



**SIMULASI ALIRAN FLUIDA DENGAN VARIASI
DIAMETER PIPA PESAT PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO SINDANG CAI**

SKRIPSI

DICKY RIVALDI

1810311030

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2022



**SIMULASI ALIRAN FLUIDA DENGAN VARIASI
DIAMETER PIPA PESAT PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO SINDANG CAI**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Teknik

DICKY RIVALDI

1810311030

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2022

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Dicky Rivaldi
NRP : 1810311030
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Judul Skripsi : **Simulasi Aliran Fluida dengan variasi diameter pipa pesat pada pembangkit listrik tenaga Mikrohidro Sindang CAI**


Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.





Dr. James Julian, S.T., M.T
Penguji Utama



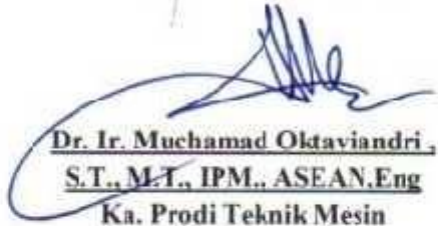
M. Arifudin Lukmana, MT
Penguji Lembaga



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T
Penguji I (Pembimbing)



Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc., M.Si.IPU
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Muchamad Oltaviandri,
S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng
Ka. Prodi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta


Tanggal Ujian : 24 Juni 2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Dicky Rivaldi
NRP : 1810311030
Program Studi : SI Teknik Mesin
Judul Skripsi : **Simulasi Aliran Fluida dengan variasi diameter pipa pesat pada pembangkit listrik tenaga Mikrohidro Sindang CAI**

Telah dikoreksi dan diperbaiki oleh penulis atas arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T
Dosen Pembimbing I



Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T
Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng
Ka. Prodi Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk pada proposal skripsi ini telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Dicky Rivaldi
NIM : 1810311030
Fakultas : Teknik
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 24 Juni 2022

Penulis,



(Dicky Rivaldi)

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademis Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta,
saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Dicky Rivaldi
NIM : 1810311030
Fakultas : Teknik
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti
Noneksklusif (Non-Exclusive Royalti Free Right) atas karya ilmiah saya yang
berjudul:

**SIMULASI ALIRAN FLUIDA DENGAN VARIASI DIAMETER PIPA
PESAT PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO
SINDANG CAI**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini,
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih
media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan
mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai
penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat
dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 24 Juni 2022
Yang Menyatakan,



(Dicky Rivaldi)

SIMULASI ALIRAN FLUIDA DENGAN VARIASI DIAMETER PIPA PESAT PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO SINDANG CAI

Dicky Rivaldi

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari aliran air dengan debit kecil hingga menengah. PLTMH ini memiliki komponen utama yaitu pipa pesat, turbin, dan generator. Untuk dapat memanfaatkan aliran air secara maksimal, pemilihan diameter pipa pesat merupakan salah satu hal penting yang berpengaruh pada daya listrik yang dihasilkan. Karena kecepatan dan tekanan yang diberikan dari tiap variasi ukuran diameter pipa pesat menghasilkan torsi yang berbeda sehingga daya listrik yang dihasilkan berbeda. Penelitian akan dilakukan menggunakan simulasi CFD dengan variasi ukuran diameter pipa pesat 80 cm, 90 cm, 100 cm, 110 cm, dan 120 cm yang bertujuan untuk dapat mengetahui daya dan efisiensi optimum pada PLTMH. Hasil dari simulasi ini didapat bahwa penggunaan diameter 80 cm menghasilkan kecepatan sebesar 4,378 m/s, dan tekanan 240.000 Pa dan pada diameter 120 cm menghasilkan kecepatan 1,946 m/s dan tekanan 350.000 Pa. Untuk mendapat daya dan efisiensi yang maksimal penggunaan pipa pesat dengan ukuran diameter 90 cm yang memiliki tekanan dan kecepatan maksimal, sehingga menghasilkan torsi yaitu 12.625,88 Nm dan daya yang dihasilkan sebesar 792.905,30 watt dengan efisiensi 91.94%.

Kata Kunci : PLTMH, CFD, dan Pipa Pesat

***FLUID FLOW SIMULATION WITH VARIATION OF
PENSTOCK PIPE DIAMETER IN SINDANG CAI
MICROHYDRO POWER PLANT***

Dicky Rivaldi

ABSTRACT

Micro hydro power plant is a power plant that utilizes energy from the flow of water with small to medium discharge. This MHP has main components, penstock pipe, turbine, and generator. To be able to take full advantage of the flow of water, the selection of the diameter of the penstock pipe is one of the important things that affect the electrical energy produced. Because the speed and pressure given from each variation of the diameter of the penstock pipe rapidly produces different torques so that the electrical power produced is different. The research will be conducted using CFD simulation with variations in diameter of the penstock pipe 80 cm, 90 cm, 100 cm, 110 cm, and 120 cm which aims to determine the optimum power and efficiency of the MHP. The results of this simulation show that the use of a diameter of 80 cm produces a speed of 4,378 m/s, and a pressure of 240000 Pa and a diameter of 120 cm produces a speed of 1,946 m/s and a pressure of 350000 Pa. To get maximum power and efficiency, use a penstock pipe with a diameter of 90 cm which has a maximum pressure and speed, resulting in a torque of 12,625.88 Nm and a power generated of 792905.30 watts with efficiency 91.94%.

Keywords : MHP, CFD, and Penstock Pipe

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. Atas segala rahmat dan karuniaNya karena penulis diberikan kesehatan dan keselamatan pada situasi pandemi saat ini sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “SIMULASI ALIRAN FLUIDA DENGAN VARIASI DIAMETER PIPA PESAT PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO SINDANG CAI” dengan baik dan tepat waktu. Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu sebagai salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar sarjana sesuai dengan kurikulum yang sudah penulistempuh di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Selama melakukan penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu skripsi ini dapat terwujud dengan baik karena telah banyak menerima bantuan, bimbingan, semangat, dukungan serta doa dari banyak pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan yang baik ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dimudahkan untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.
2. Kedua orangtua tercinta saya, Bapak Guntoro dan Ibu Suyati yang senantiasa memberikan dukungan terbaiknya berupa doa, serta moral dan materi kepada penulis agar dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Serta yang selalu menjadi alasan bagi penulis untuk membanggakan mereka dengan menyelesaikan pendidikan tepat waktu.
3. Ibu Wiwin Sulistyawati , S.T., M.T , selaku dosen pembimbing I dan Bapak Fahrudin, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk dapat membimbing, memberikan arahan serta nasehat kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini sehingga penulis dapat menyelesaikan dan melakukan penelitian ini dengan baik.
4. Seluruh dosen pengajar dan karyawan Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah memberikan ilmu serta pengetahuan kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Bapak Ir. Sri Taryanto selaku mentor yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian dan pengambilan data serta yang telah membimbing dan mengajarkan penulis pada saat penulis mengalami halangan.
6. Azziza Ratri Pradina selaku sahabat sekaligus teman penulis sejak awal perkuliahan yang selalu membagikan semangat, candaan dan tawa selama perkuliahan dan membantu serta memberikan saran dalam penyusunan skripsi ini, sehingga dapat menyelesaikannya dengan baik.

7. Arya Widiyanto, Aufaa Amrulah, Ayub Resi Kusuma, dan Fauzan Kurnia Pamungkas yang merupakan sahabat penulis yang selalu memberikan tawa dan candaan ketika penulis lelah menjalani masa perkuliahan ini serta selalu mendengarkan keluh kesah penulis dalam penyusunan skripsi ini, yang selalu memberikan support, semangat serta doa terbaiknya kepada penulis.
8. Randy Firmansyah, Meilyna Andhika, Rhamadi Wijaya, Ralfy Nathan Gibran, Edeline Melati Dewi, Larasati Suciningsih, dan M. Arief A yang selalu menemani penulis selama perkuliahan online maupun offline dan saling berbagi keluh kesah serta kebingungan setiap memilih KRS.
9. OPTIMIS 2018, teman-teman seperjuangan yang telah memberikan tawa serta cerita kepada penulis selama masa perkuliahan.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang dengan tulus dan ikhlas membantu dan menemani penulis selama perkuliahan maupun penelitian.
11. Serta tak lupa terimakasih kepada diri saya sendiri, yang seringkali ingin menyerah dan mengeluh, namun tetap memilih bertahan dan berjuang sampai berada di titik ini. Terimakasih karena telah menyelesaikan semua ini dengan baik dan luar biasa.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, 17 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PENGESAHAN PENGUJI | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING..... | iii |
| PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI..... | iv |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS | v |
| Abstrak..... | vi |
| Abstract..... | vii |
| KATA PENGANTAR..... | viii |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| DAFTAR NOTASI..... | xvi |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 11 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 5 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Aliran Fluida..... | 7 |
| 2.2 Energi Air | 10 |
| 2.2.1 Debit Aliran Air | 10 |
| 2.3 Persamaan Kontinuitas | 11 |
| 2.4 Prinsip Bernoulli..... | 11 |
| 2.5 Bilangan Reynolds..... | 12 |
| 2.6 Pipa Pesat (<i>Penstock</i>) | 12 |
| 2.7 Turbin Air..... | 13 |
| 2.7.1 Pemilihan Jenis Turbin..... | 17 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 2.7.2 | Perhitungan Turbin..... | 18 |
| 2.7.3 | Efisiensi Turbin..... | 19 |
| 2.8 | Perhitungan Energi Listrik | 19 |
| 2.9 | <i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i> | 20 |
| 2.10 | Persamaan Atur (<i>Governing Equation</i>)..... | 20 |
| 2.11 | <i>Finite Volume Methode (FVM)</i> | 21 |
| 2.12 | <i>Mesh Independence</i> | 21 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN..... | | 23 |
| 3.1 | Waktu Penelitian | 23 |
| 3.2 | Tempat Penelitian..... | 23 |
| 3.3 | Variabel Penelitian | 23 |
| 3.4 | Identifikasi Masalah | 23 |
| 3.5 | Studi Literatur..... | 24 |
| 3.6 | Alat dan Bahan | 24 |
| 3.6.1 | Alat..... | 24 |
| 3.6.2 | Bahan..... | 26 |
| 3.7 | Turbin Francis Mendatar | 26 |
| 3.8 | Pipa Pesat..... | 27 |
| 3.9 | Diagram Alir..... | 28 |
| 3.10 | Pengumpulan Data..... | 29 |
| 3.10.1 | Geometri Permodelan Pipa Pesat | 29 |
| 3.10.2 | Spesifikasi Fluida Air Sungai..... | 31 |
| 3.10.3 | Spesifikasi Material..... | 32 |
| 3.11 | Simulasi Desain | 32 |
| 3.11.1 | <i>Pre-Processing</i> | 32 |
| 3.11.2 | <i>Solving</i> | 38 |
| 3.11.3 | <i>Post-Processing</i> | 38 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | | 39 |
| 4.1 | Analisis Pengaruh Perubahan Aliran Fluida Dengan Variasi Diameter Pipa Pesat..... | 40 |
| 4.1.1 | Perbandingan Kecepatan Aliran Fluida dengan Variasi Diameter Pipa Pesat | 40 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 4.1.2 | Perbandingan Tekanan Aliran Fluida dengan Variasi Diameter Pipa Pesat | 43 |
| 4.1.3 | Perbandingan <i>TKE</i> Aliran Fluida dengan Variasi Diameter Pipa Pesat | 46 |
| 4.2 | Analisis Pengaruh Daya Listrik Yang Dihasilkan Dengan Variasi Diameter Pipa Pesat..... | 49 |
| 4.3 | Analisis Efisiensi Optimum Dari Tiap-Tiap Variasi Pipa Pesat..... | 52 |
| 4.4 | Analisis Penggunaan Variasi Diameter Pipa Pesat dengan Simulasi | 53 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | | 59 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 59 |
| 5.2 | Saran..... | 60 |

DAFTAR PUSTAKA

RIWAYAT HIDUP

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Aliran Laminar | 8 |
| Gambar 2. 2 Aliran Turbulen | 9 |
| Gambar 2. 3 Aliran Transisi | 9 |
| Gambar 2. 4 Turbin Pelton | 14 |
| Gambar 2. 5 Turbin Cross-flow | 15 |
| Gambar 2. 6 Turbin Turgo | 15 |
| Gambar 2. 7 Turbin Francis | 16 |
| Gambar 2. 8 Turbin Kaplan | 17 |
| Gambar 3. 1 Dashboard Software CAD Solidworks | 25 |
| Gambar 3. 2 Dashboard Software ANSYS Fluent | 25 |
| Gambar 3. 3 Turbin Francis Mendatar | 26 |
| Gambar 3. 4 Pipa Pesat PLTMH SindangCai | 27 |
| Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian | 28 |
| Gambar 3. 6 Permodelan Geometri Pipa Pesat | 31 |
| Gambar 3. 7 Permodelan Geometri Simulasi | 33 |
| Gambar 3. 8 Meshing (a) Pipa Pesat (b) Turbin Francis | 34 |
| Gambar 3. 9 Named Selection <i>Permodelan Penelitian</i> | 35 |
| Gambar 4. 1 Perubahan Kecepatan Aliran Fluida | 42 |
| Gambar 4. 2 Perubahan Tekanan Aliran Fluida | 45 |
| Gambar 4. 3 Perubahan Turbulence Kinetic Energy Aliran Fluida | 48 |
| Gambar 4. 4 Grafik antara Torsi yang dihasilkan dan Diameter yang digunakan | 50 |
| Gambar 4. 5 Grafik antara Diameter yang digunakan dan Daya Keluar | 51 |
| Gambar 4. 6 Grafik Efisiensi Optimum Daya Listrik Yang Dihasilkan | 52 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Kecepatan Spesifik Turbin Konvensional..... | 18 |
| Tabel 3. 1 Spesifikasi Turbin Francis | 26 |
| Tabel 3. 2 Spesifikasi Air Sungai..... | 31 |
| Tabel 3. 3 Spesifikasi Aliran Air..... | 32 |
| Tabel 3. 4 Parameter Boundary Condition..... | 36 |
| Tabel 3. 5 Parameter-Parameter Solution Methods | 37 |
| Tabel 3. 6 Parameter Controls Solution | 37 |
| Tabel 4. 1 Potensi Daya Yang Dapat Dihasilkan PLTMH SindangCai..... | 39 |
| Tabel 4. 2 Ekuivalensi Data Dilapangan..... | 39 |
| Tabel 4. 3 Torsi yang dihasilkan | 49 |
| Tabel 4. 4 Daya yang dihasilkan | 51 |
| Tabel 4. 5 Efisiensi Optimum Simulasi dengan Variasi Pipa | 52 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1 Data di lapangan | 65 |
| Lampiran 2 Layout PLTMH Sindang Cai..... | 65 |

DAFTAR NOTASI

| No | Simbol | Keterangan | Satuan |
|----|----------|-----------------------------|----------|
| 1 | Q | Debit Aliran Fluida | m^3/s |
| 2 | A | Luas Penampang Pipa Pesat | m^2 |
| 3 | P | Daya | W |
| 4 | V | Kecepatan Aliran Fluida | m/s |
| 5 | D | Diameter Pipa Pesat | M |
| 6 | ρ | Massa jenis fluida | Kg/m^3 |
| 7 | H | Ketinggian | M |
| 8 | T | Torsi | N |
| 9 | G | Gaya Gravitasi | m/s^2 |
| 10 | μ | Viskositas Dinamik Fluida | $Kg/m.s$ |
| 11 | ν | Viskositas Kinematik Fluida | m^2/s |
| 12 | E | Energi | kWh |
| 13 | N | Kecepatan Spesifik | RPM |
| 14 | ω | Kecepatan angular | rad/s |
| 15 | η | Efisiensi | % |