

PENERAPAN PEMBANGKIT LISTRIK PIKOHIDRO MODEL KANAL TERBUKA MENGUNAKAN GENERATOR MAGNET PERMANEN

Muhammad Suyanto¹, Gatot Santoso², Anandi Lambang Permadi³, Subandi⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
e-mail: ¹myanto@akprind.ac.id, ²gatsan@akprind.ac.id, ³elektroanandilp@gmail.com, ⁴subandi@akprind.ac.id

ABSTRACT

One of the alternative potential energy that is realistic enough to be exploited is the existence of energy-based renewable energy (EBT), green technology innovation, and community empowerment (Community Development). The utilized alternative energy is from the water flow of agricultural irrigation. The need for electrical energy is increasing along with the increase of population growth, industry, economic and lifestyle of society. This enormous energy potential becomes one of the studies in the use of renewable energy. This research discusses about the application of an open channel model of picohydro power plant using a permanent magnet generator. It is a small-scale generator (PLTpH). The aim of using PLTpH with an open canal system for water flow is to make the water level rise and the flow is centralized in waterwhell. The measurement results shows that the magnitude of the efficiency of the watermill is still quite low at 23.99%. It can produce a DC voltage 13.2V and a current 2.3 A. This can be a burden for the incandescent lamp power up to 100 Watts.

Keywords: PLTpH, renewable energy, open canal.

INTISARI

Salah satu potensi energi alternatif yang cukup realistis untuk dimanfaatkan adanya alternatif baru energi terbarukan berbasis energi (EBT), inovasi teknologi hijau, dan pemberdayaan masyarakat (Community Development). Energi alternatif yang dimanfaatkan, dari aliran air irigasi pertanian. Kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan peningkatan pertumbuhan penduduk, peningkatan industri, peningkatan ekonomi dan gaya hidup masyarakat. Potensi energi yang sangat besar tersebut menjadi salah satu kajian dalam pemanfaatan energi terbarukan. Pada penelitian ini membahas, penerapan pembangkit listrik pikohidro model kanal terbuka menggunakan generator magnet permanen, hal ini merupakan sebuah pembangkit besekala kecil (PLTpH). Pada PLTpH dengan sistem kanal terbuka untuk aliran air, tujuannya agar ketinggian air naik dan aliran terfokus masuk pada kincir air. Hasil penelitian dari pengukuran, besarnya efisiensi kincir air masih cukup rendah 23,99 %, dapat menghasilkan tegangan DC 13,2V dan arus 2,3 A. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai efisiensi kincir air akan menghasilkan tegangan dan arus generator yang tinggi. Hal tersebut dapat membebani daya lampu pijar sampai dengan 100 Watt.

Kata Kunci: PLTpH, energi terbarukan, saluran terbuka

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik DC pada pembangkit *pikohidro*, dirancang untuk kapasitas mikro, membangkitkan tegangan rata-rata adalah 13,2V dan daya pembangkit 41,48W untuk penggunaan selama 8 jam (Alipan, 2018). Hasil penelitian pembuatan dan uji coba yang dilakukan pada aliran sungai krasak diketahui kecepatan aliran sungai sebesar 1,10 m/s dan data debit aliran sungai sebesar 2,75 m/s. Serta pada pengoprasian PLTpH (Pembangkit Listrik Tenaga *pikohidro*) dapat menghasilkan energi sebesar 30,33 W dari hasil perhitungan efisiensi turbin jenis *undershoot* mempunyai nilai efisiensi sebesar 12 % sedangkan pada PLTpH mempunyai nilai efisiensi sebesar 10 % (Bustami dan Multi, 2017).

Penelitian untuk mengetahui *performansi* kincir air yang terbaik ditunjukkan oleh torsi, putaran, dan tenaga serta kecepatan relatif air di sisi sedang (Djamaal dan Risandewi, 2017). Hasil yang diperoleh pada uji pendahuluan adalah kecepatan air rata-rata 2,50 m/s, putaran poros rata-rata 79,78 rpm, torsi rata-rata pada poros

58,98 Nm, maka daya rata-rata 510,67 W. Hasil kedua juga diperoleh sebagai hasil yang diberikan dan bagian diskusi. Ditemukan bahwa kinerja kincir air terbaik berdasarkan analisis ditunjukkan pada hasil pengujian kedua (Jamlay dkk., 2016).

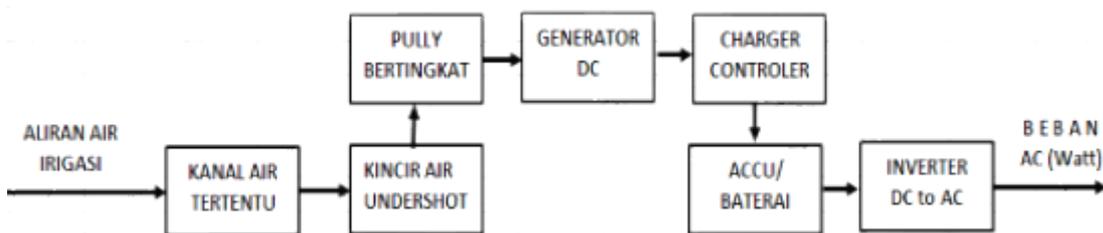
Berdasarkan pendahuluan diatas maka peneliti membuat sebuah pembangkit skala kecil (PLT_{pH}) (pembangkit listrik tenaga *pikohidro*). Pembangkit Listrik Tenaga *Pikohidro*, memanfaatkan energi alternatif air dari saluran irigasi. (Suyanto dan Subandi, 2020), Alat ini didesain menggunakan sistem kanal terbuka, agar air dapat mengalir mengarah pada kincir, dengan tujuan agar ketinggian air naik dan aliran terfokus masuk pada kincir air.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu sistem kanal terbuka agar debit aliran air dapat naik dan daya *output* PLT_{pH} lebih maksimal.

2. METODOLOGI

Metodologi penelitian yang dilakukan, sesuai dengan diagram alur pemasangan beberapa peralatan, seperti diperlihatkan pada Gambar 1.

2.1 Tahapan alur pemasangan dalam Penelitian



Gambar 1. Tahapan alur jalannya penelitian.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Diperlukan beberapa peralatan yang akan digunakan untuk mendukung penelitian ini, diantaranya sebagai berikut: Laptop, Multimeter digital, Tachometer, Clampmeter, Luxmeter, Kunci pas ring set, Meteran.

2.2.2 Bahan

Beberapa bahan yang diperlukan untuk penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Generator DC 12-18 V, 15 A Merubah putaran dari kincir menjadi energi listrik
- 2) *Solar charge controller* Mengatur fungsi pengisian baterai
- 3) *Battery* 35 Ah Menyimpan energi listrik
- 4) *Inverter* 300 W Merubah arus DC menjadi AC
- 5) Sekat kanal sebagai penyekat air agar masuk ke kanal *jumping water*
- 6) Besi Poros (as) Meneruskan tenaga bersama dengan putaran kincir air
- 7) Bantalan / *Bearing* Mengurangi gesekan suatu putaran
- 8) Pulley 3 & 12 inc Sebagai penghubung mekanis dari putaran
- 9) *Belt* / *Streng* 59 mm Mentrasfer tenaga dari kincir air ke generator
- 10) Kanal air sebagai penaik debit aliran air

2.3 Potensi air

Untuk menghitung debit terlebih dahulu harus menghitung luas penampang terbasahi pada kanal input dengan menggunakan persamaan (1) berikut:

$$A = H \cdot L \quad (1)$$

dimana:

H : tinggi air pada kanal *input* (m)

L : lebar saluran air (m)

Setelah diketahui nilai luas penampang terbasahi pada kanal input dapat diketahui debit air dengan menggunakan persamaan (2) berikut. (Hakim, L. 2019).

$$Q = A \cdot V \quad (2)$$

dimana:

A : luas penampang kanal *input* (m²)

V : kecepatan air kanal *input* (m/s)

Masa air mengalir dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) berikut:

$$m = Q \cdot \rho \quad (3)$$

dimana:

m : massa (kg/s)

Q : debit air (m³/s)

ρ : kerapatan air (1000 kg/m³)

Gaya pada kincir air dihitung untuk selanjutnya hasil gaya yang telah dihitung akan dimasukan pada persamaan hasil nilai torsi kincir air, adapun nilai gaya dapat diketahui menggunakan persamaan (4) (Ratnata dkk., 2019).

$$F = m \cdot V \quad (4)$$

dimana:

F : gaya (N)

m : massa (kg/s)

V : kecepatan air (m/s)

Torsi kincir air dihitung dengan berdasarkan nilai hasil gaya yang telah dicapai dan dengan menggunakan jari-jari kincir air, nilai torsi dapat diketahui menggunakan persamaan (5) berikut:

$$T = F \cdot r \quad (5)$$

dimana:

T : torsi (Nm)

F : gaya (N)

r : jari-jari kincir air (m)

Menghitung daya kincir air digunakan untuk mengetahui nilai efisiensi suatu kincir air, untuk mengetahui daya kincir air harus diketahui kecepatan tangensial kincir air, untuk mengetahui suatu kecepatan tangensial kincir menggunakan persamaan (6) berikut (Saputra dkk., 2017).

$$U = \frac{\pi \cdot D \cdot n_p}{60} \quad (6)$$

dimana:

U : kecepatan tangensial kincir air (m/s)

D : diameter kincir air (m)

N_p : putaran poros kincir air setelah dibebankan (rpm)

Kecepatan sudut kincir air perlu diketahui untuk mendapatkan nilai daya suatu kincir air, kecepatan kincir sudut air dapat dihitung dengan persamaan (7) berikut:

$$\omega = \frac{U}{r} \quad (7)$$

dimana:

ω : kecepatan sudut kincir air (rad/s)

U : kecepatan tangensial (m/s)

r : jari-jari kincir air (m)

Daya kincir air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (8) berikut:

$$P(kincir) = T \cdot \omega \quad (8)$$

dimana:

P(kincir) : daya kincir (watt)

T : torsi (Nm)

ω : kecepatan sudut kincir air (rad/s)

Menghitung daya air untuk mengetahui nilai efisiensi kincir air, daya air dipengaruhi nilai debit air dan juga tinggi air, daya air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9) berikut:

$$P(air) = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (9)$$

dimana:

P(air) : daya air (watt)

ρ : kerapatan air (1000 kg/m³)

g : 9,8 (m/s²)

Q : debit air (m³/s)

H : tinggi air (m)

Menghitung efisiensi kincir air diperlukan untuk mengetahui kemampuan kinerja kincir air, efisiensi dipengaruhi nilai daya air dan juga daya kincir air. Untuk menghitung efisiensi kincir air menggunakan persamaan (10) berikut.(Shantika, T; Purwanto, T.S; Garnida, M;. 2020).

$$\eta = \frac{P(kincir)}{P(air)} \times 100\% \quad (10)$$

dimana:

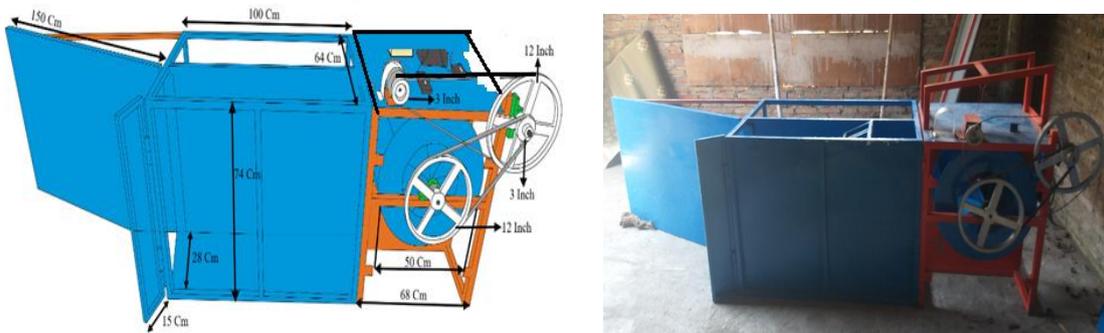
η : efisiensi kincir air (%)

$P(\text{kincir})$: daya kincir (watt)

$P(\text{air})$: daya air (watt)

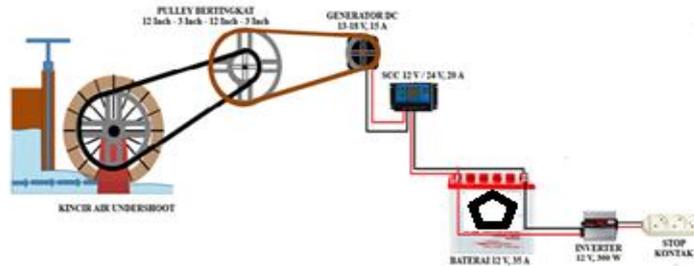
2.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem mekanik dari pembangkit listrik sistem *pikohidro* terdiri dari kerangka alat sebagai tempat komponen elektronik maupun komponen mekanik dengan panjang 68 cm, lebar 64 cm dan tinggi 74 cm. Rangkaian sekat kanal yang berfungsi merapatkan air memiliki lebar 28 cm, panjang 100 cm dan tinggi 74 cm. Mekanisme kincir air undershot dengan diameter kincir air 50 cm, lebar 20 cm dan jumlah sudu 8 dengan kemiringan 25° . *Pulley* bertingkat sebagai penerus gaya mekanik dari kincir air ke generator dengan *pulley* 12 inch dan 3 inch dengan rasio 1 : 4 secara bertingkat. Gambar 2 merupakan desain alat penelitian.



Gambar 2. Desain Mekanis Sistem Pembangkit Pikohidro

Perancangan sistem elektronik dari pembangkit listrik sistem *pikohidro* dari sumber pengisian generator DC 13-18 V, 15 A. Untuk *charger control* digunakan SCC 12 V, 20 A untuk generator DC. Kemudian tegangan DC baterai 12 V, 35 Ah akan diubah menjadi AC oleh inverter 12 V, 300 W seperti yang ditampilkan pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Rangkaian Kelistrikan Sistem Pembangkit *Pikohidro*

Beberapa hal yang menjadi kajian dalam pengukuran dilapangan dan analisis data sebagai perhitungan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- Kecepatan aliran air (m/s)
- Ketinggian air (m)
- Debit air (m³/s)
- Torsi (Nm)
- Effisiensi kincir air (%)
- Kecepatan putaran kincir dan generator (Rpm)
- Daya yang dihasilkan generator DC (Watt)
- Tegangan yang dihasilkan generator (Volt)
- Arus yang dihasilkan generator (ampere)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

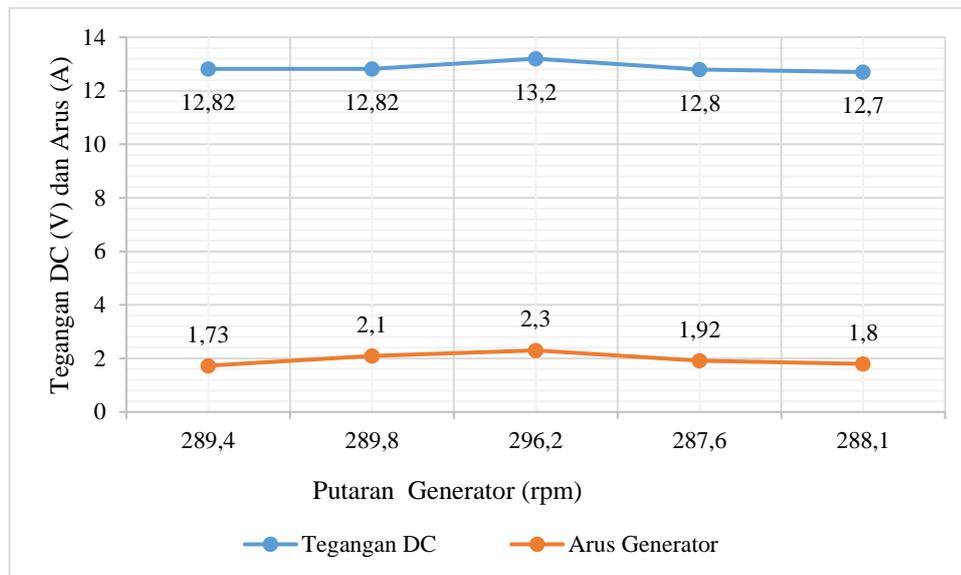
Penelitian ini diuji coba pada saluran irigasi di Dusun Singosaren, Kelurahan Wukirsari, Imogiri, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

3.1 Pengujian kanal

Pengujian kanal diperlukan untuk mengetahui data ketinggian air dan kecepatan aliran pada setiap jam 10.00 – 14.00 WIB, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Putaran pada Kanal Terbuka Tanggal 16-08-2020.

<i>Pikohidro</i>							
No.	Waktu pengujian (Jam)	Putaran Kincir (Rpm)	Putaran Generator (Rpm)	Tegangan Generator (V)	Arus Generator (A)	Tegangan SCC (V)	Arus SCC (A)
1	10.00	18	289,4	12,82	1,73	12,7	1,73
2	11.00	18,2	289,8	12,82	2,1	12,7	2,1
3	12.00	19,3	296,2	13,2	2,3	12,9	2,3
4	13.00	18,2	287,6	12,8	1,92	12,6	1,92
5	14.00	18,1	288,1	12,7	1,8	12,6	1,8



Gambar 4. Grafik Analisis Tegangan Dan Arus Terhadap Putaran Generator

Dari hasil Gambar 4 Analisis Pengaruh putaran generator terhadap keluaran tegangan dan arus dilihat nilai arus terendah pada terendah dengan nilai 1,73A dan nilai tertinggi arus generator dengan nilai 2,3 A. Hasil pengukuran ini berbanding lurus dengan nilai putaran generator, semakin cepat putaran generator maka nilai tegangan dan arus yang dihasilkan semakin besar pula.

3.2 Analisis perhitungan diambil salah satu contoh dari data pengukuran

Luas penampang terbasahi (A) pada kanal menggunakan persamaan (1 s/d 10), dan data hasil dari pengukuran diperlihatkan pada Tabel 3:

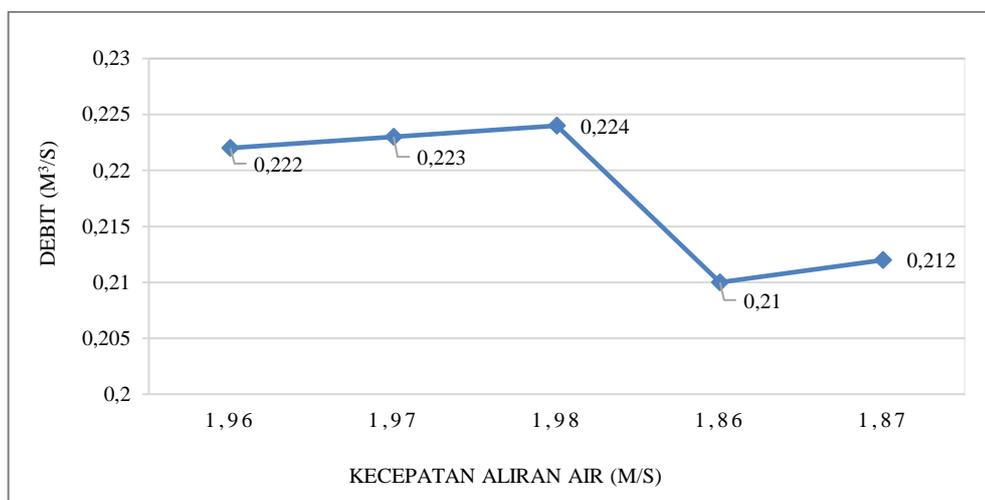
$A=H \cdot L$ $A = 0,39 \cdot 0,28$ $A = 0,109 \text{ m}^2$ Debit (Q) Pada kanal menggunakan persamaan (2):
 $Q=A \cdot V$ $Q = 0,109 \cdot 1,93$ $Q = 0,210 \text{ m}^3$ Massa air mengalir menggunakan persamaan (3):
 $m=Q \cdot \rho$ $m = 0,210 \cdot 1000$ $m = 210 \text{ kg/s}$ Gaya pada kincir air menggunakan persamaan (4):
 $F=m \cdot V$ $F = 210 \cdot 1,93$ $F = 406,75 \text{ N}$ Torsi pada kincir air menggunakan persamaan (5):
 $T = F \cdot r$ $\tau = 406,75 \cdot 0,25$ $\tau=101,68 \text{ Nm}$ Kecepatan tangensial kincir air menggunakan persamaan (6):
 $U=\frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot p}{60}$ $U=\frac{3,14 \cdot 0,5 \cdot 16,4}{60}$ $U = 0,429 \text{ m/s}$ Kecepatan sudut kincir air menggunakan persamaan (7):
 $\omega=\frac{U}{r}$ $\omega=\frac{0,429}{0,25}$ $\omega=1,716 \text{ rad/s}$ Perhitungan daya kincir air menggunakan persamaan (8):
 $P \text{ kincir}=\tau \cdot \omega$ $P \text{ kincir}=101,68 \cdot 1,716$ $P \text{ kincir}=174,5 \text{ W}$ Daya air menggunakan persamaan (9):
 $P \text{ air}=\rho \cdot g \cdot Q \cdot H$ $P \text{ air}=1000 \cdot 9,8 \cdot 0,210 \cdot 0,39$ $P \text{ air}=806,33 \text{ W}$, Effisiensi kincir air persamaan (10):
 $\eta = \frac{P \text{ kincir}}{P \text{ air}} \times 100\%$ $\eta = \frac{174,5}{806,33} \times 100\%$ $\eta=21,64\%$

3.3 Pengujian alat

Pengujian kecepatan aliran dan debit air untuk mengetahui data pembangkit listrik yang dihasilkan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Debit Air terhadap Kecepatan Aliran Air pada Kanal

No	Waktu Pengujian	Lebar Kanal L (m)	Ketinggian Air H (m)	Kecepatan Aliran V (m/s)	Luas Penampang A (m ²)	Debit Air Q (m ³ /s)
1	10.00	0,28	0,405	1,96	0,1134	0,222
2	11.00	0,28	0,405	1,97	0,1134	0,223
3	12.00	0,28	0,405	1,98	0,1134	0,224
4	13.00	0,28	0,405	1,86	0,1134	0,210
5	14.00	0,28	0,405	1,87	0,1134	0,212

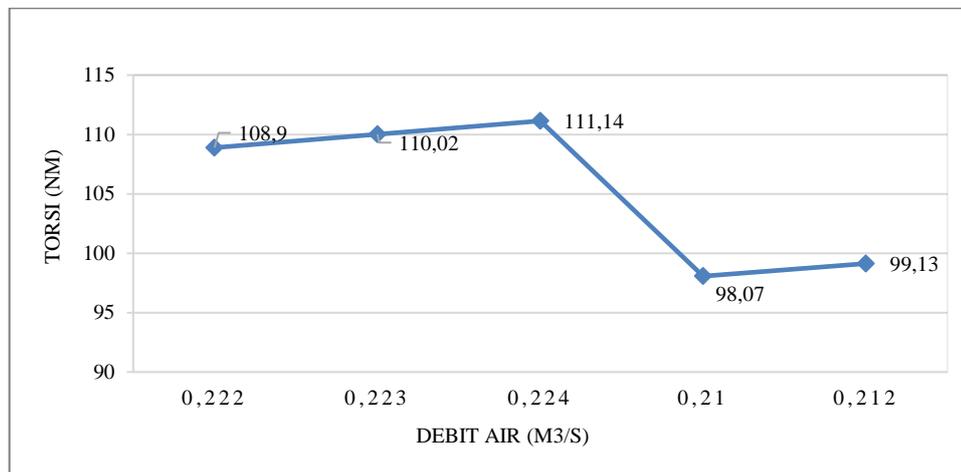


Gambar 5. Grafik Debit Air terhadap Kecepatan Aliran

Dari hasil grafik pada Gambar 5 debit air pada pengujian kanal air, dapat dilihat nilai debit terendah dengan nilai debit 0,210 m³/s pada kecepatan aliran 1,86m/s dan nilai tertinggi debit dengan nilai debit 0,224 m³/s pada kecepatan aliran 1,98 m/s. Dari pengamatan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa debit dipengaruhi oleh nilai tinggi air dan kecepatan aliran air.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Torsi pada Kincir Air

No	Waktu Pengujian	Kecepatan Aliran V (m/s)	Putaran Kincir Np (rpm)	Debit Q (m ³ /s)	Kecepatan Sudut kincir ω (rad/s)	Massa Air (m) (kg/s)	Gaya Kincir F (N)	Torsi T (Nm)
1	10.00	1,89	17,8	0,211	1,863	211,68	400,07	100,01
2	11.00	1,89	17,5	0,211	1,831	211,68	400,07	100,01
3	12.00	1,92	17,4	0,215	1,821	215,04	412,87	103,21
4	13.00	1,94	17,1	0,217	1,789	217,28	421,52	105,38
5	14.00	1,91	16,8	0,213	1,758	213,92	408,58	102,14



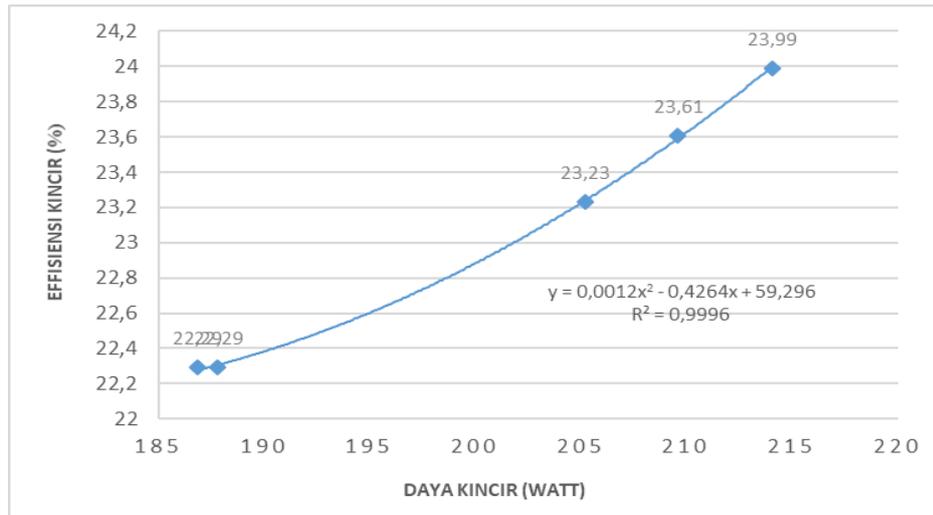
Gambar 6. Grafik Torsi pada Kincir Air

Gambar 6 menunjukkan hasil grafik torsi pada kanal terbuka, dapat dilihat nilai torsi terendah dengan nilai torsi 98,07 Nm dan nilai tertinggi torsi dengan nilai torsi 111,14 Nm. Dapat disimpulkan bahwa torsi dipengaruhi oleh debit, kecepatan aliran air dan ketinggian air pada kanal.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Effisiensi Kincir

No	Waktu pengujian	Kecepatan Aliran V (m/s)	Daya Kincir P _K (Watt)	Daya Air P _{air} (Watt)	Effisiensi Kincir η (%)
1	10.00	1,96	205,18	883,06	23,23
2	11.00	1,97	209,58	887,57	23,61
3	12.00	1,98	214,04	892,07	23,99
4	13.00	1,86	186,83	838,01	22,29
5	14.00	1,87	187,81	842,51	22,29

Dari hasil Gambar 6, grafik efisiensi dapat dilihat nilai efisiensi terendah dengan nilai 22,29 % dan nilai tertinggi efisiensi dengan nilai 23,99 %. Efisiensi kincir dipengaruhi nilai debit, daya kincir dan daya air. Nilai debit sendiri dipengaruhi oleh kecepatan aliran air dan luas penampang terbasahi pada saluran kanal, Nilai daya kincir sendiri dipengaruhi oleh besar torsi yang dihasilkan oleh kincir air dan nilai kecepatan sudut kincir. Nilai daya air dipengaruhi oleh debit aliran air, massa jenis air, gravitasi bumi dan ketinggian aliran air. Jika nilai efisiensi kincir air semakin tinggi maka putaran yang dihasilkan kincir semakin tinggi pula. Hal tersebut akan dapat mempengaruhi nilai daya *ouput* yang dihasilkan generator.



Gambar 7. Pengaruh Daya Kincir terhadap Efisiensi

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa kesimpulan terkait dengan penerapan pembangkit listrik pikohidro model kanal terbuka menggunakan generator magnet permanen, pada pembangkit sistem pikohidro yaitu:

1. Dari data hasil pengujian, bahwa merancang sebuah sistem pembangkit berskala kecil, masih banyak kendala terutama dalam mencari Generator putaran rendah dipasaran, untuk aliran pada irigasi persawahan. Untuk memperoleh daya output yang lebih besar hingga 300 W, masih diperlukan beberapa penyesuaian peralatan yang harus dipasangkan,
2. Kemampuan kincir air *undershot* yang dijadikan bahan penelitian dengan tambahan kanal menghasilkan debit tertinggi, dengan nilai debit 0,224 m³/s, torsi tertinggi dengan nilai torsi 111,14 Nm dan efisiensi kincir air tertinggi dengan nilai efisiensi 23,99 %.
3. Tegangan dan arus generator tertinggi diperoleh dari penggunaan kanal dengan nilai tegangan 13,2 V dan nilai arus 2,3 A.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan barokah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan jurnal ini. Penulis sangat berterimakasih kepada, Ketua RT 05 dan warga Singosaren, desa Wukirsari, Imogiri Bantul, yang telah banyak membantu dalam proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alipan, N. (2018). Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro dengan Memanfaatkan Alternator Untuk Membantu Penerangan Jalan Seputaran Kebun Salak. *Jurnal Edukasi Elektro*, 2(2).
- Bustami, B., & Multi, A. (2017). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Piko hidro 1000 VA Dengan Memanfaatkan Pembuangan Air Limbah Pada Gedung Pakarti Centre. *Prosiding Semnastek*.
- Djamal, R., & Risandewi, T. (2017). Uji Terap Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Picohydro Di Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 15(2), 189-206.
- Hakim, L. (2019). Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Kecil “*Small Hydraulic Power Generation*”. Penerbit Deepublish. ISBN : 978-623-209-485-7, Yogyakarta.
- Jamlay, K., Sule, L., & Hasan, D. (2016). Analisis perilaku aliran terhadap kinerja roda air arus bawah untuk pembangkit listrik skala pikohidro. *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*, 6(1).
- Ratnata, I. W., Sumarto, S., & Saputra, W. S. (2019, December). Development of a 500-1000 watt Pico hydro Hybrid Solar Power Plant prototype. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1402, No. 4, p. 044014). IOP Publishing.
- Saputra, I. W. B., Weking, A. I., & Jasa, L. (2017). Rancang bangun pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (pltmh) menggunakan kincir overshot wheel. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(2), 48-54.
- Shantika, T., Purwanto, T. S., & Garnida, M. (2020). Design Rotor Turbine Hybrid Of Pv-Picohydro Power Plant As Energy Sources For Rural Area In Indonesia. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*, 10(3).
- Suyanto, M., & Subandi, S. (2020). Memanfaatkan Irigasi Sebagai Sumber Energi Listrik Mikrohidro Di Singosaren Wukirsari Bantul Jogjakarta. *Dharma LPPM*, 1(2).