

PERANCANGAN GENERATOR 3 PHASE PADA GRAVITATION WATER VORTEX POWER PLANT (GWVPP)

- 1) Mahasiswa Prodi Teknik Elektro Universitas Nurul Jadid Paiton Probolinggo,
- 2) Dosen Prodi Teknik Elektro Universitas Nurul Jadid Paiton Probolinggo,
- 3) Dosen Departemen Fisika Fakultas Saintics Universitas Sepuluh November Surabaya

Correponding email ^{2*)} :
Hasanmohammadbasri83@gmail.com

Received: 31-03-2020

Accepted: 17-05-2020

Published: 28-06-2020

©2020 Politala Press.
All Rights Reserved.

Muhammad Bahrullah¹⁾, Muhammad Hasan Basri^{2*)}, Amelia Herlina²⁾, Bachtera Indarto³⁾

Abstrak. Energi listrik adalah salah satu elemen paling mendasar dari kehidupan di dunia. Teknologi yang sedang marak dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Vortex (PLTV), PLTV menggunakan generator sebagai pengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk membuat generator permanen dan analisis parameter listrik dari keluaran generator. Metode penelitian yang digunakan terdiri dari, Perancangan alat, Pembuatan, Pengujian, Analisis dan output generator. Hasil penelitian ini berupa generator fluks aksial magnet permanen 3 fasa. Stator dibentuk dengan jumlah kumparan sebanyak 9 kumparan terdiri dari 1000 lilitan per kumparan sedangkan rotor menggunakan magnet sebanyak 24 buah setiap rotornya. Tegangan induksi DC tiga fasa tanpa beban yang dihasilkan dari 10 kali variasi pengujian menggunakan turbin model L dan S. data yang didapatkan tegangan tertinggi 1,5 Volt pada pengujian turbin model L dan turbin model S dihasilkan tegangan tertinggi 2,4 Volt.

Kata Kunci: Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP), Turbin, Generator.

Abstract. Electrical energy is one of the most basic elements of life in the world. The technology that is being developed is the Vortex Power Plant (PLTV), PLTV uses generators to convert mechanical energy into electrical energy. This study aims to make permanent generators and analyze the electrical parameters of the generator output. The research method used consisted of, tool design, manufacturing, testing, analysis, and generator output. The results of this study are 3 phase permanent axial magnetic flux generators. The stator is formed with a total of 9 coils consisting of 1000 turns per coil while the rotors use a magnet of 24 pieces per rotor. No-load three-phase DC induction voltage generated from 10 times the variation of testing using turbine models L and S. The data obtained the highest voltage of 1.5 Volts on testing the L model turbine and the S model turbine produced the highest voltage of 2.4 Volts.

Keywords: Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP), Turbine, Generator.

To cite this article at <https://doi.org/10.34128/je.v7i1.119>

1. Pendahuluan

Energi listrik adalah salah satu elemen paling mendasar dari kehidupan di dunia. Energi listrik dibutuhkan untuk bertahan hidup dan sangat diperlukan untuk berbagai kegiatan diberbagai bidang yaitu: pendidikan, kesehatan, transportasi dan infrastruktur, dan juga merupakan faktor penting untuk pertumbuhan dan pengembangan bidang ekonomi dari suatu wilayah atau daerah tertentu [1]. Perkembangan teknologi di era globalisasi saat ini berimbas pada peningkatan kebutuhan energi listrik yang sangat besar, baik itu di negara maju maupun negara berkembang seperti indonesia. Generator elektromekanis adalah perangkat yang mampu menghasilkan tenaga listrik dari energi mekanik. Ketika tidak terhubung ke resistansi beban, generator akan

menghasilkan tegangan kasar sebanding dengan kecepatan poros. Dengan konstruksi yang tepat dan desain, generator dapat dibangun untuk menghasilkan tegangan sangat tepat untuk rentang tertentu kecepatan poros, sehingga membuat mereka cocok sebagai perangkat pengukuran untuk kecepatan poros dalam peralatan mekanik. [2]

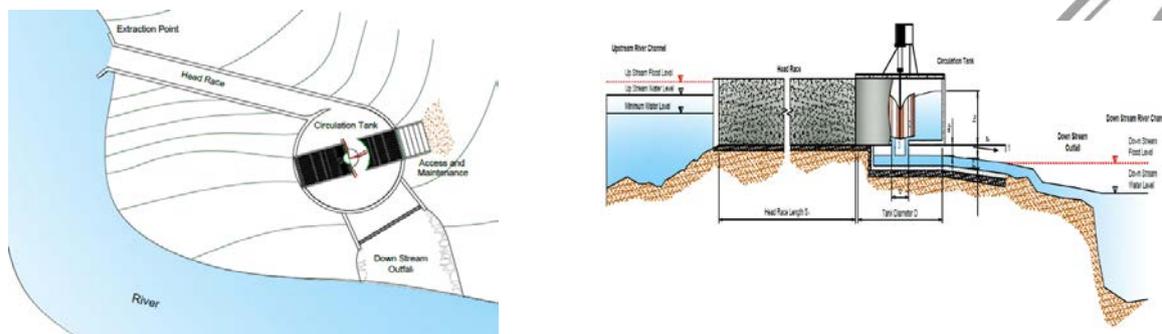
Generator yang tersedia banyak dipasaran biasanya berjenis *high speed induction* generator dimana pada generator jenis ini membutuhkan putaran tinggi dan juga membutuhkan energi listrik awal untuk membuat medan magnetnya. Sedangkan pada penggunaan kincir angin/listrik dibutuhkan generator yang berjenis *low speed* dan tanpa energi listrik awal, karena biasanya ditempatkan di daerah-daerah yang tidak memiliki aliran listrik. Generator yang dibuat haruslah murah, mudah dibuat, mudah perawatannya, *low speed, high torque* serta bisa dikembangkan (*scaled up*) generator mini dengan menggunakan permanent magnet berjenis *rare magnet (NdFeB), axial flux*. [3]

Pembuatan pembangkit energi pusaran air (*vortex*) sebenarnya sangat sederhana dan dapat dilakukan secara mandiri, terutama untuk daya yang kecil. Dalam penelitian ini akan disajikan langkah langkah perancangan dan pembuatan generator 3 phase untuk keperluan pembangkitan listrik *Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP)*.

2. Tinjauan Pustaka

Pengertian *Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP)*

GWVPP adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan peristiwa terbentuknya pusaran air, seperti pada Gambar 1 :

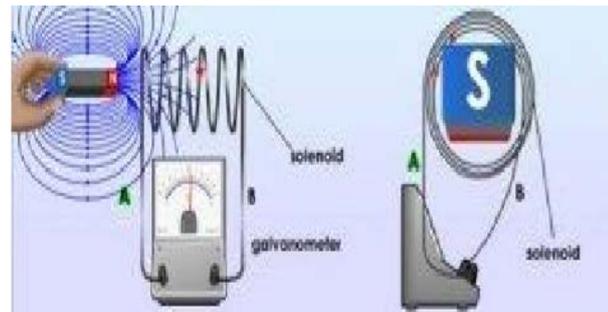


Gambar 1 *GWVPP* pada *upstream* dan *downstream* sungai (Mulligan, 2011)

Pada Gambar 1 memperlihatkan ketika air memasuki sebuah wadah (*basin*) yang melingkar dengan *inlet* secara *tangensial* dan *outlet* pada pusat *basin* yang alirannya ke arah bawah sehingga mendapat pengaruh dari gravitasi bumi akibat adanya perbedaan tinggi permukaan air dan *outlet (head)*. Pusaran yang terjadi disebut *vortex*. Torsi yang dihasilkan dari pusaran air dimanfaatkan untuk memutar turbin yang diletakkan di bagian tengah pusaran yang kecepatannya yang paling besar. Putaran turbin menghasilkan energi mekanik yang kemudian bisa dirubah menjadi energi listrik dengan menggunakan generator. [4]

Generator

Generator adalah pengkonversi energi dari bentuk energi mekanik menjadi energi listrik yang berlangsung di daerah medan magnet [5]. Karena adanya energi mekanik yang diberikan pada generator, maka akan timbul arus listrik dalam suatu penghantar akibat perubahan medan magnet di sekitar kawat penghantar tersebut. Dalam hukum Faraday, dikatakan bahwa bila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet yang berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik (ggl). Ggl induksi yang ditimbulkan dapat diperbesar dengan cara memperbanyak lilitan kumparan, menggunakan magnet permanen yang lebih kuat, mempercepat putaran kumparan, dan menyisipkan inti besi lunak ke dalam kumparan [6]. Arus listrik yang terjadi disebut arus “imbas” atau “arus induksi”. Gambar 2 memperlihatkan timbulnya gaya gerak listrik akibat perubahan medan magnet.



Gambar 2 Timbulnya ggl akibat perubahan medan magnet (Asy'ari et.al, 2012)

Terdapat dua jenis konstruksi dari generator, jenis medan diam dan medan magnet berputar. Pada medan magnet diam secara umum kapasitas Kilovolts ampere relatif kecil dan ukuran kerja tegangan rendah, jenis ini mirip dengan generator DC kecuali terdapat *slips ring* sebagai alat untuk pengganti komutator, sedangkan pada generator jenis medan magnet berputar dapat menyederhanakan masalah pengisolasian tegangan. Siklus tegangan yang dibangkitkan tergantung pada jumlah kutub yang digunakan pada magnet, pada generator yang menggunakan dua kutub dapat membangkitkan satu siklus tegangan sedangkan pada generator dengan empat kutub dapat menghasilkan dua siklus tegangan. Sehingga terdapat perbedaan antara derajat mekanis dan derajat listrik. Derajat mekanis adalah apabila kumparan atau penghantar jangkar berputar satu kali penuh atau 360° mekanis sedangkan derajat listrik adalah jika GGL atau arus bolak-balik melewati satu siklus berarti telah melewati 360° waktu. Bentuk generator ditunjukkan seperti pada Gambar 3.



(a) Tampak luar

(b) Tampak dalam

Gambar 3 Generator sebagai pengkonversi energy menjadi energy listrik (Dietzel, 1988)

Jenis-jenis Generator

Generator terbagi menjadi dua yaitu sebagai berikut :

1. Generator AC (*alternator*)

Motor induksi merupakan mesin listrik yang dapat merubah energi listrik menjadi energi mekanik dengan memanfaatkan listrik arus bolak-balik (AC) sebagai sumbernya. Motor induksi tiga fasa memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, bagian rotor dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara (*air gap*). Tipe dari motor induksi berdasarkan pada jenis rotor dibagi menjadi dua macam yaitu *Wound rotor* (tipe motor yang memiliki rotor terbuat dari lilitan) dan *Squirrel-cage rotor* yaitu konstruksi rotor disusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi, kemudian pada setiap bagian disatukan oleh cincin yang membuat batangan logam dihubungkan singkat dengan batangan logam yang lain. Motor ini bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari stator ke rotor, dimana arus pada rotor yaitu merupakan arus yang terinduksi akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*Rotating Magnetizing Field*) yang dihasilkan oleh arus stator. [7]

1) Konstruksi Generator AC

Secara umum konstruksi generator AC terdiri dari stator (bagian yang diam) dan rotor (bagian yang bergerak). Keduanya merupakan rangkaian magnetik yang berbentuk simetris dan silindris. Selain itu generator AC memiliki celah udara ruangan tarastator dan rotor yang berfungsi sebagai tempat terjadinya fluksi atau induksi energi listrik dari rotorkestator. Adapun konstruksi generator AC adalah sebagai berikut.

- Rangka stator terbuat dari besi tuang, yang merupakan rumah stator tersebut.
- Stator adalah bagian yang diam. Memiliki alur-alur sebagai tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator berfungsi sebagai tempat GGL (Gaya Gerak Listrik) induksi.
- Rotor adalah bagian yang berputar, pada bagian ini terdapat kutub - kutub magnet dengan lilitannya yang dialiri arus searah, melewati cincin geser dan sikat-sikat.
- Cincin geser, terbuat dari bahan kuningan atau tembaga yang dipasang pada poros dengan memakai bahan isolasi. Slipring ini berputar bersama- sama dengan poros dan rotor.

- e. Generator penguat: adalah generato arus searah yang dipakai sebagai sumber arus.
- 2) Prinsip Kerja Generator AC
Kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi yang akan disuplai oleh arus searah sehingga menimbulkan fluks yang besarnya tetap terhadap waktu. Kemudian penggerak mula (*Prime Mover*) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya [8], sesuai dengan persamaan:

$$n = \frac{120f}{p} \quad (1)$$

Dengan : n = kecepatan putar rotor (rpm)

p = jumlah kutub rotor

f = frekuensi (Hz)

2. Generator DC

Generator dengan magnet permanen yang mana sumber eksitasinya berdasarkan dari magnet permanen pada rotor [9], Adapun kelebihan generator magnet permanen, sebagai berikut :

- Desain yang sederhana.
- Umur generator lebih awet (*reliable*).
- Tidak membutuhkan sumber arus listrik DC dari luar untuk membangkitkan medan magnet.

Kekurangan generator dengan magnet permanen :

- Tidak efisien jika menggunakan magnet permanen dengan produksi fluks magnet rendah.
- Pembangkitan daya listrik terbatas sejauh kemampuan magnet dalam membentuk medan magnet, sehingga tidak cocok digunakan untuk skala besar.

3. Metodologi

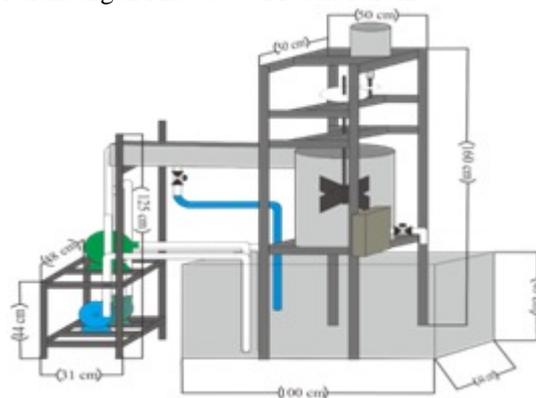
Metode penelitian yang dilakukan pada perancangan generator 3 phase meliputi beberapa langkah, yaitu sebagai berikut :

1. Persiapan Alat dan bahan

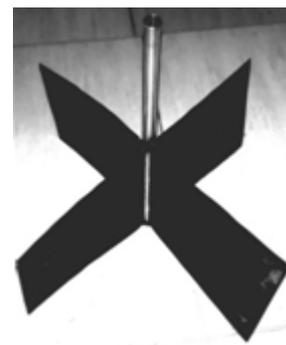
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Generator AC yang digunakan sebagai pembangkit energy listrik.
- Turbin air yang digunakan sebagai penggerak generator
- Pipa PVC dan selang sebagai saluran air ke *basin silinder*.
- Lampu pijar sebagai alat uji.
- *Avometer* digunakan untuk mengukur arus dan tegangan.
- *Tachometer* digunakan sebagai alat mengukur rpm turbin pada generator.
- *Stopwatch* sebagai alat mengukur waktu.
- Solder, lem dan timah sebagai pemanas dan perekat.

2. Perancangan Alat GWVPP dan Turbin



(a) Alat GWVPP



(b) Turbin Model L

Gambar 4 Alat *Gravitation Water Vortex Power Pland* dan Turbin Sebagai Penggerak Generator

3. Perancangan Generator

➤ Komponen generator

Komponen generator fluks radial tiga Phasa adalah stator dan rotor. Stator yang digunakan adalah stator motor seperti terlihat pada Gambar 3, dimana rotor dan stator disatukan melalui poros dan rangka, seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 5 Stator 3 Kumparan

➤ Lilitan Kumparan

Pembuatan generator terdiri dari 2 bagian yaitu pembuatan rotor dan stator. Stator terdiri dari beberapa coil atau gulungan dari kawat tembaga yang dilapisi oleh bahan isolator. Jumlah gulungan menentukan tegangan yang bisa dikeluarkan oleh generator tersebut. Stator yang direncanakan terdiri dari 6 gulungan yang masing-masing gulungan terdiri atas 1000 lilitan dan tiap 6 gulungan digabung secara seri sehingga didapat 3 fasa tegangan. Kemudian gulungan tersebut dicetak.



a) Stator

b) Magnet Rotor

Gambar 6 Stator dan Lilitan 6 Kumparan

4. Pengujian Tegangan Keluaran Generator

Rancangan Alat *Gravitation Water Vortex Power Plant* (GWVPP) yang dibuat terdiri dari sebuah aliran air yang akan disalurkan melalui tabung penampungan ke *basin silinder* dengan pipa paralon. Pipa paralon yang digunakan sebanyak 3 batang, masing-masing memiliki panjang 2 m. Pipa paralon yang digunakan terdiri dari 1 batang pipa paralon dengan diameter 2 in, 2 batang dengan diameter 1 in, 2 batang dengan diameter 2 in, dan diujung pipa paralon diberikan sambungan paralon dengan diameter 1,8 in. Saluran tertutup pipa paralon ini dibuat dengan sambungan pipa paralon dari ukuran diameter besar ke pipa paralon yang memiliki ukuran diameter kecil, hal ini bertujuan untuk mendapatkan debit air yang besar, sehingga dapat menggerakkan turbin pada generator.

Prinsip kerja pada sistem generator yang dirancang yaitu memanfaatkan energi gerak pada putaran turbin yang nantinya akan diubah oleh generator menjadi energi listrik. Keluaran yang dihasilkan generator pada penelitian ini dipengaruhi oleh kuat medan magnet yang digunakan, jumlah lilitan pada kumparan, dan kecepatan putaran yang dihasilkan. Untuk melakukan pengujian, generator akan diuji menggunakan Alat *Gravitation Water Vortex Power Plant* (GWVPP). Data pengujian generator dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. rumus yang dipakai dalam perhitungan ini meliputi :

• Pengukuran Debit

Debit merupakan pengertian volume air yang mengalir dalam satuan waktu tertentu. Pengertian lain debit adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu [10]. Debit dapat dihitung dengan Persamaan 2 :

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2)$$

dimana:

Q = Debit (m^3/s)

V = Volume wadah (m^3)

t = waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi wadah (s)

Beberapa parameter yang diukur adalah tampang lintang sungai, elevasi muka air, dan kecepatan aliran [8]. Selanjutnya, debit aliran dihitung dengan mengalikan luas penampang dan kecepatan aliran.

- Pengukuran Torsi

Torsi adalah gaya putar yang dihasilkan oleh poros engkol atau kemampuan motor untuk melakukan kerja, tetapi disini torsi merupakan jumlah gaya putar yang diberikan ke suatu mesin terhadap panjang lengannya. Torsi biasanya diberi simbol. Satuan untuk satuan torsi adalah *Pounds-feet* atau *pounds-inch*, dalam satuan British adalah ft.lb [11]. Torsi dapat dihitung :

$$T = F \cdot r \quad (3)$$

Dimana :

T = Momen Torsi (Nm)
F = Gaya pada poros
r = Jari-jari Poros (m)

- Pengukuran Daya Listrik

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan *Heater* (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya, sedangkan *Heater* mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsinya. Daya listrik pada Rangkaian arus DC, daya listrik sesaat dihitung menggunakan Hukum Joule, sesuai nama fisikawan Britania James Joule, yang pertama kali menunjukkan bahwa energi listrik dapat berubah menjadi energi mekanik, dan sebaliknya [12], melalui Persamaan 4. berikut :

$$P = V \cdot I \quad (4)$$

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt)
V = Tegangan (Volt)
I = Arus Listrik (Ampere)

4. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Pengujian Keluaran Generator Menggunakan Turbin Model L Pada Alat *Gravitation Water Vortex Power Plant*

Hasil Pengujian keluaran generator dengan menggunakan turbin model L pada alat *Gravitation Water Vortex Power Plant* terhadap performan generator sinkron dengan tanpa beban untuk jumlah kutub magnet rotor 6 dapat dilihat pada Tabel 1, dapat terlihat bahwa tegangan yang dihasilkan oleh generator sinkron dengan jarak ketinggian turbin 8 cm untuk putaran 275 rpm adalah 1,5 V dan mengalami penurunan jika jarak ketinggian turbin dinaikan menjadi 18 cm dan 23 cm sebesar 1,2 Volt dan 0,9 Volt. Untuk putaran yang lebih tinggi yaitu pada 275 rpm terlihat bahwa tegangan yang dihasilkan oleh generator sinkron adalah sebesar 1,5 V dengan jarak tinggi turbin 8 cm dan memiliki hal yang sama pada ketinggian turbin 18 cm dan 23 cm yaitu terjadi penurunan sebesar 1,2 Volt dan 0,9 Volt. Hal ini menunjukkan bahwa ketinggian turbin yang semakin tinggi akan menghasilkan tegangan yang lebih rendah pada generator sinkron, akan tetapi apabila turbin semakin rendah akan menghasilkan tegangan yang lebih besar.

Tabel 1 Data pengukuran debit air, torsi, dan daya listrik pada turbin model L

No	Ketinggian Turbin (cm)	Torsi (Nm)	Debit (l/s)	Rpm	Arus (A)	Tegangan (V)
1	8	0.2943	0.69	275	0.55	1.5
2	13	0.2943	0.67	252	0.52	1.5
3	18	0.17658	0.64	244	0.51	1.2
4	23	0.05886	0.65	238	0.5	0.9
5	28	0.05886	0.63	222	0.48	0.9

B. Hasil Pengujian Keluaran Generator Menggunakan Turbin Model S Pada Alat *Gravitation Water Vortex Power Plant*

Hasil Pengujian keluaran generator dengan menggunakan turbin model S pada alat *Gravitation Water Vortex Power Plant* terhadap performan generator sinkron dengan tanpa beban untuk jumlah kutub magnet rotor 6 dapat dilihat pada Tabel 2, terlihat bahwa tegangan yang dihasilkan oleh generator

sinkron dengan jarak ketinggian turbin 8 cm untuk putaran 526 rpm adalah 2,4 V dan mengalami penurunan jika jarak ketinggian turbin dinaikan menjadi 18 cm dan 23 cm sebesar 1,8 Volt dan 11,59 Volt. Untuk putaran yang lebih tinggi yaitu pada 526 rpm terlihat bahwa tegangan yang dihasilkan oleh generator sinkron adalah sebesar 2,4 V dengan jarak tinggi turbin 8 cm dan memiliki hal yang sama pada ketinggian turbin 18 cm dan 23 cm yaitu terjadi penurunan sebesar 1,8 Volt dan 1,5 Volt. Hal ini menunjukkan bahwa ketinggian turbin yang semakin tinggi akan menghasilkan tegangan yang lebih rendah pada generator sinkron, akan tetapi apabila turbin semakin rendah akan menghasilkan tegangan yang lebih besar.

Tabel 2 Data pengukuran debit air, torsi, dan daya listrik pada turbin model S

No	Ketinggian Turbin (cm)	Torsi (Nm)	Debit (l/s)	Rpm	Arus (A)	Tegangan (V)
1	8	0.52974	0.70	526	0.6	2.4
2	13	0.076518	0.68	499	0.59	2.1
3	18	0.11772	0.65	346	0.59	1.8
4	23	0.05886	0.66	260	0.52	1.5
5	28	0.05886	0.64	256	0.51	1.5

C. Pembahasan

- Pembahasan Keluaran Generator Menggunakan Turbin Model L Pada Alat *Gravitation Water Vortex Power Plant*

Dari hasil pengujian generator sinkron 3 phase yang ada pada Tabel 1 pengujian ini dilakukan dengan menggunakan turbin model L dengan memvariasikan ketinggian turbin mulai ketinggian 8 cm, 13 cm, 18 cm, 23 cm dan 28 cm, data yang dihasilkan semakin tinggi turbin debit, rpm, arus, dan tegangan semakin rendah. Debit air terendah berada pada ketinggian turbin 28 cm ialah 0,63 l/s, sedangkan untuk putarannya 222 rpm dan tegangannya 0,9 V, untuk debit air tertinggi berada pada ketinggian turbin 8 cm ialah 0,69 l/s, sedangkan untuk putarannya 275 rpm dan tegangannya 1,5 V.

- Pembahasan Keluaran Generator Menggunakan Turbin Model S Pada Alat *Gravitation Water Vortex Power Plant*

Dari hasil pengujian generator sinkron 3 phase yang ada pada Tabel 2 pengujian ini dilakukan dengan menggunakan turbin model L dengan memvariasikan ketinggian turbin mulai ketinggian 8 cm, 13 cm, 18 cm, 23 cm dan 28 cm, data yang dihasilkan semakin tinggi turbin debit, rpm, arus, dan tegangan semakin rendah. Debit air terendah berada pada ketinggian turbin 28 cm ialah 0,64 l/s, sedangkan untuk putarannya 256 rpm dan tegangannya 1,5 V, untuk debit air tertinggi berada pada ketinggian turbin 8 cm ialah 0,70 l/s, sedangkan untuk putarannya 526 rpm dan tegangannya 2,4 V.

5. Kesimpulan

Hasil perancangan, pembuatan, pengujian, dan analisis penelitian dapat diperoleh kesimpulan, Perancangan generator tiga phase yang dibuat mampu menghasilkan daya listrik pada alat *Gravitation Water Vortex Power Plant* yang rendah, dibuktikan dengan pengambilan data dalam 1 hari selama 5 jam, menghasilkan putaran tertinggi 275 rpm dan tegangan tertinggi 1,5 V pada pengujian turbin model L, sedangkan untuk pengujian menggunakan turbin model S dihasilkan putaran tertinggi 526 rpm dan tegangan tertinggi 2,4 V, dengan rotor yang dibuat dari 6 buah kumparan 1000 lilitan mampu menghasilkan arus DC dengan arus rata-rata 0,512 A dengan menggunakan turbin model L sedangkan arus rata-rata 2,81 A menggunakan turbin model S.

Ucapan Terima Kasih

Sampaikan ucapan terima kasih kepada pembimbing 1 dan pembimbing 2 Tugas Akhir dalam memberikan saran dan masukan sehingga bisa sampai selesai penulisan artikel ini. Serta tak lupa juga ucapan terima kasih kepada teman-teman Tim vortex yang telah mendukung penelitian dan memberikan bantuan moral dan material.

Daftar Pustaka

- [1] Bilal Abdullah Nasir. "*Design Of Micro Hydro electric Power Station*", International Journal Of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN : 2249-8958 Volume-2 Issue-5 June, 2013.
- [2] Jefry Nainggolan, Zulkifli Bahri. "*Designing Tachogenerator From Dynamo Tape Recorder*", Journal of Electrical and System Control Engineering. JESCE, Vol. 1(1) Agustus (2017), p-ISSN : 2549-628X e-ISSN : 2549-6298, 2017.

- [3] Muhammad Suprpto, Firda Herlina. “*Perancangan Prototipe Generator Axial Magnet Permanen 3 Phase*”, Jurnal Teknik Mesin Uniska, Vol. 03 No. 02 Mei 2018. P-ISSN 2502-4922, e-ISSN 2615-0867, 2018.
- [4] Power C, dkk. “*A Parametric Experimental Investigation of the Operating Conditions of Gravitational Vortex Hydro power (GVHP)*”. Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 4, No. 2, 2016.
- [5] Abdan Sakura. “*Rancang Bangun Generator Sebagai Sumber Energi Listrik Nanohidro*”, Skripsi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung Bandar Lampung, 2017.
- [6] Asy’ari, Mockmore C.A., Merryfield Fred. “*The Banki Water Turbine*”. journal Electrical Engineers of Japan, Vol. 121, No.2, pp 119-112, 2012.
- [7] Y.R. Fauzi. “*Perancangan Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Mikrokontroler ATmega328*,” Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, 2017.
- [8] Agus Saputra, dkk.” *Perancangan Rangkaian Pengasutan Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Arduino Nano*”. KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro, Vol.2 No.4 2017: 45-51. e-ISSN: 2252-7036, 2017.
- [9] Andika, Amir Hamzah. “*Perancangan Dan Pembuatan Generator Fluks Radial Tiga Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah*”. Jom FTEKNIK Volume 5 No. 1 April, 2018.
- [10] Dwiyanto, Very. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. Lampung: Universitas Lampung, 2016.
- [11] Djuhana. “*Pusat Pengembangan Bahan Ajar-UMB*”. Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercubuana, 2014
- [12] Alexander C K. *Fundamentals of Electric Circuits*, Fourth Edition. New York: McGraw-Hill, 2009.

