

**OPTIMASI DIAMETER PIPA PESAT PADA MODEL
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO
(PLTMH)**

***OPTIMIZATION OF PENSTOCK DIAMETER IN A MICRO
HYDRO POWER PLANT***

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Surakarta*



**Disusun Oleh :
TSANI RAKHMAWATI
I0112137**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

OPTIMASI DIAMETER PIPA PESAT PADA MODEL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)

OPTIMIZATION OF PENSTOCK DIAMETER IN A MICRO HYDRO POWER PLANT

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret*



Disusun Oleh :
TSANI RAKHMAWATI
10112137

Telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan Tim Penguji Pendadaran Program
Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

Persetujuan :

Dosen Pembimbing I,

Dr. Ir. Rr. Rintis Hadiani, M.T.
NIP. 19630120 198803 2 002

Dosen pembimbing II,

Ir. Solichin, M.T.
NIP. 19680110198803 1 002

PENGESAHAN SKRIPSI

OPTIMASI DIAMETER PIPA PESAT PADA MODEL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)

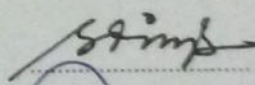
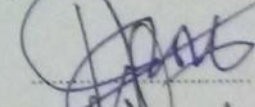
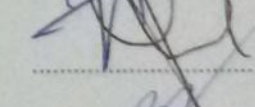
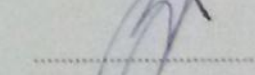
*(OPTIMIZATION OF PENSTOCK DIAMETER IN A MICRO HYDRO
POWER PLANT)*

Disusun Oleh

TSANI RAKHMAWATI
I0112137

Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Pendararan Program Studi
Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 24 Februari 2016

Nama/NIP	Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Dr. Ir. Rr. Rintis Hadiani, M.T. 19630120 198803 2 002		
2. Ir. Solichin, M.T. 19600110 198803 1 002		
3. Ir. Suyanto, M.M. 19520317 198503 1 001		
4. Ir. Adi Yusuf Muttaqien, M.T. 19581127 198803 1 001		

Disahkan,
Tanggal

16 MAR 2016

Kepala Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS



Wibowo, ST, DEA
NIP. 196810071995021001

ABSTRAK

Tsani Rakhmawati, Rintis Hadiani, Solichin. 2016. **Optimasi Diameter Pipa Pesat pada Model Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)**. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Sungai memiliki potensi energi yang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik. Sungai Kendat, yang terletak di Desa Dukuh, Kecamatan Banyudono, Kabupaten Boyolali dipilih menjadi lokasi penelitian karena debitnya yang ada sepanjang tahun. Lokasi sungai tersebut dekat dengan perumahan yang mengalami keterbatasan listrik sehingga berpotensi untuk dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Hasil survei menunjukkan ada site terjunan yang berpotensi menghasilkan daya. Berdasarkan hal tersebut dilakukan simulasi optimasi diameter pipa pesat pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro agar diperoleh daya yang maksimum dengan biaya yang minimum. Metode yang digunakan berdasarkan analisis kehilangan energi pada pipa pesat untuk memperoleh tinggi jatuh efektif. Debit dan tinggi jatuh efektif merupakan variabel terpenting untuk menghitung potensi energi pada turbin. Turbin yang digunakan merupakan jenis *Propeller Open Flume* yaitu turbin yang bekerja dengan memanfaatkan aliran keluar pipa hisap (*draft tube*). Hasil penelitian menunjukkan grafik hubungan diameter dan daya. Diameter pipa berbanding lurus dengan tinggi jatuh efektif dan daya, sedangkan berbanding terbalik dengan kehilangan energi. Analisis yang dilakukan pada model dengan debit $0,26 \text{ m}^3/\text{detik}$, menghasilkan tinggi jatuh efektif sebesar $2,78 \text{ m}$, daya (P_o) = $5,63 \text{ kW}$, $D= 12 \text{ inchi}$.

Kata Kunci: mikrohidro, turbin *propeller open flume*, optimasi diameter pipa pesat

ABSTRACT

Tsani Rakhmawati, Rintis Hadiani, Solichin. 2016. **Optimization of Penstock Diameter in A Micro Hydro Power Plant**. Thesis. Department of Civil Engineering. Faculty of Engineering. Sebelas Maret University. Surakarta.

River has a potential energy that can be utilized to generate electrical energy. This research was conducted at Kendat river, which is located in Dukuh Village, Banyudono District, Boyolali. The river has existing discharge throughout the year. The location of the river is close to the housing that have experiencing electrical limitations so its potential to build a micro hydro power plant. The survey results indicate there is a site of a waterfall that could potential to generate power. Based on the survey, optimum design of penstock diameter in micro hydro power plant done in order to obtained maximum power with minimum cost. This method is based on head loss analysis in penstock to obtain net head. Discharge and net head are the most important variable to calculate the potential energy of the turbine. The type of turbine is Propeller Open-Flume, worked by utilizing out flow draft tube. The results shows a relation graph between penstock diameter and power. The penstock diameter is directly proportional to net head and power on a micro-hydro power plant, and inversely proportional to head loss of penstock. The model analysis result of the discharge $0,26 \text{ m}^3/\text{sec}$, Effective head=2,78 m, Power energy (P_o)= 5,63 kW, and Diameter penstock (D)= 12 inch.

Keywords: *micro hydro, open flume propeller turbine, optimization penstock diameter*

KATA PENGANTAR

Puji syukur selalu terpanjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Optimasi Diameter Pipa Pesat pada Model Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan akademik untuk meraih gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Ucapan terima kasih atas bantuan yang telah diberikan dari awal pelaksanaan hingga terselesaikannya skripsi ini, kepada :

1. Dr. Ir. Rr. Rintis Hadiani, M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan pengarahan selama penyusunan skripsi.
2. Bapak Ir. Solichin, M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan pengarahan selama penyusunan skripsi.
3. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil UNS,
4. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu hingga terwujudnya skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi segenap civitas akademika dalam menambah pengetahuan dan menunjang pemahaman mengenai penerapan ilmu di bangku kuliah.

Surakarta, Januari 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO.....	iii
PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1. Pengertian Optimasi.....	5
2.1.2. Pengertian PLTMH.....	5
2.1.3. Model PLTMH.....	6
2.1.4. Turbin.....	8
2.1.5. Pipa Pesat.....	9
2.2. Dasar Teori.....	14
2.2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	14
2.2.2. Pengisian Data Hujan yang Hilang.....	14

2.2.3. Uji Konsistensi Data Hujan.....	15
2.2.4. Evapotranspirasi	16
2.2.5. Metode Mock.....	18
2.2.6. Debit Andalan.....	22
2.2.7. Debit Aliran.....	22
2.2.8. Kehilangan Energi	23
2.2.8. Persamaan Kontinuitas.....	27
2.2.9. Persamaan Momentum.....	28
2.2.10. Persamaan Energi	28
2.2.11. Tinggi Jatuh (<i>Head</i>).....	28
2.2.12. Analisis Daya.....	29
2.2.13. Energi yang Dapat Dihasilkan.....	29
BAB 3 METODE PENELITIAN	30
3.1. Metode Penelitian	30
3.2. Data.....	30
3.3. Lokasi Penelitian	31
3.4. Alat Penelitian	32
3.5. Tahapan Penelitian.....	32
3.5.1. Pengumpulan Data.....	32
3.5.2. Uji Konsistensi Data Hujan.....	32
3.5.3. Perhitungan Evapotranspirasi.....	33
3.5.4. Analisis Debit Aliran	33
3.5.5. Simulasi Optimasi Diameter Pipa.....	33
3.6. Analisis Data	34
3.7. Diagram Alir Penelitian	35
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1. Uji Konsistensi Data Hujan.....	36
4.2. Evapotranspirasi	37
4.3. Analisis Debit Aliran	38
4.4. Analisis Debit Andalan	41
4.5. Analisis Model 1.....	43

4.5.1. Kehilangan Energi pada Pipa Pesat	43
4.5.2. Analisis Tinggi Jatuh Efektif.....	47
4.5.3. Analisis Daya.....	48
4.6. Analisis Model 2.....	50
4.6.1. Kehilangan Energi Pada Pipa Pesat.....	50
4.6.2. Analisis Tinggi Jatuh Efektif.....	54
4.6.3. Analisis Daya.....	55
4.7. Hubungan Diameter dan Daya	57
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....	xvi

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Daerah operasi turbin.....	9
Tabel 2.2. Novelty penelitian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	10
Tabel 2.3. Nilai η berdasarkan suhu zat cair.....	25
Tabel 2.4. Nilai η Pada Pengecilan Mendadak.....	26
Tabel 2.5. Koefisien η Sebagai Fungsi Sudut Belokan.....	26
Tabel 2.6. Nilai η Sebagai Fungsi R/D Untuk Sudut Belokan 90°.....	26
Tabel 2.7. Harga η Pada Sambungan	26
Tabel 4.1. Rekapitulasi Debit dengan Metode Mock Tahun 2012-2014 (m ³ /det)	40
Tabel 4.2. Debit andalan dengan Metode Basic Month	42
Tabel 4.3. Analisis Kehilangan Energi pada Pipa Pesat dengan Q80 pada Model 1.....	46
Tabel 4.4. Analisis Tinggi Jatuh Efektif dengan Q80 pada Model 1.....	47
Tabel 4.5. Analisis Daya dengan Q80 pada Model 1.....	49
Tabel 4.6. Analisis Kehilangan Energi pada Pipa Pesat dengan Q80 pada Model 2.....	53
Tabel 4.7. Analisis Tinggi Jatuh Efektif dengan Q80 pada Model 2.....	54
Tabel 4.8. Analisis Daya dengan Q80 pada Model 2.....	56
Tabel 4.9. Hubungan Diameter Pipa Pesat dan Daya	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Beda Ketinggian (<i>Head</i>).....	6
Gambar 2.2. Model 1 PLTMH.....	7
Gambar 2.3. Model 2 PLTMH.....	7
Gambar 2.4. Pipa Pesat pada Model PLTMH	8
Gambar 2.5. Aliran <i>Steady</i> dan Seragam	23
Gambar 3.1. Peta Lokasi Kecamatan Banyudono	31
Gambar 3.2. Peta Lokasi PLTMH di Desa Dukuh	31
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian.....	35
Gambar 4.1. <i>Double Mass Analysis Curve</i> Data Hujan	36
Gambar 4.2. Sketsa Model 1 PLTMH.....	43
Gambar 4.3. Sketsa Model 2 PLTMH.....	50
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Diameter Pipa Pesat dengan Daya pada Model 1	58
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Diameter Pipa Pesat dengan Daya pada Model 2	60

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
	Faktor sambungan/percabangan	
A	Luas penampang aliran	m^2
D	Diameter pipa	m
E	Energi	kWh
e_a	Tekanan uap air aktual	kPa
e_s	Tekanan uap air jenuh	kPa
ET_0	Evapotranspirasi tanaman acuan	mm/hari
f	Koefisien gesek pipa	
	Berat jenis fluida	gr/cm^3
g	Percepatan gravitasi	m/s^2
	Efisiensi turbin	
Hbruto	Tinggi jatuh bruto	m
he	Kehilangan energi pada belokan pipa	m
Heff	Tinggi jatuh efektif	m
hf	Kehilangan energi pada pipa	m
Hlosses	Tinggi jatuh dari tekanan air yang hilang	m
i	Data ke...	
k	Kekasaran pipa	
L	Panjang ruas pipa	m
L_i	Jarak stasiun X dengan stasiun di sekitarnya	km
M	Massa	Kg
n	Jumlah data	
	Massa jenis	kg/m^3
P	Curah hujan bulanan	mm/bulan
P_i	Data hujan di stasiun sekitarnya pada periode yang sama	mm
P_o	Daya	kW
P_x	Hujan yang hilang di stasiun X	mm
P_1, P_2, \dots, P_n	Curah yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ...,n	mm
P_1, P_2	Tekanan pada titik 1,2	
Q	Laju aliran	m^3/s
Qand	Debit andalan	m^3/s
Re	Angka <i>Reynolds</i>	
T	Suhu udara rata-rata	°C
T	Waktu	Hari
~	Viskositas Kinematik	
v	Kecepatan aliran pipa	m/s
V	Volume	m^3
Z_1, Z_2	Perbedaan ketinggian antara titik 1, 2	m

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA	L.A.1
LAMPIRAN B ANALISIS DATA	L.B.1 – L.B.24
LAMPIRAN C SURAT KELENGKAPAN SKRIPSI.....	L.C