

PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO MENGGUNAKAN TURBIN TIPE CROSS-FLOW

Moh. Aprilianto Nafian

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
moh.nafian@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo, Widi Aribowo, Mahendra Widyardono

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
subuhisnur@unesa.ac.id, widiaribowo@unesa.ac.id, mahendrawidyardono@unesa.ac.id

Abstrak

Pada artikel ilmiah ini bertujuan untuk mengetahui potensi sungai kuncir sebagai tempat pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Pembahasan dalam artikel ini meliputi perancangan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro menggunakan turbin tipe crossflow di Sungai Kuncir serta melakukan pengujian dan analisis dari *Prototype* yang telah dibuat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen. Pengujian *Prototype* dilakukan di cabang Sungai Kuncir, dengan menggunakan pipa PVC $\frac{3}{4}$ inc sebanyak 4 buah untuk mengalirkan air dari sungai ke *Prototype* dengan ketinggian 80 cm. Menggunakan Pulley dengan diameter 30 cm untuk turbin dan diameter 5 cm untuk generator, serta menggunakan v-belt dengan ukuran A44 sebagai penghubung. Generator yang digunakan memiliki spesifikasi yaitu 1500 rpm, dengan tegangan 22,5 volt dan arus sebesar 4 ampere. Turbin yang digunakan merupakan turbin jenis crossflow dengan jumlah bilah sebanyak 12 buah, dengan lebar sudu 8 cm dan panjang sudu berukuran 19 cm. Dari pengujian *Prototype* didapatkan hasil yaitu putaran turbin sebesar 169 rpm dan putaran generator sebesar 1220 rpm. Tegangan yang dihasilkan dari generator sebesar 18,27 volt. Arus pengisian baterai tanpa beban sebesar 0,83 ampere dan arus pengisian baterai dengan beban lampu DC 2x3 watt sebesar 1,12 ampere. Arus pengisian baterai dengan beban akan lebih besar dibandingkan arus pengisian baterai tanpa beban, ini diakibatkan oleh adanya resistansi dan reaktansi pada belitan stator yang akan mengakibatkan munculnya susut tegangan. Besarnya susut tegangan akan berbanding lurus dengan arus yang mengalir, arus tersebut akan ditentukan daya bebannya. Semakin besar daya bebannya maka semakin besar arus yang perlu disuplai ke beban tersebut.

Kata Kunci: Sungai Kuncir, *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Abstract

This scientific article aim to determine the potential of the kuncir river as a micro hydro power plant. The discussion in this article includes to design a Prototype of Micro Hidro Power Plant used crossflow turbine type in Kuncir river and to carry out testing and analysis of the prototype that have been made. The method used in this research is experimental research method. Prototype testing was carried out at the Kuncir river branch, using 4 pieces of PVC pipe $\frac{3}{4}$ inc to drain water from the river to a 80 cm high prototype. Using a pulley with a diameter of 30 cm for a turbine and a diameter of 5 cm for a generator, and using a v-belt with an A44 size as a connector. The generator used has a specification of 1000 rpm, with a voltage of 22.5 volts and a current of 4 amperes. The turbine used is a crossflow type turbine with 12 blades, with a blade width of 8 cm and a blade length of 19 cm. From the prototype test, the results obtained were that the turbine rotation was 169 rpm and generator rotation was 1220 rpm. The voltage generated from the generator is 18.27 volts. No-load battery charging current of 0.83 amperes and battery charging current with a 2x3 watt DC lamps load of 1.12 amperes. The charging current of a battery with a load will be greater than the charging current of a battery without a load, this is caused by the presence of resistance and reactance in the stator winding which will result in the appearance of voltages losses. The amount of voltage loss will be directly proportional to the current flowing, the current will be determined by the load power. The greater the load power, the greater current that needs to be supplied to the load.

Keywords: Kuncir River, Prototype of Micro Hydro Power Plant

PENDAHULUAN

Unit pembangkitan brantas merupakan unit pembangkit listrik tenaga air yang dikelola oleh Perum Jasa Tirta 1 yang berada di wilayah sungai brantas. Saat ini di wilayah Sungai Brantas terdapat 9 (sembilan) PLTA yang telah beroperasi dengan kapasitas terpasang sebesar

274,1 MW. Masih terdapat potensi pembangkitan listrik tenaga air sebesar 313,29 MW pada 22 titik di wilayah Sungai Brantas. Salah satu potensi pembangkit listrik tersebut yaitu di sungai kuncir Kabupaten Nganjuk yang

berpotensi sebagai sumber energi listrik (Perum Jasa Tirta 1, 2015).

Berdasarkan data debit air yang diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Nganjuk selama periode tahun 2013-2016, diketahui debit minimum yang terdapat di Sungai Kuncir sebesar $0,37 \text{ m}^3$ yang terjadi di musim kemarau (September-November) 2016 serta debit maksimum sebesar $3,66 \text{ m}^3$ terdapat pada musim hujan dengan intensitas hujan yang paling tinggi (Februari-Maret) 2016.

Data dari Dinas Pengairan hanya sebagai referensi bahwa keadaan sungai mengalirkan air dari tahun 2013-2016, untuk data debit air pada selanjutnya yang digunakan untuk pengujian adalah debit dari sungai kuncir yang dialirkan melalui pipa PVC dengan debit sebesar $0,0054 \text{ m}^3/\text{s}$.

Pada penelitian ini menggunakan turbin tipe crossflow sebagai penggerak generator. Turbin crossflow merupakan turbin aliran radial, yaitu daerah kerjanya pada tekanan atmosfer sehingga lebih mudah dalam perakitannya karena tidak membutuhkan seal-seal kepad udara. Turbin pada penelitian ini dibuat menggunakan pipa PVC berukuran 2,5 dim yang di belah menjadi dua bagian dan dijadikan bilah turbin, untuk bagian tengah menggunakan pipa PVC sebesar 2 dim dan disambungkan ke bilah turbin menggunakan baut.

Pada artikel ilmiah ini bertujuan untuk mengetahui potensi sungai kuncir sebagai tempat pembangkit listrik tenaga mikro hidro serta merancang *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dan melakukan pengujian dan analisis dari *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro yang telah dibuat.

KAJIAN PUSTAKA

Pembangkit Tenaga Listrik

Pembangkit tenaga listrik merupakan unit-unit yang terdiri dari turbin dan generator untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan merupakan energi primer yang diubah kedalam energi listrik melalui turbin dan generator. Energi primer tersebut dapat dibedakan menjadi dua yaitu energi listrik *renewable* (energi terbarukan) dan energi listrik *non renewable* (tidak terbarukan).

Energi terbarukan meliputi energi air, energi angin, energi matahari, energi gelombang laut, energi panas bumi dan biomassa, sedangkan energi tidak terbarukan meliputi minyak bumi, batubara, gas alam dan energi nuklir. Dari sumber energi tersebut dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Macam macam pembangkit listrik menurut sumber energinya dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Pembangkit Listrik *Renewable* (Terbarukan): yaitu pembangkit listrik yang sumber energinya dapat

diperbarui/tidak akan habis. Contoh pembangkit listrik *renewable* antara lain: Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut, Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa.

2. Pembangkit Listrik *non renewable* (Tidak Terbarukan): yaitu pembangkit listrik yang sumber energinya tidak dapat diperbarui, sumber energi tersebut berasal dari energi fosil. Contoh pembangkit Listrik Non Renewable antara lain: Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), serta Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).

Tenaga Air

Tenaga air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Pada dasarnya, air di seluruh permukaan bumi ini bergerak (mengalir) di alam sekitar kita. Kita mengetahui bahwa air memiliki siklus, dimana air menguap, kemudian terkondensi menjadi awan. Air akan jatuh sebagai air hujan setelah ia memiliki massa yang cukup. Air yang jatuh di dataran tinggi akan terakumulasi menjadi aliran sungai, aliran sungai ini menuju ke laut. Di laut juga terdapat gerakan air yaitu gelombang pasang ombak dan arus laut. Tenaga air banyak dimanfaatkan untuk pembangkitan energi listrik. Pembangkitan tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dari ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator (Munandar, 2004).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu pada jumlah volume aliran air per satuan waktu (*flow Capacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah head. (Firmansyah, 2011)

Untuk menentukan daya yang bisa dibangkitkan dalam pembangkit mikrohidro bisa menggunakan rumus berikut:

$$P = \frac{9,81 \times Q \times H \times \eta \times \rho \text{ Air}}{1000} \quad (1)$$

Dimana:

P = Daya Terbangkit (kW)

9,81 = Konstanta Gravitasi (m/s)

Q = Debit Air (m^3/s)

H = Ketinggian Head (m)

η = Efisiensi Sistem

$\rho \text{ Air}$ = Massa Jenis Air (1000 Kg/m^3)

Mikro hidro hanyalah sebuah istilah. Mikro berarti kecil sedangkan hidro artinya air. Istilah ini bukan suatu yang baku namun dapat dipastikan bahwa mikrohidro

menggunakan air sebagai sumber energi. Perbedaan istilah mikro hidro dengan mini hidro adalah output daya yang dihasilkan. (Firmansyah, 2011). Output daya yang dihasilkan berdasarkan istilah penyebutan pembangkit tersebut antara lain: Mini Hidro dengan kapasitas 100kW sampai dengan 1 MW, Mikro Hidro dengan kapasitas antara 1 sampai dengan 100 kW, dan Piko Hidro dengan kapasitas dari beberapa watt sampai dengan 1 kW. (Hunggul, 2015).

Untuk mengetahui besarnya debit air digunakan persamaan di bawah:

$$A = \pi r^2 \quad (2)$$

Dimana:

A = Luas Penampang Pipa (m^2)

π = 3,14

r^2 = jari-jari

$$\text{Debit Air} = Q = A \cdot V \quad (3)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran air (ft/s)

$$\text{Kecepatan air} = V = C \sqrt{2gh} \quad (4)$$

Dimana:

C = Koefisiensi Air (0,98)

g = Gravitasi Bumi (9,81 m/s)

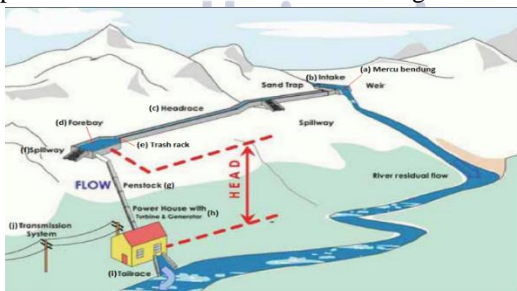
h = jarak lubang dari permukaan air (meter)

(David, 2018)

Prinsip Kerja PLTMH

Secara teknis memiliki 3 komponen utama yaitu air, turbin, generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu menuju rumah instalasi (rumah turbin). Di rumah instalasi air tersebut akan menumbuk turbin dimana turbin sendiri dipastikan akan menerima energi air tersebut dan mengubahnya menjadi energi mekanik. Energi mekanik digunakan untuk memutar generator dan akan menghasilkan listrik (Aji, 2010).

Adapun Gambar PLTMH secara rinci sebagai berikut:



Gambar 2 Skema PLTMH

(Sumber: <http://dreamindonesia.me/2019>)

Keterangan:

- a. Mercu Bendung: Bangunan yang berada melintang di sungai yang berfungsi untuk membelokkan arah aliran air.

- b. Bangunan Pengambilan (*Intake*): Berfungsi mengarahkan air dari sungai masuk ke dalam saluran pembawa (*Headrace*).
- c. Saluran Pembawa (*Headrace*): Berfungsi mengalirkan atau membawa air dari *Intake* ke *Forebay*
- d. Bak Penenang (*Forebay*): Bangunan yang mempunyai potongan melintang lebih besar dari *Headrace* yang berfungsi untuk memperlambat aliran air.
- e. Saringan (*Trash rack*): terbuat dari plat besi yang berfungsi untuk menyaring sampah-sampah atau puing-puing agar tidak masuk ke dalam bangunan selanjutnya.
- f. Saluran Pembuangan (*Spillway*): Bangunan yang memungkinkan agar kelebihan air di dalam *Headrace* untuk melimpah kembali ke dalam sungai.
- g. Pipa Pekat (Penstock): Pipa bertekanan yang membawa air dari *Forebay* ke dalam *Power House* (Rumah Pembangkit).
- h. *Power House* (Rumah Pembangkit): Bangunan yang di dalamnya terdapat turbin, generator dan peralatan kontrol.
- i. *Tailrace*: Saluran yang berfungsi mengalirkan air dari turbin kembali ke sungai.
- j. Jaringan Transmisi: Terdiri dari tiang, kabel dan aksesoris lainnya (Termasuk Trafo jika diperlukan) yang berfungsi untuk mengalirkan energi listrik dari Rumah Pembangkit ke konsumen.

Prototype PLTMH

Prototype adalah sebuah alat yang mengekspresikan suatu benda nyata maupun benda yang dalam proses perencanaan. *Prototype* merupakan alat peraga yang mirip produk yang akan dibangun. Secara jelas menggambarkan bentuk dan penampilan produk baik dengan skala yang diperbesar, 1:1, atau diperkecil untuk menunjukkan benda yang tidak dapat secara langsung dibangun atau dicoba (Iwan, 2017:7). Komponen atau alat yang digunakan dalam merancang sebuah *Prototype* PLTMH meliputi:

1. Turbin Air

Seperti yang sudah dijelaskan pada bagian prinsip kerja PLTMH, bahwa turbin air berperan untuk mengubah energi air (energi potensial, tekanan dan energi kinetik) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik.

Menghitung kecepatan turbin

$$N = \left[\frac{862}{D_1} \right] \sqrt{H} \quad (5)$$

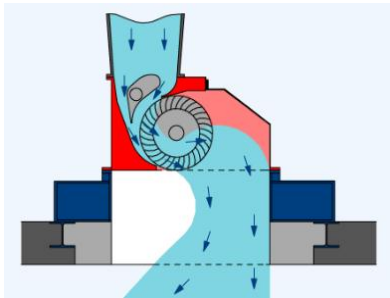
Dimana:

D_1 : Diameter turbin

H: Ketinggian pipa pesat

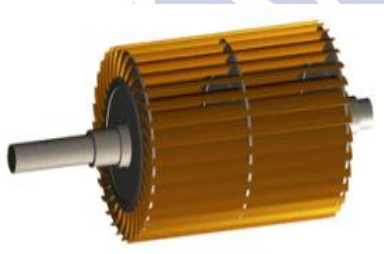
(David, 2018)

Turbin crossflow adalah radial, turbin bertekanan kecil serta digolongkan menjadi turbin berkecepatan rendah. Aliran air mengalir melalui pintu masuk pipa, dan diatur oleh baling-baling pemacu, dan diatur oleh kipas turbin. Setelah air melewati putaran kipas turbin, air berada pada putaran kipas yang berlawanan sehingga memberikan efisiensi tambahan.



Gambar 3 Turbin Crossflow

Dalam aplikasinya, turbin crossflow baik sekali digunakan untuk pusat tenaga air yang kecil dengan daya kurang lebih 750 kW. Tinggi air yang jatuh diatas 1 m sampai 200 m dan kapasitas antara 0,02 m³/s sampai 7 m³/s. (Dietzel, 1993)



Gambar 4 Runner turbin crossflow

Dua buah piringan sejajar disatukan pada lingkarinya oleh sejumlah sudu membentuk konstruksi yang disebut dengan runner. (Ridwan, 2014)

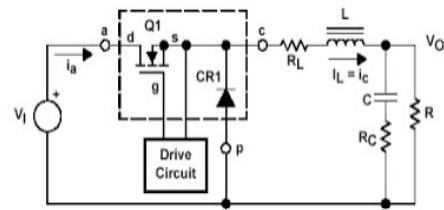
2. Generator DC

Generator adalah suatu mesin yang mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Tenaga mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar dalam medan magnet ataupun sebaliknya memutar magnet diantara kumparan kawat penghantar. Tenaga mekanik dapat berasal dari tenaga panas, tenaga potensial air, motor diesel, motor bensin dan bahkan ada yang berasal dari motor listrik.

3. DC chopper tipe Buck (Buck converter)

DC Chopper tipe Buck merupakan salah satu jenis dari DC Chopper, rangkaian elektronika daya ini dapat mengubah tegangan nilai tertentu menjadi tegangan DC yang lebih rendah. Untuk mendapatkan tegangan yang lebih rendah daripada masukannya, DC Chopper tipe Buck menggunakan komponen switching untuk mengatur duty cyclenya. Komponen switching tersebut dapat berupa *thyristor*, *MOSFET* (*Metal Oxide*

Semiconductor Field Effect Transistor), IGBT, dll (Ngabei, 2012).



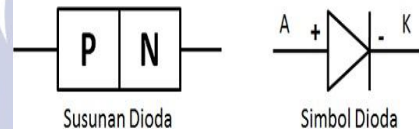
Gambar 5 Rangkaian DC chopper tipe buck (*buck converter*)

(Sumber : Ngabei, 2012)

4. Dioda

Dioda (Diode) adalah Komponen Elektronika Aktif yang terbuat dari bahan semikonduktor dan mempunyai fungsi untuk menghantarkan arus listrik ke satu arah tetapi menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Oleh karena itu, Dioda sering dipergunakan sebagai penyearah dalam rangkaian elektronika.

Dioda pada umumnya mempunyai 2 Elektroda (terminal) yaitu Anoda (+) dan Katoda (-) dan memiliki prinsip kerja yang berdasarkan teknologi pertemuan p-n semikonduktor yaitu dapat mengalirkan arus dari sisi tipe-p (Anoda) menuju ke sisi tipe-n (Katoda) tetapi tidak dapat mengalirkan arus ke arah sebaliknya.



Gambar 6 Simbol Dioda

5. Baterai

Ada 2 macam baterai aki yang dapat digunakan di pusat listrik yaitu:

- Baterai asam timah menggunakan PbO₂ sebagai kutub positif dan sebagai kutub negatif adalah Pb.
- Baterai basa *cadmium* menggunakan *nikel oksihidrat* (NiOH) sebagai kutub positif dan *cadmium* (Cd) sebagai kutub negatif. Sedangkan sebagai elektrolit digunakan larutan potas kostik (KOH) (Marsudi, 2005:31).

Rumus menghitung lama pengisian baterai (Td) :

$$\text{Daya baterai} : V \times \text{Ah} \quad (6)$$

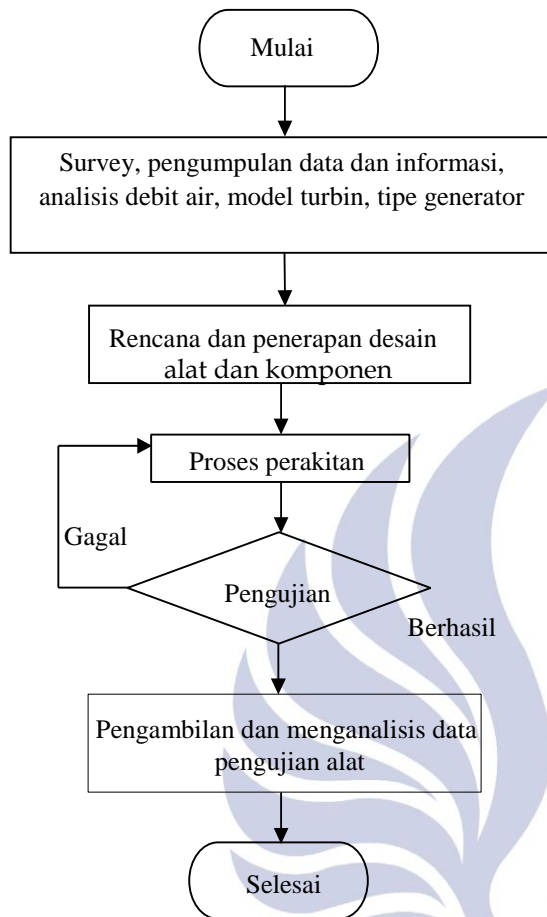
$$\text{VA} : \text{Tegangan(V)} \times \text{Arus generator} \quad (7)$$

$$\text{Td} : \text{Daya Baterai} / \text{VA} \quad (8)$$

Metode Penelitian

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen. Dilakukan beberapa tahapan yaitu mempelajari teori yang berhubungan tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro beserta konsep

pengujiannya, membuat rekayasa desain yaitu langkah-langkah pengerjaan alat mulai dari tahap awal sampai tahap akhir.



Gambar 7 Diagram alir Perencanaan *Prototipe* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. (Sumber: Data Primer 2019)

Rekapitulasi Alat dan Komponen

Peralatan dan komponen yang digunakan dalam penelitian di cantumkan dalam tabel 1 dan tabel 2 di bawah ini:

Tabel 1 Rekapitulasi Alat

No.	Nama alat	Spesifikasi alat	Satuan	Jumlah
1.	Avometer	Sunshine	Buah	1
2.	Tachometer	DT 2234C+	Buah	1
3.	Tespen	Masko 100-500 V	Buah	1
4.	Obeng	(+) dan (-)	Buah	2
5.	Tang kombinasi	HM	Buah	1
6.	Tang potong	HM	Buah	1
7.	Gerinda	Makita 450 watt	Buah	1
8.	Bor	Makita 450 watt	Buah	1
9.	Gergaji besi	1 mm	Buah	1
10.	Tang cucut	HM	Buah	1

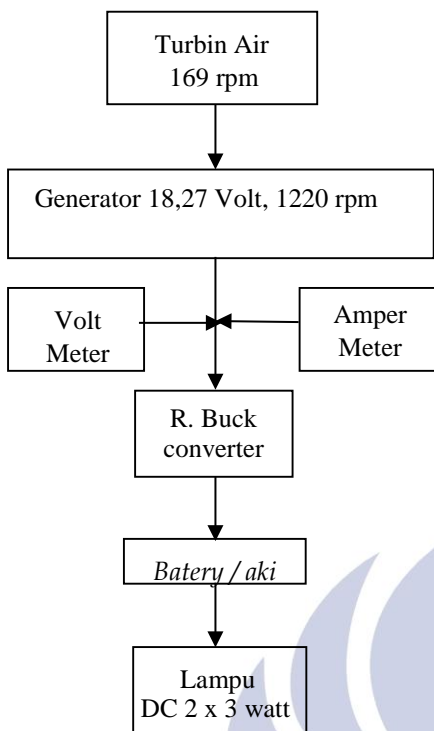
11.	Cutter	Kenko	Buah	1
12.	Ampelas Kasar	Flying hels 100	Lembar	1
13.	Kuas	1''	buah	1

Tabel 2 komponen-komponen yang akan dipakai.

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Satuan	Jumlah
1.	Generator	22,5 volt DC	Buah	1
2.	Baterai	12 volt DC	Buah	1
3.	Turbin air	169 rpm	Buah	1
4.	lampu	DC 3 Watt	Buah	2
5.	Rangkaian Buck converter	LM2596 DC-DC	Buah	1
6.	Bearing	19 mm	Buah	2
7.	Fuse	± 5 A	Buah	1
8.	Volt meter	30 V DC	Buah	1
9.	Ampere meter	10 A DC	Buah	1
10.	As roda	± 30 cm	Buah	1
11.	Pulley	10 mm	Buah	1
12.	Pulley	19 mm	Buah	1
13.	Papan Box	Tebal 1 cm ,P 2 x 2 meter	Lembar	1
14.	Kabel NYAF	0,75 mm ²	Meter	15
15.	Baut	Kuningan	buah	50
16.	Pipa PVC	2,5 dim	buah	1
17.	Pipa PVC	3/4 Inch	buah	5
18.	Shock Pipa PVC Drat Luar	3/4 Inch	buah	8
19.	L Pipa PVC	3/4 Inch	buah	4

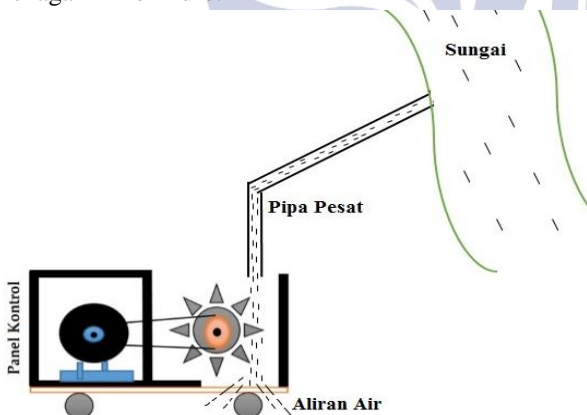
Desain Rancangan *Prototipe* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

1. Diagram line *prototipe* Pembangkit Listrik Tenaga Angin dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 8 Diagram Line *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Sumber: Data Primer. 2019)

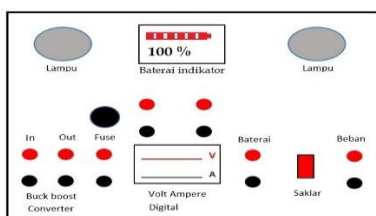
2. Desain Perencanaan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.



Gambar 9 desain perencanaan *Prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro. (Sumber: Data Primer. 2019)

Alir mengalir dari sungai menuju pipa pesat, lalu dari pipa pesat menuju ke turbin dan air keluar melalui celah bawah turbin,

3. Desain Panel Kontrol *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro



Gambar 10 Desain Panel Kontrol *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Sumber: Data Primer. 2019)

4. Perencanaan Saluran air

Tabel 3 Data Rancangan Saluran Air

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang	500	cm
Tinggi	80	cm
Jumlah Pipa Pesat	4	buah
Debit Air	0,007	m^3/s

5. Spesifikasi Turbin Air

Tabel 4 Data Spesifikasi Bilah Turbin

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang	19	cm
Lebar Sudu	8	cm
Jumlah Sudu	12	buah

Turbin terbuat dari pipa PVC 2,5 dim yang dipotong menjadi 2 bagian yang digunakan untuk sudu turbin.

6. Spesifikasi Generator

Tabel 5 Data Spesifikasi Generator

Parameter	Nilai	Satuan
Tegangan	22,5	volt
Putaran	1500	rpm
Arus	4	ampere

7. Spesifikasi Baterai

Tabel 6 Data Spesifikasi Baterai

Parameter	Nilai	Satuan
Tegangan	12	volt
Ampere	7,2	Ah

8. Perencanaan Transmisi

Menggunakan *Pulley* dengan diameter as 8 mm untuk generator sedangkan *Pulley* dengan diameter as 19 mm untuk turbin dengan menggunakan v-belt tipe A-42 dengan perbandingan pulley antara generator dan turbin sebesar 1:6.

9. Perencanaan Kontrol Tegangan

Untuk mengantisipasi adanya tegangan bolak-balik dari output tegangan yang dihasilkan generator maka perlu digunakan suatu rangkaian yang dapat menyearahkan/mengatur tegangan agar saat pengisian baterai tegangan tetap.

10. Perencanaan Beban

Beban yang digunakan adalah 2 buah lampu yang masing-masing memiliki daya sebesar 3 watt dengan tegangan 12 volt.

Teknik Pengumpulan Data

Menggunakan metode observasi yaitu pengamatan dan pencatatan langsung secara sistematis terhadap data yang dibutuhkan untuk penelitian.

Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian dan pengambilan data

1. Mencatat debit air yang mengalir dari sungai yang melalui pipa pvc ke turbin air.
2. Mencatat kecepatan putaran turbin dengan tachometer.
3. Mencatat kecepatan putaran generator dengan tachometer.
4. Pengukuran tegangan generator.
5. Pengujian arus pengisian baterai
6. Pengujian Arus Pengisian Baterai dengan Beban DC.

Hasil Pengujian



Gambar 11 Prototype PLTMH

Menghitung luas penampang dengan menggunakan persamaan 2 diperoleh hasil sebagai berikut:

$$1 \text{ inc} = 0,000506 \text{ m}^2$$

Kecepatan aliran air:

$$V = C \sqrt{2gh}$$

$$= 0,98 \cdot \sqrt{2 \cdot (9,8 \text{ m/s}) \cdot 0,8 \text{ meter}}$$

$$= 0,98 \cdot 3,54$$

$$= 3,46 \text{ m/s}$$

Menghitung debit aliran air dengan persamaan 3:

$$Q = A \cdot V$$

$$= 0,000506 \text{ m}^2 \times 3,46 \text{ m/s}$$

$$= 0,00175 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \text{ total} = Q \times 4 \text{ (jumlah pipa pesat)}$$

$$= 0,00175 \times 4$$

$$= 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$$

Debit diatas merupakan debit yang di dapat secara teori perencanaan.

Debit air yang digunakan untuk menguji prototype adalah debit yang telah dialirkan ke pipa pesat, dalam hal ini menggunakan 4 buah pipa pvc dengan ukuran 3/4 inc dan dialirkan menuju ke turbin dengan ketinggian 0,8 meter dari aliran air sungai. Pengukuran debit air menggunakan sebuah wadah yang berukuran 5,4 liter, dibutuhkan waktu 1 detik untuk mengisi wadah tersebut dengan 4 buah pipa pesat 3/4 inc. Jadi dapat disimpulkan debit air yang digunakan untuk pengujian *prototype* pembangkit listrik mikro hidro adalah sebesar 5,4 liter/detik atau $0,0054 \text{ m}^3/\text{s}$. Terdapat selisih antara debit

perencanaan dengan debit hasil pengujian. Untuk menghitung nilai error menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{error} = \frac{\text{Debit teori} - \text{Debit praktek}}{\text{Debit teori}} \times 100 \quad (9)$$

$$= \frac{0,007 - 0,0054}{0,007} \times 100$$

$$= \frac{0,0016}{0,007} \times 100$$

$$= 22,85 \%$$

Untuk mengetahui daya terbangkit dapat menggunakan persamaan 1:

Diasumsikan efisiensi sistem sebesar 80%

$$P = \frac{9,81 \times Q \times H \times \eta \times \rho \text{ Air}}{1000}$$

$$P = \frac{9,81 \times 0,007 \times 0,8 \times 0,8 \times 1000}{1000}$$

$$= \frac{43,94}{1000}$$

$$= 0,043 \text{ kw}$$

$$= 43 \text{ watt}$$

Daya yang dihasilkan berdasarkan debit praktek sebagai berikut:

$$P = \frac{9,81 \times Q \times H \times \eta \times \rho \text{ Air}}{1000}$$

$$P = \frac{9,81 \times 0,0054 \times 0,8 \times 0,8 \times 1000}{1000}$$

$$= \frac{33,90}{1000}$$

$$= 0,033 \text{ kw}$$

$$= 33 \text{ watt}$$

Terdapat selisih antara daya perencanaan dengan daya hasil pengujian. Untuk menghitung nilai error menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{error} = \frac{\text{Daya teori} - \text{Daya praktek}}{\text{Daya teori}} \times 100 \quad (10)$$

$$= \frac{43 - 33}{43} \times 100$$

$$= \frac{10}{43} \times 100$$

$$= 23,25 \%$$

Pengujian *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro:

Tabel 7 Hasil Pengujian

No	Parameter yang Diujikan	Pengujian Pada Ketinggian 0,8 meter	Satuan
1	Debit Air	0,0054	m^3/s
2	Kecepatan Putaran Turbin	169	Rpm
3	Kecepatan Putaran Generator	1220	Rpm
4	Tegangan Generator	18,27	V
5	Arus Generator	1,12	A
6	Tegangan Generator	13,4	V

	Setelah <i>Buck Konverter</i>		
--	-------------------------------	--	--

Pengujian dilakukan menggunakan beban 2 buah lampu Led DC dengan daya masing-masing sebesar 3 watt, menggunakan debit air sebesar 0,0054 m³/s serta ketinggian 0,8 meter. Sedangkan pengujian tanpa menggunakan beban lampu didapatkan arus generator sebesar 0,83 ampere.

1. Perhitungan lama waktu beban menyala

Tabel 8 Jumlah Beban

Beban	Kapasitas Beban	Lama Beban dihidupkan	Jumlah Beban	Konsumsi Daya
Lampu Led DC 12 volt	3 Watt	12 Jam	2 Buah	72 Watt

Dari tabel 8 diatas maka dapat diketahui lampu digunakan adalah lampu led 3 watt berjumlah 2 buah yang akan dinyalakan selama 12 jam dengan total konsumsi daya 72 watt. Maka dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{6 \text{ Ah} \times 12 \text{ Volt}}{6 \text{ watt}} = \frac{72 \text{ wh}}{6 \text{ watt}} = 12 \text{ Jam}$$

Dari perhitungan diatas maka dapat diketahui secara perhitungan beban lampu led 2x3 watt dapat menyala selama 12 jam.

Pengujian lama waktu pemakaian beban:

Setelah mengetahui perhitungan lama waktu beban dapat digunakan maka langkah selanjutnya pengujian lama beban selama 12 jam dengan kapasitas baterai 7,2 Ah dan beban lampu led 3 watt dengan jumlah 2 buah yang dapat dilihat pada tabel 9 sebagai berikut :

Tabel 9 Pengujian pemakaian beban

No	Jam	Tegangan	Arus
1	06.30	12,0	0,34
2	07.30	11,7	0,33
3	08.30	11,6	0,33
4	09.30	11,4	0,32
5	10.30	11,2	0,32
6	11.30	10,7	0,32
7	12.30	10,6	0,32
8	13.30	10,5	0,32

9	14.30	9,9	0,27
10	15.30	9,5	0,26
11	16.30	9,1	0,13
12	17.30	8,6	0,09
13	18.30	8,0	0,05

Dari tabel 9 dapat dilihat lampu telah dihidupkan selama 12 jam mulai dari pukul 06.30 WIB sampai pukul 18.30 WIB. Tegangan awal sebesar 12 volt dengan arus sebesar 0,34 ampere, pada jam ke 4 sampai jam ke 8 arus pada baterai tetap stabil yaitu sebesar 0,32 ampere dan terjadi penurunan arus pada jam ke 9 dengan arus sebesar 0,27 ampere atau penurunan arus 0,05 ampere. Pada jam jam berikutnya arus baterai mengalami penurunan secara terus menerus dari 0,26 ampere ke 0,13 ampere atau penurunan sebesar 0,13 ampere, dari 0,13 menurun menjadi 0,09 dan menurun lagi menjadi 0,05 pada jam ke 12 atau mengalami penurunan sebesar 0,04 ampere. Tegangan akhir pada baterai adalah sebesar 8,0 volt atau 66% dari kapasitas penuh baterai.

Pengisian Baterai:

Pengujian lama waktu pengisian baterai dilakukan dengan keadaan baterai dari 66% yaitu kondisi setelah dipakai selama 12 jam sampai 100%.

Terdapat 2 tahapan pengujian yaitu pengisian baterai tanpa beban dan pengisian baterai dengan beban menyala. Pada tabel berikut menjelaskan pengujian pengisian baterai.

Tabel 10 Pengujian pengisian baterai tanpa beban

No	Tanggal	Jam	Tegangan	Kapasitas
1	18 Maret 2019	09.30	8,0	66 %
2	18 Maret 2019	10.30	8,64	71 %
3	18 Maret 2019	11.30	9,29	76 %
4	18 Maret 2019	12.30	9,95	82 %
5	19 Maret 2019	08.30	10,59	87 %
6	19 Maret 2019	09.30	11,21	93 %
7	19 Maret 2019	10.30	11,84	98 %
8	19 Maret 2019	10.45	12,0	100 %

Pengujian dilakukan dengan arus pengisian 0,88 ampere dan tegangan sebesar 13,4 volt. Dari pukul 09.30 WIB - 10.30 WIB terjadi peningkatan kapasitas baterai

sebesar 5%, pukul 10.30 WIB – 11.30 WIB terjadi peningkatan sebesar 5%. Pada pukul 11.30 WIB sampai pukul 10.45 WIB pada hari berikutnya terjadi peningkatan kapasitas baterai berturut turut sebesar 6%, 5%, 6%, 5% dan 2% dengan kapasitas terisi penuh sebesar 100% dan tegangan sebesar 12 volt.

Tabel 11 Pengujian Pengisian Baterai dengan Beban

No	Tanggal	Jam	Tegangan	Kapasitas
1	20 Maret 2019	10.00	8,0	66 %
2	20 Maret 2019	11.00	8,8	72 %
3	20 Maret 2019	11.30	9,6	79 %
4	21 Maret 2019	12.30	10,3	86 %
5	21 Maret 2019	8.30	11,2	93 %
6	21 Maret 2019	9.30	12	100 %

Hasil dari pengujian lama pengisian baterai dengan beban lampu led 2 x 3 watt dengan arus pengisian 1,12 ampere serta tegangan 13,4 volt didapatkan waktu pengisian 5 jam. Dari pukul 10.00 WIB – 11.00 WIB terjadi peningkatan kapasitas baterai sebesar 6%, pukul 11.00 WIB – 12.00 WIB terjadi peningkatan sebesar 7%. Pada pukul 12.00 WIB sampai pukul 9.30 WIB pada hari berikutnya terjadi peningkatan kapasitas baterai berturut turut sebesar 7%, 7%, dan 7% dengan kapasitas terisi penuh sebesar 100% dan tegangan sebesar 12 volt.

Penutup

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan yaitu Perencanaan dan Implementasi *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Langkah-langkah pembuatan prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro yaitu dengan membuat bilah turbin air seperti pada penelitian yang telah dilakukan, turbin yang dibuat merupakan turbin jenis *crossflow* yang terdiri dari jumlah sudu sebanyak 12 buah, dengan panjang 19 cm dan lebar 8 cm.
2. Membuat kerangka box yang terbuat dari besi siku dan kayu, menghubungkan generator dan turbin air dengan menggunakan *pulley* dan *v-belt*, merangkai dan menghubungkan komponen panel kontrol yang terdiri dari fuse, saklar, rangkaian *buckboost converter*, baterai, voltmeter, amperemeter dan beban (lampu).

3. Kinerja dari prototipe pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang telah dibuat dengan debit air sebesar 0,0054 m³/s didapatkan kecepatan putaran turbin 169 rpm, dengan kecepatan putaran generator sebesar 1220 rpm. Turbin dapat memutar generator yang sebelumnya sudah dihubungkan menggunakan *v-belt* dan generator dapat menghasilkan tegangan sebesar 18,27 volt, arus pengisian baterai 0,83 A tanpa beban dan arus pengisian baterai dengan beban lampu led 2x3 watt sebesar 1,12 A.

Daftar Pustaka

- Allo, Seyung Padang. 2018. “Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Tipe Cross Flow dengan variasi diameter turbin”. Jurnal Teknik Mesin: Mataram. Universitas Mataram.
- Anggono, Hudan Guntur. 2010. “Studi pembangunan PLTM sumberan 16,4 KW di dusun sumberan pacet mojokerto jawa timur”. Jurnal Teknik Elektro: Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Arismunandar dan Kuwahara. 2004. “Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid 1”. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Dirjen Listrik Kementerian ESDM. 2010. “Modul Pelatihan Studi Kelayakan Pembangunan Mikro Hidro”. Jakarta: IMIDAP.
- Dirjen Listrik Kementerian ESDM. 2008. “Pedoman Teknis PLTMH”. Jakarta: IMIDAP.
- Firmansyah Iffan, Mahmudsyah, dkk. 2011. “Studi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dompiong 50 kW di Desa Dompiong, Bendungan, Trenggalek Untuk Mewujudkan Desa Mandiri Energi (DME)”. Jurnal Teknik Elektro: Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Hunggul dan Markus. 2015. “PLTMH (Pembangkit Listrik tenaga Mikro hidro)”. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Kurniawan Adhy, dkk. 2009. “Pedoman Studi Kelayakan Sipil PLTMH”. Jakarta: IMIDAP.
- Kurniawan Adhy, dkk. 2009. “Pedoman Studi Kelayakan Mekanikal Elektrikal”. Jakarta: IMIDAP.
- Mahmudin, Irawan Dwi. 2014. “Pembuatan Turbin Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Bumi Nabung Timur”. Jurnal Teknik: Lampung. Universitas Muhammadiyah Metro.
- Nurhuda Ahmad. 2016. “Perancangan Turbin Crossflow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Bukit Biobio”. Jurnal Teknik Mesin: Padang. Universitas Negeri Padang.

- Ridwan. 2014. "Perancangan Model Air Aliran Silang (Cross Flow Turbine) dengan Head 2 m dan Debit $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ ". Jurnal Teknik: Jakarta. Universitas Mercu Buana
- Saka Aji. 2010. "Studi Perencanaan PLTMH 1x12 kW sebagai Desa Mandiri Energi di Desa Karangsewu, Cisewu, Garut, Jawa Barat". Jurnal Teknik Elektro: Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Wie, David Setiawan. 2018. "Perencanaan dan Implementasi Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro". Jurnal Teknik Elektro: Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.

