

**PERANCANGAN PURWARUPA PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO BERBASIS  
TURBIN JENIS KAPLAN**

Tugas Akhir

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Ahli Madya Teknik



Diajukan oleh  
**RENDI KARISMA PUTRA**  
190103033

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI CILACAP  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI**

2022

## TUGAS AKHIR

PERANCANGAN PURWARUPA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA

PIKO HIDRO BERBASIS TURBIN JENIS KAPLAN

*THE PROTOTYPE DESIGN OF PICO HYDRO POWER PLANT*

*BASED ON KAPLAN TURBINE*

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**RENDI KARISMA PUTRA**


190103033

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada seminar Tugas Akhir tanggal 23 Agustus 2022  
Susunan Dewan Penguji


Pembimbing Utama

  
Bayu Aji Girawan, S.T., M.T.  
NIDN. 0625037902


Dewan Penguji I

  
Ipung Kurniawan, S.T., M.T.  
NIDN. 0607067895

Pembimbing Pendamping

  
Radhi Afrawan, S.T., M.Eng.  
NIDN. 0002069108

Dewan Penguji II

  
Joko Setia Pribadi, S.T., M.Eng.  
NIDN. 0602037702

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk mendapatkan gelar Ahli Madya Teknik

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
Joko Setia Pribadi, S.T., M.Eng.  
NIDN. 0602037702

## ABSTRAK

Pasokan energi listrik yang masih mengandalkan energi berbasis fosil menyebabkan ketersediaan fosil semakin menipis. pemanfaatan energi baru terbarukan sangat diperlukan, sebagai contoh membuat pembangkit listrik tenaga piko hidro. Tujuan pada tugas akhir ini adalah melakukan perancangan purwarupa PLTPH sebagai alat peraga yang kemudian dikonversikan dalam bentuk gambar kerja.

Metode yang digunakan dalam perancangan purwarupa PLTPH yaitu dengan melakukan pendekatan metode perancangan menurut VDI 2221. Perancangan meliputi pemilihan material serta perhitungan kekuatan kerangka, ukuran turbin Kaplan, puli dan sabuk, diameter poros turbin dan umur bantalan.

Hasil dari perancangan purwarupa PLTPH yaitu turbin kaplan memiliki 5 sudu dengan diameter total turbin sebesar  $\varnothing 58 \text{ mm}$  dan diameter *hub* adalah  $\varnothing 19 \text{ mm}$ , serta poros yang digunakan berukuran  $\varnothing 10 \text{ mm}$ . Material poros yang digunakan untuk membuat *hub* dan *turbine shaft* adalah S45C. Sedangkan material yang digunakan untuk membuat sudu turbin, *spiral casing* dan *guide vanes* adalah *stainless steel 430*

Kata kunci: Purwarupa, Perancangan, Peraga

## **ABSTRACT**

*The electricity supply still relying on fossil-based energy causes the availability of fossils to fade. Renewable energy use is urgently needed, for example pico hydro power plants. The purpose of this final task is to design the prototype of pico hydro power plant as a visual aid that was later included in the work picture.*

*The method used in the prototype design of pico hydro power plant is to approach the method of design according to VDI 2221. The design includes selection of materials as well as calculating frame strength, turbine Kaplan size, pulley and belt, the diameter of turbine shaft and the bearing age.*

*The result of the prototype design of pico hydro power plant, Kaplan turbine has five sudns with a total of 58 mm in diameter and the hub was 19 mm in diameter, and the shaft used was 10 mm in diameter. The material used to make the hub and turbine shaft are S45C. While the ones used to make the turbines blade, spiral casing and guide vanes are stainless steel 430.*

*Keyword: Prototype, Design, Demonstration*

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allah SWT. yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul:

### **“PERANCANGAN PURWARUPA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO BERBASIS TURBIN JENIS KAPLAN”**

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan sebagian syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik di Politeknik Negeri Cilacap.

Segala aspek yang berkaitan dengan kegiatan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Aris Tjahyanto, M. Kom selaku Direktur Politeknik Negeri Cilacap.
2. Bapak Joko Setia Pribadi, A.Md., S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap dan selaku Penguji II Tugas Akhir
3. Bapak Ipung Kurniawan, S.T., M.T. selaku Penguji I Tugas Akhir.
4. Bapak Bayu Aji Girawan, S.T., M.T selaku Pembimbing I Tugas Akhir.
5. Bapak Radhi Ariawan, S.T., M. Eng selaku Pembimbing II Tugas Akhir.
6. Seluruh Dosen dan Teknisi Program Studi Diploma III Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap.
7. Seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.

Penulis berharap dengan disusunnya laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya. Penulis menyadari laporan ini jauh dari kata sempurna, masih banyak kesalahan dan kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangatlah penulis harapkan bagi kemajuan dan perbaikan laporan ini.

Cilacap, 23 Agustus 2022

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya pada bagian naskah dan daftar pustaka Tugas Akhir ini.

Cilacap, 23 Agustus 2022

Penulis



Rendi Karisma Putra

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai mahasiswa Politeknik Negeri Cilacap yang bertanda tangan dibawah ini,  
saya:

Nama : Rendi Karisma Putra  
No. Mahasiswa : 190103033  
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin  
Jurusan : Teknik Mesin

Demi mengembangkan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Cilacap **Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusif Royalti Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“PERANCANGAN PURWARUPA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
PIKO HIDRO BERBASIS TURBIN JENIS KAPLAN”**

Beserta perangkat yang diperlukan (bila ada) dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini Politeknik Negeri Cilacap berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya dan menampilkan/mempublikasikan di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Cilacap, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Cilacap

Pada tanggal : 23 Agustus 2022

Yang menyatakan



(Rendi Karisma Putra)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Gambar teknik .....	8
2.2.2 <i>Computer aided design</i> (CAD).....	11
2.2.3 Metode perancangan menurut VDI 2221 .....	12
2.2.4 Puli dan sabuk .....	14
2.2.5 Poros.....	14
2.2.6 Bantalan.....	15



### **BAB III METODE PENYELESAIAN**

3.1	Alat dan Bahan .....	15
3.2	Metode Perancangan purwarupa PLTPH .....	15
3.2.1.	Identifikasi masalah .....	18
3.2.2.	Studi literature .....	18
3.2.3.	Menentukan daftar kebutuhan alat .....	18
3.2.4.	Pemilihan material .....	18
3.2.5.	Perhitungan part purwarupa PLTPH .....	18
3.2.6.	Menuangkan ide dalam gambar .....	28
3.2.7.	Pengecekan gambar .....	28
3.2.8.	Pembuatan gambar kerja .....	28
3.2.9.	Pelimpahan gambar kerja kepada lini produksi .....	28

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Menentukan Daftar Kebutuhan Alat .....	29
4.2	Pemilihan Material .....	30
4.3	Perhitungan Part Purwarupa PLTPH .....	31
4.3.1.	Mekanika teknik kerangka .....	31
4.3.2.	Diameter turbin .....	41
4.3.3.	Ukuran puli dan sabuk .....	44
4.3.4.	Diameter poros turbin .....	48
4.3.5.	Umur bantalan .....	54
4.4	Menuangkan ide dalam gambar .....	56
4.4.1.	Kerangka .....	56
4.4.2.	<i>Runner</i> .....	57
4.4.3.	<i>Guide Vanes</i> .....	57
4.4.4.	<i>Spiral Casing</i> .....	58
4.4.5.	<i>Penstock</i> .....	59
4.4.6.	Transmisi .....	60

4.5	Pengecekan gambar .....	60
4.5.1.	Kerangka .....	61
4.5.2.	Turbin kaplan .....	61
4.5.3.	<i>Guide vanes</i> .....	61
4.5.4.	<i>Spiral casing</i> .....	61
4.5.5.	<i>Penstock</i> .....	61
4.6	Pembuatan gambar kerja .....	61

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	62

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Desain konstruksi Turbin Kaplan.....	5
Gambar 2.2 Contoh gambar etiket dengan <i>bill of material</i> .....	8
Gambar 2.3 Jenis,tebal, dan penggunaan garis gambar .....	9
Gambar 2.4 Sumbu aksis gambar aksonometri.....	10
Gambar 2.5 Nilai kekasaran permukaan .....	11
Gambar 2.6 <i>Planes</i> pada <i>solidworks</i> .....	12
Gambar 2.7 Perancangan menurut VDI 2221 .....	13
Gambar 2.8 Puli dan Sabuk.....	14
Gambar 2.9 Poros.....	15
Gambar 2.10 Bantalan.....	15
Gambar 3.1 Diagram alir perancangan PLTPH .....	17
Gambar 4.1 Titik berat besi <i>hollow</i> .....	32
Gambar 4.2 Free body diagram dudukan bantalan 1 .....	33
Gambar 4.3 Free body diagram dudukan bantalan 2 .....	37
Gambar 4.4 Free body diagram poros turbin .....	50
Gambar 4.5 <i>Sub Assembly Kerangka</i> .....	56
Gambar 4.6 <i>Sub Assembly Runner</i> .....	57
Gambar 4.7 <i>Sub Assembly Guide Vanes</i> .....	57
Gambar 4.8 <i>Sub Assembly Spiral Casing</i> .....	58
Gambar 4.9 <i>Sub Assembly Penstock</i> .....	59
Gambar 4.10 <i>Sub Assembly Transmisi</i> .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Matrik tinjauan pustaka.....	6
Tabel 3.1 Perlengkapan yang Digunakan.....	15
Tabel 4.1 Daftar kebutuhan alat .....	29
Tabel 4.2 Varian material.....	30
Tabel 4.3 Material yang digunakan.....	31
Tabel 4.4 Luas penampang besi <i>hollow</i> .....	32
Tabel 4.5 Spesifikasi <i>timing belt</i> yang digunakan .....	46
Tabel 4.6 <i>Part list</i> kerangka .....	56
Tabel 4.7 <i>Part list runner</i> .....	57
Tabel 4.8 <i>Part list guide vanes</i> .....	58
Tabel 4.9 <i>Part list spiral casing</i> .....	58
Tabel 4.10 <i>Part list penstock</i> .....	59
Tabel 4.11 <i>Part list</i> transmisi .....	60

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup
- Lampiran 2 Tabel 1-35 (*Design Manual Timing Belt*, hal. 26)
- Lampiran 3 Tabel 1-95 (*Design Manual Timing Belt*, hal. 47)
- Lampiran 4 Tabel Jenis Turbin Air dan Kisaran Kecepatan (Luknanto, D, hal. 1-7)
- Lampiran 5 Tabel Spesifikasi Bantalan (Sularso, hal.143)
- Lampiran 6 Tabel Rekomendasi nilai  $K_m$  dan  $K_t$  (*Machine Design*, hal. 531)
- Lampiran 7 *Assembly Purwarupa PLTPH*
- Lampiran 8 Kerangka
- Lampiran 9 *Runner*
- Lampiran 10 *Guide Vanes*
- Lampiran 11 *Spiral Casing*
- Lampiran 12 *Penstock*
- Lampiran 13 Transmisi

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

$A$	: Luas penampang ( $mm^2$ )
$C$	: Jarak titik berat penampang dari bawah ( $mm$ )
$\Sigma A$	: Luas penampang total ( $mm^2$ )
$\Sigma Ay$	: Jumlah luas penampang $\times$ Jarak sumbu “y” ( $mm^2$ )
$R_V$	: Reaksi vertikal ( $N$ )
$F$	: Gaya ( $N$ )
$M$	: Momen lentur ( $Nmm$ )
$I$	: Momen inersia ( $Nmm$ )
$b$	: Lebar penampang ( $mm$ )
$h$	: Tinggi penampang ( $mm$ )
$\sigma_{ijin}$	: Tegangan lentur yang diijinkan ( $N/mm^2$ )
$\sigma_{beban}$	: Tegangan lentur yang diakibatkan beban ( $N/mm^2$ )
$Sf_2$	: Faktor keamanan menurut beban yang dikenakan (tanpa satuan)
$Q$	: Debit air ( <i>liter/menit</i> )
$H$	: Tinggi jatuh air ( $m$ )
$g$	: Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
$\rho$	: Massa jenis air ( $kg/m^3$ )
$n$	: Kecepatan rotasi per menit ( <i>rpm</i> )
$n_s$	: Kecepatan spesifik turbin kaplan ( <i>rpm</i> )
$De$	: Diameter luar roda turbin kaplan ( $m$ )
$T$	: Torsi ( $Nm$ )
$Z$	: Jumlah sudu turbin kaplan (tanpa satuan)
$PD$	: <i>Pitch diameter</i> ( $mm$ )
$LP$	: Panjang sabuk aktual ( $mm$ )
$C$	: Jarak antar sumbu poros aktual ( $mm$ )
$\delta$	: Defleksi sabuk ( $mm$ )

- $L_s$  : *Span length (mm)*  
 $T\delta$  : Tekanan pada defleksi sabuk ( $N$ )  
 $\omega$  : Kecepatan sudut ( $rad/s$ )  
 $P$  : *Power (Watt)*  
 $T_e$  : Torsi ekuivalen ( $Nmm$ )  
 $M_e$  : Momen ekuivalen ( $Nmm$ )  
 $K_M$  : Faktor kombinasi kejut dan fatik untuk bending momen (tanpa satuan)  
 $K_t$  : Faktor kombinasi dan fatik untuk torsi (tanpa satuan)  
 $\tau_a$  : Tegangan geser ijin ( $N/mm^2$ )  
 $\sigma_a$  : Tegangan tarik ijin ( $N/mm^2$ )  
 $\sigma_u$  : *Ultimate tensile stress (kg/mm<sup>2</sup>)*  
 $d_t$  : Diameter poros berdasarkan torsi ekuivalen ( $mm$ )  
 $d_M$  : Diameter poros berdasarkan momen ekuivalen ( $mm$ )  
 $C$  : Beban nominal dinamis spesifik bantalan ( $kg$ )  
 $P$  : Beban ekuivalen dinamis bantalan ( $kg$ )  
 $F_r$  : Beban radial pada bantalan ( $kg$ )  
 $F_a$  : Beban aksial pada bantalan ( $kg$ )  
 $F_n$  : Faktor kecepatan bantalan (tanpa satuan)  
 $F_h$  : Faktor umur bantalan (tanpa satuan)  
 $L_h$  : Umur bantalan (Putaran)