

**SIMULASI PEMBANGKIT LISTRIK SISTIM VORTEX
DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU**

TESIS

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik dari
Universitas Darma Persada**

**Oleh
Dewanto Fajrie**

NIM : 2021910002

(Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan)



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA**

2023

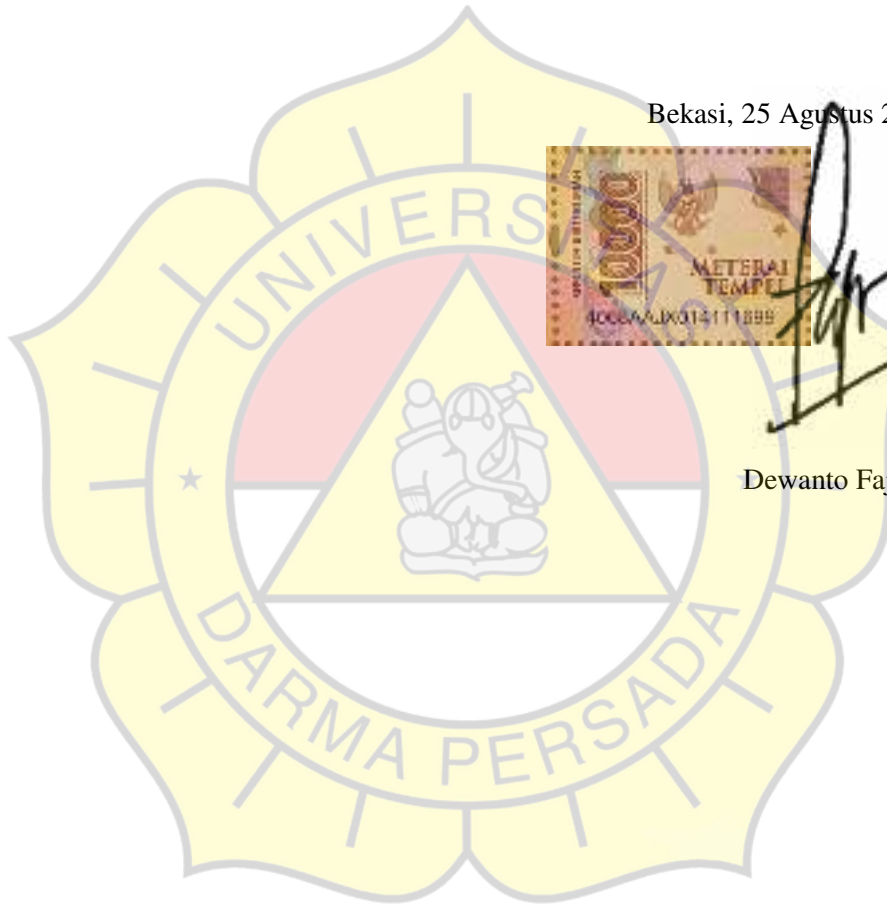
PERNYATAAN KEASLIAN

“Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Darma Persada atau Perguruan Tinggi Lainnya.”

Bekasi, 25 Agustus 2023



Dewanto Fajrie.



Abstrak

Turbin vortex adalah turbin yang memanfaatkan pusaran air untuk memutar suduturbin dan kemudian diubah menjadi energi putaran. Prosesnya air dari sungai dialirkan melalui saluran masuk ketangki turbin yang berbentuk lingkaran dan di bagian tengah dasar tangki terdapat saluran buang. Dari saluran buang membentuk aliran pusaran air. banyak aliran sungai dengan potensi debit air dengan head yang rendah belum termanfaatkan.

Efisiensi suatu turbin sangat dipengaruhi oleh roda runnernya, Pertama, dilakukan perancangan teoritis untuk menentukan karakteristik utama yang menunjukkan efisiensi sebesar 94%. Biasanya, persamaan teoritis digeneralisasikan dan disederhanakan dan juga mengasumsikan konstanta dari data yang berpengalaman dan karenanya desain teoritis hanya akan menjadi perkiraan. Hal ini dikonfirmasi karena desain teoretis yang sama hanya menunjukkan efisiensi 59,98% dengan evaluasi dinamika fluida komputasi (CFD). Kemudian, desain yang diusulkan secara teoritis dianalisis lebih lanjut di mana distribusi tekanan dan kecepatan tangensial masuk/keluar sudu dianalisis dan dikoreksi dengan CFD untuk meningkatkan efisiensi pembangkitan listrik. Desain aslinya dapat ditingkatkan untuk mencapai efisiensi 93,01%. Secara umum, sudut masuk/keluar sudu menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap keluaran daya turbin. Terakhir, disajikan perbandingan desain yang dioptimalkan dan teoritis.

Kata kunci : Prototype PLTMH, turbin vortex, sudu vortex, pembangkit listrik sistem vortex.

Abstrack

A vortex turbine is a turbine that utilizes an whirlpool to rotate the turbine blades and then convert them into rotational energy. In the process, water from the river is channeled through the inlet to the circular turbine tank and in the middle of the bottom tank there is an exhaust channel. As a result of this outlet channel, the flowing water will form a whirlpool flow. The water level (head) required for this turbine is 0.7 – 2 meter and the water debit is around 1000 liters per second. Many rivers have potential for high water debit have low heads are not yet utilized.

The efficiency of a turbine is greatly influenced by the runner wheel. First, a theoretical design is carried out to determine the main characteristics that show an efficiency of 94%. Usually, theoretical equations are generalized and simplified and also assume constants from experienced data and hence the theoretical design will only be an approximation. This was confirmed as the same theoretical design showed only 59.98% efficiency by computational fluid dynamics (CFD) evaluation. Then, the proposed design is theoretically analyzed further where the pressure distribution and blade inlet/exit tangential velocity are analyzed and corrected with CFD to improve the power generation efficiency. The original design can be improved to achieve 93.01% efficiency. In general, the blade entry/exit angle shows a significant influence on the turbine power output. Finally, a comparison of the optimized and theoretical designs is presented.

Keywords: PLTMH Prototype, Vortex turbine, vortex blade, generator vortex system electricity.

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

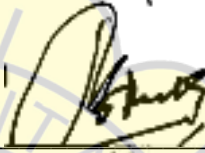
Judul tesis : SIMULASI PEMBANGKIT LISTRIK SISTIM VORTEX
DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU
Nama : Dewanto Fajrie.S,T.
NIM : 2021910002

Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji

Dr. Muhammad Syukri Nur. M.Si.
(Komisi Pembimbing Utama)



Prof.Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU
(Komisi Pembimbing)



Dr.Ir. As Natio Lasman
(Penguji)




Dr. Muswar Muslim, MSc
(Penguji)



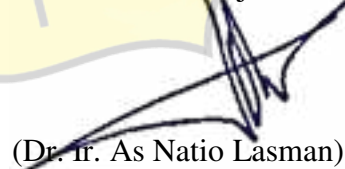
Mengetahui

Ketua-Program Studi

Direktur Pascasarjana



(Dr.Eng Aep Saepul Uyun,S.T p, M.Eng)



(Dr. Ir. As Natio Lasman)

Tanggal Ujian : 08 Agustus 2023

Tanggal Yudisium : 16 Agustus 2023

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Alhamdulillah penulis mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Dan tak lupa shalawat dan salam kepada Nabi besar kita Nabi Muhammad SAW, karena berkat ridho dan magfiroh-Nya sehingga Tesis ini bisa terselesaikan dengan baik. Tesis ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Studi Magister Energi Terbarukan di Universitas Darma Persada.

Dalam perkembangan teknologi yang semakin pesat, membutuhkan energi terbarukan untuk menggantikan energi fosil yang nantinya akan berkurang bahkan habis. Salah satunya adalah Sumber daya energi terbarukan seperti sistem pembangkit listrik tenaga air. Pembangkit listrik tenaga air adalah pembangkit yang ramah lingkungan, dimana Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari perairan yang cukup luas.

Tesis ini berisikan tentang keseluruhan informasi sumber energi terbarukan yaitu pembangkit listrik mikrohidro sistem vortex, dimana ilmunya bisa diaplikasikan di dunia kerja sebenarnya. Didalam Tesis ini juga disertakan jadwal dan agenda kegiatan dalam penyusunan Tesis. Salah satu manfaat pembangunan pembangkit listrik tenaga air yaitu energi yang bersih karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca dan polusi udara lainnya. Penggunaan PLTA membantu mengurangi dampak negatif terhadap perubahan iklim dan lingkungan secara keseluruhan

Tesis ini disusun dengan penuh dedikasi dan semangat pembaharuan untuk memberikan informasi yang akurat dan relevan bagi pembaca. Selama penyusunan Tesis ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang membantu menyelesaikan Tesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tesis ini masih banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu penulis memohon maaf atas ketidaksempurnaan ini karena sesungguhnya kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan dan penyempurnaan Tesis ini.

Jakarta, 14 Oktober 2023

Dewanto Fajrie.S.T.

RIWAYAT HIDUP

Semasa kuliah, saya mempunyai pengalaman sebagai ketua BEM (Badan Eksekutif Mahasiswa), Praktek Teknik Autocad 3 D, belajar teknik manajerial, saya mempunyai pengalaman bekerja di PT.Astra Honda Motor, Sunter dan belajar tentang cara menganalisis perbaikan, cara membuat mobil dalam proses (perencanaan, pengepresan, pengelasan, pengecatan, perakitan, pemeriksaan akhir, dll), menyelesaikan masalah proses mesin dan merancang model baru untuk mobil dan sepeda motor dengan ide-ide yang menarik pelanggan, belajar banyak tentang program cmm dan mesin atau mesin pengukur koordinat. Saya memiliki pengalaman di bidang Mekanik Minyak dan Gas, kelistrikan, perpipaan dan jasa pada bulan Maret 2010 hingga Juni 2010, selanjutnya saya memiliki pengalaman sebagai Supervisor HRD di LG Electronic Juli 2010 hingga Desember 2010, selanjutnya saya memiliki pengalaman 10 tahun di bidang manufaktur, PT Suzuki Indomobil sebagai Project Manajer, Section head, Trainer, Leader Production, dan Safety Trainer pada tahun 2011 hingga 2021. Pada bulan Juni 2022 hingga Desember 2022 saya memiliki pengalaman sebagai SPV Produksi dan SPV RND, Pada bulan Januari 2023 sd Januari 2024 Saya mempunyai pengalaman sebagai Project coordinator, Engineering, Project Management dan Project Manager di PT TPI Manufacturing, saya berusaha menjadi yang terbaik dan mengharumkan nama perusahaan di tingkat dunia, dan saya juga berhasil meraih gelar master gelar di bidang Teknik di tahun 2023, dan dari tahun 2023 bulan januari sampai sekarang bekerja di PT Petrolab sebagai General affairs.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas semua bantuannya baik langsung maupun tidak langsung, khususnya kepada :

1. Ayah dan Ibu serta seluruh keluarga tercinta yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan dalam menempuh pendidikan.
2. Bapak Dr. Muhammad Syukri Nur. M.Si. selaku Dosen Pembimbing.
3. Bapak Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat selaku Dosen Pembimbing.
4. Bapak Dr.Eng Aep Saepul Uyun.,S.Tp, M.Eng. selaku Ka.Prodi Teknik Energi Terbarukan dan Bapak Bangun Novianto., M.Eng. yang telah memberikan waktu luangnya untuk membimbing penulis.
5. Bapak Dr.Ir. As Natio Lasman selaku Direktur Pascasarjana Universitas Darma Persada yang telah memberikan nasehat dan bimbingan kepada saya selaku penulis.
6. Seluruh Dosen dan karyawan di lingkungan Pascasarjana Teknik Energi Terbarukan, terima kasih atas jalinan kerjasama dan ilmu yang telah diberikan pada penulis.
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2021 Pascasarjana Teknik Energi Terbarukan.
8. Rekan rekan dari BRIN yang telah memberikan data untuk perkembangan tesis penulis.

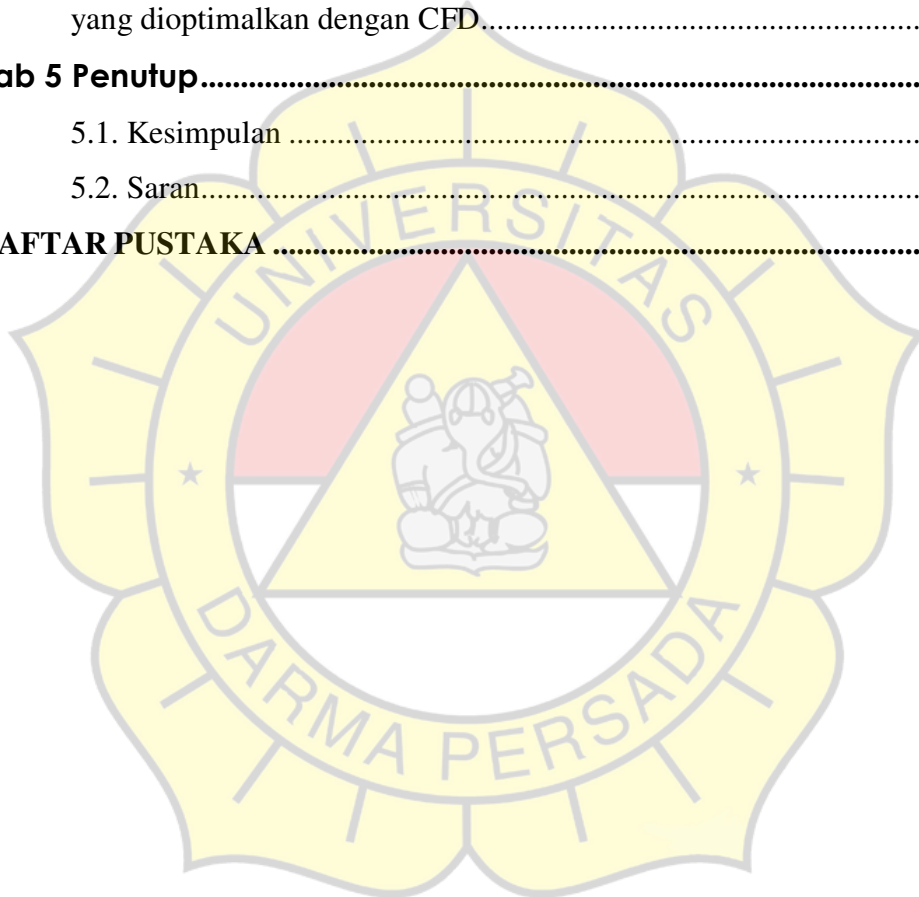
Dalam penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penyusunan laporan berikutnya. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan untuk orang lain pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Daftar Isi

KATA PENGANTAR	ii
RIWAYAT HIDUP	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	viii
DAFTAR NOTASI	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5. Sistematika Penulisan Tesis	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Potensi Energi Terbarukan di Indonesia	4
2.2. Pemanfaatan Energi Air	4
2.2.1 Klasifikasi Turbin Air Mikrohidro.....	5
2.2.2. Metode dan Sistem Kerja Turbin Vortex	7
2.3. Aliran air Vortex	14
2.4. Computational Fluid Dynamic (CFD)	19
2.4.1. Setup Solving CFD	20
2.4.2. Batasan Uji coba simulasi	21
2.6. Sudut Koordinat	26
2.7. Perilaku arus.....	27
Bab 3 Metodologi Penelitian	29
3.1. Diagram Alir Penelitian	29
3.2. Perhitungan Desain Turbin	35

3.2.1 Desain teoritis.....	37
3.2.2 Flow Parameter	37
Tabel 3 3 Head Desain	39
3.3. Pembuatan Model 3D.....	39
3.6. Desain Baling Baling Pemandu	40
Bab 4 Hasil dan Pembahasan	42
4.1. Hasil Analisa Optimum Roda Runner dengan Menggunakan CFD ...	42
4.2. Perbandingan Kecepatan Tangensial pada Desain Teoretis dan Desain yang dioptimalkan dengan CFD.....	49
Bab 5 Penutup.....	53
5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55

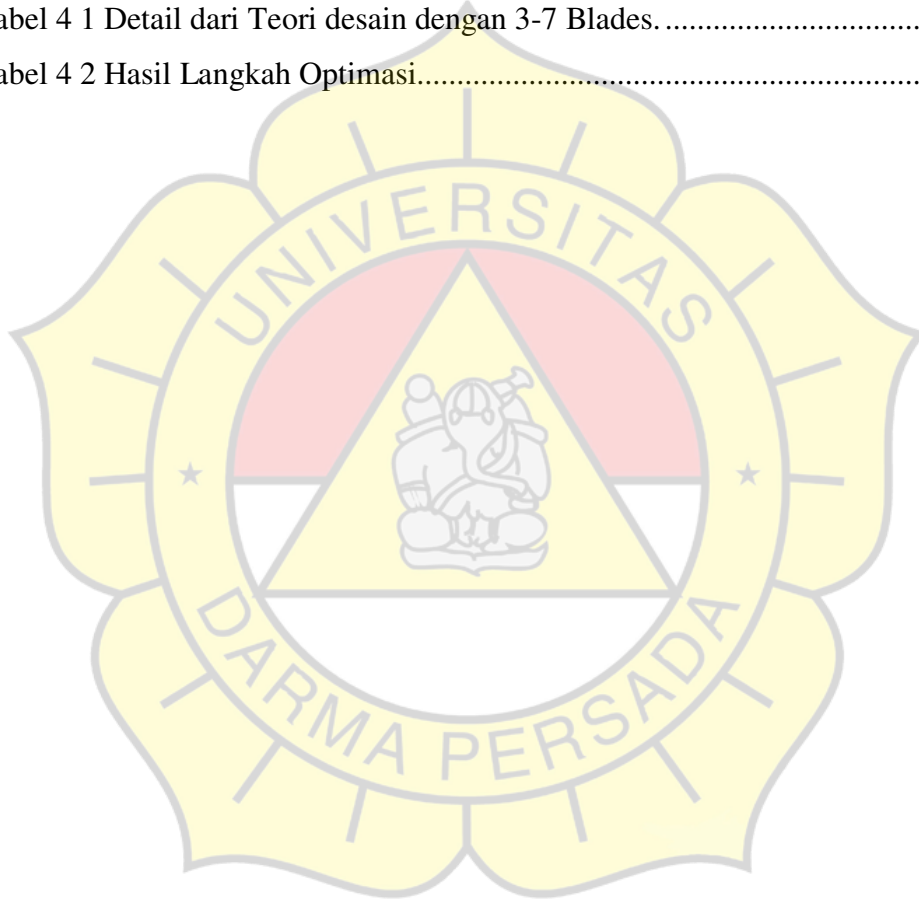


Daftar Gambar

Gambar 2 1 Komponen Turbin Vortex	5
Gambar 2 2 Skema Alur Aliran Vortex	7
Gambar 2 3 Klasifikasi Aliran Vortex Berdasarkan Kekuatannya	14
Gambar 2 4 Skema Aliran Vortex Paksa	16
Gambar 2 5 Fundamental Aliran Mekanik Fluida	18
Gambar 2 6 Tipe Saluran Masuk	18
Gambar 2 7 Saluran Vortex.....	19
Gambar 3 1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3 2 Tahap Desain Bilah Turbin	36
Gambar 3 1Perencanaan Turbin.....	37
Gambar 3 2 Desain Diagram dari Turbin Kaplan	38
Gambar 3 3 Skema Penampang Sudu dan Segitiga Kecepatan yang relevan ..	21
Gambar 3 4 Tepi Depan dan Tepi Belakang.....	23
Gambar 3 5 Skema Roda Runner atau Runner yang berkaitan dengan Titik Koordinat: tampak kiri - depan, tampak kanan - atas.	26
Gambar 3 6 3D models : (a) wheel, (b) wheel with guide vanes.....	39
Gambar 4 1 Kiri Model dari Runner dan Baling-baling pepadu, kanan-pembuatan mesh di CFD dan ANSYS 15.....	43
Gambar 4 2 <i>Tangential velocity C_u vs inlet velocity C_o</i>	44
Gambar 4 3 Efisiensi vs kecepatan inlet	45
Gambar 4 4 Output Daya Runner yang di optimalkan.....	46
Gambar 4 5 Kecepatan Tangensial pada Diameter berbeda: Desain Teoretis, Teoretis CFD, dan optimalisasi CFD.....	47
Gambar 4 6 Efisiensi Keluaran Daya yang Diharapkan (bagian atas), (bagian bawah) dari Runner dan yang Dioptimalkan dengan Perubahan kecepatan masuk.	48
Gambar 4 7 Garis Aliran kecepatan: Kiri - Desain yang dioptimalkan, Kanan – Desain Teoretis.	49
Gambar 4 8 Distribusi Tekanan pada Roda Runner: Atas – Sebelum Optimasi, Bawah – Setelah Optimasi.	50

Daftar Tabel

Tabel 3 1 Head Desain	39
Tabel 3 2 Detail Perhitungan Teori.....	24
Tabel 3 3 Nilai Kalkulasi (titik koordinat).....	27
Tabel 3 4 Koordinat Baling-Baling Pemandu.....	40
Tabel 4 1 Detail dari Teori desain dengan 3-7 Blades.....	42
Tabel 4 2 Hasil Langkah Optimasi.....	47



DAFTAR NOTASI

m	masa kg
g	percepatan Gravitasi m/s^2
z	ketinggian m
v	Kecepatan aliran fluida m/s
p	Tekanan Pa
ρ	Densitas kg/m^3
d	diameter lubang outlet m
ω	Kecepatan Sudut rad/s
C	Konstanta dari kekuatan vortex
Γ	Sirkulasi m/s
ζ	vorticity rad/s
Q	Debit m^3/s
H	Tinggi Level Air m
n	Putaran poros rpm
η_s	Kecepatan Spesifik rpm

