



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Desain dan Analisis Performansi Turbin Angin pada Pemanfaatan Exhaust Fan Pabrik

SKRIPSI

Oleh:
Muhammad Firstyan Ramadhani
NIM. 1802421030

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

AGUSTUS, 2024



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Desain dan Analisis Performansi Turbin Angin pada Pemanfaatan Exhaust Fan Pabrik

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:
Muhammad Firstyan Ramadhani
NIM. 1802421030

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
AGUSTUS, 2024

HALAMAN PERSEMBAHAN

”Skripsi ini saya persembahkan kepada Ibu, bapak, dan kaka saya yang telah mendukung serta mendoakan saya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan ”

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN SKRIPSI

Desain Dan Analisis Performansi Turbin Angin Pada Pemanfaatan Exhaust Fan Pabrik

Oleh:
Muhammad Firstyan Ramadhani
Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr.. Tatun Hayatun Nufus.. M.Si.
NIP. 196604161995122001

Pembimbing 2

Cecep Slamet Abadi. S.T., M.T.
NIP. 197204022000031002

Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.
NIP. 197204022000031002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

Desain Dan Analisis Performansi Turbin Angin Pada
Pemanfaatan Exhaust Fan Pabrik

Oleh:
Muhammad Firstyan Ramadhani
NIM. 1802421030
Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 27 Agustus 2024 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Tatun Hayatun Nufus., M.Si NIP. 196604161995122001	Ketua Sidang		29/8 '24
2.	Ir. Budi Santoso, M.T. NIP. 195911161990111001	Penguji 1		28/8 '24
3.	Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T., M.T. NIP. 197111142006041001	Penguji 2		29/8 '24



Depok, 30 Agustus 2024

Disahkan oleh:
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng. Ir., Muslimin, S.T., M.T., IWE
NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Firstyan Ramadhani

NIM : 1802421030

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Jakarta, 27 Agustus 2024

Muhammad Firstyan Ramadhani

NIM. 1802421030

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DESAIN DAN ANALISIS PERFORMANSI TURBIN ANGIN PADA PEMANFAATAN EXHAUST FAN PABRIK

Muhammad Firstyan Ramadhani¹⁾, Tatun Hayatun Nufus²⁾, dan Cecep Slamet Abadi¹⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²⁾Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: muhammad.firstyanramadhani.tm18@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengoptimalkan desain turbin angin skala kecil yang memanfaatkan energi angin buang dari exhaust fan dengan menggunakan profil airfoil NACA 4412. Metode penelitian mencakup kombinasi deskriptif dan eksperimental, meliputi analisis aerodinamis melalui perangkat lunak QBlade, serta fabrikasi bilah turbin menggunakan teknologi 3D printing dengan material ABS. Pengujian dilakukan dengan variasi sudut pitch dan jarak dari exhaust fan, yang mempengaruhi RPM dan efisiensi daya. Hasil menunjukkan bahwa desain turbin dengan sudut pitch -3° dan jarak 200 cm dari exhaust fan mencapai efisiensi tertinggi sebesar 58,70%. Fabrikasi turbin menghasilkan presisi dan kekuatan material yang memadai, dengan tegangan maksimum yang masih berada di bawah kekuatan tarik ABS. Penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi desain aerodinamis dan penggunaan teknologi fabrikasi yang tepat dapat meningkatkan performa turbin angin, terutama dalam kondisi kecepatan angin rendah hingga sedang, serta memiliki potensi besar untuk aplikasi industri dalam pemanfaatan energi angin buang.

Kata-kata kunci: turbin angin, NACA 4412, 3D printing, efisiensi, QBlade.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF WIND TURBINE FOR INDUSTRIAL EXHAUST FAN UTILIZATION

Muhammad Firstyan Ramadhani¹⁾, Tatun Hayatun Nufus²⁾, dan Cecep Slamet Abadi¹⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²⁾Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: muhammad.firstyanramadhani.tm18@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

This research aims to develop and optimise the design of a small-scale wind turbine that harnesses exhaust wind energy from an exhaust fan using a NACA 4412 airfoil profile. The research method includes a combination of descriptive and experimental, including aerodynamic analysis through QBlade software, as well as fabrication of turbine blades using 3D printing technology with ABS material. Tests were conducted with variations in pitch angle and distance from the exhaust fan, which affect RPM and power efficiency. The results showed that the turbine design with a pitch angle of -3° and a distance of 200 cm from the exhaust fan achieved the highest efficiency of 58.70%. Turbine fabrication resulted in adequate material precision and strength, with maximum stress still below the tensile strength of ABS. This study demonstrates that aerodynamic design optimisation and the use of appropriate fabrication technology can improve wind turbine performance, especially in low to moderate wind speed conditions, and has great potential for industrial applications in exhaust wind energy utilisation.

Keywords: wind turbine, NACA 4412, 3D printing, efficiency, QBlade.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Desain dan Analisis Performansi Turbin Angin pada Pemanfaatan Exhaust Fan Pabrik**”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta dan dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Ibu Dr., Tatun Hayatun Nufus., M.Si. dan selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan skripsi ini.
4. Bapak Budi Santoso selaku Mentor Lapangan
5. Kedua orang tua, saudara-saudara kandung dan keluarga besar yang telah memberikan doa dan nasihat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Semua sahabat yang berkesan selama masa perkuliahan ini memberikan semangat serta motivasi satu sama lain
7. kakak tingkat yang telah memberikan banyak informasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
8. Rekan-rekan Program Studi Teknik Rekayasa Konversi Energi yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian skripsi
9. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak terutama pada bidang pembangkit tenaga listrik.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	1
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Landasan Teori.....	4
2.1.1 Energi Angin.....	4
2.1.2 Exhaust Fan.....	4
2.1.3 Turbin Angin.....	5
2.1.4 Betz Limit	6
2.1.4.1 Daya Mekanis	7
2.1.4.2 Koefisien Daya (C_p).....	7
2.1.5 Bilah Turbin Angin	7
2.1.5.1 Tipe Bilah Turbin Angin.....	8
2.1.5.2 Banyak Bilah.....	9
2.1.5.3 Parameter Dalam Perancangan Bilah Turbin Angin	9
2.1.6 Airfoil.....	13
2.1.6.1 NACA Airfoil	15
2.1.7 Perhitungan Perancangan Bilah	16
2.1.7.1 Menentukan Jari-Jari Bilah dan Luas Sapuan Bilah	16



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.7.2 Menentukan Tip Speed Ratio dan Airfoil	16
2.1.7.3 Membagi Elemen Bilah	17
2.1.7.4 Menghitung Jari-Jari Parsial	17
2.1.7.5 Menghitung TSR Parsial	18
2.1.7.6 Menghitung Flow Angle	18
2.1.7.8 Menghitung Twist Angle	18
2.1.7.9 Menghitung Lebar Chord.....	19
2.1.8 3D Printing	19
2.2 Kajian Literatur	20
2.2.1 Pemanfaatan Energi Buangan dari Exhaust Fan	20
2.2.2 Optimalisasi Desain dan Penempatan Turbin Angin	20
2.2.3 Pengaruh Variasi Sudut Pitch dan Desain Bilah.....	21
2.2.4 Optimalisasi Bentuk dan Kinerja Bilah Turbin.....	21
2.2.5 Simulasi dan Pengujian Kinerja Turbin Angin	21
2.3 Kerangka Pemikiran	21
BAB III METODELOGI PENELITIAN	23
3.1 Jenis Penelitian.....	23
3.2 Objek Penelitian.....	24
3.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian	24
3.4 Metode Pengumpulan Data Lapangan Dan Perhitungan Daya Angin Teoritis	24
3.5 Metode Desain Geometri Bilah, Perhitungan Gaya Aerodinamis Dan Gaya Mekanis.....	25
3.5.1. Pemilihan Airfoil.....	25
3.5.2. Penentuan Jari-Jari Bilah Dan Luas Sapuan Turbin Angin.....	25
3.5.3. Penentuan Jumlah Elemen Bilah.....	26
3.5.4. Perhitungan Tip Speed Ratio (TSR)	26
3.5.5. Penentuan Jumlah Bilah.....	26
3.5.6. Perhitungan Jari-Jari Parsial.....	26
3.5.7. Perhitungan Tip Speed Ratio (TSR) Parsial.....	26
3.5.8. Perhitungan Flow Angle (θ_n)	27
3.5.9. Perhitungan Twist Angle (β_n).....	27
3.5.10. Perhitungan Lebar Chord (C_{rn}).....	27
3.5.11. Perhitungan Gaya Aerodinamis	27
3.5.12. Perhitungan Gaya Mekanis Dan Tegangan Maksimum.....	28
3.6 Metode Fabrikasi Dan Pengujian Performansi Turbin Angin.....	30



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.7 Metode Analisa Performa Turbin Angin	30
3.7.1 Perhitungan Daya Mekanis Turbin	31
3.7.2 Perhitungan Koefisien Daya	31
3.7.3 Perhitungan Efisiensi Turbin	31
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Penelitian	33
4.1.1 Spesifikasi Dan Desain Turbin Angin	33
4.1.2 Perhitungan Gaya Mekanis Dan Proses Fabrikasi	37
4.1.3 Pengujian Performa Turbin Angin.....	39
4.1.4 Perhitungan Daya Mekanis	40
4.1.5 Perhitungan Efisiensi Turbin	41
4.2 Pembahasan.....	41
4.2.1 Analisis Desain Aerodinamika.....	41
4.2.2 Evaluasi Hasil Fabrikasi	42
4.2.3 Analisis Performa Turbin Angin.....	42
4.2.4 Evaluasi Efisiensi Turbin.....	43
BAB V KESIMPULAN.....	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Spesifikasi Airfoil Dan Turbin Angin.....	33
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Parameter Turbin Angin.....	34
Tabel 4. 3 Informasi Parameter Filamen ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	38
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Pada Sudut Pitch 0.....	40
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Pada Sudut Pitch -3	40
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Daya Mekanis.....	41
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Efisiensi.....	41





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembagian Jenis Turbin Angin	5
Gambar 2. 2 Turbin Angin Sumbu Horizontal	6
Gambar 2. 3 Tipe Bilah Turbin Angin	8
Gambar 2. 4 Geometri Bilah	13
Gambar 2. 5 Hubungan Coefficient Lift Dengan Angle Of Attack	14
Gambar 2. 6 Bagian-bagian pada airfoil	15
Gambar 2. 7 Grafik hubungan tip speed ratio dengan koefisien daya turbin angin	17
Gambar 2. 8 3D Printing	20
Gambar 4. 1 Bentuk Airfoil NACA 4412	36
Gambar 4. 2 Desain Bilah Turbin Angin	36
Gambar 4. 3 Hasil Fabrikasi Bilah Turbin Angin	39
Gambar 4. 3 Hasil Fabrikasi Bilah Turbin Angin	39

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan energi primer yang memegang peranan penting dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan data Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero) 2019 s.d 2028, pertumbuhan kebutuhan energi listrik di Indonesia selama lima tahun (2014-2018) tumbuh rata-rata 4,62 % per tahun[1]. Berdasarkan data dari Buku Statistik PLN tahun 2023, Kelompok pelanggan industri mengkonsumsi 88.587,68 GWh (30,71%), rumah tangga 122.339,69 GWh (42,41%), bisnis 57.112,00 GWh (19,80%), dan lainnya (sosial, gedung pemerintah dan penerangan jalan umum) 20.396,41 GWh (7,07%) dari total konsumsi energi nasional[2]. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa sektor industri merupakan sektor terbesar kedua setelah rumah tangga dalam besaran konsumsi energi listrik nasional.

Dalam upaya efisiensi energi pada sektor industri, melalui PP No. 70/2009 tentang konservasi energi yang memuat ketentuan mengenai penggunaan sumber energi yang tepat melalui identifikasi peluang penghematan energi dan pemanfaatan energi yang efisien dan rasional (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019). Kemudian terdapat Peraturan Menteri (Permen) ESDM No. 14 tahun 2012 mengenai penerapan sistem manajemen energi sebagai upaya pelaksanaan efisiensi energi pada sektor industri dan bangunan komersial[3]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menghilangkan buangan energi atau memanfaatkan energi buangan (*waste energy*). Energi buangan yang dapat dimanfaatkan salah satunya adalah energi angin buangan dari *exhaust fan*.

Pada PT.XXX terdapat *exhaust fan* yang terpasang pada ruangan painting, digunakan untuk mengatur sirkulasi udara secara optimal. Udara kotor yang telah dihisap oleh *exhaust fan* dibuang langsung ke atmosfer untuk menjaga sirkulasi udara di dalam ruangan tetap bersih. Pada penelitian ini penulis melihat ada pemanfaatan yang bisa dilakukan dengan memanfaatkan udara buang dari *exhaust fan* untuk pembangkit listrik yang dapat diimplementasikan secara optimal dengan menempatkan turbin angin berhadapan dengan udara buang dari *exhaust fan*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dimana kecepatan angin yang dihasilkan stabil pada 10 m/s, dan memiliki arah angin yang tetap jika dibandingkan dengan angin alami. Energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk penerangan jalan di sekitar pabrik.

Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis merasa tertarik untuk melakukan desain dan analisis performansi turbin angin dalam memanfaatkan potensi udara buang dari exhaust fan PT.XXX. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan wawasan baru dalam upaya mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan yang terabaikan sebelumnya, dan dapat menjadi sumbangan berharga bagi industri, komunitas, serta lingkungan hidup secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Terdapat potensi besar pada pemanfaatan energi buangan (*waste energy*) dari *exhaust fan*. Sistem pembuangan udara ini sesuai untuk digunakan sebagai pembangkit listrik dengan menggunakan turbin angin, karena kecepatan angin yang dihasilkan lebih tinggi dan konsisten jika dibandingkan dengan angin alami, tetapi di Indonesia pengembangan dan pemanfaatannya belum optimal, sehingga perlu perancangan turbin angin yang tepat untuk dapat memanfaatkan energi pada *exhaust fan*.

1.3 Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana merancang desain turbin angin yang tepat untuk memanfaatkan energi angin pada exhaust fan?
2. Bagaimana menghasilkan turbin angin yang tepat untuk memanfaatkan energi angin pada exhaust fan?
3. Bagaimana menguji performa turbin angin yang telah dibuat?
4. Apakah turbin angin yang dibuat dapat memanfaatkan energi buang pada exhaust fan?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Merancang desain turbin angin yang tepat untuk memanfaatkan energi angin pada *exhaust fan* menggunakan data primer dan data sekunder yang kemudian dikaji menggunakan aplikasi QBLADE.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Menghasilkan turbin angin dengan menggunakan teknologi 3D printing untuk memanfaatkan energi angin pada exhaust fan.
3. Melakukan pengujian daya mekanis turbin angin yang telah dibuat dengan mengukur kecepatan angin turbin di depan dan kecepatan angin yang melewati turbin pada setiap variasi sudut pitch dan jarak antara turbin dengan exhaust fan.
4. Menganalisis efisiensi dari turbin angin untuk menilai kelayakan turbin angin sebagai pemanfaatan energi angin buang.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Pelaksana Skripsi

Mengetahui dan memperdalam ilmu dalam perancangan sistem pembangkit listrik tenaga bayu yang optimal dan aman bagi sistem kelistrikan serta menguntungkan dalam aspek ekonomi.

2. Bagi Industri

Sebagai bahan rekomendasi dan pengetahuan akan potensi dan keuntungan dari pemasangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu pada Exhaust fan.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Untuk memudahkan dalam memahami skripsi ini, berikut sistematika penulisannya.

A. BAB I PENDAHULUAN.

Berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

B. BAB II TINJAUAN PUSTAKA.

Berisi tentang landasan teori, kajian literatur, dan kerangka pemikiran

C. BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang jenis penelitian, objek penelitian, metode pengambilan sampel, jenis dan sumber data penelitian, metode pengumpulan data penelitian, dan metode analisis data

D. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil penelitian dan pembahasan

E. BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, berikut adalah kesimpulan yang merupakan jawaban atas pertanyaan penelitian yang diajukan dalam Bab I:

- A. Desain Turbin Angin: Desain turbin angin yang menggunakan profil airfoil NACA 4412 berhasil memanfaatkan energi angin dari exhaust fan dengan efisien. Pemodelan yang dilakukan dengan perangkat lunak QBlade dan perhitungan aerodinamis. Telah menghasilkan bilah turbin yang optimal untuk kondisi angin buang dengan kecepatan stabil
- B. Hasil Fabrikasi: Penggunaan teknologi 3D printing dengan material ABS berhasil menghasilkan bilah turbin yang memenuhi persyaratan mekanis dan aerodinamis. Tegangan maksimum yang terjadi pada bilah jauh di bawah batas kekuatan tarik material ABS, membuktikan bahwa desain turbin ini aman dan sesuai untuk digunakan.
- C. Uji Performa: Pengujian menunjukkan bahwa sudut pitch dan jarak dari exhaust fan mempengaruhi performa turbin, dengan efisiensi tertinggi sebesar 58,70% dicapai pada sudut pitch -3° dan jarak 200 cm dari blower. Ini menunjukkan bahwa turbin yang dirancang dapat secara efektif memanfaatkan energi angin buang.
- D. Efisiensi dan Pemanfaatan Energi: Turbin angin yang dirancang telah terbukti efisien dalam mengonversi energi angin, sesuai dengan tujuan penelitian untuk menganalisis kelayakan turbin angin sebagai pemanfaatan energi buang pada exhaust fan.



5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran berikut dapat diberikan:

- A. Peningkatan Material dan Kekuatan Struktural: Untuk meningkatkan performa dan keandalan turbin angin, disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan material dengan kekuatan yang lebih tinggi dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang lebih ekstrem. Penggunaan material alternatif yang lebih ringan namun lebih kuat juga dapat meningkatkan efisiensi keseluruhan dan umur pakai turbin..
- B. Optimasi Desain Turbin: Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengoptimalkan parameter desain turbin, seperti sudut pitch, jumlah bilah, dan jarak antara turbin dengan exhaust fan. Pengujian terhadap berbagai variasi desain ini dapat membantu menemukan konfigurasi yang paling efisien dalam berbagai kondisi operasi, sehingga meningkatkan potensi konversi energi.
- C. Pengujian dalam Kondisi Nyata: Disarankan untuk melakukan uji coba turbin angin dalam skala yang lebih besar dan dalam kondisi operasional yang sesungguhnya di lingkungan industri. Hal ini penting untuk memastikan bahwa turbin dapat beroperasi secara efisien dan andal dalam kondisi variabel yang lebih kompleks dibandingkan dengan uji laboratorium.
- D. Pengembangan Kebijakan dan Implementasi di Industri: Pemerintah dan industri perlu mempertimbangkan untuk mengembangkan kebijakan yang mendukung implementasi teknologi turbin angin untuk memanfaatkan energi buang di sektor industri. Kebijakan ini bisa mencakup insentif bagi perusahaan yang mengadopsi teknologi ramah lingkungan, yang pada akhirnya dapat membantu mengurangi ketergantungan pada energi konvensional dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengembangan teknologi turbin angin yang lebih efisien dan berkelanjutan, serta berkontribusi pada pemanfaatan energi terbarukan di sektor industri.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero), “Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) 2019-2028,” Jakarta, 2019.
- [2] P. PLN, *Statistik 2 pln 3*, no. 03001.
- [3] Dewan Energi Nasional, *Bauran Energi Nasional 2020*. Jakarta, 2020.
- [4] T. M. Letcher, *Wind Energy Engineering: A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines*. 2023. doi: 10.1016/C2021-0-00258-3.
- [5] H. M. Hiremath, M. Abhishek, D. J. Anitha, E. M. Soujanya, and R. M. Patil, “Generation of electricity from exhausted air,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 5, 2018, [Online]. Available: www.irjet.net
- [6] J. F. Manwell, J. G. McGowan, and A. L. Rogers, *Book Review: Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*, vol. 30, no. 2. 2006. doi: 10.1260/030952406778055054.
- [7] T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, and E. Bossanyi, *WIND ENERGY HANDBOOK*, no. 112.
- [8] H. ABBOTT, A. E. VON DOENHOFF, and J. LOUIS S. STIVERS, “The National Advisory Committee for Aeronautics,” *Science (80-.)*, vol. 74, no. 1923, p. 451, 1931, doi: 10.1126/science.74.1923.451.
- [9] S. J. Strong, “Faculty of Engineering and Surveying Design of a Small Wind Turbine A dissertation submitted by Courses ENG4111 and 4112 Research Project towards the degree of Bachelor of Engineering (Mechanical),” pp. 1–164, 2008.
- [10] E. Hau, *Wind turbines - Fundamentals, technologies, applications and economics*. 2013.
- [11] H. Piggott, “Windpower workshop: building your own wind turbine,” *Wind. Work. Build. your own Wind turbine*, 1997.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [12] M. K. M. M. Hasanin, "The Effect of Blade Geometry and Configuration on Horizontal Axis Wind Turbine Performance A thesis Submitted in Partial Fulfillment for the Requirements of the Degree of Master in Mechanical Power Engineering by Mohamed Khaled Mohamed Mohamed Hasanin Sup," no. April, pp. 2–3, 2019.
- [13] W. A. Timmer and R. P. J. O. M. Van Rooij, "Summary of the Delft University wind turbine dedicated airfoils," *ASME 2003 Wind Energy Symp. Wind.*, pp. 11–21, 2003, doi: 10.1115/wind2003-352.
- [14] I. N. G. Muhamad Jamil, "Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha Maret 2023 PROSES PEMBUATAN BILAH TIPE TEPERLES DENGAN AIROFOIL NACA 4418 PADA HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE (HAWT) DI PT. LENTERA BUMI NUSANTARA The process of making teperless type blades with NACA 4418 pada horizo," vol. 11, no. 1, pp. 74–82, 2023, [Online]. Available: <http://10.0.93.79/jptm.v11i1.56779>
- [15] I Made Agus Artha Putra, C. Gede Indra Partha, and I. Wayan Sukerayasa, "RANCANG BANGUN SISTEM PEMANEN ENERGI ANGIN EXHAUST FAN DENGAN TURBIN ANGIN ARCHIMEDES SUMBU HORIZONTAL," *SPEKTRUM*, vol. Vol. 8, No.2, 2021.
- [16] S. Yende *et al.*, "PRODUCING ELECTRICAL ENERGY BY USING WASTAGE WIND ENERGY FROM EXHAUST FANS OF INDUSTRIES," vol. 7, p. 2021, [Online]. Available: www.ijariie.com
- [17] M. Wr Febriyani, I. W. Sukerayasa, and C. G. Indra Partha, "RANCANG BANGUN SISTEM PEMANEN ENERGI ANGIN EXHAUST FAN DENGAN PENGARUH JARAK TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL BILAH EXHAUST FAN," *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 2, p. 194, 2021, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i02.p22.
- [18] R. Aji Saputra, C. G. Indra Partha, and I. W. Sukerayasa, "RANCANG BANGUN SISTEM PEMANEN ENERGI ANGIN EXHAUST FAN TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL DENGAN PENGARAH



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANGIN (WIND TUNNEL),” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 2, p. 229, 2021, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i02.p26.

- [19] R. Febriyanto *et al.*, “Study experimental of blade NACA 4412 with pitch angle on horizontal wind turbine,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Feb. 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1153/1/012137.
- [20] A. Tyas Amalia, R. Entikaria Rachmanita, and B. Rudiyanto, “Analisa Aerodinamika Airfoil NACA 4412 Bentuk SemiInverse-Tapper Tipe HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine),” *J. Sais Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 13–18, 2022.
- [21] S. A. Kale and R. N. Varma, “Aerodynamic Design of a Horizontal Axis Micro Wind Turbine Blade Using NACA 4412 Profile mark prediction model View project Edited Book: Smart Renewable Energy and Power Grid Systems View project Aerodynamic Design of a Horizontal Axis Micro Wind Turbine Blade Using NACA 4412 Profile,” *Int. J. Renew. ENERGY Res. Sandip. A. Kale al*, vol. 4, no. 1, 2014, doi: 10.20508/ijrer.06222.
- [22] M. N. Haque, M. Ali, and I. Ara, “Experimental investigation on the performance of NACA 4412 aerofoil with curved leading edge planform,” in *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2015, pp. 232–240. doi: 10.1016/j.proeng.2015.05.099.
- [23] Istofa Rifqy Widya Fauzi, “Unjuk Kerja Turbin Angin Dengan Profil Sudu NACA 4412 Dengan Metode Simulasi,” *Semin. Nas. Sains Teknol. dan Inov. Indones. (SENASTINDO AAU)*, vol. 1, no. 1, pp. 19–26, 2019.