

PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR PIKOHIDRO PADA SALURAN IRIGASI MENAMING DENGAN MISG (MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR)

¹Yuli Handika, ²Asral

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
E-mail: yulihandika001@gmail.com

ABSTRACT

One potential that can be utilized as a source of small-scale electrical energy is irrigation canals. The obstacle experienced to utilize irrigation canals is because irrigation canals have low flow speeds and height differences in irrigation canals. In this study, a power plant was made on an irrigation canal with a flow speed of 0.3 m / s and a height difference of only 0.3 meters. This research began by conducting a survey of the design and manufacture of waterwheels, transmission systems, and generators. After all components are installed, the generator output voltage is measured using lamp loads of 3,6,9,12,25 and 49 Watts. From the measurements, it can be seen that as the load increases, the rotation of the wheel, voltage, and frequency will also decrease. This is due to the lack of water power so that the water is no longer able to turn the waterwheel.

Keywords : Waterwheel, Transmission System, Generator, Rotation And Voltage.

ABSTRAK

Salah satu potensi yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik skala kecil adalah saluran irigasi. Kendala yang dialami untuk memanfaatkan saluran irigasi adalah karena saluran irigasi memiliki kecepatan aliran dan perbedaan ketinggian di saluran irigasi yang rendah. Pada penelitian ini dibuat pembangkit listrik pada saluran irigasi dengan kecepatan aliran 0.3 m/s dan perbedaan ketinggian hanya 0.3 meter. Penelitian ini dimulai dengan melakukan survey perancangan dan pembuatan kincir air, sistem transmisi, dan generator. Setelah semua komponen dipasang, dilakukan pengukuran tegangan keluaran generator dengan menggunakan beban lampu 3,6,9,12,25 dan 49 Watt. Dari pengukuran dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya beban, maka putaran kincir, tegangan, dan frekwensi juga akan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh kurangnya daya air sehingga air tidak mampu lagi memutar kincir air.

Kata Kunci: Kincir Air, Sistem Transmisi, Generator, Putaran Dan Tegangan.

PENDAHULUAN

Listrik menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat, persebaran penduduk yang tidak merata dan akses yang sulit merupakan salah satu penyebab sehingga lokasi tersebut tidak dialiri arus listrik PLN. Berdasarkan laporan dari kementerian ESDM pada Kwartal I Tahun 2021 terdapat 542.124 rumah tangga yang belum mendapatkan aliran listrik. Berbagai macam usaha telah dilakukan untuk memanfaatkan energi air sebagai pembangkit listrik dengan menggunakan kincir air maupun menggunakan turbin (Akbar, 2017).

Saluran irigasi tersebar hampir diseluruh wilayah Indonesia, salah satunya di Provinsi Riau. Terdapat sepanjang 8500 km saluran irigasi, walaupun 80% nya rusak atau tidak berfungsi untuk mengairi lahan pertanian. Saluran irigasi yang panjang tersebut memiliki potensi yang sangat besar jika dimanfaatkan untuk pembangkit listrik skala kecil menengah (PLTMH dan PLTPH)(Fernando & Asral, 2017);(Aziz et al., 2023).

Selain sebagai pembangkit listrik, energi potensial saluran irigasi dapat dimanfaatkan sebagai pompa air bersamaan dengan kincir air.

Pembangkit listrik skala kecil biasanya memiliki debit aliran dan ketinggian yang rendah sehingga sangat sulit untuk dikembangkan meskipun potensi yang dimiliki Indonesia sangat besar (Saefudin et al., 2018).

Pada saluran irigasi Desa Menaming dapat dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan daya dibawah 5 KW (Pikohidro). Pembangkit listrik yang dikembangkan oleh produsen kincir dan diproduksi secara komersial mempunyai rentang aplikasi 5-100 KW (Mikrohidro) (H. Hasyim & Asral, 2021). Pada daerah yang dekat dengan saluran irigasi, pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro merupakan solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah sederhana dikarenakan biaya peralatan pikohidro yang diperlukan per unit energi lebih rendah daripada generator diesel, kincir angin, atau sistem fotovoltaik, terutama jika peralatan tersebut diproduksi secara lokal (Meier & Fischer, 2011).

Permasalahan yang dihadapi dalam memanfaatkan saluran irigasi untuk menghasilkan energi listrik adalah kecepatan aliran dan perbedaan ketinggian yang kecil. Agar bisa menghasilkan energi listrik perlu dilakukan perancangan pembangkit yang disesuaikan dengan kondisi pembangkit ditempatkan. Perancangan sistem pembangkit meliputi perancangan kincir air, perancangan sistem transmisi dan perancangan generator (Ramos et al., 2009).

Suatu generator listrik membutuhkan jumlah putaran dan torsi yang harus dipenuhi oleh kincir air agar tegangan dan frekuensi yang dihasilkan generator stabil menggunakan sistem transmisi dari kincir ke generator dengan arah dan kecepatan putaran yang sesuai (Dušan Medved', 2004).

Oleh karena itu generator yang dibuat harus disesuaikan dengan torsi dan putaran yang dihasilkan oleh kincir air. Pada penelitian ini akan di suatu pembangkit listrik pada saluran irigasi menaming yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan jalan dan rumah warga.

METODE

Pendekatan kualitatif digunakan dalam penelitian ini secara eksperimen. Pengaturan beban lampu (variabel independen) dilakukan untuk mengetahui perubahan hasil (variabel dependen). Pembangunan kincir air dan generator listrik yang dibuat dari motor induksi akan dilakukan. Selanjutnya dilakukan pengukuran beberapa parameter yang berkaitan dengan keluaran generator.

Lokasi penelitian adalah saluran irigasi bendungan menaming di Desa menaming Kecamatan Rambah Kabupaten Rokan Hulu Propinsi Riau yang terletak pada $0^{\circ}51'54.38''N$ dan $100^{\circ}02'40.33''E$. Pemilihan lokasi pembangunan pembangkit mempertimbangkan potensi hidrolis air pada saluran irigasi dan jarak antara saluran irigasi dengan rumah warga.

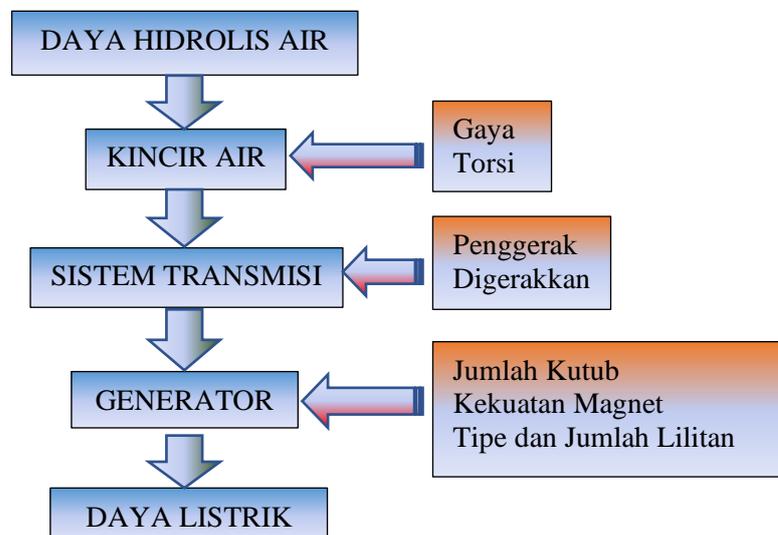


Gambar 1. Lokasi Penelitian

Langkah awal pada penelitian ini adalah melakukan survey lokasi. Survey lokasi bertujuan untuk mendapatkan data awal yang terdiri dari beda ketinggian (*head*), kecepatan aliran, tinggi air dan ukuran penampang pada saluran irigasi. Data hasil survey ini kemudian dianalisis untuk perencanaan kincir. Agar daya yang dihasilkan oleh kincir air maksimal, perancangan kincir air disesuaikan dengan dimensi saluran irigasi.

Selanjutnya dibuatlah kincir sesuai dengan perencanaan. Setelah kincir dibuat, dibuatlah sistem transmisi sesuai dengan putaran kincir. Kemudian dibuat sebuah generator dari motor induksi pompa air waterjet dengan merubah lilitan stator dan menambahkan magnet permanen pada bagian rotornya.

Karena tegangan keluaran generator adalah arus AC (Alternating Current) maka digunakan rangkaian penyearah sehingga tegangan keluaran generator menjadi DC(Direc Current). Setelah semua komponen dipasang dilakukan pengukuran tegangan keluaran generator dengan variasi beban lampu DC 12 Volt. Data hasil pengukuran ini kemudian dianalisis sehingga didapat suatu kesimpulan.



Gambar 2. Skema Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data awal didapatkan dari survey sebagai dasar perancangan kincir di desa menaming. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran tersebut:

Tabel 1. Hasil Survey

No	Uraian	Ukuran	Satuan
1.	Tinggi air	0,70	m
2.	Lebar dasar saluran	1,20	m
3.	Lebar atas saluran	2,50	m
4.	Kecepatan aliran	0.3	m/s
5.	Perbedaan lebar atas dan lebar bawah	1,30	m
6.	Perbedaan ketinggian air	0,3	m

Untuk mendapatkan debit aliran, pertama-tama harus menentukan luas penampang basah saluran irigasi. Karena saluran irigasi berbentuk trapesium, digunakan persamaan (Krisnayanti et al., 2017):

$$A = (b + mh)h$$

$$mh = 2,5 - 1,2 / 2$$

$$mh = 0,65$$

$$A = (b + mh)h$$

$$A = (1,2 + 0,65)0,7$$

$$A = 1,3 \text{ m}^2$$

Setelah luas penampang basah diperoleh, debit aliran dihitung menggunakan persamaan (Bandri et al., 2021):

$$Q = VA$$

$$Q = 0,3 \times 1,3$$

$$Q = 0.38 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari debit aliran dapat dihitung daya hidrolik pada saluran irigasi dengan menggunakan persamaan (Gaius-obaseki, 2010):

$$Ph = Q \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

Sehingga :

$$Ph = 0,38 \times 1000 \times 9,81 \times 0,3$$

$$Ph = 0,38 \times 1000 \times 9,81 \times 0,3$$

$$Ph = 1118 \text{ Watt atau } 1.118 \text{ kW}$$

Daya kincir dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_k = n_k \cdot p_h$$

$$p_k = 0,6 \times 1.118 \text{ kW}$$

Dengan efisiensi kincir Undershoot sebesar 60 % maka daya kincir

$$p_k = 0,67 \text{ kW}$$

Perancangan kincir air harus memperhatikan dimensi saluran irigasi, debit aliran, perbedaan ketinggian sehingga dapat ditentukan jenis dan dimensi kincir yang akan

dirancang dan dibuat. Dari hasil survey yang dilakukan, maka dibuatlah kincir air dengan spesifikasi :

Tabel 2. Spesifikasi Kincir air

No	Uraian	Dimensi	Satuan
1.	Diameter luar kincir air	2,44	m
2.	Diameter dalam kincir	1,3	m
3.	Lebar kincir	1,20	m
4.	Volume kincir	0,467357	m ³
5.	Kecepatan keliling kincir	0,106478	m/s
6.	Putaran kincir	0,833857	rpm
7.	Kecepatan putar kincir	0,106477	rpm
8.	Jumlah sudu	12	
9.	Jarak antar sudu bagian luar	0,6315	m
10.	Luas Penampang sudu	0,684	m ²
11.	Panjang sudu	0,57	m
12.	Lebar sudu	1,20	m
13.	Volume air yang diterima oleh setiap sudu	0,197225	m ³
14.	Gaya untuk memutar kincir	116,55	N
15.	Torsi Kincir	138,86	Nm
16.	Daya hidrolik air masuk kincir	1,156650	Kw
17.	Daya output	670,8	W



Gambar 2. Kincir Air

Setelah kincir dirancang kemudian dilakukan perancangan sistem transmisi yang bertujuan untuk menyalurkan putaran dari kincir ke generator. Transmisi dalam teknik mesin adalah sistem yang digunakan untuk mengubah kecepatan rotasi dan torsi. Rotasi poros input akan mengubah rotasi output lebih rendah atau lebih tinggi. Jika kecepatan rotasi lebih tinggi, torsi yang akan dihasilkan akan berkurang, sebaliknya jika kecepatan rotasi lebih rendah, torsi yang akan dihasilkan akan meningkat (Suprayogo, 2020).

Pada penelitian ini sistem transmisi daya yang dipilih adalah dengan menggunakan rantai yang dibentuk menjadi gir dengan sproket sebagai pasangannya dan menggunakan puly dan V belt. Pilihan ini dipilih karena torsi dan kecepatan air sangat

rendah. Penggunaan rantai yang dibentuk menjadi gir ini bertujuan untuk mendapatkan perbandingan rasio yang lebih besar sehingga mengurangi jumlah poros transmisi yang digunakan sehingga torsi untuk memutar generator jadi lebih besar apabila dibandingkan dengan hanya menggunakan puly dan V belt pada sistem transmisi.

Tabel 3. Sistem Transmisi Penelitian

No	Uraian	Ukuran	Satuan
1	Rantai Sebagai Gir penggerak (Kincir)	314	Mata
2.	Sproket 428 Digerakkan (Poros 1)	50	Mata
3.	Puly Penggerak (Poros 1)	36	cm
4.	Puly Digerakkan (Poros 2)	7.5	cm
5.	Puly Penggerak (Poros 2)	40	cm
6.	Puly Digerakkan (Generator)	10	cm

Motor induksi dapat digunakan sebagai generator dengan menyediakan daya reaktif ke motor induksi atau dengan menambahkan magnet permanen sehingga tidak memerlukan eksitasi dari luar untuk menciptakan medan magnet (Sakura et al., 2017). Desain generator magnet permanen cukup sederhana sehingga memudahkan untuk menentukan jumlah kutub dan merupakan alternatif untuk pembangkit listrik skala kecil di mana jumlah kutub yang dapat dibuat sangat ideal untuk aplikasi pada kecepatan rendah, seperti peralatan pengangkat, mikrohidro, dan turbin angin.

Keuntungan dari Generator Magnet Permanen (Tohir & Yahya, 2014)

1. Dapat bekerja pada putaran rendah
2. Tidak membutuhkan eksitasi dari luar
3. Biaya perawatan yang murah

Kumparan stator dirancang sedemikian rupa sehingga membentuk kutub akibat perubahan gelombang sumber tegangan. Sehingga semakin besar jumlah kutub akan mengakibatkan semakin kecil kecepatan putaran medan stator dan sebaliknya (Sahdev, 2019).

Tipe kumparan stator disesuaikan dengan kebutuhan. Tipe kumparan ini adalah tipe kumparan jerat dan tipe kumparan terpusat (Fakhrudin, 2019). Tipe kumparan yang digunakan akan sangat mempengaruhi jumlah lilitan yang dibuat (Kim et al., 2005). Karena dimensi kern yang terbatas, diameter kawat yang digunakan juga sangat berpengaruh terhadap jumlah lilitan (Santoso, 2016). Sehingga spesifikasi Generator yang dibuat harus sesuai dengan dimensi kern. Jumlah kutub yang dirancang harus sesuai dengan jenis kumparan dan jumlah lubang di kern. Jumlah belitan dan diameter kawat harus sesuai dengan ukuran lubang kern.

Perancangan generator dalam perancangan ini dibuat berdasarkan kondisi motor induksi yang akan dijadikan generator. Pada bagian stator penentuan jumlah Kutub, Jumlah Lilitan dan diameter kawat yang digunakan diambil berdasarkan dimensi dari Kern motor Induksi yang digunakan. Sementara pada bagian rotor dipasang neodmium magnet grade 52 .

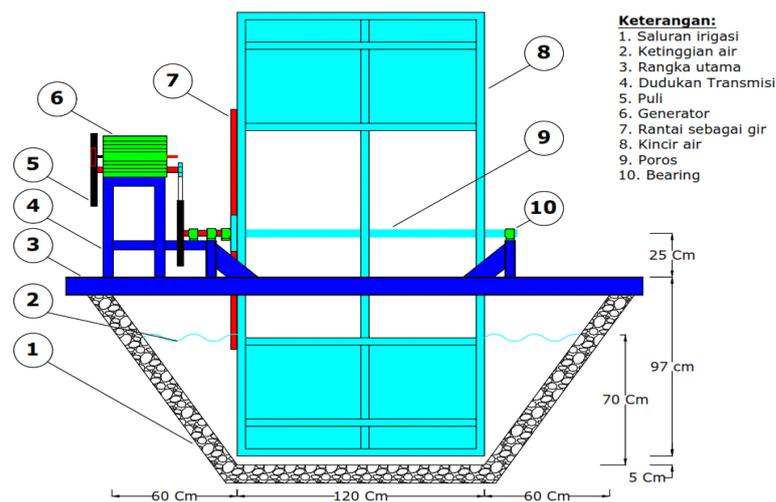
Pada penelitian ini dibuatlah generator magnet permanen dengan spesifikasi sesuai dengan tabel 4. berikut ini :

Tabel 4. Spesifikasi Generator yang dibuat

No	Uraian	Volume	Satuan
1.	Daya Output	200	Watt
2.	Jumlah Kutub	12	Kutub
3.	Tegangan	162	Volt
4.	Frekwensi	50	Hz
5.	Efisiensi	90	%
6.	Faktor Daya	0.8	
7.	Arus	2	Amper
8.	Putaran Kerja	500	Rpm
9.	Diameter Kawat	0,66	m²
10.	Jumlah Lilitan satu alur	50	Lilitan



Gambar 3. Stator dan Rotor Generator

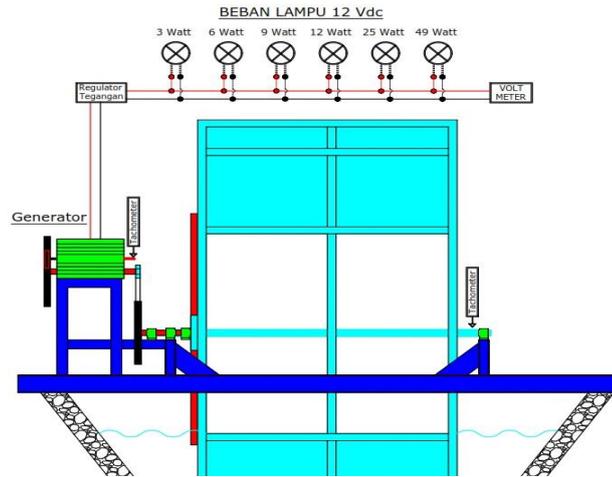


Gambar 4. Skema Pemasangan Alat Uji

Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan memasang generator pada sistem transmisi, kemudian mengukur putaran pada poros kincir dan putaran pada poros generator. Pengukuran ini dilakukan dengan mengatur beberapa kondisi beban. Pengukuran dilakukan dengan kondisi tanpa beban, beban lampu 3 watt, lampu 6 watt, lampu 9 watt, lampu 12 watt, lampu 25 watt dan lampu 49 watt. Selain melakukan pengukuran putaran pada poros kincir dan poros generator dengan menggunakan Tachometer, dilakukan pula pengukuran tegangan pada keluaran generator dengan menggunakan multimeter digital

dan dihitung frekwensi generator secara teori berdasarkan putaran generator. Adapun skema rancangan pengujian dari penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan pada gambar berikut:

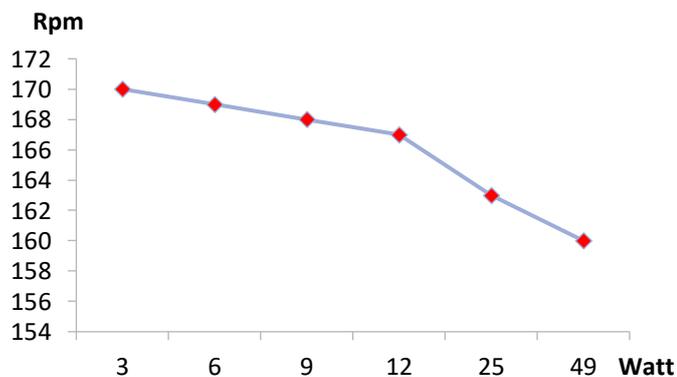


Gambar 5. Skema Pengujian

Tabel 5. Hasil Pengujian

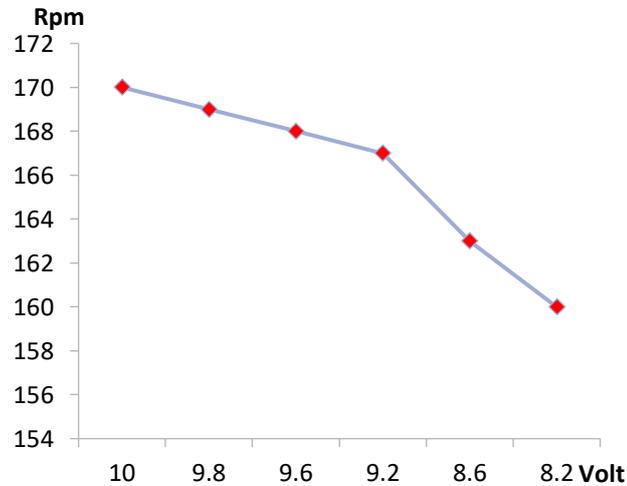
No	Beban Lampu	Putaran Kincir (Rpm)		Putaran Generator (Rpm)		Tegangan (Volt)	Frekwensi (Hz)
		Sebelum berbeban	Setelah berbeban	Sebelum berbeban	Setelah berbeban		
1	3 Watt	1.5	1.41	180	170	10	17
2	6 Watt	1.5	1.4	180	169	9.8	16.9
3	9 Watt	1.5	1.39	180	168	9.6	16.8
4	12 Watt	1.5	1.28	180	167	9.2	16.7
5	25 Watt	1.5	1.35	180	163	8.6	16.3
6	49 Watt	1.5	1.32	180	160	8.2	16

Dari tabel hasil pengujian dibuatlah grafik hubungan putaran generator dengan beban dan tegangan.



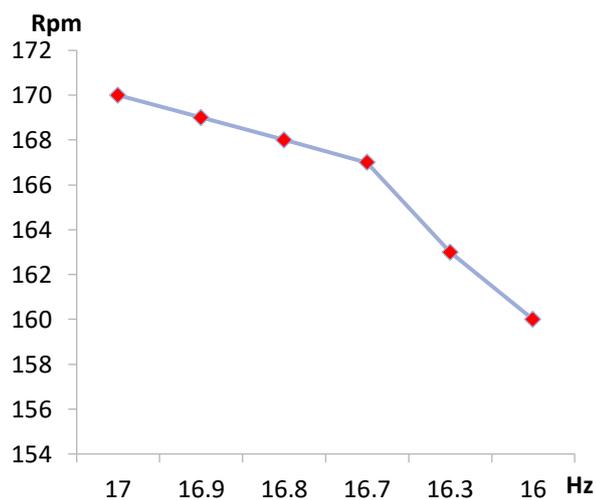
Gambar 6. Hubungan putaran generator dengan beban lampu

Berdasarkan gambar 6. dapat dilihat bahwa putaran generator akan berkurang seiring dengan meningkatnya beban lampu. Putaran ini berkurang karena tenaga air tidak mampu mempertahankan putaran generator. Penurunan putaran Generator berbanding lurus dengan beban lampu yang diberikan.



Gambar 7. Hubungan putaran generator dengan tegangan

Tegangan yang dihasilkan oleh generator sangat dipengaruhi oleh putaran generator. Semakin tinggi putaran generator, semakin tinggi tegangan yang dihasilkan oleh generator. Dengan bertambahnya beban, tegangan akan berkurang sesuai dengan penurunan putaran kincir air.



Gambar 8. Hubungan Putaran Generator dengan Frekwensi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran yang didapat, diketahui bahwa pada penelitian ini keluaran generator masih sangat jauh dari yang diharapkan. Daya hidrolis air dari hasil survey didapat 1.18 kW. Daya kincir yang dibuat mempunyai daya keluaran 0.67 kW dan daya yang dikeluarkan oleh generator hanya 0,049 kW. Salah satu penyebab perbedaan

hasil pengukuran dikarenakan putaran kerja, Frekwensi dan tegangan generator yang dibuat berbeda dengan kondisi saat pengukuran.

Dari pengukuran dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya beban, maka putaran kincir, tegangan, dan frekwensi juga akan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh kurangnya daya air sehingga air tidak mampu lagi memutar kincir air.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. (2017). The Performance of Undershot Water Turbine Combined With Spiral Tube Pump On Empowerment of Energy Resources Local Contiguous Small River. 42(42), 19–23.
- Aziz, A., Mainil, R. I., Riau, U., & History, P. (2023). Design and Manufacture of Portable Screw Turbine of Pico Hydro Power Plant for Road Lighting in Rural Area. 67(1), 1–6.
- Bandri, S., Premadi, A., & Andari, R. (2021). STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICOHYDRO (PLTPh) RUMAH TANGGA. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 21(1), 16. <https://doi.org/10.36275/stsp.v21i1.345>
- Dušan Medved', M. H. (2004). Micro-Hydropower Systems. *Cz-Erasmus-Ipuc-2*, 42–47.
- Fakhrudin, A. (2019). Lilit Ulang Motor ac Satu fasa (pompa air).
- Fernando, R., & Asral. (2017). Kaji Eksperimental Turbin Air Tipe Undershot Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air Dipasang Secara Seri Pada Saluran Irigasi. *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1.
- Gaius-obaseki, T. (2010). Hydropower opportunities in the water industry. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(3), 392–402.
- H. Hasyim, Y., & Asral, A. (2021). Benefits of Menaming Dams and the Potential of Irrigation Canals as a Source of Power Generation. *The Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace -Science and Engineering- (JOMase)*, 65(3), 112–116. <https://doi.org/10.36842/jomase.v65i3.271>
- Kim, C. J., Lee, K. Y., Kim, Y. T., & Shin, H. K. (2005). Design and performance analysis of single-phase self-excited induction generators. *ICEMS 2005: Proceedings of the Eighth International Conference on Electrical Machines and Systems*, 2, 974–977. <https://doi.org/10.1109/icems.2005.202689>
- Krisnayanti, D. S., Hunggurami, E., Dhima-wea, K. N., Kunci, K., Berbentuk, S., Panjang, P., & Seba, D. (2017). Perencanaan drainase kota Seba. *Jurnal Teknik Sipil*, VI(1), 89–102.
- Meier, T., & Fischer, G. (2011). Assessment of the Pico and Micro-Hydropower Market in Rwanda. *GVEP International*, December, 64. http://www.gvepinternational.org/sites/default/files/pico-hydro_market_in_rwanda.pdf
- Ramos, H. M., Borga, A., & Simão, M. (2009). New design solutions for low-power energy production in water pipe systems. In *Water Science and Engineering (Vol. 2, Issue 4)*. <https://doi.org/10.3882/j.issn.1674-2370.2009.04.007>
- Saefudin, E., Kristyadi, T., Rifki, M., & Arifin, S. (2018). Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 1(3), 233–244. <https://doi.org/10.26760/jrh.v1i3.1775>

- Sahdev, S. K. (2019). Electrical Machines. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Sakura, A., Supriyanto, A., & Surtono, A. (2017). Rancang Bangun Generator Sebagai Sumber Energi Listrik Nanohidro. *Universitas Lampung*, 05(02), 129–134.
- Santoso, A. H. (2016). Kajian pengaruh modifikasi jumlah kutub terhadap perubahan daya dan torsi motor induksi satu fasa. 2–7.
- Suprayogo, A. D. (2020). Pembuatan Turbin Air Tipe Undershot Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) Dengan Memanfaatkan Aliran Air Curug Gondoriyo Ngaliyan Semarang Barat. *Repository.Usm.Ac.Id*. <https://repository.usm.ac.id/files/journalmhs/C.411.17.0081-20220306090113.pdf>
- Tohir, T., & Yahya, S. (2014). Perancangan dan Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa Menjadi Generator Magnet Permanen Satu Fasa Kecepatan Rendah. *Seminar Nasional Teknik Industri BKSTI 2014*, 10, 32–38.