

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro

Niko Siburian ^{*1)}, Winfrontstein Naibaho ^{*2)}, Tambos Sianturi ^{*3)}

^{*1, 2, 3)} Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Pematangsiantar

Email:winnaiabaho@gmail.com

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Air merupakan sumber energi listrik bagi masyarakat yang memberikan banyak keuntungan terutama bagi masyarakat pedalaman di seluruh Indonesia. permasalahan yang berkaitan dengan listrik untuk memberikan hasil yang diperoleh dari Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) sebagai penerang yang berskala kecil untuk kebutuhan tertentu, antara lain yaitu bagaimana simulasi perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico hidro (PLTPH) untuk menghasilkan listrik berskala kecil, serta bagaimana menganalisa Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) dirancang untuk menghasilkan energi listrik berskala kecil, dan menganalisa daya listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) dalam skala kecil. Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. metode eksperimen digunakan meliputi persiapan dan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Air Pico Hidro (PLTAPH). Daya yang dihasilkan oleh generator pada alat yang dirancang ini sangat dipengaruhi oleh intensitas debit air, di mana hasil maksimum diperoleh ketika keran air dibuka full maka dapat debit air 1,25 liter per detik Rancangan pembangkit listrik tenaga pico hidro sukses berhasil dan berjalan dengan baik hanya saja arus yang dihasilkan masih sangat kecil dan kurang efisien digunakan di rumah-rumah penduduk yang kekurangan pencahayaan dikarenakan putaran turbin ke poros generator kurang cepat sehingga daya listrik yang dihasilkan sangat rendah.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Air, simulasi, persiapan dan perancangan, intensitas debit air

Abstract

Hydroelectric power plants are a source of electrical energy for society which provides many benefits, especially for inland communities throughout Indonesia. problems related to electricity to provide results obtained from the Pico Hydro Power Plant (PLTPH) as small-scale lighting for certain needs, including how to simulate the design of the Pico Hydro Power Plant (PLTPH) to produce small-scale electricity, and how analyzing the Pico Hydro Power Plant (PLTPH) to produce electrical energy. The Pico Hydro Power Plant (PLTPH) is designed to produce small-scale electrical energy, and analyzes the electrical power produced by the Pico Hydro Power Plant (PLTPH) on a small scale. Pico Hydro Power Plant (PLTPH) is the term used for power plant installations that use water energy. The experimental method used includes preparation and design of the Pico Hydro Hydroelectric Power Plant (PLTAPH). The power produced by the generator in this designed device is greatly influenced by the intensity of the water discharge, where maximum results are obtained when the water tap is fully opened so you can get a water discharge of 1.25 liters per second. The design of the pico hydro power plant was successful and It works well, but the current produced is still very small and less efficient to use in people's homes which lack lighting because the turbine rotates to the generator shaft not fast enough so the electrical power produced is very low.

Keywords: *Hydroelectric Power Plants, simulation, preparation and design, water discharge intensity.*

Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Air merupakan sumber energi listrik bagi masyarakat yang memberikan banyak keuntungan terutama bagi masyarakat pedalaman di seluruh Indonesia. Kebutuhan listrik sekarang ini akan terus meningkat seiring dengan membaiknya kondisi perekonomian, penambahan jumlah penduduk, dan peningkatan pembangunan. Infrastruktur ini merupakan salah satu prasyarat utama yang harus dibangun seiring dengan pembangunan itu sendiri. Keterbatasan jumlah pembangkit ternyata tidak dapat mengimbangi pertumbuhan industri maupun tingkat sosial ekonomi masyarakat.

Pembangunan tenaga listrik tersebut bertujuan untuk pemerataan pembangunan tenaga listrik agar dapat memacu pertumbuhan ekonomi dipedesaan.

Dalam hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) berkapasitas kecil terkhusus untuk di desa-desa terpencil yang kekurangan penerangan atau arus listrik

Permasalahan yang berkaitan dengan listrik untuk memberikan hasil yang diperoleh dari Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) sebagai penerang yang berskala kecil untuk kebutuhan tertentu, antara lain yaitu bagaimana simulasi perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico hidro (PLTPH) untuk menghasilkan listrik berskala kecil, serta bagaimana menganalisa Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) untuk menghasilkan energi listrik.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) untuk menghasilkan energi listrik berskala kecil, dan menganalisa daya listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) dalam skala kecil.

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bagi mahasiswa sebagai referensi perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH), bagi universitas sebagai sarana praktikum sistem kerja Pembangkit Listrik Tenaga Pico (PLTPH). Serta bagi masyarakat sebagai sarana penerang terkhusus di desa-desa terpencil yang kekurangan arus listrik.

Untuk menghasilkan listrik, maka sumber air yang digunakan sebagai sumber energi harus bergerak (air terjun atau air mengalir). Sebelum dikonversi menjadi energi mekanik oleh turbin, energi potensial yang digunakan dikonversi terlebih dahulu menjadi energi kinetik. Energi kinetik dalam air kemudian memberi gaya dorong (tekanan)

terhadap sudu baling-baling turbin, sehingga bentuk energi kinetik dari air dikonversi menjadi energi mekanik. Turbin tersebut digunakan untuk menggerakkan rotor generator yang kemudian menkonversi energi mekanik menjadi energi listrik dan sistem ini disebut Pembangkit Listrik Tenaga Air. Sistem listrik tenaga air dikembangkan pada tahun 1880.

Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro (PLTPH) adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Pembangkit listrik tenaga pico hidro termasuk kedalam pembangkit listrik tenaga air skala kecil, hal itu dikarenakan output yang dihasilkan kurang dari 1kW. Pembangkit listrik tenaga pico hidro hanya memanfaatkan aliran-aliran dari irigasi, sungai-sungai yang rendah, serta pada sumber air yang ada tanpa arus berbukit.

Pembangkit Listrik Tenaga Air dibedakan atas :

1. Large – Hidro : Lebih dari 100 MW
2. Medium – Hidro : Antara 15 – 100 MW
3. Small – Hidro : Antara 1 – 15 MW
4. Mini – Hidro : Daya diatas 100 kW tapi di bawah 1 MW
5. Micro – Hidro : Antara 5kW – 100 Kw
6. Pico – Hidro : Daya yang di kelarkan di bawah 5 kW

Turbin Air

Turbin air adalah suatu alat yang mengubah energi air menjadi energi puntir. Prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Turbin air merupakan perlengkapan buat mengganti energi potensial air menjadi tenaga mekanik. Tenaga mekanik ini diganti jadi tenaga listrik oleh generator atau alternator.

Fungsi Turbin

Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Gaya jatuh air yang mendorong baling-baling menyebabkan turbin berputar.

Prinsip Kerja Turbin

Pada prinsip kerja turbin menyatakan bahwa pada roda turbin terdapat sudu, yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruangan diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada gaya yang bekerja.

Jenis Turbin

1. Turbin Implus

Turbin implus adalah turbin air yang cara kerjanya merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial + tekanan + kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi kinetik. Contoh turbin implus adalah turbin pelton, turgo dan cross flow atau ossberger.

Turbin Pelton

Turbin pelton sering dipakai untuk aliran air yang berupa terjunan. Rotornya dilengkapi dengan ember yang dipasang pada sekeliling piringan. Ember tersebut menerima semprotan dari mulut pancaran, yang kemudian mengembalikan pancaran air ini setelah membaginya kearah kiri dan kanan dengan bantuan sebuah punggung yang terdapat ditengah ember, ember ini mengalihkan tenaga pada piringan dan baut dan di cor menjadi satu dengan piringannya.

Tubin Cross Flow

Turbin cross flow adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksial (*impulse turbine*). Turbin ini memiliki tapak (*runner*) berbentuk drum. Tapak itu terdiri atas dua piringan sejajar yang dihubungkan dengan serangkaian mata tapak yang melengkung. Turbin *crossflow* memiliki keunggulan berupa efisiensi yang baik pada debit sebagian (*part-flow*).

Turbin Turgo

Turbin *Turgo* dirancang untuk memiliki kecepatan spesifik yang lebih tinggi. Turbin *Turgo* memiliki kemungkinan untuk dihubugkan langsung kegenerator dari pada melalui transmisi mekanik. Turbin *Turgo* cocok digunakan pada head 50-250 meter.

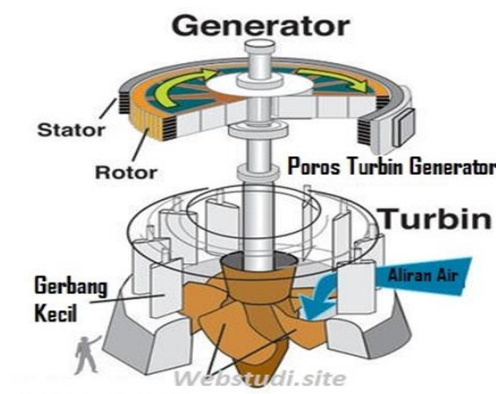
2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air sehingga runner (bagian turbin yang berputar) dapat berputar.

Bagian – Bagian Turbin Air

- a. Rotor yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari:
 1. Sudu – sudu berfungsi untuk menerima beban pncaran yang disemprotkan oleh *nozzle*.

2. Poros berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar / yang dihasilkan oleh sudu.
1. Bantalan berfungsi sebagai perapat–perapat komponen–komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocotan pada sistem.
- b. Sator yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :
 1. Pipa pengarah/ *nozzle* berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan aliran fluida yang digunakan didalam sistem besar.
 2. Rumah turbin berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen–komponen dari turbin.



Gambar 1. Bagian-Bagian Turbin

Kincir Air

Kincir air adalah alat penggerak. Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (*whell*). Dengan sudu (*blades, bucket, atau vane*) pada sekeliling tepi-tepinya, yang di letakkan pada poros horizontal.

Pompa Air

Pompa air merupakan alat yang berguna untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lain, pemindahan cairan tersebut dilakukan melalui media pipa dengan memberikan energi terhadap zat cair yang dipindahkan. Prinsip dari kerja pompa air adalah dengan membuat perbedaan tekanan antara bagian tekan (*discharge*) dan bagian hisap (*suction*).

Berdasarkan mekanisme kerjanya pompa dapat dikategorikan menjadi tiga jenis yaitu, pompa jenis rotary, pompa jenis piston, dan pompa jenis sentrifugal. Jenis pompa yang paling umum digunakan baik pada rumah tangga maupun industri adalah pompa dengan jenis sentrifugal. Pompa air jenis sentrifugal merupakan mesin kinetis

yang mampu mengubah energi mekanik dalam kerja poros menjadi energi hidrolis melalui aktifitas sentrifugal. Gaya sentrifugal merupakan gaya yang timbul akibat-akibat dari adanya gerakan sebuah benda atau partikel melalui lintasan lengkung (melingkar).

Karakteristik Pompa

Hal yang penting dalam karakteristik pompa (Maisur: 2018).

1. Head (H)
2. Kapasitas (Q)
3. Putaran (n)
4. Daya (P)
5. Momen Puntir (T)
6. Efisiensi (Ef)

Generator

Jenis generator yang digunakan pada pembangkit listrik :

1. Generator Sinkron, sistem eksitas tanpa sikat (*brushless excitation*) dengan penggunaan dua tumpuan bantalan (*two bearing*).
2. Generator induksi, merupakan salah satu jenis generator AC yang menerapkan prinsip motor induksi untuk menghasilkan daya. Generator induksi dioperasikan dengan menggerakkan rotor nya secara mekanis lebih cepat dari pada kecepatan sinkron sehingga menghasilkan slip negatif.

Besarnya tegangan atau GGL induksi dapat di hitung pada persamaan berikut :

$$3. \text{ Erms} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} = x N \times f \times \Phi_{max} \times \frac{Ns}{Np}$$

Keterangan :

Erms = Tegangan induksi (V)

N = Jumlah lilitan per kumparan

F = Frekuensi (Hz)

Φ_{max} = Fluks magnet (Wb)

Ns = Jumlah kumparan

Np = Jumlah fasa

Untuk menghitung frekuensi, digunakan persamaan :

$$f = \frac{n.p}{120}$$

Keterangan :

F = Frekuensi (Hz)

N = kecepatan mekanik

p = jumlah kutub

Daya dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$P = V \cdot I \cdot \cos\Phi$$

Keterangan :

P = Daya Aktif (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Persamaan Rumus yang Digunakan

Debit Air (Q)

Debit dapat diartikan sebagai volume air yang mengalir setiap detik (m^3/s), dimana debit air dapat dicari dengan persamaan berikut ini.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Keterangan :

Q = Debit Air (m^3/s)

V = Volume Air (liter)

T = Waktu (s)

Kecepatan Aliran Air (v)

Kecepatan aliran (m/s) jumlah air yang melewati suatu titik pada saluran aliran (m^3/s) selama waktu tertentu adalah fungsi kecepatan dan luas penampang air (m^2) yang mengalir.

$$v = \frac{Q}{A}$$

Keterangan :

V = Kecepatan Aliran Air (m/s)

Q = Debit Air (m^3/s)

A = Luas penampang pipa (m^2)

Daya Air (P_{air})

Daya keluaran yang dihasilkan oleh kincir air tergantung pada kecepatan aliran air dan debit aliran air. Sehingga daya keluaran tersebut dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_{air} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3$$

Keterangan :

- P_{air} = Daya Air (watt)
 ρ = densitas air (kg/m^3)
 A = Luas penampang (m^2)
 v = Kecepatan aliran air (m/s)

Daya Turbin atau Daya Kincir (P_{turbin})

Proses perubahan energi kinetik menjadi energi mekanik akan membuat kincir berputar. Sehingga kincir akan bergerak secara berotasi. Hal ini dinamakan dengan momen putar yang diterima poros kincir. Maka daya yang dapat dihasilkan kincir dapat ditulis dengan persamaan :

$$P_t = T \times \omega$$

Keterangan :

- P_t = Daya Turbin (watt)
 T = Torsi (N/m)
 ω = $2\pi n/60$

2.6.5 Daya Listrik (P_{listrik})

Daya listrik yang dapat dihasilkan oleh generator dapat ditulis dengan persamaan:

$$P_{\text{listrik}} = V \times I$$

Keterangan :

- P_{listrik} = Daya Listrik (watt)
 V = Volume Air (Liter)
 I = Arus Listrik (A)

Daya Kincir Air

Untuk mencari daya kincir air dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$p = \frac{Q \cdot h \cdot v \cdot \eta}{75}$$

Metode

Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi tempat penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar (UHKBPNP).

Peralatan Penelitian

1. Volt Meter/ multimeter
2. Tacho Meter

3. Lem
4. Bor
5. Tang
6. Cutter Acrylic
7. Solder
8. Mesin Las
9. Mesin grinda

Bahan-Bahan Penelitian

1. Tandon Air 440 Liter
2. Besi Siku
3. Pipa 1 Inchi dan ½ inchi
4. Kolam Terpal
5. Acrylic
6. Generator genset

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi persiapan dan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Air Pico Hidro (PLTAPH). Pengambilan data dilakukan dengan mengukur kecepatan putar kincir, kecepatan potar generator dan seberapa besar daya listrik yang dihasilkan.

Hasil dan Pembahasan

Proses Pembuatan Turbin / Kincir Air

Ada pun proses atau cara pembuatan turbin/kincir ini adalah dengan cara memotong pipa 4 inchi sepanjang 12 cm sebagai runner turbin/kincir. Kemudian pipa tersebut di belah di bagian tengah nya sepanjang 9 cm dengan lebar 5 mm sebagai tempat sudu sudu turbin. Pipa yang di belah di bagian tengah nya di buat sebanyak 8 lubang untuk tiap sudu karna jumlah sudu yang di gunakan adalah 8 buah.

Proses Pembuatan Dudukan Tandon Atas

Pembuatan dudukan tandon atas ini menggunakan besi siku dengan ketebalan 5 mm dan dibentuk seperti persegi panjang ke atas atau lebih di kenal seperti menara dan ketinggian dudukan tandon tersebut kurang lebih 3 meter.

Proses Pembuatan Lubang Exhaust (Lubang Keluar Air)

Dalam proses ini tandon di beri lubang exhaust agar air dapat keluar saat tandon sudah terisi penuh dengan air. Lalu lubang exhaust tersebut akan di beri pipa sebagai laluan air keluar untuk di arahkan ke sudu-sudu turbin/kincir air.

Perakitan Semua Komponen Menjadi Satu

Dalam khasus ini adalah semua komponen yang telah di rakit dari awal di jadikan satu untuk di tes kelayakan nya apakah sudah siap pakai atau masih ada kendalah yang harus di benahi.

Spesifikasi Alat

1. Drum

Drum digunakan sebagai wadah prnampung air, sebelum air tersebut dialirkan untuk memutar turbin. Drum yang di gunakan adalah drum minyak sebanyak dua drum di jadikan satu, di mana satu drum memiliki kapasitas 220 liter.

2. Turbin

Turbin yang digiunakan adalah turbin jenis pelton. Bahan yang digunakan untuk membuat turbin ini adalah akrilik dan pipa PVC, dimana akrilik sebagai sudu turbin dan pipa sebagai dudukan sudu atau runner.

3. Generator

Generator yang digunakan adalah generator genset

4. Pompa Air

Pompa berfungsi sebagai alat penyedot air dari tandon bawah ke tandon atas agar tandon atas penuh.

Tabel 1. Debit Aliran Air

N0	Lama waktu Pengujian	Kecepatan aliran air (m/s)	Debit air (m ³ /s)
1	Pengujian pertama tiga (3) menit.	2,5	0,0009
2	Pengujian ke 2 lima (5) menit.	3,16	0,0011
3	Pengujian ke 3 tujuh (7) menit.	5,08	0,00061

Daya yang Dihasilkan Turbin

Daya yang dihasilkan oleh turbin berdasarkan pada pengukuran keran air yang di buka full :

$$F = A \times \rho \times v^2$$

$$F = 0.00012 \times 1000 \times 128,37$$

$$F = 15.40 \text{ N}$$

Torsi yang Dihasilkan Turbin/Kincir

$$T = F \times r$$

$$T = 15,40 \times 0,37 \text{ m}$$

$$T = 5.7 \text{ Nm}$$

Daya Turbin/Kincir

$$P_t = T \times \omega$$

$$\omega = \frac{2 \times 3,14 \times 48,7}{60} = 5,097 \text{ rad/s}$$

$$P_t = 5,7 \times \frac{2 \times 3,14 \times 48,7}{60}$$

$$P_t = 29,05 \text{ watt}$$

Tabel 2. Daya yang Dihasilkan Turbin

No	Lama waktu pengujian	Kecepatan keliling turbin (m/s)	Gaya tangensial turbin F (N)	Torsi (Nm)	Kecepatan putaran sudu atau ω (rad/s)	Daya turbin (watt)
1.	Pengujian pertama tiga (3) menit.	2,5	7,3	3,37	2,76	9,3
2.	Pengujian ke 2 lima (5) menit.	3,16	10,12	5,05	3.46	17,47
3.	Pengujian ke 3 tujuh (7) menit.	5,08	15,40	5.7	5,1	29,05

Tabel 3. Data Putaran Turbin

NO	Lama waktu Pengujian	Putaran Turbin (rpm)
1.	Pengujian pertama tiga (3) menit.	46,2
2.	Pengujian ke 2 lima (5) menit.	50,3
3.	Pengujian ke 3 tujuh (7) menit.	63,7

Tabel 4. Daya Out put Generator

NO	Lama waktu Pengujian	Putaran turbin (rpm)	Kecepatan generator (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (A)
1.	Pengujian pertama tiga (3) menit.	46,2	50	12	0,83
2.	Pengujian ke 2 lima (5) menit.	50,3	65,4	15	0,62
3.	Pengujian ke 3 tujuh (7) menit.	63,7	70,6	18	0,35

Simpulan dan Saran

Simpulan

1. Daya yang dihasilkan oleh generator pada alat yang di rancang ini sangat di pengaruhi oleh intensitas debit air, di mana hasil maksimum di peroleh ketika keran air dibuka full maka di dapat debit air 1,25 liter per detik dan pengambilan data out put generator

langsung dari kabel positif dan negatif menggunakan multitester di mana tegangan yang di dapat sebesar 14 volt dan arus sebesar 0,35 Ampere.

2. Rancangan pembangkit listrik tenaga pico hidro sukses berhasil dan berjalan dengan baik hanya saja arus yang di hasilkan masih sangat kecil dan kurang efisien di gunakan di rumah-rumah penduduk yang kekurangan pencahayaan di karenakan putaran turbin ke poros generator kurang cepat sehingga daya listrik yang di hasilkan sangan rendah.

Saran

1. Untuk di penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pembesaran pipa keluaran (exhaust) dari drum atau tandon atas dengan tujuan agar didapatkan debit air yang lebih besar sehingga daya yang di hasilkan oleh generator pun cukup besar dan dapat menerangi rumah-rumah warga yang kekurangan penerangan.
2. Bisa dilakukan pengembangan menggunakan generator low rpm dan membutuhkan torsi yang rendah sehingga dapat menghasilkan daya generator yang lebih besar agar hasil yang didapat mampu mendekati nilai daya yang di hasilkan turbin.

Daftar Pustaka

- Abdul Nasir,B. (2014). Design Considetaring Of Micro – Hidro- Elektrik Power Plant. *Energy procedia* , 50 19 – 29.
- Arifin, I. (2015). Automatic Water Level Control Barbasis Mikrocontroller Dengan Sensor, *pendidikanTeknikElektro*, 1-56.
- Himran, Sukri. 2017. *Turbin Air Teori Dan Dasar Perancangan*. Yogyakarta: ANDI
- Jaliwala, R., dan Tim *Contained Energy Indonesia.*, 2010. Buku Panduan Energi yang Terbarukan Dalam Negeri. Jakarta.
- Jasa, Lie dkk. 2017. *Mikro Hidro; strategi memanfaatkan energi dan ramah lingkungan*. Yogyakarta:Teknosain.
- Jatmiko, dkk. 2012. “ *Pemanfaatan Pemandian Umum Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Mikrohidro (PLTMh) Menggunakan Kincir Tipe Overshot*”.
- Mahardika, M :Andi; Gunawan, (2021). Perancangan Dan Manufartur Pompa Sentrifugal. [https://www.google.co.id/books/edition/Perencanaan dan Manufartur pompaSentrif/ebUSEAAAQBAJ?hl=id&pbpv=1&dq=pompa+sentrifugal&printsec=frontcover](https://www.google.co.id/books/edition/Perencanaan_dan_Manufartur_pompaSentrif/ebUSEAAAQBAJ?hl=id&pbpv=1&dq=pompa+sentrifugal&printsec=frontcover) (diakses pada 26 Noverber 2021).
- Maisur. M T. (2018). Analisis Pengujian Pompa Sentrifugal. <http://eprints.unwahas.ac.id/1066/1/1%20Cover.pdf> (diakses pada 26 November 2021).
- Putro,W. (2010). Pengujian Pompa Sentrifugal Menggunakan Kontrol Inverter. *W.D.Putro / Semesta Teknika*, 13 (1,21,30),22.
- Syahrul KA,M. Agus Sahbana (2018), PROTON , vol 10 No 2.

- Syahputra, T. M., Syukri, M., & Sara, I. D. (2017). Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro dengan menggunakan Turbin Ulir. *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, 2(1), 16-22. <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/kitektro/article/view/6757>.
- Triatmadja, Radiana. (2019). Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan. [https://www.google.co.id/book/edition/Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan/jkaaDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=pompa+sentrifugal&pg=PA134&printsec=frontcover](https://www.google.co.id/book/edition/Teknik%20Penyediaan%20Air%20Minum%20Perpipaan/jkaaDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=pompa+sentrifugal&pg=PA134&printsec=frontcover) (diakses pada 26 November 2021).