

PERBAIKAN DAN MODIFIKASI TURBIN AIR PELTON DENGAN MENGGUNAKAN GENERATOR DC UNTUK ALAT PRAKTIKUM DI LABORATORIUM

Repair And Modification Of Pelton Water Turbines By Using DC Generator At The Mechanical Engineering Laboratory

ABDULLAH FAHRIS FAZIN ¹⁾, AMIRAL AZIZ ^{1,2)} dan PAUL DAVID REY¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Mesin Universitas Islam Assyafiiyah Jakarta

²⁾Balai Besar Teknologi Konversi Energi BPPT

Email : Fahris.bhojonk22@gmail.com

ABSTRACT

*At the level of education the completeness of facilities and infrastructure is one that determines the learning process in lectures. To compare the theory with the test results needed a pelton water turbine trainer props whose output generates a load in the form of **electricity**. After the pump has turned the water through, use setting nozzle with a maximum pressure 1,4 bar to produce **water discharge** 0,000167 m³/s at opening of nozzle variation producing water power 23,2 Watt. With **turbine** power 5,7 Watt. and efficiency 24%. Engineering transmission using **pulley and v-belt** with a diameter n_1 100 mm and n_2 60 mm belt length 30,5 inch with the distance between pulleys 260 mm to produce **rotation** on the **turbine** to the **generator**. Maximum **turbine rotation** n_1 with the **water discharge** is 4340 Rpm. By using a Dc type **generator**, after testing with the **rotation** without a load produces the highest **electrical** voltage 27,4 V. next test given the load of lamp produces **rotation** n_1 1780 Rpm with **electric** power maximum 4,7 Watt at the maximum nozzle opening. Efficiency generator 21%. The blade used 19 pieces. With jet transmit speed 16,34 m/s. The result is that the discharge and pressure on the water affect the output power of the turbine. The greater pressure and discharge that come out, the greater power and rotation produced. And the electric generated is also large.*

Keywords: Water discharge, Rotation, Pulley & V-belt, Turbine & Generator, Electricity

ABSTRAK

Pada tingkat pendidikan kelengkapan sarana dan prasarana adalah salah satu yang menentukan dalam proses pembelajaran pada perkuliahan. Untuk membandingkan hasil teori dengan hasil uji dibutuhkan alat peraga **turbin** air pelton. Turbin air pelton digunakan untuk menghasilkan beban berupa **listrik**. Setelah pompa berputar menyalurkan air, digunakan pengaturan nosel dengan tekanan maksimal 1,4 Bar menghasilkan **debit air** 0,000167 m³/s pada bukaan variasi nosel menghasilkan daya air 23,2 Watt. Dengan daya mekanis **turbin** adalah 5,7 Watt. Dan efisiensi mekanis turbin 24%. Rekayasa transmisi menggunakan **puli dan v-belt** dengan diameter n_1 100 mm dan n_2 60 mm panjang belt 30,5 in dengan jarak antara puli 260 mm untuk menghasilkan **putaran** pada **turbin** ke **generator**. **Putaran turbin** n_1 maksimal dengan debit tersebut adalah 4340 Rpm. Dengan menggunakan **generator** tipe Dc, Setelah dilakukan pengujian dengan **putaran** tersebut tanpa beban menghasilkan voltase **listrik** tertinggi 27,4 V. Pengujian selanjutnya diberikan beban lampu menghasilkan **putaran** n_1 1780 Rpm dengan Daya **generator** tertinggi 4,9 Watt pada bukaan nosel maksimal. Efisiensi generator 21%. Sudu yang digunakan sebanyak 19 buah. Dan dengan kecepatan pancar 16,34 m/s. Kesimpulannya adalah debit dan tekanan pada air mempengaruhi daya keluaran dari turbin. Semakin besar tekanan dan debit yang keluar maka semakin besar pula daya dan putaran yang dihasilkan. Dan listrik yang dihasilkan juga ikut besar.

Kata Kunci : Debit air, Putaran, Puli & V-belt, Turbin & Generator, Listrik

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di Indonesia terdapat banyak kawasan yang berpotensi menjadi sumber energi tenaga air, dan daerah tersebut tersebar di seluruh kepulauan Indonesia. Pembangkit Listrik

Tenaga Air menggunakan Turbin dengan penggerak mula air sebagai alat untuk mengkonversi energi potensial air menjadi energi mekanik untuk memutar generator lalu menjadi energi listrik.⁽³⁾

Pada tingkat pendidikan kelengkapan sarana dan prasarana adalah salah satu yang menentukan dalam proses pembelajaran pada perkuliahan. Untuk membandingkan hasil uji dengan teori dibutuhkan alat peraga yang outputnya menghasilkan beban berupa listrik. Oleh karena itu penulis memilih untuk memperbaiki dan memodifikasi alat praktek pada Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Asy-Syafiiyah yang sudah lama tidak terpakai dan kondisinya rusak. Yaitu alat peraga turbin air pelton. Pada observasi langsung melihat kondisi alat, penulis menemukan permasalahan yaitu pompa sebagai penghasil air penggerak mula untuk menggerakkan sudu mengalami macet yaitu tidak dapat diputar, lalu pada kondisi itu penulis merekondisinya dan diketahuilah bahwa sil pada porosnya sudah berkarat dan bocor saat dilakukan pengetesan. Setelah pompa dapat berputar menyalurkan air penulis mendapati permasalahan pada pengatur nosel yang hanya diputar untuk menghasilkan variasi debit itu bocor, maka penulis memperbaikinya dengan lem. Nantinya katup akan digunakan untuk memvariasi debit air yang dihasilkan. Lalu setelah itu penulis mencoba menguji putaran sudu yg dihasilkan oleh debit air yang dihasilkan pompa lalu didapati rpm yang hanya sekitar 1750 rpm, maka untuk menambahkan kecepatan putaran poros untuk memutar generator penulis akan melakukan penambahan rekayasa pulli tujuannya untuk menaikkan putaran poros agar didapatkan hasil putaran pada generator yg besar untuk menghasilkan listrik yang maksimal.

1.2. Perumusan Masalah

Pada observasi langsung melihat kondisi alat, penulis menemukan permasalahan yaitu pompa sebagai penghasil air penggerak mula untuk menggerakkan sudu mengalami macet yaitu tidak dapat diputar, lalu pada kondisi itu penulis merekondisinya dan diketahuilah bahwa sil pada porosnya sudah berkarat dan bocor saat dilakukan pengetesan. Setelah pompa dapat berputar menyalurkan air penulis mendapati permasalahan pada pengatur nosel yang hanya diputar untuk menghasilkan variasi debit itu bocor, maka penulis memperbaikinya dengan lem. Nantinya katup akan digunakan untuk memvariasi debit air yang dihasilkan. Lalu setelah itu penulis mencoba menguji putaran sudu yg dihasilkan oleh debit air yang dihasilkan pompa lalu didapati putaran maksimal 905 Rpm, maka untuk menambahkan kecepatan putaran poros untuk memutar generator penulis akan melakukan penambahan rekayasa pulli tujuannya untuk menaikkan putaran poros agar didapatkan hasil putaran pada generator yang besar untuk menghasilkan listrik yang maksimal. Karna pada pembuatan alat sebelumnya pulli

yang digunakan hanya untuk mencari daya pengereman yang diberi beban sesuai pengujian.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah adalah:

1. Memodifikasi sambungan pipa dan bukaan keran.
2. Menambahkan komponen transmisi puli, belt dan generator pada turbin.
3. Memodifikasi turbin dari energi mekanik putaran menjadi energi listrik.
4. Mengetahui hasil listrik yang diputar turbin.

1.4. Tujuan

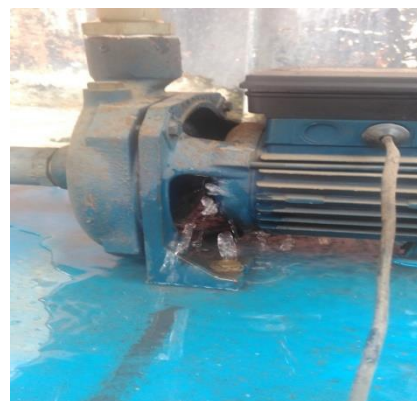
Tujuan yang hendak dicapai adalah :

1. Memodifikasi puli penggerak utama untuk mengetahui putaran yang dihasilkan (penggerak dengan yang digerakkan).
2. Mengetahui voltase yang dihasilkan generator dari putaran turbin.
3. Mengetahui besar daya listrik yang dihasilkan generator dari putaran turbin air pelton dengan variasi debit air terhadap hasil listrik generator.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Deskripsi Objek Studi Alat Praktikum Turbin Air Pelton

Gambar 1 memperlihatkan kondisi alat praktikum turbin air pelton sebelum dilakukan perbaikan dan modifikasi. Dimana pompa sebagai penggerak untuk mengalirkan air mengarah pada blade turbin mengalami kebocoran sehingga tekanan dan aliran yang mengarah ke turbin kurang maksimal. Dilakukan penggantian seal poros pompa agar kebocoran dapat teratasi..



Gambar 1. Kebocoran Seal Pompa.

Gambar 2 memperlihatkan modifikasi yang dilakukan dengan menambahkan instrumen serta komponen lainnya seperti generator, puli dan belt. Alat ukur multimeter dan tachometer.



Gambar 1. Penambahan Komponen Dan Modifikasi

Dan pada gambar 3 merupakan gambar turbin air pelton yang sudah selesai perbaikan dan modifikasi



Gambar 2 Alat Turbin Air Pelton Di Laboratorium

Pada objek studi dilakukan perbaikan perbaikan agar alat praktikum bisa bekerja dengan baik dimana ketika dilakukan pengetesan awal rpm yang dihasilkan hanya 908 rpm.

2.2 Parameter Kinerja Alat Praktikum Turbin Air Pelton

2.2.1 Menentukan Head Turbin

Untuk menentukan head turbin dengan beberapa variasi bukaan nosel yang diatur maka menggunakan rumus :

$$h = \frac{p}{\rho \cdot g} \text{ (m/s}^2\text{)} \dots (1)$$

Dimana :

p = Tekanan terukur pada pressure gauge (N/m²)

ρ = kerapatan fluida (kg/m³)

g = gravitasi (m/s²)

2.2.2 Kecepatan Pancar Air

Kecepatan Mutlak jet atau semburan bisa didapati dengan rumus sebagai berikut :

$$v = \varphi \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \dots (2)$$

dimana :

v = Kecepatan pancar (m/s)

φ = koefisien kecepatan = 0,98 ⁽¹⁴⁾

g = gravitasi (m/s²)

h = Head Turbin (m)

2.2.3 Menghitung Daya Air Pada Turbin

Setelah mendapatkan perhitungan kecepatan pancar dan head turbin maka untuk mencari daya air hanya digunakan head turbin saja. Untuk perhitungannya menggunakan rumus sebagai berikut...⁽³⁾ :

$$P_{\text{air}} = \gamma \cdot Q \cdot H$$

$$P_{\text{air}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots (3)$$

Dimana :

P_{air} = Daya air (Watt)

γ = Berat spesifik fluida (N/m³)

$$= \rho \cdot g$$

ρ = Kerapatan fluida (kg/m³)

g = gravitasi (m/s²)

H = Head turbin

Q = Kapasitas aliran (m³/s)

2.2.4 Menentukan Belt Yang Sesuai

Untuk menentukan belt yang dipakai agar sesuai dengan puli yang digunakan maka dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Panjang Belt

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1)$$

$$+ \frac{1}{4C}(D_1 - D_2)^2 \dots (4)$$

Keterangan :

C = Jarak antar Puli (mm)

D₁ = Diameter Puli Penggerak (mm)

D₂ = Diameter Puli Yang Digerakkan (mm)

2.2.5 Daya Mekanis Poros Turbin

Untuk menghitung daya mekanis poros turbin menggunakan perbandingan pada sistem transmisi puli dan belt maka perhitungannya menjadi :

$$1. v = \frac{\pi D_1 n}{60}$$

2. sudut kontak

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(D_1 - D_2)}{260}$$

$$3. 2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta$$

dimana :

T₁ = 1,02 Kg = 1,02 N diambil dari beban maksimum A (ref.8 hal. 175 tabel 5.9)

μ = harga tambahan karna perbandingan putaran 0,24

- θ = sudut kontak
4. $\frac{T_1}{T_2} = 2,049$ (diambil dari anti log) (ref.10 hal. 668)
 5. $T_2 = \frac{T_1}{2,049} = N$

Jadi, Daya Mekanis Turbin didapat:

$$P_m = (T_1 - T_2) v \dots\dots(5)$$

Dimana :

- P_m = Daya mekanis belt (Watt)
- $T_1 - T_2$ = gaya *tension Belt* (N)
- v = kecepatan putar belt (m/s)

2.2.6 Efisiensi Mekanis Turbin

Dalam menentukan efisiensi mekanis turbin (η_m) diambil dari daya mekanis turbin dibagi dengan daya air

$$\eta_m = \frac{\text{Daya mekanis Turbin}}{\text{Daya air}} \dots\dots(6)$$

2.2.7 Daya Generator

Daya Generator didapat:

$$P_G = V \times I \cos \varphi \dots\dots(7)$$

Dimana :

- P_G = Daya generator
- V = Tegangan generator
- I = arus
- φ = Faktor daya 0,7 dari spesifikasi lampu.

2.2.8 Efisiensi Generator

Dalam menentukan efisiensi Generator (η_G) diambil dari daya generator dibagi dengan daya air

$$\eta_G = \frac{\text{Daya Generator}}{\text{Daya air}} \dots\dots(8)$$

2.3 Metodologi

Alat ukur yang digunakan adalah pressure gauge, flow meter, Voltmeter dan amperemeter, Tachometer.

2.3.1 Pressure Gauge

Alat ini digunakan untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh aliran air pada sisi keluar pipa tekan menuju nosel yang diatur oleh jarum nosel. Satuan tekanan berupa Bar. Angka tekanan pada posisi awal menunjukkan 2 bar. Ini disebut dengan tekanan awal p_1 . Lalu untuk mendapatkan data setelah nosel dibuka dan diatur keluaran airnya pressure akan turun, nah ini lah disebut p_2 . Lalu catat tekanan nya dan kurangi dengan pressure awal.



Gambar 3 Pressure Gauge

2.3.2 Flow Meter

Alat ini digunakan untuk mengukur debit air yang dihasilkan oleh aliran air pada sisi keluar pipa tekan satuan menggunakan lpm/ liter per menit.



Gambar 4 Flowmeter

2.3.3 Voltmeter

Alat ini digunakan untuk mengukur voltase dari generator. Menggunakan satuan Volt.



Gambar 5 Flowmeter

2.3.4 Amperemeter

Alat ini digunakan untuk mengukur arus listrik dari generator. Menggunakan satuan Ampere. Pengkalibrasian membaca dikalikan dengan 10.



Gambar 6 Ampere Meter

2.3.5 Tachometer

Alat ini digunakan untuk mengukur putaran dari poros turbin. Menggunakan sensor proximity dan sensor magnet sebagai pembaca putaran. Satuan yang digunakan adalah Rpm.



Gambar 7 Tachometer Digital

2.4 Metode Pengumpulan Data.

Pengumpulan data berdasarkan observasi langsung dengan menguji alat praktikum. Dengan mencatat angka angka yang ditunjukkan oleh alat ukur.

Berikut adalah data hasil pengujian dengan menggunakan lampu led 5 Watt.

Dari data data yang diperlihatkan pada Tabel 1 dapat dihitung untuk menganalisa kinerja dari alat praktikum turbin air pelton adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Pengambilan Data Pengujian Beban Led 5 Watt

Bukaan nosel	Angka Flow meter / Q (LPM)	Pressure gauge (Bar)*	Tacho meter (Rpm)	Voltm eter (Volt)	Ampere Meter (A)**
1	7	0.4	1024	2.9	0.05 x 10
2	8	0.5	1229	3.2	0.07 x 10
3	9	0.6	1350	3.3	0.09 x 10
4	9.5	1	1676	3.6	0.14 x 10
5	10	1.4	1780	3.7	0.15 x 10

Dari data data yang diperlihatkan pada Tabel 1 dapat dihitung untuk menganalisa kinerja dari alat praktikum turbin air pelton adalah sebagai berikut:

3. Menghitung Head Turbin

3.1 Menghitung Head Turbin

Dengan mengacu pada data pengujian maka
 p = Tekanan terukur pada pressure gauge (N/m^2) = 1,4 bar = 14×10^5 (N/m^2)
 ρ = kerapatan fluida (kg/m^3)
 g = gravitasi (m/sec^2)
 dengan demikian :

$$h = \frac{1,4 \times 10^5 \text{ N/m}^2}{1000 \frac{kg}{m^3} \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 14,2 \text{ m}$$

3.2 Menghitung kecepatan pancar air

$$v = 0,98 \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v = 0,98 \sqrt{2 \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times 14,2 \text{ m}}$$

$$v = 0,98 \times 16,68 \text{ m/s}$$

$$v = 16,34 \text{ m/s}$$

3.3 Menghitung Daya Air Pada Turbin

$$P_{\text{air}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$= 1000 \frac{kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times 0,000167 \frac{m^3}{s} \times 14,2 \text{ m}$$

$$P_{\text{air}} = 23,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3 = 23,2 \text{ Watt}$$

Dari beberapa percobaan didapati hasil dari daya air dan Head turbin dan debit sebagai berikut :

Table 2 Head Turbin Dan Daya Air

Q (m ³ /s)	Head Turbin (m)	Daya Air (Watt)
0.000116	4.0	6.5
0.000133	5.1	8.3
0.000150	6.1	9.9
0.000158	10.2	15.7
0.000167	14.2	23.2

3.4 Menghitung belt

Diketahui :

- Puli penggerak (D_1) = 10 cm = 100 mm
- Puli yang digerakkan (D_2) = 6 cm = 60 mm
- Jarak antar puli (c) = 26 cm = 260 mm
- Belt yang digunakan tipe V.

Panjang belt

$$L = 2 \times 260 + \frac{\pi}{2}(60 + 100) + \frac{1}{4 \times 260} (100 - 60)^2$$

$$L = 520 + 251,2 + 1,5$$

$$L = 772,7 \text{ mm} = 30,5 \text{ in}$$

3.5 Menghitung Daya Mekanis Poros Turbin

Untuk menghitung daya mekanis poros turbin menggunakan perbandingan pada sistem transmisi puli dan belt maka perhitungannya menjadi :

$$1. v = \frac{\pi D_1 n}{60} = \frac{3,14 \times 100 \times 1780}{60 \times 1000} = 9,31 \text{ m/s}$$

2. sudut kontak

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(100-60)}{260} = 180^\circ - 171^\circ 24' = 2,987 \text{ rad}$$

$$3. 2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta$$

dimana : $T_1 = 1,02 \text{ Kg} = 1,02 \text{ N}$ diambil dari beban maksimum A

(Sularso hal. 175 tabel 5.9)

μ = harga tambahan karna perbandingan putaran 0,24

θ = sudut kontak

$$\text{Maka : } 2,3 \log \frac{1,02}{T_2} = 0,24 \times 2,987$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,24 \times 2,987}{2,3} = 0,3116$$

$$4. \frac{T_1}{T_2} = 2,049 \text{ (diambil dari anti log 0,3116)}$$

(Khurmi hal. 668)

$$5. T_2 = \frac{T_1}{2,049} = \frac{1,02}{2,049} = 0,4 \text{ N}$$

Jadi, Daya Mekanis Turbin didapat:

Maka dengan memakai rumus tersebut jika diambil perhitungan tertinggi untuk menguraikan perhitungan mencari daya mekanis adalah sebagai berikut :

$$P_m = (T_1 - T_2) v$$

$$P_m = (1,02 \text{ N} - 0,4 \text{ N}) \times 9,31 \text{ m/s}$$

$$P_m = 5,7 \text{ Watt}$$

3.6 Menghitung Efisiensi Mekanis Poros Turbin

Dalam menentukan efisiensi mekanis turbin (η_m) diambil dari daya mekanis turbin dibagi dengan daya air

$$\eta_m = \frac{\text{Daya mekanis Turbin}}{\text{Daya air}}$$

$$\eta_m = \frac{5,7 \text{ Watt}}{23,2 \text{ Watt}}$$

$$\eta_m = 0,24 = 24\%$$

3.7 Menghitung Daya Generator

Daya Generator yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$P_G = 3,7 \times 1,5 \times \cos 0,7$$

$$P_G = 3,7 \times 1,5 \times 0,9 = 4,9 \text{ Watt}$$

3.8 Menghitung Efisiensi Generator

Dalam menentukan efisiensi Generator (η_G) diambil dari daya generator dibagi dengan daya air

$$\eta_G = \frac{\text{Daya Generator}}{\text{Daya air}}$$

$$\eta_G = \frac{4,9 \text{ Watt}}{23,2 \text{ Watt}}$$

$$\eta_G = 0,21 = 21 \%$$

Dari hasil pengujian didapatkan beberapa daya dan efisiensi yaitu, daya air (P_{air}), daya mekanis turbin (P_m), dan daya generator (P_G), serta efisiensi mekanis turbin, dan efisiensi generator yang penulis kumpulkan dalam satu tabel berikut :

Table 3	Presure (bar)	Daya Air (P_{air} (Watt))	Daya Mekanis Turbin/ P_m (Watt)	Efisiensi Mekanis Turbin/ η_m (Watt)	Daya Generator/ P_G (Watt)	Efisiensi Generator/ η_G (Watt)
0.0001	0.4	6.5	3.3	14 %	1.3	5 %
0.0001	0.5	8.3	3.9	16 %	2.0	8 %
0.0001	0.6	9.9	4.3	18 %	2.6	11 %
0.0001	1	15.7	5.4	23 %	4.5	19 %
0.0001	1.4	23.2	5.7	24 %	4.9	21 %

Kesimpulan

Berdasarkan ringkasan analisa diatas maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada Tekanan terukur pada *pressure gauge* (p) terendah adalah 0,4 bar menghasilkan kecepatan putar (n_1) 1024 Rpm dan yang tertinggi adalah 1,4 bar menghasilkan kecepatan putar (n_1) 1780 Rpm . Maka semakin besar tekanan semakin besar juga putaran yang dihasilkan.

2. Tekanan mempengaruhi debit yang dikeluarkan semakin besar tekanan maka debit air yang keluar juga besar. Sehingga putaran yang dihasilkan besar.
3. Daya air (P_{air}) pada turbin adalah 23.2 Watt. Daya mekanis turbin (P_m) adalah 5,7 Watt dengan efisiensi 0,24 atau 24 %. Daya generator (P_G) 4,9 Watt Dengan efisiensi generator 0,21 atau 21 % .

DAFTAR PUSTAKA

1. Agu Adityo Gesa Putra. (2009). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro Menggunakan Turbin Pelton. Tugas Akhir Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
2. Catatankecilanaknegri.Blogspot.Com/2015/03/Turbin-Air.Html?M=1.
3. Haryadi Alamsyah. (2004). Kinerja Turbin Air Pelton Mikro Untuk Alat Uji Laboratorium. Skripsi Teknik Mesin Universitas Islam Assyafiiyah. Jakarta.
4. <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Nosel>.
5. Irsan Abdurahmansyah, H. Usman A. Gani, Muhammad Ivanto. (2019). Jurnal Ilmiah Rancang Bangun Prototipe Instalasi PLTMH Untuk Mengetahui Kerja Alternator Dengan Variasi Debit Aliran Pada Pengaturan Katup Terhadap Output Daya. Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Pontianak.
6. Sularso, Dan Haruo Tahara. (2000). Pompa Dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian, Dan Pemeliharaan. Penerbit :Pradnya Paramita. Jakarta.
7. Sularso, Dan Kiyokatsu Suga. (1997). Dasar Perencanaan, Dan Pemilihan, Elemen Mesin. Penerbit : Pradnya Paramita. Jakarta.
8. Puji Setiono. (2006). Pemanfaatan Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga
9. R.S. Khurmi, J.K. Gupta. (1982). A Text Book of Machine Design. Eurasia Publishing House (pvt.) LTD Ram nagar, New Delhi.
10. Syukri, Himran. (2017). Turbin Air Teori Dan Dasar Perencanaan. Penerbit : ANDI. Yogyakarta.
11. Yohanes Eka Arif Widayaka (2009). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro Menggunakan Turbin Pelton Dengan Jumlah Sudu 16 Dan 18 Buah. Tugas Akhir Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
12. Yon Rijono. Drs (1997). Dasar Teknik Tenaga Listrik Edisi Revisi. Penerbit : ANDI. Yogyakarta.
13. Viktor L. Streeter, E. Benjamin Wylie, Arko Prijono. (1996). Mekanika Fluida Edisi 8 Jild 1. Penerbit : Erlangga. Jakarta.