

---

## DESAIN SIMULATOR MINI MIKROHIDRO BERBASIS TURBIN PELTON

Syaiful Bahri, Yanwar Saputra

Prodi Teknik Elektro Universitas Pamulang  
Jl. Raya Puspitek No. 46, Buaran, Serpong, Kota Tangerang Selatan,  
BANTEN 15310.

Email : [yanwarsaputra15@yahoo.com](mailto:yanwarsaputra15@yahoo.com)

### ABSTRAK

ANALISA DAYA OUTPUT GENERATOR INDUKSI 3 $\phi$  DENGAN SUMBER SIMULATOR  
MINI MIKROHIDRO TRUBIN PELTON

Di Indonesia banyak masyarakat yang belum menikmati listrik terutama pada daerah pedesaan dan pulau pulau terpencil. Solusi dari masalah tersebut adalah dibuatnya pembangkit tenaga listrik yang konstruksinya tidak besar namun daya yang dihasilkan mampu mensuplai daerah yang kekurangan energi listrik. Pada penelitian ini dibuat simulator mini mikrohidro untuk mengetahui berpakah besar debit air yang diperlukan untuk generator menghasilkan daya output maksimum. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melakukan eksperimen dan pengujian terhadap variabel yang telah ditentukan. Pada bukaan valve 90° air mengalir sebesar 1.2 liter/detik dengan tekanan air sebesar 1.3 kg/cm<sup>2</sup> sehingga daya output maksimum yang dihasilkan generator induksi adalah 1.6 watt.

**kata kunci : Simulator mini mikrohidro, Daya Output Generator, Debit air.**

### ABSTRACT

POWER OUTPUT ANALAYSIS OF 3 $\phi$  INDUCTION GENERATOR TO THE SOURCE OF  
MINI MICRO HYDRO SIMULATOR OF PELTON TURBINE.

In Indonesia many people who have not enjoyed electricity, especially in rural and remote island islands. The solution of the problem is the creation of a power plant whose construction is not large but the power generated is capable of supplying areas that are lack of electrical energy. In this study a mini-micro hydro simulator was made to find out how large the water discharge required for the generator produces maximum output power. The method used in this study to conduct experiments and testing of variables that have been determined. At 90 ° valve openings water flows of 1.2 liters / sec with a water pressure of 1.3 kg / cm<sup>2</sup> so that the maximum output power generated by the induction generator is 1.6 watts.

**Keywords: mini micro hydro simulator, Output Power Generator, water discharge.**

## 1. Pendahuluan

Syaiful, Yanwar

Di wilayah pedesaan, wilayah terpencil, dan pulau-pulau kecil terisolir masih banyak masyarakatnya yang belum mendapatkan suplai energi listrik sebagai sumber utama untuk penerangan dan aktivitas lainnya. Salah satu, solusi dari permasalahan tersebut adalah dibuatnya pembangkit tenaga listrik yang mampu atau sanggup memberikan suplai energi listrik untuk wilayah terbatas. Banyak jenis pembangkit tenaga listrik yang dapat dibangun, namun salah satu pembangkit tenaga listrik yang memungkinkan di wilayah-wilayah tersebut adalah pembangkit tenaga listrik tenaga air, mengingat konstruksi bangunannya tidak besar namun listrik yang dihasilkan cukup menyuplai daerah tersebut.

PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) adalah Pembangkit tenaga listrik yang mengandalkan air sebagai penggerak mula, bisa berupa air terjun atau aliran sungai yang deras. PLTMH juga merupakan kategori PLTA dengan skala kecil terutama karena konstruksi bangunannya dan dayanya yang dihasilkan tidak sebesar PLTA.

Salah satu komponen yang terpenting pada PLTMH adalah generator dimana generator adalah pengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Faktor yang tidak kalah penting juga adalah besarnya debit air sebagai pemberi energi potensial terhadap turbin. Semakin cepat putaran turbin semakin besar daya output yang dihasilkan generator. Bahasan yang menarik lainnya adalah bagaimana menganalisis putaran generator dengan berbagai laju aliran, dan berapakah debit air yang diperlukan untuk menghasilkan daya output pada generator.

Beberapa faktor ini akan sangat menarik untuk dianalisa lebih jauh jika tersedia sebuah simulator untuk mendapatkan nilai optimum dari berbagai parameter ini. Oleh karena itu penelitian penelitian ini bertujuan untuk

mendesain simulator mini mikrohidro. Turbin yang dipilih di penelitian ini adalah turbin pelton mengingat kemungkinan daya yang dihasilkan relatif besar, konstruksinya yang sederhana dan mudah dalam perawatannya. Diharapkan hal ini akan memudahkan implementasi di lapangan. Simulator yang dihasilkan dalam penelitian ini digunakan untuk menganalisis beberapa parameter lebih lanjut. Dua parameter yang menjadi fokus adalah daya output turbin dan daya output generator terhadap debit air.

## 2. Landasan Teori

Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (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 dan jumlah air.[1]

Ditinjau dari teknik mengkonversi energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin, ada tiga macam turbin air, yaitu:

### a. Turbin Kaplan

Turbin kaplan digunakan untuk tinggi terjun yang rendah yaitu, dibawah 20 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik roda air turbin dilakukan melalui pemanfaatan kecepatan air. Roda air turbin kaplan menyerupai baling-baling dari kipas angin.[2]

### b. Turbni Francis

Turbin francis paling banyak digunakan di indonesia. Turbin ini digunakan untuk tinggi terjun sedang, yaitu antara 20-40 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses

reaksi sehingga turbin francis juga disebut sebagai turbin reaksi.[2]

c. Turbin Pelton

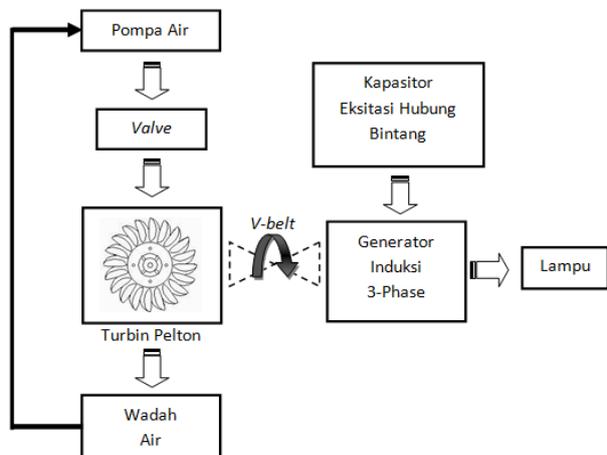
Turbin pelton adalah untuk tinggi terjun yang tinggi, yaitu diatas 300 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses impuls sehingga turbin pelton juga disebut turbin impuls.[2]

Sebagai pengkonversi energi putar menjadi energi listrik digunakan generator induksi. Pada generator induksi berpenguat sendiri, eksitasi diperoleh dari kapasitor yang dipasang paralel pada terminal keluaran generator. Generator induksi jenis ini bekerja seperti mesin induksi pada daerah saturasinya hanya saja terdapat bank kapasitor yang dipasang pada terminal statornya. Karena sumber eksitasi generator ini berasal dari kapasitor yang dipasang pada terminalnya maka mesin induksi dengan rotor kumparan maupun sangkar bajing dapat digunakan sebagai generator induksi berpenguat sendiri.

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Blok Diagram Sistem Simulator

Diagram sistem rangkian merupakan salah satu bagaian terpenting dalam perancangan simulator ini. Diagram blok dari alat yang dibuat dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Blok Diagram

Simulator ini menggunakan prinsip pengkopelan generator induksi dengan turbin pelton sebagai penggerak awal menggunakan v-belt seperti terlihat di Gambar 1. Rangkaian eksitasi generator induksi dengan sistem hubung bintang dipakai dalam simulator ini. Gambar 1 juga menunjukkan valve yang dapat diatur bukaannya mulai dari 0°-90°. Pada penelitian ini dilakukan analisa daya output turbin berdasarkan bukaan valve mulai dari 0°-90°.

#### 3.2 Perancangan Sistem

Data perencanaan sistem Simulator Mikrohidro disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1. Perancangan Sistem

Parameter	Value
Volume Bak Penampung	100 Liter
Diameter Pipa pesat	¾ inchi dan ½ inchi
Valve	¾ inchi
Diamter Nosel	1cm
Selang nosel	40cm
Rak meja	1.5 m x 70 cm x 1.5 m
Box turbin	50 cm x 10cm x 50cm

#### 3.3 Perancangan Turbin

Dengan debit air maksimal yang dikeluarkan sebesar 1 Liter/detik. Digunakan turbin pelton (impuls) yang spesifikasinya ditunjukan di Tabel 2.

Tabel 2. Perancangan Turbin

Parameter	Value
Lebar Sudu	5.5 cm
Diameter Turbin	25 cm
Jumlah Sudu	6 buah
Kecepatan Putar	646 rpm
Daya Output Turbin	119.3 watt

#### 3.4 Transmisi Daya Mekanik

Pada penelitian ini menggunakan motor induksi 3- phase sebagai generator dengan spesifikasi 220V, 1430 rpm. Kecepatan nominal generator 1430rpm dengan kecepatan putar turbin 646 rpm, maka transmisi daya mekanik dapat dihitung sebagai berikut.[5]

$$\begin{aligned} nD_{\text{turbin}} &= nD_{\text{generator}} \\ 646 D_{\text{turbin}} &= 1430 D_{\text{generator}} \\ \frac{D_{\text{turbin}}}{D_{\text{generator}}} &= \frac{1430}{646} \approx \frac{2.2}{1} \end{aligned}$$

### 3.5 Pengujian Debit Air

Untuk mengetahui berapa kapasitas air digunakan wadah/bak penampung. Wadah yang digunakan memiliki volume 5 liter, sehingga pengukuran debit dapat dihitung sebagai berikut.

Tabel 3. Debit Air

Valve	Debit (l/d)
10°	-
20°	0.06
30°	0.3
40°	0.5
50°	0.6
60°	0.7
70°	0.7
80°	0.7
90°	1

### 3.6 Daya Output Turbin

Daya yang diberikan turbin sesuai debit yang terukur dengan menggunakan rumus daya output turbin.

Tabel 4. Daya Output Turbin

Debit (l/d)	Daya Output (watt)
-	-
0.06	-
0.3	11.9
0.5	44.7
0.6	65.6
0.7	74.6
0.7	74.6
0.7	74.6
1	119.3

### 3.7 Daya Output Generator

Daya output generator dapat dilihat pada tabel dibawah berikut.

Tabel 5. Daya Output Generator

Debit	Daya (watt)
-	-
0.06	-
0.3	-
0.5	1.2
0.6	1.4
0.7	1.4
0.8	1.4
1	1.5
1.2	1.6

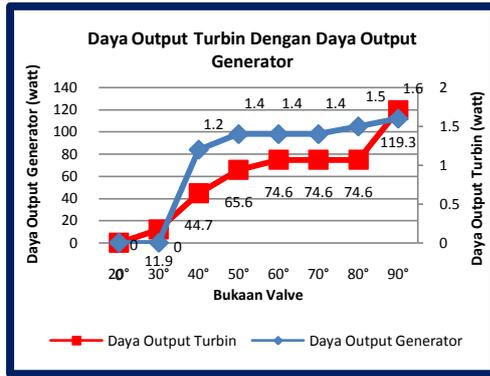
### 3.8 Pengujian Kecepatan Putar Turbin

Pengukuran kecepatan putar turbin sebelum dikopel dengan generator dilakukan dengan menggunakan *tachometer* menghasilkan pembacaan 646 rpm. Setelah dilakukan pengkopelan dengan generator menghasilkan pembacaan 162 rpm .

$$\begin{aligned} \text{Drop rpm} &= n(\text{sebelum dikopel}) - \\ & \quad n(\text{sesudah dikopel}) \\ &= 646 \text{ rpm} - 162 \text{ rpm} \\ &= 484 \text{ rpm.} \end{aligned}$$

## 4. Diskusidan Pembahasan

### 4.1 Hubungan Daya Output Turbin Dengan Daya Output Generator



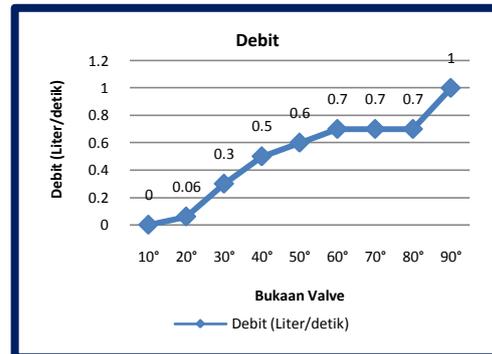
Gambar 2. Hubungan Daya output

Dapat dilihat dari gambar grafik diatas daya output turbin sudah memberikan cukup besar energinya terhadap generator, namun generator masih menghasilkan daya output yang kecil yang disebabkan oleh nilai kapasitor eksitasi. Pada penelitian ini nilai eksitasi kapasitor yang dipakai sebesar 18  $\mu\text{f}$ , agar daya dan tegangan output yang relatif besar dapat tercapai.

Untuk lebih meningkatkan daya, pada penelitian ini sudah diuji juga dengan eksitasi kapasitor mencapai 35  $\mu\text{f}$ . Namun hasilnya generator menjadi relatif berat putarannya. Hal ini mengakibatkan turunnya daya output generator karena turbinyang pelton tidak mampu memutarakan generator secara maksimal. Solusi yang paling baik kedepannya adalah generator induksi diganti dengan generator PMG ( Permanent Magnet Generator ) dimana generator ini tidak memakai eksitasi dan merupakan jenis generator putaran rendah serta keunggulan dari generator ini adalah daya output yang dihasilkan besar walaupun putaran generator rendah.

#### 4.2 Debit Air

Berikut ini adalah grafik debit air terhadap bukaan *valves* sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 3. Grafik Debit Air

Dapat dilihat dari grafik debit air diatas bahwa semakin besar bukaan valve semakin besar debit air yang mengalir.

#### 4.3 Pengukuran Daya Output Generator Induksi

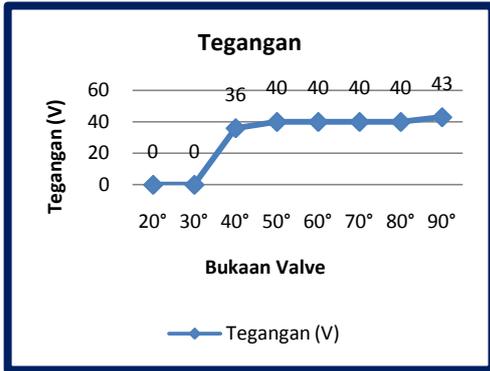
Beban yang digunakan adalah Lampu LED 220 V. Tabel dibawah ini menyajikan hasil pengukuran tegangan output generator induksi, arus output generator induksi, dan putaran pada poros turbin.

Tabel 6. Tabel V, A, F, W, Rpm

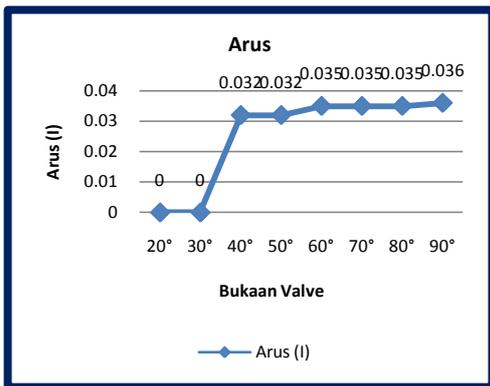
Valve	V	A	f	P	Rpm
10°	-	-	-	-	-
20°	-	-	-	-	-
30°	-	-	-	-	-
40°	30	0.0032	33	1.2	668
50°	40	0.0035	33	1.4	984
60°	40	0.0035	33	1.4	1010
70°	40	0.0035	33	1.4	1073
80°	40	0.0035	33	1.4	1115
90°	43	0.0036	33	1.6	1150

Tabel 6 menunjukkan bahwa semakin besar bukaan *valve*, semakin besar

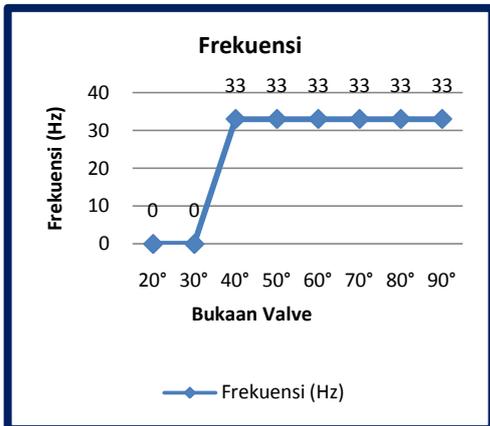
tegangan, arus, frakuensi serta putaran generator induksi.



Gambar 4. Grafik Tegangan

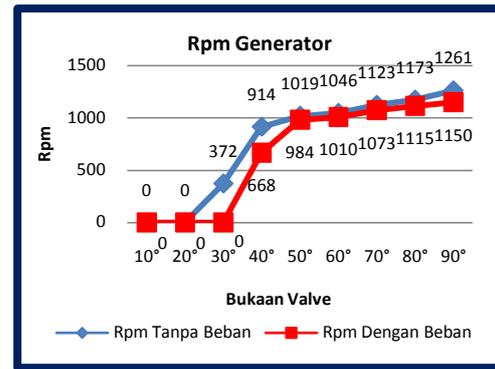


Gambar 5. Grafik Arus



Gambar 6. Grafik Frekuensi

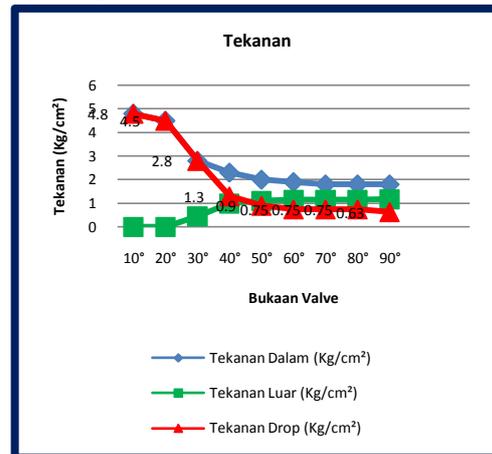
Peningkatan bukaan valve untuk mensimulasikan debit air yang memutar turbin relatif meningkatkan tegangan dan putaran generator. Namun dampak pembebanan lampu sedikit menurunkan kecepatan putar generator induksi seperti terlihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 7. Grafik Rpm

#### 4.4 Tekanan Air

Tekanan air sangat penting dalam sebuah aliran air, karena bila suatu aliran hanya memiliki debit yang besar tanpa mempunyai tekanan yang besar tidak dapat digunakan untuk memutar turbin air. Tekanan hasil pengukuran dari perancangan yang telah dibuat disajikan dalam grafik berikut.



Gambar 8. Grafik Tekanan

Gambar 8 menunjukkan grafik bukaan katup terhadap variasi tekanan. Grafik menunjukkan terjadinya drop tekanan akibat berbagai faktor yang terutama karena faktor perpipaian pada simulator mini mikrohidro ini. Namun, terlepas dari drop tekanan yang relatif signifikan ini, hasil awal ini cukup untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai dasar dari sebuah simulator sederhana.

## 5. Kesimpulan

Pebelitian ini telah berhasil mendesain dan menguji sebuah simulator mikrohidro sederhana. Hal ini dibuktikan dengan terukurnya beberapa parameter yang dapat menjadi penanda unjuk kerja sebuah mikrohidro. Beberapa hal penting dapat juga menjadi catatan. Pada bukaan *valve* 90° juga air mengalir sebesar 1 *liter/detik* dengan tekanan air sebesar 1.17  $\text{Kg/cm}^2$ , Sehingga air memberikan energi potensialnya terhadap turbin. Dengan demikian daya output maksimum yang dihasilkan turbin pelton sebesar 119.3 watt pada bukaan *valve* 90°, sedangkan daya output yang dihasilkan generator induksi adalah sebesar 1.6 watt pada bukaan *valve* 90°.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Deni Rafli.2013.”Simulasi Numerik Penggunaan Pompa Sebagai Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) Dengan Head 9,29m dan 5,18m Dengan Menggunakan Perangkat Lunak CFD Pada Pipa Berdiameter 10,16cm.
- [2] Ir. DjitengMarsudi.2010.Pembangkitan Energi Listrik Edisi Kedua. Eksitasi Kpasitor Pada Generator Induksi Sekaligus Meredam Harmonisa”.
- [5] Fifi Hesti Sholihah Dan Ir. Joke Pratilastiarso. Rancang Bangun