

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO MENGGUNAKAN RUMAH KEONG

Oleh

Salamun Alaikum Radiq Prakosa

NBI : 1451402135 NBI : 1451402136

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

INTISARI

Energi listrik merupakan energi yang mempunyai sifat-sifat yang banyak menguntungkan dibandingkan energi lain. Meningkatnya kebutuhan energi listrik dari masyarakat perlu diimbangi dengan penyediaan energi listrik yang memadai khususnya pembangkit listrik baru dan terbarukan. Tujuan dari penelitian ini karena adanya potensi energi listrik di aliran sungai irigasi di desa Gendol, Kecamatan Sine, Kabupaten Ngawi. Pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan rumah keong meliputi perhitungan debit, pembuatan konstruksi rumah keong, penentuan dan pembuatan turbin, pemilihan generator dan pengamanan dari beban berlebih. Hasil penelitian ini diperoleh daya listrik sebesar 350 Watt pada setrika dan 42 Watt pada lampu hemat energi.

Kata Kunci : Debit, Turbin Kaplan, Rumah Keong

ABSTRACT

Electrical energy was the energy that has favorable properties compared to other energy. The increased needs of electrical energy from the community, needs to be balanced with the provision of adequate electrical energy, especially new and renewable power plants. The purpose of this study due to the potential of electric energy in the flow of the river for irrigation, in Gendol, Sine, Ngawi. manufactured of micro hydro power plant with a spiral case include a calculation of discharge, the making of home construction and manufactured, determined and construction turbine, generator and security from election overload. The results of this research were obtained, the power of 350 Watts on irons and 42 watt on energy saving lamp

keywords : Discharge, Kaplan Turbine, Spiral Case

A. Pendahuluan

Energi listrik merupakan energi yang mempunyai sifat-sifat yang banyak menguntungkan dibandingkan energi lain: mudah dibangkitkan (*generator*), mudah dikirimkan (*transmission*), mudah dibagi-bagikan (*distribution*), serta mudah diubah menjadi energi lain dengan efisiensi tinggi. [2]

Penggunaan listrik pada aktivitas manusia akan mengalami peningkatan setiap waktunya. Hal ini dikarenakan energi listrik mempunyai peranan penting dalam setiap lini kehidupan manusia. Adanya gangguan pasokan listrik dapat mengakibatkan terganggunya rutinitas perekonomian masyarakat. Oleh karena itu, reabilitas dari pasokan energi listrik sangatlah penting. [1]

Peningkatan ini menuntut adanya penambahan pembangkit-pembangkit baru untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Energi listrik dibangkitkan di pusat-pusat pembangkit salah satunya adalah di PLTA. Salah satu hal yang penting dalam pengoprasian PLTA adalah ketersediaan air untuk dikonversi menjadi energi listrik. [7]

PLTA dipilih sebagai salah satu opsi pembangkit baru dan terbarukan dikarenakan memiliki beberapa keistimewaan, seperti ramah lingkungan, mudah dalam perawatan sehingga lebih awet, dan biaya pengoprasian yang lebih kecil. Selain itu perawatan mekanik untuk PLTA lebih mudah. [3]

Dari kesimpulan diatas maka peneliti ingin melakukan penelitian pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan menggunakan rumah keong.

B. Turbin

1. Sungai

Sungai adalah aliran air yang terbuka dengan penampang melintang, bentuk memanjang dan memiliki kemirngan yang berubah seiring tempat, debit air, material dasar dan juga tebing. Masing-masing sungai mempunyai bentuk dan karakter berbeda sesuai topografi, iklim, maupun proses terbentuknya. Sungai tidak hanya menampung air tapi juga mengalirkan dari hulu ke hilir.

Cara menghitung debit aliran sungai dengan cara membagi sama lebar sungai setiap ukuran misalnya lebar penampang 5.5 m maka pembagian lebarnya bisa di bagi 10 bagian yaitu 0.55 m per bagian. Kecepatan dan kedalaman diukur di tiap-tiap bagian. Debit setiap bagian dihitung berdasarkan kecepatan rerata dan luas penampang saluran. Debit total merupakan jumlah debit diseluruh bagian, untuk bagian yang berdampingan dengan kedua tebing sungai, persamaan di atas dapat digunakan, dimana kecepatan pada tebing adalah nol dan kedalaman pada titik tersebut juga nol, akan tetapi apa bila bagian tebing memiliki kecepatan dan kedalaman maka ukur lah sebagaimana mestinya. Debit yang dihitung merupakan jumlah debit total aliran pada setiap penampang dapat di rumuskan sebagai berikut

$$Q(m^3/detik) =$$

$$\frac{L1 D1 V1 + L2 D2 V2 + L3 D3 V3 Ln Dn Vn}{Jumlah\ Bagian\ (n)}$$

Atau

$$Q \text{ rerata } (m^3/detik) = \frac{Q_1+Q_2+Q_3+\dots+Q_n}{\text{Jumlah Bagian } (n)}$$

2. Turbin

Turbin adalah bagian terpenting dari unit mikro hidro. Pada turbin aliran air diubah menjadi energi kinetik yang akan memutar rotor (kincir). Dengan *belt*, puli (*pulley*) pada rotor dihubungkan dengan puli generator yang akan mengubah putaran yang dihasilkan menjadi energi listrik. Jumlah energi yang diperoleh sangat bergantung pada debit air dan beda ketinggian lokasi. Pemilihan desain atau tipe ideal turbin untuk kondisi tertentu tergantung pada karakteristik lokasi khususnya beda tinggi dan debit air tersedia. Semua tipe turbin mempunyai karakteristik kecepatan dan kekuatan yang akan berputar paling efisien pada kombinasi beda tinggi dan debit tertentu. Kecepatan putaran turbin utamanya ditentukan oleh beda tinggi. Berdasarkan beda tinggi, desain turbin dapat dikelompokkan kedalam beda tinggi tergolong tinggi (*high head*) diatas 30 meter, sedang (*medium head*) dengan beda tinggi antara 10-30 meter, dan rendah (*low head*) dengan beda tinggi dibawah 10 meter. Turbin dapat diklasifikasikan menurut cara kerjanya, yaitu turbin Impulse dan Reaksi. Turbin impulse merubah energi air menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga akan menghasilkan momen puntir. Lalu turbin reaksi adalah merubah energi air untuk diubah secara langsung menjadi momen puntir. [4]

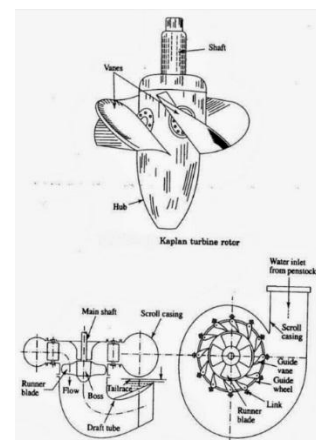
Turbin Kaplan/Propeller Bagian-bagian turbin ini sama seperti pada turbin Francis, yaitu:

- a. Rumah spiral
- b. Turbin
- c. Pipa pelepas air

Turbin propeller dalam arti umum terdiri dari 4 macam:

- a. Daun-daun turbin tetap – katup pemandu tetap
- b. Daun-daun turbin tetap – katup pemandu dapat diatur
- c. Daun-daun turbin dan katup pemandu dapat diatur
- d. Daun-daun turbin dapat diatur – katup pemandu tetap

Turbin dengan daun tetap adalah turbin Propeller dan turbin dengan daun dapat dirubah disebut turbin Kaplan. Bagian dari turbin propeller juga terdapat pada turbin kaplan. Turbin Kaplan mempunyai 4-6 daun karena bertekanan rendah dan memiliki tekanan 8 daun jika bertekanan tinggi. Sudu turbin terbuat dari baja dengan ketebalan bervariasi.



Gambar 1. Turbin Kaplan [6]

Sudu turbin terbuat dari baja kemudian dilas. Poros dibuat berlubang dengan material dari

baja berkarbon tinggi (high-carbon steel). Turbin kaplan mempunyai satu poros untuk turbin dan generator. [5]

3. Rumah Keong

Rumah keong yang berbentuk melingkar sekeliling tapi luar runner, dengan penampang luar air berangsur makin kecil, membuat air bergerak melingkar diseluruh keliling runner dan selanjutnya diarahkan menuju runner.

Rumah keong mempunyai fungsi untuk mengalirkan dan membagi (mendistribusikan air yang berasal dari pipa pesat ke seluruh keliling runner dengan arah tangensial terhadap runner).

C. Generator DC

Generator arus DC searah merupakan mesin yang energi masukan adalah daya energi gerak putar dan sebagai keluarannya adalah energi listrik arus searah. Bagian utama generator arus searah terdiri dari bagian yang tidak bergerak (stator), meliputi gandar, kutup, kumparan. Dan bagian yang bergerak (rotor) meliputi jangkar dan komutator. [3]

Generator dalam merubah energi mekanik menjadi listrik adalah sesuai hukum Faraday. Hukum Faraday memperlihatkan bahwa apabila seutas kawat konduktor berada didalam medan magnet yang berubah setiap waktu, maka ujung tiap kawat konduktor tersebut akan timbul gaya gerak listrik (ggl) induksi.

D. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Menggunakan Rumah Keong

1. Hasil

Komponen Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga

Mikrohidro Menggunakan Rumah Keong :

Komponen rancang bangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan rumah keong terdiri dari mekanikal dan elektrikal. Komponen mekanikal meliputi turbin, *shaft* dan rumah keong. Komponen elektrikal meliputi generator, batrai *charger*, *accu*, *inverter*, *MCB*

a. Pembuatan Komponen Mekanikal Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Menggunakan Rumah Keong

Pembuatan komponen mekanik dibuat dengan proses tahapan sebagai berikut :

Komponen mekanik rancang bangun terdiri dari rumah keong, turbin dan *shaft*. Tahapan pembuatan meliputi :

1) Persiapan bahan untuk pembuatan rumah keong seperti batu bata, semen dan pasir dengan ukuran lebar 50 cm, tinggi 44 cm dan diameter keluaran 15 cm.

2) Pembuatan Turbin
Pembuatan komponen turbin terdiri dari beberapa tahap yaitu :

3) Perakitan komponen mekanik

b. Perakitan Rancang Bangun Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Rumah Keong

c. Perhitungan Debit Air

1) Perhitungan debit air secara langsung
Perhitungan debit air secara langsung

Pengukuran aliran sungai dengan ketinggian 1 meter didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Pengukuran Sungai

V (m/s)	D (m)	L (m)
0,6	0,2	1,1
0,5	0,23	0,95
0,75	0,21	1,05

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{0,6+0,5+0,75}{3} = 0,61 \text{ m/s}$$

$$D_{\text{rata-rata}} = \frac{0,2+0,23+0,21}{3} = 0,21 \text{ m}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = \frac{1,1+0,23+0,1,05}{3} = 1,03 \text{ m}$$

Maka debit sungai adalah,

$$Q = D \times L \times V$$

$$Q = 0,21 \times 1,03 \times 0,61 = 0,131 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sebagaimana telah diterangkan bila air dengan debit $Q = 0,131 \text{ m}^3/\text{detik}$ jatuh dari ketinggian $H = 1$ meter, maka energi yang dapat dibangkitkan adalah:

$$P = \eta Q \rho g \cdot H_{\text{netto}}$$

Watt

$$P = 40\% \cdot 0,131 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 1 = 513 \text{ watt}$$

2) Perhitungan debit air pada rumah keong

Pengukuran aliran menuju rumah keong dengan luas penampang berupa lingkaran dengan ketinggian 4 meter didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 2. Pengukuran Rumah Keong

No	V (m/s)	Ø (m)
1	1,8	0,15
2	1,7	0,15
3	1,9	0,15

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{1,8+1,7+1,9}{3} = 1,8 \text{ m/s}$$

Maka debit aliran adalah,

$$Q = \pi \cdot r^2 \cdot v$$

$$Q = 3,14 \cdot 0,075^2 \cdot 1,8$$

$$Q = 0,032 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sebagaimana telah diterangkan bila air dengan debit $Q = 0,032 \text{ m}^3/\text{detik}$ jatuh dari ketinggian $H = 4$ meter, maka energi yang dapat dibangkitkan adalah:

$$P = \eta Q \rho g \cdot H_{\text{netto}}$$

Watt

$$P = 70\% \cdot 0,032 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 4 = 878 \text{ watt.}$$

d. Generator

1) Analisis output generator, dimaksudkan agar dapat mengetahui keluaran tegangan dan putaran dari generator mikrohidro dengan baik, berikut hasil pengukuran keluaran dari generator tersebut. pada tabel dibawah ini dapat dilihat hasil dari output dari generator, sehingga dapat diketahui berapa (rpm) putaran ideal generator, dimana nantinya tegangan tersebut akan melewati baterai. Putaran ideal dari generator ialah pada 3000 rpm dimana pada keadaan tersebut menghasilkan tegangan

sebesar 296 volt. Baterai 12 volt DC idealnya dapat dilakukan pengisian dengan tegangan antara 12 – 24 volt DC.

Tabel 3. Analisis debit air (Q)

Putaran (rpm)	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Keadaan beban
0	0	0	Mati
102	10	0,4	Menyal
144	14	1,02	menyala

- 2) Pengujian Arus Tegangan
 Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui arus dan tegangan yang dihasilkan dengan cara mengamati arus dan tegangan masukan dan arus dan tegangan keluaran dari rangkaian inverter. Adapun pengujian dilakukan dengan menggunakan ampermeter dan voltmeter.

Tabel 4. Data pengujian tegangan

Beban	Tegangan (Volt)	
	Input	Output
Tanpa beban	12 V	225 V
Lampu HE 40 watt	12 V	225 V
Setrika	12 V	223 V

Beban	Arus (A)	
	Input	Output
Tanpa beban	0 A	0 A
Lampu HE 40 watt	3,3 A	0,17 A
Setrika	28,50 A	1,52 A

Perhitungan sebagai berikut :

- a) Untuk beban lampu HE 40 watt
 $I_{in} = 3,3$; $V_{in} = 12$; $I_{out} = 0,17$; $V_{out} = 225$
 $P_{in} = V_{in} \times I_{in}$,
 $P_{in} = 12 \times 3,3 = 39,6$ watt
 $P_{out} = V_{out} \times I_{out}$,
 $P_{out} = 225 \times 0,17 = 38,25$
- b) Untuk beban setrika 350 watt
 $I_{in} = 28,50$; $V_{in} = 12$;
 $I_{out} = 1,42$; $V_{out} = 223$
 $P_{in} = V_{in} \times I_{in}$,
 $P_{in} = 12 \times 28,50 = 342$ watt
 $P_{out} = V_{out} \times I_{out}$,
 $P_{out} = 223 \times 1,52 = 338,96$

- e. Pembuatan Turbin
 Dengan ketinggian $h = 1$ meter dan debit air $Q = 0,131$ m³/detik dan $n=600$ rpm, maka:
 Kecepatan spesifik $N_q = n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} = 600 \cdot \frac{\sqrt{0,131}}{4^{\frac{3}{4}}} = 21,66$
 Berdasarkan tabel ukuran utama turbin kaplan
 $U_1' = 0,8$; $U_n' = 0,2$; C_m pengarah' = 0,1

Energi kecepatan aliran C_1

$$= \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} = 4,42 \text{ m/detik}$$

Kecepatan tangensial roda
 $U = U_1' \cdot C_1 = 0,8 \cdot 4,42 = 3,54$

$$\text{Diameter luar sudu } D_1 = \frac{U \times 60}{\pi \times n} = \frac{3,54 \times 60}{3,14 \times 600} = 0,112 \text{ m}$$

$$\text{Diameter leher poros } D_N = 0,5 \cdot D_1 = 0,5 \cdot 0,112 = 0,056 \text{ m}$$

$$\text{Diameter sudu pengarah } D_0 = 1,2 \cdot 0,112 = 0,134 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi sudu pengarah } b_0 = \frac{D_0 \cdot \pi \cdot C_m \text{ pengarah} \cdot \tau}{Q}$$

Dimana τ_0 adalah faktor penyempitan bagian masuk penampang sudu pengarah = 0,9

$$C_m \text{ pengarah} = C_m \text{ pengarah}' \cdot C_1 = 0,1 \cdot 3,54 = 0,354$$

$$b_0 = \frac{0,131}{0,134 \cdot 3,14 \cdot 0,354 \cdot 0,9} = \frac{0,131}{0,134} = 0,97 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang sudu } A = \frac{(D_1^2 - D_N^2) \cdot \pi}{4} = \frac{(0,112^2 - 0,056^2) \cdot \pi}{4} = 0,007 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter tengah sudu } D_M = \frac{(D_1 + D_N)}{2} = \frac{(0,112 + 0,056)}{2} = 0,084 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah keseluruhan lebar sudu } B = \frac{(D_1 - D_N)}{2} = \frac{(0,112 - 0,056)}{2} = 0,028 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah sudu } Z = 8 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar sudu } L = \frac{(D_M \cdot \pi)}{Z} = \frac{0,084 \cdot 3,14}{8} = 0,032 \text{ m}$$

Hasil desain global turbin kaplan sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Desain Global Turbin Kaplan

Head netto	1 meter
Putaran	600 rpm
Putaran spesifik	21,66
Diameter sudu turbin	0,112 m
Diameter poros	0,056 m
Jumlah sudu	8

f. Rancang bangun prmbangkit listrik tenaga mikro hidro dengan menggunakan rumah keong. Menghubungkan terminal input batrai *charger* ke output generator, output batrai *charger* ke *accu*, input inverter ke *accu*. Kemudian membuka aliran air dan mengaktifkan inverter untuk menghasilkan tegangan output AC 220 Volt dan di uji coba dengan memberi beban sebuah setrika 350 Watt dan lampu hemat energi 42 Watt.

2. Pembahasan
 Penelitian ini dilakukan di aliran irigasi sungai desa Gendol, Kecamatan Sine, Kabupaten Ngawi selama 7 hari. Pemilihan tempat ini berdasarkan pengamatan penulis akan adanya potensi air yang melimpah dan belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat. Hasil debit air yang diperoleh dari pengukuran aliran sungai dan rumah keong menunjukkan

bahwa debit air pada rumah keong lebih tinggi daripada di aliran sungai secara langsung. Dari hasil debit air yang diperoleh secara langsung maka dapat di buat turbin kaplan dengan ketinggian 1 meter, putaran turbin yang dirancang 600 rpm dengan putaran spesifik 21,66 menghasilkan diameter sudu turbin 0,112 meter, diameter poros turbin 0,056 meter dan jumlah keseluruhan sudu turbin 8 buah. Untuk mendapatkan putaran pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan turbin kaplan dibutuhkan *spiral case* untuk mengumpulkan, mendistribusikan dan mengarahkan aliran air ke arah sudu-sudu pada *runner* untuk menghasilkan daya keluaran turbin yang maksimal. Bentuk dari *spiral case* ini seperti rumah keong yang dimaksudkan agar distribusi tekanan dan tekanan air akan selalu sama disemua sudu turbin.

Hasil dari perputaran turbin yang di hubungkan dengan generator DC menghasilkan tegangan kerja 14 Volt untuk batrai *charger* mengisi *accu*. Tegangan DC dari *accu* dirubah menjadi tegangan AC menggunakan inverter *full sine wave inverter* untuk menghasilkan tegangan AC dengan gelombang sinus frekuensi 50 Hz. Penambahan MCB 2A digunakan untuk pengaman arus lebih pada beban. Pengujian dilakukan dengan memberi beban sebuah

setrika 350 Watt dan lampu hemat energi 42 Watt.

E. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan rancang bangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan menggunakan rumah keong, maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Hasil perhitungan daya listrik pada aliran rumah keong lebih tinggi dari pada daya listrik di aliran sungai. Daya pada rumah keong sebesar 740 watt dan pada aliran sungai sebesar 513 watt. Perbedaan ini dipengaruhi oleh tinggi jatuh dan kecepatan air.
- b. Turbin yang sesuai digunakan pada penelitian ini yaitu turbin kaplan. Turbin kaplan dipilih berdasarkan tinggi jatuh air sesuai dengan tabel ciri-ciri mesin hidrolik
- c. Output yang diperoleh dari percobaan pemberian beban adalah 390 watt

2. Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk pengukuran putaran generator terhadap daya yang dihasilkan dan perbaikan konstruksi pada saluran dan rumah keong.

1. Fadillah, Muhamad Bobby. Dian, Yayan Sukma. Nurhalim. 2015. Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2015 – 2024 Wilayah PLN Kota Pekanbaru dengan Metode Gabungan. *Jurusan Teknik Elelro Universitas Riau, Jom FTEKNIK Volume 2 No. 2* [6]
2. Handajani, Wiwik. 2104. Peningkatan Kualitas Daya Listrik dalam Pemakaian Luminer [7]
Menggunakan Lampu Hemat Energi (LHE). *Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta*
3. Mahaganti, Inggriany S. Hans Tumaliang. A. F. Nelwan Marthinus, Pakedin. 2014. Pra
– Desain Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut Menggunakan Generator Asinkron. *E – Jurnal Teknik Elektro dan Komputer UNSRAT* [11]
4. Nugroho, Hunggul, Y. S. H. 2015. *PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro)*. Yogyakarta : Penerbit Andi [13]
5. Patty, O, F. 1994. *Tenaga Air*. Surabaya: Penerbit Erlangga [14]
6. Wijaya, Mochtar. 2001. *Dasar Mesin Listrik*. Jakarta : Djambatan. [20]
7. Winasis., Hari, Prasetijo. Giri Angga Setiya. 2013. Optimasi Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) menggunakan Linear Programming dengan Batasan
Ketersediaan Air. *Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains Dan Teknik, Universit Jendral Sudirman, Dinamika Rekayasa Vol. 9 No. 2* [21]