

Uji Performa Generator AC 3 phase untuk Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Skala Laboratorium

Zanu Saputra ¹, Hasdiansah ², Medeline Citra Vanessa ³, Hairullah ⁴, Dherry Riski Andhika ⁵

^{1) 3)4)5)} Teknik Elektro Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

²⁾ Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Jl. Timah Raya Kawasan Industri Air Kantung Sungailiat

Email: ¹⁾ zanusaputra@gmail.com, ²⁾ phianntarah@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi listrik saat ini semakin meningkat sehingga energi ini menjadi sumber energi utama yang paling penting. Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan tersebut dikembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) dengan turbin archimedes screw bilah lima. Dalam pengembangannya dilakukan uji performa generator magnet permanen AC 3 phase dengan kapasitas daya sebesar 500 Watt. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan karakteristik output generator sehingga bisa diimplementasikan secara riil. Metode pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan poros generator dan poros motor DC shunt dengan kecepatan putaran motor DC dapat dikontrol. Sensor INA219 dan LM393 digunakan untuk mendeteksi nilai arus, tegangan, rpm yang dihasilkan generator selanjutnya diolah menggunakan mikrokontroler. Data real time dapat dimonitoring pada komputer, LCD dan smart phone menggunakan aplikasi blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tegangan yang dapat dihasilkan generator dengan penggerak Motor DC pada kondisi optimum yaitu sebesar 45 V AC pada 620 rpm dan pada kondisi minimum menghasilkan 8 V AC pada 91 rpm.

Kata Kunci : PLTPH 1, archimedes screw bilah lima 2, generator AC 3 phase 3, uji performa 4

ABSTRACT

The need for electrical energy is currently increasing so that this energy is the most important main energy source. One of the efforts to meet this need is to develop a Pico Hydro Power Plant (PLTPH) with a five blade Archimedes screw turbine. In its development, the performance test of a 3 phase AC permanent magnet generator with a power capacity of 500 Watts was carried out. The purpose of this test is to obtain the characteristics of the generator output so that it can be implemented in real terms. The test method is carried out by connecting the generator shaft and the DC shunt motor shaft with the DC motor rotation speed can be controlled. INA219 and LM393 sensors are used to detect the value of current, voltage, rpm generated by the generator which is then processed using a microcontroller. Real time data can be monitored on computers, LCDs and smart phones using the blynk application. The test results show that the value of the voltage that can be generated by a generator with a DC motor drive at optimum conditions is 45 V AC at 620 rpm and at minimum conditions it produces 8 V AC at 91 rpm.

Keywords : PLTPH 1, archimedes screw five blade 2, 3 phase AC generator 3, performance test 4

1 PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan perkembangan zaman. Pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) pada tahun 2019 baru mencapai 9,15% dari total konsumsi energi nasional sedangkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) menargetkan pertumbuhannya mencapai 23% pada tahun 2025 [1]. Untuk mendukung target pemerintah tersebut, aplikasi dan inovasi dalam pengembangan energi terbarukan harus dilakukan dengan lebih masif. Indonesia sendiri memiliki beragam sumber energi terbarukan salah satunya yaitu sumber energi Piko Hidro. Pembangkit Listrik

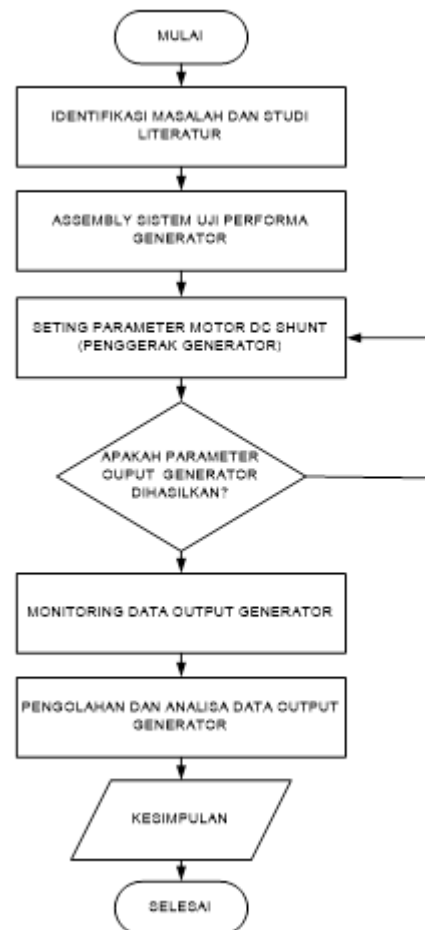
Tenaga Piko Hidro (PLTPH) adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi air berskala kecil, umumnya diaplikasikan di aliran sungai dengan memanfaatkan beda ketinggian hulu dan hilir air (head), jumlah debit air, maupun tekanan airnya. Rentang daya pada PLTPH yaitu di bawah 5 kW per unit [2]. Pemanfaatan PLTPH ini dapat dilakukan di Bangka Belitung karena beberapa potensi pengaplikasian pada bekas tambangan timah, aliran sungai, atau bahkan pada saluran irigasi. Terdapat beberapa aplikasi yang dapat digunakan dalam pembangkit listrik tenaga Piko Hidro salah satunya yaitu pengaplikasian turbin Archimedes Screw.

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa potensi PLTPH menggunakan turbin Archimedes Screw menunjukkan hasil yang baik bagi pengaplikasian sumber energi terbarukan [2]–[8]. Melihat potensi pengembangan tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan uji performa generator AC 3 phase untuk Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro menggunakan turbin model Archimedes Screw bilah 5. Metode uji performa skala laboratorium ini dengan cara menghubungkan poros generator dan poros motor DC shunt yang kecepatan putarannya bisa dikontrol. Untuk mendeteksi parameter yang diinginkan digunakan sensor INA219 dan LM393. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan karakteristik output generator berupa data arus, tegangan, rpm dan parameter lain yang diolah oleh mikrokontroler dan dimonitoring melalui LCD dan smart phone menggunakan teknologi Internet of Thing (IoT).

2 METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode research and development serta fungsi terapan yang nantinya akan diimplementasikan dilapangan. PLTPH akan ditempatkan dialiran sungai pelabuhan desa Jelitik Sungailiat. Untuk mendapatkan hasil yang optimal maka dilakukan uji performa terlebih dahulu. Sehingga dengan mengetahui karakteristik generator dapat digunakan sebagai acuan desain mekanik maupun elektrik dilapangan.

Metodologi penelitian uji performa generator AC 3 phase untuk PLTPH ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Metodologi penelitian

Berdasarkan gambar 1 tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

Kegiatan awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah identifikasi masalah dan studi literatur. Permasalahan-permasalahan terkait uji performa generator AC 3 phase diidentifikasi dan dirumuskan dengan tujuan pengujian dapat dilakukan secara optimal. Teori yang mendasari uji performa generator dan juga spesifikasi teknis generator dikaji untuk memperkaya khasanah penelitian.

Assembly sistem pengujian terdiri dari 2 bagian yaitu assembly perangkat mekanik dan assembly perangkat elektrikal. Secara mekanik perangkat generator dan motor DC penggerak dikopel dengan bus dan diatur sedemikian rupa sehingga kedua poros sesumbu. Sedangkan secara elektrik dilakukan pemasangan sensor-sensor untuk mendeteksi parameter generator, pengolah data dan koneksi output generator terhadap beban simulasi.

Pengaturan parameter motor DC shunt terdiri dari parameter rpm untuk mensimulasikan penggerak generator dengan kecepatan putaran linier (dari kecepatan rendah sampai kecepatan tinggi). Untuk pengontrolan rpm digunakan sistem pengontrolan

PWM sehingga mendapatkan linieritas optimal. Jika generator menghasilkan parameter output, maka data akan dideteksi menggunakan sensor. Akan tetapi jika belum dihasilkan parameter output generator maka dilakukan kembali setting parameter pada motor DC penggerak. Pengujian dilakukan secara berulang untuk mendapatkan sampling data yang akurat.

Data yang dideteksi akan diolah mikrokontroler kemudian ditampilkan pada display sebagai data uji performa. Sebagai pembanding serta tambahan data pengujian performa dilakukan uji menggunakan alat ukur power quality analyzer dan tachometer. Power quality analyzer difungsikan untuk mengukur parameter arus, tegangan, daya, faktor daya dan frekuensi. Sedangkan tachometer digunakan sebagai pembanding pengukuran rpm generator. Selanjutnya adalah proses analisis data parameter untuk melihat karakteristik dari generator AC 3 phase. Analisis tersebut akan menjadi simpulan performa generator AC 3 phase sebagai acuan implementasi pembangkit listrik tenaga piko hidro di lapangan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlengkapan, alat ukur dan komponen terkait sebagai uji performa generator seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Pengujian performa generator AC 3 phase di laboratorium

Sebelum implementasi PLTPH secara langsung di lapangan dilakukan pengujian performa generator di laboratorium elektronika daya dengan perangkat-perangkat yang relevan. Motor DC shunt dipilih sebagai penggerak generator dengan tujuan dapat diatur kecepatan putarnya dan memiliki torsi relatif besar. Kecepatan putar yang diinginkan adalah 600 rpm sesuai dengan spesifikasi generator. Motor DC

shunt yang digunakan dapat memenuhi kecepatan putar tersebut karena bisa mencapai 1000rpm.

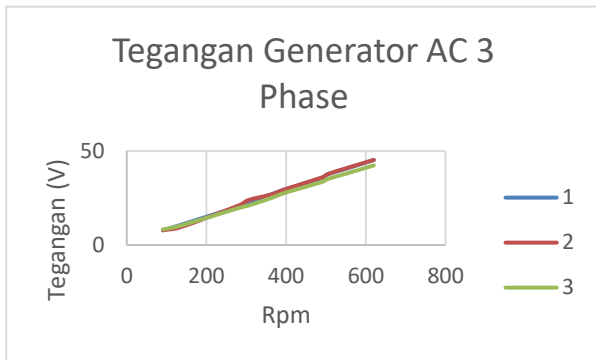
Hasil data pengukuran menunjukkan bahwa pada kecepatan 45 rpm optimal sesuai spesifikasi generator yaitu berkisar 600 rpm maka generator akan menghasilkan tegangan output sebesar 45 Volt. Tegangan kerja generator mulai dari kecepatan 91 rpm yaitu sebesar 8 Volt. Selanjutnya dilakukan pengukuran arus output generator dengan beban 1.5kΩ. Hasil pengukuran tegangan dan arus output generator dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1 Pengaruh rpm terhadap tegangan dan arus

RPM Motor DC	Tegangan Generator (V)			Arus Generator (mA)		
	1	2	3	1	2	3
620	45.3	45.3	42.4	15.5	16.4	16.1
554	40.8	41.1	38.2	13	13.6	13.1
505	37.7	37.8	35.2	10.5	10.8	10.7
489	35.7	35.9	33.5	10.2	10.1	10.5
400	29.8	29.9	28	6.7	7	6.8
362	26.9	26.9	25	6.2	6.6	6.4
305	22.3	23.9	21	3.7	3.9	3.7
279	20.4	20.9	19.6	2.8	2.9	2.8
138	10.9	9.7	10.5	0.6	0.6	0.6
91	7.8	7.9	8.3	0.6	0.6	0.6

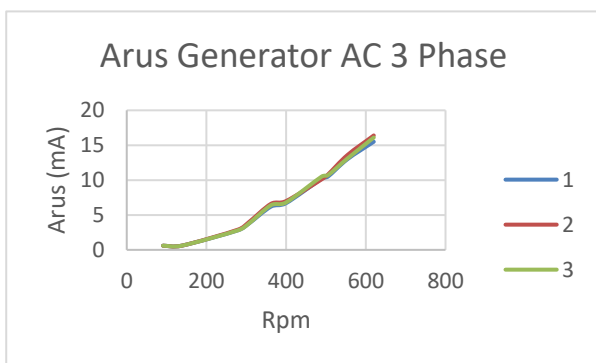
Berdasarkan tabel 1, data pengujian di sajikan tiga kali pengujian dengan untuk pengambilan data arus, tegangan dan rpm. Pengujian dengan pengontrolan mulai rentang 1 – 60 rpm parameter output arus dan tegangan generator tidak menghasilkan outputan. Respon output mulai dihasilkan ketika pada rpm diatas 60 akan tetapi belum stabil. Pada range 91 rpm respon tegangan output mulai muncul dengan tegangan dengan rata-rata 8 volt. Sedangkan arus yang dihasilkan adalah sebesar rata-rata 0,6 mA. Seiring meningkatkan rpm respon perubahan tegangan juga semakin besar. Akan tetapi untuk respon arus pada range 91 – 138 rpm masih belum mengalami kenaikan. Hal ini dapat disebabkan oleh fluks medan pada generator belum optimal. Dilihat pada rentang 200 – 400 rpm respon tegangan output mengalami kenaikan 0,05% atau 3 volt. Sedangkan diatas 400 rpm hingga 500 rpm kenaikan tegangan lebih kecil dari 0,05%. Dari sisi respon kenaikan arus output pada 500rpm menunjukkan stabilitas arus sebesar 10 mA. Pada batas puncak rpm maksimal 600 rpm tegangan yang bisa dihasilkan oleh generator adalah sebesar 45 volt dan arus sebesar 16 mA. Respon

tegangan dan arus terhadap rpm ditunjukkan secara grafik seperti pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3 Respon tegangan AC terhadap rpm.

Respon tegangan terhadap rpm menunjukkan linieritas yang cukup konsisten. Bertambahnya rpm pada generator menyebabkan kenaikan tegangan AC hingga batas maksimum yaitu 600 rpm.



Gambar 4 Respon arus AC terhadap rpm.

Sebagai perbandingan pengukuran tegangan output pada rpm maksimum digunakan power quality analyzer dengan hasil relatif sama seperti ditunjukkan pada gambar 5.

Dikarenakan clamp sensor arus untuk power quality analyzer batas ukurnya terlalu besar menyebabkan arus output generator tidak terbaca sehingga nilai daya pun tidak terbaca. Parameter lain yang bisa diketahui adalah power faktor (PF) sebesar 0,5, passor angle (PA) sebesar 60° dan frekuensi (F) sebesar 62HZ.



Gambar 5 Pengukuran tegangan menggunakan alat ukur power quality analyzer

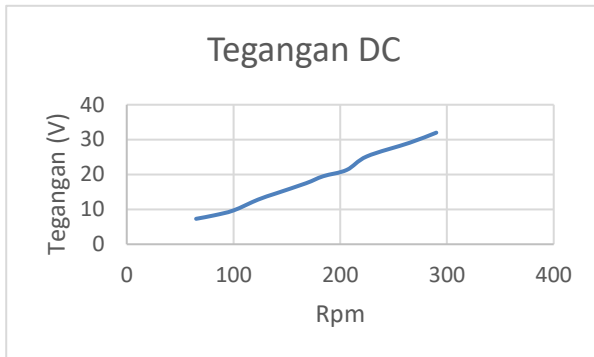
Dikarenakan clamp sensor arus untuk power quality analyzer batas ukurnya terlalu besar menyebabkan arus output generator tidak terbaca sehingga nilai daya pun tidak terbaca. Parameter lain yang bisa diketahui adalah power faktor (PF) sebesar 0,5, passor angle (PA) sebesar 60° dan frekuensi (F) sebesar 62HZ.

Pengujian juga dilakukan dengan metode menghubungkan keluaran dari generator AC 3 phase yang disearahkan dengan rectifier selanjutnya dihubungkan dengan kontroler pengisian aki. Pengukuran output kontroler pengisian aki ditunjukkan pada tabel 2 berikut.

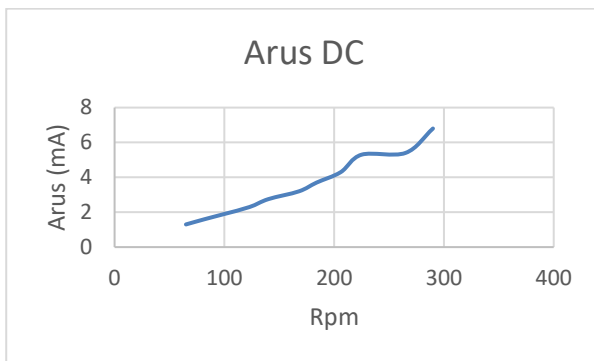
No.	RPM Motor DC dan Generator	Tegangan DC	Arus DC
		Multi meter (V)	Multi meter (mA)
1	65	7.3	1.3
2	82	8.3	1.6
3	100	9.7	1.9
4	123	12.8	2.3
5	140	14.6	2.75
6	168	17.5	3.2
7	184	19.5	3.7
8	206	21.3	4.3
9	225	25.2	5.3
10	265	29.1	5.4
11	290	32	6.8

Hasil pengujian menunjukkan dengan kecepatan putar generator 65 rpm tegangan DC yang dihasilkan mencapai 7,3 volt dan arus sebesar 1,3 mA. Akan tetapi dikarenakan pada range rpm ini output generator belum optimal maka tegangan yang dihasilkan relatif tidak stabil. Tegangan DC bisa dihasilkan sebesar rata-rata 12 volt ketika rpm diatas 110 rpm. Kenaikan tegangan ini secara linier hingga pengujian sampai dengan 290 rpm. Sedangkan arus

DC yang dihasilkan dimulai sebesar 1,3 mA untuk rpm terendah dan 6,8 mA untuk rpm tertinggi dari proses pengujian 290 rpm. Nilai tegangan dan arus berbanding lurus terhadap rpm secara grafik ditunjukkan pada gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 6 Tegangan DC terhadap rpm



Gambar 7 Arus DC terhadap rpm

4 KESIMPULAN

Bisa disimpulkan bahwa hasil data pengukuran menunjukkan kecepatan rpm optimal sesuai spesifikasi generator yaitu berkisar 600 rpm akan menghasilkan tegangan *output* sebesar 45 Volt dan arus sebesar 15 mA. Tegangan kerja generator secara stabil dimulai dari kecepatan 91 rpm yaitu sebesar 8 Volt dan arus minimum 15 mA. Dengan demikian penggunaan generator AC 3 phase sesuai dengan spesifikasi tersebut dapat diimplementasikan pada PLTPH archimedes screw bilah 5 yang membutuhkan rpm relatif kecil yaitu kisaran 100 rpm dengan tegangan 12 volt.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim peneliti yang sudah berkontribusi dalam pelaksanaan dan pengembangan penelitian secara berlanjut. Serta ucapan terimakasih kepada unit P3KM Polman

Negeri Bangka Belitung yang memfasilitasi anggaran penelitian internal sehingga sangat membantu dalam proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. E. Nasional, “Kebijakan Energi Nasional (KEN) Road Map Kebijakan Ketahanan dan Kemandirian Energi,” 2020.
- [2] A. M. Haidar, M. F. Senan, A. Noman, and T. Radman, “Utilization of pico hydro generation in domestic and commercial loads,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 1, pp. 518–524, 2012.
- [3] M. T. Saputra, A. I. Weking, and I. W. Artawijaya, “Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (Archimedean Screw) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah,” *vol.*, vol. 18, pp. 83–90, 2019.
- [4] T. KRISTYADI, R. ADITYA, and P. NUGRAHA, “Pengembangan Governor Elektrik Berbasis Arduino sebagai Sistem Kontrol Turbin Air Screw,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 8, no. 3, p. 533, 2020.
- [5] I. G. W. Putra, A. I. Weking, and L. Jasa, “Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw,” *Maj Ilm Teknol Elektro*, vol. 17, no. 3, p. 385, 2018.
- [6] J. T. B. Arto and F. Hunaini, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro Portable menggunakan Archimedes Screw,” in *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)*, 2020, pp. 395–402.
- [7] G. Dellinger, S. Simmons, W. D. Lubitz, P.-A. Garambois, and N. Dellinger, “Effect of slope and number of blades on Archimedes screw generator power output,” *Renew. Energy*, vol. 136, pp. 896–908, 2019.
- [8] H. B. Harja, H. Abdurrahim, S. Yoewono, and H. Riyanto, “Penentuan Dimensi Sudu Turbin dan Sudut Kemiringan Poros Turbin pada Turbin Ular Archimedes,” *Met. Indones.*, vol. 36, no. 1, pp. 26–33, 2016.