

**ANALISIS RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK GENERASI 3  
TENAGA ANGIN LUARAN *EXHAUST* AC  
MENGUNAKAN METODE VDI 2221**



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2023

ANALISIS RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK GENERASI 3  
TENAGA ANGIN LUARAN *EXHAUST* AC  
MENGUNAKAN METODE VDI 2221



Nama : Muhammad Iqbal Adullah  
NIM : 41319120095  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
FEBRUARI 2023

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK GENERASI 3 TENAGA ANGIN LUARAN *EXHAUST* AC MENGGUNAKAN METODE VDI2221

Disusun oleh:

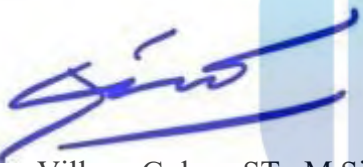
Nama : Muhammad Iqbal Abdullah  
NIM : 41319120095  
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 6 Februari 2023

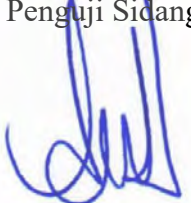
Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA

Penguji Sidang I




(Gian Villany Golwa, ST., M.Si)  
NIP. 1975801149




(Dafit Feriyanto, S.T., M.Eng.,  
Ph.D)NIP. 118900633

Penguji Sidang II

Penguji Sidang III



(Deni Shidqi Khaerudini, Dr.Eng)  
NIP: 216890126




(Haris Wahyudi, ST,M.Sc)  
NIK/NIP: 1975801187


Mengetahui

Kaprodi Teknik Mesin

Koordinator TA



(Muhammad Fitri, S.T., M. Si., Ph.D)  
NIP. 118690617



(Gilang Awan Yudhistira, ST, MT)  
NIP. 221900211

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Iqbal Abdullah

NIM : 41319122095

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Kerja Praktik : Analisis Rancang Bangun Pembangkit Listrik Generasi 3  
Tenaga Angin Luaran *Exhaust* AC Menggunakan Metode VDI  
2221

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 6 Februari 2023



Muhammad Iqbal Abdullah

## PENGHARGAAN

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala limpahan berkat dan karunia-nya yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan dan Menyusun Tugas Akhir tepat waktu. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir dan salah satu syarat untuk menempuh ujian jenjang Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Dalam proses pelaksanaan kegiatan penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan begitu banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara moral dan langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya. Ucapan terima kasih ini dipersembahkan untuk orang-orang yang telah berjasa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Muhamad Fitri, S.T., M.Si., Ph. D. selaku ketua Program Studi TeknikMesin Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Gilang Awan Yudhistira, ST, MT selaku Koordinator Tugas Akhir Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Gian Villany Golwa S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah mengarahkan dan memberikan bimbingan kepada penulis hingga menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
5. Segenap dosen dan seluruh staf akademik yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada peneliti hingga dapat menunjang dalam penyelesaian skripsi ini
6. Kedua Orang Tua yang saya sangat sayangi, cintai, dan hormati yang telah memberi dukungan dalam segala hal hingga selesainya pelaksanaan Tugas Akhir.
7. Tim Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Luaran *Exhaust* AC Versi-3 yang terus berjuang bersama dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

8. Rekan-rekan satu kontrakan yang telah memberikan dukungan moril dan menemani penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Masih banyak lagi pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak tersebut. Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna dalam proses pelaksanaan dan penulisan laporan Tugas Akhir. Hal tersebut tidak lainterjadi karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karenanya, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat baik untuk penulis maupun pembaca.

Jakarta, 6 Februari 2023



Muhammad Iqbal Abdullah



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## ABSTRAK

Penggunaan energi listrik banyak dibutuhkan untuk keperluan komersial, industri dan sebagainya. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat, perlu juga dikembangkan sistem pembangkit energi listrik yang berasal dari energi terbarukan. Energi angin yang dapat dirubah menjadi energi listrik menggunakan konsep konversi dimana energi angin berhembus dan menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik. Untuk mendapatkan nilai energi listrik yang konstan, maka dibutuhkan juga hembusan angin yang stabil. Salah satunya dengan memanfaatkan hembusan angin yang berasal dari luaran *exhaust AC (Air Conditioning)*. Angin yang keluar dari *exhaust AC* dapat digunakan untuk menggerakkan generator. Pada penelitian sebelumnya turbin angin Generasi 1 membuktikan keluaran angin dari *exhaust AC* dengan kecepatan rendah dapat menghasilkan energi listrik. Pada turbin angin Generasi 2 dengan desain alat yang berbeda dapat menghasilkan tegangan yang lebih besar dari alat Generasi 1. Kekurangan dari kedua alat ini adalah dari desain alat yang panjangnya 385 mm. Oleh karena itu, pada penelitian alat pembangkit listrik tenaga angin Generasi 3 ini bertujuan untuk meminimalisir ukuran dari penelitian sebelumnya. Dengan desain yang menggunakan jumlah turbin lebih dari satu dan ukuran komponen yang diperkecil. Perancangan yang dilakukan menggunakan metode VDI 2221 dimana metode ini membuat perancangan alat lebih sistematis dan mempermudah dalam pelaksanaannya. Dari penelitian ini mendapatkan desain pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan 3 buah turbin dan menggunakan konfigurasi generator axial dengan magnet berdiameter 30 mm. Dengan hasil penelitian, ukuran panjang desain yang didapat sebesar 300 mm. Desain yang lebih ramping dibandingkan dengan alat penelitian sebelumnya.

**Kata Kunci:** Energi terbarukan, *Exhaust AC*, Metode VDI 2221

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

**ANALYSIS OF THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE 3RD  
GENERATION WIND POWER PLANT WITH OUTPUT AC EXHAUST USING  
THE VDI 2221 METHOD**

**ABSTRACT**

*The use of electrical energy is widely needed for commercial, industrial and so on. To meet the increasing demand for electrical energy, it is also necessary to develop a system for generating electricity from renewable energy. One alternative is the use of wind energy as a renewable energy. Wind energy that can be converted into electrical energy uses a conversion concept where wind energy blows and drives a generator to produce electrical energy. To get a constant value of electrical energy, a steady gust of wind is also needed. One of them is by utilizing the gusts of wind that come from the outside of the exhaust AC (Air Conditioning). The wind that comes out of the AC exhaust can be used to drive the generator. In previous research, Generation 1 wind turbines proved that wind output from exhaust air conditioners at low speeds can generate electrical energy. The Generation 2 wind turbine with a different design can produce a greater voltage than the Generation 1 wind turbine. The drawback of the two research tools is the design of the tool which is too long, with a length of 385 mm. Therefore, this research on Generation 3 wind power tools aims to minimize the size of the previous research tools. With a design that uses more than one turbine and reduced component sizes. The design was carried out using the VDI 2221 method where this method makes the design of the tool more systematic and makes it easier to implement. From this research, the design of a wind power plant uses 3 turbines and uses an axial generator configuration with a 30 mm diameter magnet. With the results of the study, the length of the design obtained is 300 mm. obtained a shorter design compared to previous research tools.*

**Keywords:** *Renewable energy, AC exhaust, VDI method 2221*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>iv</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	3
1.4. MANFAAT	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2. <i>AIR CONDITIONING</i>	9
2.2.1. Kondensor AC	10
2.2.2. Prinsip Kerja AC	10
2.3. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN	12
2.4. TURBIN ANGIN	12
2.4.1. Bagian-Bagian Penyusun Turbin	13

2.4.2.	Turbin Angin Horizontal	14
2.5.	VDI ( <i>Verein Deutscher Ingenieure</i> )	16
2.6.	METODE VDI 2221	16
2.7.	ALAT PENELITIAN SEBELUMNYA	20
2.7.1.	<i>Inlet Guide Vane</i>	20
2.7.2.	Konsep Desain <i>Inlet Guide Vane</i>	23
2.7.3.	Kipas Turbin	25
2.7.4.	Generator	27
2.7.5.	Alat Sebelumnya	29
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>30</b>
3.1.	DIAGRAM ALIR PENELITIAN	30
3.2.	PEMBAHASAN DIAGRAM ALIR PENELITIAN	31
3.2.1.	Studi Literatur	31
3.2.2.	Pengumpulan Data Alat Uji Generasi 1 dan Generasi 2	31
3.2.3.	Perbandingan Alat Uji Generasi 1 dan Generasi 2	31
3.2.4.	Pengambilan Keputusan Generasi 3	32
3.2.5.	Desain alat <i>Protitype</i> Generasi 3	32
3.2.6.	Perancangan Alat <i>Prototype</i> Generasi 3	32
3.2.7.	Pengujian	33
3.2.8.	Evaluasi dan Kesimpulan	33
3.3.	ALAT DAN BAHAN	33
3.4.	METODE PERANCANGAN VDI 2221	34
3.5.	SKEMA ALAT	34
3.6.	DAFTAR KEHENDAK	35
3.7.	PERANCANGAN KONSEP	41
3.8.	STRUKTUR FUNGSI	41

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>44</b>
4.1. PENDAHULUAN	44
4.2. PRINSIP SOLUSI	44
4.3. PEMILIHAN KOMBINASI	46
4.4. ALTERNATIF PEMILIHAN MATERIAL	48
4.5. HASIL PERHITUNGAN DESAIN	48
4.5.1. Perhitungan Desain <i>Inlet Guide Vane</i>	48
4.5.2. Evaluasi Desain Varian <i>Inlet Guide Vane</i>	52
4.5.3. Generator	53
4.6. NILAI EVALUASI	55
4.7. HASIL PENILAIAN VARIAN	57
4.8. PENJELASAN DESAIN GENERASI 3	58
4.9. PERBANDINGAN DENGAN DESAIN SEBELUMNYA	59
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>61</b>
5.1. KESIMPULAN	61
5.2. SARAN	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Air Conditioning</i>	10
Gambar 2. 2 Kondensor AC	10
Gambar 2. 3 Prinsip Kerja AC	11
Gambar 2. 4 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin	12
Gambar 2. 5 Skematik Gambaran Umum Komponen Turbin Angin	13
Gambar 2. 6 Turbin Angin Horizontal	15
Gambar 2. 7 Diagram Alir VDI 2221	17
Gambar 2. 8 <i>Guide Vane</i>	20
Gambar 2. 9 Koefisien Daya Dan Rasio Kecepatan Aliran	21
Gambar 2. 10 Konsep Desain <i>Guide Vane</i> Alat Sebelumnya	23
Gambar 2. 11 <i>Inlet Guide Vane</i> Alat Generasi 1 dan 2	24
Gambar 2. 12 Hasil Kontur Kecepatan Angin Desain	24
Gambar 2. 13 Desain Turbin Alat Sebelumnya	25
Gambar 2. 14 Generator Alat Generasi 1	27
Gambar 2. 15 Stator Generator Alat Generasi 2	28
Gambar 2. 16. Alat Generasi 1 dan Generasi 2	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 3. 2 Skema kerja Pembangkit Listrik	34
Gambar 3. 3 Desain Gambar	41
Gambar 3. 4 Struktur Fungsi Keseluruhan	42
Gambar 3. 5 Skema Fungsi Kondensor	42
Gambar 3. 6 Skema Fungsi <i>Inlet Guide Vane</i>	42
Gambar 3. 7 Struktur Fungsi Generator	43
Gambar 3. 8 Skema Fungsi Rotor Turbin	43
Gambar 4. 1 Desain <i>Inlet Guide Vane</i> Generasi 3	48
Gambar 4. 2 Nilai Rugi-rugi Desain <i>Inlet Guide Vane</i> 1, 2 dan 3	50
Gambar 4. 3 Nilai Keluaran Kecepatan Angin Desain 1, 2, dan 3	52
Gambar 4. 4 Tegangan Generator 1, 2, dan 3 Terhadap Angin Keluaran <i>IGV</i>	54
Gambar 4. 5 Evaluasi Nilai Terhadap Kombinasi Varian	57
Gambar 4. 6 Variasi Prinsip Solusi Terpilih	58
Gambar 4. 7 Desain alat Generasi 1, 2, dan 3	59



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2. 2 Hasil Kecepatan Angin Alat Sebelumnya	24
Tabel 2. 3 Perbandingan Alat Generasi 1 dan 2	29
Tabel 3. 1 Daftar Periksa	35
Tabel 3. 2 Tabel Daftar Kehendak	37
Tabel 3. 3 Abstraksi I	38
Tabel 3. 4 Abstraksi II	39
Tabel 3. 5 Abstraksi III	40
Tabel 3. 6 Keterangan Konsep Desain	41
Tabel 4. 1 Prinsip Solusi Varian Sub-Fungsi	45
Tabel 4. 2 Variasi Struktur Fungsi	47
Tabel 4. 3 Penilaian Rugi-rugi Desain <i>Inlet Guide Vane</i>	50
Tabel 4. 4 Keluaran Kecepatan Angin	51
Tabel 4. 5 Evaluasi Desain <i>Inlet Guide Vane</i>	52
Tabel 4. 6 Perbandingan Tegangan Terhadap Angin keluaran <i>IGV</i>	54
Tabel 4. 7 Penilaian	55
Tabel 4. 8 Nila Evaluasi Varian V1, V2, dan V3	56
Tabel 4. 9 Nila Evaluasi Varian V4, V5, dan V6	56
Tabel 4. 10 Nila Evaluasi Varian V7 dan V8	56
Tabel 4. 11 Rekap Penialian Varian	57
Tabel 4. 12 Hasil Perbandingan Alat Generasi 1, 2, dan 3	59

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$B_{max}$	Densitas fluks maksimum (T)
$B_r$	Densitas flux magnet (T)
$i_m$	Tebal magnet (mm)
$\Delta$	Lebar celah udara atau jarak antara rotor dan stator
$A_{magn}$	Luas area magnet (mm <sup>2</sup> )
$A$	Luas penampang (m <sup>2</sup> )
$r_0$	Radius luar magnet (mm)
$r_i$	Radius dalam magnet (mm)
$N_m$	Jumlah magnet
$T_f$	Jarak antar magnet (mm)
$\Phi_{max}$	Fluks maksimum (Wb)
$F$	Frekuensi (Hz)
$N$	Jumlah revolusi permenit (rpm)
$P$	Jumlah kutub magnet
$E_{rms}$	Tegangan induksi (V)
$N$	Jumlah lilitan perkumparan
$N_s$	Jumlah kumparan
$N_{ph}$	Jumlah fasa

## DAFTAR SINGKATAN

<b>Singkatan</b>	<b>Keterangan</b>
AC	<i>Air Conditioning</i>
VDI	<i>Verein Deutscher Ingenieure</i>
AFPMG	<i>Axial Flux Permanent Magnet Generator</i>
HAWT	<i>Horizontal Axis Wind Turbine</i>
VAWT	<i>Vertical Axis Wind Turbine</i>
GGL	<i>Gaya Gerak Listrik</i>
AC	<i>Alternating Current</i>
DC	<i>Direct Current</i>
PMG	<i>Permanent Magnet Generator</i>
VSD	<i>Variable Speed Driver</i>

