

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *MICROHYDRO* (PLTMH) DENGAN MENGGUNAKAN GENERATOR DINAMO ZYT-70-5

Mohamad Khasif^{*1)}, Achmad Rijanto^{*2)}, Luthfi Hakim^{*3)}

^{*1,2,3)}Universitas Islam Majapahit, Mojokerto

E-mail muhammadkhasif19@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah proses rancang bangun pembangkit listrik tenaga microhydro dengan menggunakan generator dinamo ZYT-70-5. Dengan latar belakang air sungai sangat melimpah didesa tempat saya, tinggal lebih tepatnya di Ds. Sampang Agung Kec. Kutorejo baik aliran sungai kecil hingga yang besar. PLTMH dipilih karena pembuatannya yang sederhana dan cocok digunakan pada perdesaan. Metode yang digunakan adalah metode perancangan pengembangan ialah sebuah cara tersistem atau teratur suatu rancangan untuk melakukan analisa pengembangan suatu sistem agar sistem tersebut dapat hasil yang maksimal. Hasil rancang bangun pada PLTMH ini jenis turbin yang digunakan adalah turbin pelton vertikal (impuls) dengan media aliran sungai secara langsung tanpa adanya nosel yang menyemprotkan air. Generator yang digunakan adalah dinamo ZYT-70-5 dengan spesifikasi 120 volt DC, 50 watt dengan kecepatan yang dibutuhkan 1800 rpm/menit. Kemudian output listrik generator dikontrol dengan menggunakan *buck boost* sehingga tegangan yang dihasilkan dapat stabil. Setelah itu output dari *buck boost* akan diubah dari tegangan DC menjadi 220-230 volt AC oleh inverter dengan daya maksimal yang dihasilkan mencapai 500 watt.

Kata kunci: PLTMH, Turbin Pelton, Dinamo ZYT-70-5, *Buck boost*, Inverter

ABSTRAK

The purpose of this research was the process of desingning a microhydro power plant using a ZYT-70-5 dynamo generator. With the background of the river water was very abundant in the village where I live, more precisely in Ds. Sampang Agung Kec. Kutorejo, both small and large rivers flow. PLTMH was chosen because of its simple construction and suitable for use in rural areas. The method used was the development design method was a systematic or regular way of a design to analyze the development of a syistem so that the syistem can get maximum results. The results of the design on this PLTMH type of turbine used was a vertical pelton turbine (impulse) with direct river flow media without a nozzle that sprays water. The generator used was a ZYT-70-5 dynamo with a specification of 120 volts DC, 50 watts with a required speed of 1800 rpm/minute. Then the electrical output of the generator was controlled by using a buck boost so that the resulting voltage can be stable. After that the output of the buck boost will be changed from DC voltage to 220-230 volt AC by the inverter with the maximum power generated reaching 500 watts.

Keywords: PLTMH, Pelton Turbine, ZYT-70-5 Dynamo, *Buck boost*, Inverter

PENDAHULUAN

Energi yang terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang secara cepat diproduksi kembali melalui proses alam. Energi terbarukan yang disebut meliputi energi panas bumi, biogas, angin, matahari, air, gelombang air laut dan lain sebagainya. Salah satu energi terbarukan yang paling banyak terdapat di Indonesia adalah energi air, potensi sumber daya air yang melimpah di Indonesia, membuat kita harus bisa mengembangkan potensi ini, karena air adalah sebagai sumber energi yang dapat terbarukan dan alami.

Manfaat air menjadi energi listrik yang sangat menguntungkan bagi masyarakat. Di Indonesia telah terdapat banyak sekali PLTMH dan waduk menampung air, tinggal bagaimana kita dapat mengembangkan PLTMH menjadi lebih baik lagi dan lebih efisien. Pada umumnya daerah pedesaan yang mempunyai potensi air yang besar, sehingga dapat dikembangkan sebagai pembangkit listrik tenaga air berskala kecil yang menguntungkan dan dapat digunakan pada rumah-rumah masyarakat.

Aliran-aliran sungai ini sangat berpotensi jika di gunakan sebagai tenaga utama dari *microhydro*. Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH) pembangkit listrik berskala kecil yang memanfaatkan tenaga aliran air sebagai sumber utama energi terbarukan yang ramah lingkungan. Tenaga air berasal dari aliran sungai yang dibendung dan memiliki ketinggian tertentu yang memiliki debit aliran yang bisa menggerakkan turbin yang akan dihubungkan dengan generator listrik.

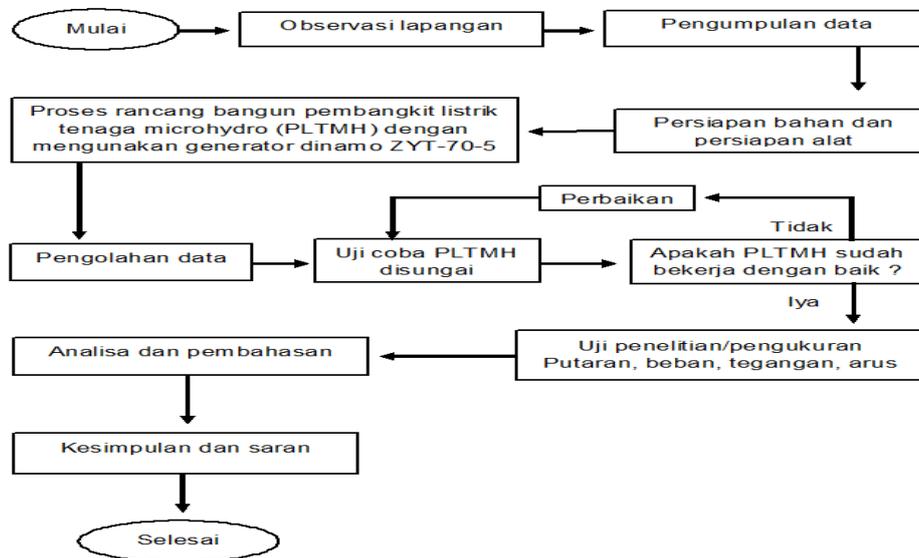
Pembangkit listrik tenaga *microhydro* pada prinsip kerjanya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air yang ada pada aliran saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air yang mengalir dengan kapasitas arus tertentu yang berasal dari aliran sungai yang dibendung dan memiliki ketinggian tertentu, air tersebut akan menumbuk turbin air sehingga turbin akan menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros turbin air. Energi ini selanjutnya akan diteruskan menggerakkan generator dan generator akan menghasilkan listrik. Semakin tinggi debit aliran air maka semakin besar energi mekanik yang di dapat oleh turbin air yang akan diubah menjadi energi listrik skala mikro (Rizal Firmansyah, Ir. Teguh Utomo, MT, Ir. Hery Purnomo, 2014).

METODE

Tempat pada proses penelitian ini dilaksanakan di Dusun. Sampang Agung Desa. Sampang Agung Kec. Kutorejo Kab. Mojokerto Jawa Timur. Pada Judul penelitian Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH) Dengan

Menggunakan Generator Dinamo ZYT-70-5. Data yang diambil dari penelitian ini adalah tahap rancang bangun, tegangan, beban, rpm, kuat arus yang dihasilkan pada PLTMH mulai tahap rancang bangun hingga menghasilkan output listrik 220-230 volt. Metode yang digunakan adalah metode perancangan pengembangan, ialah sebuah cara tersistem atau teratur suatu rancangan untuk melakukan analisa pengembangan suatu sistem agar sistem tersebut dapat hasil yang maksimal. Uji pengembangan yang digunakan ini suatu sistem yang akan dijadikan suatu rangkaian prosedur atau rancangan baru yang dapat digunakan sebagai metode penelitian dengan hasil yang lebih maksimal.

Tahap rancang bangun PLTMH dengan langkah – langkah penelitian dapat dilihat di gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Alat yang digunakan

1. Rumah turbin
2. Turbin
3. Generator
4. Inverter
5. Multitester digital
6. Tang ampere
7. Batrai
8. Gear
9. Rantai
10. Alat perkakas

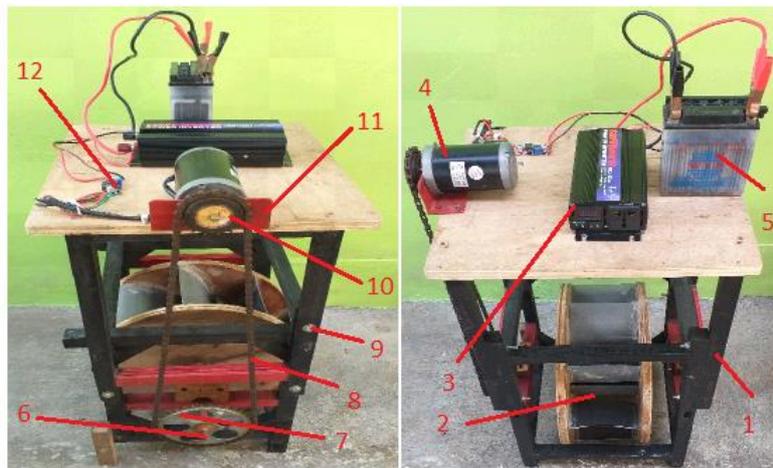
11. Tachometer
12. Buck Boos Step Dwon Step Up Converter

Bahan yang digunakan

1. Pipa pvc
2. Kayu
3. Besi
4. Triplek
5. Klaker

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancang Bangun (PLTMH)



Gambar 2. Bentuk rancang bangun (PLTMH)

Komponen-komponen yang terdiri pada (PLTMH) antara lain yaitu:

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1. Rangka | 7. Gear turbin |
| 2. Turbin air | 8. Rantai |
| 3. Inverter | 9. Mur/baut |
| 4. Dinamo ZYT-70-5 | 10. Gear dinamo |
| 5. Batrai | 11. Penopang dinamo |
| 6. Poros | 12. <i>Buck boost</i> |

B. Pembuatan Rancang Bangun PLTMH

Pembuatan Rangka

Rangka merupakan suatu komponen yang sangat vital pada (PLTMH). Hal ini dikarenakan rangka merupakan sebagai penopang semua komponen-komponen yang ada dalam PLTMH. Berdasarkan pernyataan tersebut maka bahan dasar rangka menggunakan bahan kayu 3 x 3 dengan ukuran $P \times L \times T = 36 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 71 \text{ cm}$ yang akan dirancang sesuai gambar tersebut. Rangka terdapat bantalan penyeting sudut kemiringan sehingga mempunyai pengaruh dalam penghasil energi mekanik sehingga bantalan pada rangka mempunyai pengaruh penting pada PLTMH. Spesifikasi bahan rangka ini, mampu mesin, tangguh, daya tahan terhadap panas, dan tidak tahan terhadap pelapukan.

Pembuatan poros

Poros ialah suatu komponen material yang penting dalam mentransmisikan gerak berputar yang dihasilkan oleh turbin. Poros ini berbentuk silinder dengan ukuran $\varnothing 10 \text{ mm}$ dengan panjang 50 cm, dimana selanjutnya terpasang elemen seperti roda gigi, bantalan klaker dan rantai. Spesifikasi poros menggunakan material besi St 30 yang memiliki kekuatan tarik sebesar 30 kg/mm^3 bahan poros ini tergolong keras, tangguh, ulet, mampu las, dan mudah dikerjakan dengan mesin, tidak tahan terhadap korosi.

Turbin Air

Turbin dalam PLTMH ini berfungsi sebagai komponen utama yang menghasilkan energi mekanik dari tekanan air, energi mekanik yang selanjutnya di ditransmisikan ke poros gear sebagai penggerak dinamo yang akan menghasilkan energi listrik. Pada turbin air tersebut menggunakan bahan terbuat dari triplek dengan ukuran 18 mm x 36 cm dan dilengkapi sudu-sudu turbin yang terbuat dari bahan pipa pvc dengan ukuran 14 cm berjumlah 8 buah sudu-sudu turbin. Spesifikasi bahan turbin air ini, daya tahan terhadap panas, tangguh, daya tahan terhadap beban.

Pembuatan Penopang Dinamo

Penopang dinamo merupakan suatu komponen yang sangat penting mempunyai fungsi sebagai pengikat atau penopang dinamo dinamo yang ada pada bagian rangka PLTMH. Berdasarkan pernyataan tersebut penopang dinamo menggunakan bahan besi profil L yang akan dipotong dengan ukuran 10 cm x 5 cm x 5 cm dengan ketebalan besi 3 mm dan disisi kiri tengah dibuat lubang cekungan yang sebagai tempat as dinamo, dan

juga terdapat lubang tempat *skrup* sebagai pengikat pada bantalan rangka. Bahan rangka ini, mampu mesin, mampu las, tangguh, tahan terhadap aus, tidak tahan terhadap korosi.

Pembuatan Rumah Turbin

Rumah turbin merupakan komponen penting sebagai letak dudukan turbin dan sebagai pembendung arus air agar air melewati tepat mengenai tengah turbin sehingga turbin akan mengalami gerak memutar yang maksimal. Bahan pembuatan rumah turbin terdiri dari kayu berukuran 3 x 3 yang akan dirancang dengan ukuran 36 cm x 30 cm x 50 cm sebagai bentuk rumah turbin. Spesifikasi rumah turbin mampu mesin, tangguh, daya tahan terhadap panas, dan tidak tahan terhadap pelapukan.

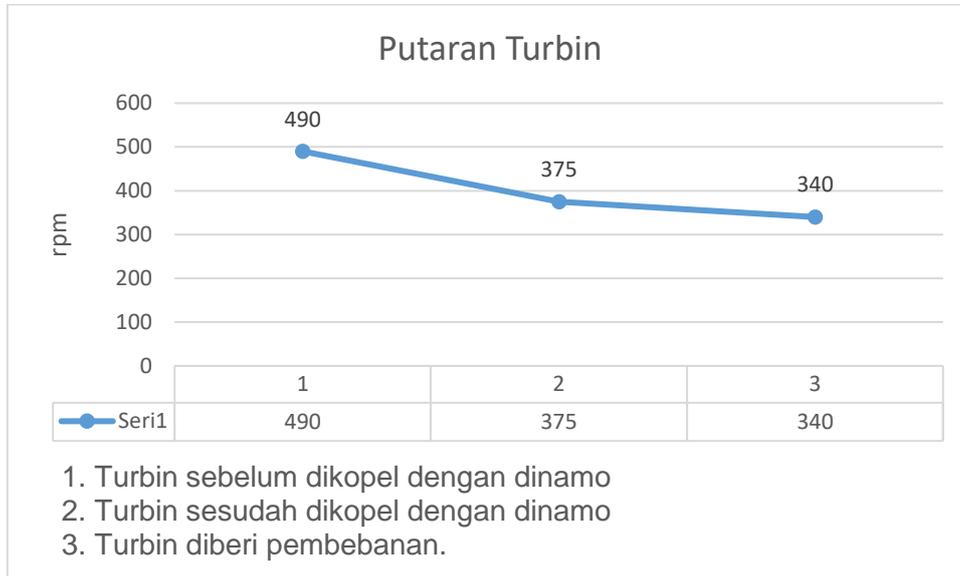
C. Hasil dan Pembahasan Pengujian PLTMH dengan menggunakan Dinamo ZYT-70-5

Tabel 1 Data Hasil Pengukuran Uji PLTMH

No.	Pengukuran Uji PLTMH	Nilai yang Didapat
1.	Putaran Turbin	490 Rpm (Sebelum dikopel generator) 375 Rpm (Sesudah dikopel generator) 340 Rpm (Turbin diberi beban)
2.	Debit Air	0,025 m ³ /s
3.	Tegangan Dinamo	11,10 Volt (Tanpa beban) 2,80 Volt (Diberi beban)
4.	Efisiensi Turbin	0,7 %
5.	Jumlah Sudu Turbin	8 Buah
6.	Ampere Dinamo	0,25 Ampere
7.	Tegangan Dinamo to Buck Boost	11,10 Volt (Dinamo sebelum dibuck boost) 14,2 Volt (Dinamo sesudah dibuck boost)
8.	Ampere Buck Boost	0,4 Ampere
9.	Tegangan Batrai	12,55 Volt
10.	Tegangan Inverter yang didapat	224 volt AC

Berdasarkan data penelitian diatas, adapun yang menjelaskan tentang kecepatan putaran turbin yang diperoleh pada saat tekanan debit air mencapai 0,025 m³/s sebagai pendorong turbin air yang menghasilkan energi mekanik berupa putaran turbin dengan jumlah sudu sebanyak 8 buah. Pada penelitian ini putaran turbin mencapai 490 rpm dengan keterangan turbin sebelum dikopel dengan dinamo, selanjutnya putaran turbin mencapai 375 rpm dengan keterangan turbin sesudah dikopel dengan dinamo, dan putaran turbin mencapai 340 rpm dengan keterangan turbin diberi pembebanan. Pada pembahasan putaran turbin ini, juga didapat hasil output pada dinamo mencapai 11,10 volt dengan

keterangan tanpa pembebanan dan 2,80 volt pada tegangan dinamo diberi pembebanan. Dari hasil pembahasan yang mengenai putaran rpm turbin yang dapat disajikan dalam bentuk gambar grafik dibawah ini:



Gambar 3. Grafik kecepatan turbin

Perhitungan Turbin

Dalam perancangan ini perhitungan dilakukan berdasarkan parameter yang sudah ditentukan. Parameter tersebut adalah :

$$\text{Kapasitas aliran air (V)} = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Tinggi jatuh air (H)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi turbin } (\eta_t) = 70 \% = 0,7$$

$$\text{Massa jenis air } (\rho) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Dari parameter tersebut maka dapat diperhitungkan:

- a. Daya yang dihasilkan turbin (P)

$$P = V \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_t$$

$$P = 0,025 \times 1000 \times 9,81 \times 1 \times 0,7$$

$$P = 171,675 \text{ w} = 0,17 \text{ kw}$$

- b. Perhitungan Kecepatan air keluar (C_1)

$$C_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$C_1 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1}$$

$$C_1 = 4.43 \text{ m/s}$$

Sehingga kecepatan tangensial (u)

$$u = \frac{C_1}{2}$$

$$u = \frac{4,43}{2}$$

$$u = 2,215 \text{ m/s}$$

c. Perhitungan luas permukaan pancaran air (A)

$$A = V/C_1$$

$$A = 0,025 / 4,43$$

$$A = 0,00564 \text{ m}^2$$

Sehingga diameter pancaran air (d) dapat dihitung

$$d = 0,54 \cdot \sqrt{\frac{V}{\sqrt{H}}}$$

$$d = 0,54 \cdot \sqrt{\frac{0,025}{\sqrt{1}}}$$

$$d = 0,54 \cdot \sqrt{\frac{0,025}{1}}$$

$$d = 0,0854 \text{ m} = 85,4 \text{ mm}$$

d. a) kecepatan spesifik (n_q)

pada kecepatan spesifik yang didapat pada penelitian kecepatan putaran turbin yang tidak diberi pembebanan sama sekali, putaran turbin (n) mempunyai kecepatan spesifik sebesar 490 Rpm dengan tekanan aliran $0,025 \text{ m}^3/\text{s}$

$$n_q = n \cdot \frac{\sqrt{V}}{H^{0,75}}$$

$$n_q = n \cdot \frac{\sqrt{0,025}}{1^{0,75}}$$

$$n_q = n \cdot 0,230$$

b) Diameter roda rata-rata (D)

$$D = \frac{60 \cdot u}{\pi \cdot n}$$

$$D = \frac{60 \cdot 2,215}{3,14 \cdot 490}$$

$$D = 0,086 \text{ m} = 86 \text{ mm}$$

c) sehingga perhitungan D/d

$$\frac{D}{d} = \frac{86}{85,4}$$

$$\frac{D}{d} = 1,01 \text{ mm}$$

Didapat perbandingan D/d adalah 1.01 pada jumlah sudu (z) ditentukan sebanyak 8 buah.

Perhitungan Poros

Poros ini digunakan untuk penompang turbin juga sebagai penghubung energi mekanik dan didukung dengan roda gigi. Proses perancangan poros mempunyai langkah-langkah perhitungan seperti yang dibawah ini :

- a. Daya Rencana

$$P_d = f_c \cdot P \quad (KW)$$

f_c adalah faktor koreksi, pada persoalan ini dipilih sebesar 1,2 karena dibutuhkan daya yang maksimum.

$$P_d = 1,2 \cdot 0,17$$

$$P_d = 0,204 \text{ kw}$$

Sehingga momen puntir rencana (kg.mm)

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{n}$$

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,204}{490}$$

$$T = 399,34 \text{ kg.mm}$$

- b. Bahan poros dari baja karbon st 30 mempunyai kekuatan tarik (σ_B) = 30 kg/mm². Mempunyai faktor keamanan Sf_1 dan Sf_2 sebesar 5 dan 2.

- c. Tegangan geser yang terjadi (τ_a)

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf_1 \cdot Sf_2}$$

$$\tau_a = \frac{30}{5 \cdot 2}$$

$$\tau_a = 3$$

- d. Diameter Poros (d_s)

$$d_s = \left[\frac{5.1}{\tau_a} \cdot kt \cdot cb \cdot T \right]^{\frac{1}{3}}$$

Kt dipilih sebesar 1,5 karena diperkirakan terjadi sedikit beban kejutan atau tumbukan.

Cb dipilih sebesar 1,2 karena diperkirakan tidak akan terjadi pembebanan lentur maka Cb = 1

$$d_s = \left[\frac{5.1}{3} \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 399,34 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$d_s = 10,06$ mm (Diameter perancangan poros menggunakan 10 mm)

Perbandingan Rasio pada Roda Gigi yang digerakkan

Untuk menghitung perbandingan rasio pada roda gigi yang digerakkan pada roda gigi penggerak dapat dihitung seperti terdapat dalam persamaan (2.13)

$$S_1 \cdot T_1 = S_2 \cdot T_2$$

$$490 \cdot 36 = S_2 \cdot 16$$

$$17,640 = S_2 \cdot 16$$

$$17,640 / 16 = S_2$$

$$1,102.5 = S_2 \text{ (Jadi hasil Rpm kecepatan } S_2 = 1,102.5 \text{ Rpm)}$$

Dimana :

S_2 dan T_2 = merupakan kecepatan dan gigi pada roda gigi yang digerakkan

S_1 = Kecepatan putar dari roda gigi penggerak

T_1 = Jumlah gigi pada roda gigi penggerak

D. Pembahasan Pengujian PLTMH terhadap Beban yang digunakan

Pada pembahasan ini mengetahui beban yang digunakan saat pengujian PLTMH menggunakan dinamo ZYT-70-5, diproses menjadi tegangan AC 220-230 volt dengan adanya *inverter* yang mempunyai kapasitas daya sebesar 500 watt.

Tabel 2. Beban sebagai penguji PLTMH

No	Beban yang digunakan	Tegangan (volt)	Daya (watt)
1.	Strika	220-230 volt	300 watt
2.	Mesin jiksaw	220-230 volt	450 watt
3.	Strika + mesin jiksaw	220-230 volt	750 watt

Pada beban yang terdapat pada tabel yang sebagai hasil dan pembahasan mengenai penelitian rancang bangun pembangkit listrik tenaga *Microhydro* (PLTMH) dengan menggunakan dinamo ZYT-70-5 yang mampu menghasilkan listrik maksimal. Berikut ini hasil dan pembahasan dari pengujian beban pada PLTMH sebagai hasil yang terdapat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Beban sebagai penguji PLTMH

No	Beban yang digunakan	Watt beban	Tegangan yang didapat	Ampere
1.	Strika	300 watt	177 volt	1,22 Ampere
2.	Mesin Gergaji Jiksaw	450 watt	199 volt	0,65 Ampere
3.	Strika + Mesin Gergaji Jiksaw	750 watt	0.00 volt	0.00 Ampere

Pada waktu melakukan pengujian menggunakan beban pertama dengan menggunakan strika dengan daya 300 watt inverter dapat mensuplai listrik dengan sempurna sehingga setrika dapat dinyalakan. Kemudian pada waktu pengujian beban kedua dengan menggunakan mesin jigsaw dengan daya 450 watt inverter masih mampu untuk mensuplai beban kedua. Pada waktu beban pertama dan kedua ditambahkan, daya listrik pada inverter mengalami drop sehingga terjadi ketidakkuatan tegangan inverter. Diakibatkan oleh beban yang digunakan melebihi batas maksimal pada daya inverter, karena daya maksimal yang dihasilkan oleh inverter sebesar 500 watt.

SIMPULAN DAN SARAN

Dalam rancang bangun PLTMH tersebut dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan sumber energi PLTMH terdiri dari rangka, Turbin air, Poros, Gear Turbin, Rantai, Gear Dinamo, Dinamo ZYT-70-5, *Buck boost*, Inverter, Batrai yang mampu dihasilkan dengan output listrik yang maksimal dengan hasil sumber energi PLTMH menggunakan dinamo ZYT-70-5 dengan hasil output tegangan inverter AC mencapai 224 volt. Dari hasil ujicoba PLTMH, putaran turbin sebesar 375 rpm dengan keterangan turbin yang sudah dikopel dengan dinamo dan mendapatkan nilai output sebesar 11,10 volt DC dan ampere dinamo mendapatkan nilai 0,25 ampere. Beban yang digunakan dalam pengujian menggunakan beban strika dan mesin gergaji jigsaw, pada beban strika mendapatkan tegangan 117 volt ampere yang didapatkan 1,22 ampere sedangkan untuk mesin gergaji jigsaw mendapatkan tegangan 199 volt ampere yang didapatkan 0,65 ampere. Komponen dan ukuran PLTMH hasil rancang bangun meliputi ukuran turbin, rangka, poros, penopang dinamo, rumah turbin. Turbin menggunakan bahan triplek berukuran 18 mm berdimensi 36 cm dan mempunyai lebar 14 cm. Sedangkan untuk rangka menggunakan bahan kayu 3 x 3 dengan ukuran P x L x T = 36 cm x 30 cm x 71 cm. Untuk poros menggunakan bahan besi st 30 berdimensi 10 mm panjang 50 cm. Penopang dinamo menggunakan bahan besi profil L yang akan dipotong dengan ukuran 10 cm x 5 cm x 5 cm dengan ketebalan besi 3 mm dan disisi kiri tengah dibuat lubang cekungan yang sebagai tempat as dinamo. Bahan pembuatan rumah turbin terdiri dari kayu berukuran 3 x 3 yang akan dirancang dengan ukuran 36cm x 30cm x 50cm sebagai bentuk rumah turbin.

Saran yang dapat disampaikan untuk rancang bangun PLTMH ini adalah dalam pembuatan rancang bangun PLTMH ini hendaknya rangka yang dibuat dengan bahan besi

atau *stenlis stell* sehingga rangka lebih kuat dan maksimal saat digunakan. Pada instalasi perkabelan pada PLTMH sebelum digunakan, hendaknya cek terlebih dahulu antara penyambungan jangan sampai kebalik dan cek kabel bila ada yang kurang bagus seperti mengelupas, kemasukan air sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Sudu-sudu dipasang lebih presisi bila terkena tumbukan dari arus air akan mendapatkan kecepatan putar yang maksimal. Kontruksi PLTMH hendaknya dibuat lebih rapi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dietzel, Fristz. 1996. *Turbin Pompa dan Kompresor*, cetakan ke-5, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Irawan, D. (2014). Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.24127/trb.v3i1.17>
- Prapti, C., Sunyoto, & Rahmat. (2010). *Analisa Turbin Pelton Berskala Mikro Pada Pembuatan Instalasi Uji Laboratorium*.
- Rizal Firmansyah, Ir. Teguh Utomo, MT, Ir. Hery Purnomo, M. (2014). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur unit 3 Lumajang. *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur Unit 3 Lumajang*, 1–9.
- Sekeroney, F. (2009). Penggunaan Motor Induksi Sebagai Generator Arus Bolak Balik. Politeknik Negeri Ambon. *Jurnal TEKNOLOGI*, 6(2), 697.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, cetakan ke-11. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Sunarlik, W. (2017). Prinsip Kerja Generator. *Prinsip Kerja Generator Sinkron*, 6.