



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**KAJIAN VARIASI SUDUT *ELBOW* PIPA PESAT PADA  
*PROTOTYPE* PLTMH SKALA LABORATORIUM  
DENGAN METODE CFD DAN EKSPERIMEN**

SKRIPSI

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Oleh:

**Berlian Firdaus Sumadipraja  
NIM. 2002321021**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
AGUSTUS, 2024**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



# KAJIAN VARIASI SUDUT *ELBOW* PIPA PESAT PADA *PROTOTYPE* PLTMH SKALA LABORATORIUM DENGAN METODE CFD DAN EKSPERIMEN

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi,  
Jurusan Teknik Mesin

POLITEKNIK  
NEGERI

Oleh:

**Berlian Firdaus Sumadipraja**  
NIM. 2002321021

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
AGUSTUS, 2024



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

*“Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua dan seluruh keluarga yang sudah mendukung dalam perjalanan saya di dunia pendidikan sampai bisa berkesempatan melanjutkan dan menyelesaikan pendidikan di Perguruan Tinggi. Semoga dengan ini menjadi berkah dunia akhirat dan awal yang baik untuk kedepannya”*

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN  
SKRIPSI

KAJIAN VARIASI SUDUT *ELBOW* PIPA PESAT PADA *PROTOTYPE*  
PLTMH SKALA LABORATORIUM DENGAN METODE CFD DAN  
EKSPERIMEN

Oleh:

Berlian Firdaus Sumadipraja

NIM. 2002321021

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Belyamin, M.Sc.Eng., B.Eng(Hons).  
NIP. 196301161993031001

Dr. Candra Damis Widiawaty, S.T.P., M.T  
NIP. 198201052014042001

Kepala Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra S.Pd., M.T.  
NIP. 199403092019031013



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN SKRIPSI

KAJIAN VARIASI SUDUT *ELBOW* PIPA PESAT PADA *PROTOTYPE*  
PLTMH SKALA LABORATORIUM DENGAN METODE CFD DAN  
EKSPERIMEN

Oleh:

Berlian Firdaus Sumadipraja  
NIM. 2002321021

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 22 Agustus 2024 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Belyamin, M.Sc.Eng., B.Eng(Hons). NIP. 196301161993031001	Ketua		22-08/24
2.	Ir. Budi Santoso, M.T. NIP. 195911161990111001	Anggota		22-08/24
3.	Indra Silanegara, S.T., M.T.I. NIP. 196906051989111001	Anggota		22-08/24

Depok, 22 Agustus 2024

Disahkan Oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir., Muslimin, S.T., M.T., IWE.  
NIP. 197707142008121005





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Berlian Firdaus Sumadipraja

NIM : 2002321021

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 22 Agustus 2024



Berlian Firdaus Sumadipraja

NIM. 2002321021



# KAJIAN VARIASI SUDUT *ELBOW* PIPA PESAT PADA *PROTOTYPE* PLTMH SKALA LABORATORIUM DENGAN METODE CFD DAN EKSPERIMEN

Berlian Firdaus Sumadipraja<sup>1)</sup>, Belyamin<sup>1)</sup>, Candra Damis Widiawaty<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424

Email: [berlianfsmprj@gmail.com](mailto:berlianfsmprj@gmail.com)

## ABSTRAK

Permasalahan utama yang dihadapi pada *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) skala laboratorium adalah terjadi penurunan tekanan dan *head losses* yang disebabkan oleh sudut *elbow* yang tidak optimal, sehingga mengakibatkan daya listrik yang dihasilkan tidak stabil. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan variasi sudut *elbow* pertama pipa pesat yang tepat antara 45° dan 90° dalam mengurangi *head losses* dan *pressure drop*, serta mencapai target peningkatan kecepatan aliran rata-rata dan daya listrik hingga 5%, dengan membandingkan hasil simulasi *computational fluid dynamic* dan hasil eksperimen dalam memprediksi aliran air pada *prototype* PLTMH. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah simulasi CFD, yang kemudian divalidasi dengan perhitungan analitikal melalui eksperimen pada *prototype* PLTMH skala laboratorium. Hasil penelitian ini menunjukkan variasi sudut *elbow* yang tepat adalah sudut *elbow* pertama 45° dengan total *pressure drop* secara analitikal dan eksperimen sebesar 10144,2 Pa dan 21666,7 Pa dan total *head losses* sebesar 1,04 m. Peningkatan kecepatan aliran rata-rata sebesar 1,03%, dari 2,91 m/s menjadi 2,94 m/s, serta daya listrik sebesar 2,6% dari 82,87 watt menjadi 85,05 watt, meskipun belum mencapai target 5%. Simulasi CFD menunjukkan prediksi kecepatan fluida yang cukup akurat, meskipun terdapat perbedaan signifikan dengan hasil eksperimen pada *pressure drop*.

Kata Kunci: pipa pesat, PLTMH, *head losses*, *pressure drop*, sudut *elbow*, CFD

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## ***STUDY OF ELBOW ANGLE VARIATIONS PENSTOCK OF A LABORATORY-SCALE MHPP PROTOTYPE USING CFD AND EXPERIMENT METHODS***

**Berlian Firdaus Sumadipraja<sup>1)</sup>, Belyamin<sup>1)</sup>, Candra Damis Widiawaty<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424

Email: [berlianfsmprj@gmail.com](mailto:berlianfsmprj@gmail.com)

### **ABSTRACT**

*The main problem encountered in the laboratory-scale microhydro power plant (MHPP) prototype is the pressure drop and head losses caused by the non-optimal elbow angle, resulting in unstable electric power generation. The purpose of this research is to determine the right variation of the first elbow angle of the rapid pipe between 45° and 90° in reducing head losses and pressure drop, as well as achieving the target of increasing the average flow velocity and electric power up to 5%, by comparing the results of computational fluid dynamic simulations and experimental results in predicting water flow in the MHPP prototype. The method used in this research is CFD simulation, which is then validated with analytical calculations through experiments on a laboratory-scale MHPP prototype. The results of this study show that the right elbow angle variation is the first elbow angle of 45° with a total analytical and experimental pressure drop of 10144.2 Pa and 21666.7 Pa and a total head loss of 1.04m. The average flow velocity increased by 1.03%, from 2.91 m/s to 2.94 m/s, and the electrical power by 2.6% from 82,87 watt to 85,05 watt, although it has not reached the target of 5%. CFD simulation shows a fairly accurate prediction of fluid velocity, although there is a significant difference with experimental results on pressure drop.*

**Keywords:** *penstock, MHPP, head losses, pressure drop, elbow angle, CFD*





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGATAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Variasi Sudut *Elbow* Pipa Pesat Pada *Prototype* PLTMH Skala Laboratorium Dengan Metode CFD Dan Eksperimen”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Dengan rasa syukur yang mendalam, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya yang telah memberikan dukungan, kasih sayang, dan doa yang tiada henti selama proses penyusunan skripsi ini. Tanpa bimbingan dan motivasi dari mereka, skripsi ini mungkin tidak akan terselesaikan dengan baik.

Penulis ingin menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penulisan skripsi ini. Penulis sangat berterima kasih atas segala bantuan tulus yang telah diberikan tanpa batas oleh:

1. Bapak Dr. Belyamin, M.Sc. Eng. B.Eng. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan hingga penelitian ini selesai.
2. Ibu Dr. Candra Damis Widiawaty, S.T.P., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan hingga penelitian ini selesai
3. Bapak Ir. Budi Santoso, M.T yang telah membantu dan memberikan arahan dalam proses pembuatan alat *prototype* selama penelitian.

Kepada teman-teman Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Angkatan 2020 yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam.

Depok, 22 Agustus 2024

Berlian Firdaus Sumadipraja

NIM. 2002321021



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).....	5
2.2 Aliran Pada Saluran Tertutup ( <i>Internal Flow</i> ).....	7
2.3 <i>Persamaan Bernoulli</i> .....	9
2.4 <i>Head Losses</i> .....	10
2.5 <i>Pressure Drop</i> .....	13
2.6 Pompa Sentrifugal Sebagai Turbin.....	14





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.7	Generator Induksi .....	16
2.8	<i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD) .....	17
2.9	Kajian Literatur .....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Jenis Penelitian .....	24
3.2	Objek Penelitian .....	24
3.3	Metode Pengambilan Sampel .....	27
3.4	Jenis dan Sumber Data Penelitian .....	28
3.5	Metode Pengumpulan Data Penelitian .....	28
3.6	Metode Analisis Data .....	28
3.7	Alat dan Bahan Penelitian .....	29
3.8	Simulasi CFD Dengan Ansys Fluent.....	36
3.9	Pembuatan Simulasi Eksperimen Pada <i>Prototype</i> PLTMH .....	42
3.10	Langkah Pengujian <i>Prototype</i> PLTMH Skala Laboratorium.....	43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		46
4.1	Hasil Pengambilan Data .....	46
4.2	Permodelan Geometri.....	46
4.3	Hasil Simulasi CFD.....	48
4.4	Hasil Pengujian Eksperimen .....	57
4.5	Hasil Perhitungan Analitikal <i>Total Head Losses</i> dan <i>Pressure Drop</i> ....	59
4.6	Hasil Perhitungan Eksperimen <i>Total Pressure Drop</i> .....	62
4.7	Hasil Perhitungan Daya Listrik Generator .....	63
4.8	Pembahasan Hasil.....	64
4.8.1	Analisis Perbandingan <i>Total Pressure Drop</i> Terhadap Variasi Sudut <i>Elbow</i> Pada Hasil Simulasi CFD .....	64



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.8.2	Analisis Perbandingan Kecepatan Aliran Rata-Rata Terhadap Variasi Sudut <i>Elbow</i> Pada Hasil Simulasi CFD.....	65
4.8.3	Analisis Perbandingan Total <i>Head Losses</i> Analitikal Terhadap Variasi Sudut <i>Elbow</i> Dan Kondisi Pengoperasian Katup.....	66
4.8.4	Analisis Perbandingan <i>Pressure Drop</i> Analitikal Terhadap Variasi Sudut <i>Elbow</i> Dan Kondisi Pengoperasian Katup .....	67
4.8.5	Analisis Perbandingan Total <i>Pressure Drop</i> Eksperimen Terhadap Variasi Sudut <i>Elbow</i> Dan Kondisi Pengoperasian Katup.....	68
4.8.6	Analisis Perbandingan Kecepatan Aliran Terhadap Variasi Sudut <i>Elbow</i> Dan Kondisi Pengoperasian Katup.....	69
4.8.7	Analisis Perbandingan Daya Listrik Generator Variasi Sudut <i>Elbow</i> Dan Kondisi Pengoperasian Katup .....	71
4.8.8	Analisis Perbandingan Putaran Poros <i>Flywheel</i> Terhadap Variasi Sudut <i>Elbow</i> Dan Kondisi Pengoperasian Katup .....	72
4.8.9	Analisis Perbandingan Hasil Simulasi CFD Dengan Eksperimen..	73
BAB V	PENUTUP.....	75
5.1	Kesimpulan.....	75
5.2	Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	.....	76
LAMPIRAN	.....	79





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Komponen Utama PLTMH.....	5
Gambar 2. 2	Sifat aliran dalam pipa .....	8
Gambar 2. 3	Diagram moody .....	11
Gambar 2. 4	Cara kerja pompa. (a) sebagai pompa; (b) pompa sebagai turbin....	14
Gambar 2. 5	Arah putaran aliran pada pompa sebagai turbin.....	15
Gambar 2. 6	Segitiga kecepatan pompa (kanan) dan turbin (kiri) .....	16
Gambar 2. 7	Generator induksi .....	17
Gambar 3. 1	Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 3. 2	Prototype PLTMH skala laboratorium.....	25
Gambar 3. 3	Sampel variasi (a) variasi 1 sudut <i>elbow</i> 90°; (b) variasi sudut <i>elbow</i> 45° .....	27
Gambar 3. 4	Portable ultrasonic <i>flowmeter</i> .....	30
Gambar 3. 5	<i>Pressure Gauge</i> .....	30
Gambar 3. 6	Infrared thermometer.....	31
Gambar 3. 7	Tachometer.....	31
Gambar 3. 8	Multimeter digital.....	32
Gambar 3. 9	Tang Ampere.....	32
Gambar 3. 10	<i>Pressure transducer</i> .....	33
Gambar 3. 11	Thermocouple.....	33
Gambar 3. 12	Modul MAX6675.....	34
Gambar 3. 13	Arduino uno.....	34
Gambar 3. 14	Tampilan PLX-DAQ .....	35
Gambar 3. 15	Instalasi sistem data akuisisi .....	35
Gambar 3. 16	Sistem data akuisisi (a) <i>box</i> instalasi; (b) <i>pressure 2</i> ; (c) <i>pressure 3</i> ; (d) termokopel.....	36
Gambar 3. 17	Pemilihan sistem analisis .....	37
Gambar 3. 18	Tampilan bagian tools pada <i>fluid flow</i> (fluent) .....	37
Gambar 3. 19	Mengimpor geometri dari Autodesk Inventor.....	38
Gambar 3. 20	Tampilan geometri ketika sudah generate.....	38
Gambar 3. 21	Tahap meshing pada geometri benda uji.....	39

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 22 Kualitas nilai skewness dan orthogonal quality .....	39
Gambar 3. 23 Penentuan arah aliran yang akan dianalisis.....	40
Gambar 3. 24 Tahap menjalankan setup pada <i>fluid flow</i> (fluent) .....	40
Gambar 3. 25 Penentuan kondisi batas aliran fluida dalam pipa .....	41
Gambar 3. 26 Tahap monitoring running calculation residual .....	41
Gambar 3. 27 Tampilan dari tahap akhir simuasi CFD .....	42
Gambar 3. 28 Proses <i>alignment</i> generator dengan turbin sentrifugal .....	43
Gambar 3. 29 Peletakan alat ukur ultrasonic <i>flowmeter</i> .....	44
Gambar 3. 30 Rangkaian star generator induksi .....	44
Gambar 3. 31 Bukaian katup (a) tertutup penuh (b) tertutup setengah.....	45
Gambar 4. 1 Geometri variasi 1 sudut <i>elbow</i> .....	47
Gambar 4. 2 Geometri variasi 2 sudut <i>elbow</i> .....	47
Gambar 4. 3 Kondisi batas simulasi.....	48
Gambar 4. 4 Hasil iterasi dari variasi sudut <i>elbow</i> 90° dan 90°.....	49
Gambar 4. 5 Hasil iterasi variasi sudut <i>elbow</i> 45° dan 90°.....	49
Gambar 4. 6 Kontur kecepatan aliran variasi 1 sudut <i>elbow</i> pipa pesat .....	50
Gambar 4. 7 Vektor kecepatan variasi 1 sudut <i>elbow</i> (a) 90° titik pertama. (b) 90° titik kedua.....	51
Gambar 4. 8 Kontur kecepatan aliran variasi 2 sudut <i>elbow</i> pipa pesat .....	52
Gambar 4. 9 Vektor kecepatan variasi 2 sudut <i>elbow</i> (a) 45° titik pertama. (b) 90° titik kedua.....	53
Gambar 4. 10 Kontur tekanan aliran air variasi 1 sudut <i>elbow</i> pipa pesat.....	54
Gambar 4. 11 Kontur tekanan aliran air variasi 2 sudut <i>elbow</i> pipa pesat.....	55
Gambar 4. 12 Perbandingan <i>pressure drop</i> hasil simulasi CFD.....	64
Gambar 4. 13 Perbandingan kecepatan aliran rata-rata simulasi CFD .....	65
Gambar 4. 14 Total <i>head losses</i> analitikal variasi sudut <i>elbow</i> terhadap bukaian katup.....	66
Gambar 4. 15 Total <i>pressure drop</i> analitikal variasi sudut <i>elbow</i> terhadap bukaian katup.....	67
Gambar 4. 16 Total <i>pressure drop</i> eksperimen variasi sudut <i>elbow</i> terhadap bukaian katup.....	68





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 17 Kecepatan Aliran rata-rata eksperimen terhadap variasi sudut <i>elbow</i> .....	70
Gambar 4. 18 Daya listrik generator terhadap variasi sudut <i>elbow</i> .....	71
Gambar 4. 19 Putaran poros flywheel terhadap variasi sudut <i>elbow</i> .....	72



### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat fisik air.....	8
Tabel 2. 2 Kekasaran pipa berdasarkan jenis material.....	12
Tabel 2. 3 Koefisien kerugian minor.....	13
Tabel 4. 1 Hasil pengambilan data kecepatan aliran fluida pada inlet pipa.....	46
Tabel 4. 2 Hasil kualitas meshing.....	47
Tabel 4. 3 Hasil <i>pressure drop</i> simulasi CFD.....	56
Tabel 4. 4 Hasil kecepatan rata-rata aliran simulasi CFD.....	56
Tabel 4. 5 Hasil pengujian eksperimen variasi 1 bukaan tertutup penuh.....	57
Tabel 4. 6 Hasil pengujian eksperimen dengan variasi 2 bukaan tertutup penuh .	58
Tabel 4. 7 Hasil pengujian eksperimen dengan variasi 1 bukaan katup setengah	58
Tabel 4. 8 Hasil pengujian eksperimen dengan variasi 2.....	59
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan total <i>head losses</i> analitikal.....	61
Tabel 4. 10 Hasil perhitungan total <i>pressure drop</i> analitikal.....	61
Tabel 4. 12 Hasil perhitungan total <i>pressure drop</i> eksperimen.....	62
Tabel 4. 13 Data hasil perhitungan daya listrik generator .....	63
Tabel 4. 13 Perbandingan hasil simulasi CFD dengan hasil eksperimen .....	73

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penelitian

Meningkatnya kebutuhan energi listrik hampir 5% pada tahun 2021 dan 4% pada tahun 2022 sehingga kesadaran akan keterbatasan sumber energi fosil mendorong minat masyarakat pada energi terbarukan salah satunya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (IEA, 2021; Strielkowski et al., 2021). Dalam pengoperasiannya dibutuhkan pengetahuan tentang pembangkit tersebut. Sebagai respon permasalahan, dibuat *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) skala laboratorium di Politeknik Negeri Jakarta menggunakan turbin sentrifugal dan turbin *crossflow* sebagai media pembelajaran mengenai ilmu pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

Kondisi *prototype* PLTMH skala laboratorium ini sebelumnya masih terdapat kelemahan dalam hal aliran air dalam pipa pesat. Salah satu masalah utama yang terjadi adalah aliran yang tidak stabil menyebabkan penurunan tekanan saat dioperasikan, dan ini mengakibatkan daya listrik yang dihasilkan tidak stabil dan menurun. Menurut (Amini et al., 2021) pada *prototype* PLTMH skala laboratorium menyatakan bahwa terjadi kenaikan suhu secara terus menerus sehingga terdapat fenomena kavitasi pada *reservoir* utama dan gesekan aliran dalam pipa pesat menyebabkan penurunan tekanan dalam pengoperasian sehingga mempengaruhi kinerja turbin. Solusi yang ditawarkan yaitu mengubah diameter pipa *suction* pompa diperbesar pada *reservoir* utama untuk mengatasi permasalahan kavitasi. Namun solusi lebih lanjut mengenai permasalahan gesekan aliran pada pipa pesat belum diselesaikan.

Berdasarkan temuan lapangan, peneliti menduga bahwa penurunan tekanan terjadi disebabkan oleh penggunaan sudut *elbow* dan percabangan *tee* pada pipa pesat menuju turbin. Karena semakin besar sudut *elbow* dan adanya percabangan maka semakin tinggi juga nilai *head losses* dan *pressure drop* yang dihasilkan (Ardhana, 2022). Salah satu upaya untuk mengurangi terjadi penurunan tekanan adalah dengan memvariasikan sudut belokan tersebut.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Oleh karena itu, peneliti akan melakukan kajian variasi sudut *elbow* pipa pesat dengan memvariasikan sudut *elbow* titik pertama yang berbeda yaitu sudut  $90^\circ$  dan sudut  $45^\circ$  pada jalur turbin sentrifugal. Turbin sentrifugal dipilih karena ketidaksesuaian generator yang digunakan pada turbin *crossflow* yang terlalu besar dibandingkan turbin yang dipakai sehingga listrik yang dihasilkan tidak stabil dan juga untuk menutup percabangan *tee* pada pipa pesat *prototype* PLTMH skala laboratorium agar aliran lebih stabil. Harapan peneliti dengan melakukan kajian variasi sudut *elbow* pipa pesat dapat mengurangi *head losses* dan *pressure drop* sehingga meningkatkan kecepatan aliran air rata-rata, serta daya listrik yang dihasilkan generator sebesar 5 % dari sudut *elbow* sebelumnya pada *prototype* PLTMH skala laboratorium.

Pada penelitian ini dilakukan metode simulasi menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk menganalisis energi aliran fluida dari variasi sudut *elbow* sebelum melakukan kajian eksperimen. Karena CFD mampu memberikan prediksi kinerja suatu sistem fluida serta gambaran pola aliran fluida yang melewati sistem tersebut (Luthfie, 2016). Kajian eksperimen dilakukan untuk memvalidasi hasil simulasi serta penerapan langsung pada *prototype* PLTMH skala laboratorium sehingga dapat membandingkan hasil simulasi dengan hasil eksperimen.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penelitian ini mengambil judul **“Kajian Variasi Sudut *Elbow* Pipa Pesat Pada *Prototype* PLTMH Skala Laboratorium Dengan Metode CFD Dan Eksperimen”**.

### 1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pemilihan variasi sudut *elbow* pipa pesat yang tepat sehingga mengurangi *total head losses* dan *pressure drop* akibat gesekan aliran dalam pipa pesat?
2. Berapa peningkatan kecepatan aliran air rata-rata dan daya listrik yang dihasilkan generator dari variasi sudut *elbow* pipa pesat *prototype* PLTMH skala laboratorium dengan target peningkatan sebesar 5 %?





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Bagaimana perbandingan hasil simulasi CFD dan hasil eksperimen dalam memprediksi kecepatan aliran air dan *pressure drop* pada *prototype* PLTMH skala laboratorium?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang penelitian, adapun tujuan yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menentukan variasi sudut *elbow* pipa pesat yang tepat sehingga mengurangi *total head losses* dan *pressure drop* akibat gesekan aliran air dalam pipa pesat *prototype* PLTMH skala laboratorium.
2. Menentukan target peningkatan kecepatan aliran rata-rata dan daya listrik yang dihasilkan generator dari variasi sudut *elbow* pipa pesat pada *prototype* PLTMH skala laboratorium sebesar 5 %.
3. Menentukan perbandingan antara hasil simulasi CFD dan hasil eksperimen dalam memprediksi kecepatan aliran air dan *pressure drop* pada *prototype* PLTMH skala laboratorium.

### 1.4 Batasan Masalah Penelitian

Berikut batasan masalah dalam penelitian ini, sehingga pembahasan lebih terarah dan tidak melebar kepada banyak hal di luar pembahasan:

1. Penelitian ini memvariasikan sudut *elbow* yang berbeda yaitu variasi 1 adalah sudut titik pertama  $90^\circ$  dan sudut titik kedua  $90^\circ$  sedangkan variasi 2 adalah sudut titik pertama  $45^\circ$  dan sudut titik kedua  $90^\circ$  pipa pesat *prototype* PLTMH skala laboratorium.
2. Aliran fluida yang disimulasikan hanya pada jalur pipa pesat turbin sentrifugal *prototype* PLTMH skala laboratorium.
3. Penelitian ini hanya menghitung koefisien kerugian pada sambungan *elbow*, *tee*, *katup* dan panjang pipa pesat.
4. Penelitian tidak membahas pengaruh dari perubahan suhu fluida terhadap *prototype* PLTMH skala laboratorium.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Berikut manfaat penelitian yang diharapkan dari penyusunan dan pembuatan penelitian di antaranya yaitu:



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Sebagai salah satu opsi untuk meningkatkan energi aliran air dan daya listrik yang dihasilkan PLTMH.
2. Menambah wawasan keilmuan dalam menentukan sudut *elbow* pipa pesat yang tepat dalam sektor PLTMH.
3. Memberikan informasi terhadap mahasiswa sebagai sumber referensi tambahan mengenai gesekan aliran air pada pipa pesat di PLTMH.

### 1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Dalam penulisan skripsi ini terdapat sistematika penulisan yang digunakan yaitu :

#### 1. BAB I

Bab ini menjelaskan pendahuluan dari penelitian. Pendahuluan ini terdapat latar belakang penelitian, rumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

#### 2. BAB II

Bab ini berisi penjelasan tentang dasar teori yang akan digunakan sesuai dalam penelitian. Dasar teori yang ditampilkan bersumber dari jurnal, *manual book*, dan *textbook*.

#### 3. BAB III

Bab ini menjelaskan tentang pelaksanaan penelitian yaitu mulai dari jenis penelitian, objek penelitian, metode pengambilan sampel, jenis dan sumber data penelitian, metode pengumpulan data, dan metode analisis data.

#### 4. BAB IV

Bab ini menjelaskan tentang hasil dari penelitian setelah dilakukan pengolahan data dan pembahasan yang sesuai dengan rencana penelitian.

#### 5. BAB V

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian yang didapat setelah melakukan penelitian dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya dengan topik terkait.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, maka kesimpulan yang didapat antara lain:

1. Variasi sudut *elbow* yang tepat untuk mengurangi total *pressure drop* dan *head losses* pada *prototype* PLTMH skala laboratorium adalah sudut *elbow* pertama  $45^\circ$  dan kondisi pengoperasian bukaan katup tertutup penuh dengan hasil secara analitikal dan eksperimen sebesar 10144,2 Pa dan 21666,7 Pa untuk total *pressure drop* sedangkan total *head losses* sebesar 1,04 m.
2. Didapatkan peningkatan kecepatan aliran rata-rata sebesar 1,03%, dari 2,91 m/s pada variasi 1 sudut *elbow* titik pertama  $90^\circ$  menjadi 2,94 m/s setelah dibandingkan dengan variasi 2 sudut *elbow* pertama  $45^\circ$ . Serta daya listrik generator juga meningkat dengan rata-rata sebesar 2,6 % dari 82,87 watt pada variasi 1 sudut *elbow* titik pertama  $90^\circ$  menjadi 85,05 watt pada variasi 2 sudut *elbow* titik pertama  $45^\circ$ . Meskipun, target peningkatan 5% belum tercapai.
3. Simulasi CFD menunjukkan perbedaan signifikan dengan hasil eksperimen, terutama pada *pressure drop*, namun tetap cukup akurat dalam memprediksi kecepatan rata-rata aliran air. Hasil simulasi CFD yang terbaik didapatkan pada variasi sudut *elbow* pertama  $45^\circ$ .

### 5.2 Saran

Adapun saran untuk menyempurnakan penelitian yang telah dilakukan yaitu antara lain:

1. Perlu dilakukan penggantian semua sudut *elbow* dengan  $45^\circ$  dan penggantian pada pipa pesat sehingga target peningkatan 5% kecepatan aliran dan daya listrik keluaran generator tercapai dan gesekan aliran dapat terminimalisir.
2. Perlu dilakukan pemeliharaan pada pompa sentrifugal yang digunakan sebagai sumber energi aliran agar kinerja pada *prototype* PLTMH skala laboratorium lebih baik.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. T., Sulhairi, Thaha, M. A., & Bakri, B. (2022). Studi Eksperimental Kecepatan Aliran Slurry pada Saluran Tertutup. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 25(1), 48–58. <https://doi.org/10.25042/jpe.052021.06>
- Amini, N., Santoso, B., & Nufus, T. H. (2021). Pengaruh Suhu Fluida pada Pompa Sentrifugal untuk Pengopersian Triple Turbin. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*. <http://prosiding.pnj.ac.id>
- Ansys Inc. (2013). CFX Solver Modelling Guide, Release 15.0. *ANSYS CFX-Solver Modeling Guide*, 15317(November), 724–746. <http://www.ansys.com>
- ANSYS, Inc. (2015). Introduction to ANSYS Meshing. *ANSYS Manual 2015, December*, 1–37. [http://200.19.248.10:8002/professores/mauro/CursoAnsys/Meshing\\_CD\\_16/lectures\\_trainee/Mesh-Intro\\_16.0\\_L07\\_Mesh\\_Quality\\_and\\_Advanced\\_Topics.pdf](http://200.19.248.10:8002/professores/mauro/CursoAnsys/Meshing_CD_16/lectures_trainee/Mesh-Intro_16.0_L07_Mesh_Quality_and_Advanced_Topics.pdf)
- Ardhana, Y. (2022). *ANALISA PENGARUH SUDUT LENGKUNGAN PENSTOCK TERHADAP DAYA KELUARAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) BINTANG ASIH*.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2014). *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications Third Edition*.
- Dhiva Pratama, A., Hidayah, E., & Utami Agung Wiyono, R. (2021). Penentuan Desain Optimum Penstock untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Poreng, Jember. *Jurnal Teknik Pengairan*, 12(1), 71–80. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.01.07>
- Donald, F. Y., Munson, B. R., & Okiishi, T. H. (2010). A brief introduction to fluid mechanics. In *John Wiley & Sons* (Vol. 34, Issue 09). John Wiley & Sons.
- Gülich, J. F. (2010). Centrifugal pumps (second edition). In *Centrifugal Pumps (Second Edition)*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12824-0>
- IEA. (2021). *Electricity Market Report*. [www.iea.org/t&c/](http://www.iea.org/t&c/)
- Iman, I. F. (2020). *STUDI NUMERIK ALIRAN MELINTASI SISTEM PERPIPAAN BERCABANG DENGAN MODIFIKASI SUDUT SAMBUNGAN PIPA*. INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER.
- Iwanda, P. S., Syafriyudin, S. T., Prastyono, I., Pambudi, E., & Elektro, M. T. (2016). PERENCANAAN GENERATOR AXIAL FLUKS MAGNET PERMANEN JENIS NEODYMIUM (NdFeB) TANPA INTI STATOR Pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). In *Jurnal Elektrikal* (Vol. 3, Issue 2).

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Jamaaluddin, J., Anshory, I., Sulistiyowati, I., & Ahfas, A. (2022). Buku Ajar Pengantar Teknik Tenaga Listrik. In *Buku Ajar Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. <https://doi.org/10.21070/2022/978-623-464-054-0>
- Jamal, Lewi, & Haans, A. L. S. (2018). ANALISA DAN PENGECEKAN KERUSAKAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO SETELAH SETAHUN BEROPERASI. *Bidang Ilmu Teknik Mesin*, 135–139.
- Khoirudin, R. S., Haddin, M., & Nugroho, D. (2019). Analisa Pengaruh Sudut Belokan Penstock Terhadap Daya Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 8(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.36055/setrum.v8i2.6463>
- Luthfie, A. A. (2016). *Simulasi Numeris Performasi Turbin Hydrocoil dengan Draft Tube dan Pipa Siphon*. Universitas Gadjah Mada.
- Miyarthaluna, G. K., & Hantoro, R. (2018). Analisis *Pressure Drop* pada Jaringan Pipa Pelanggan Biogas di TPA Supiturang Kota Malang. *JURNAL TEKNIK ITS*, 7.
- Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2012). *Fundamentals of Fluid Mechanics Seventh Edition*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1201/b11709-7>
- Rahmandhika, A., Mokhtar, A., Adi Putra, B., & Achmadi, S. (2024). Analisis variasi pipa penstock terhadap kecepatan inlet turbin pada PLTMH Boonpring menggunakan CFD. *ARMATUR : Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 5(1), 115–121. <https://doi.org/10.24127/armatur.v5i1.4760>
- Sari, Putra, Y. S., & Hasanuddin. (2022). Studi Aliran Air dalam Pipa Penstock pada Sistem Mikrohidro dengan Pendekatan Computational Fluid Dynamics. *PRISMA FISIKA*, 10(3), 304–314.
- Setiawan, T., Riyadi, S., & Bayu Bayu Faisal Nugraha. (2023). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Pipa Terhadap *Pressure Drop* Aliran Pipa. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 9(2), 255–258. <https://doi.org/10.33197/jitter.vol9.iss2.2023.1039>
- Sourcebook, A. F. I. (n.d.). *Improving Motor and Drive System Performance*.
- Strielkowski, W., Civin, L., Tarkhanova, E., Tvaronavičienė, M., & Petrenko, Y. (2021). Renewable energy in the sustainable development of electrical power sector: A review. *Energies*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/en14248240>
- Sulistiyo, E., Wahyuningsih, U., & Sutisna, M. A. R. (2018). ANALISIS *HEAD LOSSES* PADA PENSTOCK UNIT III DI PERUM JASA TIRTA II UNIT



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

JASA PEMBANGKIT PLTA IR. H. DJUANDA. *Power Plant*, 6(1), 19–25.  
<https://doi.org/10.33322/powerplant.v6i1.70>

Supriyadi. (2023). *ANALISA KINERJA CYCLONE SEPARATOR TIPE STAIRMAND DAN LAPPLE YANG AKAN DIGUNAKAN PADA SISTEM PYROLYSIS*.

Suryanto, S., Apollo, A., Hamzah, M. J., & Israwati, T. (2019). Analisis Perancangan Penstock PLTMH di Eremerasa Kabupaten Bantaeng Dengan Menggunakan ANSYS. *Jurnal Sinergi Jurusan Teknik Mesin*, 17(1), 16.  
<https://doi.org/10.31963/sinergi.v17i1.1588>

White, F. M. (2017). Fluid Mechanics (8th ed.). In *Journal of Visual Languages & Computing* (Vol. 11, Issue 3).

Wicaksono, F., & Subekti, S. (2021). Analisis Pengaruh Penyumbatan Aliran Fluida pada Pipa dengan Metode Fast Fourier Transform. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 6(1), 77–83.  
<https://doi.org/10.21831/dinamika.v6i1.36339>

Widiana, I. N., Giriantari, I. A. D., & Setiawan, I. N. (2020). Perancangan Penstock (Pipa Pesat) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Banjar Dinas Mekarsari, Desa Panji, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 19(2), 235.  
<https://doi.org/10.24843/mite.2020.v19i02.p16>

Yang, H., Zhu, L., Xue, H., Duan, J., & Deng, F. (2021). A Numerical Analysis of the effect of impeller rounding on centrifugal pump as turbine. *Processes*, 9(9).  
<https://doi.org/10.3390/pr9091673>

Zainuddin, Hidayat, A., Munawar, S. T. A., & Irawadi, D. (2019). *Desain dan Implementasi Simulator Kendali Antena Stasiun Bumi Penginderaan Jauh*.  
<http://henrysbench.capnfatz.com>.





## LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil pengujian eksperimen

Elbow 90° dan 90° Buka-an Katup Full Ø 30 cm										
Pengujian 1										
Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	Putaran Flywheel (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	160000	93163,2	135000	3,18	2,98	2,77	29,6	749,6	100,8	0,619
2	160000	93163,2	135000	3,16	2,96	2,74	30	749	100,2	0,617
3	160000	93163,2	135000	3,15	2,95	2,73	30,4	748,2	100	0,617
4	160000	93163,2	135000	3,15	2,92	2,72	30,7	748	99,5	0,616
5	160000	93163,2	135000	3,14	2,9	2,73	31,2	747,8	99,4	0,615
6	160000	93163,2	134000	3,15	2,88	2,72	31,6	747,6	99,6	0,615
7	160000	93163,2	134000	3,13	2,87	2,71	31,8	747,1	98,9	0,614
8	160000	93163,2	134000	3,11	2,85	2,70	32,1	747,5	99,5	0,615
9	160000	93163,2	134000	3,09	2,86	2,69	32,7	747,4	99,3	0,614
10	160000	93163,2	134000	3,07	2,83	2,68	33	747,2	99,1	0,615
Rata-rata	160000	93163,2	134500	3,13	2,90	2,72	31,3	747,9	99,63	0,62

Elbow 90° dan 90° Buka-an Katup Full Ø 30 cm										
Pengujian 2										
Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	Putaran Flywheel (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	160000	93163,2	135000	3,13	2,86	2,76	33,1	749,3	100,1	0,618
2	160000	93163,2	135000	3,11	2,86	2,75	33,2	749,2	100,4	0,617
3	160000	93163,2	135000	3,1	2,85	2,74	33,5	748,5	99,3	0,615
4	160000	93163,2	135000	3,1	2,85	2,74	34	748,6	100	0,617
5	160000	93163,2	135000	3,09	2,83	2,73	34,5	747,9	98,8	0,615
6	160000	93163,2	135000	3,1	2,83	2,72	34,7	748,2	99,1	0,617
7	160000	93163,2	135000	3,08	2,81	2,72	35	748,5	100	0,617
8	160000	93163,2	135000	3,07	2,8	2,7	35,2	748,2	99,5	0,614
9	160000	93163,2	135000	3,06	2,78	2,67	35,7	747,8	98,5	0,614
10	160000	93163,2	135000	3,05	2,76	2,65	35,9	747,4	99,4	0,615
Rata-rata	160000	93163,2	135000	3,09	2,82	2,72	34,5	748,36	99,51	0,616

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### Elbow 90° dan 90° Buka-an Katup Full Ø 30 cm

Pengujian 3											
Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	Putaran Flywheel (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)	
1	160000	98066,5	135000	3,17	2,98	2,86	29,7	749,3	100,3	0,618	
2	160000	98066,5	135000	3,15	2,95	2,83	30,1	748,7	99,3	0,617	
3	160000	98066,5	135000	3,14	2,96	2,79	30,4	749,2	100,1	0,615	
4	160000	98066,5	135000	3,14	2,95	2,78	30,7	749	100	0,617	
5	160000	98066,5	135000	3,13	2,93	2,77	31,1	748,5	99,1	0,615	
6	160000	98066,5	135000	3,15	2,92	2,75	31,5	748,7	99,6	0,617	
7	160000	98066,5	135000	3,1	2,9	2,72	31,9	748,6	99,4	0,617	
8	160000	98066,5	135000	3,08	2,89	2,7	32,3	748	99,3	0,614	
9	160000	98066,5	135000	3,07	2,87	2,69	32,6	747,9	99,6	0,614	
10	160000	98066,5	135000	3,06	2,84	2,68	33,1	747,9	99,3	0,615	
Rata-rata	160000	98066,5	135000	3,12	2,92	2,76	31,3	748,58	99,6	0,616	

### Elbow 90° dan 90° Buka-an Katup Setengah Ø 30 cm

Pengujian 1											
Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	Putaran Flywheel (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)	
1	100000	24516,6	65000	3,64	2,3	2,17	31,5	715	50,39	0,441	
2	100000	24516,6	65000	3,62	2,28	2,15	31,7	715,2	50,9	0,442	
3	100000	24516,6	65000	3,58	2,27	2,14	31,8	715,4	50,98	0,441	
4	100000	24516,6	65000	3,54	2,26	2,12	31,9	715,2	51,71	0,444	
5	100000	24516,6	65000	3,53	2,25	2,13	32,2	715,1	51,57	0,446	
6	100000	24516,6	65000	3,49	2,22	2,11	32,3	715,3	51,48	0,443	
7	100000	24516,6	65000	3,47	2,2	2,1	32,5	714,9	51,41	0,444	
8	100000	24516,6	65000	3,48	2,17	2,09	32,8	715	52,29	0,446	
9	100000	24516,6	65000	3,46	2,15	2,08	33,3	714,8	49,17	0,433	
10	100000	24516,6	65000	3,42	2,13	2,07	33,5	715,1	51	0,441	
Rata-rata	100000	24516,6	65000	3,52	2,22	2,12	32,4	715,1	51,09	0,442	





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### Elbow 90° dan 90° Bukaan Katup Setengah Ø 30 cm

#### Pengujian 2

Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	Putaran Flywheel (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	100000	24516,6	65000	3,68	2,29	2,19	32,9	715,9	54,78	0,456
2	100000	24516,6	65000	3,67	2,28	2,16	33,3	715,8	54,75	0,456
3	100000	24516,6	65000	3,63	2,28	2,15	33,7	715,8	54,33	0,454
4	100000	24516,6	65000	3,6	2,25	2,13	33,9	715,7	55,21	0,458
5	100000	24516,6	65000	3,58	2,24	2,12	34,1	716,7	55,24	0,458
6	100000	24516,6	65000	3,56	2,23	2,11	34,4	716,4	54,51	0,456
7	100000	24516,6	65000	3,53	2,2	2,11	34,6	716,1	54,33	0,454
8	100000	24516,6	65000	3,49	2,18	2,09	34,7	716,3	54,6	0,456
9	100000	24516,6	65000	3,46	2,15	2,08	34,9	715,9	55,15	0,458
10	100000	24516,6	65000	3,43	2,13	2,06	35,3	715,8	55,03	0,456
Rata - rata	100000	24516,6	65000	3,56	2,22	2,12	34,2	716,0	54,79	0,456

### Elbow 90° dan 90° Bukaan Katup Setengah Ø 30 cm

#### Pengujian 3

Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	Putaran Flywheel (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	100000	24516,6	65000	3,65	2,23	2,16	32,6	716,6	51,39	0,441
2	100000	24516,6	65000	3,59	2,2	2,13	32,9	716,9	51,9	0,442
3	100000	24516,6	65000	3,56	2,19	2,12	33,3	716	51,98	0,441
4	100000	24516,6	65000	3,54	2,17	2,1	33,5	716,3	51,71	0,444
5	100000	24516,6	65000	3,53	2,17	2,09	33,8	717,5	51,57	0,446
6	100000	24516,6	65000	3,49	2,16	2,09	34,1	716,7	51,48	0,443
7	100000	24516,6	65000	3,47	2,15	2,07	34,2	717	51,41	0,444
8	100000	24516,6	65000	3,46	2,14	2,07	34,5	716,7	52,29	0,446
9	100000	24516,6	65000	3,44	2,13	2,06	34,7	716,5	52,17	0,433
10	100000	24516,6	65000	3,43	2,1	2,05	34,9	716,6	51,67	0,441
Rata - rata	100000	24516,6	65000	3,52	2,16	2,09	33,9	716,7	51,76	0,442



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Elbow 45° dan 90° Buka-an Katup Full Ø 30 cm										
Pengujian 1										
Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	RPM	Tegangan (V)	Arus (A)
1	160000	98066,5	145000	3,24	2,98	2,85	30,7	752	102,2	0,625
2	160000	98066,5	145000	3,23	2,93	2,84	31,1	751,5	101,9	0,624
3	160000	98066,5	145000	3,2	2,9	2,83	31,5	751	101,7	0,623
4	160000	98066,5	145000	3,19	2,9	2,81	31,8	751,9	101,4	0,621
5	160000	98066,5	145000	3,18	2,89	2,8	32,1	751	101,6	0,621
6	160000	98066,5	145000	3,18	2,88	2,79	32,4	751,9	101,7	0,622
7	160000	98066,5	140000	3,16	2,87	2,79	32,9	751,2	101,7	0,621
8	160000	98066,5	140000	3,16	2,86	2,78	33,2	751,6	101,4	0,621
9	160000	98066,5	140000	3,15	2,86	2,76	33,4	751,4	101,5	0,619
10	160000	98066,5	140000	3,13	2,85	2,74	33,8	751,6	101,2	0,621
Rata-rata	160000	98066,5	143000	3,18	2,89	2,80	32,3	751,5	101,63	0,622

Elbow 45° dan 90° Buka-an Katup Full Ø 30 cm										
Pengujian 2										
Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	RPM	Tegangan (V)	Arus (A)
1	160000	98066,5	135000	3,24	2,99	2,94	33,3	751,4	102,2	0,624
2	160000	98066,5	135000	3,23	2,91	2,91	33,5	752,0	102,3	0,626
3	160000	98066,5	135000	3,2	2,91	2,87	34,5	751,1	101,7	0,622
4	160000	98066,5	135000	3,19	2,9	2,84	35,1	751,3	101,2	0,619
5	160000	98066,5	135000	3,18	2,89	2,83	35,5	751,8	101,2	0,622
6	160000	98066,5	135000	3,18	2,89	2,79	36	751,8	101,6	0,62
7	160000	98066,5	135000	3,16	2,88	2,78	36,6	751,6	101,8	0,621
8	160000	98066,5	135000	3,16	2,88	2,72	37,7	751,0	100,8	0,619
9	160000	98066,5	135000	3,15	2,86	2,71	37,5	751,6	100,9	0,62
10	160000	98066,5	135000	3,13	2,82	2,67	38	751,2	100	0,618
Rata-rata	160000	98066,5	135000	3,18	2,89	2,81	35,8	751,5	101,37	0,621

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pennisan karya ilmiah, pennisan laporan, pennisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pennisan karya ilmiah, pennisan laporan, pennisan kritik atau tinjauan satu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### Elbow 45° dan 90° Bukaan Katup Full Ø 30 cm

Pengujian 3										
Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	RPM	Tegangan (V)	Arus (A)
1	160000	98066,5	140000	3,25	2,98	2,94	32,4	750,4	101,4	0,624
2	160000	98066,5	140000	3,23	2,97	2,81	32,6	750,1	101,1	0,626
3	160000	98066,5	140000	3,2	2,96	2,79	32,9	750,6	101,7	0,622
4	160000	98066,5	140000	3,18	2,87	2,77	33,3	750,0	101,2	0,619
5	160000	98066,5	135000	3,17	2,84	2,74	33,5	750,5	101,2	0,622
6	160000	98066,5	135000	3,15	2,83	2,73	33,7	750,0	101,6	0,62
7	160000	98066,5	135000	3,15	2,79	2,69	33,9	750,9	101,7	0,621
8	160000	98066,5	135000	3,11	2,78	2,68	34,4	750,5	100,2	0,619
9	160000	98066,5	135000	3,08	2,77	2,61	34,8	750,4	100,9	0,62
10	160000	98066,5	135000	3	2,74	2,57	35,5	750,3	100,4	0,618
Rata-rata	160000	98066,5	137000	3,15	2,85	2,73	33,7	750,4	101,14	0,621

### Elbow 45° dan 90° Bukaan Katup Setengah Ø 30 cm

Pengujian 1										
Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	RPM	Tegangan (V)	Arus (A)
1	100000	19613,3	70000	3,64	2,26	2,2	28,1	718,6	62,62	0,485
2	100000	19613,3	70000	3,58	2,23	2,19	28,2	717,9	62,09	0,483
3	100000	19613,3	70000	3,56	2,23	2,19	28,3	718	62,76	0,485
4	100000	19613,3	70000	3,54	2,23	2,17	28,4	716,8	61,41	0,480
5	100000	19613,3	70000	3,53	2,23	2,15	29,1	716,6	60,87	0,474
6	100000	19613,3	70000	3,49	2,23	2,15	29,6	717,2	60,44	0,475
7	100000	19613,3	70000	3,47	2,21	2,15	29,8	717,4	59,95	0,475
8	100000	19613,3	70000	3,48	2,19	2,11	30,4	717,1	60,27	0,475
9	100000	19613,3	70000	3,46	2,18	2,12	31,2	716,7	60,31	0,477
10	100000	19613,3	70000	3,45	2,16	2,12	31,5	718,3	60,88	0,477
Rata-rata	100000	19613,3	70000	3,52	2,22	2,16	29,5	717,5	61,16	0,479



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pennisan karya ilmiah, pennisan laporan, pennisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

*Elbow 45° dan 90° Bukaan Katup Setengah Ø 30 cm*

Pengujian 2										
Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	RPM	Tegangan (V)	Arus (A)
1	100000	19613,3	70000	3,7	2,3	2,23	30,4	716,6	58,88	0,471
2	100000	19613,3	70000	3,67	2,28	2,2	30,5	716,9	58,94	0,47
3	100000	19613,3	70000	3,63	2,25	2,19	30,6	716	59,36	0,471
4	100000	19613,3	70000	3,61	2,24	2,17	31,1	716,3	58,92	0,472
5	100000	19613,3	70000	3,58	2,21	2,17	31,3	717,5	58,89	0,469
6	100000	19613,3	70000	3,56	2,2	2,15	31,5	716,7	58,71	0,47
7	100000	19613,3	70000	3,53	2,18	2,15	32,1	717	58,82	0,469
8	100000	19613,3	70000	3,49	2,17	2,14	32,2	716,7	58,98	0,468
9	100000	19613,3	70000	3,47	2,16	2,13	32,5	716,5	58,59	0,469
10	100000	19613,3	70000	3,45	2,15	2,12	32,7	716,6	58,23	0,466
Rata-rata	100000	19613,3	70000	3,57	2,21	2,17	31,5	716,7	58,83	0,470

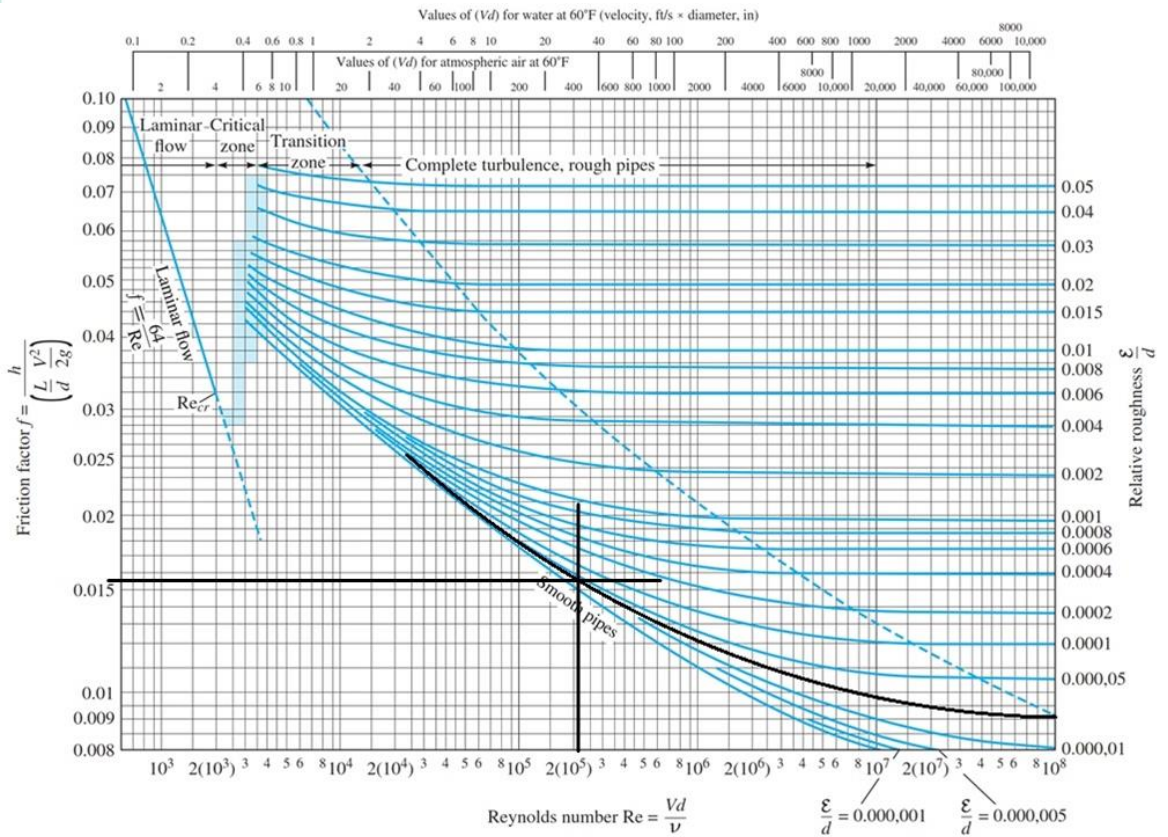
*Elbow 45° dan 90° Bukaan Katup Setengah Ø 30 cm*

Pengujian 3										
Menit ke-	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)	T (°C)	RPM	Tegangan (V)	Arus (A)
1	100000	19613,3	70000	3,64	2,3	2,23	30	716,9	59,88	0,471
2	100000	19613,3	70000	3,58	2,28	2,18	30,5	716,9	59,94	0,472
3	100000	19613,3	70000	3,56	2,25	2,17	30,7	716,4	59,36	0,471
4	100000	19613,3	70000	3,54	2,24	2,15	31,1	716,9	59,92	0,472
5	100000	19613,3	70000	3,53	2,23	2,13	31,3	716,9	59,89	0,469
6	100000	19613,3	70000	3,49	2,2	2,11	31,5	716,6	59,71	0,469
7	100000	19613,3	70000	3,47	2,21	2,1	32,1	716,8	59,86	0,471
8	100000	19613,3	70000	3,48	2,15	2,08	32,2	716,9	59,98	0,468
9	100000	19613,3	70000	3,46	2,13	2,07	32,5	716,6	59,59	0,469
10	100000	19613,3	70000	3,45	2,1	2,07	32,7	716,7	59,23	0,466
Rata-rata	100000	19613,3	70000	3,52	2,21	2,13	31,5	716,8	59,74	0,470





## Lampiran 2. Penentuan faktor gesekan diagram moody



POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3. Spesifikasi *nameplate* generator induksi 3 fasa

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta







Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4. Perhitungan *head losses* dan *pressure drop* analitikal

Variasi 2 sudut *elbow* 45° dan 90° (bukaan katup tertutup penuh)

- Menentukan faktor gesekan

- Bilangan reynolds

Diketahui kecepatan aliran rata-rata ( $V$ ) sebesar 2,94 m/s, suhu air *reservoir* rata-rata sebesar 33,9°C, massa jenis air pada suhu 33,9°C ( $\rho$ ) sebesar 994,3 kg/m<sup>3</sup>, Viskositas *dynamic* pada suhu air 32,4°C ( $\mu$ ) sebesar 0,00074111 N.s/m<sup>2</sup> dan diameter dalam pipa ( $D$ ) sebesar 0,0571 m.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{994,3 \times 2,94 \times 0,0571}{0,00074111} = 225225,8$$

- Menentukan kekasaran relatif

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015}{0,0571} = 0,0000262697$$

Diketahui faktor gesekan yang didapat dari diagram moody adalah 0,0151.

- Menentukan *head losses mayor*

Total panjang pipa lurus pada variasi 2 sudut *elbow* titik pertama 45° dan sudut *elbow* titik kedua 90° sebesar 3,64 m

$$H_{Mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{Mayor} = 0,0151 \times \frac{3,64}{0,0571} \times \frac{2,94^2}{2 \times 9,81} = 0,42 \text{ m}$$

- Menentukan *head losses minor*

Diketahui terdapat variasi 2 sudut *elbow* titik pertama 45° dan sudut titik kedua 90°, lalu dengan sambungan *tee* pada jalur turbin sentrifugal.

$$H_{Minor} = k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{Minor} = (0,2 + 0,2 + 1) \times \frac{2,94^2}{2 \times 9,81} = 0,62 \text{ m}$$


**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Menentukan total *head losses*

Didapatkan dari hasil perhitungan diatas untuk mengetahui total *head losses* yang terjadi pada variasi 2 sudut *elbow* titik pertama 45° dan sudut *elbow* titik kedua 90°.

$$H_L = H_{Mayor} + H_{Minor}$$

$$H_L = 0,42 + 0,62 = 1,04 \text{ m}$$

- Menentukan total *pressure drop*

$$\Delta P = \rho \times g \times H_L$$

$$\Delta P = 994,3 \times 9,81 \times 1,04 = 10144,2 \text{ Pa}$$

**Variasi 1 sudut *elbow* 90° dan 90° (bukaan katup setengah)**

- Menentukan faktor gesekan

- Bilangan reynolds

Diketahui kecepatan aliran rata-rata (V) sebesar 2,62 m/s, suhu air *reservoir* rata-rata sebesar 33,5°C, massa jenis air pada suhu 33,5°C ( $\rho$ ) sebesar 994,5 kg/m<sup>3</sup>, Viskositas *dynamic* pada suhu air 33,5°C ( $\mu$ ) sebesar 0,00074689 N.s/m<sup>2</sup> dan diameter dalam pipa (D) sebesar 0,0571 m.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{994,5 \times 2,62 \times 0,0571}{0,00074689} = 199198,3$$

- Menentukan kekasaran relatif

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,0015}{0,0571} = 0,0000262697$$

Diketahui faktor gesekan yang didapat dari diagram moody adalah 0,0152.

- Menentukan *head losses mayor*

Total panjang pipa lurus pada variasi 1 sudut *elbow* titik pertama 90° dan sudut *elbow* titik kedua 90° sebesar 3,732 m

$$H_{Mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{Mayor} = 0,0152 \times \frac{3,732}{0,0571} \times \frac{2,62^2}{2 \times 9,81} = 0,35 \text{ m}$$




**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Menentukan *head losses* minor

Diketahui terdapat variasi 1 sudut *elbow* titik pertama 90° dan sudut titik kedua 90°, lalu dengan sambungan *tee* pada jalur turbin sentrifugal, serta bukaan katup setengah pada jalur turbin *crossflow*.

$$H_{Minor} = k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{Minor} = (0,3 + 0,3 + 1 + 5,5) \times \frac{2,62^2}{2 \times 9,81} = 2,49 \text{ m}$$

- Menentukan total *head losses*

Didapatkan dari hasil perhitungan diatas untuk mengetahui total *head losses* yang terjadi pada variasi 1 sudut *elbow* titik pertama 90° dan sudut *elbow* titik kedua 90°.

$$H_L = H_{Mayor} + H_{Minor}$$

$$H_L = 0,35 + 2,49 = 2,84 \text{ m}$$

- Menentukan total *pressure drop*

$$\Delta P = \rho \times g \times H_L$$

$$\Delta P = 994,5 \times 9,81 \times 2,84 = 27707,2 \text{ Pa}$$

**Variasi 2 sudut *elbow* 45° dan 90° (bukaan katup setengah)**

- Menentukan faktor gesekan

- Bilangan reynolds

Diketahui kecepatan aliran rata-rata (V) sebesar 2,63 m/s, suhu air *reservoir* rata-rata sebesar 30,8°C, massa jenis air pada suhu 30,8°C ( $\rho$ ) sebesar 995,4 kg/m<sup>3</sup>, Viskositas *dynamic* pada suhu air 30,8°C ( $\mu$ ) sebesar 0,00078593 N.s/m<sup>2</sup> dan diameter dalam pipa (D) sebesar 0,0571 m.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{995,4 \times 2,63 \times 0,0571}{0,00078593} = 190197,9$$

- Menentukan kekasaran relatif

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015}{0,0571} = 0,0000262697$$

Diketahui faktor gesekan yang didapat dari diagram moody adalah 0,0152.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Menentukan *head losses mayor*

Total panjang pipa lurus pada variasi 2 sudut *elbow* titik pertama 45° dan sudut *elbow* titik kedua 90° sebesar 3,64 m

$$H_{Mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{Mayor} = 0,0152 \times \frac{3,64}{0,0571} \times \frac{2,63^2}{2 \times 9,81} = 0,34 \text{ m}$$

- Menentukan *head losses minor*

Diketahui terdapat variasi 1 sudut *elbow* titik pertama 90° dan sudut titik kedua 90°, lalu dengan sambungan *tee* pada jalur turbin sentrifugal, serta bukaan katup setengah pada jalur turbin *crossflow*.

$$H_{Minor} = k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{Minor} = (0,2 + 0,2 + 1 + 5,5) \times \frac{2,63^2}{2 \times 9,81} = 2,43 \text{ m}$$

- Menentukan total *head losses*

Didapatkan dari hasil perhitungan diatas untuk mengetahui total *head losses* yang terjadi pada variasi 1 sudut *elbow* titik pertama 90° dan sudut *elbow* titik kedua 90°.

$$H_L = H_{Mayor} + H_{Minor}$$

$$H_L = 0,34 + 2,43 = 2,77 \text{ m}$$

- Menentukan total *pressure drop*

$$\Delta P = \rho \times g \times H_L$$

$$\Delta P = 995,4 \times 9,81 \times 2,77 = 27021,5 \text{ Pa}$$





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5. Perhitungan *pressure drop* eksperimen

**Variasi 2 sudut *elbow* 45° dan 90° (bukaan katup tertutup penuh)**

Dengan data:

Tekanan awal (P1) = 160000 Pa

Tekanan akhir (P3) = 138333,3 Pa

- Menentukan *pressure drop*

$$\Delta P = P_1 - P_3$$

$$\Delta P = 160000 - 138333,3 = 21666,7 \text{ Pa}$$

**Variasi 1 sudut *elbow* 90° dan 90° (bukaan katup setengah)**

Dengan data:

Tekanan awal (P1) = 100000 Pa

Tekanan akhir (P3) = 65000 Pa

- Menentukan *pressure drop*

$$\Delta P = P_1 - P_3$$

$$\Delta P = 100000 - 65000 = 35000 \text{ Pa}$$

**Variasi 2 sudut *elbow* 45° dan 90° (bukaan katup setengah)**

Dengan data:

Tekanan awal (P1) = 100000 Pa

Tekanan akhir (P3) = 70000 Pa

- Menentukan *pressure drop*

$$\Delta P = P_1 - P_3$$

$$\Delta P = 100000 - 70000 = 30000 \text{ Pa}$$

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6. Perhitungan daya listrik yang dihasilkan generator

**Variasi 2 sudut *elbow* 45° dan 90° (bukaan katup tertutup penuh)**

Dengan data :  $\text{Cos } \emptyset = 0,78$  (spesifikasi generator)

$$P_{listrik} = V_L \times I_L \times \text{Cos } \emptyset \times \sqrt{3}$$

$$P_{listrik} = 101,38 \times 0,621 \times 0,78 \times \sqrt{3}$$

$$P_{listrik} = 85,05 \text{ Watt}$$

**Variasi 1 sudut *elbow* 90° dan 90° (bukaan katup setengah)**

$$P_{listrik} = V_L \times I_L \times \text{Cos } \emptyset \times \sqrt{3}$$

$$P_{listrik} = 52,55 \times 0,447 \times 0,78 \times \sqrt{3}$$

$$P_{listrik} = 31,73 \text{ Watt}$$

**Variasi 2 sudut *elbow* 45° dan 90° (bukaan katup setengah)**

$$P_{listrik} = V_L \times I_L \times \text{Cos } \emptyset \times \sqrt{3}$$

$$P_{listrik} = 59,91 \times 0,473 \times 0,78 \times \sqrt{3}$$

$$P_{listrik} = 85,05 \text{ Watt}$$

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

### Hak Cipta :

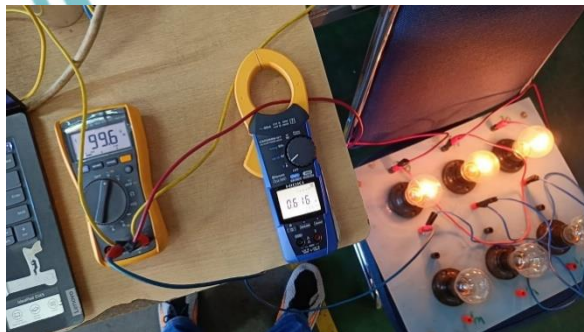
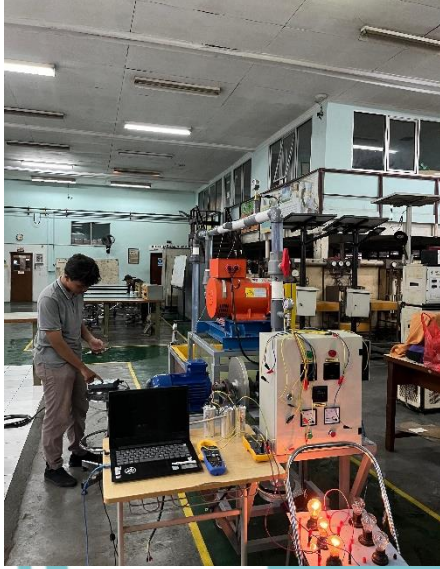
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7. Proses kegiatan pengambilan data dan pembuatan sampel



### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## Lampiran 8. Pemrograman sistem data akuisisi pada arduino IDE

```

sensor_termokopel_tipeK_Sensor_Pressure_Transduser | Arduino IDE 23.2
File Edit Sketch Tools Help
└─ Arduino Uno
sensor_termokopel_tipeK_Sensor_Pressure_Transduser.ino
1 #include "max6675.h" // Mengimpor library Max6675 untuk membaca data dari termokopel
2 //variabel thermocouple
3 float waktu_cuplik = 0.0; // Variabel untuk menyimpan waktu dalam detik
4 unsigned long currentMillis; // Variabel untuk menyimpan waktu saat ini dalam milidetik (ms)
5
6 // Konfigurasi pin untuk Termokopel 1
7 int ktcS01 = 4; // Pin SO (Serial Output) dari termokopel 1
8 int ktcCS1 = 5; // Pin CS (Chip Select) dari termokopel 1
9 int ktcSCK1 = 6; // Pin SCK (Serial Clock) dari termokopel 1
10 MAX6675 ktc1(ktcSCK1, ktcCS1, ktcS01); // Membuat objek Max6675 untuk termokopel 1 dengan konfigurasi pin yang telah ditentukan
11 /*
12 int ktcS02 = 8; // Pin SO (Serial Output) dari termokopel 1
13 int ktcCS2 = 9; // Pin CS (Chip Select) dari termokopel 1
14 int ktcSCK2 = 10; // Pin SCK (Serial Clock) dari termokopel 1
15 MAX6675 ktc2(ktcSCK2, ktcCS2, ktcS02); // Membuat objek Max6675 untuk termokopel 1 dengan konfigurasi pin yang telah ditentukan
16 */
17
18
Output
Sketch uses 6804 bytes (21%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 285 bytes (13%) of dynamic memory, leaving 1763 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
Ln 3, Col 49 Arduino Uno on COM4 [not connected]

```

```

sensor_termokopel_tipeK_Sensor_Pressure_Transduser | Arduino IDE 23.2
File Edit Sketch Tools Help
└─ Arduino Uno
sensor_termokopel_tipeK_Sensor_Pressure_Transduser.ino
18 // variabel pressure transduser
19 const int analogPin = A0; // Variabel untuk menyimpan nomor pin analog yang digunakan untuk sensor tekanan
20 const int analogPin1 = A1;
21 float inputP1; // Variabel untuk menyimpan nilai pembacaan analog dari sensor tekanan
22 float inputP2;
23 float Pressure; // Variabel untuk menyimpan nilai tekanan dalam satuan bar
24 float Pressure1;
25
26
27 void setup() {
28   Serial.begin(9600); // Memulai komunikasi serial dengan baud rate 9600
29   // Serial.println("CLEARDATA"); // Mengirim perintah ke software PLXDAQ untuk menghapus data sebelumnya
30   Serial.println("LABEL, WAKTU,Detik, Temperatur(oC),Pressure1(bar), Pressure2(bar)"); // Menampilkan label kolom pada software PLXDAQ
31 }
32
33 void loop() {
34   currentMillis = millis(); // Mengambil waktu (dalam milidetik) sejak Arduino dihidupkan
35   waktu_cuplik = currentMillis / 1000; // Menghitung waktu dalam detik

```

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

sensor_termokopel_tipeK_Sensor_Pressure_Transduser | Arduino IDE 2.3.2
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
sensor_termokopel_tipeK_Sensor_Pressure_Transduser.ino
36
37 // Membaca data temperatur dari termokopel 1 dalam satuan Celcius menggunakan objek ktc1
38 float temperature = ktc1.readCelsius(); // Mendapatkan nilai temperatur dari termokopel 1 dan menyimpannya dalam variabel temperature
39 // float temperature2 = ktc2.readCelsius();
40
41 // data pressure
42 inputP1 = analogRead(A0); // Membaca nilai analog dari sensor tekanan dan menyimpannya dalam variabel inputP1
43 inputP2 = analogRead(A1); // Membaca nilai analog dari sensor tekanan dan menyimpannya dalam variabel inputP2
44
45 // Konversi nilai pembacaan analog menjadi tekanan dalam satuan bar
46 // Rumus konversi didasarkan pada range nilai analog dari sensor dan kisaran tekanan yang diukur oleh sensor
47 //nilai Analog 0-1024 0-5volt
48 // Nilai analog 102 (untuk 0,5 volt) dianggap sebagai 0 bar
49 // Nilai analog 921 (untuk 4,5 volt) dianggap sebagai 12 bar
50 // Atmosfer standar (simbol: atm) adalah satuan tekanan yang didefinisikan sebagai 101325 Pa (1,01325 bar)
51 // Sehingga, mengurangkan 1.02 dari hasil konversi untuk mengkoreksi perbedaan skala tekanan
52 Pressure = ((inputP1 - 130) * 1 / (921 - 100)) * 10; // Nilai tekanan dalam satuan bar
53 Pressure1 = ((inputP2 - 85) * 1 / (923 - 102)) * 10;
54
Output
Sketch uses 6804 bytes (21%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 285 bytes (13%) of dynamic memory, leaving 1763 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
Ln 18, Col 2 Arduino Uno on COM4 [not connected]

```

```

sensor_termokopel_tipeK_Sensor_Pressure_Transduser | Arduino IDE 2.3.2
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
sensor_termokopel_tipeK_Sensor_Pressure_Transduser.ino
45 // Konversi nilai pembacaan analog menjadi tekanan dalam satuan bar
46 // Rumus konversi didasarkan pada range nilai analog dari sensor dan kisaran tekanan yang diukur oleh sensor
47 //nilai Analog 0-1024 0-5volt
48 // Nilai analog 102 (untuk 0,5 volt) dianggap sebagai 0 bar
49 // Nilai analog 921 (untuk 4,5 volt) dianggap sebagai 12 bar
50 // Atmosfer standar (simbol: atm) adalah satuan tekanan yang didefinisikan sebagai 101325 Pa (1,01325 bar)
51 // Sehingga, mengurangkan 1.02 dari hasil konversi untuk mengkoreksi perbedaan skala tekanan
52 Pressure = ((inputP1 - 130) * 1 / (921 - 100)) * 10; // Nilai tekanan dalam satuan bar
53 Pressure1 = ((inputP2 - 85) * 1 / (923 - 102)) * 10;
54
55
56 // Mengirim data ke software pemantau serial dalam format "DATA,TIME,waktu_cuplik,temperature"
57 Serial.println((String) "DATA,TIME," + waktu_cuplik + "," + temperature + "," + Pressure + "," + Pressure1);
58 delay(1000); // Delay selama 1 detik sebelum membaca temperatur kembali
59
60
61 }
62
Output
Sketch uses 6804 bytes (21%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 285 bytes (13%) of dynamic memory, leaving 1763 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
Ln 18, Col 2 Arduino Uno on COM4 [not connected]

```



Lampiran 9. Hasil kalibrasi pada sensor *thermocouple* dan *pressure transducer*

WAKTU	Detik	Suhu (°C)	Suhu Termogun (°C)	Error Suhu (%)	Pressure 2 (kg/cm2)	Pressure 2 Aktual (kg/cm2)	Error Pressure 2 (%)	Pressure 3 (bar)	Pressure3 Aktual (bar)	Error Pressure 3 (%)
17:12:37	60	37,25	37,4	0,4	0,93	0,95	2,1	1,38	1,4	1,4
17:12:38	61	37,5	37,4	0,3	0,95	0,95	0	1,38	1,4	1,4
17:12:39	62	37,5	37,4	0,3	0,96	0,95	1,1	1,35	1,4	3,6
17:12:40	63	37,75	37,4	0,9	0,91	0,95	4,2	1,43	1,4	2,1
17:12:41	64	37,75	37,4	0,9	0,99	0,95	4,2	1,41	1,4	0,7
17:12:42	65	37,75	37,4	0,9	0,98	0,95	3,2	1,49	1,4	6,4
17:12:43	66	37,75	37,4	0,9	0,95	0,95	0,0	1,43	1,4	2,1
17:12:44	67	37,75	37,4	0,9	0,99	0,95	4,2	1,36	1,4	2,9
17:12:45	68	38	37,4	1,6	0,92	0,95	3,2	1,36	1,4	2,9
17:12:46	69	37,75	37,4	0,9	0,99	0,95	4,2	1,36	1,4	2,9
17:12:47	70	37,75	37,4	0,9	0,99	0,95	4,2	1,39	1,4	0,7
17:12:48	71	37,75	37,4	0,9	0,92	0,95	3,2	1,44	1,4	2,9
17:12:49	72	37,75	37,4	0,9	0,94	0,95	1,1	1,44	1,4	2,9
17:12:50	73	38	37,4	1,6	0,95	0,95	0,0	1,43	1,4	2,1
17:12:51	74	37,75	37,4	0,9	0,93	0,95	2,1	1,39	1,4	0,7
17:12:52	75	38	37,4	1,6	0,93	0,95	2,1	1,38	1,4	1,4
17:12:53	76	38	37,4	1,6	0,98	0,95	3,2	1,39	1,4	0,7
17:12:54	77	37,5	37,4	0,3	0,98	0,95	3,2	1,41	1,4	0,7
17:12:55	78	37,75	37,4	0,9	0,94	0,95	1,1	1,44	1,4	2,9
17:12:56	79	37,5	37,4	0,3	0,92	0,95	3,2	1,44	1,4	2,9
17:12:57	80	37,75	37,4	0,9	0,92	0,95	3,2	1,4	1,4	0,0
17:12:58	81	37,75	37,4	0,9	0,91	0,95	4,2	1,38	1,4	1,4
17:12:59	82	37,75	37,4	0,9	0,93	0,95	2,1	1,41	1,4	0,7
17:13:00	83	38	37,4	1,6	0,95	0,95	0,0	1,41	1,4	0,7
17:13:01	84	37,5	37,4	0,3	0,96	0,95	1,1	1,46	1,4	4,3
17:13:02	85	38,25	37,4	2,3	0,91	0,95	4,2	1,46	1,4	4,3
17:13:03	86	38	37,4	1,6	0,99	0,95	4,2	1,43	1,4	2,1
17:13:04	87	38	37,4	1,6	0,98	0,95	3,2	1,41	1,4	0,7
17:13:05	88	38	37,4	1,6	0,95	0,95	0,0	1,38	1,4	1,4
17:13:06	89	37,5	37,4	0,3	0,99	0,95	4,2	1,44	1,4	2,9
17:13:07	90	38	37,4	1,6	0,92	0,95	3,2	1,45	1,4	3,6
17:13:08	91	37,75	37,4	0,9	0,99	0,95	4,2	1,44	1,4	2,9
17:13:09	92	37,25	37,4	0,4	0,99	0,95	4,2	1,43	1,4	2,1
17:13:10	93	37,75	37,4	0,9	0,92	0,95	3,2	1,38	1,4	1,4
17:13:11	94	38	37,4	1,6	0,94	0,95	1,1	1,38	1,4	1,4
17:13:12	95	38	37,4	1,6	0,95	0,95	0,0	1,4	1,4	0,0
17:13:13	96	38,5	37,4	2,9	0,93	0,95	2,1	1,39	1,4	0,7

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

17:13:14	97	38	37,4	1,6	0,93	0,95	2,1	1,45	1,4	3,6
17:13:15	98	37,5	37,4	0,3	0,98	0,95	3,2	1,44	1,4	2,9
17:13:16	99	37,5	37,4	0,3	0,98	0,95	3,2	1,39	1,4	0,7
17:13:17	100	37,75	37,4	0,9	0,94	0,95	1,1	1,39	1,4	0,7
17:13:18	101	38	37,4	1,6	0,92	0,95	3,2	1,39	1,4	0,7
17:13:19	102	37,75	37,4	0,9	0,92	0,95	3,2	1,41	1,4	0,7
17:13:20	103	38	37,4	1,6	0,96	0,95	1,1	1,44	1,4	2,9
17:13:21	104	37,5	37,4	0,3	0,91	0,95	4,2	1,43	1,4	2,1
17:13:22	105	38,25	37,4	2,3	0,99	0,95	4,2	1,4	1,4	0,0
17:13:23	106	37,5	37,4	0,3	0,98	0,95	3,2	1,41	1,4	0,7
17:13:24	107	37,75	37,4	0,9	0,95	0,95	0,0	1,4	1,4	0,0
17:13:25	108	38,25	37,4	2,3	0,99	0,95	4,2	1,39	1,4	0,7
17:13:26	109	38,25	37,4	2,3	0,92	0,95	3,2	1,45	1,4	3,6
17:13:27	110	38	37,4	1,6	0,99	0,95	4,2	1,45	1,4	3,6
17:13:28	111	38	37,4	1,6	0,99	0,95	4,2	1,4	1,4	0,0
17:13:29	112	38	37,4	1,6	0,92	0,95	3,2	1,38	1,4	1,4
17:13:30	113	38	37,4	1,6	0,94	0,95	1,1	1,4	1,4	0,0
17:13:31	114	38	37,4	1,6	0,96	0,95	1,1	1,4	1,4	0,0
17:13:32	115	37,75	37,4	0,9	0,96	0,95	1,1	1,46	1,4	4,3
17:13:33	116	38	37,4	1,6	0,91	0,95	4,2	1,43	1,4	2,1
17:13:34	117	38,25	37,4	2,3	0,99	0,95	4,2	1,38	1,4	1,4
17:13:35	118	38	37,4	1,6	0,98	0,95	3,2	1,41	1,4	0,7
17:13:36	119	38	37,4	1,6	0,95	0,95	0,0	1,4	1,4	0,0
17:13:37	120	37,75	37,4	0,9	0,99	0,95	4,2	1,44	1,4	2,9
17:13:38	121	38	37,4	1,6	0,92	0,95	3,2	1,4	1,4	0,0
17:13:39	122	38,25	37,4	2,3	0,99	0,95	4,2	1,39	1,4	0,7
17:13:40	123	38	37,4	1,6	0,99	0,95	4,2	1,38	1,4	1,4
17:13:41	124	38,25	37,4	2,3	0,92	0,95	3,2	1,38	1,4	1,4
17:13:42	125	38,25	37,4	2,3	0,94	0,95	1,1	1,43	1,4	2,1
17:13:43	126	38	37,4	1,6	0,93	0,95	2,1	1,45	1,4	3,6
17:13:44	127	38	37,4	1,6	0,95	0,95	0,0	1,43	1,4	2,1
17:13:45	128	38,25	37,4	2,3	0,96	0,95	1,1	1,39	1,4	0,7
17:13:46	129	38	37,4	1,6	0,91	0,95	4,2	1,36	1,4	2,9
17:13:47	130	38,25	37,4	2,3	0,99	0,95	4,2	1,43	1,4	2,1
17:13:48	131	38	37,4	1,6	0,98	0,95	3,2	1,45	1,4	3,6
17:13:49	132	38,25	37,4	2,3	0,95	0,95	0,0	1,44	1,4	2,9
17:13:50	133	37,75	37,4	0,9	0,99	0,95	4,2	1,43	1,4	2,1
17:13:51	134	38,25	37,4	2,3	0,92	0,95	3,2	1,4	1,4	0,0
17:13:52	135	38	37,4	1,6	0,99	0,95	4,2	1,4	1,4	0,0
17:13:53	136	38,25	37,4	2,3	0,99	0,95	4,2	1,36	1,4	2,9
17:13:54	137	38	37,4	1,6	0,92	0,95	3,2	1,44	1,4	2,9



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

17:13:55	138	38,5	37,4	2,9	0,94	0,95	1,1	1,4	1,4	0,0
17:13:56	139	38,5	37,4	2,9	0,95	0,95	0,0	1,36	1,4	2,9
17:13:57	140	37,75	37,4	0,9	0,93	0,95	2,1	1,39	1,4	0,7
17:13:58	141	38	37,4	1,6	0,93	0,95	2,1	1,43	1,4	2,1
17:13:59	142	38,25	37,4	2,3	0,97	0,95	2,1	1,47	1,4	5,0
17:14:00	143	38,25	37,4	2,3	0,95	0,95	0,0	1,44	1,4	2,9
17:14:01	144	38	37,4	1,6	0,96	0,95	1,1	1,39	1,4	0,7
17:14:02	145	38,25	37,4	2,3	0,91	0,95	4,2	1,33	1,4	5,0
17:14:03	146	38	37,4	1,6	0,99	0,95	4,2	1,43	1,4	2,1
17:14:04	147	38,25	37,4	2,3	0,98	0,95	3,2	1,45	1,4	3,6
17:14:05	148	38,25	37,4	2,3	0,95	0,95	0,0	1,41	1,4	0,7
17:14:06	149	38	37,4	1,6	0,99	0,95	4,2	1,4	1,4	0,0
17:14:07	150	38,5	37,4	2,9	0,92	0,95	3,2	1,38	1,4	1,4
17:14:08	151	38,25	37,4	2,3	0,99	0,95	4,2	1,44	1,4	2,9
17:14:09	152	38,25	37,4	2,3	0,99	0,95	4,2	1,41	1,4	0,7
17:14:10	153	38,25	37,4	2,3	0,92	0,95	3,2	1,44	1,4	2,9
17:14:11	154	38,25	37,4	2,3	0,94	0,95	1,1	1,38	1,4	1,4
17:14:12	155	38	37,4	1,6	0,95	0,95	0,0	1,36	1,4	2,9
17:14:13	156	38	37,4	1,6	0,93	0,95	2,1	1,4	1,4	0,0
17:14:14	157	38,25	37,4	2,3	0,93	0,95	2,1	1,43	1,4	2,1
17:14:16	158	38,25	37,4	2,3	0,93	0,95	2,1	1,46	1,4	4,3

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta