



**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

*"Alam Takambang Jadi Guru"*

**TUGAS AKHIR – MSN1.62.8004**

**KAJIAN NUMERIK PENGARUH SUDUT BUKAAN *GUIDE VANE*  
TERHADAP DAYA *OUTPUT* DAN EFISIENSI TURBIN *CROSSFLOW*  
PADA PLTMH LUBUK KILANGAN KOTA PADANG**

**Aldi Alfarizi  
NIM. 19338023**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Arwizet K, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Padang  
2024**



## PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Kajian Numerik Pengaruh Sudut Buka *Guide Vane* terhadap Daya *Output* dan Efisiensi Turbin *Crossflow* pada PLTMH Lubuk Kilangan Kota Padang

Nama : Aldi Alfarizi

NIM : 19338023

Tahun Masuk : 2019

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, 22 Februari 2024

Disetujui oleh:

Koordinator Program Studi  
S1 Teknik Mesin



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

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Arwizet K, S.T., M.T.  
NIP. 196909201998021001



## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

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

Judul : Kajian Numerik Pengaruh Sudut Bukaannya *Guide Vane*  
terhadap Daya *Output* dan Efisiensi Turbin *Crossflow*  
pada PLTMH Lubuk Kilangan Kota Padang

Nama : Aldi Alfarizi

NIM : 19338023

Tahun Masuk : 2019



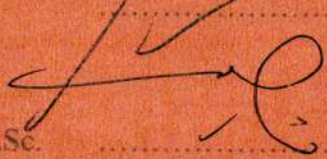
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, 22 Februari 2024

### Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Dr. Ir. Arwizet K, S.T., M.T.	
2. Anggota : Drs. Purwantono, M.Pd.	
3. Anggota : Prof. Dr. Ir. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc.	



## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulisan saya, Tugas Akhir dengan judul “Kajian Numerik Pengaruh Sudut Buka *Guide Vane* terhadap *Daya Output* dan Efisiensi Turbin *Crossflow* pada PLTMH Lubuk Kilangan Kota Padang” 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 tidak sah 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 di cantumkan pada daftar Pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila ada di kemudian 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 lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 22 Februari 2024  
Saya yang menyatakan,



Aldi Alfarizi  
NIM. 19338023

## ABSTRAK

**Aldi Alfarizi, 2024. Kajian Numerik Pengaruh Sudut Bukaannya *Guide Vane* terhadap Daya *Output* dan Efisiensi Turbin *Crossflow* pada PLTMH Lubuk Kilangan Kota Padang. Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh sudut bukaan *guide vane* terhadap daya *output* dan efisiensi turbin *crossflow* pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Lubuk Kilangan, Kota Padang. Pendekatan penelitian yang dilakukan melibatkan pemanfaatan metode simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dengan menerapkan model turbulensi k-Epsilon RNG, yang diimplementasikan melalui perangkat lunak Ansys Fluent versi 2023 R2. Langkah simulasi CFD meliputi pembuatan desain menggunakan *software* Solidwork 2020 dengan memvariasikan besar sudut bukaan *guide vane* turbin yaitu sudut 53°, 64°, 75°, dan 86°, kemudian desain diekspor ke *software* Ansys. Selanjutnya, dilakukan proses *meshing* dan *setting boundary condition*. Langkah terakhir yaitu proses *solution* dan *result* untuk menampilkan *output* simulasi. Dari simulasi yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa sudut bukaan *guide vane* berpengaruh terhadap daya *ouput* dan efisiensi turbin *crossflow*, dimana semakin kecil sudut bukaan *guide vane*, daya *ouput* dan efisiensi turbin semakin meningkat. Daya tertinggi diperoleh pada sudut bukaan 53° yang menghasilkan daya ouput sebesar 7,6 kW dan efisiensi 86%.

**Kata kunci:** *Guide Vane*, Turbin *Crossflow*, CFD

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT. yang senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah beserta karunia sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Kajian Numerik Pengaruh Sudut Buka *Guide Vane* terhadap Daya Output dan Efisiensi Turbin *Crossflow* pada PLTMH Lubuk Kilangan Kota Padang”**.

Penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan penulis pada program studi S1 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Selama penulisan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan perhatian dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Arwizet K, S.T., M.T., selaku pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd, selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tugas akhir.
4. Bapak Hendri Nurdin, M.T, selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis.
5. Bapak Yolli Fernanda, S.T., M.T, Ph.D., selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin.
6. Bapak Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin FT UNP.
7. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf Departemen Teknik Mesin FT UNP.
8. Seluruh anggota keluarga tercinta terutama kedua orang tua yang selalu memberikan limpahan kasih sayang, doa, motivasi dan pengorbanan yang tidak ternilai selama proses pendidikan sampai kepada tahap ujian tugas akhir ini.
9. Teman-teman mahasiswa Departemen Teknik Mesin FT UNP.

10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah memberikan bantuan, saran, motivasi dan do'a kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya masukan dan saran yang membangun demi kesempurnaan penelitian ini.

Padang, 22 Februari 2024



Aldi Alfarizi  
NIM. 19338023

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>PERSETUJUAN TUGAS AKHIR</b> .....	i
<b>PENGESAHAN TUGAS AKHIR</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	6
A. Energi Air .....	6
B. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) .....	8
1. Pengertian PLTMH .....	8
2. Komponen-Komponen PLTMH .....	10
C. Turbin Air .....	12
1. Pengertian dan Prinsip Kerja.....	12



2. Klasifikasi Turbin Air .....	14
D. Turbin <i>Crossflow</i> .....	18
1. Pengertian Turbin <i>Crossflow</i> .....	18
2. Komponen Turbin <i>Crossflow</i> .....	19
3. Perencanaan Konstruksi Turbin <i>Crossflow</i> .....	22
E. <i>Guide Vane</i> .....	24
F. <i>Computational Fluid Dynamics</i> .....	25
1. <i>Software</i> CFD.....	27
2. Manfaat CFD.....	28
3. Proses Simulasi CFD .....	29
G. Penelitian Relevan .....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>32</b>
A. Jenis Penelitian .....	32
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	32
C. Tahapan Penelitian.....	33
D. Teknik Pengumpulan Data.....	41
E. Analisis Data Penelitian.....	41
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>42</b>
A. Data dan Hasil Pengujian.....	42
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>53</b>
A. Kesimpulan .....	53
B. Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>58</b>



## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2. 1. Skema Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro .....	11
Gambar 2. 2. Komponen Utama Turbin Air .....	13
Gambar 2. 3. Turbin Impuls: (a) Pelton, (b) Turgo, dan (c) <i>Crossflow</i> .....	16
Gambar 2. 4. Turbin Reaksi: (a) Turbin Kaplan, (b) Turbin Francis .....	17
Gambar 2. 5. Grafik Hubungan Antara Tinggi Jatuh Air ( <i>Head</i> ) dengan Debit Aliran.....	18
Gambar 2. 6. <i>Runner</i> Turbin <i>Crossflow</i> .....	19
Gambar 2. 7. Kontruksi Turbin <i>Crossflow</i> .....	20
Gambar 2. 8. <i>Runner</i> Turbin <i>Crossflow</i> .....	20
Gambar 2. 9. <i>Guide Vane</i> .....	21
Gambar 2. 10. <i>Pulley</i> dan <i>Belt</i> .....	22
Gambar 2. 11. Generator.....	22
Gambar 2. 12. Pemodelan Sudut Buka <i>Guide Vane</i> .....	25
Gambar 2. 13. Contoh <i>Contour</i> Simulasi CFD pada Turbin <i>Crossflow</i> .....	27
Gambar 2. 14. Jalur Air Melalui Turbin .....	37
Gambar 3. 1. Variasi Sudut Buka <i>Guide Vane</i> .....	32
Gambar 3. 2. Desain <i>Runner</i> .....	37
Gambar 3. 3. Tampilan <i>Insert Geometry</i> pada <i>Ansys Fluent</i> .....	38
Gambar 3. 4 Tampilan Hasil <i>Meshing</i> .....	39
Gambar 4. 1. (a) <i>Countur Velocity Magnitude</i> pada Sudut Buka <i>Guide Vane</i> 53°, (b) Vektor Aliran.....	45
Gambar 4. 2. (a) <i>Countur Velocity Magnitude</i> pada Sudut Buka <i>Guide Vane</i> 64°, (b) Vektor Aliran.....	46
Gambar 4. 3. (a) <i>Countur Velocity Magnitude</i> pada Sudut Buka <i>Guide Vane</i> 75°, (b) Vektor Aliran.....	47
Gambar 4. 4. (a) <i>Countur Velocity Magnitude</i> Pada Sudut Buka <i>Guide Vane</i> 86°, (b) Vektor Aliran.....	48
Gambar 4. 5. <i>Countur Pressure</i> pada Sudut Buka <i>Guide Vane</i> 53° .....	49
Gambar 4. 6. <i>Countur Pressure</i> pada Sudut Buka <i>Guide Vane</i> 64° .....	49



Gambar 4. 7. <i>Countur Pressure</i> pada Sudut Bukaannya <i>Guide Vane</i> 75°.....	50
Gambar 4. 8. <i>Countur Pressure</i> pada Sudut Bukaannya <i>Guide Vane</i> 86°.....	50
Gambar 4. 9. Grafik Daya <i>Output</i> Turbin <i>Crossflow</i> dengan Variasi Sudut Bukaannya <i>Guide Vane</i> .....	51
Gambar 4. 10. Grafik Efisiensi Turbin <i>Crossflow</i> dengan Variasi Sudut Bukaannya <i>Guide Vane</i> .....	52



## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Klasifikasi Turbin Air .....	15
Tabel 2. Nilai <i>Input</i> Parameter Pendukung Proses Simulasi.....	40
Tabel 3. Hasil Simulasi <i>Ansys</i> .....	42
Tabel 4. <i>Boundary Condition</i> .....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Desain Turbin <i>Crossflow</i> .....	58
Lampiran 2. Rumah Turbin .....	59
Lampiran 3. <i>Guide Vane</i> .....	60
Lampiran 4. <i>Shaft Guide Vane</i> .....	61
Lampiran 5. <i>Runner</i> .....	62
Lampiran 6. <i>Shaft Runner</i> .....	63
Lampiran 7. Dokumentasi Lapangan .....	64



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Kebutuhan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan kemajuan dan perkembangan teknologi. Peningkatan kebutuhan energi listrik meliputi sektor industri, transportasi, rumah tangga dan sebagainya. Indonesia merupakan salah satu negara yang banyak menggunakan energi listrik hampir disegala aspek. Namun, berdasarkan data Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM), rasio elektrifikasi di Indonesia belum mencapai 100% (baru sekitar 99,63%), artinya masih ada beberapa wilayah yang belum teraliri listrik. Adapun daerah yang belum terjangkau listrik umumnya berada di pedesaan, pegunungan dan daerah terpencil (Anisa et al., 2023). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, upaya yang bisa dilakukan yaitu memanfaatkan sumber energi terbarukan (*renewable energy*), salah satunya energi air. Energi air merupakan sumber energi berkelanjutan yang dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan turbin dan generator untuk menghasilkan energi listrik. (Purwantono et al., 2018).

Sumatera Barat merupakan salah satu daerah yang memiliki sumber daya air yang melimpah (sebesar 1.100 MW). Sumber daya air yang potensial ini, sangat mungkin digunakan sebagai tenaga pembangkit energi listrik. Salah satunya Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). PLTMH merupakan sistem pembangkit listrik berskala kecil yang menggunakan air dalam debit yang kecil sebagai sumber tenaga penggerakannya. (Anisa et al.,

2022). Umumnya pembangkit jenis ini memanfaatkan tinggi jatuh air pada saluran sungai, irigasi, dan air terjun sebagai tenaga penggeraknya (Aspriliansyah & Adiwibowo, 2020).

Salah satu pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang ada di Sumatera Barat yaitu PLTMH Lubuk Kilangan. PLTMH ini terletak dikawasan Ngalau Baribuik, Batu Gadang Lubuk Kilangan, kota Padang. PLTMH ini menggunakan turbin jenis *crossflow*. Turbin *crossflow* merupakan turbin radial bertekanan kecil dengan poros horizontal. Prinsip kerja turbin air jenis ini adalah aliran air dalam pipa pesat diarahkan ke *runner* turbin melalui *nozzel*, kemudian energi di dalam air diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran pada turbin. Rotasi turbin digunakan untuk menggerakkan generator agar menghasilkan listrik. Turbin *crossflow* memiliki keunggulan karena kesesuaiannya di bawah *head* rendah, serta operasinya yang efisien dalam berbagai variasi aliran (Acharya et al., 2015). Selain itu, proses pembuatannya juga lebih sederhana dibandingkan dengan turbin tipe lain (Nurhuda, 2016).

Dalam prosesnya, kinerja dan efisiensi turbin *crossflow* dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya *guide vane*. *Guide vane* atau katup pengarah merupakan komponen yang berfungsi untuk mengatur serta mengarahkan aliran air yang masuk menuju turbin untuk menggerakkan *runner* (Riadi et al., 2021). Turbin *crossflow* memerlukan sudut bukaan yang tepat agar mendapat daya luaran semaksimal mungkin. Akan tetapi, pengujian secara eksperimental cukup sulit dilakukan yang mana metode eksperimen sering terbentur masalah ketersediaan, presisi, akurasi alat ukur dan biaya. Selain itu, juga ada



keterbatasan data lapangan tentang karakteristik aliran air. Maka dari itu penulis mengusulkan untuk melakukan penelitian secara numerik dengan *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dimana hasil daya *output* eksperimental dan teoritis sebagai acuan.

*Computational fluid dynamics* merupakan simulasi yang menggunakan bantuan komputer untuk menghasilkan prediksi kuantitatif dan kualitatif atau analisis fenomena aliran fluida. CFD didasarkan pada hukum konservasi seperti konservasi massa, momentum dan energi yang ketika di aplikasikan secara tepat akan menghasilkan hasil yang akurat untuk simulasi aliran dan studi parametrik yang praktis. Dalam CFD, prediksi aliran pada berbagai sistem dapat dilakukan dengan biaya yang lebih murah dan waktu yang lebih singkat.

Dari uraian diatas, penulis ingin melakukan penelitian terkait pengaruh sudut bukaan *guide vane* pada PLTMH dengan turbin *crossflow* menggunakan *computational fluid dynamic*, agar dapat diketahui bagaimana sudut bukaan yang tepat pada turbin agar mendapat daya *output* dan efisiensi yang maksimal.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Turbin *crossflow* pada PLTMH Lubuk Kilangan Kota Padang memerlukan pengaturan sudut bukaan *guide vane* yang tepat guna mendapatkan daya *output* dan efisiensi yang maksimal.

2. Keterbatasan data lapangan tentang karakteristik aliran air di PLTMH Lubuk Kilangan.
3. Eksperimen yang melibatkan intervensi manusia dalam mengatur atau mengukur, rentan terhadap kesalahan manusia, yang bisa mempengaruhi keakuratan hasil.
4. Proses aliran fluida sulit untuk diamati secara langsung, sehingga membatasi pemahaman tentang perilaku aliran dan pengaruh sudut bukaan *guide vane*.
5. Pengujian secara konvensional memerlukan biaya yang cukup besar dan waktu yang cukup lama, sehingga diusulkan untuk melakukannya secara numerik.

### C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak melebar dari topik pembahasan utama maka permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan pada turbin *crossflow* dengan diameter *runner* 33 cm, panjang *runner* 34 cm, dan jumlah sudu sebanyak 18 buah.
2. Pengujian dilakukan dengan variasi sudut bukaan *guide vane* 53°, 64°, 75°, dan 86°.
3. Analisis numerik menggunakan *software Ansys Fluent*.
4. Melakukan simulasi untuk mendapatkan hasil numerik berupa daya *output* dan efisiensi turbin *crossflow* PLTMH Lubuk Kilangan Kota Padang.



#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh sudut bukaan *guide vane* terhadap daya *output* dan efisiensi turbin *crossflow* PLTMH Lubuk Kilangan Kota Padang?
2. Bagaimana cara mensimulasikan proses kerja turbin *crossflow* menggunakan *Ansys Fluent*?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh sudut bukaan *guide vane* terhadap daya *output* dan efisiensi pada turbin *crossflow* PLTMH Lubuk Kilangan Kota Padang.
2. Untuk mengetahui cara mengaplikasikan *software Ansys Fluent* untuk analisis turbin *crossflow*.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mengetahui sudut bukaan *guide vane* yang tepat agar turbin *crossflow* PLTMH Lubuk Kilangan Kota Padang dapat menghasilkan daya luaran yang maksimal.
2. Mengetahui cara mengaplikasikan *software Ansys Fluent* untuk analisis turbin *crossflow*.