

## RANCANG BANGUN GENERATOR MAGNET PERMANEN DAN GENERATOR INDUKSI PADA SISTEM PLTMH

Yoyok Dwi Setyo Pambudi<sup>1</sup>, Siti Rokhmanila<sup>2</sup>, Angga Septian MN<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pamulang  
<sup>1,2,3</sup>Jln. Puspiptek Raya No. 46 Buaran, Setu, Tangerang Selatan, Banten, 15310, Indonesia

<sup>1</sup>dosen00789@unpam.ac.id

### INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 13-12-2019  
revisi : 21-04-2020  
diterima : 02-07-2020  
dipublish : 03-07-2020

### ABSTRAK

Telah dilakukan perancangan sistem pembangkit listrik mikro hidro skala laboratorium. Sistem ini untuk digunakan untuk pengujian dan analisa terhadap perbandingan keluaran daya listrik di pembangkit listrik mikrohidro menggunakan generator induksi dan generator magnet permanen. Sumber air mikrohidro di simulasikan dengan aliran air dari pompa air kontinu, sedangkan variasi energi air akibat potensial disimulasikan dengan menggunakan bukaan valve pada output keluaran pompa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa generator magnet permanen mampu mengkonversi daya listrik sebesar 195,3 W, sedangkan generator induksi hanya 152,5 W. Efisiensi rata-rata dalam generator magnet permanen adalah 89%. Sedangkan generator induksi adalah 72%.

*Kata kunci : mikro hidro; generator magnet permanen; generator induksi; turbin*

### ABSTRACT

**The Design of Permanent Magnet Generator and Induction Generator on PLTMH.** Designing laboratory laboratory scale of micro hydro power generation has been done. This system was for testing and analysis and comparing the electrical power output in laboratory-scale micro-hydro power plants that use induction generators and permanent magnet generators. The water sources are simulated by the flow of water from a continuous water pump, while variations in water energy due to potential are simulated using a valve opening at the pump output. Test results show that permanent magnet generators able to convert electric power by 195.3 W, whereas the induction generator is only 152.5 W. Mean efficiency in permanent magnet generators is 89%. While the induction generator is 72%.

*Keywords : micro hydro; permanent magnet generator; induction generator; turbine*

## PENDAHULUAN

Pembangkit listrik mikro hidro (PLTMH) sering disebut *white resources* hal ini dikarenakan instalasi pembangkit listriknya memakai sumber daya yang telah ada di alam dan ramah lingkungan. Dengan teknologi turbin dan generator maka energi aliran air dapat diubah menjadi energi listrik. Pembangkit listrik mikro hidro cukup berguna terutama pada daerah-daerah dengan jaringan listrik yang belum teraliri jaringan listrik, seperti daerah pedesaan, pegunungan dan pulau-pulau kecil (Varughese dan Michael, 2013).

Keberadaan pembangkit listrik mikrohidro pada suatu daerah membawa dampak positif berupa terjaganya pada kondisi hutannya karena masyarakat yang merasa mendapat manfaat listrik mikrohidro akan menjaga keberadaan pohon-pohon sebagai penyimpan air. Selain itu dengan mikro hidro mempunyai keuntungan bahwa air yang dihasilkan juga disimpan untuk irigasi pertanian dan juga untuk persediaan air bersih setelah dialirkan pada pembangkit listrik mikro hidro (Valipour, 2015).

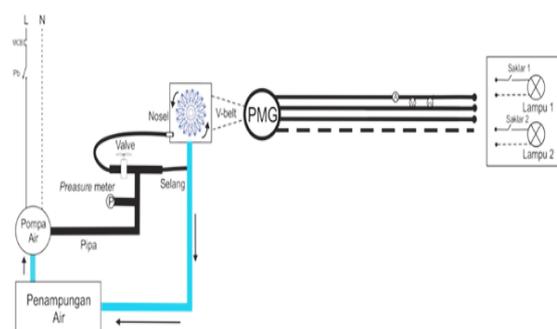
Generator adalah komponen terpenting pada PLTMH karena mampu mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator yang digunakan dalam PLTMH adalah generator sinkron (digunakan apabila daya yang dihasilkan > 10 kW) dan generator asinkron atau induksi (digunakan apabila daya yang dihasilkan < 10 kW). Generator induksi digunakan pada PLTMH < 10 kW dikarenakan oleh generator sinkron sangat sulit didapatkan di pasaran dan generator induksi lebih mudah perawatannya, akan tetapi generator induksi hanya mengeluarkan daya *output* yang kecil hal ini dipengaruhi oleh nilai kapasitor eksitasi. Apabila digunakan generator

magnet permanen atau bisa disebut juga generator sinkron diharapkan *output* tegangan dapat menjadi lebih besar (Effendy, 2009).

Oleh karenanya dilakukan rancang bangun generator magnet permanen dan generator induksi pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Selain rancang bangun dilakukan juga penelitian mengenai daya *output* pada generator induksi dan generator magnet permanen dengan turbin tipe pelton.

## METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan cara eksperimental dimana pertama di rancang sistem mikrohidro skala laboratorium yang terdiri dari bak Penampung dalam volume 100 liter, pipa air pesat, katup aliran air, selang dan *nozel*, turbin. Sebagai dudukan perangkatnya digunakan kotak alas, dan kotak turbin berupa meja. Rancangan sistem mikrohidro skala laboratorium ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan sistem mikrohidro skala laboratorium

Terlihat dari sistem mikrohidro skala laboratorium bahwa turbin pelton berputar akibat semprotan air oleh pompa air yang dimana debitnya diatur oleh katup (*valve*). Setelah air memberikan energi potensialnya ke turbin, air akan masuk ke wadah air (penampungan) untuk di hisap kembali oleh

pompa air. Turbin pelton dikopel dengan generator menggunakan *sprocket* dan rantai sehingga menghasilkan tegangan yang kemudian dikopel ke inverter yang menghasilkan tegangan AC dan dihubungkan pada beban lampu LED 220 V.

Data rancangan sistem Simulator Mikrohidro dapat dilihat dari tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1.** Spesifikasi Sistem Mikrohidro

Parameter	Nilai
Volume Bak Penampung	100 Liter
Diameter Pipa Pesat	3/4 inchi dan 1/2 inchi
Diameter Valve	3/4 inchi
Diameter Nosel	1 cm
Selang Nosel	40 cm
Rak Meja (p l t)	1.5 m x 70 cm x 1.5 m
Box Turbin (p l t)	50 cm x 10 cm x 50 cm
Jenis Turbin	Turbin Pelton
Lebar Sudu Turbin	5.5 cm
Diameter Turbin	25 cm
Jumlah Sudu Turbin	6 buah
Kecepatan Putar Turbin	646 rpm

Turbin yang digunakan dalam penelitian ini adalah turbin pelton. Turbin ini merupakan turbin air tipe impuls yang ditemukan oleh Lester Allan Pelton pada tahun 1870-an. Roda roda pada turbin Pelton akan mengekstraksi energi dari dorongan air yang bergerak, berlawanan dengan bobot mati air seperti roda air yang melampaui batas tradisional (Thake, 2000). Geometri dayung pada bilah turbin dirancang sedemikian rupa sehingga ketika bilah bergerak dengan kecepatan setengah dari pancaran air, air meninggalkan bilah roda dengan kecepatan yang sangat kecil; dengan demikian desainnya mengekstraksi hampir semua energi impuls air, sehingga menjadikan turbin yang sangat efisien. Tidak seperti turbin lainnya dimana desain bilah yang kurang efisien sehingga yang

meninggalkan roda itu biasanya masih memiliki kecepatan tinggi, membuang energi dinamis yang dibawa ke roda.

Untuk menggerakkan fluida kerja (air) digunakan pompa air jet pump. Pompa air yang digunakan adalah Morris Jet 08 SS. Spesifikasi pompa air adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.** Spesifikasi Pompa Air

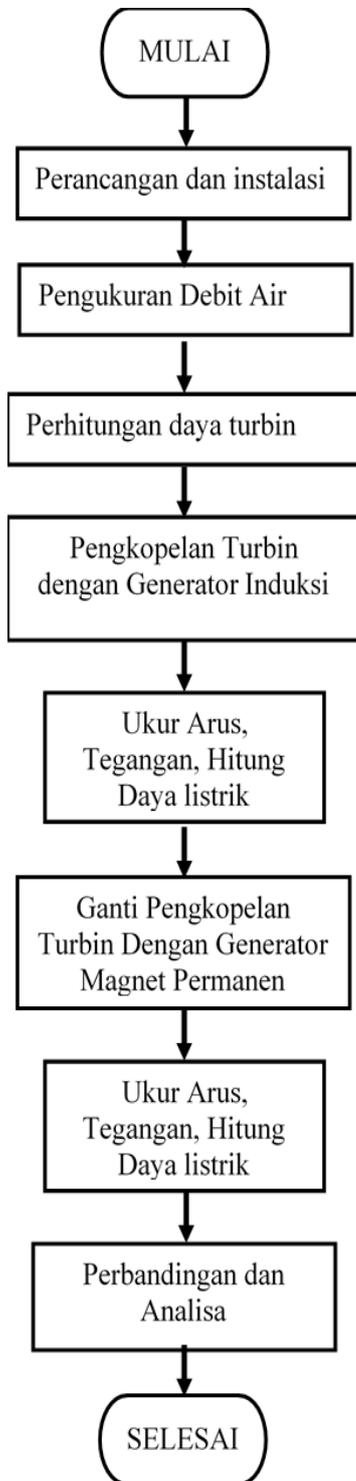
Parameter	Nilai
Daya pompa	700 W
Tegangan Listrik	220 V
Daya Hisap	11 m
Daya Dorong	47 m
Kapasitas	1.2 liter / detik
Ukuran Pipa	1" x 1"

Langkah awal adalah perancangan dan instalasi, kemudian dilanjutkan pengukuran debit air dan perhitungan daya turbin. Setelahnya turbin di kopel ke generator induksi lalu di hubungkan ke beban dan tanpa beban untuk mengetahui apakah sistem dapat menghasilkan daya listrik sebagai output. Arus, tegangan di rekam, sehingga daya listrik dapat dihitung.

Setelah itu generator magnet permanen di kopel dengan turbin air induksi lalu di hubungkan ke beban dan tanpa beban untuk mengetahui dan kemudian Arus, tegangan di rekam, sehingga daya listrik dapat dihitung. Diagram alir penelitian di tunjukkan dalam Gambar 2.

Generator induksi dihubungkan dengan beban dan tanpa beban kemudian catat daya yang di hasilkan, setelah itu generator induksi diganti dengan generator permanen magnet dengan cara melakukan pengkopelan turbin dan generator permanen magnet, lalu di hubungkan kembali dengan berbeban dan tanpa beban kemudian catat

daya yang dihasilkan oleh generator magnet permanen.



Gambar 2. Diagram alir perancangan dan pengujian mikrohidro

### Proses Pembangkitan Tegangan

Pada Generator induksi kumparan pada rotor dikoneksikan ke sumber eksitasi. Sumber eksitasi mendapatkan suplai arus DC (*Direct Current*) yang akan menimbulkan fluks yang besarnya tetap terhadap waktu. Perputaran rotor menghasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Perubahan fluks magnetik yang terjadi pada kumparan akan menimbulkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi air efektif pada sistem mikrohidro dapat ketahui dari besarnya tekanan air yang dapat diukur pada *pressure* meter, sehingga tinggi efektif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan hidrostatik.

$$P = \rho gh \quad (1)$$

dimana

$P$  = tekanan (Pa)

$\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = gaya gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$h$  = ketinggian efektif (m)

Sebagai contoh pada saat bukaan katup  $90^\circ$ . Tekanan air terukur pada *pressure* meter sebesar  $1,17 \text{ kg/cm}^2$ . sehingga tinggi efektif dapat dihitung:

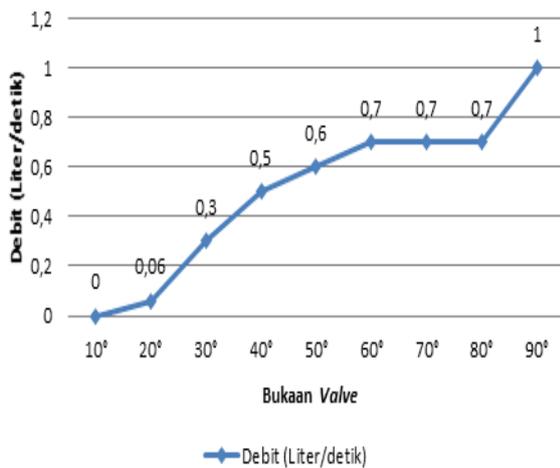
$$11700g = 1000gh$$

$$h = 11,7 \text{ m}$$

Hasil ini dibawah sesuai dengan *head* kapasitas pompa yaitu mempunyai kemampuan maksimal *head* meter 47 m.

### Pengujian debit aliran air.

Pengujian debit aliran air dilakukan dengan menggunakan wadah drijen kapasitas 5 liter air dan melakukan percobaan bukaan katup. Sumber air mikrohidro di simulasikan dengan aliran air dari pompa air kontinu, sedangkan variasi energi air akibat potensial disimulasikan dengan menggunakan bukaan *valve* pada *output* keluaran pompa tersebut. Hasil eksperimen yang menunjukkan hubungan bukaan *valve* dengan debit air yang keluar pada sistem mikrohidro skala laboratorium ditunjukkan pada Gambar 3. Variasi besarnya bukaan katup dimaksudkan sebagai variasi ketinggian air yang menyebabkan variasi energi potensial air.



Gambar 3. Hubungan bukaan *valve* dengan debit air yang keluar.

Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa pada saat bukaan *valve* 10° debit air masih 0 liter/detik atau bisa dikatakan belum menghasilkan keluaran. Hal ini terjadi karena daya dorong dari pompa air yang bila dibandingkan dengan friksi dari katup dan sambungan sambungan pipa. Pada bukaan *valve* 20° debit air nya adalah sebesar 0.06 liter/detik, di ikuti pada bukaan *valve* 30° debit airnya adalah sebesar 0,3 liter

/detik, namun pada bukaan *valve* 60° sampai dengan 80° debit airnya konstan 0.7 liter /detik. Ketika katup dibuka maksimal 90° debit airnya adalah sebesar 1 liter/detik.

### Perhitungan daya mekanik turbin.

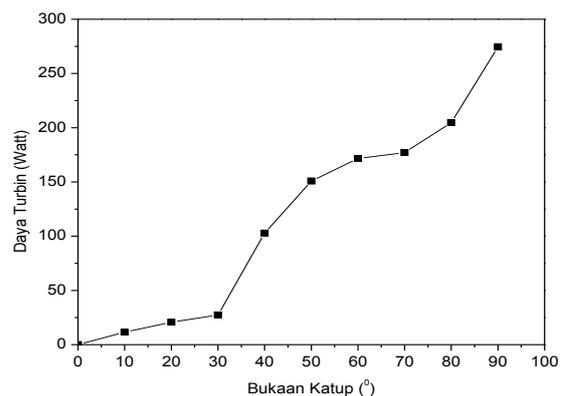
Selanjutnya daya mekanik turbin dapat dihitung dari besarnya energi potensial per satuan waktu yang dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{\text{turbin}} = \frac{E_p}{t} = \frac{mgh}{t} = Q\rho gh \quad (2)$$

dimana  $Q$  = debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$t$  = waktu (s)

Energi potensial yang masuk turbin juga akan mengalami penurunan karena dipakai untuk rugi daya karena gesekan saat turbin berputar, sehingga pada kondisi nyata nilai efisiensi turbin tidak sama dengan 100% (Asyâ, 2012). Hasil perhitungan daya mekanik turbin setara dengan energi potensial air dalam variasi bukaan katup ditunjukkan pada Gambar 4

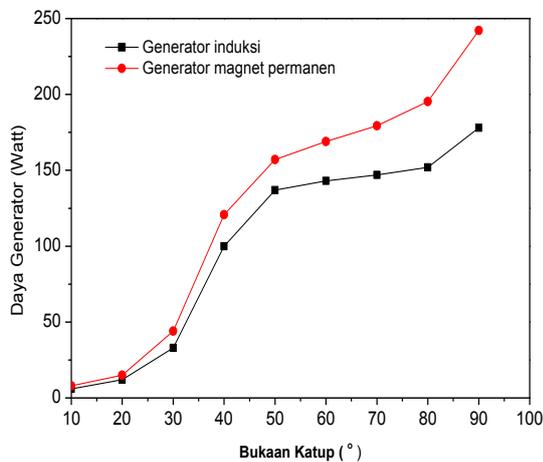


Gambar 4. Daya mekanik turbin pelton

Semakin besar bukaan katup mengakibatkan daya turbin semakin besar.

### Hasil uji daya listrik generator induksi dan generator magnet permanen

Setelah generator di kopel ke mesin turbin maka dilakukan pengujian terhadap generator penghasil listrik tersebut. Pengujian daya menunjukkan bahwa generator magnet permanen maupun generator Induksi mampu membangkitkan daya listrik dari turbin mekanik pada sistem simulator mikro hidro. Seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Daya listrik yang dibangkitkan generator magnet permanen dan generator induksi

Gambar 5 menunjukkan bahwa generator magnet permanen maupun generator induksi mampu membangkitkan daya listrik dari turbin mekanik pada sistem simulator mikrohidro, pada tiap variasi bukaan katup.

Besarnya daya listrik yang dihasilkan generator magnet permanen mulai dari 11,5 W hingga 204,7 W untuk bukaan katup 20° hingga 90°. Sedangkan pada generator induksi berkisar mulai 6 W hingga 152,5 W untuk bukaan katup 20° hingga 90°.

Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa daya *output* generator magnet permanen lebih besar dari daya *output* generator induksi.

**Tabel 3.** Perbandingan daya listrik Generator magnet permanen dan generator induksi

Beban Valve	Daya Output Turbin (Watt)	Daya Output Generator Induksi (Watt)	Daya Output Generator Magnet Permanen (Watt)
10°	0	0	0
20°	11,5	6	8
30°	20,7	12	15
40°	47	33	44
50°	130,5	100,3	120,7
60°	162	137,4	157,1
70°	171,6	143,5	168,9
80°	183,4	147	179,3
90°	204,7	152,5	195,3

Dari tabel 3 terlihat bahwa generator magnet permanen mampu mengkonversi daya mekanik sistem mikrohidro yang dikeluarkan oleh turbin menjadi daya listrik yang lebih besar dibandingkan dengan daya listrik hasil konversi oleh magnet induksi. Adanya faktor gesekan, energi hilang pada *loss* arus membuat tidak semua energi potensial air dapat dirubah menjadi energi listrik. Oleh karena itu kita mengenal konsep efisiensi. Generator magnet permanen menghasilkan konversi rerata sebesar 89 %. Sedangkan generator induksi mampu mengkonversi energi mekanik dengan rerata efisiensi 72 %. Konversi daya terbesar didapatkan oleh generator magnet permanen pada nilai 98% pada bukaan katup 70° dan 80°. Generator magnet permanen memiliki efisiensi yang lebih tinggi walaupun di putaran rpm yang lebih rendah.

Hal ini karena generator magnet permanen menggunakan magnet permanen di dalam *body*nya sehingga tidak membutuhkan eksitasi dan tegangan listrik lebih besar dan lebih konstan daripada generator induksi.

### KESIMPULAN

Dari hasil analisa perbandingan daya *output* pada sistem PLTMh dengan

menggunakan generator Magnet Permanen dan generator Induksi pada sistem pembangkit listrik mikrohidro skala laboratorium. generator magnet permanen terbukti dapat mengkorversi daya mekanik menjadi daya listrik lebih besar dibandingkan dengan daya listrik hasil konversi oleh magnet induksi. Efisiensi rerata konversi pada generator magnet permanen adalah sebesar 89 %. Sedangkan generator Induksi mempunyai efisiensi konversi rerata 72 %. Konversi daya terbesar didapatkan oleh generator generator magnet permanen pada nilai 98% pada bukaan katup 70° dan 80°. Daya terbesar yang dibangkitkan oleh generator magnet permanen adalah 195,3 W, sedang pada generator induksi hanya sebesar 152,5 W.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini sesuai dengan Kontrak Penelitian 7/E/KTP/2019 dan Perjanjian / Kontrak Nomor 10/ SP2H/LT/DRPM/2019, 2653/L4/PP/2019, 237/ A5/SPKP/LPPM/UNPAM/III/2019

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asyâ, H., & Ardiyatmoko, A. (2012). Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (PLTB). In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*.
- Effendy, M. (2009). Rancang Bangun Motor Induksi Sebagai Generator (Misg) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *Transmisi*, 11(2), 71-76.
- Hanggara, I., & Irvani, H. (2017). Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) Di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 2(2), 149-155.
- Mohibullah, M., Radzi, A. M., & Hakim, M. I. A. (2004, November). Basic design aspects of micro hydro power plant and its potential development in Malaysia. In *PECon 2004. Proceedings. National Power and Energy Conference, 2004*. (pp. 220-223). IEEE.
- Marsudi, D. (2011). *Pembangkitan Energi Listrik*, Edisi kedua, Penerbit Erlangga.
- Thake, J. (2000). *The micro-hydro Pelton turbine manual: Design, Manufacture and Installation for Small-scale Hydropower* (No. 621.24/T364). ITDG publishing.
- Rafl, D., & Hazwi, M. (2014). Simulasi Numerik Penggunaan Pompa Sebagai Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Dengan Head 9, 29 M Dan 5, 18 M Menggunakan Perangkat Lunak Cfd Pada Pipa Berdiameter 10, 16 Cm. *e-Dinamis*, 8(4).
- Varughese, A., & Michael, P. A. (2013). Electrical characteristics of micro-hydro power plant proposed in Valara waterfall. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, IJITEE*, 2.
- Valipour, M. (2015). A comprehensive study on irrigation management in Asia and Oceania. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(9), 1247-1271.
- Valipour, M. (2015). Future of agricultural water management in Africa. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(7), 907-927.