



**RANCANGAN MODEL TURBIN ANGIN
BERTINGKAT SUMBU VERTIKAL TIPE
CROSSFLOW MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL
FLUID DYNAMIC* (CFD) UNTUK DIAPLIKASIKAN DI
JAKARTA**

SKRIPSI

MICHAEL FEBRIANUS JOHNY SAPUTRA

1610311003

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

2020



**RANCANGAN MODEL TURBIN ANGIN
BERTINGKAT SUMBU VERTIKAL TIPE
CROSSFLOW MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL
FLUID DYNAMIC* (CFD) UNTUK DIAPLIKASIKAN DI
JAKARTA**

SKRIPSI
**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mengambil Gelar
Sarjana Teknik**

MICHAEL FEBRIANUS JOHNY SAPUTRA

1610311003

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

2020

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Michael Febrianus Johny Saputra

NIM : 1610311003

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : RANCANGAN MODEL TURBIN ANGIN BERTINGKAT
SUMBU VERTIKAL TIPE *CROSSFLOW* MENGGUNAKAN
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD) UNTUK
DIAPLIKASIKAN DI JAKARTA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Ir. M. Galbi Bethalembah, M.T.
Penguji 1

Sigit Pradana, S.T., M.T.
Penguji 2

Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T.
Penguji 3 (Pembimbing)



Ir. M. Rusdy Hatuwe, MT
Ka/Prodi Teknik Mesin

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Proposal skripsi diajukan oleh:

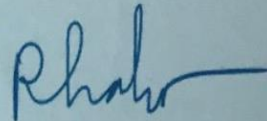
Nama : Michael Febrianus Johny Saputra

NIM : 1610311003

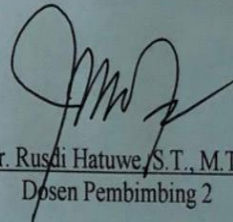
Program Studi : Teknik Mesin

Judul Proposal Skripsi : RANCANGAN MODEL TURBIN ANGIN BERTINGKAT SUMBU VERTIKAL TIPE *CROSSFLOW* MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC* (CFD) UNTUK DIAPLIKASIKAN DI JAKARTA

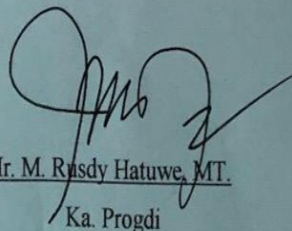
Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis berdasarkan arahan oleh dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing 1



Ir. Rusdi Hatuwe, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing 2



Ir. M. Rusdy Hatuwe, MT.
Ka. Progd

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 22 – Juni – 2020

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Michael Febrianus Johny Saputra

NIM : 1610311003

Tanggal : 12 Juli 2020

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidak sesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 12 Juli 2020

Yang Menyatakan



(Michael Febrianus Johny Saputra)

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta,
Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Michael Febrianus Johny Saputra

NIM : 161031103

Fakultas : Teknik

Jurusan : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-eksklusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

RANCANGAN MODEL TURBIN ANGIN BERTINGKAT SUMBU
VERTIKAL TIPE *CROSSFLOW* MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL
FLUID DYNAMIC (CFD)* UNTUK DIAPLIKASIKAN DI JAKARTA

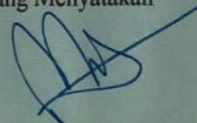
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mengaplikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 12 Juli 2020

Yang Menyatakan



(Michael Febrianus Johny Saputra)

**RANCANGAN MODEL TURBIN ANGIN BERTINGKAT
SUMBU VERTIKAL TIPE *CROSSFLOW* MENGGUNAKAN
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)
UNTUK DIAPLIKASIKAN DI JAKARTA**

Michael Febrianus Johny Saputra

ABSTRAK

Secara umum turbin angin dibagi menjadi 2 jenis yaitu, turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Salah satu jenis turbin angin sumbu vertikal itu adalah turbin angin *crossflow*. Turbin *crossflow* mampu bekerja terhadap arah angin rendah sehingga menghasilkan koefisien torsi yang tinggi. Prinsip kerja turbin *crossflow* lebih banyak digunakan untuk turbin air dan termasuk jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Pada penelitian kali ini turbin angin *crossflow* memiliki geometri yang sama dengan penelitian sebelumnya tetapi berbeda pada jumlah sudu atau bilah yaitu 10 buah dan pada penelitian kali ini dimodifikasi dengan membuatnya bertingkat dan akan disimulasikan dengan kecepatan angin 2-4 m/s menggunakan *software Computational Fluid Dynamic* (CFD) dengan tujuan sejauh mana turbin angin vertikal bertingkat tipe *crossflow* dapat efisien dalam kondisi yang rendah. Hasilnya turbin angin sumbu vertikal bertingkat tipe *crossflow* mendapatkan koefisien daya maksimum pada angka 0.183736458 pada TSR 0.3 dan kecepatan angin 2m/s. Berdasarkan hasilnya dapat disimpulkan bahwa jumlah sudu sangat mempengaruhi perbedaan hasil pada turbin angin *crossflow* ini dengan hasil penelitian sebelumnya.

Kata Kunci : Turbin Angin Sumbu Vertikal, *Crossflow*, Bertingkat, CFD

**DESIGN OF DOUBLE STAGE WIND TURBINE MODEL
VERTICAL AXIS TYPE CROSSFLOW USING
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD) TO BE
APPLIED IN JAKARTA**

Michael Febrianus Johny Saputra

ABSTRACT

In general, wind turbines are divided into 2 types namely, horizontal axis wind turbines and vertical axis wind turbines. One type of vertical axis wind turbine is a crossflow wind turbine. Crossflow turbines are able to work towards low wind direction so as to produce a high torque coefficient. The working principle of crossflow turbines is more widely used for water turbines and includes the type of action turbine (impulse turbine). In this study, crossflow wind turbines have the same geometry as previous studies, but differ in the number of blades or blades, which are 10 pieces, and in this study, modified by making them stratified and will be simulated with wind speeds of 2-4 m / s using Computational Fluid Dynamic software (CFD) with the aim to the extent that cross-level vertical wind turbines can be efficient in low conditions. The result is a vertical axis wind turbine type crossflow type get maximum power coefficient in the number 0.183736458 at TSR 0.3 and wind speed 2m / s. Based on the results it can be concluded that the number of blades greatly influences the difference in results on this crossflow wind turbine with the results of previous studies.

Keywords: Vertical Axis Wind Turbine, Crossflow, Doublestage , CFD

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada TUHAN YESUS KRISTUS, karena atas rahmat-Nya dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“RANCANGAN MODEL TURBIN ANGIN BERTINGKAT SUMBU VERTIKAL TIPE *CROSSFLOW* MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)* UNTUK DIAPLIKASIKAN DI JAKARTA”**. Skripsi ini dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.

Dalam proses pembuatan skripsi ini, penulis menyadari segala kekurangan yang ada mengingat keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan luar biasa ini, penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu, membimbing, mendoakan, memotivasi, dan memberi semangat dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan sangat bersyukur, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan kasih-Nya yang dilimpahkannya kepada saya dalam melakukan penelitian ini sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan moral, material dan juga doa yang selalu di panjatkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
3. Bapak Dr. Ir. Reda Rizal, M.Si, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta
4. Bapak Ir. M. Rusdy Hatuwe, MT. Selaku Kepala Prodi Jurusan Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta dan juga selaku dosen pembimbing II (dua) yang telah bersedia membantu dan meluangkan waktu dalam membimbing untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik
5. Bapak Dr. Damora Rhakasywi, ST., MT., IPP. Selaku dosen pembimbing I (satu) yang telah bersedia membantu dan meluangkan waktu dalam memberikan arahan konsep penelitian serta nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan

penelitian dengan baik.

6. Bapak Fahrudin, ST, MT, selaku dosen yang pertama kali memberikan ide tentang skripsi penulis ini, dan beliau selalu memberikan arahan dan diskusi yang hebat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

7. Seluruh Dosen Fakultas Teknik dan seluruh Staff Fakultas Teknik yang membantu dalam menyelesaikan pembelajaran selama 8 semester.

8. Dimas Dwi Atmaja dan Muhammad Daffa Aly, yang merupakan rekan seperjuangan banget mulai dari proses PKL yang selalu bersama-sama saling membantu hingga akhirnya skripsi yang juga selalu bersama-sama saling membatu juga..

9. Rekan-rekan seperjuangan Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta khususnya tahun angkatan 2016 yang senantiasa memberikan dukungan moral dan material sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, sehingga penulis berharap kritik dan saran dari semua pihak sangat membangun kesempurnaan dari skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga penulisan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri, bagi perusahaan, bagi kampus, dan berbagai civitas akademik lainnya di kemudian hari.

Jakarta, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Angin.....	5
2.1.1. Prinsip Energi Angin.....	5
2.1.2. Pemanfaatan Energi Angin.....	5
2.2. Turbin Angin.....	7
2.2.1. Sistem Konversi Energi.....	8
2.2.2. Mekanika Fluida.....	14
2.3. Kalisifikasi Turbin Angin.....	15
2.3.1. HAWT (<i>Horizontal Axis Wind Turbine</i>)	15
2.3.2. VAWT (<i>Vertical Axis Wind Turbine</i>).....	17
2.4. Turbin Angin <i>Crossflow</i>	19

2.4.1. Jumlah Sudu (<i>Number Of Blade</i>	20
2.4.2. <i>End Plate</i>	21
2.4.3. Jarak Antar Sudu (<i>Number Of Stage</i>)	21
2.4.4. Separator.....	21
2.5. <i>Computational Fluid Dynamic</i>	22
2.5.1. <i>Meshing</i>	23
2.5.1.1. <i>Mesh Independence Test</i>	25
2.5.2. <i>Pre-Processor</i>	26
2.5.3. <i>Solver</i>	27
2.5.4. <i>Post-Processor</i>	27

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian.....	28
3.2. Waktu Penelitian.....	28
3.3. <i>Software</i> Yang Digunakan.....	28
3.3.1. CAD.....	28
3.3.2. CFD.....	29
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	30
3.5. Permodelan Turbin Angin <i>Crosslofow</i>	31
3.6. Simulasi.....	32
3.7. Parameter Yang Digunakan	34
3.8. Pengambilan Data Dan Pembahasan.....	34
3.9. Diagram Alir Simulasi.....	35

BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN

4.1. Potensi Angin Di Indonesia.....	36
4.2. Pembuatan Permodelan.....	37
4.3. Simulasi.....	40
4.4. Pengumpulan Data.....	47

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan..... 53

5.2. Saran..... 53

DAFTAR PUSTAKA..... 54

RIWAYAT HIDUP..... 56

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kincir Angin Untuk Pertanian.....	6
Gambar 2.2. Turbin Angin Modern.....	7
Gambar 2.3. Kondisi Aliran Pada Ekstrasi Energi Mekanik Dari Aliran Udara Bebas.....	9
Gambar 2.4. Kurva/Grafik TSR Dan Cp.....	13
Gambar 2.5. Skema Aliran.....	14
Gambar 2.6. Sumbu Horizontal.....	16
Gambar 2.7. Jenis Turbin Angin Sumbu Vertikal.....	17
Gambar 2.8. Rotor Savonius.....	18
Gambar 2.9. Geometri Turbin <i>Crossflow</i>	20
Gambar 2.10. Profil <i>Mesh</i> Dalam 2D.....	24
Gambar 2.11. Hubungan Antara Tiga Elemen Utama Dalam Analisis CFD.....	24
Gambar 2.12. Nilai Cp Dengan Variasi <i>Mesh</i>	26
Gambar 3.1. Tampilan <i>Software</i> CAD.....	28
Gambar 3.2. Tampilan <i>Software</i> CFD.....	29
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 3.4. Geometri Turbin <i>Crossflow</i>	31
Gambar 3.5. Permodelan 2D Dan 3D Pada <i>Software</i> CFD.....	32
Gambar 3.6. Diagram Alir Simulasi.....	35
Gambar 4.1. Peta Kecepatan Angin Indonesia.....	36
Gambar 4.2. Turbin Angin <i>crossflow</i> Bertingkat.....	37
Gambar 4.3. Penghubung Antara Model Bergerak Dan Tidak Bergerak..	38
Gambar 4.4. Geometri Penghubung.....	38
Gambar 4.5. Bagian Model Tidak Bergerak.....	39
Gambar 4.6. Tampak Samping Bagian Model Tidak Bergerak.....	39
Gambar 4.7. Tampak Atas Bagian Model Tidak Bergerak.....	40
Gambar 4.8. Tampilan Utama Sistem Fluent.....	40
Gambar 4.9. Desain Model 3D Dalam <i>Software</i> CFD.....	41
Gambar 4.10. Pemberian Nama Pada Setiap Permukaan.....	41
Gambar 4.11. Pembentukan <i>Mesh</i> Awal.....	42
Gambar 4.12. Tipe <i>Mesh</i>	43

Gambar 4.13. Grafik 3D <i>Mesh Independence</i>	44
Gambar 4.14. <i>Input Viscous Model</i>	45
Gambar 4.15. <i>Input Cell Zone Condition</i>	46
Gambar 4.16. <i>Input Boundary Condition</i>	46
Gambar 4.17. Proses Iterasi.....	47
Gambar 4.18. Plot Kontur Distribusi Kecepatan Sekitar Turbin.....	48
Gambar 4.19. Pola <i>Streamline</i> Kecepatan Pada Sekitar Turbin.....	49
Gambar 4.20. Plot Distribusi Vektor Kecepatan Pada Sekitar Turbin.....	49
Gambar 4.21. Plot Kontur Distribusi Tekanan Pada Dinding Turbin.....	50
Gambar 4.22. Plot Kontur Distribusi Tekanan Pada Dinding Turbin.....	50
Gambar 4.23. Grafik C_p Terhadap TSR.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Variasi <i>Mesh</i>	25
Tabel 3.1. Variasi <i>Mesh</i>	33
Tabel 3.2. Parameter Simulasi CFD.....	34
Tabel 4.1. Kecepatan Angin Jakarta.....	36
Tabel 4.2. Spesifikasi Variasi <i>Mesh</i> 3D.....	42
Tabel 4.3. <i>Rotational Velocity</i>	45
Tabel 4.4. Nilai Torsi Dari Simulasi.....	47
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan.....	51