

DESERTASI

PEMODELAN RUNNER TURBINE CROS-FLOW DENGAN  
*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*  
PADA MIKROHIDRO *TUBE* YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN

Oleh:  
PURWANTO  
NIM : 30000215510001



SEKOLAH PASCASARJANA

PROGRAM DOKTOR ILMU LINGKUNGAN  
SEKOLAH PASCASARJANA UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2022

## LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN RUNNER TURBINE CROS-FLOW DENGAN  
*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*  
PADA MIKROHIDRO *TUBE* YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN

Oleh:

PURWANTO

NIM : 30000215510001

Telah diuji dan dinyatakan lulus ujian pada tanggal 15 bulan Juni tahun 2022  
oleh Tim Penguji Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana  
Universitas Diponegoro

Promotor :

Ko. Promotor:

Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si  
NIP. 196602201991021001  
Tanggal.....

Dr.Ir. Hermawan, DEA  
NIP. 196002231986021001  
Tanggal.....

Dekan  
Sekolah Pascasarjan  
Universitas Diponegoro

Ketua Program Studi  
Doktor Ilmu Lingkungan  
Sekolah Pascasarjana  
Universitas Diponegoro

Dr. R.B. Sularto, S.H.,M.Hum  
NIP. 19670101199103 1 005

Dr. Budi Warsito, S.Si.,M.Si  
NIP. 19750824199903 1 003

## LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN RUNNER TURBINE CROS-FLOW DENGAN  
*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*  
PADA MIKROHIDRO *TUBE* YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN

Oleh:  
PURWANTO  
NIM : 30000215510001

Telah disetujui oleh:

Pimpinan Sidang :  
Dr. R.B. Sularto, S.H.,M.Hum. ....

Sekretaris Sidang:  
Dr. Budi Warsito, S.Si.,M.Si. ....

Anggota Tim Penguji:  
Prof. Dr. Totok Prasetyo, B.Eng.,M.T.,IPU.,ASEAN ENg. ....

Syaiful, S.T.,M.T.,Ph.D. ....

Dr. Ing. Sudarno, S.T.,M.Sc. ....

Dr.Ir. Hermawan, DEA. ....

Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si. ....

## PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa disertasi dengan judul “Pemodelan runner turbine *cross-flow* dengan *computational fluid dynamics* pada mikrohidro *tube* berwawasan lingkungan” benar-benar karya asli saya sendiri yang disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Sekolah Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.

Hasil karya orang lain yang saya kutip pada bagian-bagian tertentu disertasi saya, telah ditulis sumbernya secara jelas dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah secara benar. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian disertasi ini bukan hasil karya saya sendiri atau plagiat, maka saya bersedia menerima pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, Juni 2022

Purwanto

SEKOLAH PASCASARJANA

## BIODATA PENULIS



Purwanto, ST.,M.Eng, lahir di Magelang pada tanggal 24 Pebruari 1973. Pendidikan yang pernah ditempuh yaitu Sekolah Dasar Negeri Bligo 02 Ngluwar, Kabupaten Magelang Lulus 1987, SMP Negeri 01 Ngluwar Magelang Lulus 1990, SMU Negeri 01 Seyegan Sleman Yogyakarta Lulus 1993. Pendidikan Perguruan Tinggi Strata 1 (S-1) Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta Lulus 1999.

Keinginan yang besar untuk selalu berkembang maka pada Tahun 2008 ikut serta dalam seleksi dan diterima sebagai Mahasiswa Strata dua (S-2) Magister System Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta Konsentrasi Mikrohidro lulus 2011. Tahun 2013 ditetapkan sebagai Dosen STIMART-AMNI Semarang. Tahun 2015 mendapatkan beasiswa dari KEMENRISTEK DIKTI untuk melanjutkan pendidikan Program Doktor Ilmu Lingkungan di Sekolah Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.

Sejak lulus program sarjana langsung mengabdikan diri sebagai guru SMK 02 Rowosari kendal, mengajar bidang permesinan, pengelasan dan otomotif, pada tahun 2008 mendapat sertifikat kompetensi *Tune Up Konvensional* dari BNSP, Tahun 2009 mendapat sertifikat Kompetensi *Welding* dari BNSP, dan Tahun 2017 mendapat sertifikat Kompetensi *Welding Inspector* dari BNSP. Tahun 2019 mendapat Hibah Penelitian Doktor dari kemenristek, Selain sebagai dosen tetap Universitas Maritim AMNI Semarang, mulai tahun 2020 sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Maritim AMNI Semarang

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang dengan segala Rahmat dan KaruniaNya yang berlimpah penulis dapat menyelesaikan penulisan Disertasi yang berjudul “Pemodelan runner turbine Cross-flow dengan *computational fluid dynamics* pada Mikrohidro Tube berwawasan lingkungan” Kesempatan ini saya sampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si., Dr.Ir. Hermawan, DEA selaku Promotor dan Ko-Promotor yang setulus hati dengan sabar membimbing mencurahkan pemikiran dan perhatiannya, dan memberikan motivasi kepada penulis agar segera menyelesaikan disertasi, dan kewajiban publikasi artikel ilmiah.
2. Dr. Budi Warsito, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan sekaligus sebagai penguji yang memberikan dorongan, semangat, bimbingan, dan arahan untuk penyelesaian disertasi agar dapat diselesaikan.
3. Prof. Dr Totok Prasetyo, B.Eng, M.T.,IPU dan Dr. Ing. Sudarno, M.Sc serta Bapak Syaiful, S.T., M.T., Ph.D Selaku penguji yang sudah memberikan masukan, dorongan dan arahan dalam penyempurnaan penulisan disertasi.
4. Menik Handayani Kartika Dewi, S.Si.,Apt (Istri) yang selalu mengingatkan dan memberikan motivasi untuk terselesaikanya disertasi.
5. Semua pihak yang telah membantu terutama teman-teman Program Doktor Ilmu Lingkungan angkatan 9 dalam suka maupun duka bersama-sama menjalani proses pendidikan ini.
6. Direktorat Jendral Sumber Daya Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Kementrian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dana Penelitian Dersertasi Doktor (PDD)

Semarang, Juni 2022

Penulis

Purwanto



# DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
BIODATA PENULIS .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
LAMPIRAN.....	xiii
SINGKATAN .....	xiii
ABSTRAK.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
RINGKASAN.....	xviii
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Orisinalitas Penelitian .....	6
1.4 Tujuan Umum Penelitian .....	26
1.5 Tujuan Khusus Penelitian.....	26
<b>BAB II .....</b>	<b>27</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>27</b>
2.1 Pengertian Pembangkit Listrik Mikrohidro Model Tube.....	27
2.2 Teknologi Mekrohidro Model <i>Tube</i> .....	34
2.3 Klasifikasi <i>Turbine</i> Air .....	34
2.4 Klasifikasi <i>Turbine</i> Air Berdasarkan perubahan Fluida Kerjanya .....	35
2.5 Klasifikasi <i>Turbine</i> Air Berdasarkan Kecepatan Spesifik ( $n_s$ ).....	36
2.6 Klasifikasi <i>Turbine</i> Air Berdasarkan <i>Head</i> dan Debit. ....	36
2.7 Keunggulan <i>Turbine Cros-flow</i> .....	37
<b>BAB III.....</b>	<b>41</b>

<b>KERANGKA TEORI DAN KONSEP PENELITIAN .....</b>	<b>41</b>
3.1 Kerangka Teori.....	41
3.1.1 Poros Runner.....	41
3.1.2 Momen Lentur .....	42
3.1.3 Momen Lentur Akibat Gaya Vertikal (Sumbu Y).....	45
3.1.4 Momen Lentur Akibat Gaya Aksi Arah Sumbu Z.....	46
3.1.5 Pasak .....	50
3.1.6 Bantalan/ Bearing .....	51
3.2 Kerangka Konsep Penelitian .....	54
3.3. Hipotesa.....	54
3.3.1 Hipotesa Mayor.....	54
3.3.2 Hipotesa Minor .....	54
<b>BAB IV .....</b>	<b>56</b>
<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>56</b>
4.1 Metode Penelitian.....	56
4.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	56
4.3 Batasan Penelitian .....	57
4.4 Alat dan Bahan Penelitian .....	58
4.5 Tahapan Penelitian .....	58
4.5.1 Efisiensi <i>Runner Turbine Cros-flow</i> Panjang 130 mm.....	60
4.5.2 Uji Efisiensi <i>Runner</i> Dengan Variasi Blade Masuk ( $\theta=20^0$ ) .....	68
4.5.3 Uji Efisiensi <i>Runner</i> Dengan Variasi Blade Masuk ( $\theta=15^0$ ) .....	69
4.5.4 Uji Efisiensi Regulator dan Katup .....	73
4.5.5 Pengamatan kebocoran .....	77
<b>BAB V.....</b>	<b>79</b>
<b>HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>79</b>
5.1 Desain Pemodelan CFD Mikrohidro Tube.....	79
5.1.1 Geometri .....	80
5.1.2 Meshing .....	80
5.1.3 Seting Komputasi.....	81
5.1.4 Pengambilan Data dengan <i>Computational Fluid Dynamics</i> .....	83
5.2 Perencanaan Simulasi Mikrohidro <i>Tube</i> . .....	88
<b>BAB VI.....</b>	<b>90</b>



<b>PEMBAHASAN</b> .....	90
6.1. Pemodelan CFD pada Mikrohidro Tube .....	90
6.2. Analisa data <i>Coefisien of Power(Cp)</i> dan Kecepatan Rotasi (RPM) dengan Computational Fluid Dynamics pada masing masing kasus. ....	90
6.3. Simulasi Runner <i>Cros-flow</i> Mikrohidro Tube.....	108
6.4. Pengujian <i>Runner Cros-flow</i> Pada Mikrohiro Tube.....	110
6.5. Pengambilan data Validasi eksperiment.....	112
6.6. Daya Out put Mikrohidro Tube.....	117
6.7. Dampak Ekonomi Mikrohiro <i>Tube</i> .....	119
6.8. Dampak Sosial Mikrohiro <i>Tube</i> .....	121
6.9. Dampak lingkungan dari Mikrohidro Tube.....	123
<b>BAB VII</b> .....	130
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	130
6.1 Kesimpulan.....	130
6.2 Saran.....	132
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	133
<b>LAMPIRAN</b> .....	145

SEKOLAH PASCASARJANA

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Riwayat Penelitian Terdahulu Berhubungan dengan PLTMH .....	13
Tabel 2.1 Kecepatan Spesifik <i>Turbine</i> Konvensional.....	36
Tabel 3.1 Persentase Kecepatan Liar <i>Turbine</i> Air .....	42
Tabel 3.2 Klasifikasi Bantalan Gelinding .....	52
Tabel 4. 1 Prestasi Pembangkit mini mikrohiro tube terhindar dari Kebocoran..	78
Tabel 6. 1 Pengambilan data <i>Coefisien of power (Cp)</i> runner sudut <i>blade</i> 10 <sup>0</sup> ....	92
Tabel 6. 2 Pengambilan data <i>Coefisien of power (Cp)</i> runner sudut <i>blade</i> 15 <sup>0</sup> ....	95
Tabel 6. 3 Pengambilan data <i>Coefisien of power (Cp)</i> runner sudut <i>blade</i> 20 <sup>0</sup> ....	98
Tabel 6. 4 Pengambilan data <i>Coefisien of power (Cp)</i> runner sudut <i>blade</i> 25 <sup>0</sup> ..	101
Tabel 6. 5 Pengambilan data <i>Coefisien of power (Cp)</i> runner sudut <i>blade</i> 30 <sup>0</sup> ..	104
Tabel 6. 6 Pengambilan data eksperiman pembebanan runner sudut <i>blade</i> 20 <sup>0</sup> ..	113
Tabel 6. 7 Pengambilan data Pembebanan pada runner blade 20 <sup>0</sup> head 4m .....	114
Tabel 6. 8 Hasil CFD dengan Hasil Eksperimen .....	116
Tabel 6.9 Kebutuhan Pembangunan Mikrohidro Tube.....	120
Tabel 6.10 Diskripsi Ekonomi Mikrohidro tube dan Listrik PLN .....	121
Tabel 6.11 Perhitungan Nilai Emisi CO <sub>2</sub> .....	125
Tabel 6.12 Mengukur Emisi CO <sub>2</sub> kebutuhan material dan energi mikrohidro <i>tube</i> .....	126
Tabel 6. 13 Besar Emisi CO <sub>2</sub> PLTMH dan Mikrohidro Tube .....	127

SEKOLAH PASCASARJANA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Turbine</i> yang sekaligus menggerakkan mesin penggilingan padi.....	29
Gambar 2. 2 <i>Turbine</i> yang sekaligus menggerakkan mesin giling kopi .....	30
Gambar 2. 3 Sistem PLTMH Terpadu (Bachtiar & Putra, 2014) .....	32
Gambar 2. 4 Kurva Efisiensi Beberapa <i>Turbine</i> dengan Pengurangan Debit.....	38
Gambar 2. 5 Runner <i>Cros-flow</i> .....	39
Gambar 2. 6 Elbow <i>Turbine Cros-flow</i> .....	40
Gambar 2. 7 Katup <i>Turbine Cros-flow</i> .....	40
Gambar 3. 1 Pembebanan Pada Bantalan	42
Gambar 3. 2 Pembebanan Bantalan yang Disederhanakan	45
Gambar 3. 3 Diagram Batang Bebas Arah Gaya Vertikal (Sumbu Y)	45
Gambar 3. 4 Diagram Momen Lentur Akibat Gaya vertikal (Sumbu Y)	46
Gambar 3. 5 Diagram Batang Bebas Arah Gaya Sumbu Z	46
Gambar 3. 6 Diagram Momen Lentur Akibat Gaya Arah Sumbu Z	47
Gambar 3. 7 Diagram Momen Poros Runner	48
Gambar 3. 8 Posisi Pasak Pada Poros.	50
Gambar 3. 9 Macam-macam Bantalan Gelinding.	53
Gambar 3. 10 Kerangka Konsep Penelitian	54
Gambar 4. 1 a) <i>Tacho Meter</i> , b) <i>Power Meter</i> , ) Panel listrik, d) Timbangan pegas, e) Alat alat perlengkapan .....	58

Gambar 4. 2 Alur penelitian .....	59
Gambar 4. 3 <i>Runner</i> .....	60
Gambar 4. 4 Proses Merakit <i>Runner</i> .....	63
Gambar 4. 5 Analisa Segi Tiga Kecepatan pada Blade Masuk $\theta = 20^0$ .....	63
Gambar 4. 6 Kesetimbangan Energi Pada Sistem Mikrohidro Tube .....	71
Gambar 4. 7 Pengukuran Torsi dengan Mekanisme Pengereman .....	76
Gambar 5. 1 Geometri model domain fluida sistem .....	80
Gambar 5. 2 Hasil <i>Meshing</i> .....	81
Gambar 5. 3 Distribusi fraksi volume air pada blade 8; 12 head 2,5m .....	83
Gambar 5. 4 Distribusi fraksi volume air pada blade 8; 12 head 3m .....	83
Gambar 5. 5 Distribusi fraksi volume air pada blade 8; 12 head 3,5m .....	83
Gambar 5. 6 Distribusi fraksi volume air pada blade 8;12 head 4m .....	84
Gambar 5. 7 Distribusi fraksi volume air pada 16; 20 head 2,5 m .....	84
Gambar 5. 8 Distribusi fraksi volume air pada blade 16; 20 head 3m .....	84
Gambar 5. 9 Distribusi fraksi volume air pada blade 16;20 head 3,5m .....	84
Gambar 5. 10 Distribusi fraksi volume air pada blade 16;20 head 4m .....	85
Gambar 5. 11 Distribusi fraksi volume air pada blade 24;28 head 2,5m .....	85
Gambar 5. 12 Distribusi fraksi volume air pada blade 24;28 head 3m .....	85
Gambar 5. 13 Distribusi fraksi volume air pada blade 24;28 head 3,5m .....	85
Gambar 5. 14 Distribusi fraksi volume air pada blade 24;28 head 4m .....	86
Gambar 5. 15 Simulasi Mikrohidro Tube .....	89
Gambar 6. 1 Konstruksi Mikrohiro <i>Tube</i> .....	90
Gambar 6. 2 Konstruksi runner <i>Cross flow</i> .....	91
Gambar 6. 3 Hubungan Kecepatan rotasi dan ( $C_p$ ) runner sudut blade $10^0$ .....	93
Gambar 6. 4 Hubungan Kecepatan rotasi dan ( $C_p$ ) runner sudut blade $15^0$ .....	96
Gambar 6. 5 Hubungan Kecepatan rotasi ( $Rpm$ ) dan <i>Coefisien of power</i> .....	99
Gambar 6. 6 Hubungan Kecepatan rotasi dan( $C_p$ ) runner sudut blade $25^0$ ...	102
Gambar 6. 7 Hubungan Kecepatan rotasi dan ( $C_p$ ) runner sudut blade $30^0$ ...	105
Gambar 6. 8 <i>Distribution of water volume fraction</i> at $15^0$ , head 2,5m.,3m 3,5.,4m dengan 20 blade .....	109
Gambar 6. 9 <i>Distribution of water volume fraction</i> at $20^0$ head 2,5m.,3m 3,5m dan 4m dengan 20 blade .....	110
Gambar 6. 10 Runner cross flow .....	111

Gambar 6. 11 <i>Turbine</i> .....	112
Gambar 6. 12 Rumah Pembangkit Mikrohidro <i>Tube</i> .....	112
Gambar 6. 13 Grafik Karakteristik daya tertinggi runner jumlah <i>blade</i> 20 pada	114
Gambar 6. 14 Karakteristik daya turbin pada pembebanan lampu terhadap efisiensi .....	115
Gambar 6. 15 Karakteristik daya turbin pada pembebanan lampu terhadap frekuensi .....	115
Gambar 6. 16 Lingkup Analisa Dampak CO <sub>2</sub> Mikroidro <i>Tube</i> .....	125

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Data data Nondimensional.....	145
Lampiran 2. Runner Sudut 20 <sup>0</sup> .....	149
Lampiran 3. Runner Sudut 25 <sup>0</sup> .....	151
Lampiran 4. Runner Sudut 30 <sup>0</sup> .....	153

## SINGKATAN

ANSYS/ ANSOFT	: Stands for High Frequency Structure Simulator (HFSS)
AEK <sub>p</sub>	: Analisa Emisi Konstruksi pekerjaan
BEP	: Titik Efisiensi Terbaik
BCR	: Benefit Cost Ratio
BQ	: Bill Of Quantity
CFD	: Computational Fluid Dynamics
C <sub>p</sub>	: Coefisien of Power
CO <sub>2</sub>	: Karbon Dioksida
DAC	: Digital to Analog Convertation
EBT	: Energi Baru Terbarukan

EF	: Embodied Energy
ESDM	: Energi dan Sumber Daya Mineral
EC <sub>E</sub>	: Embodied Emisi CO <sub>2</sub> per Konsumsi Energy
FE	: Faktor Emisi
Gwp	: Global Warning potensial
Hde	: Harga Dasar Emisi
HSE	: Nilai Satuan Emisi CO <sub>2</sub> per m <sup>2</sup> luas bangunan
IRR	: International Rate of Return
JTR	: Jaringan Transmisi Rendah
KVA	: Kilo Volt Ampere
KEN	: Kebijakan Energi Nasional
KWh	: Kilowatt-jam
LCY	: Life Cycle Assesment
M-E	: Mekanikal-Elektrikel
NPV	: Net Present Value
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
PLTMH	: Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro
PLTA	: Pembangkit Listrik Tenaga Air
PLTU	: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PLTD	: Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
PBP	: Pay Back Periode
RUEN	: Rencana Umum Energi Nasional
RE	: Rencana Emisi CO <sub>2</sub>
RPM	: Rotasi per Menit



ST37 : Steel memiliki kekuatan tarik 37 kg/mm<sup>2</sup>

SDGs : Sustainable Development Goals



**SEKOLAH PASCASARJANA**

## ABSTRAK

Pemanfaatan potensi sumber air yang melimpah khususnya di pedesaan belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai sumber energi baru terbarukan (*renewable energy*) yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung perekonomian masyarakat desa yang belum terjangkau oleh listrik PLN. Era Teknologi perkembangan program *Computational fluid dynamics (CFD)* sangat pesat membuat metode ini menjadi *trend* diberbagai bidang industri yang memanfaatkan sebagai pembanding data eksperimen murni dan teori murni. Program *Computational fluid dynamics (CFD)* merupakan perangkat lunak yang dapat menggantikan persamaan-persamaan *integral* dan *deferensial* parsial menjadi persamaan aljabar yang terdiskritisasi (pertambahan, pengurangan, perkalian dan pembagian) dimana dapat diselesaikan dengan sebuah komputer untuk menghasilkan solusi berupa nilai-nilai aliran pada titik ruang dan waktu. Pemodelan *Mikrohidro Tube* dengan *Computational fluid dynamics (CFD)* ini bertujuan untuk mendapatkan *Coefisien of Power (Cp)* terbaik *runner Cros-flow* dengan panjang 130mm dan diameter 80mm pada mikrohidro *tube*. Parameter-parameter yang digunakan dalam mengetahui *Coefisien of Power (Cp)* sebuah *runner cros-flow* adalah sudut *blade* dan jumlah *blade*. Pemodelan *runner cros-flow* ini menggunakan sudut *blade* runner  $10^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$  dan  $25^{\circ}$  dan  $30^{\circ}$  dengan jumlah *blade* 8, 12, 16, 20, 24, 28, setelah dilakukan pemodelan CFD dan validasi (Makarim *et al.*, 2019) menghasilkan *coefisien of power (Cp)* terbaik 31,65% pada pada *runner* sudut *blade*  $20^{\circ}$  dan jumlah *blade* 20 pada putaran 600 rpm. Berdasarkan Hasil data eksperimen maka terdapat kesesuaian dengan pemodelan *Computational fluid dynamics (CFD)* dimana hasil eksperimen menunjukkan pada *runner* dengan *blade*  $20^{\circ}$  jumlah *blade* 20 dan head 4m menghasilkan *efisiensi turbine* sebesar 24,68% pada putaran *runner* 510 rpm dengan daya terbangkitkan tertinggi sebesar 1224,32 Watt. Mikrohidro *tube* memberikan solusi untuk 2500 desa yang belum terjangkau oleh listrik PLN karena pembangunan yang murah dan terjangkau, untuk daya 1224,32 Watt membutuhkan dana Rp 4.443.000,00.

Kata kunci : *Runner, Cros-flow, Computational fluid dynamics, Coefisien of Power.*

## ABSTRACT

*Utilization of the potential of abundant water sources, especially in rural areas, has not been fully utilized as a source of new renewable energy that can be used to support the economy of rural communities that have not been reached by PLN electricity. In the technological era, the development of Computational fluid dynamics (CFD) programs is very rapid, making this method a trend in various industrial fields that use it as a comparison of pure experimental data and pure theory. Computational fluid dynamics (CFD) program is software that can replace integral and partial differential equations into discretized algebraic equations (addition, subtraction, multiplication and division) which can be solved by a computer to produce solutions in the form of flow values at points space and time. Microhydro Tube modeling with Computational fluid dynamics (CFD) aims to obtain the best Coefficient of Power ( $C_p$ ) for the Cross-flow runner with a length of 130mm and a diameter of 80mm on a microhydro tube. The parameters used to determine the Coefficient of Power ( $C_p$ ) of a cross-flow runner are the blade angle and the number of blades. This cross-flow runner modeling uses blade runner angles of 100, 150, 200 and 250 and 300 with the number of blades 8, 12, 16, 20, 24, 28, after CFD modeling and validation (Makarim et al., 2019) produces coefficients of power ( $C_p$ ) the best 31.65% on the runner angle of the blade 200 and the number of blades 20 at 600 rpm. Based on the results of experimental data, there is conformity with Computational fluid dynamics (CFD) modeling where the experimental results show that the runner with 200 blades, the number of blades is 20 and the head is 4m, resulting in turbine efficiency of 24.68% at 510 rpm runner rotation with the highest generated power of 1224,32 Watts. Microhydro tube provides a solution for 2500 villages that have not been reached by PLN electricity due to cheap and affordable construction, for 1224.32Watt power, it costs Rp. 4,443,000.00.*

**Keywords :** *Runner, Cros-flow, Computational fluid dynamics, Coefisien of Power.*

## RINGKASAN

Listrik merupakan elemen fundamental, dibutuhkan dalam pembangunan suatu negara. Semakin maju negara maka dibutuhkan kebutuhan listrik yang lebih besar dan juga penggunaan sumber energi mengalami peningkatan. Indonesia merupakan negara kepulauan dan negara berkembang yang memiliki permasalahan penyebaran pemerataan listrik untuk daerah terpencil karena letak geografisnya yang sulit terjangkau khususnya wilayah pedesaan. Prinsip pemodelan *computational fluid dynamics (CFD)* menggunakan tiga hukum dasar yaitu hukum kekekalan waktu, hukum kedua Newton/hukum kekekalan momentum dan hukum kekekalan energi, ketiga hukum tersebut dinyatakan dalam persamaan matematika yang berupa persamaan integral atau diferensial menjadi aljabar diskrit. Persamaan (penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian) yang memungkinkan untuk dikerjakan oleh program komputer. “Teknik *computational fluid dynamics (CFD)* mencapai tinggi tingkat masalah dan terjadi alat praktis untuk menentukan tindakan perilaku berbagai jenis mesin aliran fluida. Pemodelan *Mikrohidro Tube* dengan *Computational fluid dynamics (CFD)* ini bertujuan untuk mendapatkan *Coefisien of Power (Cp)* terbaik *runner Cros-flow* panjang 130mm, diameter 80mm pada mikrohidro *tube*. Mikrohidro *tube* memberikan solusi untuk 2500 desa yang belum terjangkau oleh listrik PLN karena pembangunan yang murah dan terjangkau, untuk daya 1224,32Watt membutuhkan dana Rp 4.443.000,00. Pembangkit *Mikrohidro Tube* ini juga bersifat mandiri dimana dari proses pembangunan, perawatan, dan pengelolaan dilakukan secara mandiri oleh kelompok masyarakat atau individu, serta memiliki sifatnya yang *portable* yaitu rumah pembangkit (*power house*) dapat digeser atau dipindahkan sesuai dengan kondisi dan potensi yang dimilikinya.

Kehadiran mikrohidro *tube* memberikan dampak positif terhadap daerah pedesaan yang belum terjangkau listrik PLN. Pemilihan mikrohidro *tube* sangat tepat dimana pembangkit listrik yang bersumber dari air (Mikrohidro, PLTA) tiap kWh menghasilkan zero emisi. Besarnya emisi CO<sub>2</sub> dalam pembangunan mikrohidro *tube* dipengaruhi beberapa faktor baik secara langsung maupun tidak langsung yaitu: Konstruksi Sipil, Mekanikal-Elektrikal (M-E) dan pembangunan Jaringan Transmisi Rendah (JTR). Mekanisme terbentuknya emisi CO<sub>2</sub> berasal dari dua sumber penggunaan energi dan proses kimia pada saat proses produksi bahan bangunan disebut *Embodied Energy (EE)* dan konsumsi *Energy* per kWh *Embodied CO<sub>2</sub>*. Besar nilai faktor emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan perhitungan teoritis, maka Mikrohidro *Tube* memiliki nilai faktor emisi sebesar 6,47 g-CO<sub>2</sub>/kWh, lebih kecil dari PLTMH tangsi Jaya Sebesar 8,19 g-CO<sub>2</sub>/kWh dan PLTMH Maninili sebesar 7,09 g-CO<sub>2</sub>/kWh. Kehadiran mikrohidro *tube* dapat meningkatkan perekonomian dan kegiatan masyarakat, maka pemanfaatan potensi sumber air yang melimpah khususnya di pedesaan menjadi dasar untuk mengembangkan pemanfaatan sumber energi secara maksimal dari hulu sampai hilir. Pembangunan mikrohidro *tube* dapat memanfaatkan dari saluran irigasi dari hulu untuk desa wisata karena melihat potensi yang dimiliki setiap wilayah/desa berbeda-beda. Bagian hilir dapat disinkronkan pada program lainnya seperti irigasi, pertanian, perikanan sehingga dapat mendorong masyarakat lingkungan pembangkit mikrohidro *tube* dalam menjaga kelestarian sumber air sehingga ketersediaan air terjamin. Faktor pendukung keberlanjutan mikrohidro *tube* adalah sosiologi, irigasi, ergonomi, ketersediaan air bersih, kualitas fisik, dan kebijakan pemerintah. Faktor penghambat pengoperasian mikrohidro *tube* adalah sumber daya manusia.