

**ANALISIS PERBANDINGAN DAYA OUTPUT PADA SISTEM PLTMH DENGAN
MENGUNAKAN GENERATOR MAGNET PERMANEN DAN GENERATOR INDUKSI**

Yoyok Dwi Setyo Pambudi¹, Siti Rokhmanila¹, Angga Septian MN²

¹*Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15417*

²*Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15417*

dosen00789@unpam.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan perancangan sistem pembangkit listrik mikrohidro skala laboratorium. Sistem ini untuk digunakan untuk pengujian dan analisis terhadap perbandingan keluaran daya listrik di pembangkit listrik mikrohidro menggunakan generator induksi dan generator magnet permanen. Sumber air mikrohidro di simulasi 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

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%.

Keyword: *micro hydro, permanent magnet generator, induction generator, turbine*

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik mikrohidro (PLTMH) cukup dikenal sebagai *white resources* dengan terjemahan bebas bisa dikatakan "energi putih".

Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Dengan teknologi turbin dan generator maka energi aliran air dapat diubah menjadi energi listrik.

Pembangkit listrik mikrohidro cukup berguna terutama pada daerah-daerah dengan jaringan listrik yang belum teraliri jaringan listrik, seperti daerah pedesaan, pegunungan dan pulau-pulau kecil [2].

Keberadaan pembangkit listrik mikrohidro pada suatu daerah membawa dampak positif berupa erjaganya pada kondisinya yang karena masyarakat yang merasakan manfaat listrik mikrohidro akan menjaga keberadaan pohon-pohon sebagai penyimpan air.

Selain itu dengan mikrohidro mempunyai keuntungan bahwa air yang dihasilkan juga disimpan untuk irigasi pertanian dan [3-4] dan juga untuk persediaan air bersih setelah dialirkan pada pembangkit listrik mikrohidro.

Salah satu komponen PLTMH adalah generator sebagai alat untuk mengubah energi mekanis poroturbin menjadi energi listrik. Generator yang banyak digunakan dalam PLTMH adalah generator sinkron

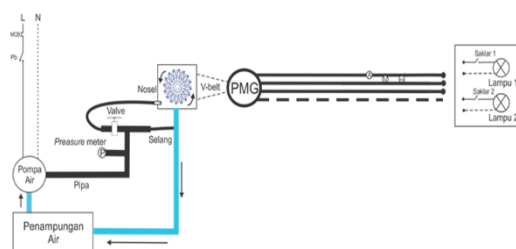
(untuk daya terbangkit > 10 kW) dan generator asinkron atau induksi (untuk daya terbangkit < 10 kW). Ada beberapa alasan mengapa digunakan generator induksi untuk daya terbangkit PLTMH < 10 kW antara lain: generator sinkron sangat sulit didapatkan di pasaran dan generator induksi lebih mudah perawatannya, namun generator induksi masih menghasilkan daya output yang kecil yang disebabkan oleh nilai kapasitor eksitasi. Apabila digunakan generator magnet permanen atau bisa disebut juga generator sinkron diharapkan output tegangannya dapat menjadi lebih besar karena generator ini tidak memerlukan eksitasi dan merupakan jenis generator putaran rendah [5]. Oleh

karenanya dilakukan penelitian untuk memanfaatkan

generator magnet permanen untuk diterapkan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang meneliti daya output pada generator induksi dan generator magnet permanen dengan turbin pelton.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan cara eksperimen dimana pertama dirancai sistem mikrohidro skala laboratorium yang terdiri dari Bak Penampung dalam volume 100 liter, pipa air pesat, katup aliran air, selang dan nosel, turbin. Sebagai dudukan perangkanya 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 | ¾ inchi dan ½ inchi |
| Diameter Valve | ¾ inchi |
| Diameter Nosel | 1 cm |
| Selang nosel | 40 cm |
| Rak meja (p 1 t) | 1.5 m x 70 cm x 1.5 m |
| Box turbin (p 1 t) | 50 cm x 10cm x 50cm |
| 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 [6]. 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 yang 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 :

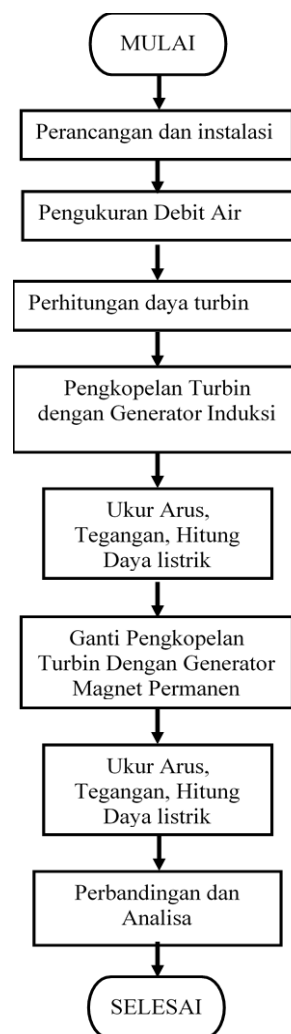
Tabel 2. Spesifikasi Pompa Air

| 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.

Setelah 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.

di daya yang di hasilkan, jika tidak 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 alirperancangan dan pengujian mikro hydro

Proses Pembangkitan Tegangan Pada Generator induksi kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi yang akan disuplai oleh arus searah sehingga menimbulkan fluks yang besarnya tetap terhadap waktu. Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Perputaran tersebut menghasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan induksi pada ujung-ujung kumparan tersebut. [8,9]

HASIL

Tinggi air efektif pada sistem mikrohidro dapat diketahui 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)

ρ = massa jenis fluida (kg/)

g = gaya gravitasi (m/s²)

h = ketinggian efektif (m)

Sebagai contoh pada saat buka katup 90°. Tekanan air terukur pada pressure meter sebesar 1.17 kg/cm². sehingga tinggi efektif dapat dihitung:

$$11700 g = 1000. gh$$

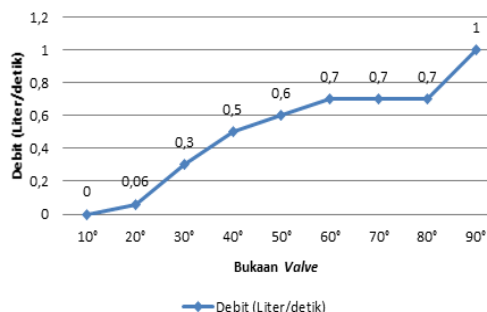
$$h = 11,7 m$$

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

Pengujian debit aliran air.

Pengujian debit aliran air dilakukan dengan menggunakan wadah dengan kapasitas 5 liter air dan melakukan percobaan buka katup. Sumber air mikrohidro di simulasi 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 skalalaboratorium 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 airnya 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.

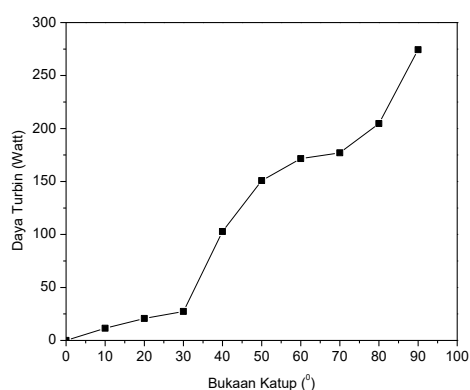
Selanjutnya daya mekanik turbin dapat dihitung dari besarnya energi potensial per satuan waktu yang dirumuskan sebagai berikut:

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

dimana Q = debit air (m³/s)

t = waktu (s)

Energi potensial yang masuk turbin juga akan mengalami penurunan karena dipakai untuk menggerakkan turbin berputar [10], sehingga pada kondisi nyata efisiensi turbin tidak samadengan 100%. Hasil perhitungan daya mekanik turbin setaradengan energi potensial air dalam variasi bukaan katup ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Daya mekanik turbin pelton

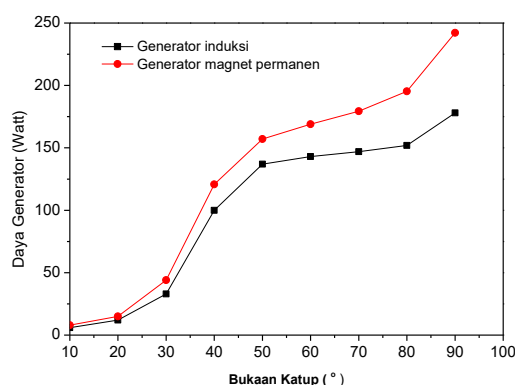
Semakin besar bukaan katup mengakibatkan daya turbin semakin besar.

Hasil uji dayalistrik generator induksi dan generator magnet permanen

Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator dengan daya yang keluar secara teoritis.

Setelah generator di kopel ke mesin turbin maka dilakukan pengujian terhadap generator penghasil listrik tersebut. Pengujian dayadari menunjukkan bahwa Generator magnet permanen maupun Generator Induksi mampu membangkitkan dayalistrik dari turbin mekanik pada sistem simulator mikrohidro.

Seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Dayalistrik yang dibangkitkan generator magnet permanen dan generator induksi

Gambar 5 menunjukkan bahwa generator magnet permanen maupun generator induksi mampu membangkitkan dayalistrik dari

iturbin mekanik pada sistem simulator mikrohidro, pada tiap variasi bukaan katup. Besarnya dayalistrik 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 dayalistrik Generator magnet permanen dan generator induksi

| Bukaan Valve | Daya Output Turbin (Watt) | Daya Output Generator Induksi (Watt) | Daya Output Generator Magnet Permanen (Watt) | Efisiensi Generator Induksi (%) | Efisiensi Generator Magnet Permanen (%) |
|--------------|---------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------|---|
| 10° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20° | 11,5 | 6 | 8 | 52 | 70 |
| 30° | 20,7 | 12 | 15 | 58 | 72 |
| 40° | 47 | 33 | 44 | 70 | 94 |
| 50° | 130,5 | 100,3 | 120,7 | 77 | 92 |
| 60° | 162 | 137,4 | 157,1 | 85 | 97 |
| 70° | 171,58 | 143,5 | 168,9 | 84 | 98 |
| 80° | 183,4 | 147 | 179,3 | 80 | 98 |
| 90° | 204,7 | 152,5 | 195,3 | 74 | 95 |

Dari tabel 3 terlihat bahwa generator magnet permanen mampu mengkonversi dayamekanik sistem mikrohidro yang dikeluarkan oleh turbin menjadi dayalistrik dibandingkan dengan dayalistrik hasil konversi oleh magnet induksi. Tidak semua energi potensial dari air dapat dirubah menjadi energi listrik karena adanya faktor gesekan, energi hilang pada loss arus dsb.

Oleh karena itu kita mengenal konsep efisiensi: Generator magnet permanen menghasilkan konversi rata-rata sebesar 89%. Sedangkan Generator induksi mampu mengkonversi energi mekanik dengan rata-rata efisiensi 72%. Konversi daya terbesar didapatkan oleh Generator magnet permanen pada nilai 98% pada bukaan katup 70° dan 80°.

Dapat dilihat dari gambar grafik di atas terlihat setelah 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 bodinya sehingga tidak membutuhkan ketahanan tegangan listrik lebih besar dan lebih konstan daripada generator induksi.

KESIMPULAN

Telah dilakukan analisis 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 mengkonversi daya mekanik turbin oleh turbin menjadi daya listrik dibandingkan dengan daya listrik hasil konversi oleh magnet induksi. Efisiensi rata-rata konversi pada generator magnet permanen adalah sebesar 89 %. Sedangkan Generator Induksi memiliki efisiensi konversi rata-rata 72 %. Konversi daya terbesar didapatkan oleh generator magnet permanen pada nilai 98% pada bukaan katup 70° dan 80°. Daya terbesar yang dibangkitkan dengan Generator magnet permanen adalah 195,3 W, sedang pada Generator induksi hanya sebesar 152,5 W.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ikrar Anggara dkk, 2017, "Potensi PLTMH Di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur" Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang.
- [2]. Varughese Arun, Michael Prawin Angel. Electrical characteristics of micro-hydro power plant proposed in Valara waterfall. *Int J Innov Technol Explor Eng* 2013;2(2):128–31.
- [3]. Valipour Mohammad. A comprehensive study on irrigation management in Asia and Oceania. *Arch Agron Soil Sci* 2015;61(9):1247–71.
- [4] Valipour Mohammad. Future of agricultural water management in Africa. *Arch Agron Soil Sci* 2015;61(7):907–27.
- [5] Machmud Effendy, 2009, "Rancang Bangun Motor Induksi Sebagai

Generator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro" Universitas Muhammadiyah Malang

- [6] J. Thake, "The micro-hydro Pelton turbine manual," Warwickshire, UK Pract. Action Publ., pp. 136–142, 2000.
- [7] Mohibullah M, Radzi AM, Hakim MIA. Basic design aspects of micro hydro power plant and its potential development in Malaysia. *Proc Power Energy* 2004.
- [8] Deny Rafli, 2014, "Simulasi Numerik Penggunaan Pompa Sebagai Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Head 9,29 M Dan 5,18 M Menggunakan Perangkat Lunak CFD Pada Pipa Berdiameter 10,16 CM" Universitas Sumatra Utara
- [9] Djiteng Marsudi, 2011, "Pembangkitan Energi Listrik Edisi Kedua" Erlangga, Jakarta
- [10] Hasyim Asy'ari dkk, 2012, "Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (PLTB)" Universitas Muhammadiyah Surakarta