

SKRIPSI

**PERBANDINGAN EFISIENSI DAN DAYA
ELEKTRIK TURBIN *CROSSFLOW* SKALA PIKO
SUDU CEMBUNG DI *LEADING EDGE* DENGAN
*CURVATURE***



JEREMIA PASCAL SITINJAK

03051181924021

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

SKRIPSI

**PERBANDINGAN EFISIENSI DAN DAYA
ELEKTRIK TURBIN *CROSSFLOW* SKALA PIKO
SUDU CEMBUNG DI *LEADING EDGE* DENGAN
*CURVATURE***

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



OLEH

JEREMIA PASCAL SITINJAK

03051181924021

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

**PERBANDINGAN EFISIENSI DAN DAYA ELEKTRIK
TURBIN *CROSSFLOW* SUDU CEMBUNG DI *LEADING
EDGE* DENGAN *CURVATURE***

SKRIPSI

Diajukan Untuk melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

JEREMIA PASCAL SITINJAK

03051181924021

Indralaya, Maret 2024

Diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yan, S.T., M.Eng., Ph.D.,

NIP. 197112251997021001

Dr. Ismail Thamrin, S.T., M.T.

NIP. 197209021997021001

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.
Diterima Tanggal
Paraf

: 081/TKM/AK/2024

: 07-05-2024

: 

SKRIPSI

NAMA : JEREMIA PASCAL SITNJAK
NIM : 03051181924021
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : PERBANDINGAN EFISIENSI DAN DAYA
ELEKTRIK TURBIN *CROSSFLOW* SKALA
PIKO SUDU CEMBUNG DI *LEADING*
EDGE DENGAN *CURVATURE*
DIBUAT TANGGAL : 07 SEPTEMBER 2022
SELESAI TANGGAL : 29 FEBRUARI 2024

Palembang, Maret 2024

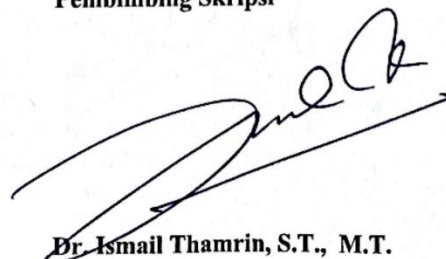
Diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing Skripsi

Mengetahui,



Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D. IPM
NIP.197112251997021001



Dr. Ismail Thamrin, S.T., M.T.
NIP. 197209021997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “PERBANDINGAN EFISIENSI DAN DAYA ELEKTRIK TURBIN *CROSSFLOW* SKALA PIKO SUDU CEMBUNG DI *LEADING EDGE* DENGAN *CURVATURE*” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 29 Februari 2024.

Palembang,
Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Dr.Dendy Adanta S.Pd,M.T.
NIP. 199306052019031016

(.....)

Sekretaris :

2. Aneka Firdaus S.T,M.T
NIP. 197502261999031001

(.....)

Anggota :

3. Barlin, S.T,M.Eng.,Ph.D
NIP. 198106302006041001

(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

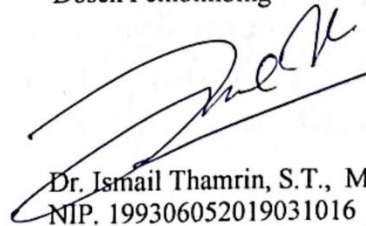


Irsyad Ham, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

Palembang,

Diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



Dr. Ismail Thamrin, S.T., M.T.
NIP. 199306052019031016

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik yang berjudul “perbandingan performa turbin *crossflow* sudu cembung di *Leading edge* dengan *Curvature*”.

Penulis dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir ini tentunya dengan mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak-pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Oscar kadarman sitinjak dan rame simbolon, kedua orang tua penulis yang telah memberikan do'a dan dukungan
2. Dr. Ismail Thamrin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing
3. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D IPM dan Prof Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP.selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
4. Seluruh Dosen, jajaran staf dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
5. *Hydropower Research Group* Univeristas Sriwijaya yang telah banyak membantu dalam proses penelitian

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan kemampuan yang ada. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk memberikan pengarahan menuju perbaikan kedepannya. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan semoga karya tulis ilmiah ini dapat bermanfaat sebagai referensi pembelajaran khususnya pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Indralaya, Februari 2023

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

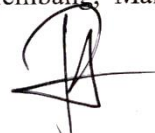
Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jeremia Pascal Sitinjak
NIM : 03051181924021
Judul : Perbandingan Efisiensi dan Daya Elektrik Turbin
Crossflow Skala Piko Sudu Cembung di *Leading Edge*
dengan *Curvature*

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Maret 2024



Jeremia Pascal Sitinjak

NIM. 03051181924021

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jeremia Pascal Sitinjak

NIM : 03051181924021

Judul : Perbandingan Efisiensi dan Daya Elektrik Turbin *Crossflow* Sudu Cembung di *Leading Edge* dengan *Curvature*

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Palembang, Maret 2024



Jeremia Pascal Sitinjak

NIM. 03051181924021

RINGKASAN

PERBANDINGAN EFISIENSI DAN DAYA ELEKTRIK TURBIN *CROSSFLOW* SKALA PIKO SUDU CEMBUNG DI *LEADING EDGE* DENGAN *CURVATURE*

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 29 Februari 2024

Jeremia Pascal Sitinjak, dibimbing oleh Dr. Ismail Thamrin, S.T., M.T.

xxv + 73 halaman, 21 tabel, 38 gambar, 2 lampiran.

RINGKASAN

Pemanfaatan energi baru terbarukan khususnya energi air sebagai salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi di Indonesia. PLTA merupakan salah satu pemanfaatan energi terbarukan. PLTA adalah suatu pembangkit energi listrik yang mengubah energi potensial air dengan memanfaatkan ketinggian dan kecepatan aliran air menjadi energi mekanik oleh turbin dan diubah lagi menjadi energi listrik oleh generator. Air adalah salah satu SDA yang jumlahnya tak terbatas, yang berpotensi sebagai energi alternatif. Oleh karena itu pilihan mengembangkan pembangkit listrik tenaga air ini salah satunya disebabkan potensi air yang ada di Indonesia yang cukup melimpah, sehingga sangat berpotensi untuk menciptakan energi yang diubah menjadi sebuah arus listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) skala piko mempunyai peran penting pada pembangunan ekonomi di daerah pedesaan terpencil. Pemanfaatan energi air pada skala piko membutuhkan turbin kecil yang menggabungkan efisiensi dan ekonomi. Turbin *Crossflow* adalah perangkat yang digunakan untuk menghasilkan tenaga dari air, yang merupakan sumber energi terbarukan. Turbin *crossflow* merupakan turbin yang tepat untuk digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga air skala piko khususnya di daerah pedesaan terpencil di Indonesia karena beberapa kelebihan yang

dimilikinya, yaitu konstruksi yang sederhana, performa yang baik diberbagai variasi aliran, kesesuaiannya untuk ditempatkan pada kondisi *head* yang rendah. Salah satu parameter yang mempengaruhi performa dari turbin *crossflow* adalah Bentuk kurva disk dan sudu .Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bentuk *upper* sudu turbin *crossflow* terhadap daya elektrik dan efisiensi yang dihasilkan. Pada penelitian ini turbin *crossflow* dirancang menggunakan pendekatan segitiga kecepatan serta variasi bentuk sudu turbin *crossflow* divariasikan dengan bentuk *curvature* dan *leading edge* Kemudian untuk mengetahui pengaruh bentuk *upper* sudu dilakukan pengujian menggunakan metode eksperimental. Dari hasil pengujian didapatkan bentuk sudu optimum untuk turbin *crossflow* hasil perancangan adalah sudu *leading edge*. Berdasarkan hasil eksperimental pada bentuk sudu *leading edge* efisiensi maksimum yang dihasilkan turbin adalah sebesar 31,8%.

.

Kata Kunci: Efisiensi, turbin *crossflow*, Bentuk sudu

Kepustakaan: (2004 – 2023)

SUMMARY

COMPARISON OF EFFICIENCY AND ELECTRICAL POWER OF PIKO-SCALE CROSSFLOW TURBINES CONVEX BLADES AT LEADING EDGE WITH CURVATURE

Scientific Writing in the form of a thesis, February 29, 2024

Jeremia Pascal Sitinjak, Supervised by Dr. Ismail Thamrin, S.T., M.T.

xxvii + 73 pages, 21 tables, 38 figures, 2 appendix

SUMMARY

The utilization of renewable energy especially water energy as an alternative to meet energy needs in Indonesia. Piko-scale hydropower plants play an important role in economic development in remote and rural areas. Hydroelectric power plant is one of the uses of renewable energy. Hydroelectric power plant is an electrical energy generator that converts the potential energy of water by utilizing the height and speed of water flow into mechanical energy by a turbine and converted again into electrical energy by a generator. Water is one of the unlimited natural resources, which has the potential to be used as alternative energy. Therefore, the choice to develop a hydroelectric power plant is partly due to the relatively abundant water potential in Indonesia, so it has the potential to create energy that is converted into electric current. Utilization of water energy on a pico scale requires a small turbine that combines efficiency and economic. Crossflow turbines are devices used to generate power from water, which is a renewable energy source. *Crossflow* turbine is the appropriate turbine to be used in pico-scale hydropower system especially in remote and rural areas in Indonesia due to its several advantages, simple construction, good performance

in various flow variations, suitability to be placed in low *head* conditions. One of the parameters that affect the performance of a crossflow turbine is the effect of the disk and blade curve. Therefore, the purpose of this study is to analyze the shape of the upper blade crossflow turbine on the electrical power and efficiency produced. In this research, the crossflow turbine was designed using a speed triangle approach and varied the shape of the crossflow turbine blade with curvature and leading edge shapes. Then, to determine the effect of the shape of the upper blade, testing was carried out using experimental methods. From the test results, it was found that the optimum blade shape for the crossflow turbine designed was the leading blade. Based on experimental results on the shape of the blade the maximum leading efficiency produced by the turbine is equal to 31,8 %

Keywords: *performance, crossflow turbine, form of blades*

Library: (2004 – 2023)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN

Error! Bookmark not defined.

KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR.....	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Batasan masalah.....	2
1.4 Tujuan penelitian.....	2
1.5 Manfaat peneltian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi literatur.....	5
2.2 Turbin air.....	7
2.2.1 Definisi turbin air	7
2.2.2 Klasifikasi turbin air.....	8
2.3 Energi air.....	9
2.4 Head total turbin.....	10
2.5 Analisis segitiga kecepatan	11
2.5.1 Tahap pertama.....	12
2.5.2 Tahap kedua	16
2.6 Analisis Perubahan Momentum	17
2.7 Nozzel	18
2.7.1 Gambar perhitungan nozzel	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Metodogi analitik	21
3.2 Metode eksperimental	23
3.2.1 Eksperimental setup	23

3.2.2	Geometri turbin <i>crossflow</i>	24
3.2.3	Rancang bangun alat ukur.....	27
3.2.4	Verifikasi alat ukur.....	30
3.3	Hasil Verifikasi Alat Ukur.....	31
BAB 4 HASIL DAN DISKUSI.....		39
4.1	Hasil.....	39
4.1.1	Hasil Analitik.....	39
4.1.2	Hasil eksperimental.....	45
4.1.3	Perbandingan beban kerja sudu <i>Curvature</i> dan sudu lading edge.....	57
4.2	Diskusi.....	60
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....		63
LAMPIRAN.....		65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 sudu <i>Curvature</i>	6
Gambar 2.2 sudu cembung atas.....	6
Gambar 2.3 skematik segitiga kecepatan	12
Gambar 2.4 Kecepatan air masuk absolut C_1	13
Gambar 2.5 Kecepatan Keliling U_1	13
Gambar 2.6 Kecepatan Relatif W_1 dan Sudut β_1	14
Gambar 2.7 Kecepatan Air Keluar Sudu Tahap Pertama.....	15
Gambar 2.8 Kecepatan Air Masuk Sudu Tahap Kedua	16
Gambar 2.9 Kecepatan Air Keluar Sudu Tahap Kedua	17
Gambar 2.10 skematik sisi dan sudut nozzel	18
Gambar 3.1 <i>Flow chart</i> perancangan turbin <i>crossflow</i>	22
Gambar 3.2 Eksperimen <i>set up</i>	23
Gambar 3.3 <i>Runner</i>	25
Gambar 3.4 Tampak samping turbin <i>crossflow</i>	26
Gambar 3.5 Turbin <i>crossflow</i> hasil perancangan	26
Gambar 3.6 Perancangan dan verifikasi alat ukur.....	28
Gambar 3.7 Skematik rangkaian alat ukur	30
Gambar 3. 8 Verifikasi data tachometer arduino	34
Gambar 3. 9 Verifikasi flowmeter arduino	36
Gambar 3. 10 Verifikasi data multimeter arduino.....	38
Gambar 4. 1 Hubungan antara β_1 terhadap ΔC_x	41
Gambar 4. 2 Pengaruh β_1 terhadap P_{mech}	42
Gambar 4. 3 Pengaruh β_1 terhadap Torsi.....	43
Gambar 4. 4 Hubungan $U_1/C_1, x$ terhadap efisiensi.....	44
Gambar 4. 5 Hubungan P_{pot} terhadap C_1 sudu <i>Curvature</i>	45
Gambar 4. 6 Hubungan P_{pot} terhadap C_1 sudu <i>Leading edge</i>	46
Gambar 4. 7 Hubungan V terhadap n sudu <i>curvature</i> (rpm)	47
Gambar 4. 8 Hubungan V terhadap n sudu <i>Leading edge</i>	48
Gambar 4. 9 Hubungan I (A) terhadap n (rpm) sudu <i>Curvature</i>	49
Gambar 4. 10 Hubungan I (A) terhadap n (rpm) sudu <i>Leading edge</i>	50
Gambar 4. 11 Hubungan P_{elec} (W) terhadap n (rpm) sudu <i>Curvature</i>	52

Gambar 4. 12 Hubungan Pelec (W) terhadap n (rpm) sudu <i>Leading edge</i>	53
Gambar 4. 13 Hubungan η (%) terhadap n (rpm) sudu <i>Curvature</i>	54
Gambar 4. 14 Hubungan η (%) terhadap n (rpm) sudu <i>Leading edge</i>	55
Gambar 4. 15 Hubungan η terhadap Re sudu <i>Curvature</i>	56
Gambar 4. 16 Hubungan η terhadap Re sudu <i>Leading edge</i>	57
Gambar 4. 17 Perbandingan hubungan η terhadap n antara sudu <i>Curvature</i> dan <i>Leading edge</i>	58
Gambar 4. 18 Perbandingan hubungan η terhadap Re antara sudu <i>Curvature</i> dengan <i>Leading edge</i>	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data geometri dan efisiensi	7
Tabel 2. 2 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) berdasarkan kapasitas.....	9
Tabel 3. 1 Geometri turbin crossflow hasil perancangan	25
Tabel 3. 2 Perbandingan pengukuran tachometer	33
Tabel 3. 3 Perbandingan pengukuran tachometer	36
Tabel 3. 4 Perbandingan pengukuran voltase menggunakan multimeter arduino dan multimeter komersial	38
Tabel 4. 1 Hubungan P_{pot} terhadap C_1 sudu <i>Curvature</i>	45
Tabel 4. 2 Hubungan P_{pot} terhadap C_1 sudu <i>Leading edge</i>	46
Tabel 4. 3 hubungan V terhadap n sudu <i>curvature</i> (rpm)	48
Tabel 4. 4 Hubungan V terhadap n sudu <i>Leading edge</i>	49
Tabel 4. 5 Hubungan I (A) terhadap n (rpm) sudu <i>Curvature</i>	50
Tabel 4. 6 Hubungan I (A) terhadap n (rpm) sudu <i>Leading edge</i>	51
Tabel 4. 7 Hubungan P_{elec} (W) terhadap n (rpm) sudu <i>Curvature</i>	51
Tabel 4. 8 Hubungan P_{elec} (W) terhadap n (rpm) sudu <i>Leading edge</i>	52
Tabel 4. 9 Hubungan η (%) terhadap n (rpm) sudu <i>Curvature</i>	53
Tabel 4. 10 Hubungan η (%) terhadap n (rpm) sudu <i>Leading edge</i>	54
Tabel 4. 11 Hubungan η terhadap Re sudu <i>Curvature</i>	55
Tabel 4. 12 Hubungan η terhadap Re sudu <i>Leading edge</i>	56
Tabel 4. 13 Perbandingan hubungan η terhadap n antara sudu <i>Curvature</i> dan <i>Leading edge</i>	58
Tabel 4. 14 Perbandingan hubungan η terhadap Re antara sudu <i>Curvature</i> dengan <i>Leading edge</i>	59
Tabel 4. 15 Hasil perhitungan anova	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Analitik Perancangan Turbin Crossflow	65
Lampiran 2 Dokumentasi Kegiatan Ilmiah	70

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jika tren kebijakan dan teknologi saat ini berlanjut, konsumsi energi global dan emisi karbon dioksida terkait energi akan meningkat sampai tahun 2050 sebagai akibat pertambahan penduduk dan pertumbuhan ekonomi (EIA dkk., 2021). Indonesia memiliki kapasitas (pembangkit) sumber energi sebesar 70,96 Giga Watt (GW). Dari kapasitas energi tersebut, 35,36% energi berasal dari batu bara; 19,36% berasal dari gas bumi, 34,38% dari minyak bumi, dan EBT sebesar 10,9%. Sedangkan pengoptimalisasi penggunaan energi baru dan terbarukan. Indonesia tercatat memiliki potensi sumber daya EBT lebih dari 400 GW, dari jumlah tersebut baru dimanfaatkan sebesar 2,5% atau 10 GW. (Kementrian ESDM 2020). Oleh karena itu, pembangkit listrik yang dapat memanfaatkan potensi sumber daya energi terbarukan dan memiliki efektivitas yang tinggi sangat dibutuhkan.

PLTA merupakan salah satu pemanfaatan energi terbarukan. PLTA adalah suatu pembangkit energi listrik yang mengubah energi potensial air dengan memanfaatkan ketinggian dan kecepatan aliran air menjadi energi mekanik oleh turbin dan diubah lagi menjadi energi listrik oleh generator. Air adalah salah satu SDA yang jumlahnya tak terbatas, yang berpotensi sebagai energi alternatif. Oleh karena itu pilihan mengembangkan pembangkit listrik tenaga air ini salah satunya disebabkan potensi air yang ada di Indonesia yang cukup melimpah, sehingga sangat berpotensi untuk menciptakan energi yang diubah menjadi sebuah arus listrik. Aliran air dimanfaatkan PLTA untuk dapat memutar turbin. Turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak dimana fluida kerjanya adalah air. Berdasarkan prinsip kerja turbin (momentum fluida kerjanya) dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis (Mafruddin dan Marsuki, 2017). Turbin air adalah mesin konversi energi yang

berfungsi untuk merubah/mengkonversi energi potensial (*head*) yang dimiliki oleh air ke bentuk energi mekanik pada poros turbin. Terdapat berbagai jenis turbin air yang dapat digunakan di suatu sistem pembangkit listrik tenaga air yang salah satunya adalah turbin *crossflow*.

Turbin *crossflow* adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Turbin *Crossflow* adalah perangkat yang digunakan untuk menghasilkan tenaga dari air, yang merupakan sumber energi terbarukan.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah mempelajari bentuk dan geometri sudu menggunakan analisis segitiga kecepatan, kemudian untuk mengetahui efektifitas turbin *crossflow* hasil perancangan di lakukan pengujian pada kondisi head dibawah 5 meter (skala piko) dengan parameter nilai dari kecepatan putaran poros turbin, debit air, dan arus listrik.

Bentuk kurva disk dan sudu sangat mempengaruhi performa turbin *crossflow*. Untuk mendapatkan bentuk runner yang presisi dan akurat, manufaktur runner turbin *crossflow* menggunakan mesin pencetak tiga dimensi.

1.3 Batasan masalah

1. Turbin *crossflow* skala piko (< 5 kw)
2. Sudut sudu dirancang dengan β_1 39° dan β_2 90° (Chandra Adhikari, 2016)
3. Sudut serang (α_1) 22° (Chandra Adhikari, 2016)
4. *Head* total turbin yang digunakan *under low head* (< 3 meter)

1.4 Tujuan penelitian

Mengetahui bentuk *upper* sudu yang tepat untuk turbin *crossflow* skala piko, dengan berdasarkan

1. Berapa daya elektrik dan efisiensi sudu *Leading edge* dan *Curvature* secara eksperimental.
2. Apakah modifikasi *upper* sudu turbin *crossflow* skala piko signifikan mempengaruhi daya elektrik dan efisiensi.

1.5 Manfaat penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian ini di harapkan memiliki manfaat:

1. Menjadikan referensi untuk penelitian turbin *crossflow* skala piko selanjutnya.
2. Sebagai informasi tentang turbin *crossflow* yang menjadi inovasi energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adanta, D., Budiarmo, B., Warjito, W., Siswantara, A. I., & Prakoso, A. P. (2018). Performance comparison of NACA 6509 and 6712 on pico hydro type cross-flow turbine by numerical method. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 45(1), 116–127.
- Adanta, D., Warjito, Febriansyah, D., & Budiarmo. (2020). Feasibility analysis of a pico-scale turgo turbine bucket using coconut shell spoons for electricity generation in remote areas in Indonesia. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 69(1), 85–97. <https://doi.org/10.37934/ARFMTS.69.1.8597>
- Aliman, I., Kurniawati, I., Wulandari, J. A., & Sutikno, P. (2018). Evaluation design and simulation of three-way nozzle and control flow vane nozzle on cross flow water turbine for various head. *Aip Conference Proceedings*, 1984(1).
- Anand, R. S., Jawahar, C. P., Bellos, E., & Malmquist, A. (2021). A comprehensive review on Crossflow turbine for hydropower applications. In *Ocean Engineering* (Vol. 240). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110015>
- Breeze, P. (2018). Hydropower Turbines. *Hydropower*, 35–46. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812906-7.00004-1>
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2010). *Fluid Mechanics*. In *Mc Graw Hill* (Vol. 4, Issue 1).
- Chandra Adhikari, R. (2016). Design Improvement of Crossflow Hydro Turbine. <https://prism.ucalgary.ca/items/9f5851cd-f671-4557-b133-984288e7943d>
- Dixon, S. ., & Hall, C. . (2010). *Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery*.
- EIA, Nalley, S., & Larose, A. (2021). IEO2021 Highlights. *Energy Information*

Administration, 2021, 21.

- Mafruddin, M., & Marsuki, M. (2017). Pengaruh Bukaannya Guide Vane Terhadap Kinerja Turbin Piko-hidro Tipe Cross-Flow. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1), 31–37. <https://doi.org/10.24127/trb.v6i1.464>
- Pelikan, B. (2004). Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant. In European Small Hydropower Association.
- Sammartano, V., Aricò, C., Carravetta, A., Fecarotta, O., & Tucciarelli, T. (2013). Banki-Michell optimal design by computational fluid dynamics testing and hydrodynamic analysis. *Energies*, 6(5), 2362–2385. <https://doi.org/10.3390/en6052362>
- Sammartano, V., Morreale, G., Sinagra, M., & Tucciarelli, T. (2016). Numerical and experimental investigation of a cross-flow water turbine. *Journal of Hydraulic Research*, 54(3), 321–331. <https://doi.org/10.1080/00221686.2016.1147500>
- Saputra, I., Studi, P., Mesin, T., Mesin, J. T., Teknik, F., & Sriwijaya, U. (2023). Investigasi pengaruh jumlah sudu turbin crossflow skala piko terhadap efisiensi menggunakan metode computational fluid dynamics (cfD).
- Warjito, W., Budiarmo, B., Celine, K., & Nasution, S. B. S. (2021). Computational Method for Designing a Nozzle Shape to Improve the Performance of Pico-Hydro Crossflow Turbines. *International Journal of Technology*, 12(1), 139. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i1.4225>
- Wicaksono, A., & Susanto, I. D. W. (2014). Sistem Otomasi Penggerak Kamera Dengan Motor Step Sebagai Alat. *Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi*, 6(2), 105.