



UNIVERSITAS NEGERI PADANG

**ANALISIS KINERJA TURBIN AIR VERTIKAL TIPE S-SHAPE PADA SALURAN
MELENGKUNG MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* (CFD)**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik di
Departemen Teknik Mesin FT-UNP*

TUGAS AKHIR

DIMAS PANDHU ASADELLAH

21338030 / 2021

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

PADANG

2026

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Kinerja Turbin Air Vertikal Tipe S-Shape pada Saluran
Melengkung Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)
Nama : Dimas Pandhu Asadellah
NIM : 21338030
Tahun Masuk : 2021
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Telah disetujui keasliannya dan diajukan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Padang, 5 Februari 2026

Disetujui oleh:

Koordinator Program Studi
S1 Teknik Mesin



Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.Eng
NIP. 197607062003121001

Dosen Pembimbing,



Fitrah Qalbina, S.T., M.Eng
NIP. 199410232022032020

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan tim penguji Program Studi S1 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Judul : Analisis Kinerja Turbin Air Vertikal Tipe S-Shape pada Saluran Melengkung Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)

Nama : Dimas Pandhu Asadellah

NIM : 21338030

Tahun Masuk : 2021

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Departement : Teknik Mesin

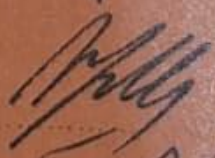
Fakultas : Teknik

Padang, 5 Februari 2026

Tim Penguji

- 1 Ketua : Fitrah Qalbina, S.T., M.Eng.
- 2 Anggota : Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.Eng.
- 3 Anggota : Dr. Randi Purnama Putra, S.Pd., M.T.

1.....

2.....

3.....

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulisan saya, Tugas Akhir dengan berjudul “Analisis Kinerja Turbin Air Vertikal Tipe S-Shape pada Saluran Melengkung Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di universitas negeri padang, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, penilaian, dan rumusan saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain, kecuali arahan dari tim pembimbing dan penguji.
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan pada daftar pustaka
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila ada kemungkinan hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik, berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini. Serta sanksi sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 5 Februari 2026

Saya yang Menyatakan,

Dimas Pandhu Asadellah

Nim. 21338030

ABSTRAK

Analisis Kinerja Turbin Air Vertikal Tipe S-Shape pada Saluran Melengkung Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)

Turbin tipe *s-shape* merupakan salah satu turbin hidrokinetik yang potensial untuk diaplikasikan pada aliran saluran terbuka karena kemampuannya beroperasi pada kecepatan aliran rendah dan konstruksinya yang sederhana. Namun, kinerja turbin ini sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrodinamika di sekitarnya, termasuk geometri domain aliran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut domain saluran terbuka terhadap karakteristik aliran dan performa turbin *s-shape* menggunakan pendekatan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Simulasi dilakukan pada tiga variasi sudut domain, yaitu 20° , 30° , dan 40° , dengan kecepatan aliran masuk 0,5 m/s, diameter turbin 76 mm, dan tinggi turbin 76 mm. Parameter kinerja yang dianalisis meliputi torsi, koefisien daya (C_p), dan koefisien torsi (C_t), serta karakteristik aliran berupa kontur kecepatan, kontur tekanan, dan streamline. Hasil simulasi menunjukkan bahwa variasi sudut domain memberikan pengaruh signifikan terhadap distribusi aliran, pola tekanan, dan stabilitas torsi yang dihasilkan turbin. Domain dengan sudut 20° menghasilkan nilai C_p dan C_t tertinggi, sedangkan domain 30° menunjukkan penurunan kinerja yang cukup signifikan akibat meningkatnya zona resirkulasi dan ketidakseimbangan tekanan di sekitar rotor.

Kata kunci: Turbin *S-Shape*; Hidrokinetik; Saluran Terbuka; CFD; Sudut Domain

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir, Tujuan penulisan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat penulis untuk menyelesaikan program studi S1 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Keberhasilan penulisan tugas akhir ini tidak akan terwujud dan terselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan, bimbingan serta dorongan yang tak ternilai dari berbagai pihak baik secara material maupun spiritual. Dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penulisan tugas akhir ini, diantaranya adalah:

1. Ibu Fitrah Qalbina, S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Yolli Fernanda, S.T., M.T.,Ph.D. selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin, sekaligus sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Randi Purnama Putra S.Pd, M.T. Selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Bulkia Rahim, M.Pd. T. Selaku dosen Penasehat Akademik

6. Dosen beserta Staf Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
7. Teristimewa kedua orang tua yaitu Bpk Usman Fatah dan Ibu Sri Mulyani yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan berupa motivasi serta finansial demi mewujudkan cita-cita.
8. Rekan-rekan Mahasiswa Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini di masa yang akan datang.

Padang, 5 Februari 2026

Dimas Pandhu Asadellah
NIM. 21338030

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
A. Landasan Teori	9
B. Penelitian Relevan.....	27
C. Kerangka Konseptual	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
A. Jenis Penelitian.....	31
B. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	31
C. Variabel Penelitian	31

D. Teknik Pengumpulan Data	33
E. Alat dan Bahan.....	33
F. Diagram Alir.....	35
G. Prosedur Penelitian.....	36
H. Analisis Data	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
A. Hasil Penelitian	48
B. Pembahasan.....	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
A. Kesimpulan	76
B. Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Pelton	12
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 Turbin Vortex.....	16
Gambar 2.7 Turbin Savonius	17
Gambar 2.8 Aliran Laminar	19
Gambar 2.9 Aliran Transisi	19
Gambar 2.10 Aliran Turbulen	20
Gambar 2.11 <i>Software Solidwork</i>	26
Gambar 2.12 <i>Software Ansys Fluent R2</i>	27
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	35
Gambar 3.2 Desain Turbin Air Tipe <i>S-Shape</i>	36
Gambar 3.3 <i>Import Geometri Pada Ansys Fluent</i>	37
Gambar 3.5 Kelengkungan Sudut Aliran	38
Gambar 3.6 Pembuatan Domain	39
Gambar 3.7 Pembuatan Meshing	40
Gambar 3.8 Proses <i>Setup</i>	41
Gambar 4.1 Model Turbin S-Shape	49
Gambar 4.2 Diameter dan Tinggi Turbin	49
Gambar 4.3 Grafik Torsi Domain 20°	50
Gambar 4.4 Grafik Scaled Residuals Domain 20°	50
Gambar 4.5 Grafik Torsi Domain 30°	51
Gambar 4.6 Grafik Scaled Residuals Domain 30°	51
Gambar 4.7 Grafik Torsi Domain 40°	52
Gambar 4.8 Grafik Scaled Residuals Domain 40°	52
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Koefisien Daya	55
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Koefisien Torsi.....	57
Gambar 4.11 <i>Velocity Streamline</i> Domain 20°	59

Gambar 4.12 <i>Velocity Streamline</i> Domain 30°	60
Gambar 4.13 <i>Velocity Streamline</i> domain 40°	61
Gambar 4.14 <i>Velocity Contour</i> Domain 20°	63
Gambar 4.15 <i>Velocity Contour</i> Domain 30°	64
Gambar 4.16 <i>Velocity Contour</i> Domain 40°	65
Gambar 4.17 <i>Pressure Contour</i> Domain 20°	67
Gambar 4.18 <i>Pressure Contour</i> Domain 30°	68
Gambar 4.19 <i>Pressure Contour</i> Domain 40°	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Jenis Aliran	18
Tabel 3.1 Instrumen Pengumpulan Data	33
Tabel 3.2 Spesifikasi Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	34
Tabel 3.3 Ukuran Turbin	37
Tabel 3.4 Parameter Pada <i>Boundary Condition</i>	42
Tabel 3.5 Data <i>Input</i> Pada <i>Reference Values</i>	43
Tabel 3.6 <i>Grid Independency Analysis</i>	46
Tabel 4.1 Parameter Turbin S-Shape.....	48
Tabel 4.2 Hasil Simulasi	54
Tabel 4.3 Ratio Antara Koefisien Daya dan Koefisien Torsi	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran.1 Gambar Teknik	83
Lampiran.2 Lembar Konsultasi.....	86
Lampiran.3 Perhitungan Manual.....	88

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan akan energi listrik yang terus menerus bertambah seiring kemajuan peradaban dan bertambahnya jumlah manusia serta berkurangnya tingkat pemenuhan dan ketersediaan sumber energi tak terbarukan, maka sangat diperlukan sumber daya energi terbarukan yang mampu memenuhi kebutuhan energi tersebut dengan lebih ramah lingkungan. Salah satu energi alam yang dapat kita manfaatkan adalah energi air yang mudah kita dapatkan dan berlangsung secara terus menerus. Energi ini merupakan energi yang bersih dan dalam proses produksinya tidak mencemari lingkungan (Saputra dkk., 2015)

Energi terbarukan merupakan sumber energi yang dapat diperbarui secara alami dan memiliki dampak lingkungan yang lebih kecil dibandingkan dengan energi fosil. Seiring meningkatnya kebutuhan energi global dan kesadaran akan dampak negatif bahan bakar fosil terhadap perubahan iklim, energi terbarukan menjadi alternatif utama untuk memenuhi kebutuhan energi dunia. Beberapa sumber energi terbarukan yang umum digunakan meliputi energi surya, energi angin, energi hidro, biomassa, dan energi panas bumi.

Pembangkit Listrik Tenaga Hidro telah berkontribusi bagi sistem ketenagalistrikan Indonesia lebih dari 100 tahun. Saat ini peran tenaga hidro menjadi semakin penting dalam upaya percepatan transisi energi Indonesia mencapai *Net Zero Emission* (NZE) pada 2060. Hal tersebut disampaikan

Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Arifin Tasrif pada Pembukaan Sesi Plenary pada *World Hydropower Congress* (WHC) 2023. Indonesia memiliki potensi tenaga hidro sebesar 95 Gigawatt (GW). Saat ini kapasitas terpasang telah mencapai 6,7 GW. Pada 2030, pengembangan pembangkit tenaga hidro ditargetkan mencapai lebih dari 10 GW.

Penggunaan energi air untuk pembangkit listrik adalah salah satu solusi yang memiliki potensi besar untuk diimplementasikan. Sejumlah penelitian telah dilakukan mengenai pembangkit listrik tenaga air, salah satunya oleh (Napitupulu, F. H. 2008), yang melakukan studi di Sumatera Selatan dengan mengukur debit air terjun rata-rata antara 1-10 m/s di 30 titik air terjun di Ogan Komering Ulu. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa air terjun dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik dengan kapasitas antara 0.8-10 watt (Akhwan dkk., 2021).

Menurut (Abell & Lederman, 2013) Secara umum, tujuan dari kebijakan transisi energi adalah untuk mengadopsi pemanfaatan energi bersih yang lebih luas. Hal ini didorong oleh kekhawatiran global terhadap perubahan iklim. Penggunaan berlebihan energi fosil selama bertahun-tahun telah menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) melebihi batas yang aman, yang berkontribusi pada perubahan iklim. Oleh karena itu, pemimpin dunia telah berkomitmen untuk mengendalikan peningkatan suhu global, sebagaimana diatur dalam Paris Agreement 2015. Salah satu langkah yang banyak diambil oleh negara-negara saat ini adalah menerapkan kebijakan *net zero emissions*, yaitu mencapai nol emisi bersih.

Pemilihan turbin vertikal didasari oleh beberapa keunggulan dari turbin sumbu vertikal itu sendiri dibandingkan dengan turbin sumbu horizontal seperti adaptasi aliran yang baik, struktur bilah sederhana, resiko kavitasi lebih kecil, dan biaya produksi yang cenderung lebih rendah. Selain itu, generator yang bisa ditempatkan di atas permukaan air mempermudah perawatan serta membuat masa pakai generator lebih lama (Foust, 2023).

Penelitian yang telah dilakukan oleh (T G dkk., 2025) Tentang Analisis numerik kinerja turbin hidrokinetik Savonius dalam konfigurasi saluran lurus dan lengkung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari lintasan dengan kelengkungan sudut 30° , 60° , 90° , dan lurus diperoleh efisiensi tertinggi pada kelengkungan sudut 30° sebesar CT_{max} 0,29 pada TSR 0,7 dan CP_{max} 0,24 pada TSR 1,0. Analisis kontur tekanan dan kecepatan yang terperinci menyoroti dinamika aliran yang lebih unggul pada tikungan 30° , dengan intensitas turbulensi yang lebih rendah dan zona bangun yang lebih kecil, yang menghasilkan kinerja yang lebih baik. Sebaliknya, tikungan 60° dan 90° mengalami turbulensi yang lebih besar, dengan zona bangun yang lebih luas yang berdampak negatif pada kinerjanya.

Turbin hidrokinetik Savonius telah dipelajari secara ekstensif, masih terdapat kesenjangan dalam memahami kinerjanya pada berbagai geometri saluran, terutama pada kelokan saluran yang bervariasi. Sebagian besar penelitian yang ada berfokus pada saluran lurus atau menggunakan metode numerik terbatas untuk menilai kinerja pada geometri lengkung atau kompleks, dampak

penempatan turbin pada kelokan saluran terhadap kinerja turbin air Savonius masih kurang dieksplorasi.

Salah satu faktor yang belum banyak dikaji secara mendalam adalah pengaruh sudut belokan saluran air terhadap kinerja turbin. Variasi sudut belokan saluran dapat mengubah distribusi kecepatan, tekanan, dan intensitas turbulensi aliran sebelum mengenai sudu turbin. Pada sudut belokan yang optimal, aliran dapat diarahkan dengan efisien menuju turbin, meminimalkan kerugian energi dan meningkatkan kinerja. Sebaliknya, sudut belokan yang terlalu tajam dapat menyebabkan separasi aliran, vorteks besar, dan peningkatan kerugian energi yang menurunkan efisiensi turbin. Penelitian mengenai pengaruh sudut belokan saluran ini, khususnya pada turbin vertikal tipe *S-Shape* di saluran lurus dan melengkung masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan analisis berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk memahami karakteristik aliran dan mengoptimalkan performa turbin pada berbagai variasi sudut belokan saluran.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh sudut lengkung saluran turbin air sumbu vertikal tipe *s-shape* dengan menggunakan metode CFD. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengkaji dan membahas lebih lanjut dengan mengangkat judul yaitu "Analisis Kinerja Turbin Air Vertikal Tipe *S-Shape* Pada Saluran Melengkung Menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD)".

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka penulis mengidentifikasi :

1. Kurangnya penelitian tentang pengaruh sudut belokan saluran terhadap kinerja turbin air vertikal tipe *s-shape*, khususnya dalam kondisi saluran melengkung yang umum dijumpai di kanal, sungai, dan saluran irigasi.
2. Belum adanya pemahaman mendalam mengenai dampak variasi sudut belokan terhadap distribusi kecepatan, tekanan, dan turbulensi aliran, yang secara langsung mempengaruhi torsi, daya, dan efisiensi turbin.
3. Keterbatasan penggunaan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) secara komprehensif untuk menganalisis kinerja turbin *s-shape* pada berbagai geometri saluran, sehingga peluang optimasi desain dan penempatan turbin belum maksimal.

C. Batasan Masalah

Permasalahan yang ada pada identifikasi masalah di atas, tidak akan dibahas secara keseluruhan hal ini disebabkan oleh berbagai keterbatasan yang ada dan menghindari meluasnya permasalahan dalam penelitian ini. Batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada turbin air sumbu vertikal tipe *s-shape* .
2. Kelengkungan sudut yang digunakan adalah 20°, 30°, 40°.
3. Kecepatan aliran yang di gunakan dalam penelitian ini adalah 0,5 m/s sesuai dengan penelitian (T G et al., 2025).
4. Penelitian ini menggunakan jenis aliran *steady state*.

5. Analisis dilakukan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dengan *software Ansys Fluent 2025 R2 Student Version*.
6. Penelitian ini tidak mencakup aspek manufaktur dan uji coba eksperimen langsung di lapangan.

D. Rumusan Masalah

Penelitian ini akan dirumuskan dengan masalah yang menjadi acuan dalam penelitian ini. Adapun rumusan masalah tersebut adalah “bagaimana pengaruh sudut kelengkungan saluran pada turbin air tipe *s-shape* terhadap koefisien daya, koefisien torsi, dan distribusi kecepatan berdasarkan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD)”.

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah “Untuk mengetahui pengaruh sudut kelengkungan saluran pada turbin air tipe *s-shape* terhadap koefisien daya, koefisien torsi, dan distribusi kecepatan berdasarkan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD)”.

F. Manfaat Penelitian

Setiap penelitian yang dilakukan tentu memiliki manfaat tersendiri. Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Teoritis

- a. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang rekayasa energi terbarukan dan mekanika fluida, khususnya mengenai analisis kinerja turbin air vertikal tipe *s-shape* pada saluran melengkung.

- b. Menambah referensi ilmiah mengenai penerapan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dalam menganalisis fenomena aliran fluida serta kinerja turbin hidrokinetik pada berbagai variasi geometri saluran.
- c. Dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan dalam bidang perancangan turbin air skala mikrohidro maupun energi hidrokinetik.

2. Manfaat Teknik

- a. Memberikan gambaran teknis mengenai pengaruh variasi kelengkungan saluran terhadap koefisien daya (CP), koefisien torsi (CT), serta distribusi aliran, yang dapat dijadikan acuan dalam optimasi desain turbin air.
- b. Menjadi referensi praktis dalam perancangan turbin hidrokinetik yang lebih efisien, baik untuk kebutuhan industri, desa terpencil, maupun pemanfaatan pada saluran irigasi dan kanal.
- c. Memberikan alternatif desain turbin dengan biaya produksi lebih rendah dan perawatan lebih mudah, karena konstruksi turbin sumbu vertikal relatif sederhana.

3. Manfaat Lingkungan dan Sosial

- a. Mendukung upaya pengurangan ketergantungan terhadap energi fosil, sehingga dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan dampak negatif terhadap perubahan iklim.
- b. Memberikan solusi energi bersih dan ramah lingkungan yang dapat dimanfaatkan masyarakat, khususnya di daerah pedesaan yang belum terjangkau jaringan listrik nasional.

- c. Mendorong pembangunan berkelanjutan dengan memanfaatkan potensi energi air yang melimpah di Indonesia sebagai sumber listrik terbarukan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil menganalisis pengaruh variasi domain sudut terhadap kinerja turbin *s-shape* berbasis hidrokinetik melalui pendekatan simulasi numerik. Simulasi dilakukan pada kondisi aliran *stedy* dengan kecepatan masuk sebesar 0,5 m/s, diameter dan tinggi turbin masing-masing 76 mm, kecepatan putar 88 rpm, serta kriteria konvergensi residual sebesar 10^{-3} . Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa variasi domain sudut memberikan dampak yang signifikan terhadap karakteristik aliran dan performa turbin.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa domain sudut 20° menghasilkan performa terbaik dibandingkan domain 30° dan 40° . Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien daya dan koefisien torsi yang paling tinggi pada domain 20° , yang menandakan bahwa konfigurasi ini mampu memanfaatkan energi kinetik fluida secara lebih efektif. Secara fisis, kondisi tersebut terjadi karena aliran yang masuk lebih terfokus menuju rotor, sehingga interaksi antara fluida dan sudu berlangsung lebih intens dan stabil. Perbedaan tekanan yang terbentuk antara sisi hulu dan hilir sudu juga lebih besar, yang secara langsung meningkatkan momen putar pada poros turbin.

Sebaliknya, domain sudut 30° menunjukkan performa terendah dengan nilai koefisien daya dan torsi yang sangat kecil. Kondisi ini mengindikasikan bahwa konfigurasi domain tersebut kurang mendukung

proses konversi energi. Aliran yang cenderung menyebar menyebabkan terbentuknya zona resirkulasi dan vorteks yang lebih dominan di sekitar rotor, sehingga sebagian besar energi aliran hilang sebelum dapat dimanfaatkan oleh turbin. Akibatnya, gradien tekanan yang terbentuk menjadi lemah dan torsi yang dihasilkan menurun secara signifikan.

Pada domain sudut 40° , performa turbin mengalami peningkatan dibandingkan domain 30° , namun masih berada di bawah domain 20° . Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun aliran menjadi lebih terbuka dan memungkinkan pembentukan gaya pada sudu, penyebaran aliran yang lebih luas tetap menyebabkan peningkatan kerugian energi akibat *wake* di hilir rotor. Dengan demikian, domain sudut yang terlalu besar tidak selalu menghasilkan performa yang lebih baik pada turbin Savonius berbasis drag.

Analisis visualisasi aliran melalui *velocity streamline*, *velocity contour*, dan *pressure contour* memperkuat temuan kuantitatif tersebut. Domain 20° memperlihatkan pola aliran yang lebih terarah, distribusi kecepatan yang terkonsentrasi di sekitar sudu, serta perbedaan tekanan yang jelas antara sisi depan dan belakang sudu. Kondisi ini mendukung pembentukan torsi yang stabil dan efisien. Pada domain 30° dan 40° , pola aliran menunjukkan peningkatan resirkulasi, *wake* yang lebih panjang, serta distribusi tekanan yang kurang optimal, yang berdampak langsung pada penurunan performa turbin.

Dari sisi numerik, seluruh simulasi telah memenuhi kriteria konvergensi yang ditetapkan, sehingga hasil yang diperoleh dapat dianggap representatif

secara fisis. Perbedaan jumlah iterasi dan waktu komputasi antar domain menunjukkan bahwa kompleksitas aliran meningkat seiring dengan perubahan domain sudut, namun tidak mengubah kecenderungan umum hasil penelitian.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pengaturan domain sudut merupakan parameter penting dalam desain dan optimasi turbin air tipe *s-shape*. Domain sudut 20° terbukti paling efektif dalam meningkatkan kinerja turbin pada kondisi yang dikaji. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan desain turbin air tipe *s-shape* yang lebih optimal serta menjadi referensi bagi penelitian lanjutan, baik melalui pendekatan numerik yang lebih mendalam maupun validasi eksperimental di masa mendatang.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian pada desain turbin air sumbu vertikal tipe *s-shape* untuk penelitian berikutnya agar dapat diperbaiki atau dikembangkan sebagai berikut :

1. Untuk mempercepat dan memperakurat proses simulasi menggunakan metode CFD, sebaiknya menggunakan *hardware* beresifikasi tinggi untuk menghindari adanya gangguan dalam proses simulasi.
2. Untuk penelitian lebih lanjut bisa dengan memodifikasi desain, seperti variasi sudut domain, parameter yang lebih detail lagi seperti kedalaman aliran dan kemiringan permukaan aliran tertentu.

3. Uji eksperimental perlu dilakukan sebagai bentuk validasi tambahan untuk mengkonfirmasi hasil simulasi CFD dan mengkaji pengaruh kondisi nyata seperti turbulensi atmosfer dan fluktuasi arah angin.

DAFTAR PUSTAKA

- Abell, S. K., & Lederman, N. G. (2013). Handbook of Research on Science Education. *Handbook of Research on Science Education*, 1(2), 1–1330. <https://doi.org/10.4324/9780203824696>
- Alizadeh, H., Jahangir, M. H., & Ghasempour, R. (2020). CFD-based improvement of Savonius type hydrokinetic turbine using optimized barrier at the low-speed flows. *Ocean Engineering*, 202(March), 107178. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107178>
- Bayu Suka Yasa, I. P., Arta Wijaya, I. W., & Janardana, I. G. N. (2022). Pengaruh Variasi Sudut Nozzle Terhadap Kecepatan Putar Turbin Dan Daya Output Pada Prototipe Pltmh Menggunakan Turbin Turgo. *Jurnal SPEKTRUM*, 9(2), 112. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2022.v09.i02.p13>
- Dafero, A., Putra, R. P., Fernanda, Y., & Qalbina, F. (2025). Analisis Efek Magnus pada Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius Menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD). 5(2), 19165–19182.
- Dumyati, I., & Nurhaji, S. (2023). Modeling dan Simulasi Finite Element Analysis pada Segitiga T Sepeda Motor Menggunakan Software Ansys 2023. 5(1).
- Foust, E. C. (2023). The Behavior of Vertical Axis Water Turbine With Flexible Blades: Self-Start, Ventilation, and Cavitation. *ASME Open Journal of Engineering*, 2, 1–8. <https://doi.org/10.1115/1.4063084>
- Furqani, I., & Arief, R. K. (2022). Analisis Kekuatan Rangka Mesin Perontok Padi Menggunakan Solidworks 2019. 6(2), 42–49.
- Gangashanaiah, S. T., C M, S., Gumptapure, V., & Madav, V. (2023). Experimental Investigation of Two- and Three-Blade Savonius Hydrokinetic Turbine for Hydropower Applications: A Study across Various Turbine Positions from Channel Centre to Channel Wall †. *Engineering Proceedings*, 59(1). <https://doi.org/10.3390/engproc2023059131>
- Harahap, F. S. (2020). Simulasi Numerik Unjuk Kerja Turbin Air Savonius Darrieus Naca 0018 Terhadap Variasi Jumlah Sudu.
- Harmiansyah, H., Arysandia, D., Gamas, F. A. J., Saputri, N. W., Kusmali, M., & Fil'aini, R. (2023). Mini review pengaruh jumlah sudu turbin vortex berdasarkan daya pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang dihasilkan. *Sultra Journal of Mechanical Engineering*, 2(2), 82–91. <https://doi.org/10.54297/sjme.v2i2.520>
- Irawan, D. (2014). Prototipe Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.24127/trb.v3i1.17>

- Khais, D. S., & Ariani, B. (2022). Analisa Kinerja Savonius Hydrokinetic Turbine Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic Pada Studi Kasus Sungai Pemali, Tegal, Jawa Tengah. *Proceeding Technology of Renewable Energy and Development Conference*, 2.
- Kumar, A., & Saini, G. (2020). Flow field and performance study of Savonius water turbine. *Materials Today: Proceedings*, 46(xxxx), 5219–5222. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.591>
- Mishbahuddin, M. H., Saputra, T. W., & Wijayanto, D. S. (2024). *POLA ALIRAN UDARA PADA TURBIN ANGIN SAVONIUS HELIKS DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU MENGGUNAKAN METODE CFD AIRFLOW PATTERNS IN A HELICAL SAVONIUS WIND TURBINE WITH VARIATIONS BLADE NUMBERS USING CFD METHOD PENDAHULUAN* Penggunaan bahan bakar fosil secara berlebihan sebagai sumber energi pokok menimbulkan masalah besar terkait ketersediaan energi yang berkelanjutan dan pelestarian alam [1]. Data di atas menunjukkan bahwa kebutuhan energi semakin meningkat sedangkan ketersediaannya semakin menurun , terutama sumber daya fosil , sehingga untuk menjaga ketersediaan energi pihak pemerintah maupun swasta saling berlomba dalam melakukan penelitian untuk mengembangkan penggunaan energi terbarukan . Cara mengatasi masalah tersebut dapat dilakukan dengan menciptakan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) untuk menghasilkan energi berdasarkan permintaan [2]. Turbin angin adalah salah satu alat konversi energi angin . Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) dan Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) adalah 2 jenis turbin angin yang dibedakan berdasarkan posisi sumbunya . Turbin Savonius disebut juga sebagai VAWT (Vertical Axis Wind Turbine) [3] . Turbin angin Savonius memiliki potensi besar dalam memenuhi kebutuhan energi skala kecil . Turbin tersebut biasanya diaplikasikan untuk kebutuhan listrik rumah . Selain itu , turbin angin Savonius cocok digunakan dalam lingkungan perkotaan karena biaya produksinya yang relatif rendah . Turbin angin Savonius sangat sesuai digunakan di Indonesia karena kecepatan anginnya yang rendah . Selain itu , keuntungan lain turbin angin Savonius adalah desain dan konstruksinya yang sederhana sehingga mudah dipasang dan mampu menerima arah angin dari berbagai sudut [4] . Saat digunakan , turbin angin Savonius memiliki performa yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis turbin angin lainnya [5] . Performa turbin angin Savonius selalu ditingkatkan melalui berbagai modifikasi desain . Modifikasi desain Savonius tipe heliks pada penelitian sebelumnya yang dilakukan [6] menggunakan end plate meningkatkan performa turbin Savonius , kemudian modifikasi selanjutnya seperti variasi jumlah sudu akan mempengaruhi pola aliran udara yang terjadi di sekitar sudu yang akan berdampak pada hasil kecepatan putaran , daya , dan coefficient power (C_p) ketika turbin beroperasi . Variasi jumlah sudu memengaruhi fluktuasi momen dinamis dan statis pada rotor Savonius [7] . Terdapat enam pola aliran udara yang berpengaruh ketika turbin angin berkerja [.... 9(2), 141–152. <https://doi.org/10.20527/sjme kinematika.v9i2.313>

- Mudzakir, R., & Widianoro, H. (2024). *Jurnal Rekayasa Mesin Simulasi CFD Turbin Francis Skala Laboratorium Sebagai Alat Bantu Praktikum Menggunakan Software Solidwork Rizal dkk / Jurnal Rekayasa Mesin*. 19(2), 223–232.
- Putri, C. A. (2024). Penggunaan Air Sebagai Sumber Energi Terbarukan Untuk Energi Listrik. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, 2(6), 201–204. <https://jurnal.kolibri.org/index.php/scientica/article/view/1532>
- Ridlo, R., & Hakim, A. (2020). ANDASIH Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan. *ANDASIHJurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1.
- Saputra, C. I., Rustana, C. E., & Nasbey, H. (2015). *PENGEMBANGAN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE TRIPLE-STAGE SAVONIUS DENGAN POROS GANDA SNF2015-VII-43 SNF2015-VII-44. IV*, 43–46.
- Situmorang, A., Manik, P., & Iqbal, M. (2016). Bilga Terhadap Arah Dan Kecepatan Aliran (Wake) Pada. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(4), 793–802.
- T G, S., C M, S., Gumtapure, V., & Madav, V. (2025). Numerical analysis of Savonius hydrokinetic turbine performance in straight and curved channel configurations. *Energy Nexus*, 17(September 2024). <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2025.100382>
- Taruna, F., Putra, Y. S., Kushadiwijayanto, A. A., Kelautan, I., & Fluida, K. D. (2021). *Studi sensitivitas aliran dalam kanal terbuka menggunakan pendekatan komputasi dinamika fluida model turbulen k-omega*. 9(2), 125–131.