



UNIVERSITAS NEGERI PADANG

"Alam Takambang Guru"

TUGAS AKHIR – MSN1.62.8004

**ANALISIS PERFORMA *RUNNER* TURBIN *CROSS-FLOW* UNTUK
PLTPH BERKAPASITAS 5 kW**

Fadhlan Wildy

NIM. 18338030

Dosen Pembimbing

Dr. Waskito, M.T.

PROGRAM STUDI SI TEKNIK MESIN

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Padang

2024

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Performa *Runner* Turbin *Crossflow* Untuk
PLTPH Berkapasitas 5 kW.
Nama : Fadhlán Wildy
NIM : 18338030
Tahun Masuk : 2018
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, Februari 2024

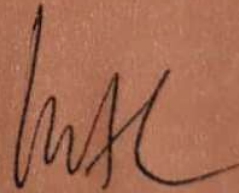
Disetujui Oleh :

Ketua Program Studi
S1 Teknik Mesin



Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.Eng.
NIP. 19760706 200312 1 001

Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Waskito, M.T.
NIP. 19610808 198602 1 001

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 Performa *Runner* Turbin *Crossflow* untuk
PLTPH Berkapasitas 5 kW.
Nama : Fadhlán Wildy
NIM : 18338030
Tahun Masuk : 2018
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, Februari 2024

Tim Penguji

Nama

1. Ketua : Dr. Waskito, M.T.

2. Anggota : Drs. Jasman, M.Kes.

3. Anggota : Prof. Dr. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc. 3.

Tanda Tangan

1.

2.

3.

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fadhlan Wildy
NIM / BP : 18338030 / 2018
Konsentrasi : Desain dan Manufaktur
Departemen : Teknik Mesin
Program Study : SI Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul : Analisis Performa *Runner Turbin Crossflow* untuk PLTPH
Berkapasitas 5 kW

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 7 Desember 2023

Yang Menyatakan



Fadhlan Wildy
Nim. 18338030

ABSTRAK

Fadhlan, 2023. Analisis Performa *Runner* Turbin *Crossflow* Untuk PLTPH Berkapasitas 5 kW. Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Air yang dimanfaatkan dengan benar bisa dijadikan sebagai sumber energi pembangkit listrik dengan skala *pico hydro*. Pembuatan pembangkit listrik tenaga air *pico hydro* sangat ekonomis, karena tidak membutuhkan biaya yang terlalu besar dalam pembuatannya, tidak seperti pembuatan PLTA konvensional pada umumnya. Turbin *cross-flow* yaitu jenis turbin air yang memiliki tekanan dan seing dimanfaatkan sebagai PLTA, seperti pembangkit listrik *pico hydro*. Penelitian mengenai turbin tipe *Cross-flow* dengan jenis *pico hydro* ini sudah banyak dilakukan. Penelitian serupa yang membahas mengenai pengaruh putaran runner terhadap daya listrik. Hal yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan konstruksi runner yaitu jumlah sudu, ketebalan, bentuk dan kelengkungan. Tujuan dari penelitian ini Dapat merancang dan menganalisis runner dengan baik untuk turbin *cross-flow* dan Memaksimalkan kinerja *runner* dan menyesuaikan bentuk *runner* sesuai kondisi alam di sekitar tempat turbin itu di pasang., Penelitian ini menggunakan metode penelitian *Computation Fluids Dynamics* (CFD) dengan bantuan perangkat lunak Autodesk CFD 2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar variasi kemiringan sudu maka semakin rendah torsi runner turbin dan diperoleh bahwa tingkat efisiensi yang paling maksimal ditujukan pada variasi kemiringan sudu 20° . Kesimpulan pada penelitian ini yaitu Semakin besar kemiringan sudut sudu α maka semakin kecil efisiensi turbin. Lebar dan Panjang runner mempengaruhi kinerja kerja turbin agar menyesuaikan debit aliran yang berada pada tempat runner itu dipasang

Kata Kunci: Analisis, *Runner*, Turbin *Cross-flow*, PLTPH, Kapasitas 5 kW

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “**ANALISIS PERFORMA *RUNNER* TURBIN *CROSS-FLOW* UNTUK PLTPH BERKAPASITAS 5 KW**”.

Penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan di Universitas Negeri Padang Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin. Penyusunannya dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Drs. Purwantono, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing akademik yang telah memberikan nasehat dan bimbingan selama berkuliah hingga selesai.
3. Bapak Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.Eng. selaku K.A Prodi S1 Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Waskito, M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir Penulis yang selalu mendorong dan memotivasi penulis.
5. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan doa.
7. Rekan-Rekan Penelitian TIM Turbin (Habib, Kaesarion, Lilik, Haikal dan Khai) yang telah bekerjasama dengan baik.

8. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan, dorongan, motivasi, arahan, dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.

Walaupun demikian, dalam skripsi ini penulis menyadari masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan penelitian ini.

Padang, 7 Desember 2023

Fadhlan Wildy
NIM. 18338030

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Pembangkit Listrik	6
B. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	8
C. Pembangkit Listrik Tenaga <i>Pico Hydro</i> (PLTPH).....	9
D. Turbin Air.....	15
1. Pengertian Turbin Air	15
2. Komponen Utama Turbin Air	15
3. Prinsip Kerja Turbin Air	16
4. Klasifikasi Turbin Air	16
E. Turbin <i>Crossflow</i>	18
1. Sejarah Turbin <i>Crossflow</i>	18
2. Pengertian Turbin <i>Crossflow</i>	19

3. Komponen Turbin <i>Crossflow</i>	21
4. Alur Pergerakan Air Pada <i>Runner</i> Turbin <i>Crossflow</i>	25
5. Perhitungan Pembuatan Konstruksi <i>Runner</i> Turbin <i>Crossflow</i> ...	26
6. Kelebihan dan Kekurangan Turbin <i>Crossflow</i>	33
F. <i>Computation Fluids Dynamics</i>	34
1. <i>Software</i> CFD	35
2. Manfaat CFD	36
3. Proses Perhitungan CFD	36
4. <i>Solidwork</i>	38
G. Penelitian Relevan	40
H. Rumus – Rumus Perhitungan	41
BAB III METODE PENELITIAN	43
A. Jenis Penelitian	43
B. Waktu dan Tempat Penelitian	43
C. Data Penelitian	44
D. Jenis dan Sumber Data	46
E. Desain Turbin	46
F. Tahapan Penelitian	49
G. Alat dan Bahan	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
A. Hasil Pengujian	53
B. Performasi Turbin <i>Crossflow</i> Secara Numerik Menggunakan Simulasi CFD	54
C. Hasil Perhitungan Torsi Turbin <i>Crossflow</i>	65
D. Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin	66
E. Analisis Berdasarkan Data Hasil Pengujian	67
BAB V PENUTUP	68
A. Kesimpulan	68
B. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	72

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Jenis-jenis turbin berdasarkan ketinggian jatuh air	18
Gambar 2. Turbin Crossflow.....	19
Gambar 3. Inlet Horizontal dan Inlet Vertikal	20
Gambar 4. Konstruksi Turbin Crossflow	21
Gambar 5. Runner Turbin Crossflow.....	22
Gambar 6. Guid vane / Katup	23
Gambar 7. Rumah Turbin	23
Gambar 8. Generator.....	24
Gambar 9. Rumah Nozzel.....	25
Gambar 10. Aliran Pergerakan Air Pada Runner Turbin Crossflow	26
Gambar 11. Segitiga Kecepatan Air Pada Turbin Cross-flow	27
Gambar 12. Gabungan segitiga kecepatan pada Turbin Cross-flow.....	28
Gambar 13. Perbandingan dua diagram kecepatan	29
Gambar 14. Kelengkungan Sudu	30
Gambar 15. Jarak antar sudu.....	31
Gambar 16. Aplikasi Solidwork.....	38
Gambar 17. Tamplate Solidwork	39
Gambar 18. Desain Turbin Crossflow beserta Runner dan GuidVane	47
Gambar 19. Runner Turbin Tampak Samping, Depan, Isometric	48
Gambar 20. Laptop.....	51
Gambar 21. Tampilan Software Solidwork 2021	52
Gambar 22. Desain Turbin Crossflow beserta Runner dan GuidVane	52
Gambar 23. Hasil meshing.....	55
Gambar 24. Meshing Turbin Crossflow.....	55
Gambar 25. (a) dan (b) Contour dan Streamline Velocity Aliran Sudu Runner Kemiringan Sudu 10°.....	56

Gambar 26. (a) dan (b) Contour dan Streamline Velocity Aliran Sudu Runner Kemiringan Sudu 16°	57
Gambar 27. (a) dan (b) Contour dan Streamline Velocity Aliran Sudu Runner Kemiringan Sudu 20°	58
Gambar 28. (a) dan (b) Contour dan Streamline velocity Aliran Sudu Runner Kemiringan Sudu 30°	59
Gambar 29. (a) dan (b) Contour dan Streamline Velocity Aliran sudu Runner Kemiringan Sudu 40°	60
Gambar 30. Grafik Kecepatan Aliran Turbin Crossflow	61
Gambar 31. Contour Preassure Kemiringan Sudu 10°	62
Gambar 32. Contour Preassure Kemiringan Sudu 16°	62
Gambar 33. Contour Preassure Kemiringan Sudu 20°	63
Gambar 34. Contour Preassure Kemiringan Sudu 30°	63
Gambar 35. Contour Preassure Kemiringan Sudu 40°	64
Gambar 36. Grafik Tekanan Turbin Crossflow.	64
Gambar 37. Grafik Torsi Runner dengan variasi Kemiringan Sudu 10, 16, 20, 30 dan 40	65
Gambar 38. Grafik Efisiensi Turbin dengan Variasi Kemiringan Sudu	66
Gambar 39. Langkah Pertama untuk Melakukan Simulasi.....	72
Gambar 40. Langkah Kedua Melakukan Simulasi	72
Gambar 41. Langkah Ketiga Melakukan Simulasi	73
Gambar 42. Langkah Keempat Melakukan Simulasi	73
Gambar 43. Langkah Kelima Melakukan Simulasi	74
Gambar 44. Langkah Keenam Melakukan Simulasi.....	74
Gambar 45. Langkah Ketujuh Melakukan Simulasi	75
Gambar 46. Langkah Kedelapan Melakukan Simulasi.....	75
Gambar 47. Langkah Kesembilan Melakukan Simulasi.....	76
Gambar 48. Langkah Terakhir Melakukan Simulasi	76
Gambar 49. Hasil Simulasi dengan Variasi Kemiringan Sudu 10°	77
Gambar 50. Hasil Simulasi dengan Variasi Kemiringan Sudu 16°	77
Gambar 51. Hasil Simulasi dengan Variasi Kemiringan Sudu 20°	78

Gambar 52. Hasil Simulasi dengan Variasi Kemiringan Sudu 30°	78
Gambar 53. Hasil Simulasi dengan Variasi Kemiringan Sudu 40°	79

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1. Klasifikasi turbin.....	17
Tabel 2. Data hidrolis di lapangan	45
Tabel 3. Hasil simulasi turbin crossflow dengan variasi kemiringan sudu.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Gambar 39. Langkah pertama untuk melakukan simulasi	72
Gambar 40. Langkah kedua melakukan simulasi	72
Gambar 41. Langkah ketiga melakukan simulasi	73
Gambar 42. Langkah keempat melakukan simulasi	73
Gambar 43. Langkah kelima melakukan simulasi	74
Gambar 44. Langkah keenam melakukan simulasi.....	74
Gambar 45. Langkah ketujuh melakukan simulasi	75
Gambar 46. Langkah kedelapan melakukan simulasi.....	75
Gambar 47. Langkah kesembilan melakukan simulasi.....	76
Gambar 48. Langkah terakhir melakukan simulasi.....	76
Gambar 49. Hasil simulasi dengan variasi kemiringan sudut 10°	77
Gambar 50. Hasil simulasi dengan variasi kemiringan sudut 16°	77
Gambar 51. Hasil simulasi dengan variasi kemiringan sudut 20°	78
Gambar 52. Hasil simulasi dengan variasi kemiringan sudut 30°	78
Gambar 53. Hasil simulasi dengan variasi kemiringan sudut 40°	79

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sumber energi air skala kecil tentunya masih banyak terdapat di pelosok-pelosok desa yang mempunyai sumber mata air. Sumber air tersebut masih dapat digunakan sebagai energy pada pembangkit listrik skala *pico hydro*, yang masih belum digalakkan di Indonesia. Berbeda dengan Indonesia Laos, Lao PDR (People's Democratic Republic), tepatnya di daerah Thapene Village dengan jumlah 50 rumah tangga listriknya dipasok dengan pembangkit listrik *pico hydro* sebanyak 21 unit (Khomsah & Zuliari, 2015).

Pembuatan pembangkit listrik tenaga air *pico hydro* sangat ekonomis, karena tidak membutuhkan biaya yang terlalu besar dalam pembuatannya, tidak seperti pembuatan PLTA konvensional pada umumnya. Pembangkit listrik tenaga air khususnya *pico hydro* menjadi salah satu pilihan energi alternatif untuk menggantikan sumber energi konvensional dengan memanfaatkan sumberdaya air sebagai sumber energinya. Pembangkit listrik tenaga *pico hydro* ini cocok digunakan pada desa-desa terpencil yang belum terjangkau aliran listrik, namun memiliki aliran sungai atau air terjun, karena sumber energinya berasal dari aliran air mengalir.

Sumber daya air yang digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga *pico hydro* yaitu aliran sungai yang berada di Tandikek Utara. Daerah ini merupakan salah satu daerah yang belum mendapatkan aliran listrik dari pemerintah, sehingga untuk membantu masyarakat penulis berinisiatif untuk

memasang turbin tipe *Cross-flow* di daerah ini agar dapat membantu masyarakat setempat.

Turbin Ossberger atau yang sering disebut dengan turbin *cross-flow* adalah jenis turbin air bertekanan yang kerap dipakai pada PLTA, salah satu contohnya adalah pembangkit listrik tenaga *pico hydro*. Untuk menentukan pemilihan turbin ini di dasarkan pada beberapa factor yaitu tingginya performa yang dicapai dari turbin jenis *cross-flow* (Mafruddin & Marsuki, 2017).

Penelitian mengenai turbin tipe *Cross-flow* dengan jenis *pico hydro* ini sudah banyak dilakukan. Penelitian serupa yang membahas mengenai pengaruh putaran *runner* terhadap daya listrik pernah dilakukan oleh Arif (2017). Penelitian menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh turbin tergantung pada kecepatan laju putaran *runner* yang dipakai, semakin cepat laju putaran *runner* maka semakin besar pula daya listrik yang dihasilkan. Dan sebaliknya, semakin lemah laju putaran *runner* maka semakin kecil daya listrik yang dihasilkan (Darwito, 2022).

Perancangan dan pembuatan roda jalan (*runner*) turbin aliran silang mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap efisiensinya. Hal-hal yang harus di pertimbangkan dalam perancangan dan konstruksi roda jalan (*runner*) turbin air *Cross-flow* diantaranya adalah jumlah sudu, ketebalan sudu, kelengkungan sudu, dan bentuk profil sudu (Sugiri, 2011). Berdasarkan pada jumlah sudu dengan perbandingan sudu 12,18 dan 24, maka semakin banyak jumlah sudu turbin yang digunakan, menyebabkan putaran turbin semakin

meningkat pada setiap ketinggian muka air (Suswantoro, Gani, & Taufiqurrahman, 2021).

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa daya turbin sangat tergantung pada besarnya torsi dan kecepatan anguler yang dipengaruhi oleh putaran turbin. Dari variasi putaran *runner* dihasilkan daya dan efisiensi maksimum yaitu 4,572 watt dengan efisiensi 28,342% pada kecepatan 70 rpm dan daya minimum pada kecepatan runner 90 rpm sebesar 3,674 watt (Muliawan & Yani, 2017).

Berdasarkan studi literatur yang digunakan dan penelitian yang pernah dilakukan maka dapat diketahui daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin bergantung pada putaran *runner* yang digunakan. Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis ingin merancang dan memaksimalkan putaran runner yang ada pada turbin *Cross-flow* skala *pyco hidro* di daerah Tandikek Utara. Berdasarkan hal tersebut penulis mengangkat sebuah penelitian dengan judul “Analisis Performa *Runner* Turbin *Cross-flow* Untuk PLTPH Berkapasitas 5 KW”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diidentifikasi beberapa permasalahan berikut ini:

1. *Runner* yang saat ini terpasang pada turbin belum bisa menghasilkan daya yang maksimal.
2. Tidak sesuainya ukuran *runner* dengan potensi aliran air yang ada.

3. Bentuk aliran mempengaruhi kinerja *runner*.

C. Batasan Masalah

Untuk lebih terarahnya penelitian ini maka permasalahan hanya dibatasi pada analisis performa *runner* dari turbin *cross-flow* yang akan dirancang dengan menyesuaikan potensi aliran air yang ada pada daerah tandikek utara, guna menghindari pembahasan yang melebar dan tidak terarah pada permasalahan utama.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas maka dapat ditarik rumusan masalah :

1. Bagaimana cara mensimulasikan desain turbin *crossflow* dengan menggunakan software CFD (*Computational Fluid Dynamics*).
2. Bagaimana cara menganalisis putaran *runner* menggunakan *software Solidwork*.
3. Bagaimana cara mengoptimalkan kinerja runner sesuai dengan kondisi alam disekitar.

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Dapat merancang dan menganalisis *runner* dengan baik untuk turbin *cross-flow*

2. Memaksimalkan kinerja *runner* dan menyesuaikan bentuk *runner* sesuai kondisi alam di sekitar tempat turbin itu di pasang.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui cara penggunaan CFD untuk Analisis turbin *crossflow*
2. Menambah pengetahuan dan wawasan mengenai sumber daya yang mampu menghasilkan energi alternatif.
3. Menambah pengetahuan tentang konstruksi turbin khususnya turbin tipe *Cross-flow* yang menghasilkan performa maksimal..
4. Meningkatkan pemahaman terhadap pengembangan dan pemberdayaan teknologi yang tepat guna.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik

Pembangkit adalah sesuatu yang membangkitkan atau alat untuk membangkitkan sesuatu. Dengan demikian dalam suatu sistem tenaga listrik yang dimaksud pembangkit tenaga listrik ialah suatu alat/peralatan yang berfungsi untuk membangkitkan tenaga listrik dengan cara mengubah energi potensial menjadi tenaga mekanik, selanjutnya menjadi tenaga listrik. Fungsi dari pembangkit listrik ini yaitu untuk menghasilkan energi listrik yang dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi peralatan-peralatan yang menggunakan energi listrik (Mauboy, 2021). Pembangkit tenaga listrik sebagian besar dilakukan dengan cara memutar generator sinkron sehingga didapat tenaga listrik dengan tenaga bolak-balik tiga fasa (Lontoh, Rumbayan, & Mangindaan, 2017). Salah satu bagian paling penting dari pembangkit listrik adalah generator, generator adalah sebuah mesin yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Mesin generator ini digerakkan menggunakan berbagai sumber energi.

Adapun jenis-jenis pembangkit listrik yang ada di Indonesia sebagai berikut:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit Listrik Tenaga Uap adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama pembangkit listrik tenaga jenis ini adalah generator yang di hubungkan ke turbin dimana untuk memutar turbin diperlukan energi