

PENGARUH PERUBAHAN SUDUT *PENSTOCK* TURBIN *HYDROCOIL*  
TERHADAP PERFORMASINYA MENGGUNAKAN METODE  
*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)*



|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| Yayasan Mendiri Bhatih  |                 |
| UNIVERSITAS MERCU BUANA |                 |
| Perpustakaan Pusat      |                 |
| Sumber :                | Sumbangan       |
| Tanggal :               | 24 MAR 2018     |
| No. Reg. :              | 1. SI7180493    |
|                         | 2. ST/13/18/057 |

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2018

## LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH PERUBAHAN SUDUT *PENSTOCK* TURBIN *HYDROCOIL*  
TERHADAP PERFORMASINYA MENGGUNAKAN METODE  
*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)*



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
Nama : Dantes Halomoan Gultom  
NIM : 41313110028  
Program Studi : Teknik Mesin

DI AJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
JANUARI 2018

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

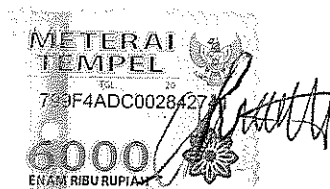
Nama : Dontes Halomoan Gultom  
NIM : 41313110028  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Skripsi : Pengaruh perubahan sudut *penstock* turbin *hydrocoil* terhadap performasinya menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD).

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah penulis buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka penulis bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini penulis buat dengan keadaan sadar dan tanpa adanya paksaan.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 20 Januari 2018



(Dontes Halomoan Gultom)

## LEMBAR PENGESAHAN

Pengaruh Perubahan Sudut *Penstock* Turbin *Hydrocoil* Terhadap Performasinya  
Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD)



Disusun Oleh:

Nama : Dontes Halomoan Gultom  
NIM : 41313110028  
Program Studi : Teknik Mesin

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

(Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng)

Koordinator Tugas Akhir

(Haris Wahyudi, ST, M.Sc)

## PENGHARGAAN

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang maha Esa karena dengan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat dengan baik menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Perubahan Sudut *Penstock* Turbin *Hydrocoil* Terhadap Performasinya Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD)

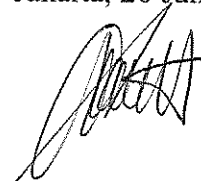
Penulisan ini disusun untuk dapat memenuhi salah satu persyaratan kurikulum sarjana strata satu (S1) di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Dalam proses pelaksanaan penulisan tugas akhir ini, penulis telah mendapatkan banyak bimbingan, saran dan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ke dua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan.
2. Bapak Hadi Pranoto, ST, MT selaku Kaprodi Fakultas Teknik Mesin.
3. Bapak Haris Wahyudi, ST, M.Sc selaku koordinator Tugas Akhir.
4. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng selaku dosen pembimbing.
5. Rekan-rekan mahasiswa Universitas Mercu Buana Fakultas Teknik Mesin yang telah memberikan saran-saran dalam penyusunan laperan ini.
6. Dan semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan serta membantu penulisan laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

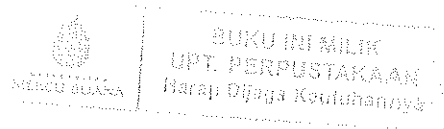
Dalam hal ini penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang mungkin terjadi dalam penyusunan laporan ini. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang membaca.

Jakarta, 20 Januari 2018



(Dantes Halomoan Gultom)

## DAFTAR ISI



## Halaman

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| LEMBAR PERNYATAAN                                 | i   |
| LEMBAR PENGESAHAN                                 | ii  |
| PENGHARGAAN                                       | iii |
| INTISARI                                          | iv  |
| DAFTAR ISI                                        | v   |
| DAFTAR GAMBAR                                     | vii |
| DAFTAR TABEL                                      | vii |
| DAFTAR NOTASI                                     | ix  |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN</b>                      |     |
| 1.1 Latar Belakang                                | 1   |
| 1.2 Rumusan Masalah                               | 3   |
| 1.3 Tujuan Penelitian                             | 3   |
| 1.4 Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian          | 4   |
| 1.5 Sistematika Penulisan                         | 4   |
| <br><b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                |     |
| 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) | 6   |
| 2.1.1 Cara Kerja PLTMH                            | 7   |
| 2.1.2 Bagian PLTMH                                | 8   |
| 2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan PLTMH              | 9   |
| 2.2 Parameter Penstock                            | 10  |
| 2.2.1 Debit Optimum                               | 10  |
| 2.2.2 Faktor Kerugian Pipa                        | 10  |
| 2.2.3 Faktor Kekasaran Pipa                       | 12  |
| 2.2.4 Angka Reynold                               | 12  |
| 2.2.5 Laju Aliran Massa                           | 13  |
| 2.3 Turbin                                        | 14  |
| 2.3.1 Turbin Impuls                               | 15  |
| 2.3.2 Turbin Reaksi                               | 16  |

|                       |                                                             |    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|----|
| 2.4                   | Turbin Hidro Coil                                           | 17 |
| 2.5                   | Sudut Pipa                                                  | 20 |
| 2.6                   | Computational Fluid Dynamics (CFD)                          | 20 |
| <b>BAB III</b>        | <b>METODOLOGI PENELITIAN</b>                                |    |
| 3.1                   | Flowchart Metodologi Penelitian                             | 24 |
| 3.2                   | Desain Penelitian                                           | 25 |
| 3.3                   | Prosedur Perhitungan Parameter Penstock                     | 26 |
| 3.4                   | Prosedur Simulasi                                           | 26 |
| 3.4.1                 | Tahap Geometry                                              | 26 |
| 3.4.2                 | Tahap Meshing                                               | 27 |
| 3.4.3                 | Tahap Setup                                                 | 27 |
| 3.4.4                 | Tahap Solution                                              | 27 |
| 3.4.5                 | Tahap Result                                                | 27 |
| 3.5                   | Road Map                                                    | 28 |
| <b>BAB IV</b>         | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                                 |    |
| 4.1                   | Desain Penstock                                             | 29 |
| 4.2                   | Langkah Simulasi                                            | 41 |
| 4.3                   | Contour Hasil Simulasi Penstock Turbin 45°, 60°, 90°        | 44 |
| 4.4                   | Perbandingan Hasil Simulasi Penstock 45°, 60°, 90°          | 50 |
| <b>BAB V</b>          | <b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>                                 |    |
| 5.1                   | Kesimpulan                                                  | 54 |
| 5.2                   | Saran                                                       | 55 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> |                                                             | 56 |
| <b>LAMPIRAN</b>       |                                                             |    |
| A.                    | Perhitungan Laju Aliran Pada Penstock 45°, 60° dan 90°      | 58 |
| B.                    | Perhitungan Kecepatan Aliran Pada Penstock 45°, 60° dan 90° | 66 |
| C.                    | Perhitungan Daya Pada Penstock 45°, 60° dan 90°             | 68 |
| D.                    | Perhitungan Efisiensi Pada Penstock 45°, 60° dan 90°        | 76 |

## DAFTAR GAMBAR

| No.  | Gambar                                                                                  | Halaman | laman |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|
| 1.1  | Potensi Energi Terbarukan di Indonesia                                                  | 2       | 6     |
| 2.1  | Bagian PLTMH                                                                            | 8       | 11    |
| 2.2  | Skematik Turbin <i>Hydrocoil</i>                                                        | 17      | 12    |
| 2.3  | Perbandingan Karakteristik Turbin Air                                                   | 18      | 25    |
| 2.4  | Turbin <i>Hydrocoil</i>                                                                 | 18      | 28    |
| 2.5  | Grafik <i>Rotation</i> Terhadap Kecepatan Putaran Turbin                                | 19      | 38    |
| 2.6  | Grafik Torsi <i>Hydrocoil</i> Terhadap Kecepatan Putar                                  | 19      | 39    |
| 2.7  | Koefisien Kerugian Pada Belokan                                                         | 20      | 51    |
| 3.1  | <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian                                                  | 24      | 51    |
| 3.2  | Skematik Desain Kemiringan <i>Penstock</i> 45°, 60° dan 90°                             | 25      | 51    |
| 3.3  | Pendefinisian Daerah <i>Rotation Region</i>                                             | 26      |       |
| 4.1  | Turbin dengan <i>Penstock</i> 45°, 60° dan 90° Setelah Proses <i>Boolean Subtract</i>   | 41      |       |
| 4.2  | Hasil Tahap <i>Mesh</i> Turbin <i>Hydrocoil</i> dengan <i>Penstock</i> 45°, 60° dan 90° | 42      |       |
| 4.3  | Berbagai <i>Interface Penstock</i> 45°, 60° dan 90° Pada Tahap <i>Setup</i>             | 43      |       |
| 4.4  | <i>Contour</i> Kecepatan <i>Penstock</i> Turbin 45° Dgn Kecepatan Ptr 100 RPM           | 44      |       |
| 4.5  | <i>Contour</i> Kecepatan <i>Penstock</i> Turbin 45° Dgn Kecepatan Ptr 1900 RPM          | 45      |       |
| 4.6  | <i>Contour</i> Kecepatan <i>Penstock</i> Turbin 60° Dgn Kecepatan Ptr 100 RPM           | 45      |       |
| 4.7  | <i>Contour</i> Kecepatan <i>Penstock</i> Turbin 60° Dgn Kecepatan Ptr 1900 RPM          | 45      |       |
| 4.8  | <i>Contour</i> Kecepatan <i>Penstock</i> Turbin 90° Dgn Kecepatan Ptr 100 RPM           | 46      |       |
| 4.9  | <i>Contour</i> Kecepatan <i>Penstock</i> Turbin 90° Dgn Kecepatan Ptr 1900 RPM          | 46      |       |
| 4.10 | <i>Contour</i> Tekanan <i>Penstock</i> Turbin 45° Dgn Kecepatan Ptr 100 RPM             | 47      |       |
| 4.11 | <i>Contour</i> Tekanan <i>Penstock</i> Turbin 45° Dgn Kecepatan Ptr 1900 RPM            | 47      |       |
| 4.12 | <i>Contour</i> Tekanan <i>Penstock</i> Turbin 60° Dgn Kecepatan Ptr 100 RPM             | 47      |       |
| 4.13 | <i>Contour</i> Tekanan <i>Penstock</i> Turbin 60° Dgn Kecepatan Ptr 1900 RPM            | 48      |       |
| 4.14 | <i>Contour</i> Tekanan <i>Penstock</i> Turbin 90° Dgn Kecepatan Ptr 100 RPM             | 48      |       |
| 4.15 | <i>Contour</i> Tekanan <i>Penstock</i> Turbin 90° Dgn Kecepatan Ptr 1900 RPM            | 49      |       |
| 4.16 | Variasi Sudut Kemiringan <i>Penstock</i> 45°, 60° dan 90°                               | 50      |       |
| 4.17 | Grafik Perbandingan Torsi <i>Penstock</i> 45°, 60°, 90° Turbin <i>Hydrocoil</i>         | 52      |       |
| 4.18 | Grafik Perbandingan Daya <i>Penstock</i> 45°, 60°, 90° Turbin <i>Hydrocoil</i>          | 52      |       |
| 4.19 | Grafik Perbandingan Efisiensi <i>Penstock</i> 45°, 60°, 90° Turbin <i>Hydrocoil</i>     | 53      |       |

## DAFTAR TABEL

| No. | Tabel                                                                      | Talaman |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1 | Klasifikasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air                           | 6       |
| 2.2 | Koefisien Hambatan Minor Pipa                                              | 11      |
| 2.3 | Kekasaran Pipa                                                             | 12      |
| 3.1 | Variasi Sudut Kemiringan <i>Penstock</i>                                   | 25      |
| 3.2 | <i>Road Map</i> Penelitian                                                 | 28      |
| 4.1 | Nilai Debit Optimum dan Laju Aliran Massa                                  | 38      |
| 4.2 | Hasil simulasi Torsi <i>Penstock</i> 45°, 60°, dan 90°                     | 39      |
| 4.3 | Nilai Torsi <i>Penstock</i> 45°, 60°, dan 90° Berbagai Kecepatan Putar     | 51      |
| 4.4 | Nilai Daya <i>Penstock</i> 45°, 60°, dan 90° Berbagai Kecepatan Putar      | 51      |
| 4.5 | Nilai Efisiensi <i>Penstock</i> 45°, 60°, dan 90° Berbagai Kecepatan Putar | 51      |



## DAFTAR NOTASI

| Notasi        | Keterangan                            | Satuan   |
|---------------|---------------------------------------|----------|
| PLTMH         | Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro |          |
| CFD           | <i>Computational Fluid Dynamic</i>    |          |
| $P_{pot}$     | Daya Potensial                        | W        |
| $\eta$        | Efisiensi                             | %        |
| $H_g$         | <i>Gross Head</i>                     | m        |
| $Q_{opt}$     | Debit Optimum                         | $m^3/s$  |
| $A_p$         | Luas Penampang Pipa <i>Penstock</i>   | $m^2$    |
| $D_p$         | Diameter Pipa <i>Penstock</i>         | m        |
| G             | Percepatan Gravitasi                  | $m/s^2$  |
| $C_L$         | Faktor Kerugian Pipa                  |          |
| $K_L$         | Koefisien Hambatan                    |          |
| P             | Massa Fluida                          | $kg/m^3$ |
| Q             | Debit                                 | $m^3/s$  |
| H             | <i>Head</i>                           | m        |
| R             | Jari-jari                             | m        |
| $\Omega$      | Kecepatan Sudut                       | rad/s    |
| N             | Jumlah Putaran                        | rpm      |
| $\dot{m}$     | Laju Aliran Massa                     | kg/s     |
| P             | Tekanan                               | Pa       |
| f             | Faktor Kekasaran Pipa                 |          |
| L             | Panjang Pipa                          | m        |
| $D_2$         | Diameter Dalam Pipa                   | m        |
| $Re$          | Bilangan Reynolds                     |          |
| $\mu$         | Koefisien Gesek                       | kg/m.s   |
| V             | Viskositas Dinamik                    | kg/m.s   |
| $\nu$         | Viskositas Kinematik                  | $m^2/s$  |
| $\varepsilon$ | <i>Roughness Coefficient</i>          |          |
| A             | Luas Penampang                        | $m^2$    |
| $\theta$      | Sudut Kemiringan Pipa <i>Penstock</i> | o        |

x

$P_T$

Daya Turbin

T

Torsi Turbin

W

SST

Model Turbolensi *Shear Stress Transport*

Nm

Pshaft

Daya Poros

W

$\omega$

Kecepatan Sudut

rad/s



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA