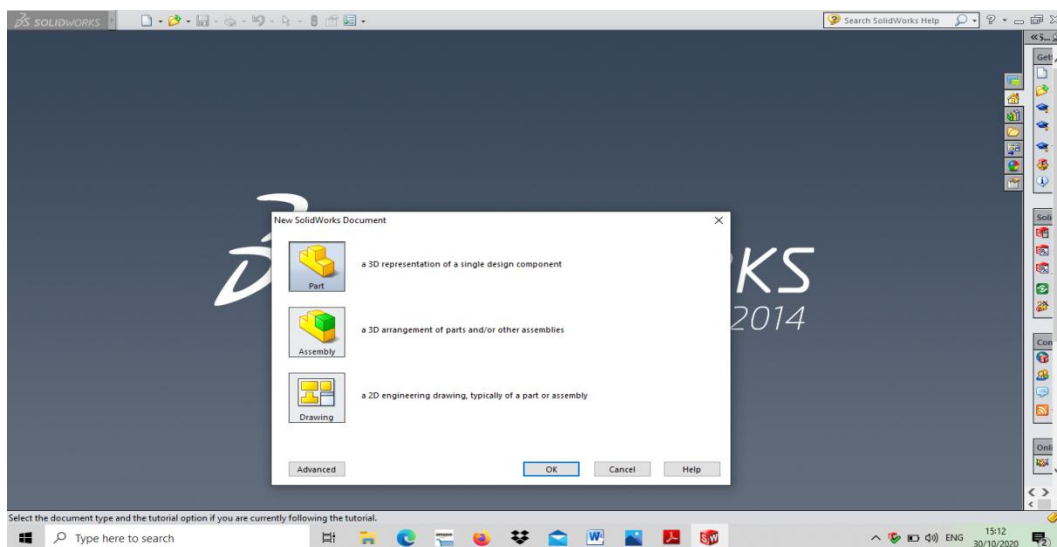
Validasi penelitian merupakan salah satu tahap penelitian dengan simulasi yang harus dilalui agar hasil penelitian yang dihasilkan valid. Validasi turbin air darrieus naca 0012 dilakukan untuk memastikan penulis mampu mengembangkan pemodelan turbin darrieus. Validasi pemodelan turbin *darrieus* ini dipengaruhi oleh jumlah sudu yang merupakan variabel bebas penelitian. Sedangkan performance turbin darrieus merupakan variabel terikat penelitian ditunjukkan oleh momen torsi, daya turbin, efisiensi *Serta Self Starting*..

4.1.1. Desain Turbin Air *Darrieus Naca 0012*

4.1.1.1. Desain Rumah Turbin

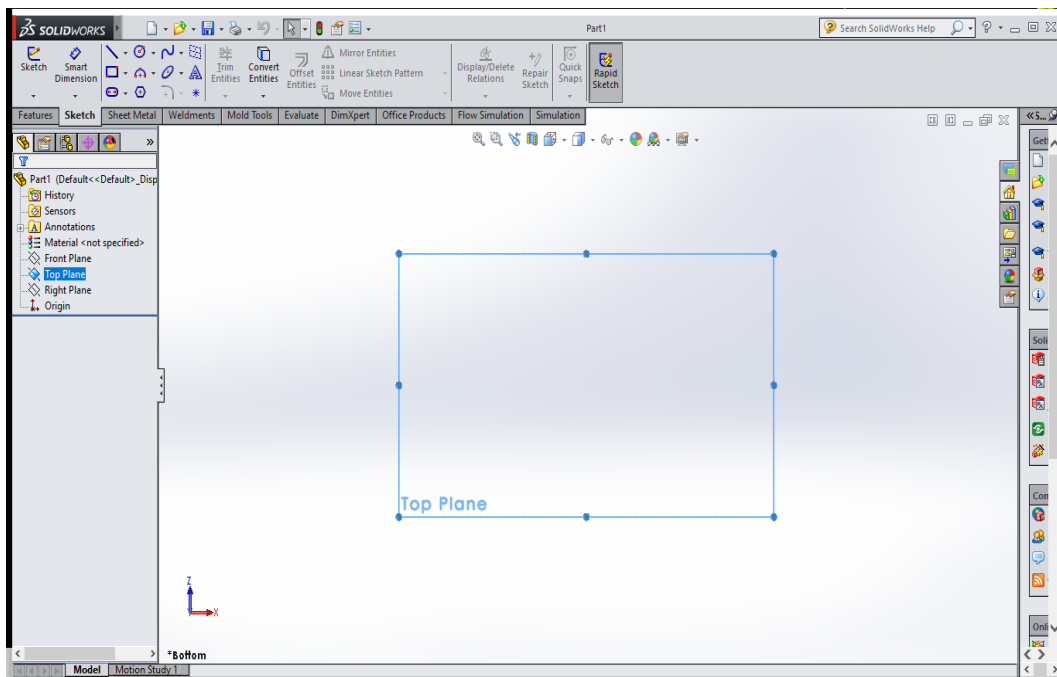
Desian yang akan dirancang adalah rumah dan sudu turbin savonius darrieus naca 0012 berikut ini langkah-langkah perancangan model dengan menggunakan software solidworks 2014

1. Buka *software* aplikasi solidwork 2014, kemudian pilih new document pada sudut atas tampilan software solidworks, kemudian pilih part dan pilih ok.



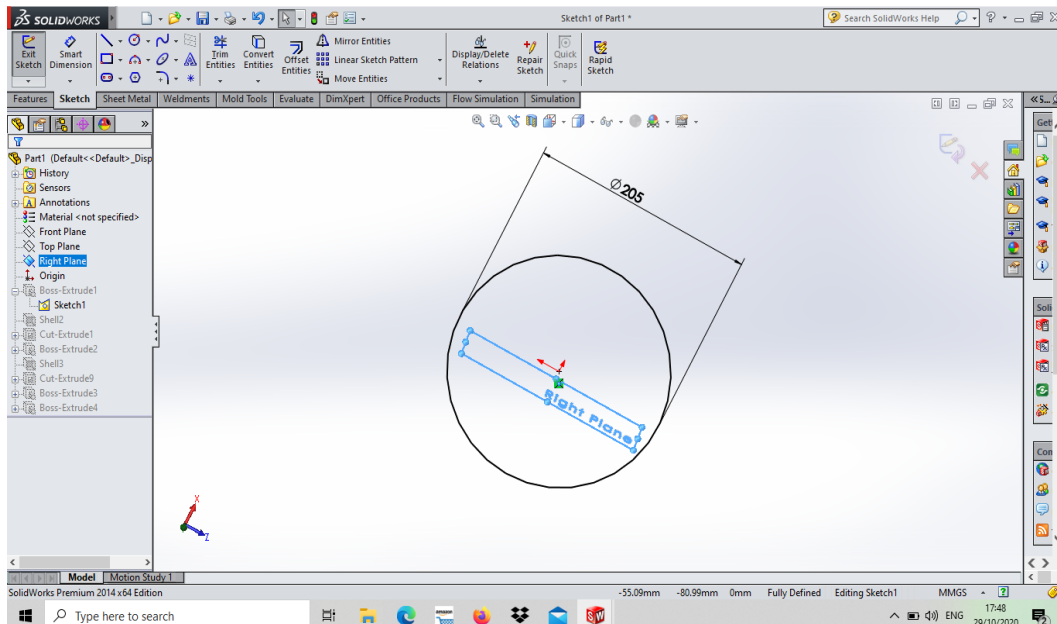
Gambar 4.1. tahap awal solidwod

2. Selanjutnya pilih top plane



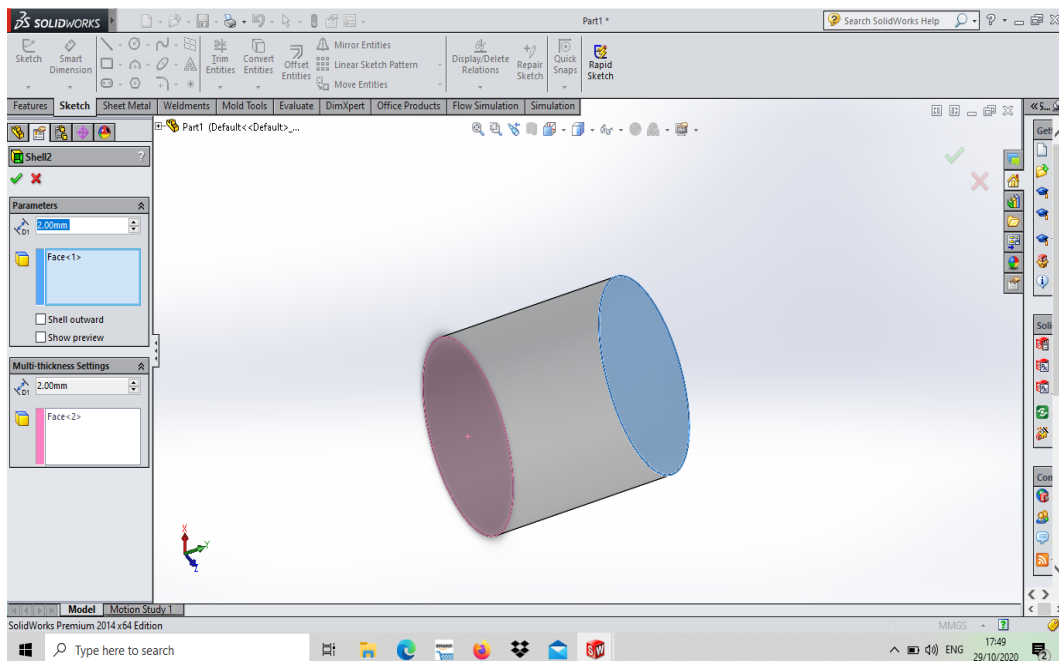
Gambar 4.2 Top Plane

3. Selanjutnya menggunakan sketch untuk membuat desain 2D diameter rumah sudu turbin dengan ukuran 205 mm dapat dilihat pada gambar dibawah ini



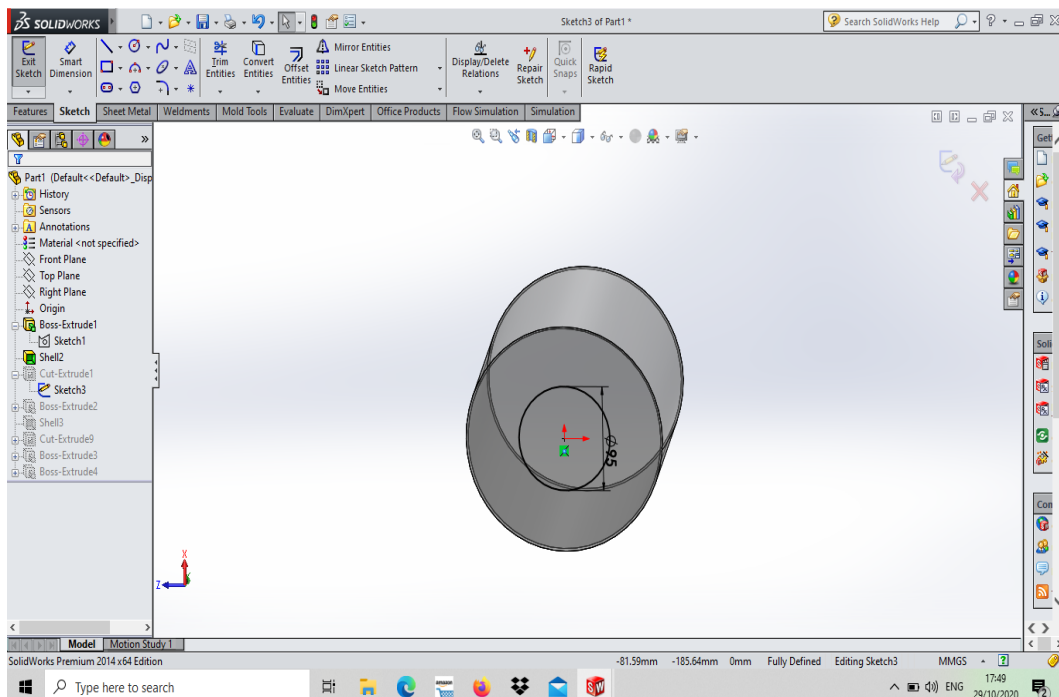
Gambar 4.3 Desain 2D Diameter Rumah.

- Selanjutnya menggunakan sketch untuk membuat desain diameter rumah sudu menjadi 3D dapat dilihat pada gambar dibawah ini



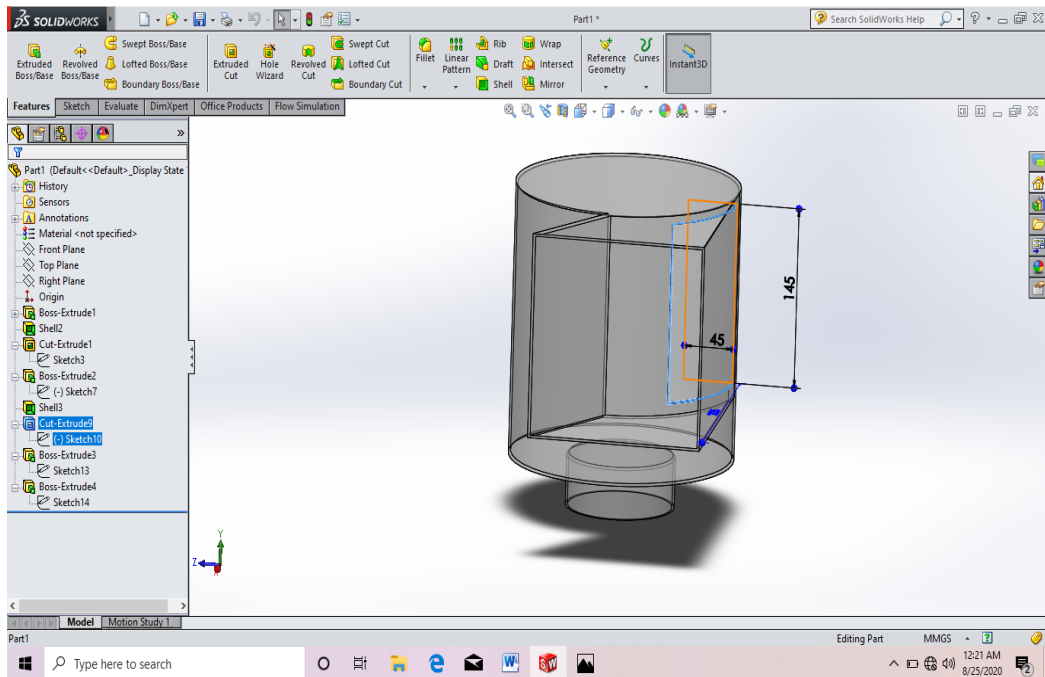
Gambar 4.4 Desain Rumah Sudu 3D.

- Selanjutnya menggunakan sketch untuk membuat desain pintu keluar air dengan diameter 95 mm dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.5 Sketch Pintu Keluar Air

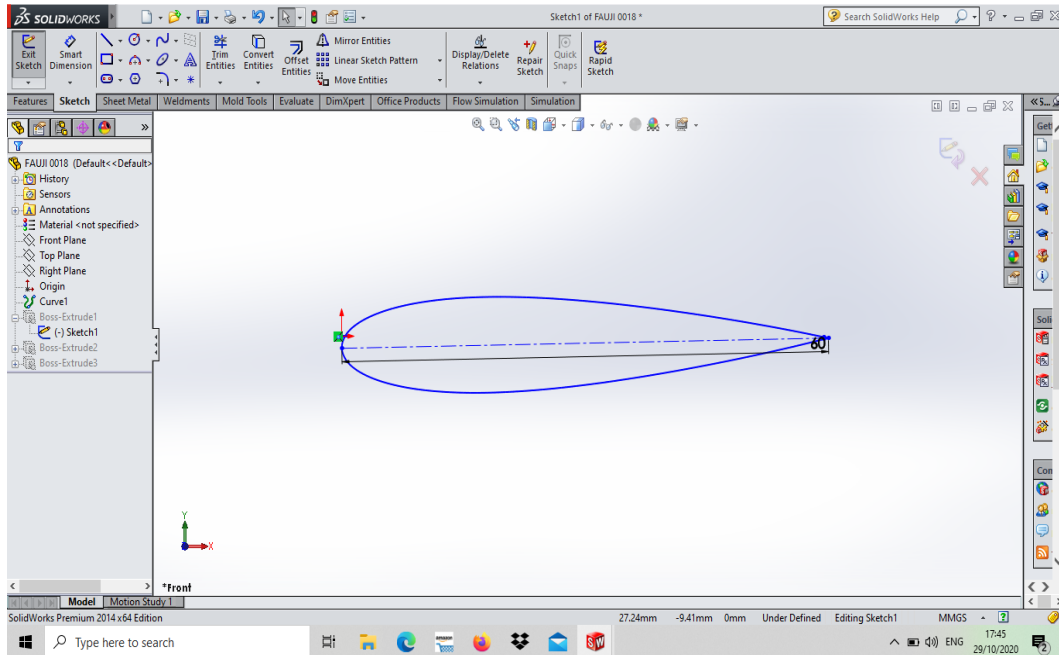
6. Selanjutnya menggunakan sketch membuat pintu masuk air dengan tinggi 145mm dan lebar 45mm



Gambar 4.6. *Sketch* Pintu Masuk Air

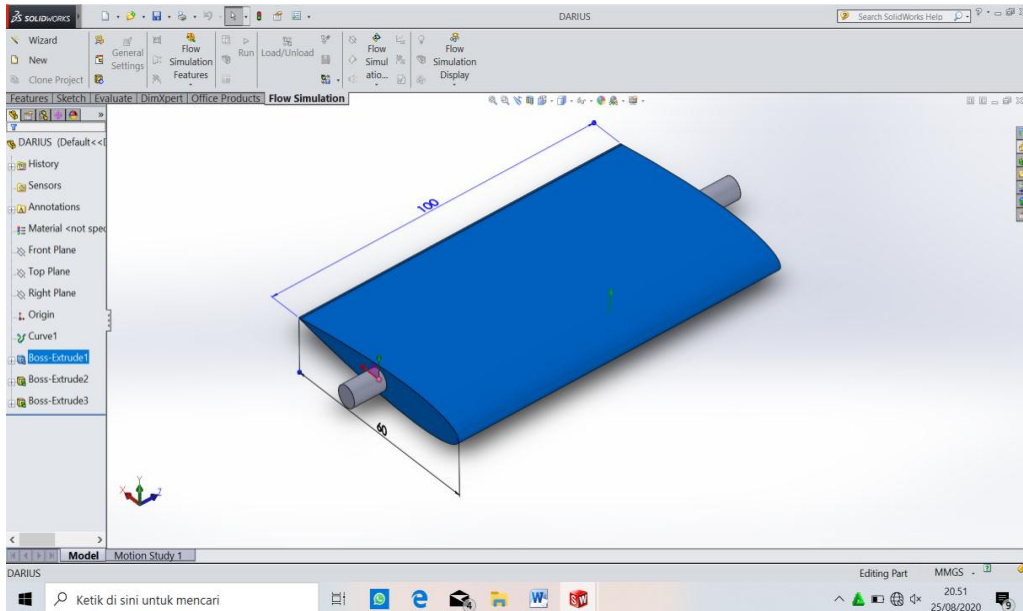
4.1..2. Desain sudu darrieus.

1. Selanjutnya menggunakan sketch untuk membuat desain 2D sudu darrieus naca 0012 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.7. *Sketch* 2D sudu darrieus.

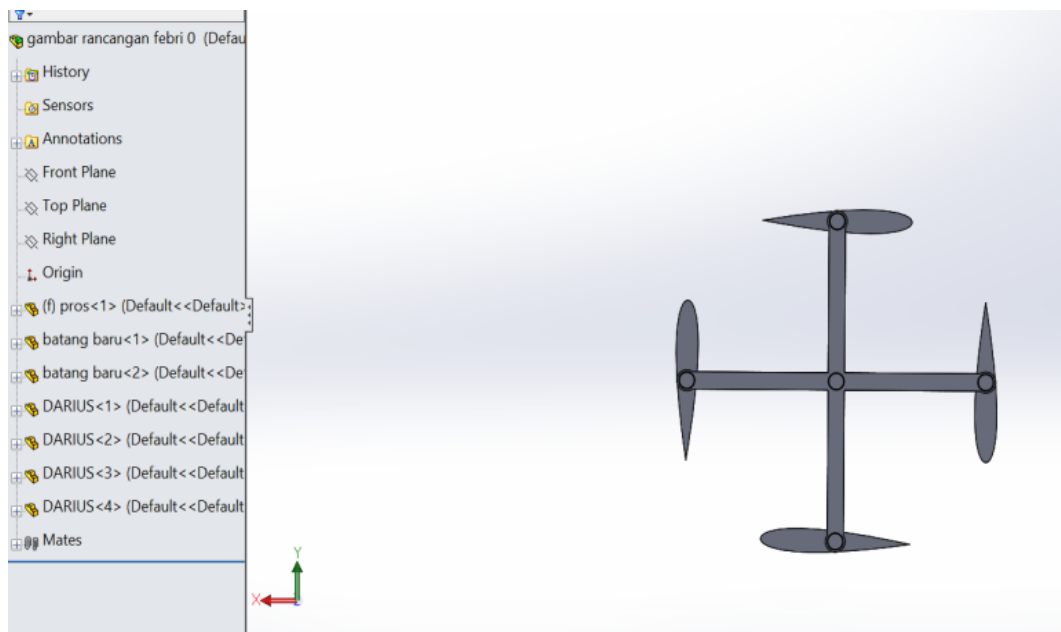
2. Selanjutnya menggunakan sketch untuk membuat desain runner 3D dengan lebar 60 mm pada sketch, dan tinggi 100 mm dibawah ini



Gambar 4.8. Sketch 3D Darrieus Naca 0012

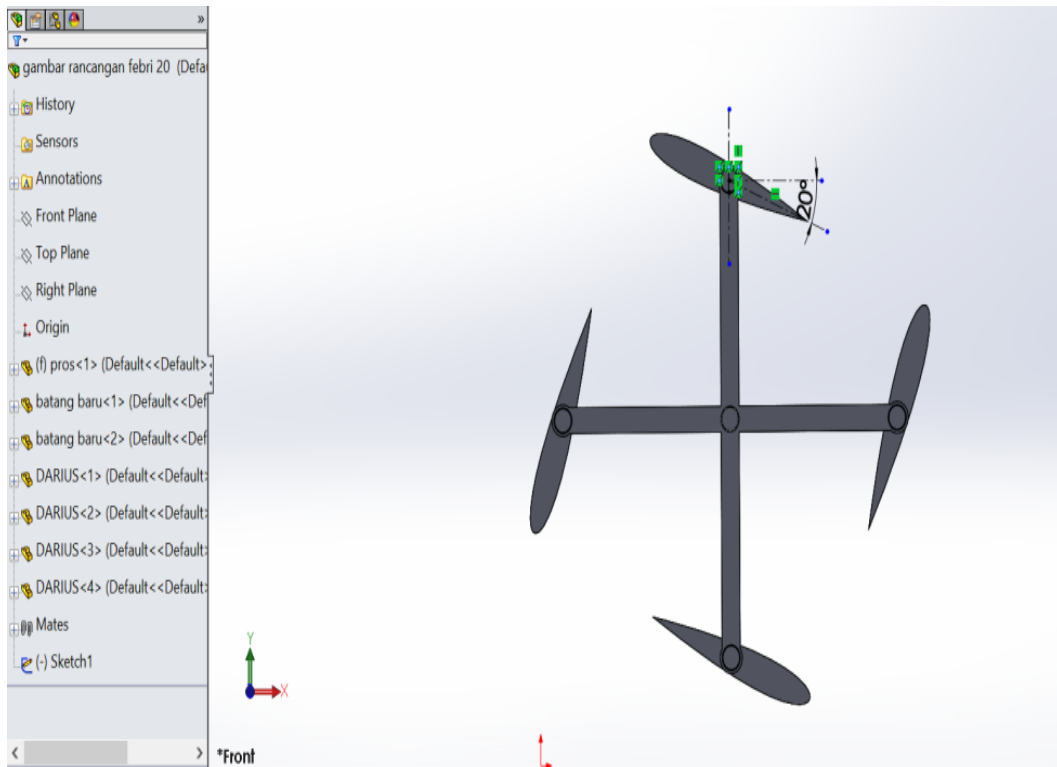
3. Selanjutnya dalam penelitian ini menggunakan 3 sudut pitch yaitu : 0° , 20° , dan 40° .

A. *Runner* sudut 0° .



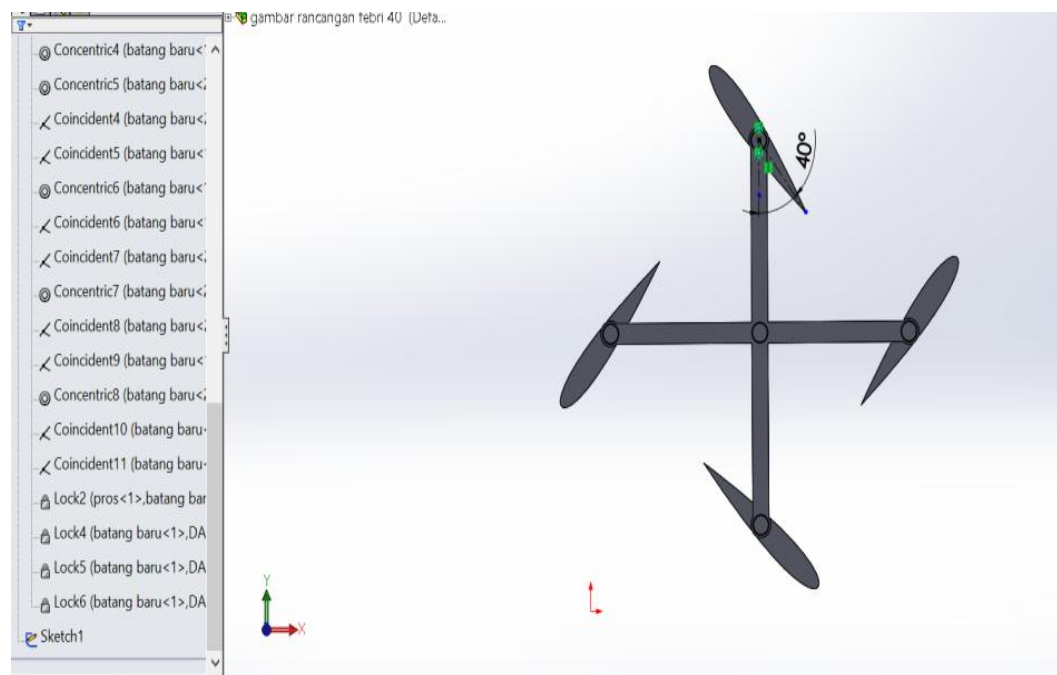
Gambar 4.9. *Runner* Sudut 0°

B. *Runer* sudut 20° .



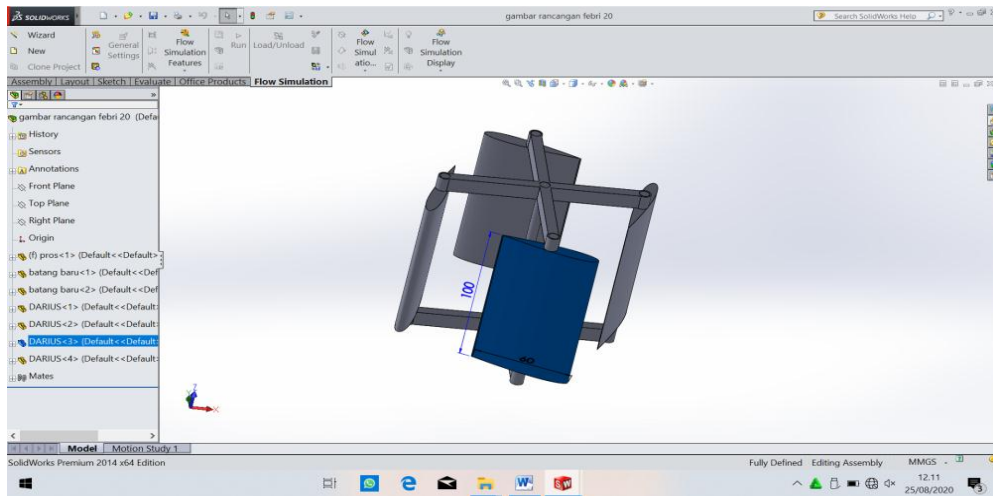
Gambar 4.10 *Runer* sudut 20°

C. *Runer* sudut 40° .



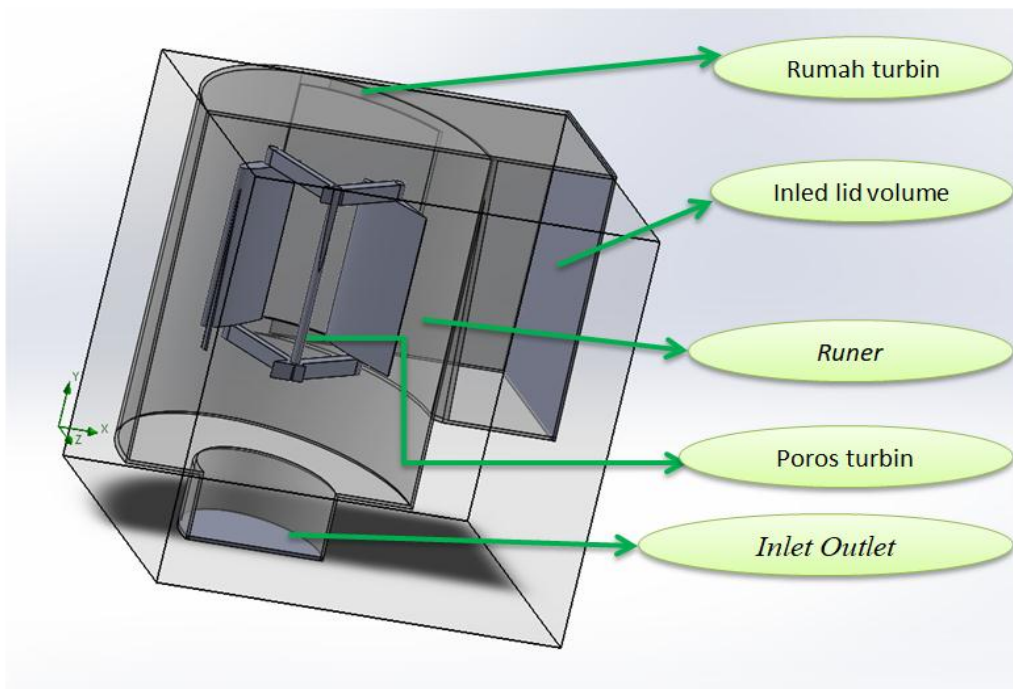
Gambar 4.11. *Runer* sudut 40° .

4. Berikut adalah gambar dan ukuran lengkap runner.



Gambar 4.12. Ukuran Runner

5. Berikut gambar Bagian turbin.



Gambar 4.13. Bagian Turbin.

4.1.3. Wizard

Adapun *wizard* yang telah ditentukan seperti pada tabel 4.1 dibawah. *Wizard* merupakan langkah awal dalam melakukan simulasi.

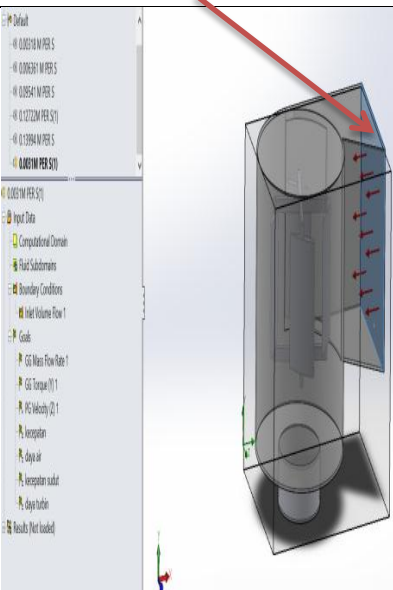
Tabel 4.1. Wizard

<i>Project Name</i>	<i>Simulasi Turbin Darrieus naca 0012</i>
<i>Configuration</i>	<i>Use Current</i>
<i>Unit System</i>	<i>SI</i>
<i>Analisis Type</i>	<i>Internal</i>
	<i>Exclude cavities without flow conditions</i>
<i>Physical Features</i>	-
<i>Default Fluid</i>	<i>Water</i>
<i>Wall Condition</i>	<i>Adiabatic wall, default smooth walls</i>
<i>Initial Conditions</i>	<i>Default conditions</i>
<i>Result and Geometry Resolution</i>	Set the Result resolution level to 3 ; Minimum gap size = 0.04 m , Minimum wall thickness = 0.002 m , <i>other options are default</i>

4.1.4. Boundary Condition

Setelah wizard ditentukan selanjutnya menentukan boundary condition, adapun boundary condition yang telah ditentukan pada simulasi ini seperti ditunjukkan pada tabel 4.2 dibawah.

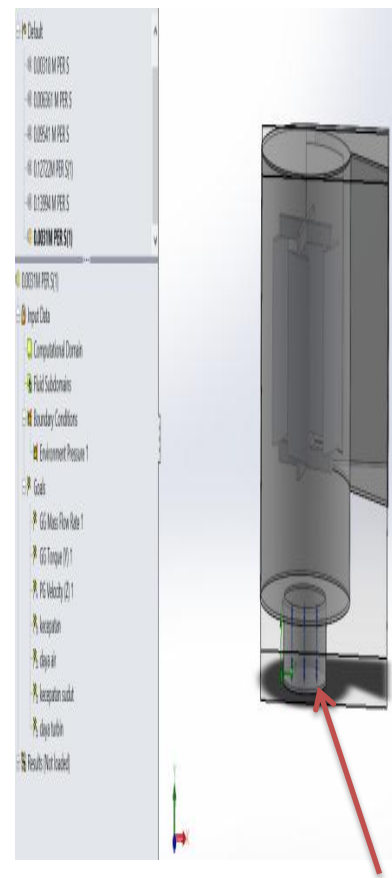
Tabel 4.2. Boundary Condition

<i>Type</i>	<i>Inlet Volume Flow</i>	
<i>Name</i>	<i>Inlet Volume Flow1</i>	
<i>Face To apply</i>	<i>the inner face of the Inlet Lid</i>	
<p>Parameter: Volume Flow Rate of $0,00366 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,0033 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,00025 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,00167 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,00833 \text{ m}^3/\text{s}$, with the uniform profile</p>		

<i>Type</i>	<i>Environment pressure</i>
<i>Name</i>	<i>Environment Pressure 1</i>
<i>Face To apply</i>	<i>the inner face of the Outlet Lid</i>

Thermodynamics Parameters:

*Default value (101325 Pa and 293,2 K) in the absolute frame of references (the **Pressure Potential** option is not selected)*



Pada tabel 4.2 diatas menunjukkan *boundary condition* yang digunakan pada simulasi ini. Untuk memvariasikan debit aliran seperti yang sudah dijelaskan pada bab 3 sebelumnya, maka yang perlu diganti hanya pada *volume flow rate*. Pada debit 220 l/m maka *volume flow rate* adalah 0,00366 m³/s, pada debit 200 l/m *volume flow rate* nya 0,0033 m³/s, pada debit 150 l/m *volume flow rate* nya 0,0025 m³/s, pada debit 100 l/m *volume flow rate* nya 0,00167 m³/s, dan pada debit 50 l/m *volume flow rate* nya 0,000833 m³/s. Untuk *Environment Pressure* adalah sama pada setiap variasi debit aliran.

4.1.5.Goals

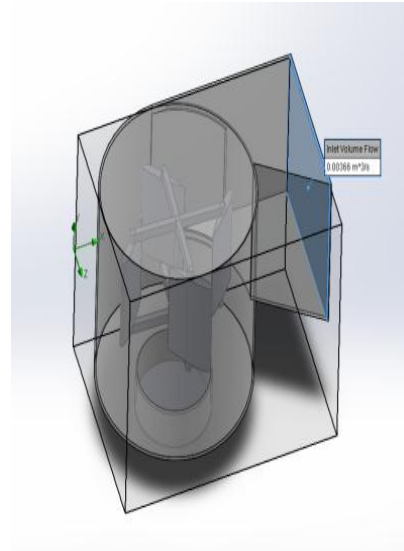
Goals yang ditentukan merupakan data-data yang dibutuhkan dalam analisa ini, adapun goal yang digunakan pada simualsi ini seperti pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Goals Yang Digunakan

<i>Goal Type</i>	<i>Goal Parameter</i>	<i>Face</i>
------------------	-----------------------	-------------

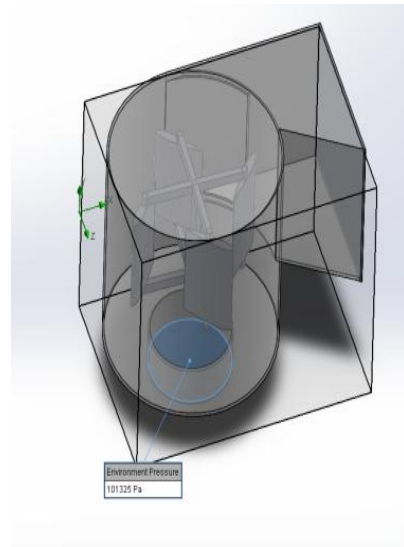
The inner face of the Inlet Lid

Surface Goal *Mass Flow Rate*



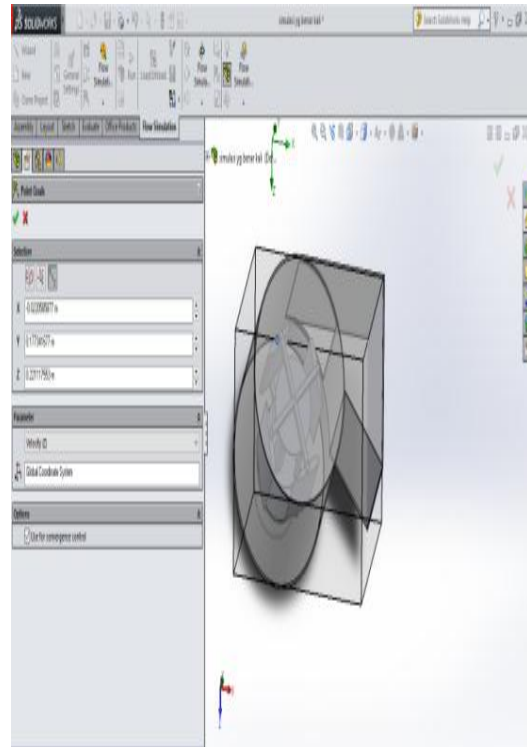
The inner face of the Inlet Outlet

Surface Goal *As static pessure*



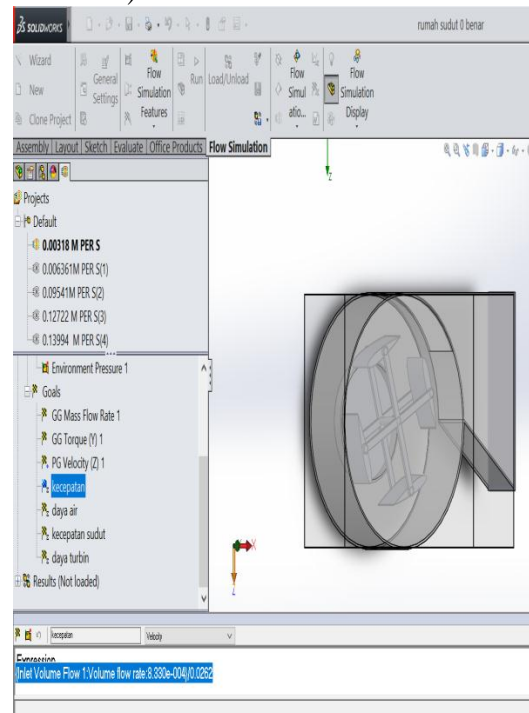
The inner face of the **Measure** at the Runner's outlet.

SurfaceGoal Bulk Av Static
Pressure

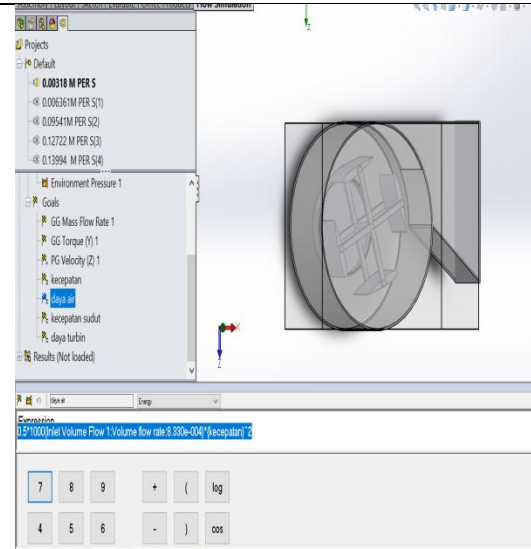


All **runner** faces in contact water (see details below).

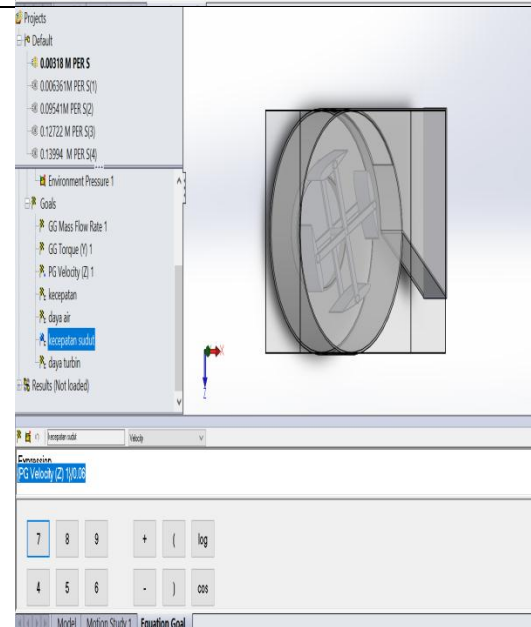
Surface Goal Kecepatan



Surface Goal daya air



Surface Goal Kecepatan sudut



Kemudian untuk mempermudah dalam melakukan simulasi maka nama goals pada tabel 4.3 diatas diganti menjadi seperti pada gambar 4.11 dibawah.



Gambar 4.14. Goals

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai *pressure drop* adalah selisi antara tekanan masuk dan tekanan keluar ($\Delta P = P_{in} - P_{out}$). Persamaan diatas kemudian dimasukkan ke dalam equation golas pada solidworks flow simulation seperti pada tabel 4.4 dibawah.

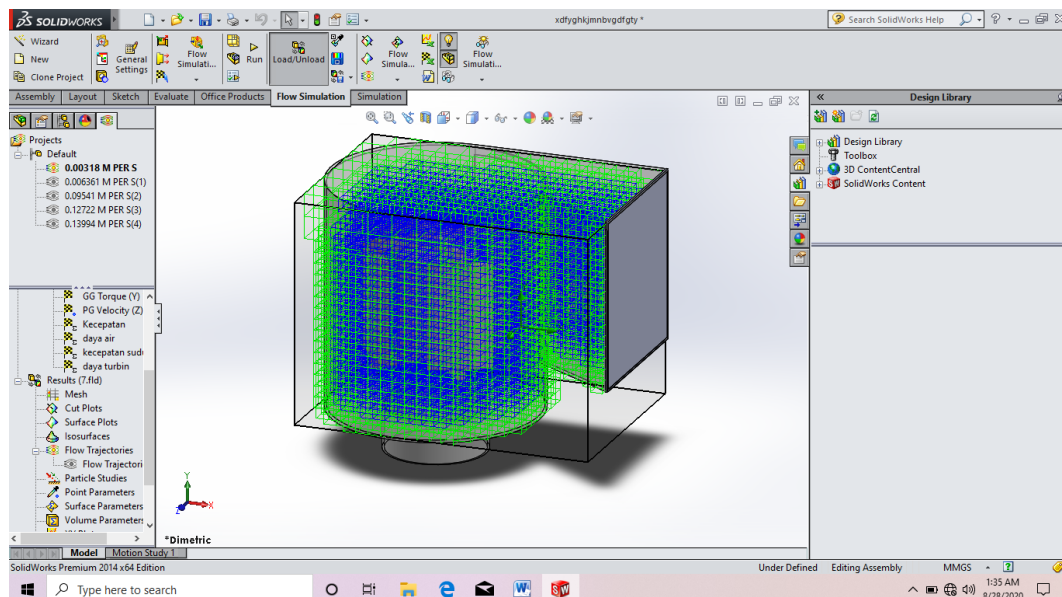
Tabel 4.4. *Equatoin Goals*

Goal Name	Formula	Dimensionaliti
<i>Prssure Drop</i>	$\{SG\ Av\ Static\ Pressure\ Inlet\} - \{SG\ Bulk\ Av\ Static\ Pressure\ Runner's\ Outlet\}$	<i>Pressure & stress</i>

4.2. Hasil Simulasi

4.2.1. Meshing

Domain mesh turbin *dar* yang digunakan adalah menggunakan *mesh* berbentuk pesegi (*square mesh*). Lapis batas pada permukaan sudu digunakan untuk menangkap perubahan tajam sifat fluida dekat permukaan sudu. Sehingga, hasil yang didapatkan akan lebih akurat seperti yang dapat dilihat di Gambar 4.12.



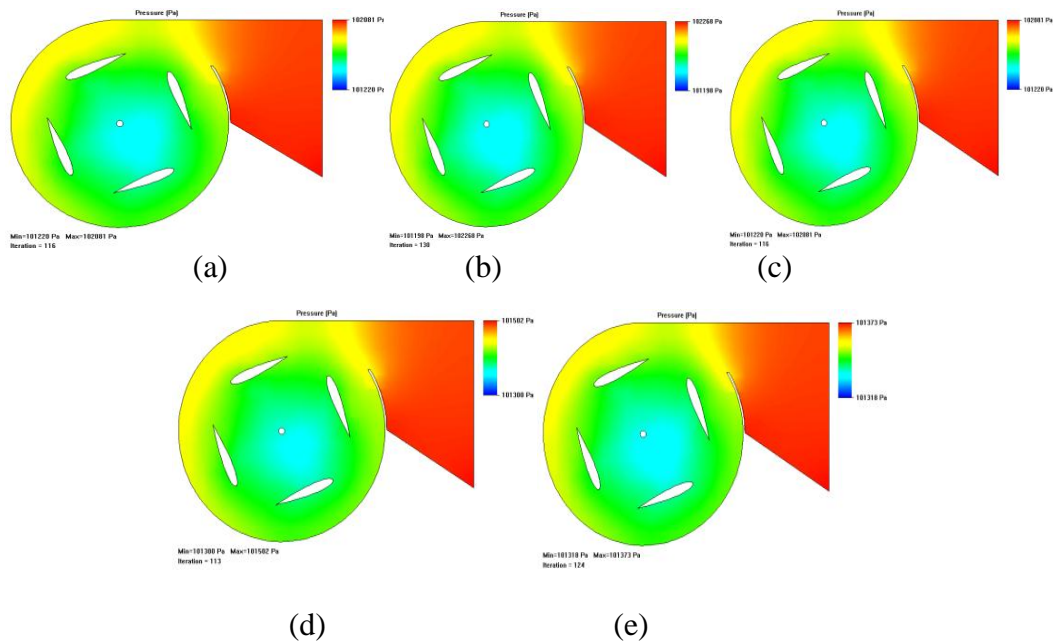
Gambar 4.15. Hasil *Mesh*

Basic dimension mesh pada bidang X adalah 56, pada bidang Y adalah 42 dan pada bidang Z adalah 38. Kemudian basing dimension mesh dikalkulasi menjadi lebih kecil lagi menjadi *cells-cells* kecil. Adapun *number of cell* dari hasil *meshing* berupa *total cells* sebanyak 182875, *fluid cells* sebanyak 46163, *solid cells* sebanyak 90459, dan *partial cells* sebanyak 46253. Kotak warna biru pada gambar 4.12 diatas menunjukkan *fluid cells* sedangkan kotak berwarna hijau menunjukkan *partial cells*.

4.2.2. Kontur Tekanan Fluida.

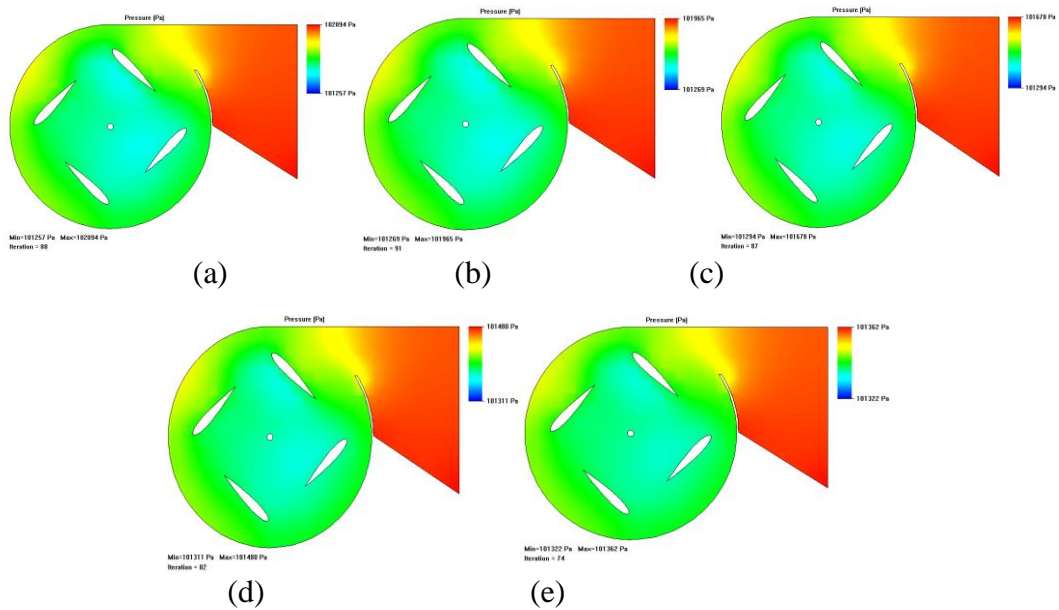
Pada gambar 4.13 dibawah menunjukkan kontur kecepatan aliran fluida pada turbin. Simulasi ini menggunakan *Solidworks Flow Simulation* selain dapat menganalisis secara numerik juga dapat menganalisis secara visual. Keunggulan dari turbin air darrius naca 0012 adalah konfigurasi turbin. Analisis visual sangat membantu penelitian ini untuk mengetahui seberapa energi air yang dapat diserap oleh turbin. Bukan hanya itu, analisa secara visual dapat mengetahui bagaimana fluida air melewati sudu. Gambar 4.16, Gambar 4.17, dan Gambar 4.18. menunjukkan kontur tekanan hasil pemodelan turbin air darrius naca 0012 yang di mana pada tiap gambar menggunakan sudut pitch 0° , 20° , dan 40° .

1. Gambar Tekanan aliran fluida pada sudut pitch 0° .



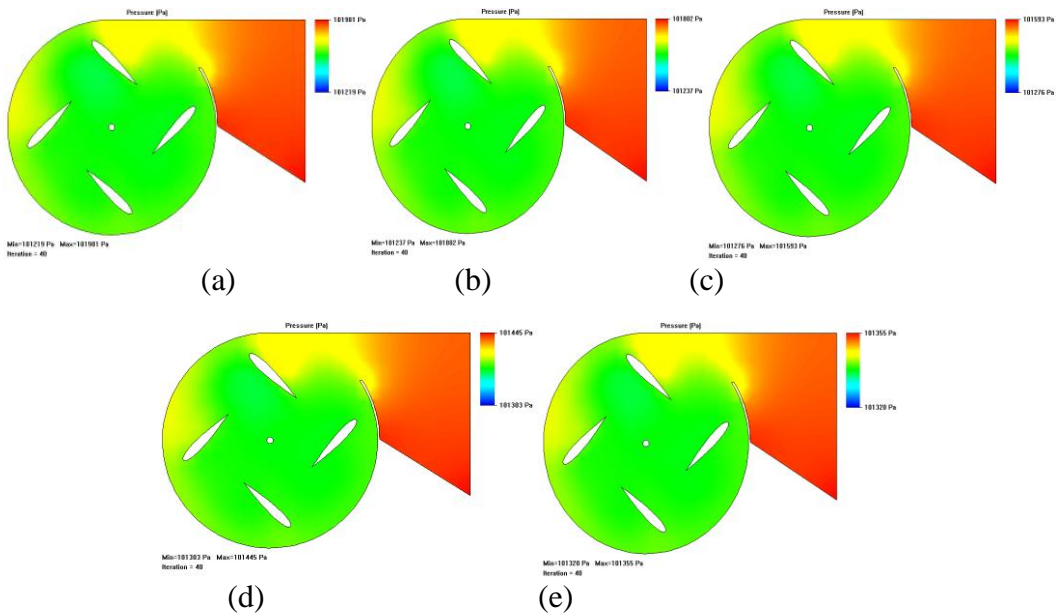
Gambar.4.16. Tekanan Aliran Fluida Pada Sudut Pitch 0°

2. Gambar Tekanan aliran fluida pada sudut pitch 20°.



Gambar.4.17. Tekanan Aliran Fluida Pada Sudut Pitch 20°

3. Gambar Tekanan aliran fluida pada sudut pitch 40°.



Gambar.4.18. Tekanan Aliran Fluida Pada Sudut Pitch 40°

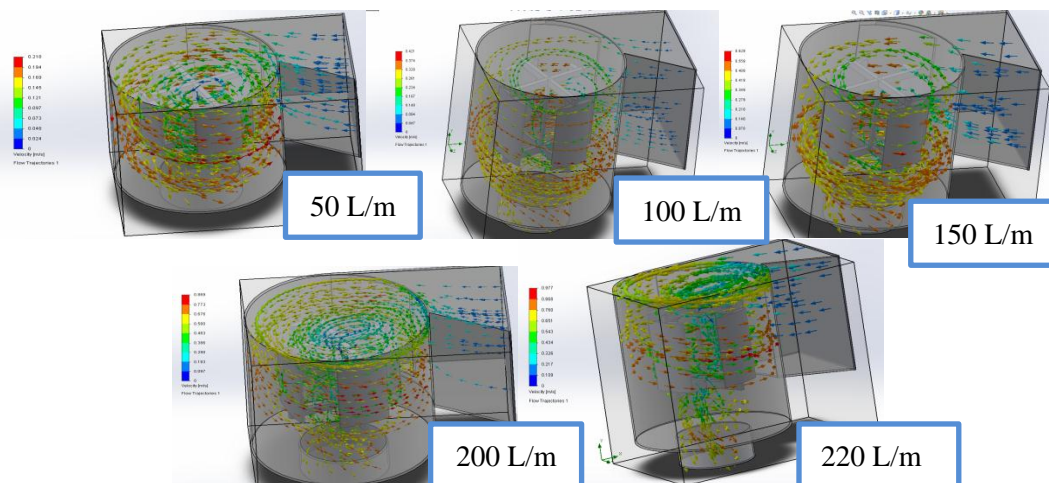
Pada gambar 4.16 dan gambar 4.18 (a) menunjukkan kontur tekanan fluida pada debit aliran 50 L/m, (b) menunjukkan kontur tekanan pada debit 100 L/m, (c) menunjukkan kontur tekanan pada debit 150 L/m, (d) menunjukkan kontur tekanan pada debit 200 L/m, (e) menunjukkan kontur tekanan pada debit 220 L/m.

Terlihat pada gambar bahwa semakin tinggi debit aliran maka tekanan akan semakin tinggi. Dapat dilihat pada bagian runner warna dari kontur aliran makin cerah, hal ini menandakan penyerapan energi oleh runner sehingga kecepatan aliran semakin rendah. Sedangkan pada gambar 4.19 (a) menunjukkan kontur tekanan fluida pada debit aliran 50 L/m, (b) menunjukkan kontur tekanan pada debit 100 L/m, (c) menunjukkan kontur tekanan pada debit 150 L/m, (d) menunjukkan kontur tekanan pada debit 200 L/m, (e) menunjukkan kontur tekanan pada debit 220 L/m. Terlihat pada gambar dapat dilihat pada bagian runner warna dari kontur tekanan tampak sama, hal ini menandakan penyerapan energi oleh runner kurang baik sehingga aliran semakin melemah.

4.2.3. Vektor Kecepatan Fluida

1. Gambar 4.19 merupakan vektor kecepatan fluida pada turbin air *darrieus*. Dapat diamati melalui perbedaan warna, kecepatan fluida semakin tinggi pada bagian tengah basin. *velocity* pada debit 50 L/m adalah 6,6413 m/s, *velocity* pada debit 100 L/m adalah 5,76766 m/s, *velocity* pada debit 150 L/m adalah 1,59775 m/s, *velocity* pada debit 200 L/m adalah 8,11056 m/s, *velocity* pada debit 220 L/m adalah 5,86298 m/s. Analisa secara visual dapat mengetahui bagaimana fluida air melewati sudu.

a. Gambar kontur kecepatan aliran fluida pada sudut pitch 0⁰

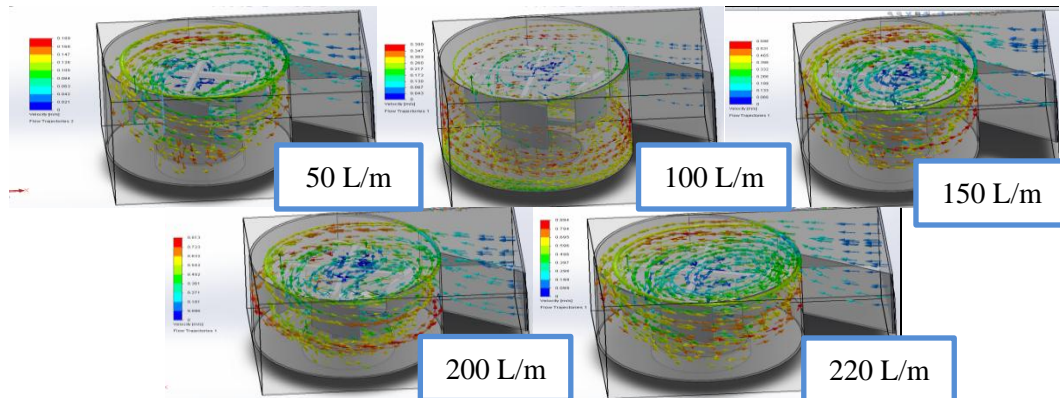


Gambar 4.19. Vektor Kecepatan Fluida pada sudut pitch 0⁰

2. Gambar 4.20 merupakan vektor kecepatan fluida pada turbin air *darrieus*. Dapat diamati melalui perbedaan warna, kecepatan fluida semakin tinggi pada bagian tengah basin. *velocity* pada debit 50 L/m adalah 1,76583 m/s,

velocity pada debit 100 L/m adalah 2,12191 m/s, *velocity* pada debit 150 L/m adalah 4,97453 m/s, *velocity* pada debit 200 L/m adalah 3,76105 m/s, *velocity* pada debit 220 L/m adalah 3,42944 m/s. Analisa secara visual dapat mengetahui bagaimana fluida air melewati sudu.

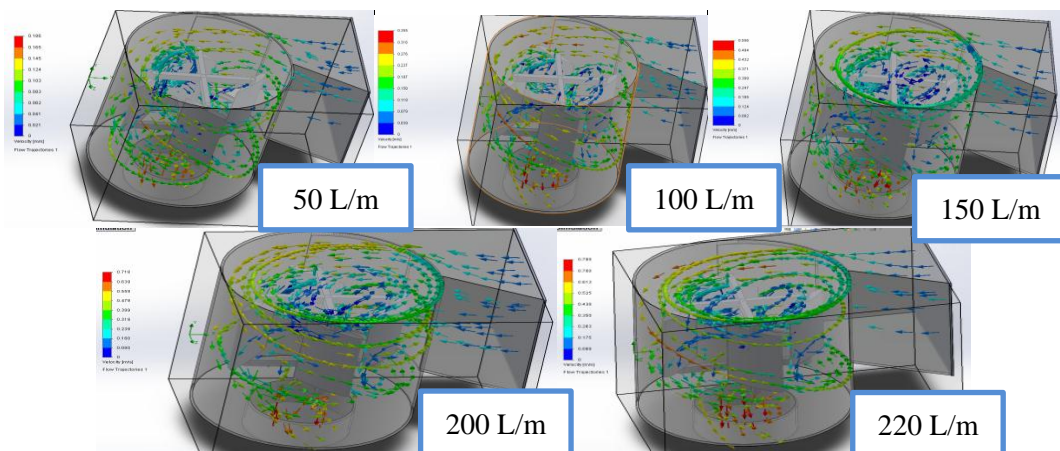
b. Gambar kontur kecepatan aliran fluida pada sudut pitch 20°



Gambar 4.20. Vektor Kecepatan Fluida pada sudut pitch 20°

3. Gambar 4.21 merupakan vektor kecepatan fluida pada turbin air *darrieus*. Dapat diamati melalui perbedaan warna, kecepatan fluida semakin tinggi pada bagian tengah basin. *velocity* pada debit 50 L/m adalah 4,78027 m/s, *velocity* pada debit 100 L/m adalah 2,47345 m/s, *velocity* pada debit 150 L/m adalah m/s, *velocity* pada debit 200 L/m adalah 3,76105 m/s, *velocity* pada debit 220 L/m adalah 3,42944 m/s. Analisa secara visual dapat mengetahui bagaimana fluida air melewati sudu.

c. Gambar kontur kecepatan aliran fluida pada sudut pitch 40°



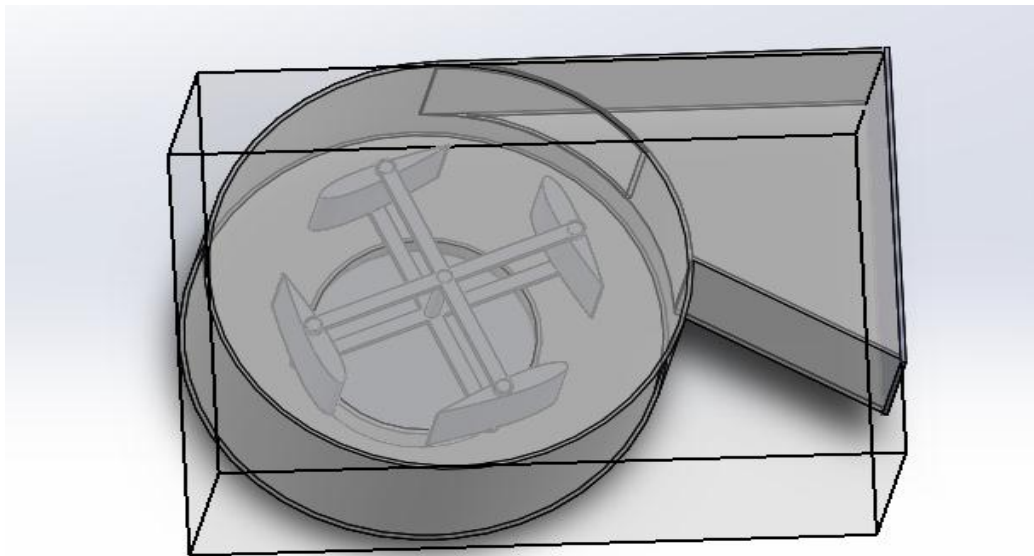
Gambar 4.21. Vektor Kecepatan Fluida pada sudut pitch 40°

Pada vektor terlihat bahwa kecepatan aliran meningkat pada tengah bagian basin, peningkatan kecepatan ini terjadi karena aliran fluida menjadi vortex. Jika diamati lebih jelas aliran melewati *runner* juga mengalami penurunan kecepatan fluida dalam sebuah vortex paling rendah dipusatnya dimana pada kondisi ini kecepatannya paling tinggi, dan naik secara bertahap sesuai dengan pengaruh jarak dari pusat. Hal ini sesuai dengan persamaan bernoulli.

4.3.Efisiensi Turbin

4.3.1. Putaran Sudut

Untuk mendapatkan efisiensi turbin harus diketahui terlebih dahulu putaran sudut (ω). Hasil simulasi menggunakan *solidworks flow simulation* tidak memberikan hasil putaran sudut, maka putaran sudut dapat ditentukan menggunakan persamaan dengan mengetahui kecepatan aliran dan radius, perhatikan pada gambar 4.17 dibawah.



Gambar 4.22. Kecepatan Linear

Untuk mendapatkan rata-rata kecepatan aliran pada garis seperti pada gambar diatas dengan menggunakan result *XY plots*, kemudian di export ke Excel dan diambil nilai rata-rata. Adapun hasilnya seperti pada tabel 4.5 pada sudut pitch 0° , tabel 4.6 pada sudut pitch 20° , dan tabel 4.7 pada sudut pitch 40° dibawah dengan menggunakan persamaan berikut:

$$f = \frac{V}{r}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Dimana : f = Frekuensi (rev/s)

V = Kecepatan rata-rata (m/s)

r = radius (m)

ω = Putaran sudut (rad/s)

Tabel 4.5. Kecepatan aliran linear sudut pitch 0°

Debit (L/m)	Velocity (m/s)	Radius (m)
50	0,0664	0,6
100	0,1305	0,6
150	0,2099	0,6
200	0,2365	0,6
220	0,2814	0,6

1. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 50 L/m adalah:

$$f = \frac{0,0664}{0,6} = 0,110 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,110 = 0,691 \text{ rad/s}$$

2. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 100 L/m adalah:

$$f = \frac{0,1305}{0,6} = 0,217 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,217 = 1,363 \text{ rad/s}$$

3. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 150 L/m adalah:

$$f = \frac{0,2099}{0,6} = 0,349 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,349 = 2,192 \text{ rad/s}$$

4. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 200 L/m adalah:

$$f = \frac{0,2365}{0,6} = 0,394 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,394 = 2,475 \text{ rad/s}$$

5. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 220 L/m adalah:

$$f = \frac{0,2814}{0,6} = 0,469 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,469 = 2,946 \text{ rad/s}$$

Tabel 4.6. Kecepatan aliran linear sudut pitch 20°

Debit (L/m)	Velocity (m/s)	Radius (m)
50	0,0134	0,6
100	0,0291	0,6
150	0,0408	0,6
200	0,0539	0,6
220	0,0612	0,6

1. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 50 L/m adalah:

$$f = \frac{0,0134}{0,6} = 0,0223 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,0223 = 0,1401 \text{ rad/s}$$

2. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 100 L/m adalah:

$$f = \frac{0,0291}{0,6} = 0,0485 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,0485 = 0,3047 \text{ rad/s}$$

3. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 150 L/m adalah:

$$f = \frac{0,0408}{0,6} = 0,068 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,068 = 0,4272 \text{ rad/s}$$

4. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 200 L/m adalah:

$$f = \frac{0,0539}{0,6} = 0,0898 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,0898 = 0,5642 \text{ rad/s}$$

5. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 220 L/m adalah:

$$f = \frac{0,0612}{0,6} = 0,102 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,102 = 0,6408 \text{ rad/s}$$

Tabel 4.7 Kecepatan aliran linear sudut pitch 40⁰

Debit (L/m)	Velocity (m/s)	Radius (m)
50	0,0362	0,6
100	0,0725	0,6
150	0,0684	0,6
200	0,1479	0,6
220	0,1676	0,6

1. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 50 L/m adalah:

$$f = \frac{0,0362}{0,6} = 0,0603 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,0603 = 0,3788 \text{ rad/s}$$

2. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 100 L/m adalah:

$$f = \frac{0,0725}{0,6} = 0,4555 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,4555 = 2,8619 \text{ rad/s}$$

3. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 150 L/m adalah:

$$f = \frac{0,0684}{0,6} = 0,114 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,114 = 0,7162 \text{ rad/s}$$

4. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 200 L/m adalah:

$$f = \frac{0,1479}{0,6} = 0,2465 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,2465 = 1,5488 \text{ rad/s}$$

5. Putaran sudut (ω) pada debit alliran 220 L/m adalah:

$$f = \frac{0,1676}{0,6} = 0,2793 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,2793 = 1,7548 \text{ rad/s}$$

4.3.2. Perhitungan Efisiensi Turbin

Efisiensi Turbin merupakan perbandingan antara output dan input pada turbin air. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung efisiensi adalah:

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Dimana : η_t = Efisiensi

P_t = Daya turbin (J/s)

P_a = Daya air

Dari data hasil simulasi menggunakan *Solidworks Flow Simulation* pada sudut pitch 0^0 , 20^0 , 40^0 diperoleh data sebagai berikut:

1. Pada tabel 4.8 di bawah dapat di peroleh efisinsi pada sudut pitch 0⁰.

Tabel 4.8. Data Hasil Simulasi sudut pitch 0⁰.

Debit (L/m)	Daya turbin(J/s)	Debit (m ³ /s)	Daya air(J)	Torsi (N/m)
50	0,162	0,000833	0,505	0,122
100	1,321	0,00167	4,062	0,527
150	4,349	0,00250	13,657	1,117
200	10,271	0,00333	32,308	2,054
220	13,734	0,00366	42,932	2,379

1) Efisinsi (η) pada debit aliran 50 L/m adalah:

$$\eta = \frac{0,162}{0,505} \times 100\%$$

$$\eta = 32,07\%$$

2) Efisinsi (η) pada debit aliran 100 L/m adalah:

$$\eta = \frac{1,321}{4,062} \times 100\%$$

$$\eta = 32,5\%$$

3) Efisinsi (η) pada debit aliran 150 L/m adalah:

$$\eta = \frac{4,349}{13,657} \times 100\%$$

$$\eta = 31,8\%$$

4) Efisinsi (η) pada debit aliran 200 L/m adalah:

$$\eta = \frac{10,271}{32,308} \times 100\%$$

$$\eta = 31,77\%$$

5) Efisiensi (η) pada debit aliran 220 L/m adalah:

$$\eta = \frac{13,734}{42,932} \times 100\%$$

$$\eta = 0,319\%$$

2. Pada tabel 4.9 di bawah dapat di peroleh efisiensi pada sudut pitch 20^0 .

Tabel 4.9. Data Hasil Simulasi sudut pitch 20^0 .

Debit (L/m)	Daya turbin(J/s)	Debit (m^3/s)	Daya air(J)	Torsi (N/m)
50	0,005	0,000833	0,505	0,173
100	0,046	0,00167	4,062	0,734
150	0,085	0,00250	13,657	0,891
200	0,384	0,00333	32,308	3,206
220	0,511	0,00366	42,932	3,665

1) Efisiensi (η) pada debit aliran 50 L/m adalah:

$$\eta = \frac{0,005}{0,505} \times 100\%$$

$$\eta = 0,99\%$$

2) Efisiensi (η) pada debit aliran 100 L/m adalah:

$$\eta = \frac{0,046}{4,062} \times 100\%$$

$$\eta = 1,13\%$$

3) Efisiensi (η) pada debit aliran 150 L/m adalah:

$$\eta = \frac{0,085}{13,657} \times 100\%$$

$$\eta = 0,62\%$$

4) Efisiensi (η) pada debit aliran 200 L/m adalah:

$$\eta = \frac{0,384}{32,308} \times 100\%$$

$$\eta = 31,9\%$$

5) Efisiensi (η) pada debit aliran 200 L/m adalah:

$$\eta = \frac{0,511}{42,932} \times 100\%$$

$$\eta = 1,19\%$$

3. Pada tabel 4.10 di bawah dapat di peroleh efisiensi pada sudut pitch 40°.

Tabel 4.10 Data Hasil Simulasi sudut pitch 40°.

Debit (L/m)	Daya turbin(J/s)	Debit (m ³ /s)	Daya air(J)	Torsi (N/m)
50	0,002	0,000833	0,505	0,070
100	0,018	0,00167	4,062	0,284
150	0,124	0,00250	13,657	1,299
200	0,298	0,00333	32,308	2,301
220	0,388	0,00366	42,932	2,778

1) Efisiensi (η) pada debit aliran 50 L/m adalah:

$$\eta = \frac{0,002}{0,505} \times 100\%$$

$$\eta = 0,39\%$$

2) Efisiensi (η) pada debit aliran 100 L/m adalah:

$$\eta = \frac{0,018}{4,062} \times 100\%$$

$$\eta = 0,44\%$$

3) Efisiensi (η) pada debit aliran 150 L/m adalah:

$$\eta = \frac{0,124}{13,657} \times 100\%$$

$$\eta = 0,90\%$$

4) Efisiensi (η) pada debit aliran 200 L/m adalah:

$$\eta = \frac{0,298}{32,308} \times 100\%$$

$$\eta = 0,92\%$$

5) Efisiensi (η) pada debit aliran 220 L/m adalah:

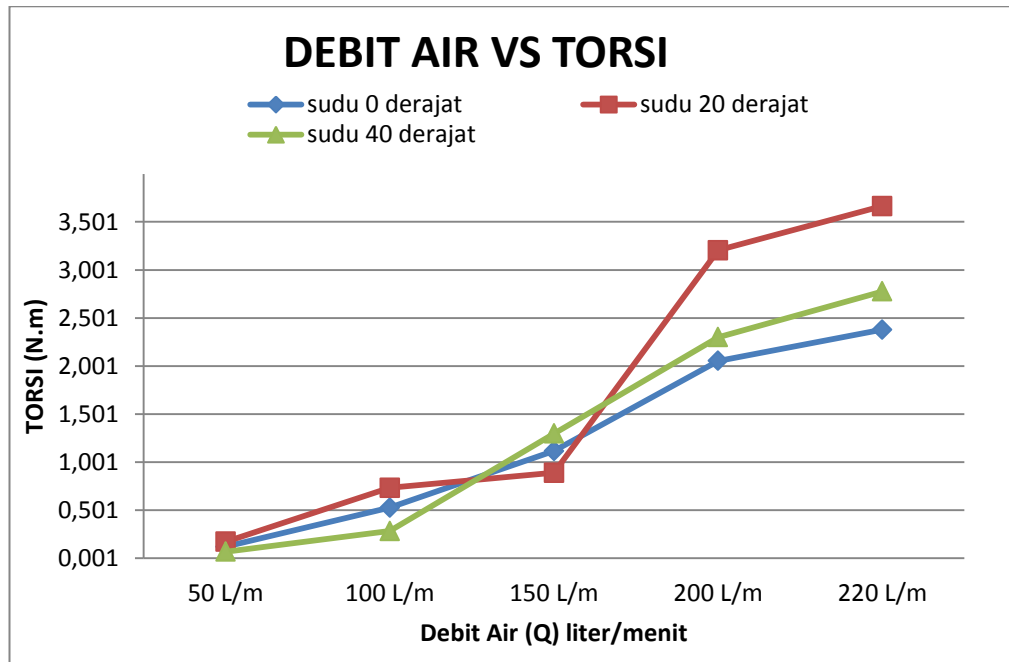
$$\eta = \frac{0,388}{42,932} \times 100\%$$

$$\eta = 0,90\%$$

4.4. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi

Dari hasil seluruh perbandingan pada tiap-tiap hasil simulasi sudut pitch di lakukan perbandingan hasil seluruh data yang di dapat sehingga adanya grafik Debit Air Vs Torsi, Debit Air Vs Daya Turbin, Debit Vs Efisiensi sebagai berikut:

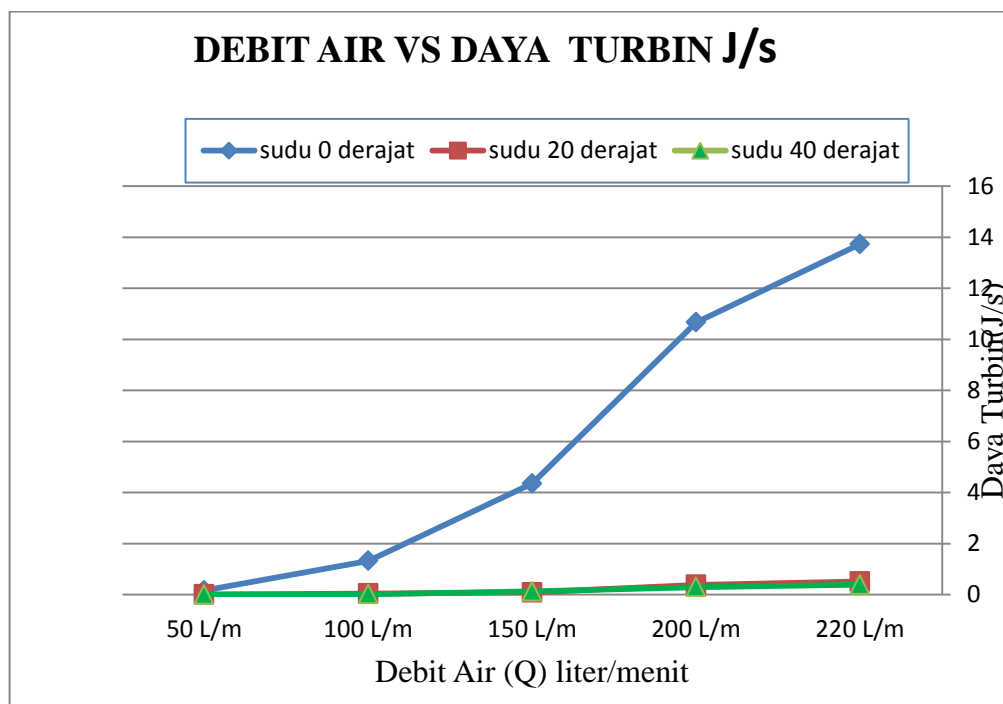
1. Grafik Debit Air Vs Torsi.



Gambar.4.23 Grafik Debit Air VS Torsi

Dari Gambar 4.3 di dapat data dari hasil simulasi bahwa torsi pada sudut pitch 0° dengan bervariasi lima debit air di dapat torsi tertinggi pada debit 220 liter/menit dengan nilai torsi 2,379 N.m, untuk kemiringan sudut pitch 20° nilai torsi tertinggi di dapat pada debit aliran 220 liter/menit dengan nilai torsi 3,665 N.m, dan untuk sudut pitch 40° di dapat nilai torsi tertinggi dengan debit 220 liter/menit dengan torsi sebesar 1,403 N.m. Dalam grafik dapat di lihat pada sudut 0° dan 40° naik seiring dengan tekanan air namun pada sudut 20° Pada debit 200 L /m adanya peningkatan torsi yang lebih tinggi.

2.Grafik debit terhadap daya turbin.

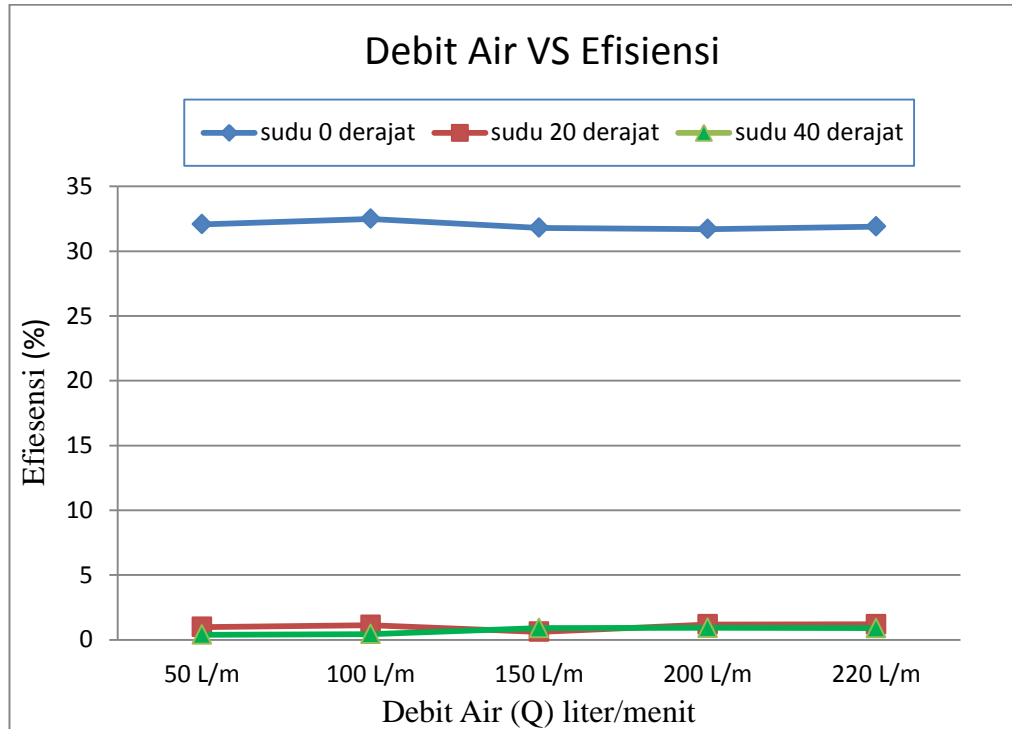


Gambar 4.24. Debit Air Vs Daya Turbin

Dari Gambar 4.24 di dapat data dari hasil simulasi bahwa daya turbin pada sudut pitch 0° dengan bervariasi lima debit air di dapat daya turbin tertinggi pada debit 220 liter/menit dengan nilai daya turbin 13,734 J/s, untuk sudut pitch 20° nilai daya turbin tertinggi di dapat pada debit aliran 220 liter/menit dengan nilai daya turbin 0,511 J/s, dan untuk sudut pitch 40° di dapat nilai daya turbin tertinggi dengan debit 220 liter/menit dengan daya turbin sebesar 0,196 J/s. Dalam grafik dapat di lihat adanya peningkatan drastis pada sudut pitch 0° Pada tiap variasi debit, sedangkan pada tiap sudut 20° , 40° Hanya ada

peningkatan yang sedikit, ini terjadi karena sudut 0° Air yang masuk akan langsung mengenai sudu dan tidak mengakibatkan genangan pada rumah turbin

3. Grafik Debit Air Vs Efisiensi



Gambar 4.25. Debit Air Vs Efisiensi

Dari Gambar 4.25. di dapat data dari hasil simulasi bahwa efisiensi pada sudut pitch 0° dengan bervariasi lima debit air di dapat daya turbin tertinggi pada debit 100 liter/menit dengan nilai efisiensi 32,5%, untuk sudut pitch 20° nilai efisiensi tertinggi di dapat pada debit aliran 220 liter/menit dengan nilai efisiensi 1,19%, dan untuk sudut pitch 40° di dapat nilai efisiensi tertinggi dengan debit 150 liter/menit dengan efisiensi sebesar 0,90%. pada percobaan dengan kemiringan sudut pitch 0° air yang masuk setabil dengan air yang keluar . Sedangkan pada sudut pitch 20° , dan 40° sudu akan terlalu menutup sehingga mengakibatkan air tergenang di dalam rumah turbin sehingga akan memperlambat sudu berputar. dengan demikian mekanisme passiv sangat mempengaruhi pada turbin darrieus.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data hasil perhitungan pada sudut 0^0 , 20^0 , 40^0 dengan debit 50 liter/menit, 100 liter/menit, 150 liter/menit, 200 liter/menit, 220 liter/menit yang tertera dilampiran dapat disimpulkan yaitu :

1. Pada hasil penelitian ini didapat adanya pengaruh mekanisme passiv pada tiap sudut pitch yang telah di simulasikan dengan daya yang paling maksimum pada daya yang di hasilkan pada turbin sudut pitch 0^0 dengan daya Turbin = 13,734 J/s pada debit 220 liter/menit.
2. Adapun pengaruh pada tiap daya, torsi dan efisiensi yang di hasilkan memiliki hasil yang naik turun atau tidak stabil dengan hasil yang maksimum di ambil pada daya turbin = 13,734 J/s dari sudut pitch 0^0 pada debit 220 liter/menit, torsi = 3,665 N.m, dari sudut pitch 20^0 pada debit 220 liter/menit, dan efisiensi = 32,5% dari Sudut pitch 0^0 pada debit 100 liter/menit.
3. pada percobaan dengan kemiringan sudut pitch 0^0 air yang masuk setabil dengan air yang keluar , sedangkan pada sudut pitch 20^0 , dan 40^0 sudu akan terlalu menutup sehingga mengakibatkan air tergenang di dalam rumah turbin sehingga akan memperlambat sudu berputar. dengan demikian mekanisme passiv sangat mempengaruhi pada turbin darrieus.

5.2 Saran

Untuk pengujian selanjutnya dapat juga dilakukan dengan bervariasi sudut pitch yang lebih kecil dengan debit air yang lebih besar terhadap daya yang di hasilkan pada turbin agar performa dan pengaruh mekanisme passiv yang didapatkan lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiarso, A., & Sudargana, S. (2014). Uji Karakteristik Turbin Darrieus Pada Hydrofoil Naca 0021 Dengan Memanfaatkan Arus Air Di Cokro Tulung. *Jurnal Teknik Mesin Undip*.
- Agustiar, P., Pracoyo, W., & Azharul, F. (2019). Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* [Http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME](http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME).
- Al-attas, M. N., Ghoni, A., Index, T., Mauliyah, A., Pradana, R. R., Riset, K., Soleh, A. K., Syed, M., Naquib, M., (2009).
- Brian, J. (2017). *Perancangan Dan Pembuatan Turbin Air Sebagai Pembangkit Listrik 750 Watt Pada Sungai Hidrokinetik*.
- Dugdale, R. H. 1986. *Mekanika Fluida*. Ahli Bahasa oleh Bambang Priambodo., Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Erlangga, G. P. (2017). *Studi Eksperimental Karakteristik Aerodinamik Airfoil NACA 4412 Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara*.
- Farel H. Napitupulu, E. K. N. (2014). *Uji Performansi Turbin Angin Tipe Darrieus-H Dengan Profil Sudu Naca 0012 Dan Analisa Perbandingan Efisiensi Menggunakan Variasi Jumlah Sudu Dan Sudut Pitch*.
- Fauzi, M. N., Harbintoro, S., Besar, B., & Perindustrian, K. (2016). *Terhadap Daya Dan Torsi Pada Turbin Pelton Regression Analysis To Determine Correlation of Power and Torsion for Pelton Turbine*.
- Febrianto, A., & Santoso, A. (2017). *Analisa Perbandingan Torsi dan RPM Turbin Tipe Darrieus Terhadap Efisiensi Turbin*. Jurnal Teknik ITS.
- hidayah, S. nur. (2019). *Tugas akhir*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/n4f68>
- Irsyad, M. (2010). Kinerja turbin air tipe darrieus dengan sudu hydrofoil standar naca 6512. *Ilmiah Teknik Mesin, 1*(2), 91–97.
- Konversi, U., & Arus, E. (2016). *STUDI NUMERIK TURBIN DARRIEUS-SAVONIUS*.
- K. Umurani & Chandra A Siregar. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirpool Terhadap Kinerja.

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

- Lety, T. (2019). *Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Pelton Kapasitas 300 Watt Kajian Debit Dan Arah Aliran Pada Alat*.
- Mafruddin, M., & Irawan, D. (2014). Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur.
- Mulyadi, M. (2014). *Analisis Aerodinamika Pada Pesawat Terbang*.
- Nasution, E. S., Mesin, T., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2018). *Pembuatan Hydrofoil Turbin*.
- Panjang, A. P., Lunas, G., Arah, T., Wake, A., Kapal, P., Studi, T., Kapal, K., & Kragan, T. (2016). Analisa Pengaruh Panjang Dan Bentuk Geometri Lunas Bilga Terhadap Arah Dan Kecepatan Aliran (Wake) Pada Kapal Ikan Tradisional (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan). *Jurnal Teknik Perkapalan*
- Pietersz, Richard , Rudy Soenoko, S. W. (2013). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap. *Jurnal Rekayasa Mesin*.
- Sihombing, R. P. J., Gultom, S., Mesin, D. T., Teknik, F., Utara, U. S., & Air, P. T. (2014). *Analisa Efisiensi Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Pada Sudu Berdiameter 56 Cm Untuk 3 Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluar*.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

LAMPIRAN

Data hasil simulasi

Sudut pitch 0°

1. Debit 50 liter/menit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

rumah sudut 0 benar.SLDASM [0.00318 M PER S [Default]]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	1,64037E-06	1,27052E-06	1,64037E-06	6,6413E-06	100	Yes	1,83895E-06	0,010683665
GG Torque (Y) 1	[N*m]	0,122866417	0,125028321	0,12590601	0,122866417	100	Yes	0,000879588	0,000924659
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,073295085	0,075556438	0,077576601	0,071699536	100	Yes	0,0008491	0,001541184
kecepatan	[m/s]	0,031793893	0,031793893	0,031793893	0,031793893	100	Yes	0	3,17939E-10
daya air	[J/s]	0,50542582	0,50542582	0,50542582	0,50542582	100	Yes	0	5,05426E-09
kecepatan sudut	[m/s]	1,221584749	1,259273863	1,292943346	1,194992262	100	Yes	0,014151682	0,025686395
daya turbin	[J/s]	0,150091741	0,157452136	0,148423275	0,162437209	100	Yes	0,002811738	0,003387265

Iterations: 59

Analysis interval: 21

2. Debit 100 liter/meit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

rumah sudut 0 benar.SLDASM [0.006361M PER S(1) [Default]]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	2,75718E-06	2,519E-06	1,54176E-06	5,76766E-06	100	Yes	6,90604E-06	0,021418632
GG Torque (Y) 1	[N*m]	0,537233119	0,531864372	0,537233119	0,52704645	100	Yes	0,010186669	0,010775999
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,13962909	0,142655091	0,149503463	0,136779253	100	Yes	0,001280982	0,001389352
kecepatan	[m/s]	0,063740458	0,063740458	0,063740458	0,063740458	100	Yes	0	6,37405E-10
daya air	[J/s]	4,062845988	4,062845988	4,062845988	4,062845988	100	Yes	0	4,06285E-08
kecepatan sudut	[m/s]	2,327151505	2,377584858	2,491724378	2,279654214	100	Yes	0,021349704	0,023155866
daya turbin	[J/s]	1,250222861	1,26449453	1,208201303	1,321938069	100	Yes	0,027963685	0,030669659

Iterations: 78

Analysis interval: 21

3. Debit 150 liter/menit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

rumah sudut 0 benar.SLDASM [0.09541M PER S(2) [Default]]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	2,11935E-06	3,05125E-06	6,05307E-06	1,59775E-05	100	Yes	3,67873E-06	0,03206382
GG Torque (Y) 1	[N*m]	1,127400482	1,122132664	1,127400482	1,117821921	100	Yes	0,00957856	0,009913458
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,231493994	0,230189095	0,231655724	0,227849162	100	Yes	0,003806563	0,004771478
kecepatan	[m/s]	0,095419847	0,095419847	0,095419847	0,095419847	100	Yes	0	9,54198E-10
daya air	[J/s]	13,6574209	13,6574209	13,6574209	13,6574209	100	Yes	0	1,36574E-07
kecepatan sudut	[m/s]	3,858233242	3,836484915	3,860928736	3,797486025	100	Yes	0,063442711	0,07952463
daya turbin	[J/s]	4,349774014	4,305060599	4,258685908	4,349774014	100	Yes	0,091078106	0,096238624

Iterations: 46

Analysis interval: 21

4. Debit 200 liter/menit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

rumah sudut 0 benar.SLDASM [0.12722 M PER S(3) [Default]]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	6,8979E-06	3,16579E-07	1,54248E-05	8,11056E-06	100	Yes	1,33302E-05	0,042709008
GG Torque (Y) 1	[N*m]	2,070453988	2,077093936	2,094281397	2,054877649	100	Yes	0,028135479	0,031101274
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,285464528	0,296719471	0,309859582	0,285464528	100	Yes	0,005546259	0,006816285
kecepatan	[m/s]	0,127099237	0,127099237	0,127099237	0,127099237	100	Yes	0	1,27099E-09
daya air	[J/s]	32,30843191	32,30843191	32,30843191	32,30843191	100	Yes	0	3,23084E-07
kecepatan sudut	[m/s]	4,757742127	4,945324518	5,164326363	4,757742127	100	Yes	0,092437643	0,113604749
daya turbin	[J/s]	9,85068616	10,27170964	9,85068616	10,66389377	100	Yes	0,133443122	0,362023461

Iterations: 75

Analysis interval: 21

5. Debit 220 liter/menit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

rumah sudut 0 benar.SLDASM [0.13994 M PER S(4) [Default]]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	5,86298E-06	1,69896E-06	1,04248E-05	5,86298E-06	100	Yes	4,44053E-06	0,046941432
GG Torque (Y) 1	[N*m]	2,386403737	2,38577151	2,390551227	2,379201655	100	Yes	0,011349571	0,014996007
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,34388861	0,344164587	0,345684342	0,343090236	100	Yes	0,002594107	0,002627086
kecepatan	[m/s]	0,139694656	0,139694656	0,139694656	0,139694656	100	Yes	0	1,39695E-09
daya air	[J/s]	42,93211351	42,93211351	42,93211351	42,93211351	100	Yes	0	4,29321E-07
kecepatan sudut	[m/s]	5,731476831	5,736076443	5,761405706	5,718170593	100	Yes	0,043235113	0,043784762
daya turbin	[J/s]	13,67761773	13,68495121	13,64067585	13,73404559	100	Yes	0,093369734	0,101773381

Iterations: 40

Analysis interval: 20

Sudut pitch 20°

1. Debit 50 liter/menit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

rumah sudut 20 simulasi.SLDASM [0.00318 M PER S [Default]]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	1,79554E-06	9,93774E-06	1,32655E-06	1,76583E-05	100	Yes	6,39029E-06	0,010683665
GG Torque (Y) 1	[N*m]	0,182062906	0,178646825	0,182062906	0,173550874	100	Yes	0,008512033	0,00865143
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,013334173	0,01321356	0,013037732	0,013483426	100	Yes	0,000348849	0,002167068
kecepatan	[m/s]	0,031793893	0,031793893	0,031793893	0,031793893	100	Yes	0	3,17939E-10
daya air	[J/s]	0,50542582	0,50542582	0,50542582	0,50542582	100	Yes	0	5,05426E-09
kecepatan sudut	[m/s]	0,222236213	0,220226001	0,217295531	0,224723759	100	Yes	0,005814158	0,036117794
daya turbin	[J/s]	0,005788489	0,005679878	0,005788489	0,005517858	100	Yes	0,000270631	0,000275063

Iterations: 75

Analysis interval: 21

2. Debit 100 liter/meit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

rumah sudut 20 simulasi.SLDASM [0.006361 M PER S [Default]]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	6,62643E-06	9,2157E-06	2,07392E-06	2,12191E-05	100	Yes	1,81201E-05	0,021418632
GG Torque (Y) 1	[N*m]	0,767850209	0,753119389	0,768412292	0,734995532	100	Yes	0,033416761	0,03515806
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,027316895	0,02829252	0,027211802	0,029102374	100	Yes	0,001043426	0,00435594
kecepatan	[m/s]	0,063740458	0,063740458	0,063740458	0,063740458	100	Yes	0	6,37405E-10
daya air	[J/s]	4,062845988	4,062845988	4,062845988	4,062845988	100	Yes	0	4,06285E-08
kecepatan sudut	[m/s]	0,45528158	0,471541993	0,453530026	0,485039574	100	Yes	0,017390434	0,072599008
daya turbin	[J/s]	0,048943124	0,048004175	0,048978951	0,046848952	100	Yes	0,00213	0,002240991

Travels: 2

Analysis interval: 21

3. Debit 150 liter/menit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

rumah sudut 20 simulasi.SLDASM [0.09541 M PER S [Default]]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	4,21012E-06	3,52998E-07	4,98458E-06	4,97453E-06	100	Yes	1,16624E-06	0,03206382
GG Torque (Y) 1	[N*m]	0,896132059	0,895121187	0,898515261	0,891517423	100	Yes	0,004228967	0,004378231
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,040126886	0,039539378	0,037966811	0,040853357	100	Yes	0,000364781	0,00042708
kecepatan	[m/s]	0,095419847	0,095419847	0,095419847	0,095419847	100	Yes	0	9,54198E-10
daya air	[J/s]	13,6574209	13,6574209	13,6574209	13,6574209	100	Yes	0	1,36574E-07
kecepatan sudut	[m/s]	0,668764766	0,658989637	0,632780182	0,680889286	100	Yes	0,006079676	0,007117994
daya turbin	[J/s]	0,085508784	0,085412327	0,085736189	0,085068456	100	Yes	0,000403527	0,00041777

Iterations: 127

Analysis interval: 21

4. Debit 200 liter/menit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

rumah sudut 20 simulasi.SLDASM [0.12722M PER S(1) [Default]]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress (%)	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	2,06002E-05	1,98736E-05	8,4289E-06	3,76105E-05	100	Yes	2,91816E-05	0,042709008
GG Torque (Y) 1	[N*m]	3,166899661	3,11087874	3,167511051	3,026764229	100	Yes	0,140746822	0,141715836
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,052089854	0,051542463	0,049769828	0,053973118	100	Yes	0,002341959	0,008689875
kecepatan	[m/s]	0,127099237	0,127099237	0,127099237	0,127099237	100	Yes	0	1,27099E-09
daya air	[J/s]	32,30843191	32,30843191	32,30843191	32,30843191	100	Yes	0	3,23084E-07
kecepatan sudut	[m/s]	0,868160897	0,859041058	0,829497138	0,899551961	100	Yes	0,039032645	0,144831252
daya turbin	[J/s]	0,402510529	0,395390313	0,402588237	0,384699423	100	Yes	0,017888814	0,018011975

Iterations: 90

Analysis interval: 21

5. Debit 220liter/menit

B	C	D	E	F	G	Formula Bar	I	J	K
---	---	---	---	---	---	-------------	---	---	---

rumah sudut 20 simulasi.SLDASM [0.13994 M PER S [Default]]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress (%)	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	2,0264E-05	2,17247E-05	1,07372E-05	3,42944E-05	100	Yes	2,35572E-05	0,046941432
GG Torque (Y) 1	[N*m]	3,825527371	3,757121065	3,825527371	3,665027501	100	Yes	0,16049987	0,171091745
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,061201776	0,058224782	0,055447065	0,061201776	100	Yes	0,001167982	0,009560133
kecepatan	[m/s]	0,139694656	0,139694656	0,139694656	0,139694656	100	Yes	0	1,39695E-09
daya air	[J/s]	42,93211351	42,93211351	42,93211351	42,93211351	100	Yes	0	4,29321E-07
kecepatan sudut	[m/s]	1,020029594	0,970413026	0,924117747	1,020029594	100	Yes	0,019466367	0,159335543
daya turbin	[J/s]	0,534405732	0,524849737	0,534405732	0,511984758	100	Yes	0,022420974	0,023900603

Iterations: 89

Analysis interval: 21

Sudut pitch 40°

1. Debit 50 liter/menit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	4,51088E-06	9,92111E-07	6,34491E-06	4,78027E-06	100	Yes	4,74739E-07	0,010683665
GG Torque (Y) 1	[N*m]	0,070291881	0,070448013	0,070611161	0,070291881	100	Yes	0,000296283	0,000552429
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,036402417	0,036437827	0,036611754	0,036296534	100	Yes	0,00031522	0,00032037
kecepatan	[m/s]	0,031793893	0,031793893	0,031793893	0,031793893	100	Yes	0	3,17939E-10
daya air	[J/s]	0,50542582	0,50542582	0,50542582	0,50542582	100	Yes	0	5,05428E-09
kecepatan sudut	[m/s]	0,606706949	0,607297119	0,610195892	0,604942226	100	Yes	0,005253666	0,005339505
daya turbin	[J/s]	0,002234853	0,002239817	0,002245004	0,002234853	100	Yes	9,41998E-06	1,75639E-05

Iterations: 65

Analysis interval: 21

2. Debit 100 liter/meit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
ruma Sudut 40.SLDASM [0.006361 M PER S [Default]]									

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress (%)	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	3,30385E-06	7,47719E-07	3,71602E-06	2,47345E-06	100	Yes	6,08691E-07	0,021418632
GG Torque (Y) 1	[N*m]	0,284518494	0,285205778	0,286008035	0,284518494	100	Yes	0,00148954	0,001656453
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,072559506	0,073084431	0,073429747	0,072546529	100	Yes	0,000212671	0,000468149
kecepatan	[m/s]	0,063740458	0,063740458	0,063740458	0,063740458	100	Yes	0	6,37405E-10
daya air	[J/s]	4,062845988	4,062845988	4,062845988	4,062845988	100	Yes	0	4,06285E-08
kecepatan sudut	[m/s]	1,2093251	1,218073845	1,223829116	1,20910882	100	Yes	0,003544519	0,00780249
daya turbin	[J/s]	0,018135339	0,018179147	0,018230283	0,018135339	100	Yes	9,4944E-05	0,000105583

Iterations: 50

Analysis interval: 21

3. Debit 150 liter/menit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
ruma Sudut 40.SLDASM [0.009541 M PER S [Default]]									

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress (%)	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	1,24888E-05	2,34549E-05	5,72588E-05	8,00428E-07	100	Yes	2,71161E-05	0,03206382
GG Torque (Y) 1	[N*m]	1,313902889	1,318864197	1,32585281	1,29988735	100	Yes	0,025965461	0,063417982
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,085061116	0,076712936	0,085061116	0,068481932	100	Yes	0,016579185	0,020719082
kecepatan	[m/s]	0,095419847	0,095419847	0,095419847	0,095419847	100	Yes	0	9,54198E-10
daya air	[J/s]	13,6574209	13,6574209	13,6574209	13,6574209	100	Yes	0	1,36574E-07
kecepatan sudut	[m/s]	1,417685269	1,278548927	1,417685269	1,141365526	100	Yes	0,276319743	0,345318033
daya turbin	[J/s]	0,125372413	0,12584582	0,126512673	0,124035052	100	Yes	0,00247762	0,006051334

Iterations: 40

Analysis interval: 20

4. Debit 200 liter/menit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
ruma Sudut 40.SLDASM [0.12722 M PER S [Default]]									

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress (%)	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	4,70054E-05	3,20734E-05	6,64269E-05	2,76532E-07	100	Yes	3,70215E-05	0,042709008
GG Torque (Y) 1	[N*m]	2,335382251	2,338143721	2,350211656	2,301334339	100	Yes	0,048877317	0,112625056
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,114903206	0,102351358	0,114903206	0,090565816	100	Yes	0,02433739	0,027831913
kecepatan	[m/s]	0,127099237	0,127099237	0,127099237	0,127099237	100	Yes	0	1,27099E-09
daya air	[J/s]	32,30843191	32,30843191	32,30843191	32,30843191	100	Yes	0	3,23084E-07
kecepatan sudut	[m/s]	1,915053433	1,705855974	1,915053433	1,509430261	100	Yes	0,405623171	0,463865224
daya turbin	[J/s]	0,296825301	0,297176282	0,298710107	0,292497838	100	Yes	0,00621227	0,014314559

Iterations: 40

Analysis interval: 20

5. Debit 220 liter/menit

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ruma Sudut 40.SLDASM [0.13994 M PER S [Default]]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Mass Flow Rate 1	[kg/s]	9,48935E-06	2,26811E-05	5,63609E-05	9,48935E-06	100	Yes	2,89742E-05	0,046941432
GG Torque (Y) 1	[N*m]	2,826086962	2,825338687	2,840058792	2,778765555	100	Yes	0,061291237	0,136341187
PG Velocity (Z) 1	[m/s]	0,126936209	0,112942363	0,126936209	0,088985683	100	Yes	0,027950526	0,030684615
kecepatan	[m/s]	0,139694656	0,139694656	0,139694656	0,139694656	100	Yes	0	1,39695E-09
daya air	[J/s]	42,93211351	42,93211351	42,93211351	42,93211351	100	Yes	0	4,29321E-07
kecepatan sudut	[m/s]	2,11560349	1,882372711	2,11560349	1,649761387	100	Yes	0,465842103	0,511410252
daya turbin	[J/s]	0,394789247	0,394684717	0,396740758	0,3881787	100	Yes	0,008562058	0,019046135

Iterations: 40

Analysis interval: 20

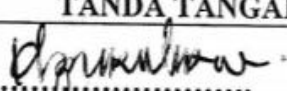
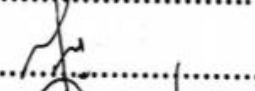
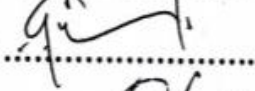
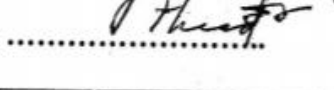


**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

Peserta seminar

Nama : Febri Antoni.S

NPM : 1507230184

Judul Tugas Akhir : Simulasi Numerik Pengaruh Mekanisme Passive Terhadap Kinerja – Turbin Darrieus Pada Profil Naca 0012.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	
Pembimbing – II	: H.Muharnif.S.T.M.Sc	:	
Pembanding – I	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	
Pembanding – II	: Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230186	FAHRUDDIN ARAZI	
2	1507230203	SYAHRIN FAUZI HRP	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 07 Rab. Awal 1442 H
24 Oktober 2020 M

Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Febri Antoni S
NPM : 1507230184
Judul T.Akhir : Simulasi Numerik Pengaruh Mekanisme Passive Terhadap Kinerja Turbin Darius Pada Profil Naca 0012.


Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi 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 : *Ubat buku tugas akhir.*
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 07 Rab.Awal 1442H
24 Oktober 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

Chandra A Siregar.S.T.M.T

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

NAMA : Febri Antoni S
NPM : 1507230184
Judul T.Akhir : Simulasi Numerik Pengaruh Mekanisme Passive Terhadap Kinerja Turbin Darius Pada Profil Naca 0012.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T


KEPUTUSAN

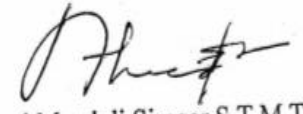
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - ... keterangan Rumus.....
 - ... Grafik.....
 - ... Cihab bayoran skripsi yg telah di periksa.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 07 Rab.Awal 1442H
24 Oktober 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin

Dosen Pembanding- II


Affandi.S.T.M.T


Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T



UMSU

Agar surat ini agar disebutkan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor :1191/IL3-AU/UMSU-07/F/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 19 Oktober 2020 dengan ini Menetapkan :

Nama : FEBRI ANTONI S
NPM : 157230184
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : XI (SEBELAS)
Judul Tugas Akhir : SIMULASI NUMERIK PENGARUH MEKANISME PASSIVE TERHADAP KINERJA TURBIN DARRIEVS PADA PROFIL NACA 0012

Pembimbing – I : KHAIRUL UMURANI, ST, M.T
Pembimbing – II : H. MUHARNIF S.T, M.Sc

Dengan demikian diizinkan untuk menulis Tugas Akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Penulisan 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.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal,
Medan, 04 Rabi'l 1442 H
21 Oktober 2020 M

Dekan



[Signature]
Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T
NIDN : 0101017202

Cc. File

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Simulasi Numerik Pengaruh Mekanisme Passive Terhadap Kinerja Turbin Darrieus Pada Profil Naca 0012

Nama : Febri Antoni S
NPM : 1507230184

Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani, S.T., M.T
Dosen Pembimbing 2 : H. Muharnif, S.T., M.Sc

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Selasa 12/11 2019	- perbaiki pendahuluan	h
2.	Rabu 25/01 2020	- perbaiki tujuan	h
3.	Senin 17/02 2020	- perbaiki Metode Penelitian	h
4.	Rabu 26/02 2020	- perbaiki grafik	h
5.	Senin 21/09 2020	- Perbaiki Kesimpulan dan Saran	h
		- lanjut ke pembimbing 2	h
6.	Jumat 09/10 2020	- Tambahkan rumus	h
7.	Senin 12/10 2020	- perbaiki analisa dan lampiran	h

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Febri Antoni S
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Muliorejo, 18 Februari 1996
Alamat : Jl.Setia GG Bilal 10 Kel/Des Muliorejo
Kecamatan.Sunggal
Kebangsaan : Indonesia
Agama : Islam
E-mail : febriantoni985@gmail.com
No.Hp : 0821- 6763-8132

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2003-2009 : SD MIS-AL Hidayah
2. 2009-2012 : SMP Negeri 2 Sunggal
3. 2012-2015 : SMK Swasta Panca Budi 1 Medan
4. 2015-2020 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik, Perogram Studi Teknik Mesin