

**PERANCANGAN UNIT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO DI DESA GIRIMULYO KECAMATAN
NGARGOYOSO KABUPATEN KARANGANYAR**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar sarjana Teknik (S.T) pada program studi teknik mesin fakultas teknik Universitas Kristen Indonesia

Oleh :

LIONARDO
(1851050017)



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2022**

**PERANCANGAN UNIT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO DI DESA GIRIMULYO KECAMATAN
NGARGOYOSO KABUPATEN KARANGANYAR**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar sarjana
Teknik (S.T) pada program studi teknik mesin fakultas teknik Universitas Kristen
Indonesia

Oleh :

LIONARDO

(1851050017)



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2022**



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Dengan ini saya yang bertanda tangan :

Nama : Lionardo
NIM : 1851050017
Institusi/Perguruan : Universitas Kristen Indonesia
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul “Perancangan Unit Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Desa Girimulyo Kecamatan Ngargoyoso Kabupaten Karanganyar” adalah :

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 29 Juli 2022



Lionardo



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN UNIT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO DI DESA GIRIMULYO KECAMATAN
NGARGOYOSO KABUPATEN KARANGANYAR**

Oleh:

Nama : Lionardo
NIM : 1851050017
Program Studi : Teknik Mesin
Peminatan : Konversi Energi

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia.

Jakarta, 29 Juli 2022

Menyetujui:

Pembimbing I

(Ir. Rahmad Samosir, M.T)

Pembimbing II

(Ir. Kimar Turnip, M.T)

Ketua Program Studi Teknik Mesin

(Dikky Antonius, S.T., M.Sc.)

Dekan

(Ir. Galuh Widati, M.Sc.)



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada tanggal 29 juli 2022 telah diselenggarakan Sidang Tugas Akhir untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : Lionardo
NIM : 1851050017
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Unit Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di desa Girimulyo Kecamatan Nargoyoso Kabupaten Karanganyar” oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan	Tanda Tangan
1. Dikky Antonius, S.T., M.Sc.	Sebagai Ketua	(.....)
2. Ir. Rahmad Samosir, M.T	Sebagai Anggota	(.....)
3. Ir. Kimar Turnip, M.T	Sebagai Anggota	(.....)
4. Bantu Hotsan Manullang, ST., MT	Sebagai Anggota	(.....)
5. Ir. Budiarto, M.Sc	Sebagai Anggota	(.....)

Jakarta, 29 Juli 2022



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lionardo
NIM : 1851050017
Fakultas : Fakultas Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Tugas Akhir : Skripsi
Judul : “Perancangan Unit Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di desa Girimulyo Kecamatan Nargoyoso Kabupaten Karanganyar”

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Noneksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta
Pada Tanggal 29 Juli 2022
Yang menyatakan

Lionardo

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yesus atas berkat dan bimbingan-Nya yang selalu penulis rasakan sehingga dimampukan dalam mengerjakan penyusunan Tugas Akhir ini sampai selesainya dengan baik, dengan judul “Perancangan Unit Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro Di Desa Girimulyo Kecamatan Ngargoyoso Kabupaten Karanganyar”. Adapun penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh penulis untuk memperoleh gelar sarjana teknik, jurusan teknik mesin, fakultas teknik Universitas Kristen Indonesia.

Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang terkait sehingga penyusunan skripsi ini dapat terlaksana dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bantuan serta bimbingan yang penulis dapatkan selama ini dari berbagai pihak, yaitu kepada:

1. Bapak Ir. Rahmad Samosir, M.T Dosen pembimbing I dan Bapak Ir. Kimar Turnip, M.T selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Kepada bapak Ir. Setiawan dan Yayasan Kasih Bagi Negeri yang telah mendukung penulis untuk berkuliah dengan memberikan beasiswa kepada penulis.
3. Bapak Dikky Antonius S.T, M.Sc selaku ketua program studi teknik mesin Universitas Kristen Indonesia.
4. Bapak Ir. Budiarto, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik.
5. Ibu Medya Pane S.T., M.Sc. yang selama ini telah memberikan dukungannya baik dalam bentuk sharing dan perhatian kepada penulis selama mengerjakan Tugas Akhir dan Jurnal.
6. Bapak Dr. Dhaniswara K. Harjono, S.H., M.H., MBA, Rektor Universitas Kristen Indonesia
7. Ibu Ir. Galuh Widati, M.Sc., selaku dekan fakultas teknik Universitas Kristen Indonesia.

8. Para Dosen program studi teknik mesin Universitas Kristen Indonesia.
9. Seluruh staf dan administrasi Program Studi teknik mesin, fakultas teknik, Universitas Kristen Indonesia.
10. Kedua orang tua penulis yang tercinta bapak Matius Anoi dan Ibu Netty yang telah dengan tulus selalu memberikan dukungan kepada penulis baik dalam bentuk doa, finansial dan yang lainnya yang tidak mungkin dapat penulis ungkapkan dalam kesempatan ini.
11. Saudara-saudara penulis, Dewi kartika, S.Pd., Terpi Melyani, S.Pd., dan Masri Idani, S.Pd. yang telah mendukung penulis selama ini.
12. Kepada teman teman ku dari asrama YTH yaitu Billy, Berlianto dan Amos yang sudah bersama dalam menjalani kehidupan diasrama YTH UKI dan di perkuliahan.
13. Teman-teman angkatan 2018 teknik mesin UKI yang telah mendukung dan mendoakan selama penulis berkuliah dan terkhusus dalam pengerjaan Skripsi ini sehingga penulis selalu diberikan semangat dalam mengerjakannya.
14. Kepala Desa Girimulyo, Bapak Ponco yang telah mengajak dan memberikan kesempatan kepada kami untuk meneliti dan mengembangkan “pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro” di desa yang di pimpin nya.
15. Semua orang yang membantu penulis dalam proses perkuliahan dan penyusunan tugas akhir, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya.

Penulis menyadari terdapat berbagai kekurangan pada laporan tugas akhir ini dan jauh dari kata sempurna dikarenakan berbagai keterbatasan yang penulis miliki. Akhir kata, penulis mengucapkan dengan tulus terimakasih banyak, dan besar harapan laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR	iii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	iv
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR SIMBOL.....	xiv
ABSTRAK	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Jadwal Kegiatan	4
1.5. Metode Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II DASAR TEORI	6
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Air	7
2.3. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air	7
2.4. Keunggulan Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	8
2.5. Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	9
2.6. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	10
2.7. Keunggulan PLTMH.....	11
2.8. Klasifikasi Turbin Air	11
2.8.1. Turbin Impuls.....	11
2.8.2. Turbin Reaksi	11

2.9.	Macam-Macam Turbin Air.....	12
2.9.1.	Turbin Pelton.....	12
2.9.2.	Turbin Kaplan/Propeller.....	13
2.9.3.	Turbin Francis	14
2.9.4.	Turbin Turgo	15
2.9.5.	Turbin Crossflow	15
2.10.	Turbin Pelton.....	16
2.10.1.	Bagian Utama Turbin Pelton.....	16
2.10.2.	Ukuran Utama Turbin Pelton.....	18
2.10.3.	Cara Kerja Turbin Pelton	18
2.10.4.	Perancangan Pulley	19
2.10.5.	Perancangan Sabuk	22
2.10.6.	Perancangan Poros	28
2.10.7.	Perancangan Pasak.....	32
2.11.	Analisa Kecepatan Air Keluar Nozzle (V_n) Dan Kecepatan Sudu.....	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		36
3.1.	Metode Penelitian.....	36
3.2.	Jenis Penelitian	36
3.3.	Waktu dan Tempat Penelitian	36
3.4.	Diagram Alir Penelitian.....	37
3.5.	Metode Analisis Data	39
BAB IV PEMBAHASAN.....		40
4.1.	Pengumpulan Data	40
A.	Debit Air.....	40
B.	Tinggi Jatuh Air.....	42
4.2.	Perhitungan.....	43
4.2.1.	Perhitungan Daya Yang Di Hasilkan	43
4.2.2.	Merancang Nozel	46
4.2.3.	Diameter roda Impeller	48
4.3.	Perhitungan Sistem Transmisi.....	49
4.3.1.	Perhitungan Diameter Puli	49
4.4.	Perhitungan Sabuk Flat Belt.....	50
4.4.1.	Perhitungan Panjang Sabuk.....	51
4.4.2.	Perhitungan Sudut Kontak Sabuk	52

4.4.3.	Kecepatan Flat Belt Adalah	53
4.4.4.	Luas Penampang Belt Adalah	53
4.4.5.	Tarikan Maksimum Pada Sisi Tight Belt.....	54
4.4.6.	Massa Belt Per Panjang.....	54
4.4.7.	Tarikan Sentrifugal.....	54
4.4.8.	Tarikan Pada Sisi Tight Belt	55
4.4.9.	Tarikan Pada Sisi Slack Belt	55
4.4.10.	Kapasitas Daya Dari Flat Belt.....	56
4.5.	Perhitungan Perencanaan Poros	57
4.5.1.	Pemilihan Bahan Dan Poros Transmisi.....	57
4.5.2.	Data Perencanaan	58
4.5.3.	Daya Yang Direncanakan	58
4.5.4.	Momen Puntir	59
4.5.5.	Tegangan Geser.....	59
4.5.6.	Diameter Poros	60
4.5.7.	Diameter Pada Posisi Bantalan = 42 mm.....	60
4.5.8.	Faktor Konsentrasi Tegangan Pada Poros Bertangga	61
4.5.9.	Perbandingan Dan Pengecekan	62
4.6.	Perhitungan Pasak	62
4.6.1.	Tegangan Geser Yang Di Ijinkan.....	62
4.6.2.	Ukuran Pasak	64
4.6.3.	Gaya Tangensial Pasak	65
4.6.4.	Tegangan Geser Pasak	66
4.6.5.	Tegangan Permukaan Pasak.....	67
4.6.6.	Pemeriksaan Kelayakan Pasak.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN.....		74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi lapangan.....	3
Gambar 2.1 Skema PLTMH	10
Gambar 2.2 Turbin Pelton.....	13
Gambar 2.3 Turbin Kaplan	14
Gambar 2.4 Turbin Francis	14
Gambar 2.5 Turbin Turgo	15
Gambar 2.6 Turbin Crossflow.....	16
Gambar 2.7 Runner	17
Gambar 2.8 Pulley besi cor sabuk terbuka.....	20
Gambar 2.9 Pulley Sabuk V- Belt.....	21
Gambar 2.10 Sabuk terbuka (open belt drive)	22
Gambar 2.11 Transmisi Sabuk.....	23
Gambar 2.12 Jenis jenis Transmisi Sabuk	24
Gambar 2.13 Poros.....	29
Gambar 2.14 Gaya yang bekerja pada pasak	33
Gambar 2.15 Nosel.....	35
Gambar 3.1 Peta Lokasi penelitian	37
Gambar 3.2 Diagram alir penelitan.....	37
Gambar 3.3 Diagram alir perancangan	39
Gambar 4.1 Ukuran Sungai.....	40
Gambar 4.2 Ukuran diameter roda impeller	48
Gambar 4.3 Perhitungan panjang keliling sabuk	51
Gambar 4.4 Faktor konsentrasi tegangan α & faktor konsentrasi tegangan β	61
Gambar 4.5 Macam macam pasak	62
Gambar 4.6 Dimensi Pasak.....	65
Gambar 4.7 Gaya tangensial pasak	65
Gambar 4.8 Gaya geser pasak.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori PLTA berdasarkan hasil produksi.....	8
Tabel 2.2 Karakteristik Transmisi Sabuk.....	24
Tabel 2.3 Sifat mekanik baja digunakan untuk poros	30
Tabel 4.1 Data awal yang diperoleh.....	41
Tabel 4.2 Bahan Bahan Penolong	43
Tabel 4.3 Baja karbon untuk konstruksi mesin.....	57
Tabel 4.4 Ukuran pasak dan alur pasak	64



DAFTAR SIMBOL

P_T	:	Daya keluar turbin (kW)
P_D	:	Daya yang direncanakan (kW)
S_{f1}	:	Faktor keamanan (6,0)
S_{f2}	:	Faktor keamanan (2,0)
ρ	:	Masa jenis air (1000 kg/m ³)
Q	:	Debit air (m ³ /s)
H	:	Tinggi jatuh air (m)
H_{tot}	:	head total (m)
η_T	:	Efisiensi turbin (65%)
F_{c1}	:	faktor koreksi
T	:	Momen puntir (kg.mm)
T_α	:	Tegangan geser poros (kg/mm ²)
σ_B	:	Tegangan yang diijinkan (kg/mm ²)
K_t	:	Faktor koreksi tumbukan
C_b	:	Faktor lenturan
S_{fk1} dan S_{fk2}	:	faktor keamanan pasak
g	:	Percepatan gravitasi (9,81 m/s ²)
W_b	:	Beban bantalan (kg)
w	:	Beban persatuan panjang (kg/mm)
l_b	:	Panjang bantalan (mm)
P_b	:	Tekanan bantalan (kg/mm ²)
d_s	:	Diameter poros (mm)

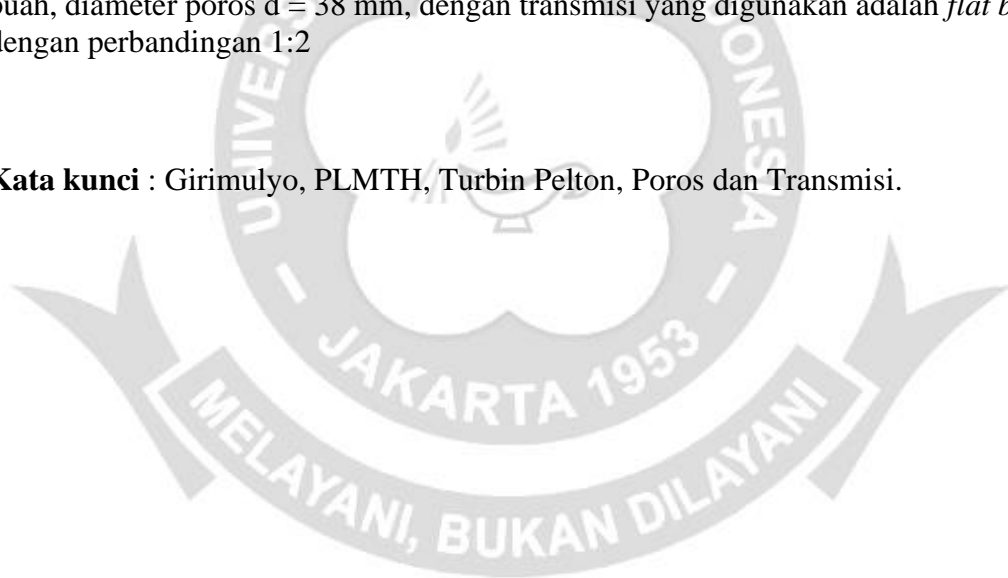
D_p	:	Diameter puli besar (m)
d_p	:	Diameter puli kecil (m)
N_1	:	Putaran turbin penggerak (rpm)
N_2	:	Putaran generator yang digerakan (rpm)
i	:	Perbandingan putaran puli (rpm)
x	:	Jarak antar pusat puli (m)
r_1	:	Jari-jari puli besar (m)
r_2	:	Jari-jari puli kecil (m)
α	:	Sudut kontak antara puli dan sabuk (derajat ⁰)
b	:	Lebar sabuk (mm ²)
t	:	Tebal sabuk (mm ²)
w	:	Massa Sabuk V (kg)
a	:	Luas pada sabuk (mm ²)
l	:	Panjang sabuk (m)
w	:	Massa sabuk satuan panjang (kg/c)
V^2	:	Kecepatan linier sabuk (m/s)
T_c	:	Tegangan sentrifugal (kg)
$T_{S_{max}}$:	Tegangan maksimum (kg/mm ²)
T	:	Torsi pada poros (N.m)
σ	:	Tegangan geser puntir (kg/mm ²)
F_t	:	Gaya tangensial (kg)
d_s	:	Diameter poros (m)
f_s	:	Tegangan geser pasak (kg/mm ²)
f_{s1}	:	Tegangan geser poros (kg/mm ²)

V_{opt}	:	Kecepatan optimum (m/s)
t_0	:	Ketebalan pipa (m)
P	:	Tekanan air (kgf/cm ²)
C	:	Koefisien nosel (0,98)
N	:	Jumlah pisau (bilah)
P_{el}	:	Daya listrik yang keluar (kW)
η_g	:	Efisiensi generator (%)
H_n	:	Tinggi jatuh efektif (m)
D_o	:	Diameter luar runner (m)
D	:	Diameter lingkaran tusuk (m)
h	:	Tinggi mangkuk (m)
N_g	:	Putaran mesin yang digerakan (rpm)
σ_B	:	kekuatan tarik bahan yang digunakan (kgf/cm ²)

ABSTRAK

Sumber energi air yang terbaharukan dari alam yang melimpah di berbagai daerah Indonesia menjadi dasar pemikiran untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggantikan kebutuhan listrik yang menggunakan sumber energi dari bahan bakar fosil. Sebelum melakukan proses perancangan unit pembangkit listrik tenaga mikrohidro, terlebih dahulu dilakukan studi potensi pada objek berupa air untuk mengetahui gambaran potensi secara umum. Di desa Girimulyo pembangkit listrik tenaga mikrohidro bukan hanya sebagai pembangkit listrik tetapi dipadukan dengan objek wisata air dan wisata edukasi untuk masyarakat setempat. Dari hasil survei dan pengamatan diperoleh debit air $Q = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$. dan tinggi jatuh air $H = 16,5 \text{ m}$. Berdasarkan ketinggian dan debit jatuh air yang telah diketahui, dipilih jenis turbin pelton mikrohidro sebagai pembangkit tenaga penggerak yang direncanakan. Hasil perhitungan diperoleh daya turbin adalah $20,162 \text{ kW}$. Berdasarkan beberapa data tersebut direncanakan dimensi utama turbin pelton Mikrohidro berdiameter roda $D = 448 \text{ mm}$, dengan jumlah nosel adalah 2 buah, diameter poros $d = 38 \text{ mm}$, dengan transmisi yang digunakan adalah *flat belt* dengan perbandingan 1:2

Kata kunci : Girimulyo, PLMTH, Turbin Pelton, Poros dan Transmisi.



ABSTRACT

Renewable water energy sources from nature which are abundant in various regions of Indonesia are the rationale for being used as a micro-hydro power plant to replace electricity needs that use energy sources from fossil fuels. Before carrying out the process of designing a micro hydro power plant unit, a potential study of the object in the form of water is first carried out to find out an overview of the potential in general. In Girmulyo village the micro-hydro power plant is not only used as a power plant but is combined with water tourism objects and educational tours for the local community. From the results of surveys and observations, it is obtained that the water discharge $Q = 0.2 \text{ m}^3/\text{s}$. and the height of the water fall $H = 16.5 \text{ m}$. Based on the known height and water fall discharge, the Pelton micro hydro turbine was chosen as the planned propulsion power plant. The calculation results obtained turbine power is 20,162 kW. Based on some of these data, it is planned that the main dimensions of the Pelton Microhydro turbine have a wheel diameter of $D = 448 \text{ mm}$, with 2 nozzles, shaft diameter $d = 38 \text{ mm}$, and the transmission used is Flat Belt with a ratio of 1:2.

Keywords: *Girmulyo, PLMTH, Pelton Turbine, Shaft and Transmission.*