



© 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



PROTOTIPE MODEL PLTMH MENGGUNAKAN *TRIPLE* TURBIN

Sub Judul : Pengaruh Suhu Fluida pada Pompa Sentrifugal untuk
Pengopersian *Triple* Turbin

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diploma III Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Oleh:

Nurkholifah Amini

NIM. 1802321028

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2021



“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk ayah ibu, bangsa dan almamater”

© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PROTOTYPE MODEL PLTMH MENGGUNAKAN *TRIPLE*
TURBIN**

Oleh:

Aldri Boantua Siadari NIM. 1802321054

Fadhil Ramadhan Widoyoko NIM. 1802321045

Muhammad Arif Rohman NIM. 1802321060

Nurkholifah Amini NIM. 1802321028

Program Studi Teknik Konversi Energi

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Budi Santoso, M. T.
NIP. 195911161990111001

Dr. Tatun Hayatun Nufus, M. Si.
NIP. 196604161995122001

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Kepala Program Studi
Teknik Konversi Energi

Ir. Agus Sukandi, M.T.
NIP. 196006041998021001



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

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTYPE MODEL PLTMH MENGGUNAKAN *TRIPLE*
TURBIN

Oleh:

Aldri Boantua Siadari NIM. 1802321054
 Fadhil Ramadhan Widoyoko NIM. 1802321045
 Muhammad Arif Rohman NIM. 1802321060
 Nurkholifah Amini NIM. 1802321028

Program Studi Diploma III Teknik Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji pada Tanggal 25 Agustus 2021 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Teknik Konversi Energi

Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Ir. Budi Santoso, M.T. NIP. 1959111619900111001	Ketua Penguji I		29-08-2021
2	Dr. Tatun Hayatun Nufus, M. Si. NIP. 196604161995122001	Ketua Penguji II		29-08-2021
2	Ir. Agus Sukandi, M.T. NIP. 196006041998021001	Anggota		29-08-2021
3	Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T. NIP. 199306062019032030	Anggota		29-08-2021

Depok, 29 Agustus 2021

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T.

NIP. 197707142008121005



© 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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurkholifah Amini
NIM : 1802321028
Program Studi : D3 Teknik Konversi Energi

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir 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 Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 29 Agustus 2021



Nurkholifah Amini
NIM. 1802321028

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

PENGARUH SUHU FLUIDA PADA POMPA SENTRIFUGAL UNTUK PENGOPERSIAN *TRIPLE* TURBIN

Nurkholifah Amini¹⁾, Budi Santoso¹⁾, Tatun Hayatun Nufus¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Air biasa dibangun didaerah yang memiliki potensi air yang besar dan tetap masih ada meskipun saat musim kemarau. Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian untuk membuat prototipe model pembangkit listrik tenaga mikro hidro dalam skala laboratorium menggunakan turbin banki sebagai bagian media pembelajaran PLTMH dibuat dengan menggunakan 3 turbin yaitu Turbin Banki, Turbin Sentrifugal, dan Turbin Propeller, 2 buah resevoir berupa bak besi dan akuarium kaca untuk menampung air sementara sebelum disalurkan kembali ke turbin sehingga membentuk siklus tertutup, kemudian pompa sentrifugal digunakan sebagai sumber head air yang akan menggerakkan turbin. Dari pengoperasian PLTMH secara terus menerus suhu air akan meningkat, disebabkan oleh adanya head loss dan gesekan aliran selama pengoperasian. Kenaikan suhu air dapat menyebabkan kavitasi. Hasil analisa yang didapatkan adalah suhu fluida pada pengoperasian Turbin Banki 3 menit pertama sebesar 31,7 °C dan menit ke-30 sebesar 37,9 °C, Turbin Sentrifugal 3 menit pertama sebesar 31,6 °C dan menit ke-30 sebesar 40,1 °C, dan Turbin Propeller 3 menit pertama sebesar 31,8 °C dan menit ke-30 sebesar 36,1 °C. Setiap menit terjadi kenaikan suhu pada pengoperasian Triple Turbin, sehingga nilai NPSHa semakin menurun. Penurunan nilai NPSHa tertinggi pada saat pengoperasian Turbin Sentrifugal yaitu sebesar 3,7%. Dimana pada saat Turbin Banki sebesar 2,5%, Turbin Propeller sebesar 1,4% dan saat Triple Turbin sebesar 1,6%. Nilai NPSHa lebih kecil dari nilai NPSHr menyebabkan terjadinya kavitasi.

Kata-kata kunci: Suhu, Triple Turbin, Kavitasi, NPSHa , NPSHr

ABSTRACT

Hydroelectric power plants are usually built in areas that have great water potential and still exist even during the dry season. Based on this, research was carried out to make a prototype model of a micro hydro power plant on a laboratory scale using a banki turbine as part of the MHP learning media made using 3 turbines namely Banki Turbine, Centrifugal Turbine, and Propeller Turbine, 2 reservoirs in the form of iron tubs and glass aquariums. to temporarily hold water before being channeled back to the turbine so as to form a closed cycle, then a centrifugal pump is used as a source of water head that will drive the turbine. From the continuous operation of the MHP, the water temperature will increase, due to head loss and flow friction during operation. An increase in water temperature can cause cavitation. The results of the analysis obtained are the fluid temperature in the operation of the Banki Turbine for the first 3 minutes of 31.7 °C and the 30th minute of 37.9 °C, the Centrifugal Turbine for the first 3 minutes of 31.6 °C and the 30th minute of 40.1 °C, and the Propeller Turbine for the first 3 minutes is 31.8 °C and the 30th minute is 36.1 °C. Every minute there is an increase in temperature in the Triple Turbine operation, so the NPSHa value decreases. The highest decrease in NPSHa value was at the time of operation of the Centrifugal Turbine, which was 3.7%. Where when the Banki Turbine is 2.5%, the Propeller Turbine is 1.4% and when the Triple Turbine is 1.6%. The NPSHa value is smaller than the NPSHr value causing cavitation.

Keywords: Temperature, Triple Turbine, Cavitation, NPSHa , NPSHr



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 PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Prototipe Model PLTMH menggunakan Triple Turbin**”. Dalam buku ini juga terdiri dari 4 sub judul berbeda dari setiap penulis, yaitu:

1. **Sub Judul:** Analisa Pengoperasian Model Turbin Banki pada PLTMH oleh Aldri Boantua Siadari.
2. **Sub Judul:** Pemanfaatan Variasi *Flywheel* guna Meningkatkan Daya pada Turbin Sentrifugal pada PLTMH oleh Fadhil Ramadhan Widoyoko.
3. **Sub Judul:** Analisa Pengoperasian Turbin Propeller dengan Dual Turbin (Banki dan Sentrifugal) pada PLTMH oleh Muhammad Arif Rohman.
4. **Sub Judul:** Pengaruh Suhu Fluida pada Pompa Sentrifugal untuk Pengopersian *Triple* Turbin oleh Nurkholifah Amini.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma III Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah menyetujui pembuatan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Agus Sukandi, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Budi Santoso, M.T selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan masukan dan ide dalam mengembangkan rancangan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dr. Tatun Hayatun Nufus, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

selalu memberikan masukan dan ide dalam mengembangkan rancangan Tugas Akhir ini.

5. Seluruh dosen kami sejak kami berada di tingkat I sampai tingkat III yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu dalam memberikan ilmu yang bermanfaat untuk kami.
6. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, yang senantiasa memberikan doa, semangat, dukungan, dan motivasi selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan Program Studi Teknik Konversi Energi yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
8. Kepada pihak-pihak terkait lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu untuk membantu dalam proses pembuatan rancangan Tugas Akhir dan telah berperan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan.

Akhir kata, penulis menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Depok, 25 Agustus 2021

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Penulis



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 ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Lokasi Objek Tugas Akhir	2
1.6 Metode Penyelesaian Masalah	2
1.7 Manfaat yang Didapatkan.....	3
1.8 Sistem Penulisan Tugas Akhir	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	5
2.2 Pompa Sentrifugal	5
2.3 Pompa Sentrifugal sebagai Turbin	6
2.4 Turbin Banki	8
2.5 Turbin Propeller	9
2.6 Efisiensi Model PLTMH.....	10



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

2.7 Kavitasi Pompa dan <i>Net Positive Suction Head</i>	11
2.8 <i>Pressure Drop</i>	14
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 <i>Flow Chart</i> Kegiatan	16
3.2 Pembuatan Model Analisa PLTMH	17
3.2.1 Model PLTMH	17
3.2.2 Skema Kerja	18
3.3 Spesifikasi Peralatan dan Perlengkapan Model PLTMH	18
3.3.1 Spesifikasi Komponen Utama	18
3.4 Pengujian Alat	21
3.4.1 Waktu dan Tempat	21
3.4.2 Alat Bantu Perbengkelan	21
3.4.3 Alat Ukur yang Digunakan	22
3.4.4 Bahan yang Digunakan	23
3.5 Metode Pengumpulan Data	24
3.6 Metode Pengolahan Data	24
3.7 Pengamatan dan Prosedur Tahap Pengujian	24
3.8 Rangkaian Penguji	24
3.9 Langkah Pembuatan Alat Pengujian	25
3.9.1 Pembuatan Alat Pengujian	25
3.9.2 Langkah-Langkah Pengambilan Data	25
BAB IV HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN	26
4.1 Perhitungan Daya Pompa Sentrifugal	26
4.2 Perhitungan Kavitasi	26
4.2 Grafik Analisa Data	32



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

4.2.1 Grafik Hubungan Suhu terhadap NPSHa pada Turbin Banki	32
4.2.2 Grafik Hubungan Suhu terhadap NPSHa pada Turbin Sentrifugal.....	33
4.2.3 Grafik Hubungan Suhu terhadap NPSHa pada Turbin Propeller.....	34
4.2.4 Grafik Hubungan Suhu terhadap NPSHa pada <i>Triple</i> Turbin	35
4.3 Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	35
BAB V PENUTUP	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN	41



**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 GAMBAR

Gambar 2. 1	Bagian-bagian Pompa Sentrifugal (Mustakim. 2015).....	5
Gambar 2. 2	Ilustrasi Kerja Pompa Sentrifugal.....	6
Gambar 2. 3	Arah Rotasi dan Aliran pada Pompa Sebagai Turbin.....	7
Gambar 2. 4	Segitiga Kecepatan Pompa (kanan) dan Turbin (kiri).....	7
Gambar 2. 5	Turbin Banki dengan (a) inlet horizontal dan (b) inlet vertical	8
Gambar 2. 6	Runner Turbin <i>Crossflow</i>	8
Gambar 2. 7	Turbin Propeller <i>Open Flume</i>	10
Gambar 2. 8	Hubungan Pressure Loss dan Head Loss.....	15
Gambar 3. 1	<i>Flow Chart</i> Kegiatan.....	16
Gambar 3. 2	Design PLTMH.....	17
Gambar 3. 3	Skema PLTMH	18
Gambar 3. 4	Turbin Banki.....	18
Gambar 3. 5	Turbin Propeller	19
Gambar 3. 6	Turbin Sentrifugal	19
Gambar 3. 7	Pompa Sentrifugal.....	20
Gambar 3. 8	Generator	20
Gambar 3. 9	Pipa <i>Acrylic</i>	21
Gambar 3. 10	Termometer.....	22
Gambar 3. 11	<i>Pressure Gauge</i>	22
Gambar 3. 12	<i>Stopwatch</i>	23
Gambar 3. 13	<i>Watt Meter</i>	23
Gambar 3. 14	Rangkaian Pengujian Generator.....	24
Gambar 4. 1	Grafik hubungan Suhu Air terhadap NPSHa pada Turbin Banki ...	32
Gambar 4. 2	Grafik Hubungan Suhu terhadap NPSHa pada Turbin Sentrifugal	33
Gambar 4. 3	Grafik Hubungan Suhu terhadap NPSHa pada Turbin Propeller ...	34
Gambar 4. 4	Grafik Hubungan Suhu terhadap NPSHa pada <i>Triple</i> Turbin	35



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 4. 1	Perhitungan kavitasi dengan Turbin Banki	30
Tabel 4. 2	Perhitungan kavitasi dengan Turbin Sentrifugal	30
Tabel 4. 3	Perhitungan Kavitasi dengan Turbin Propeller	311
Tabel 4. 4	Perhitungan Kavitasi dengan <i>Triple</i> Turbin	311





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

Besarnya pertumbuhan kebutuhan energi berkembang seiring dengan bertumbuhnya lingkungan, hal ini membuat ketertarikan akan pembangkit listrik meningkat. Pentingnya pengetahuan mengenai pembangkit listrik ini sangat dibutuhkan untuk dapat mengoperasikan dan mengembangkan pembangkit tersebut. Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu pembangkit dengan biaya pembuatan yang murah dan mudah sangat cocok untuk memenuhi pasokan energi listrik dalam skala kecil. Selain pengoperasiannya secara konvensional menggunakan bendungan yang besar, pembangkit listrik jenis ini dapat dieksplorasi lagi menjadi skala yang lebih kecil hingga skala mikro.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro yang disebut PLTMH merupakan pembangkit listrik skala mikro yang menggunakan tenaga air sebagai penggerak sehingga dapat memutar generator yang dihubungkan dengan turbin dan menghasilkan listrik. PLTMH dibuat dalam skala laboratorium ini dioperasikan dalam sistem tertutup dimana dua buah reservoir digunakan sebagai penampung air sementara sebelum air dialirkan kembali menuju turbin, air dialirkan menggunakan instalasi pipa pvc dengan *ball valve* terpasang sebelum inlet turbin, kemudian PLTMH menggunakan pompa sentrifugal untuk menggerakkan air sehingga menghasilkan daya hidrolik. Skala yang kecil ini memungkinkan PLTMH dalam skala laboratorium ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran mengenai ilmu pembangkit listrik tenaga air.

Berdasarkan hal tersebut diamati pengaruh suhu air yang terjadi pada pengoperasian *Triple* Turbin model PLTMH. Suhu air mempengaruhi kinerja dalam pompa untuk menghasilkan daya yang optimal dalam turbin. Diamati juga penurunan tekanan dalam aliran air yang disebabkan gesekan dengan dinding pipa dan belokan atau *fitting* dalam pengoperasian prototipe model PLTMH.

Untuk sub judul mengenai pengaruh suhu pada pompa sentrifugal yang akan dijelaskan oleh Nurkholifah Amini. Dalam Sub Judul ini membahas tentang



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

pengaruh kenaikan suhu fluida selama pengoperasian *Triple* Turbin pada PLTMH terhadap nilai NPSHa.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh kenaikan suhu fluida yang dialirkan pada pompa sentrifugal untuk pengoperasian *Triple* Turbin Prototipe model PLTMH?
2. Bagaimana pengaruh *pressure drop* pada pengoperasian *Triple* Turbin Prototipe model PLTMH?

1.3 Tujuan

1. Mengidentifikasi pengaruh gesekan aliran pada kenaikan suhu fluida terhadap *pressure drop* yang dialirkan pada pompa sentrifugal untuk pengoperasian *Triple* Turbin prototipe model PLTMH.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini membahas topik – topik yang dibatasi oleh hal – hal sebagai berikut ini:

1. Menggunakan turbin banki, turbin propeller, dan turbin sentrifugal.
2. Menggunakan pipa *acrylic* pada sisi *suction* pompa untuk mengetahui adanya gelembung udara yang masuk.
3. Data yang diambil berupa suhu air dan waktu pengoperasian alat.

1.5 Lokasi Objek Tugas Akhir

Lokasi pelaksanaan tugas akhir bertempat di Laboratorium Energi, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus Baru UI, Kukusan, Beji, Depok-Jawa Barat.

1.6 Metode Penyelesaian Masalah

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian Tugas Akhir ini dapat dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Tinjauan Pustaka

Tahap ini adalah tahap dilakukannya pengumpulan data untuk digunakan sebagai dasar teori sehingga dapat menunjang pembuatan



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

tugas akhir.

2. Perencanaan dan Pembuatan prototipe Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro

Tahap ini adalah pembuatan konstruksi prototipe Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro sesuai dengan desain yang direncanakan.

3. Pengujian Prototipe

Pada tahap ini, prototipe tersebut dioperasikan dengan beban dan menguji perubahan putaran ketika beban diubah serta dapat mengetahui hasil tegangan yang dihasilkan oleh generator tersebut. Kemudian untuk memastikan tidak ada kesalahan lagi pada sistem sebelum diambil data untuk analisa.

4. Pengambilan data dan Analisa hasil dari Alat Pengujian

Setelah semua rangkaian terpasang dan dibuat dengan baik maka dilakukan uji coba dan pengujian pada sistem yang telah didesain kemudian dianalisa kinerja dan efisiensinya.

1.7 Manfaat yang Didapatkan

Dengan pelaksanaan tugas akhir dengan judul “Prototipe Model PLTMH Menggunakan *Triple* Turbin” maka manfaat yang didapatkan bagi:

1. Pelaksanaan Tugas Akhir

- Menambah ilmu pengetahuan mengenai PLTMH
- Meningkatkan daya kreatifitas untuk membuat sebuah Pembangkit Listrik terutama PLTMH

2. Politeknik Negeri Jakarta

- Sebagai alat bantu dalam proses pembelajaran mahasiswa/i Teknik Konversi Energi khususnya pada materi mesin konversi energi dan mesin fluida
- Media pembelajaran baru mengenai simulasi PLTMH

3. Ilmu Pengetahuan

- Sebagai rujukan penelitian/pengujian pengoptimalan terhadap kinerja PLTMH



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

1.8 Sistem Penulisan Tugas Akhir

Penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari:

1. Bagian Awal
 - a. Halaman Sampul
 - b. Halaman Pengesahan
 - c. Halaman Pernyataan Orisinalitas
 - d. Abstrak
 - e. Kata Pengantar
 - f. Daftar Isi
 - g. Daftar Tabel
 - h. Daftar Gambar
2. Bagian Utama
 - a. Bab I Pendahuluan
 - b. Bab II Tinjauan Pustaka
 - c. Bab III Metodologi
 - d. Bab IV Hasil dan Pembahasan
 - e. Bab V Kesimpulan
3. Bagian Akhir
 - a. Daftar Pustaka
 - b. Lampiran
 - c. Riwayat Hidup Penulis





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

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian alat yang sudah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengoperasian pompa sentrifugal pada *Triple* Turbin didapatkan nilai NPSHa lebih kecil dari NPSHr, sehingga terjadinya kavitasi selama pengoperasian alat. Dikarenakan kenaikan suhu fluida yang mempengaruhi turunnya nilai NPSHa. Penurunan nilai NPSHa tertinggi pada saat pengoperasian Turbin Sentrifugal yaitu sebesar 3,7%. Dimana pada saat Turbin Banki sebesar 2,5%, Turbin Propeller sebesar 1,4% dan saat *Triple* Turbin sebesar 1,6%.
2. Saat pengoperasian alat, terdapat *vortex* atau pusaran air dan kebisingan pada *reservoir* utama yang disebabkan oleh banyaknya udara yang terdorong ke *suction* pompa. Maka direkomendasikan pada diameter pipa *suction* pompa diperbesar agar gelembung udara tidak langsung masuk ke pompa, sehingga menghilangkan penyebab kavitasi.
3. Gesekan aliran pada pipa dapat menyebabkan penurunan tekanan dalam pengoperasian *Triple* Turbin yaitu sebesar 0,78 bar. Penurunan tekanan tersebut mempengaruhi kinerja pada turbin, sehingga daya yang dihasilkan menurun.

5.2 Saran

1. Memperbesar *reservoir* utama agar titik jatuh air lebih jauh tidak langsung masuk kedalam *suction* pompa sehingga dapat mengurangi udara yang masuk ke dalam pompa.
2. Tunggu beberapa menit setelah pompa dinyalakan, hingga putaran pompa menjadi stabil dan udara yang terjebak dalam pipa bisa keluar, dan data yang diambil lebih maksimal.
3. Karena Pompa Sentrifugal yang digunakan menghasilkan tekanan yang besar, sebaiknya pemakaian pipa PVC diganti dengan Pipa Galvanis untuk

menghindari potensi kebocoran.

4. Ditambahkan pipa *bypass* yang dilengkapi *relief valve* untuk mengatur atau membatasi tekanan air dalam pipa dari tekanan balik secara mendadak.



© 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 mengumunkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

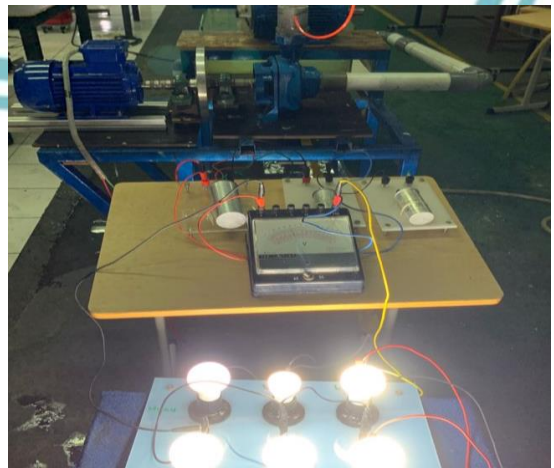
- [1] J. McKinney and P. C. C. Warnick. (1983). *Microhydropower Handbook Volume 1*.
- [2] A. A. Musyafa and I. H. Siregar. (2015).“EFISIENSI POMPA SENTRIFUGAL Achmad Aliyin Musyafa Indra Herlamba Siregar Abstrak” *Jtm*, vol. 03, pp. 136–144.
- [3] Mustakim. (2015). Pengaruh Kecepatan Sudut Terhadap Efisiensi Pompa Sentrifugal Jenis Tunggal. *Jurnal Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Metro*.
- [4] Denny, S. P. (2009). Pengaruh Generator Listrik dalam Kehidupan Sehari-hari. *Jurnal Softskill Mata Kuliah Teknik Listrik*.
- [5] Harvi, & Ikrar H. (2017). Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur. *Jurnal Reka Buana*.
- [6] Delly, Jenny. (2009). Pengaruh Temperatur Terhadap Terjadinya Kavitasi Pada Sudu Pompa Sentrifugal. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 1. 21-27.
- [7] Mulyana, Cukup, & Riyandi, Naufal. (2009). Model Pengaruh Diameter Pipa Terhadap Pressure Drop pada Pipa PLTP Dominasi Uap. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika, Universitas Padjajaran*.
- [8] Negara, Wendy Priana. (2014). Perbandingan Analisis Pressure Drop pada Pipa Lengkung 90⁰ Standar Ansi B36.10 dengan COSMOSflo Works . Skripsi Program Studi Teknik Mesin.
- [9] Cengel, Y.A, & Cimbala, J.M. (2006). *Fluids Mechanics Fundamentals and Applications*. New York : McGraw-Hill Companies.
- [10] Nesbitt, Brian. (2006). *Handbook of Pumps and Pumping*, London: Elsevier Science & Technology Books.
- [11] Silalahi, Roganda.M & Prihartono, Joko. (2015). Perhitungan Pompa Sentrifugal Satu Tingkat untuk Mendistribusi Air Bersih pada PT X. *Jurnal APTEK Vol. 7*.
- [12] Miyarthaluna, Gigi Kintan & Hantoro, Ridho. (2018). Analisis Pressure Drop pada Jaringan Pipa Pelanggan Biogas di TPA Supiturang Kota Malang. *Jurnal Teknik ITS Vol. 7 No.1*.
- [13] Narrain, A.G.Pradeep. (2017). *Low Head Hydropower for Local Energy Solutions*. University of Stuttgart, Germany.

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1: Dokumentasi





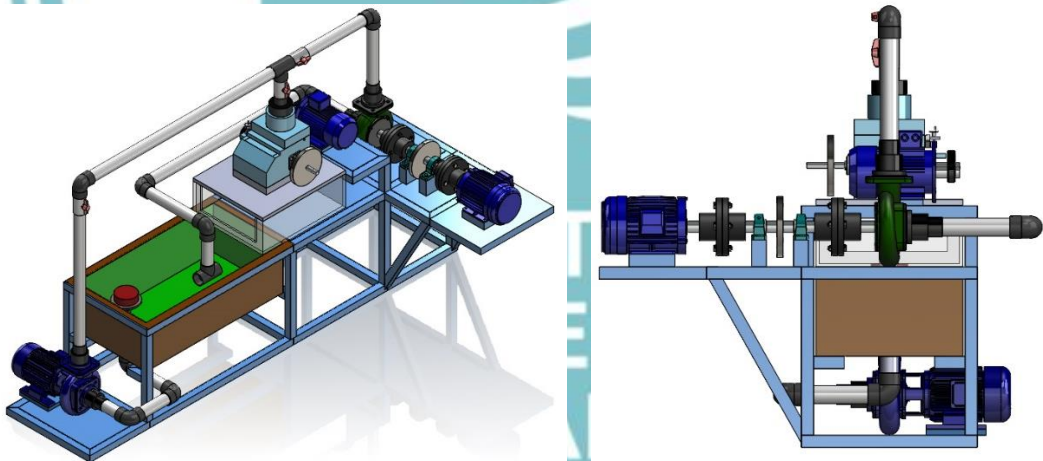
Hak Cipta :

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

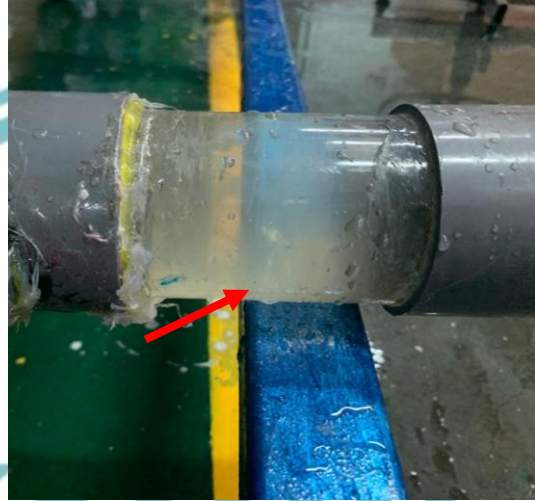
Lampiran 2: Riwayat Hidup Penulis

Nama : Nurkholifah Amini
 NIM : 1802321028
 Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 16 Oktober 1999
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Alamat : Jalan Haji Nuh No.66 RT 02 RW 04 Kel.
 Cipadak, Kec. Jagakarsa Jakarta Selatan 12630
 Agama : Islam
 Kewarganegaraan : Indonesia
 No. Handphone : 081294388381
 Email : nurkholifah.amini@gmail.com

Lampiran 3: Desain Alat



Lampiran 4: Fenomena Kavitasasi



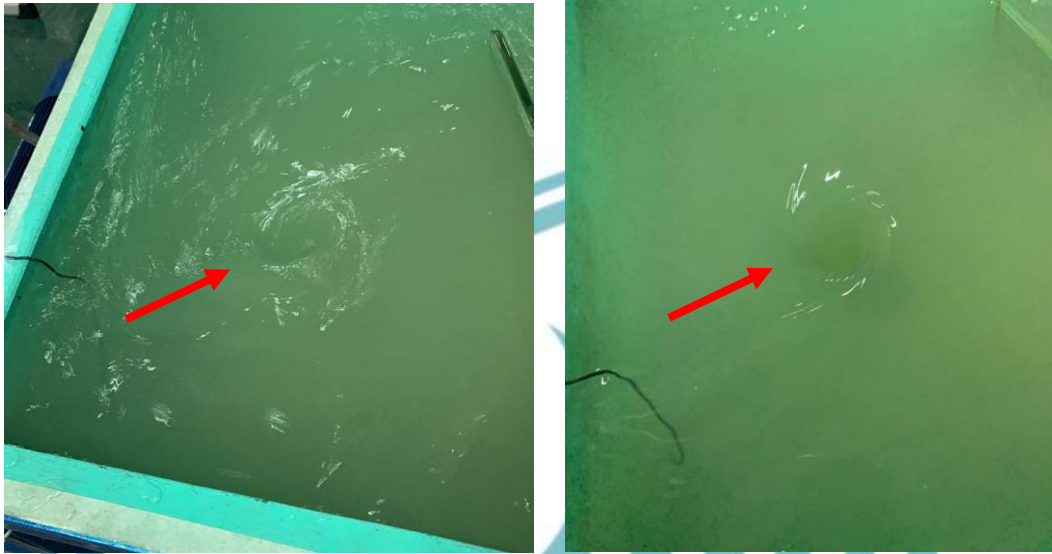
Hak Cipta :

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 mengumunkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta






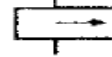
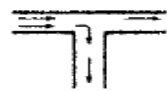


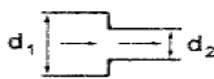

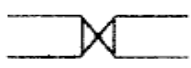
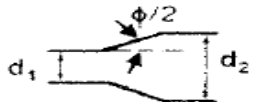
Bukti udara yang masuk ke *suction* pompa disebut pusaran air atau *vortex*.

Lampiran 5: Data Tabel

Data tabel *friction* pada pipa (Nesbitt, Brian. (2006). *Handbook of Pumps and Pumping*, London: Elsevier Science & Technology Books.)

Pipe and pipe material	Condition of pipe	Factor k
		Calculation values mm
PE, PVC	Dia. <200> mm	0.01
PE, PVC	Dia. 200 mm	0.05
GRP	All dimensions	0.1
Wood	New	0.2 - 1.0

Data Tabel Koefisien Gesekan pada *Fitting* Pipa (Nesbitt, Brian. (2006). *Handbook of Pumps and Pumping*, London: Elsevier Science & Technology Books.)

	pipe bend 90° $r > 4d \quad \zeta = 0.2$ $r = d \quad \zeta = 0.4$ pipe bend 180° $\zeta > 2 \times \zeta_{90^\circ}$										
	sharp-edged $\zeta = 0.5$ rounded off $\zeta = 0.25$										
	Inlet nozzle $\zeta = 0.05$ Inlet cone $\zeta = 0.2$										
	Straight pipe $\zeta = 3$										
	Branch $\zeta = 0.1$ (straight through) $\zeta = 0.9$ (branch)										
	T-pipe $\zeta = 0.4$ (straight through) $\zeta = 0.2$ (incoming branch)										
	Sudden increase in area <table border="1"> <thead> <tr> <th>d_2/d_1</th> <th>1.5</th> <th>2</th> <th>2.5</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ζ</td> <td>0.3</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	d_2/d_1	1.5	2	2.5	10	ζ	0.3	0.6	0.7	1
d_2/d_1	1.5	2	2.5	10							
ζ	0.3	0.6	0.7	1							
	Sudden decrease in area <table border="1"> <thead> <tr> <th>d_2/d_1</th> <th>1</th> <th>0.8</th> <th>0.6</th> <th>0.4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ζ</td> <td>0</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> </tr> </tbody> </table>	d_2/d_1	1	0.8	0.6	0.4	ζ	0	0.2	0.3	0.4
d_2/d_1	1	0.8	0.6	0.4							
ζ	0	0.2	0.3	0.4							
	Non-return valve (fully open) flap $\zeta = 1 - 0.4$ seating $\zeta = 8 - 1$ ball $\zeta = 2 - 0.5$ Maker's catalogue should be consulted for exact values										
	Valve (fully open) gate valve $\zeta = 0.2$ seated valve $\zeta = 3$ butterfly valve $\zeta = 0.2$ ball cock $\zeta = 0.1$ Maker's catalogue should be consulted for exact values										
	diffusers $\zeta = \zeta^1 [1 - (d_1/d_2)^2]$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>ϕ</th> <th>0°</th> <th>15°</th> <th>30°</th> <th>45°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ζ^1</td> <td>0</td> <td>0.2</td> <td>0.7</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	ϕ	0°	15°	30°	45°	ζ^1	0	0.2	0.7	1
ϕ	0°	15°	30°	45°							
ζ^1	0	0.2	0.7	1							

Hak Cipta :

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Data Tabel menghitung Head Tekanan Uap Air Data Tabel Koefisien Gesekan pada *Fitting* Pipa
(Nesbitt, Brian. (2006). *Handbook of Pumps and Pumping*, London: Elsevier Science & Technology Books.)

Properties of water II – Vapor Pressure

Temp. °F	Temp. °C	Specific Gravity 60 °F	Density	Vapor Pres. psi	Vapor Pressure* Feet Abs.
32	0	1.002	62.42	0.0885	0.204
40	4.4	1.001	62.42	0.1217	0.281
45	7.2	1.001	62.40	0.1475	0.34
50	10	1.001	62.38	0.1781	0.411
55	12.8	1.000	62.36	0.2141	0.494
60	15.6	1.000	62.34	0.2563	0.591
65	18.3	0.999	62.31	0.3056	0.706
70	21.1	0.999	62.27	0.6331	0.839
75	23.9	0.998	62.24	0.4298	0.994
80	26.7	0.998	62.19	0.5069	1.172
85	29.4	0.997	62.16	0.5959	1.379
90	32.2	0.996	62.11	0.6982	1.617
95	35.0	0.995	62.06	0.8153	1.890
100	37.8	0.994	62.00	0.9492	2.203
110	43.3	0.992	61.84	1.275	2.965
120	48.9	0.990	61.73	1.692	3.943
130	54.4	0.987	61.54	2.223	5.196
140	60.0	0.985	61.39	2.889	6.766
150	65.6	0.982	61.20	3.718	8.735
160	71.1	0.979	61.01	4.741	11.172
170	76.7	0.975	60.79	5.992	14.178
180	82.2	0.972	60.57	7.510	17.825
190	87.8	0.968	60.35	9.339	22.257
200	93.3	0.964	60.13	11.526	27.584
212	100.0	0.959	59.81	14.696	35.353
220	104.4	0.956	59.63	17.186	41.343
240	115.6	0.948	59.10	24.97	60.77
260	126.7	0.939	58.51	35.43	87.05
280	137.8	0.929	58.00	49.20	122.18
300	148.9	0.919	57.31	67.01	168.22
320	160.0	0.909	56.66	89.66	227.55
340	171.1	0.898	55.96	118.01	303.17
360	182.2	0.886	55.22	153.04	398.49
380	193.3	0.874	54.47	195.77	516.75

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta