

PERENCANAAN DAN IMPLEMENTASI PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH)

DAVID SETIAWAN WIE

Progam Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : setiawanwie_david@yahoo.com

ACHMAD IMAM AGUNG

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : imamagung@yahoo.com

Abstrak

Listrik merupakan kebutuhan vital masyarakat yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Dari mulai fungsinya yang paling sederhana, yaitu penerangan sampai fungsi lainnya sebagai sarana memperoleh hiburan dan informasi seperti (televisi, radio, charger telepon genggam, dan lainnya). Skripsi ini bertujuan untuk Mengetahui merencanakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), membuat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), dan mengetahui kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) yang telah dibuat. Skripsi ini menggunakan air sebagai sumber energi untuk memutar turbin yang terbuat dari pipa PVC yang kemudian dikopel dengan generator DC menggunakan V-belt tipe m-53 dengan rasio pulley 1 : 7 , generator disini berfungsi sebagai pengkonversi energi kinetik menjadi energi listrik. Dari pengujian alat didapatkan hasil dari ketinggian air 5 meter dengan debit air sebesar 8,5 lt/s mampu memutar turbin air dengan rpm turbin sebesar 412 yang telah dikopel dengan generator DC, dan menghasilkan tegangan sebesar 17 volt dengan arus pengisian baterai tanpa beban sebesar 0,196 A dan arus pengisian baterai dengan beban sebesar 0,280 A.

Kata Kunci : Energi Alternatif, PLTMH, Turbin Air, Battery, Buck Converter.

Abstract

Electricity the most important of society can't be separated from daily life. From the start of its simplest function, namely lighting to other functions as a mean of obtaining entertainment and information such as (television, radio, mobile phone charger, and others). This thesis aims to know the plan of Micro Hydro Power Plant (PLTMH), make Hydro Micro Power Plant (PLTMH), and know the performance of Micro Hydro Power Plant (PLTMH) that has been made. This thesis uses water as an energy source for turning turbines made of PVC pipe which was then coupled with a DC generator using V-belt type m-53 with a pulse ratio of 1: 7, the generator here served as a converter of kinetic energy into electrical energy. From the testing of the tool, the results obtained from the water level of 5 meters with a water discharge of 8.5 liters / s rotated the turbine with turbine rpm of 412 which has been coupled with DC generator, and produced a voltage of 17 volts with the charging current without a load of 0.196 A and charging current with a load of 0.280 A.

Keywords : Alternative Energy, PLTMH, Water Turbine, Battery, Buck Converter.

PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan vital masyarakat yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Dari mulai fungsinya yang paling sederhana, yaitu penerangan sampai fungsi lainnya sebagai sarana memperoleh hiburan dan informasi seperti (televisi, radio, charger telepon genggam, dan lainnya). Pada era modern ini, listrik juga difungsikan untuk menggantikan bahan bakar minyak atau gas yang digunakan untuk memasak melalui penggunaan alat masak tenaga listrik, seperti rice cooker dan pemasak air listrik. Demikian juga dengan telepon genggam, dalam era informasi dan keterbukaan saat ini telepon genggam sudah merambah sampai ke desa-desa.

Pada akhirnya ketika kebutuhan listrik meningkat, sedangkan kemampuan pemerintah dalam menghasilkan listrik terbatas, terjadi krisis listrik dimana-mana. Dengan

demikian penyebaran listrik di Indonesia belum bisa dikatakan sukses, dimana Indonesia terdiri dari kurang lebih 17.500 pulau membuat transportasi dari suatu tempat ke tempat lainnya masih sulit dicapai. Hal ini dipersulit lagi dengan keadaan topografi yang umumnya bergunung-gunung dengan lereng lapangan dari landai sampai sangat curam, sabagai akibatnya masih banyak desa-desa yang terpencil yang belum mendapatkan aliran listrik menurut data Perusahaan Listrik Negara (Dwiyanto,2016) masih terdapat 2.500 desa di Indonesia yang gelap gulita belum teraliri listrik.

Dilain sisi Indonesia memiliki sumber tenaga listrik bermacam-macam yang dapat dimanfaatkan ada batubara, uap , panas bumi dan tenaga air. Semua sumber energi listrik mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing, baik sisi ketersediaan bahan baku , resiko dampak negatif terhadap lingkungan sampai dengan biaya

investasinya. Dipihak lain, Indonesia yang merupakan sebagai negara kepulauan, banyak anak-anak sungai mengalir dari puncak-puncak gunung yang banyak sehingga mempunyai prospek yang baik untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH).

Mikro hidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikro hidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi), turbin dan generator (sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik). Mikro hidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan turbin dan memutar generator.

Menurut Larasakti (2012:245) jadi pada prinsipnya dimana ada air mengalir dengan ketinggian minimal 2,5 meter dengan debit 250 liter/detik, maka disitu ada energi listrik. Selain daripada itu mikro hidro tidak perlu membuat waduk yang besar seperti PLTA, sayangnya sampai sekarang ini teknologi PLTMH di masyarakat masih kurang familier sehingga pertumbuhannya juga lambat.

KAJIAN TEORI

Energi Air

Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan dikonversikan menjadi listrik, menurut Bakri (2013:19) air merupakan sumber energi terbarukan yang dapat diaplikasi pada pembangkit energi listrik yang mempunyai potensi cukup besar di Indonesia. Potensi energi air di Indonesia mencapai 75,67 GW dan potensi untuk mikro hidro sebesar 0,45 GW Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, pada air juga tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Sedangkan pada pembangkit listrik tenaga air tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca.

Air merupakan sumber energi terbarukan karena air secara terus menerus mengisi ulang melalui siklus hidrologi bumi. Semua sistem hidroelektrik membutuhkan sumber air mengalir tetap, seperti sungai atau anak sungai, tidak seperti tenaga matahari dan angin, tenaga ini dapat menghasilkan tenaga terus menerus selama 24 jam setiap harinya. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai.

Energi kinetik dari air yang memutar turbin untuk menggerakkan generator dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (1)$$

Dimana =

P = daya (Hp)

ρ = massa air = 1000 kg/m

H = tinggi terjun air [meter]

(Bakri, 2013:20)

$$\text{Luas penampang pipa (A)} = \pi r^2 \quad (2)$$

Dimana =

π = 3,14

r = 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 = Koefisien air (0,98)

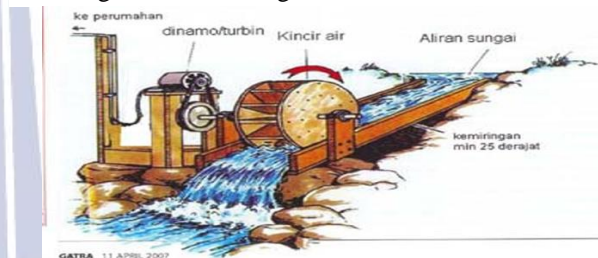
g = Gravitasi Bumi 9,81 m/s

h = Jarak lubang dari permukaan air (Meter)

(Sholihah, 2010:2)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Menurut kamus besar bahasa Indonesia *mikrohidro* merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata *mikro* yang berarti kecil dan *hidro* yang berarti air. PLTMH adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air dengan debit air yang kecil (Nugroho, 2015:14). Pada Gambar 1 menunjukkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.



Gambar 1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

(<https://indonesiabertanam.com/2015>)

Mikro hidro merupakan pembangkit listrik skala kecil dengan batasan kapasitas maksimal 120 KW dan kurang dari 200 KW (Damastuti, 1997). Ada juga penggolongan lain yang memilah sistem pembangkit listrik tenaga air skala kecil menjadi 3, yaitu minihidro dengan kapasitas 100 KW (Kilo Watt) s/d 1 MW (Mega Watt), mikrohidro dengan kapasitas antara 1-100 KW, dan pikohidro dengan kapasitas dari beberapa Watt sampai dengan 1 KW (Kilo Watt atau 1000 Watt) (Nugroho, 2015:11).'

Komponen PLTMH sebagai berikut :

- Air (sumber penggerak).
 - Bendungan.
 - Saluran terbuka.
 - Bak penenang/pengahantar (*forebay*)
 - Saluran tertutup/pipa pesat/*penstock*.
 - Turbin: mengkonversi energi aliran air menjadi energi putaran mekanis.
 - Generator: menghasilkan listrik dari putaran mekanis.
 - Panel kontrol dan instalasi listrik.
- (Nugroho, 2015:14).

Turbin Air

Turbin air adalah turbin dengan media kerja air. Secara umum, turbin adalah alat mekanik yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap atau *stationary blade*, tidak ikut berputar bersama poros, dan berfungsi mengarahkan aliran *fluida*. Sedangkan sudu putar atau *rotary blade*, mengubah arah dan kecepatan aliran *fluida* sehingga timbul gaya yang memutar poros.

Menghitung Kecepatan Turbin.

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

Dimana =

D_1 = Diameter Turbin

Menghitung Torsi.

$$T = \frac{P}{2\pi n} \quad (6)$$

Dimana =

n = Kecepatan (rpm)

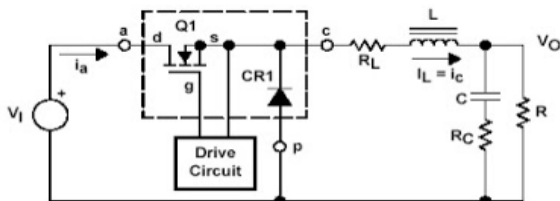
(Sholihah, 2010:2)

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.

DC chopper tipe Buck (Buck converter)

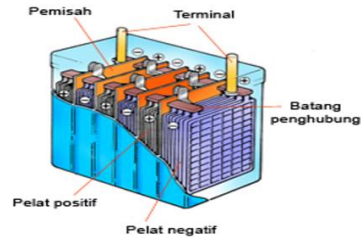
DC Chopper tipe Buck merupakan salah satu jenis dari DC Chopper, rangkaian elektronika daya ini dapat mengubah tegangan nilai tertentu menjadi tegangan DC yang lebih rendah. Untuk mendapatkan tegangan yang lebih rendah daripada masukannya, DC Chopper tipe Buck menggunakan komponen switching untuk mengatur duty cyclenya. Komponen switching tersebut dapat berupa *thyristor*, *MOSFET* (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*), *IGBT*, dll (Ngabei, 2012). Pada Gambar 2 menunjukkan rangkaian DC chopper tipe buck (buck converter)



Gambar 2 Rangkaian DC chopper tipe buck converter
(Sumber : <http://jendeladengabei.co.id/2012>)

Baterai

Baterai merupakan sumber arus searah yang digunakan dalam pusat listrik. Baterai harus selalu disearahkan melalui penyearah (*rectifier*). Kutub negative dari baterai sebaiknya ditanahkan untuk memudahkan deteksi gangguan hubung tanah pada instalasi arus searahnya. Pada Gambar 3 menunjukan baterai.



Gambar 3 Baterai

(Sumber: www.bocahsoenyi.com/2015)

Menghitung lama pengisian baterai (Td) :

$$\text{Daya baterai} : V \times Ah \quad (7)$$

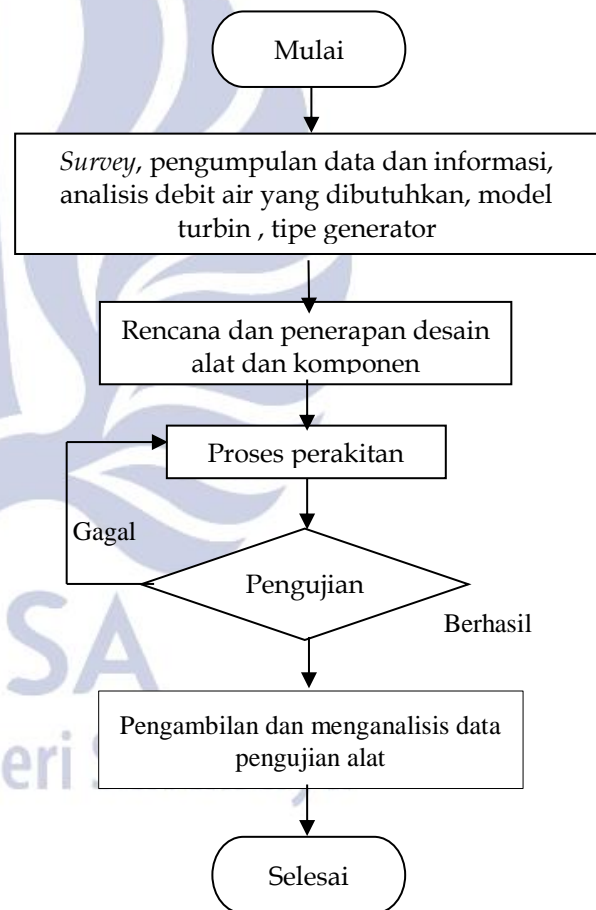
$$VA : \text{Tegangan (V) } \times \text{ Arus generator (A)} \quad (8)$$

$$Td : \text{Daya Baterai} / VA \quad (9)$$

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Pada Gambar 4 menunjukan diagram alir perencanaan prototipe PLTMH.



Gambar 4 Diagram alir Perencanaan Prototipe PLTMH.
(Sumber Data Primer 2017)

Rancangan penelitian yang telah dibuat sebelumnya, prosedur untuk tiap tahapan akan dipaparkan sebagai berikut:

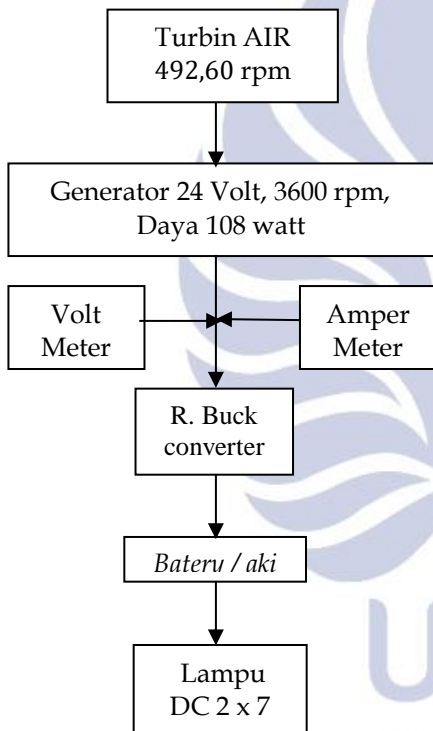
1. *Survey*, pengumpulan data dan informasi, analisis debit air yang dibutuhkan, model turbin, tipe generator. Peneliti melakukan *survey* terlebih dahulu

agar mendapatkan data dan informasi yang jelas tentang pembangkit listrik tenaga mikro hidro.

2. Rencana dan penerapan desain alat dan komponen, dilakukan menyesuaikan alat agar desain sesuai yang dikehendaki.
3. Uji coba alat, dilakukan pengujian alat agar mengetahui apakah alat berhasil dan siap digunakan agar dapat berlanjut pada tahap selanjutnya. Apabila hasil dan kondisi tidak sesuai dengan tujuan penelitian maka akan kembali pada tahap Rencana dan penerapan desain alat dan komponen.
4. Pengambilan dan menganalisis data pengujian alat, dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat yang telah dibuat sesuai dengan tujuan penelitian.

Diagram line prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

Pada Gambar 5 menunjukkan diagram line prototipe PLTMH.



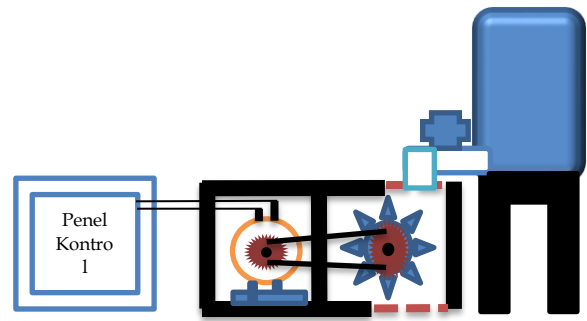
Gambar 5 Diagram Line Prototipe PLTMH (Sumber Data Primer : 2017)

Perencanaan Dan Implementasi Prototipe PLTMH

Perencanaan Dan Implementasi Prototype PLTMH meliputi beberapa desain yaitu; desain Prototype PLTMH, desain panel kontrol Prototype PLTMH, perencanaan tempat air (tandon), turbin air, generator, baterai, kontrol tegangan dan beban.

1. Desain perencanaan prototipe PLTMH.

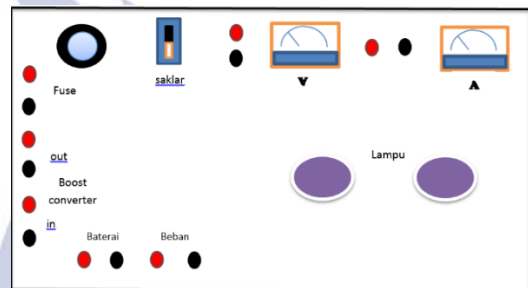
Pada Gambar 6 menunjukkan desain perencanaan prototipe PLTMH.



Gambar 6 Desain Perencanaan Prototipe (PLTMH) (Sumber Data Primer : 2017)

2. Desain Panel kontrol Prototipe PLTMH.

Pada Gambar 7 menunjukkan desain perencanaan panel kontrol prototipe PLTMH.



Gambar 7 Desain Panel Kontrol Prototipe (PLTMH) (Sumber Data Primer : 2017)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah-langkah Perencanaan Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

1. Merencanakan Tempat air (Tandon) .

Pada Tabel 1 menunjukkan Data Perencanaan Tempat Air (Tandon)

Tabel 1 Data Perencanaan Tempat Air

Parameter	Nilai	Satuan
Kapasitas	200	Liter
Tinggi	5	Meter
Debit	9,4	lt/s
Jumlah Pipa	2	Buah
Pesat		
Diameter Pipa	1	Inch
Pesat		

Menghitung luas penampang (A) pipa menggunakan persamaan 2 didapat hasil sebagai berikut:

$$1 \text{ Inch} = 0.000506 \text{ m}^2$$

Diketahui kecepatan aliran air menggunakan persamaan 4 didapat hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V &= C \cdot \sqrt{2gH} \\
 &= 0,98 \cdot \sqrt{2 \cdot (9,8 \text{ m/s}) \cdot 5 \text{ meter}} \\
 &= 0,98 \cdot 9,8 \\
 &= 9,70 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung debit aliran air menggunakan persamaan 3 didapat hasil sebagai berikut :

$$Q = A \cdot V$$

$$Q_{\text{Penstock 1}} = 0,005446 \text{ ft/s} \times 31,04 \text{ ft/s} \\ = 0,169 \text{ ft/s} = 4,7 \text{ lt/s}$$

$$Q_{\text{Penstock 2}} = 0,005446 \text{ ft/s} \times 31,04 \text{ ft/s} \\ = 0,169 \text{ ft/s} = 4,7 \text{ lt/s}$$

$$Q_{\text{Total}} = 0,169 \text{ ft/s} + 0,169 \text{ ft/s} \\ = 0,338 \text{ ft/s} = 9,4 \text{ lt/s}$$

2. Merencanakan turbin air.

Pada Tabel 2 menunjukkan data perencanaan turbin air.

Tabel 2 Data Perencanaan Turbin Air

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang	20	cm
Diameter	18	cm
Lebar Sudu	8	cm
Jumlah Sudu	12	Buah
Kecepatan putaran	492,60	Rpm
Torsi	0,1611	Nm

Menghitung kecepatan putaran turbin menggunakan persamaan 5 sebagai berikut :

$$N = \left[\frac{862}{7,086} \right] \sqrt{16,4} \\ = (121,64) \cdot (4,04) \\ = 492,60 \text{ rpm}$$

Menghitung daya turbin akibat energi potensial air menggunakan persamaan 1 didapat hasil sebagai berikut.

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \\ = (1000 \text{ kg/m}^3) \cdot (0,0095 \text{ m}^3) \cdot (9,81 \text{ m/s}) \cdot (5 \text{ m}) \\ = 465,97 \text{ HP}$$

Perbandingan perhitungan perencanaan debit air, daya turbin (HP) dan kecepatan putaran turbin (RPM) dengan hasil pengujian.

Pengujian kapasitas aliran air.

Pada pengukuran ini dilakukan pengujian terhadap kapasitas aliran air dengan cara menghitung lama pengisian bejana (volume 33 liter) dalam ketinggian 5 meter dengan 2 pipa penstock dengan ukuran 2 x 1 inch.

$$\text{Debit} = \frac{\text{Volume bejana}}{\text{waktu}} \quad (10) \\ = \frac{33 \text{ Lt}}{3,87 \text{ s}} \\ = 8,5 \text{ Lt/s}$$

Jadi hasil yang didapat dari hasil pengujian diatas didapat debit air 8,5 lt/s dan terdapat selisih antara nilai dari perencanaan dengan nilai hasil pengujian. Untuk menghitung prosentase error dapat menggunakan rumus sebagai berikut sebagai berikut :

$$\%error = \frac{\text{Debit teori} - \text{Debit praktek}}{\text{Debit teori}} \times 100 \quad (11) \\ = \frac{9,4 \text{ Lt/s} - 8,5 \text{ Lt/s}}{9,4 \text{ Lt/s}} \times 100\% \\ = \frac{0,9 \text{ Lt/s}}{9,4 \text{ Lt/s}} \times 100\% \\ = 9,5 \%$$

Menghitung daya turbin air (HP) setelah diketahui debit air dapat menggunakan persamaan 1 didapat hasil sebagai berikut.:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \\ = (1000 \text{ Kg/m}^3) \cdot (0,0085 \text{ m}^3) \cdot (9,81 \text{ m/s}) \cdot (5 \text{ m}) \\ = 416,92 \text{ HP}$$

Setelah menghitung daya turbin menggunakan debit air yang telah diujicoba terdapat selisih antara daya output (HP) turbin hasil rancangan dengan hasil pengujian dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\%error = \frac{\text{Daya teori} - \text{Daya praktek}}{\text{Daya teori}} \times 100\% \quad (12) \\ = \frac{465,97 \text{ Hp} - 416,92 \text{ Hp}}{465,97 \text{ Hp}} \times 100\% \\ = \frac{49,05 \text{ Hp}}{465,97 \text{ Hp}} \times 100\% \\ = 10,52 \%$$

Pengujian kecepatan putaran turbin.

Pengukuran kecepatan turbin menggunakan tachometer menghasilkan pembacaan 412 rpm.

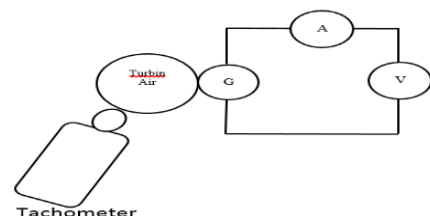
$$\%error = \frac{\text{Putaran teori} - \text{Putaran praktek}}{\text{Putaran teori}} \times 100\% \quad (13) \\ = \frac{492,60 - 412}{492,60} \times 100\% \\ = \frac{80,6}{492,60} \times 100\% \\ = 16,36 \%$$

Menguji Kinerja Dari Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Yang Telah Dibuat.

Prosedur Pengujian.

1. Mencatat kecepatan putaran turbin dengan tachometer.
2. Mencatat kecepatan putaran generator dengan tachometer
3. Pengukuran tegangan generator.

Memasang rangkaian seperti pada Gambar 8 rangkaian pengukuran tegangan yang dihasilkan generator. Pada Gambar 8 menunjukkan diagram pengukuran tegangan.

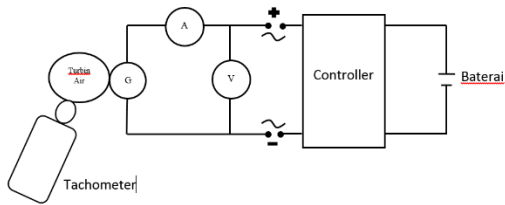


Gambar 8 Rangkaian Pengukuran Tegangan. (Sumber : Data Primer. 2017)

4. Pengujian arus pengisian baterai tanpa beban.

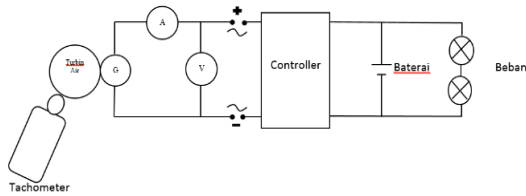
Memasang rangkaian seperti pada Gambar 9 diagram pengukuran pengisian baterai tanpa beban.

Pada Gambar 9 menunjukkan rangkaian pengukuran arus pengisian baterai tanpa beban.



Gambar 9 Rangkaian Pengukuran Arus Pengisian Baterai tanpa Beban
(Sumber : Data Primer. 2017)

5. Pengujian Arus Pengisian Baterai dengan Beban DC. Memasang rangkaian seperti Gambar 10 rangkaian pengukuran arus pengisian baterai dengan beban. Pada Gambar 10 menunjukkan rangkaian pengukuran arus pengisian baterai dengan beban dc.



Gambar 10 Rangkaian Pengukuran Arus Pengisian Baterai dengan Beban DC.
(Sumber : Data Primer. 2017)

Pada Tabel 3 menunjukkan hasil pengisian baterai tanpa beban lampu.

Tabel 3 Hasil Pengisian Baterai Tanpa Beban Lampu

No	Parameter Yang Diujikan	Pengujian Pada Ketinggian 5 Meter	Satuan
1.	Debit air	8,5	lt/s
2.	Kecepatan Putaran Turbin	412	Rpm
3.	Kecepatan Putaran Generator	2884	Rpm
4.	Tegangan Murni Generator	17	V
5.	Arus Generator	0,196	A
6.	Tegangan Generator Setelah Melalui Buck Konverter	13,2	V

Pada Tabel 4 menunjukkan Pengisian baterai dengan beban

Tabel 4 Hasil Pengisian Baterai Dengan Beban

No	Parameter Yang Diujikan	Pengujian Pada Ketinggian 5 Meter	Satuan
1.	Arus Generator	0,280	A

2.	Tegangan Beban	12	V
3.	Daya Beban	2 x 7	Watt

PENUTUP

Simpulan

Kinerja dari prototipe pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang telah dengan debit air sebesar 8,5 lt/s didapatkan kecepatan putaran turbin 412 rpm, dengan kecepatan putaran sebesar 412 rpm turbin dapat memutar generator yang sebelumnya sudah dihubungkan menggunakan v-belt dan generator dapat menghasilkan tegangan sebesar 17 volt, arus pengisian 0,196 A baterai tanpa beban dan arus pengisian baterai dengan beban sebesar 0,280 A.

Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran untuk penelitian mendatang yaitu membuat membuat alat untuk menyatel kekencangan v-belt, dan membuat rangkain charger Kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakri, Fauzi dan Hadiyanto, Roy. 2013. “Rancang Bangun Prototipe Portable Mikro Hydro Menggunakan Turbi Croos Flow”. Jurnal Penelitian Fisika. hal. 19-25.
- Damastuti, A.P. 1997. Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. Wacana. Volume 8. Mei-juni 1997.(http://www.elsppat.or.id/download/file/w8_a6.pdf, (diakses 10 febuari 2017 pukul 20.00 WIB)
- Dwiyanto. 2016. Catatan Hari Listrik Nasional ke-71. DetikFinance.<http://finance.detik.com/read/2017/02/13/121041/2073884/catatan-hari-listrik-nasional-ke-67->(diakses 13 febuari 2017 pukul 12.00 WIB)
- Larasakti , Andi Ade, dkk. 2012. “Pembuatan dan Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Banki Daya 200 Watt”. Universitas Hasanuddin, Makassar
- Ngabei , Den. 2012. Jendela Den Ngabei DC Chopper tipeboostconverter.<http://jendeladenngabei.blogspot.co.id/2012/12/dc-chopper-tipe-boost-boost-converter.html> (diakses 25 febuari 2017 pukul 18.00 WIB)
- Nugroho, Hunggul Y.S.H. & Sallata, M. Kudeng. 2015. “Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)”. Andi Offset.
- Sholilah, Fifi Hesty. 2010 “Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Llistrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Jurnal Penelitian Teknik Elektro Industri. Vol 1: hal. 1-6
- Web.<http://dunia-listrik.co.id/Karakteristik-generator/> (diakses 13 April 2017 pukul 18.05 WIB)
- Web. <http://bocahsoenyi.com/2015/11/cara-merawat-accu-aki-agar-lebih-awet.html> (diakses 8 april 2017 10.00 WIB)
- Web.<https://indonesiabertanam.com/2015/11/01/energi-terbarukan-merancang-pembangunan-pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro-pltmh/> (diakses 3 April 2017 21.15 WIB)