

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



**ANALISIS KINERJA TURBIN AIR SAVONIUS DENGAN
VARIASI JUMLAH BILAH MENGGUNAKAN SIMULASI
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) PADA ALIRAN
SUNGAI BANGER, KOTA PEKALONGAN**

SKRIPSI

Oleh:

Nashwa Bayu Tsabitha

NIM. 2202414005

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN MANUFAKTUR

JURURSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

JULI, 2026



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. Dilarang melakukan penyalinan, penjiplakan, atau penyalinan dengan cara lain.



**ANALISIS KINERJA TURBIN AIR SAVONIUS DENGAN
VARIASI JUMLAH BILAH MENGGUNAKAN SIMULASI
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) PADA ALIRAN
SUNGAI BANGER, KOTA PEKALONGAN**

**DRAFT
LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)**

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

**NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

**Nashwa Bayu Tsabitha
NIM 2202414005**

**PROGRAM STUDI D4 TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR PSDKU
KAMPUS KOTA PEKALONGAN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



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. Dilarang melakukan penyalinan, penjiplakan, atau penyalinan dengan cara lain untuk tujuan komersial.

MOTO

“Hidup yang tidak dipertaruhkan tidak akan pernah dimenangkan”

- Sutan Sjahrir





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.

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA TURBIN AIR SAVONIUS DENGAN VARIASI JUMLAH BILAH
MENGUNAKAN SIMULASI COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) PADA
ALIRAN SUNGAI BANGER, KOTA PEKALONGAN**

Oleh

Nashwa Bayu Tsabitha

2202414005

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur PSDKU Kota Pekalongan

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Fathan Mubina Dewadi, M.T, IPP.

NIP. 199204272024211001

Muhammad Emir Purdiatama, S.Pd., M.T.

NIP.199707252025061007.

Kepala Program Studi Sarjana Terapan

Teknologi Rekayasa Manufaktur

PSDKU Kota Pekalongan

Muhammad Emir Purdiatama, S.Pd., M.T.

NIP.199707252025061007



HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI
SKRIPSI

ANALISIS KINERJA TURBIN AIR SAVONIUS DENGAN VARIASI JUMLAH BILAH
MENGUNAKAN SIMULASI COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) PADA
ALIRAN SUNGAI BANGER, KOTA PEKALONGAN

Oleh
Nashwa Bayu Tsabitha
2202414005

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur PSDKU Kota Pekalongan

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan (atau tugas akhir) di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 08 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh
gelar Sarjana Terapan (Diploma IV) Pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa
Manufaktur PSDKU Kota Pekalongan Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Adinda Sekar Ludwika, S.T., M.Sc.	Penguji 1		14 Juli 2026
2.	Ibnu Abdul Rosid, S.T, M.Sc.	Penguji 2		15 Juli 2026

Pekalongan, 15 Juli 2026

Disahkan Oleh
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si

NIP. 197602252000121002



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.

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nashwa Bayu Tsabitha

NIM : 2202414005

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa PSDKU Kota Pekalongan

Menyatakan bahwa yang dituliskan didalam Laporan Skripsi ini Adalah hasil karya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) Karya orang lain baik Sebagian maupun seluruhnya. Pendapat, Gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat didalam Laporan Skripsi telah saya rujuk dan saya kutip dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Pekalongan 18 Juni 2026



Nashwa Bayu Tsabitha

NIM. 2202414005

**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.

ANALISIS KINERJA TURBIN AIR SAVONIUS DENGAN VARIASI JUMLAH BILAH MENGUNAKAN SIMULASI COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) PADA ALIRAN SUNGAI BANGER, KOTA PEKALONGAN

Nashwa Bayu Tsabitha

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

E-mail : nashwa.bayu.tsabitha.tn22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan sebagai alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu potensi energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan adalah energi kinetik aliran sungai melalui teknologi turbin hidrokinetik. Sungai Banger di Kota Pekalongan memiliki potensi aliran air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik skala kecil. Turbin Savonius dipilih dalam penelitian ini karena memiliki konstruksi sederhana, kemampuan *self-starting* yang baik, serta mampu beroperasi pada kecepatan aliran rendah yang sesuai dengan karakteristik aliran sungai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah sudu terhadap performa turbin hidrokinetik Savonius menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Variasi jumlah sudu yang dianalisis terdiri dari 2 sudu, 4 sudu, dan 6 sudu. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS *Fluent* dengan model turbulensi $k-\omega$ SST untuk mengevaluasi karakteristik aliran fluida, distribusi tekanan, pola kecepatan, pembentukan *wake flow*, *interaksi vortex*, serta pengaruhnya terhadap torsi, dan *Tip Speed Ratio (TSR)* turbin. Hasil penelitian diharapkan dapat menunjukkan hubungan antara jumlah sudu dengan performa turbin Savonius pada kondisi aliran Sungai Banger. Penambahan jumlah sudu diperkirakan mampu meningkatkan kontinuitas torsi yang dihasilkan, namun juga berpotensi meningkatkan *blockage effect*, *wake region*, dan *negative torque* pada *returning blade*. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat menentukan konfigurasi jumlah sudu yang paling optimal untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi kinetik aliran sungai sebagai sumber energi terbarukan.

Kata kunci: Turbin Savonius, Hidrokinetik, Computational Fluid Dynamics (CFD), Jumlah Sudu, Koefisien Daya, Sungai Banger.



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.

ANALISIS KINERJA TURBIN AIR SAVONIUS DENGAN VARIASI JUMLAH BILAH MENGUNAKAN SIMULASI COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) PADA ALIRAN SUNGAI BANGER, KOTA PEKALONGAN

Nashwa Bayu Tsabitha

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

E-mail : nashwa.bayu.tsabitha.tn22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRACT

The increasing demand for electrical energy has encouraged the development and utilization of renewable energy sources as sustainable and environmentally friendly alternatives. One of the renewable energy resources with significant potential is the kinetic energy of river flows, which can be harnessed using hydrokinetic turbine technology. The Banger River in Pekalongan City possesses a water flow potential that can be utilized as a small-scale electricity generation source. The Savonius turbine was selected in this study due to its simple construction, excellent self-starting capability, and ability to operate efficiently under low-flow velocity conditions, which are characteristic of river environments. This study aims to investigate the effect of blade number variation on the performance of a hydrokinetic Savonius turbine using the Computational Fluid Dynamics (CFD) approach. The blade configurations analyzed consist of 2, 4, and 6 blades. Numerical simulations were conducted using ANSYS Fluent with the $k-\omega$ SST turbulence model to evaluate fluid flow characteristics, pressure distribution, velocity contours, wake flow formation, vortex interaction, and their effects on turbine torque, Tip Speed Ratio (TSR), and power coefficient (C_p). The results are expected to provide a comprehensive understanding of the relationship between blade number and the performance of the Savonius turbine under the flow conditions of the Banger River. Increasing the number of blades is anticipated to improve torque continuity; however, it may also increase blockage effects, wake regions, and negative torque on the returning blades. Therefore, this study is expected to identify the optimal blade configuration that maximizes turbine performance and enhances the utilization of river kinetic energy as a renewable energy source.

Keywords: Savonius Turbine, Hydrokinetic Energy, Computational Fluid Dynamics (CFD), Blade Number, Power Coefficient, Banger River.



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.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kinerja Turbin Air Savonius dengan Variasi Jumlah Bilah Menggunakan Simulasi CFD pada Aliran Sungai Banger, Kota Pekalongan” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi yang penulis tempuh di Politeknik Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah bilah terhadap karakteristik hidrodinamika dan kinerja turbin air Savonius melalui metode simulasi CFD. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi energi terbarukan, khususnya pemanfaatan energi aliran sungai sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, bimbingan, serta motivasi sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah S.W.T yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, serta kemudahan dalam setiap proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S. T., M. Si selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Muhammad Emir Purdiatama, S.Pd., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur PSDKU Kota Pekalongan Politeknik Negeri Jakarta, Sekaligus dosen pembimbing kedua yang telah membantu membimbing, memberikan masukan, dan membantu ketika penulis dalam kebingungan.
4. Bapak Ir. Fathan Mubina Dewadi., S.T., M.T., IPP selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan dan dukungan selama proses pengerjaan skripsi ini.



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.

5. Seluruh jajaran dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur PSDKU Kota Pekalongan Politeknik Negeri Jakarta yang telah membagikan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan hingga pengerjaan skripsi ini.
6. Kepada kedua orang tua tercinta, yang telah menjadi sumber kekuatan, kasih sayang, dan doa yang tidak pernah putus dalam setiap langkah kehidupan penulis. Terima kasih atas segala pengorbanan, kerja keras, kesabaran, serta dukungan yang telah diberikan sejak penulis menempuh pendidikan hingga mampu menyelesaikan skripsi ini. Tidak ada kata yang cukup untuk menggambarkan rasa syukur dan terima kasih penulis atas segala usaha yang telah dilakukan demi memberikan pendidikan dan masa depan yang terbaik. Di setiap proses yang penuh tantangan, doa dan kepercayaan yang diberikan menjadi penyemangat bagi penulis untuk terus berjuang dan tidak menyerah. Semoga pencapaian ini dapat menjadi salah satu bentuk kebahagiaan dan kebanggaan atas segala pengorbanan yang telah diberikan selama ini.
7. Kepada adik ku tercinta Arsyad Bryan Ardhani, Adreena Lashira Rafani, dan Sabriya Gadishafira, terimakasih telah mengerti keadaan penulis, memahami situasi, dan memberikan semangat melalui senyuman indah itu, Semoga pencapaian ini dapat menjadi salah satu bentuk usaha penulis dalam memberikan masa depan yang lebih baik.
8. Dan yang terakhir, terimakasih kepada diri sendiri, karna mampu berjuang dalam menyelesaikan pengerjaan skripsi ini, tidak menyerah meskipun dilanda kebingungan berkali-kali, terimakasih karna sudah mau berkembang, dan tidak berhenti saat keadaan menjadi lebih sulit untuk dilalui.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
MOTTO	iii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	iv
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Kota Pekalongan	8
2.2 Turbin	10
2.2.1 Jenis-jenis Turbin	12
2.3 Turbin Savonius	16
2.4 Prinsip Kerja Turbin Air Savonius	18
2.5 Persamaan yang digunakan	19

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 mengikat dan bertanggung jawab pada pemilik karya tulis yang bersangkutan.



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.

2.6 <i>Computational fluid dynamics (CFD)</i>	22
2.7 Penelitian Terdahulu	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Jenis dan pendekatan penelitian.....	27
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	28
3.3 Flowchart Penelitian	29
3.4 Pengolahan Data Turbin air.....	32
3.4.1 Data SRGI.....	32
3.4.2 Data BATNAS	33
3.4.3 Data Skunder.....	35
3.4.4 Input Data.....	35
3.4.5 Perhitungan Parameter Awal.....	35
3.4.5.1 Perhitungan Bilangan <i>Reynolds</i>	35
3.4.5.2 Perhitungan Luas Sapuan Turbin	36
3.4.5.3 Perhitungan Daya Aliran Air	36
3.5 Pembuatan Geometri.....	36
3.6 Variasi Jumlah Bilah	37
3.7 Meshing.....	39
3.8 Named Selection Pada Domain Simulasi.....	39
3.9 Set up	42
3.10 Material	42
3.11 Penentuan <i>Cell Zone Condition</i>	42
3.12 <i>Bondary Condition</i>	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Analisis Kontur tekanan dan kecepatan Turbin Savonius pada variasi 2 bilah	44
4.2 Analisis Kontur Tekanan dan Kecepatan Turbin Savonius pada variasi 4 bilah	46
4.3 Analisis Kontur Tekanan dan Kecepatan Turbin Savonius pada variasi 6 bilah	48



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.

4.4 Menghitung kecepatan sudut rotor.....	50
4.5 Menghitung Daya Mekanik Turbin.....	50
4.6 Analisis Efisiensi Turbin Savonius	51
4.7 Hasil Perhitungan Turbin Savonius.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58





DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Administrasi Kota Pekalongan	1
Gambar 2.1 Turbin Pelton	13
Gambar 2.2 Turbin Turgo.....	13
Gambar 2.3 Turbin <i>Crossflow</i>	14
Gambar 2.4 Turbin Francis	15
Gambar 2.5 Turbin Kaplan.....	15
Gambar 2.6 Sudu Turbin Air Savonius	18
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	30
Gambar 3.2 Tampilan Awal Ina Geoportal.....	34
Gambar 3.3 Geometri Turbin Savonius.....	37
Gambar 3.4 Design Turbin.....	38
Gambar 3.5 Meshing Pada Turbin	39
Gambar 3.6 <i>Named Selection</i>	40
Gambar 3.7 Model Viskositas.....	41
Gambar 3.8 Material	42
Gambar 3.9 Cell Zone Conditions.....	43
Gambar 3.10 <i>Bondary Condition</i>	43
Gambar 4.1 Hasil Kontur Turbin di Posisi 90° dan 180° Pada Variasi 2 Bilah	44
Gambar 4.2 Hasil Kontur Turbin Variasi 4 Bilah.....	46
Gambar 4.3 Hasil Kontur Turbin Variasi 6 Bilah.....	48

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 mengikat dan bertanggung jawab pada pemiliknya, tidak melanggar hak cipta dan tidak menimbulkan kerugian.



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Luas wilayah kota pekalongan	8
Tabel 2.2 Jumlah biayabeban, pemakaian KWH dan KVARH di kota pekalongan.....	9
Tabel 2.3 Penelitian terdahulu	24
Tabel 3.1 Timeline Penelitian.....	28
Tabel 3.2 Data SRGI	33
Tabel 3.3 Parameter Turbin Savonius	35
Tabel 3.4 Frekuensi Distribusi Arah dan Kecepatan Arus.....	37
Tabel 4.1 Hasil dan perhitungan turbin savonius	53

**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.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di bumi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi. Di sisi lain, ketersediaan sumber energi fosil sangat terbatas serta dampak lingkungan yang ditimbulkan mendorong perlunya pengembangan sumber energi yang memiliki keterbaruan. Salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi untuk dikembangkan adalah energi air, khususnya energi kinetik dari aliran air pada sungai dan saluran yang terbuka (Warpindyasmoro et al., 2023).



Gambar 1.1 Peta administrasi Kota Pekalongan
Sumber : BAPPERIDDA Kota Pekalongan (2023)

Peta Kota Pekalongan pada gambar menunjukkan pembagian wilayah administrasi Kota Pekalongan yang terdiri atas empat kecamatan, yaitu Kecamatan Pekalongan Utara, Kecamatan Pekalongan Timur, Kecamatan Pekalongan Barat, dan Kecamatan Pekalongan Selatan. Secara geografis, Kota Pekalongan berbatasan langsung dengan Laut Jawa di bagian utara, Kabupaten Pekalongan di bagian barat dan selatan, serta Kabupaten Batang di bagian timur.

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 merujuk kepada kepentingan yang wajar 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

Keberadaan wilayah pesisir di bagian utara Kota Pekalongan menyebabkan kota ini dilalui oleh beberapa sungai yang mengalir menuju Laut Jawa (Hetwisari et al., 2022). Sungai-sungai tersebut memiliki karakteristik aliran dengan kecepatan relatif rendah hingga sedang, yang dipengaruhi oleh kondisi topografi datar (Nurman et al., 2024), pasang surut laut, serta aktivitas hidrologi di daerah hulu. Kondisi ini menjadikan aliran sungai di wilayah Kota Pekalongan memiliki potensi untuk dikaji dalam konteks pemanfaatan energi arus air skala kecil. Meskipun demikian, dalam penelitian ini Sungai Banger dan sungai-sungai lain di Kota Pekalongan tidak dijadikan sebagai objek penelitian utama untuk pengukuran atau pemodelan arus secara langsung (Anggraini & Santoso, 2023). Peta Kota Pekalongan disajikan sebagai gambaran umum lokasi geografis wilayah studi dan sebagai konteks lingkungan tempat potensi energi arus air berada (Warpindyasmoro et al., 2024).

Wilayah perkotaan seperti Kota Pekalongan memiliki sejumlah sungai dengan karakteristik aliran rendah hingga sedang. Meskipun tidak memiliki beda tinggi (*head*) yang besar seperti pada pembangkit listrik tenaga air konvensional, energi kinetik aliran sungai tersebut tetap berpotensi dimanfaatkan menggunakan turbin air tipe tertentu. Salah satu jenis turbin yang sesuai untuk kondisi arus rendah dan aliran terbuka adalah turbin Savonius. Turbin Savonius memiliki konstruksi sederhana, mampu beroperasi pada kecepatan aliran rendah, serta tidak memerlukan sistem pengarah aliran yang kompleks (Alamsah et al., 2025). Secara geografis, wilayah Kota Pekalongan terletak antara 60° 50' 42" - 60° 55' 44" Lintang Selatan dan 109° 37' 55" - 109° 42' 19" Bujur Timur. Batas administratif Kota Pekalongan adalah sebagai berikut:

- a) Sebelah Utara berbatasan dengan Laut Jawa;
- b) Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Batang;
- c) Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Batang dan Pekalongan; dan
- d) Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Pekalongan.

Berdasarkan kondisi tersebut, permasalahan energi lokal di Kota Pekalongan ditunjukkan oleh tingginya kebutuhan energi listrik yang masih bergantung pada pasokan energi konvensional, sementara pemanfaatan sumber energi terbarukan berbasis potensi lokal, khususnya energi kinetik aliran sungai, belum dikembangkan secara optimal. Oleh karena itu,

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

diperlukan kajian awal mengenai pemanfaatan turbin air yang sesuai dengan karakteristik sungai perkotaan berarus rendah hingga sedang, salah satunya melalui turbin Savonius berbasis simulasi CFD. Penelitian ini selanjutnya difokuskan pada analisis kinerja turbin Savonius menggunakan simulasi CFD dengan perangkat lunak ANSYS. Data kecepatan arus yang digunakan sebagai kondisi batas (*inlet*) pada simulasi diperoleh dari hasil penelitian terdahulu yang relevan dan dijadikan sebagai data sekunder. Dengan demikian, peta lokasi ini berfungsi sebagai pendukung latar belakang penelitian, bukan sebagai dasar pengambilan data primer di lapangan (Rahmawati, n.d, 2024)

Dalam perancangan dan analisis turbin Savonius, pemahaman terhadap interaksi antara aliran fluida dan sudu turbin sangat penting untuk mengetahui kinerja turbin, seperti torsi dan daya yang dihasilkan. Pengujian secara eksperimental di lapangan sering kali memerlukan biaya, waktu, dan peralatan yang tidak sedikit (Rahman et al., 2022). Oleh karena itu, pendekatan simulasi numerik menggunakan CFD menjadi alternatif yang efektif untuk menganalisis kinerja turbin air. Pada simulasi CFD, kondisi batas aliran, khususnya kecepatan arus masuk (*inlet*), merupakan parameter penting yang memengaruhi hasil analisis. Data kecepatan arus rata-rata yang telah dilaporkan dalam jurnal ilmiah digunakan sebagai acuan untuk menentukan kondisi *inlet* pada simulasi turbin Savonius. Penelitian ini merupakan studi numerik berbasis simulasi CFD yang tidak melibatkan pengukuran lapangan secara langsung. Seluruh perhitungan dalam penelitian ini hanya menggunakan data sekunder yang diperoleh dari penelitian terdahulu, khususnya data kecepatan rata-rata arus aliran. Kajian difokuskan pada evaluasi kinerja turbin Savonius berdasarkan variasi kecepatan aliran sebagai kondisi batas simulasi.

Penelitian ini tidak menjadikan debit aliran sebagai parameter utama karena turbin Savonius yang dianalisis merupakan turbin hidrokinetik yang memanfaatkan energi kinetik aliran fluida. Besarnya energi yang tersedia dalam aliran ditentukan oleh kecepatan fluida, yang secara teoritis berbanding lurus dengan kecepatan aliran (v^3). Pada simulasi CFD, kecepatan aliran ditetapkan sebagai kondisi batas, sehingga karakteristik energi fluida telah terdefinisi secara fisik. Parameter debit aliran umumnya digunakan pada sistem pembangkit listrik berbasis energi potensial air yang memanfaatkan perbedaan tinggi jatuh (*head*), seperti pada pembangkit listrik tenaga air konvensional. Sementara itu, penelitian ini tidak bertujuan

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

untuk menganalisis potensi sungai secara aktual maupun merancang sistem instalasi pada lokasi tertentu. Dengan demikian, penggunaan parameter debit aliran tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini. Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis kinerja turbin Savonius menggunakan simulasi CFD dengan perangkat lunak ANSYS. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran performa turbin Savonius pada kondisi arus yang realistis berdasarkan data penelitian terdahulu, serta menjadi referensi awal dalam pengembangan pemanfaatan energi arus air skala kecil. Penelitian ini memiliki kebaruan pada penggunaan data kecepatan arus berbasis kondisi sungai perkotaan Indonesia sebagai *boundary condition* CFD, serta analisis komprehensif pengaruh jumlah bilah terhadap interaksi aliran *drag-dominant* pada kondisi *low velocity flow* (<1 m/s) yang belum banyak dikaji secara spesifik pada konteks hidrokinetik perkotaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi jumlah bilah terhadap distribusi kontur kecepatan (*velocity contour*), dan kontur tekanan (*Pressure contour*) di sekitar turbin Savonius?
2. Bagaimana pengaruh variasi jumlah bilah terhadap pola aliran dan karakteristik *wake flow* pada posisi yang berbeda?
3. Bagaimana karakteristik hidrodinamika turbin Savonius berdasarkan hasil simulasi CFD menggunakan model turbulensi $k-\omega$ SST pada variasi jumlah bilah yang berbeda?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang ditetapkan, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Analisis dilakukan menggunakan simulasi CFD dengan perangkat lunak ANSYS.
2. Data kecepatan arus yang digunakan sebagai kondisi inlet merupakan data sekunder yang diambil dari jurnal penelitian terdahulu.
3. Penelitian tidak melakukan pengukuran arus sungai secara langsung di lapangan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



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

1. Menganalisis pengaruh variasi jumlah bilah terhadap distribusi kontur kecepatan (*velocity contour*), dan kontur tekanan (*Pressure contour*) di sekitar turbin Savonius melalui simulasi CFD.
2. Menganalisis pengaruh variasi jumlah bilah terhadap pola aliran dan karakteristik *wake flow* pada posisi yang berbeda.
3. Mengkaji karakteristik hidrodinamika turbin Savonius pada variasi jumlah bilah yang berbeda berdasarkan hasil simulasi CFD menggunakan model turbulensi $k-\omega$ SST.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

- a. Menambah referensi dan wawasan ilmiah mengenai karakteristik hidrodinamika turbin Savonius, khususnya terkait pengaruh variasi jumlah bilah terhadap distribusi kecepatan aliran dan karakteristik *wake flow*.
- b. Menjadi sumber informasi dan bahan kajian bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pemanfaatan energi arus air menggunakan turbin Savonius melalui pendekatan CFD.
- c. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang konversi energi terbarukan dan mekanika fluida, khususnya mengenai interaksi aliran fluida dengan turbin sumbu vertikal.

2. Manfaat Praktis

- a. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi jumlah bilah terhadap karakteristik aliran di sekitar turbin Savonius sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam proses desain dan pengembangan turbin.
- b. Menjadi acuan dalam menentukan konfigurasi jumlah bilah yang mampu menghasilkan karakteristik aliran yang lebih baik berdasarkan hasil simulasi CFD.
- c. Mendukung pengembangan teknologi pemanfaatan energi arus air sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

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

- d. Memberikan gambaran mengenai pola aliran dan karakteristik *wake flow* yang terbentuk di sekitar turbin Savonius sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam penelitian dan pengembangan turbin pada masa mendatang.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi secara jelas untuk menghindari perluasan pembahasan di luar tujuan penelitian. Adapun batasan ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini merupakan studi numerik yang dilakukan menggunakan metode CFD, tanpa melibatkan pengukuran lapangan secara langsung.
2. Data aliran fluida yang digunakan dalam simulasi merupakan data sekunder yang diperoleh dari penelitian terdahulu, khususnya berupa kecepatan rata-rata arus aliran.
3. Parameter debit aliran (Q) dan *head* (H) tidak digunakan dan tidak dihitung dalam penelitian ini, karena objek kajian merupakan turbin Savonius hidrokinetik yang memanfaatkan energi kinetik aliran, bukan energi potensial air.
4. Analisis penelitian difokuskan pada kinerja turbin Savonius, yang meliputi distribusi aliran fluida, torsi, dan daya turbin sebagai indikator efisiensi hidrodinamik turbin.
5. Variasi kondisi operasi dalam penelitian ini dibatasi pada variasi kecepatan aliran fluida sebagai kondisi batas simulasi CFD.
6. Hasil penelitian ini tidak digunakan untuk menentukan potensi daya listrik sungai secara riil, perencanaan pembangkit listrik, maupun analisis kelayakan sistem pembangkit.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai alur pembahasan dalam setiap bab. Adapun sistematika penulisan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan yang digunakan sebagai dasar dan arah penelitian.



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

BAB II Tinjauan Pustaka Bab ini membahas teori-teori pendukung yang berkaitan dengan energi arus air, turbin Savonius, serta konsep dasar CFD. Selain itu, pada bab ini juga disajikan penelitian terdahulu yang relevan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian.

BAB III Metodologi Penelitian Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan, meliputi sumber data yang digunakan, penentuan kondisi batas (inlet) berdasarkan data sekunder dari jurnal, pemodelan geometri turbin Savonius, pengaturan simulasi CFD menggunakan ANSYS, serta parameter yang dianalisis.

BAB IV Hasil dan Pembahasan Bab ini menyajikan hasil simulasi CFD turbin Savonius yang telah dilakukan. Hasil tersebut meliputi distribusi aliran, tekanan, torsi, dan daya turbin, yang selanjutnya dianalisis dan dibahas berdasarkan tujuan penelitian.

BAB V Kesimpulan dan Saran Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran yang dapat diberikan untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) terhadap turbin air Savonius dengan variasi jumlah bilah 2, 4, dan 6 bilah pada kondisi aliran Sungai Banger, Kota Pekalongan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi jumlah bilah terhadap distribusi kontur kecepatan dan kontur tekanan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa variasi jumlah bilah memberikan pengaruh terhadap distribusi kecepatan dan tekanan di sekitar rotor turbin Savonius.

- a. Pada konfigurasi 2 bilah, distribusi aliran masih relatif sederhana dengan nilai kecepatan maksimum sebesar $1,849 \text{ m/s}$, tekanan maksimum sebesar 1.550 Pa , dan tekanan minimum sebesar -1.532 Pa . Distribusi tekanan yang terbentuk menunjukkan adanya perbedaan tekanan antara sisi *advancing blade* dan *returning blade* yang menghasilkan gaya dorong untuk memutar rotor.
- b. Pada konfigurasi 4 bilah, distribusi tekanan dan kecepatan menjadi lebih luas akibat meningkatnya area interaksi antara fluida dan permukaan sudu. Nilai tekanan maksimum mencapai $3,266 \text{ Pa}$ dan tekanan minimum mencapai $-6,751 \text{ Pa}$. Peningkatan jumlah bilah menyebabkan fluida berinteraksi dengan rotor lebih sering sehingga distribusi gaya pada rotor menjadi lebih merata.
- c. Pada konfigurasi 6 bilah, distribusi tekanan semakin menyebar di sekitar rotor dengan nilai tekanan maksimum sebesar $3,756 \text{ Pa}$ dan tekanan minimum sebesar $-2,643 \text{ Pa}$. Penambahan jumlah sudu meningkatkan luas kontak antara fluida dan rotor, namun juga menyebabkan pola aliran di sekitar rotor menjadi lebih kompleks akibat meningkatnya interaksi antar bilah.

Secara umum, peningkatan jumlah bilah menyebabkan distribusi tekanan dan kecepatan di sekitar rotor menjadi lebih kompleks serta meningkatkan interaksi fluida dengan permukaan sudu.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Pengaruh variasi jumlah bilah terhadap pola aliran di sekitar rotor

Hasil simulasi menunjukkan bahwa jumlah bilah memengaruhi karakteristik pola aliran yang terbentuk di sekitar turbin.

- Pada rotor 2 bilah, pola aliran relatif lebih sederhana dengan daerah perlambatan aliran yang lebih kecil di belakang rotor. Interaksi aliran antar sudu masih rendah sehingga distribusi aliran di sekitar rotor cenderung lebih stabil.
- Pada rotor 4 bilah, interaksi antara fluida dan rotor meningkat karena jumlah sudu yang lebih banyak. Kondisi ini menyebabkan pola aliran menjadi lebih dinamis, namun masih mampu mempertahankan distribusi aliran yang cukup baik untuk menghasilkan gaya dorong pada rotor.
- Pada rotor 6 bilah, pola aliran menjadi lebih kompleks akibat meningkatnya jumlah sudu yang berinteraksi dengan aliran. Banyaknya sudu menyebabkan perubahan arah aliran lebih sering sehingga distribusi aliran di sekitar rotor menjadi kurang seragam dibandingkan variasi lainnya.

Dengan demikian, semakin banyak jumlah bilah yang digunakan, maka pola aliran di sekitar rotor menjadi semakin kompleks akibat meningkatnya interaksi antara fluida dan permukaan sudu.

3. Karakteristik hidrodinamika turbin Savonius berdasarkan hasil simulasi CFD

Berdasarkan hasil simulasi CFD dan perhitungan efisiensi, masing-masing variasi jumlah bilah menunjukkan karakteristik hidrodinamika yang berbeda.

- Turbin Savonius 2 bilah menghasilkan torsi sebesar $0,0012 \text{ Nm}$, daya mekanik sebesar $0,00937 \text{ W}$, dan efisiensi sebesar $14,4\%$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa rotor mampu mengonversi energi aliran menjadi energi mekanik, namun masih terbatas karena luas interaksi fluida dengan rotor relatif kecil.
- Turbin Savonius 4 bilah menghasilkan torsi sebesar $0,0018 \text{ Nm}$, daya mekanik sebesar $0,01405 \text{ W}$, dan efisiensi sebesar $21,6\%$. Hasil ini merupakan yang tertinggi dibandingkan variasi lainnya. Konfigurasi 4 bilah mampu memberikan keseimbangan antara luas tangkapan aliran dan distribusi gaya pada rotor sehingga menghasilkan kinerja yang lebih baik.

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

- c. Turbin Savonius 6 bilah menghasilkan torsi sebesar $0,0015 \text{ Nm}$, daya mekanik sebesar $0,01171 \text{ W}$, dan efisiensi sebesar $18,0\%$. Meskipun jumlah bilah lebih banyak, peningkatan kinerja tidak terjadi secara signifikan karena interaksi fluida yang semakin kompleks menyebabkan sebagian energi aliran tidak dapat dimanfaatkan secara optimal.

Berdasarkan keseluruhan hasil penelitian, konfigurasi turbin Savonius 4 bilah menunjukkan karakteristik hidrodinamika terbaik pada kondisi aliran Sungai Banger dengan kecepatan $0,127 \text{ m/s}$. Konfigurasi ini menghasilkan distribusi tekanan yang baik, interaksi aliran yang efektif, serta efisiensi tertinggi dibandingkan konfigurasi 2 bilah dan 6 bilah.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi jumlah bilah yang lebih beragam untuk memperoleh konfigurasi rotor yang lebih optimal.
2. Simulasi dapat dikembangkan dengan menggunakan kondisi aliran yang lebih bervariasi, seperti perubahan kecepatan aliran atau debit sungai, sehingga diperoleh gambaran performa turbin pada berbagai kondisi operasi.
3. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan analisis parameter performa lain seperti coefficient of power (C_p), tip speed ratio (TSR), dan coefficient of torque (C_t) untuk memperoleh evaluasi kinerja turbin yang lebih komprehensif.
4. Perlu dilakukan validasi eksperimental terhadap hasil simulasi CFD sehingga tingkat akurasi model numerik yang digunakan dapat diketahui secara lebih jelas.
5. Pengembangan desain turbin, seperti penggunaan sudu bertingkat, penambahan deflektor, atau modifikasi bentuk sudu, dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan turbin dalam memanfaatkan energi aliran pada kecepatan rendah.



DAFTAR PUSTAKA

- Adhiyaksa No, J., & Tangi, K. (2019). Perancangan Turbin Air Tipe Crossflow Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Heri Irawan, (2) Mujiburrahman (1)(2)(3) Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 4(1) <https://doi.org/10.31602/Al-Jazari.V4i1.1981>.
- Agliata, R., Busato, F., & Presciutti, A. (2025). MCDM-Based Analysis Of Site Suitability For Renewable Energy Community Projects In The Gargano District. *Sustainability (Switzerland)*, 17(14). <https://doi.org/10.3390/Su17146376>
- Alamsah, A., Wahjudi, A., Moon, P. J., Hamidi, N., & Widhiyanuriyawan, D. (2025). Potensi Energi Arus Dan Tinggi Gelombang Laut Indonesia Berdasarkan Data Penginderaan Jauh. *Techno-Socio Ekonomika*, 18(1), 49–59. <https://doi.org/10.32897/Techno.2025.18.1.4087>
- Alit, M., Rahman, H., Silvano Ibrahim, Dan M., Studi D-, P., Konversi Energi, T., Teknik Mesin, J., Negeri Jakarta, P., A Siwabessy, J. G., Magister Terapan Teknologi Manufaktur, P., & Sarjana, P. (2022). Pengaruh Nilai Buka-an Valve Terhadap Daya Yang Dihasilkan Oleh Turbin Uap Dalam Waste To Heat Energy System. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*. <http://prosiding.pnj.ac.id>
- Al-Yacoub, A. M., Mazli, A. A., Liew, M. S., Ratnayake, R. M. C., & Samarakoon, S. M. K. (2022). Finite Element Analysis Of Steel Plates With Rectangular Openings Subjected To Axial Stress. *Materials*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/Ma15134421>
- Anggraini, T. S., & Santoso, C. (2023). Development Of Ocean Renewable Energy Model In Indonesia To Support Eco-Friendly Energy. *International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 48(M-3-2023), 1–5. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-3-2023-1-2023>
- Ayiz, F. A., Wijayanto, D. S., & Estriyanto, Y. (2022). Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Dan Debit Air Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Air Vortex. *NOZEL Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 3(4), 167. <https://doi.org/10.20961/Nozel.V3i4.63014>
- Bärnkopf, E., Kövesdi, B., & Dunai, L. (2023). Investigation Of Stress Concentration Zones In FEM-Based Design Of Welded Plated Structures. *Buildings*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/Buildings13041057>
- Basori, I., Wismanto Setyadi, I., & Ferdiana, R. (2016a). Analisis Unjuk Kerja Turbin Air

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



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

Pada Pusat Listrik Tenaga Air (Plta) Dengan Kapasitas 70 Mw. In *Terbit* (Vol. 57) <https://doi.org/10.21009/JKEM.3.3.3>.

Basori, I., Wismanto Setyadi, I., & Ferdiana, R. (2016b). Analisis Unjuk Kerja Turbin Air Pada Pusat Listrik Tenaga Air (Plta) Dengan Kapasitas 70 Mw. In *Terbit* (Vol. 57) <https://doi.org/10.21009/JKEM.3.3.3>.

Darmawan, N., Reza Aziz Abdillah, Dan, Beji Karangsalam No, R., & Tengah, J. (2025). *Rancang Bangun Turbin Air Tipe Archimedes Screw Dan Pengaruh Efisiensi Terhadap Produksi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro* (Vol. 05, Number 02) <https://doi.org/10.26760/JREM.V5i2.125>.

Darwis, M. (2023). *Analisis Pengaruh Pembukaan Katup Terhadap Kinerja Turbin Air*. 3(4) <https://doi.org/10.51878/Knowledge.V3i4.2672>.

Dewangga, Y. A., Kholis, N., Baskoro, F., & Haryudo, S. I. (2023). *Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air*. <https://doi.org/10.26740/JTE.V11N1.P71-76>.

Harianja, S., Sebayang, S., Hasballah, T., & Hasballah,) T. (2025). *Studi Perencanaan Turbin Air Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Rahuning 70kw* <https://doi.org/10.46930/Ojsuda.V31i1.3025>.

Hartadi, B., Firman, M., Irfansyah, M., Kalimantan Jl Adhyaksa No, I., & Tangi Banjarmasin Kalimantan Selatan, K. (2022). Peningkatan Kinerja Rotor Savonius Dengan Mengembangkan Sudu Baru Berbasis Airfoil. *Firman & Irfansyah*, 6(2), 8–15. <https://doi.org/10.09.2022>

Hasyim, S., Salam, N., Pallu, M. S., & Maricar, D. F. (2024). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2023 Studi Kecepatan Aliran Pada Saluran Terbuka Dengan Dinding Glass Fiber Reinforced Polymer (Gfrp)*.

Hetwisari, T., Wulandari, M., Sekaring Bumi, I., Pekerjaan Umum, P., & Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, K. (2022). Analysis Of Potential Reduction Of Inundation In The Banger River Sub-System. In *Jurnal Inovasi Konstruksi* (Vol. 1, Number 2). <https://doi.org/10.56911/Jik.V1i2.39>

Ikumapayi, O. M., Bankole, O. O., Bayode, A., Onu, P., & Ting, T. T. (2025). Finite Element Analysis And Simulation Of 316L Stainless Steel And Titanium Alloy For Orthopedic Hip And Knee Prosthetics. *Prosthesis*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/Prosthesis7030064>



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

- Jalalludin Akbar, D., Tangkuman, S., & Maluegha, B. L. (2025). *Perancangan Turbin Air Archimedes Screw Dan Gearbox Untuk Pembangkitan Energi Listrik*. Retrieved <https://Ejournal.Unsrat.Ac.Id/V3/Index.Php/Jtmu>
- Koehuan, V. A., Sampealo, A., & Mesin, J. T. (2015). *Analisis Desain Turbin Air Tipe Aliran Silang (Crossflow) Dan Aplikasinya Di Desa Were I Kabupaten Ngada-NTT*. <http://Ejournal-Fst-Unc.Com/Index.Php/LJTMU>
- Li, A., Wang, H., Li, H., Kong, D., & Xu, S. (2022). Stress Concentration Analysis Of The Corroded Steel Plate Strengthened With Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Plates. *Polymers*, 14(18). <https://Doi.Org/10.3390/Polym14183845>
- Liu, H., & James, R. D. (2025). *A Machine-Learning Optimized Vertical-Axis Wind Turbine*. <http://Arxiv.Org/Abs/2501.17886>
- Masduki, A., Rachmat Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi Kelautan, B., & Junjuran No, J. (2010). *Penelitian Potensi Energi Arus Laut Sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan Di Perairan Toyapakeh Nusa Penida Bali* (Vol. 8, Number 3). <https://Doi.Org/10.32693/Jgk.8.3.2010.194>.
- Muliawan, A., & Yani, A. (2016). Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner. In *Journal Of Sainstek* (Vol. 8, Number 1). <https://Doi.Org/10.31958/Js.V8i1.434>.
- Mulyono, A., Pakki, G., Angkatan Darat Kesatrian Pusdik Arhanud Pussenarh, P., Tni, K. A., Pendem Kecamatan Junrejo, D., Batu, K., & Timur, J. (2018). *Rancang Bangun Dan Uji Performansi Turbin Air Jenis Kaplan Skala Mikrohidro*. 7(2). <https://Doi.Org/10.24127/Trb.V7i2.817>.
- Nawar, M. T., El-Zohairy, A., & Arafa, I. T. (2023). Finite Element Modeling And Analysis Of Perforated Steel Members Under Blast Loading. *Modelling*, 4(4), 628–649. <https://Doi.Org/10.3390/Modelling4040036>
- Nie, Z., Jiang, H., & Kara, L. B. (2019). *Stress Field Prediction In Cantilevered Structures Using Convolutional Neural Networks*. <https://Doi.Org/10.1115/1.4044097>
- Nurman, S., Kurniawan, D., & Azis, M. (2024). Tinjauan Potensi Energi Laut Sebagai Energi Terbarukan Overview Of The Potential Of Marine Energy As Renewable Energy Sources. In *Jurnal Maritim Malahayati (Jumma)* (Vol. 5, Number 1). <https://Doi.Org/10.70799/Jumma.V5i1.76>
- Program, N., Teknik, S., Politeknik, E., & Ketapang, N. (N.D.). *Perancangan Turbin Pelton Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air*. *Indonesian Journal Of Mechanical Engineering*, 2, 2022. Retrieved <https://Politap.Ac.Id/Journal/Index.Php/Injectionhal113-118>



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

- Rahman, A. A., Rajendran, K., Abdul-Rahman, A., Suhri, G. E., & Dass, L. (2022). Analysis Of Wake Turbulence For A Savonius Turbine For Malaysia's Slow-Moving Current Flow. *International Journal Of Renewable Energy Development*, 11(4), 1078–1088. <https://doi.org/10.14710/Ijred.2022.45985>
- Rahmawati, N. (N.D.). Potensi Sumber Energi Air Laut Di Indonesia Sebagai Alternatif Energi Listrik. In *Optika: Jurnal Pendidikan Fisika* (Vol. 6, Number 2). <https://doi.org/10.37478/Optika.V6i2.2217>
- Segura, E., Morales, R., & Somolinos, J. A. (2019). Influence Of Automated Maneuvers On The Economic Feasibility Of Tidal Energy Farms. *Sustainability (Switzerland)*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/Su11215965>
- Shidqirrohman, N., Handoyo, G., & Ismanto, A. (2024a). Studi Pola Arus Di Kawasan Muara Sungai Banger Kota Pekalongan, Jawa Tengah. In *Indonesian Journal Of Oceanography*. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/Ijoce>
- Shidqirrohman, N., Handoyo, G., & Ismanto, A. (2024b). Studi Pola Arus Di Kawasan Muara Sungai Banger Kota Pekalongan, Jawa Tengah. In *Indonesian Journal Of Oceanography*. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/Ijoce>
- Siahaan, E. W. B., Sitanggang, H., Harianja, S., Universitas,), & Agung, D. (2023). *Studi Kelayakan Dalam Perencanaan Turbin Air Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Rahuning Berdaya 70kw* (Vol. 31, Number 1). <https://doi.org/10.46930/Ojsuda.V31i1.3025>
- Studi Teknik Mesin, P., Islam Kalimantan Jl Adhyaksa No, U., & Tangi Banjarmasin Kalimantan Selatan, K. (2021). *Desain Rotor Bawah Air Untuk Memanfaatkan Laju Aliran Sungai Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (1)* Rendi, (2) Budi Hatradi,3 Muhammad Irfansyah , (4) Puteri (1)(2)(3)(4). 5(2), 77–82*. <https://doi.org/10.30588/Jeemm.V5i2.888>
- Syahputra, H., Budi, I. P., Haryo Ismunarti, D., Bambang Adhitya, Dan R., Kelautan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, I., Soedharto, J. H., Semarang, T., Pengkajian Dan Perekrayaan Teknologi Kelautan Dan Perikanan, P., & Penelitian Dan Pengembangan Kelautan Dan Perikanan, B. (2014). Kajian Potensi Arus Laut Sebagai Energi Pembangkit Listrik Di Selat Larantuka, Flores Timur, Nusa Tenggara Timur. In *Buletin Oseanografi Marina Januari* (Vol. 3). <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/Bulomaditerima/>
- Syahrul, K. A., & Sahbana, M. A. (2018). *Pengaruh Jenis Sudu Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetik Poros Horizontal* (Vol. 10, Number 2).



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

- Warpindyasmoro, H. S., Kantonno, R., & Limanto, J. (2023). Potensi Energi Gelombang Laut Di Laut Sawu Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Teknik Elektro*, 17(1), 51–54. <https://doi.org/10.9744/Jte.17.1.51-54>
- Wei, T., Li, H., & Miao, J. (2025). Integration And Development Path Of Smart Grid Technology: Technology-Driven, Policy Framework And Application Challenges. *Processes*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/Pr13082428>
- Xudong, Z., & Ze, H. (2025). Research Of Tidal Energy And Tidal Power Generation Technology. In *International Journal Of Research In Engineering And Science (IJRES) ISSN* (Vol. 13). www.ijres.org
- Yaakop, Z., Teh, H. M., Venugopal, V., & Ma, Z. (2025). Assessment Of Tidal And Wave Energy Resource Potential In Malaysia With Sea Level Rise Effects. *Journal Of Marine Science And Engineering*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/Jmse13010084>
- Yani, A., Susanto, B., & Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Industri Bontang, J. (2018b). *Analisis Jumlah Sudu Mangkuk Terhadap Kinerja Turbin Pelton Pada Alat Praktikum Turbin Air*. 7(2). <https://doi.org/10.24127/Trb.V7i2.805>
- Yfanti, S., Katsaprakakis, D., Sakkas, N., Condaxakis, C., Karapidakis, E., Syntichakis, S., & Stavrakakis, G. M. (2025). The Role Of Energy Communities In The Achievement Of A Region's Energy Goals: The Case Of A Southeast Mediterranean Region. *Energies*, 18(6). <https://doi.org/10.3390/En18061327>
- Zeng, S., Gu, S., Ren, S., Gu, Y., Kong, C., & Yang, L. (2022). A Modeling Method For Finite Element Analysis Of Corroded Steel Structures With Random Pitting Damage. *Buildings*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/Buildings12111793>
- Butchers, J., Benzon, S., Williamson, S., Booker, J., & Aggidis, G. (2021). A rationalised cfd design methodology for turgo turbines to enable local manufacture in the global south. *Energies*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/en14196250>
- Ghenaiet, A., & Bakour, M. (2020). Simulation of steady and unsteady flows through a small-size Kaplan turbine. *Engineering Reports*, 2(2). <https://doi.org/10.1002/eng2.12112>
- Musa, L. O., Jamal, J., Ridwan, R., & Luspa, I. N. (2023). Uji Kinerja Turbin Turgo dengan Variasi Jumlah Sudu dan Sudut Kemiringan Nozzle. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 21(1), 31–43. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v21i1.4193>
- Trivedi, C., Cervantes, M. J., & Dahlhaug, O. G. (2016). Experimental and numerical studies of a high-head Francis turbine: A review of the Francis-99 test case. In *Energies* (Vol. 9, Number 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/en9020074>
- Zhao, H., Zhu, B., Xu, B., Tang, P., Guo, N., & Zhang, W. (2023). Investigation on the influence of bucket's flow patterns on energy conversion characteristics of Pelton turbine. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/19942060.2023.2234435>



© 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





© 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

