

Analisa pengaruh sudut sudu terhadap kinerja turbin kinetik poros horisontal dan vertikal

Yasinta Sindy Pramesti

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: yasintasindy@unpkediri.ac.id

Abstrak

Turbin kinetik adalah suatu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan energi yang tersimpan pada aliran air yaitu energi potensial dan energi kinetik yang akan diubah menjadi energi mekanik. Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja turbin yaitu sudut sudu. Metodologi penelitian pada turbin kinetik ini memanfaatkan kecepatan fluida (air) yang bergerak dengan. Variasi sudut pengarah aliran dengan sudut yang akan diteliti ini menggunakan sudut 5° , 10° , 15° dan variasi debit aliran 50, 70 dan 90 m³/jam. Selain itu, turbin kinetik ini menggunakan variasi poros vertikal dan horisontal. Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa daya output yang dihasilkan turbin maksimal sebesar 1,53 Watt terjadi pada debit 90 m³/jam dengan sudut pengarah aliran 15° . Efisiensi tertinggi yaitu sebesar 18% terjadi pada debit aliran 50 m³/jam dengan sudut pengarah aliran sebesar 15° . Turbin dengan tipe poros horisontal memiliki nilai daya dan efisiensi yang sedikit lebih besar jika dibandingkan dengan turbin poros vertikal.

Kata Kunci: turbin kinetik, sudut sudu, poros vertikal, poros horisontal.

Abstract

Kinetic turbine is a type of power plant that utilizes the energy stored in the water flow ie potential energy and kinetic energy that will be converted into mechanical energy. One of the factors that affect turbine performance is angle angle. The research methodology in this kinetic turbine utilizes the fluid velocity (water) that moves with. The variation of the flow steering angle with the angle to be studied uses an angle of 5° , 10° , 15° and flow rate variation 50, 70 and 90 m³ / hr. In addition, this kinetic turbine uses vertical and horizontal axis variations. Based on the result of the research, it can be concluded that the maximum output power produced by turbine at 1.53 Watt occurred at 90 m³ / hr discharge with flowing direction angle of 15° . The highest efficiency of 18% occurs at a flow rate of 50 m³ / h with a flow direction angle of 15° . Horizontal axle turbines have slightly higher power and efficiency values when compared to a vertical axle turbine.

Keywords: kinetic turbine, sudu angle, vertical shaft, horizontal shaft.

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki energi air yang sangat melimpah dan tersebar diseluruh wilayahnya. Menurut Direktur Konstruksi dan Energi Terbarukan, PT. PLN, Indonesia memiliki potensi air sekitar 75.000 - 76.000 MW. Tetapi pemanfaatannya masih sekitar 3.783 MW untuk skala besar dan 220 MW untuk skala kecil [1]. Salah satu energi air skala kecil adalah arus sungai yang mempunyai kecepatan rendah berkisar 0,01-2,8 m/s dan energi tersimpan di dalamnya dapat digunakan sebagai energi listrik dengan menggunakan turbin kinetik. Turbin kinetik adalah suatu

pembangkit listrik yang prinsip kerjanya memanfaatkan dan mengandalkan energi kinetik air sebagai sumber energinya dalam merubah energi potensial dan energi kinetik menjadi energi mekanik. Arus aliran air langsung menumbuk sudu turbin yang dapat menyebabkan runner berputar sehingga terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanis pada turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator kemudian menjadi energi listrik [2,3]. Keuntungan pemanfaatan turbin kinetik jika dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik yaitu pemilihan lokasi tidak terlalu banyak syarat dan tanpa bendungan, instalasi yang murah dan waktu pemasangan

Turbin kinetik adalah suatu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan energi yang tersimpan pada aliran air yaitu energi potensial dan energi kinetik yang akan diubah menjadi energi mekanik. Proses perubahan energi kinetik pada aliran air menjadi energi mekanik berawal dari arus aliran air yang menyimpan energi mekanik menumbuk sudu turbin yang dapat menyebabkan turbin berputar sehingga terjadi perubahan energi kinetik menjadi energi mekanik pada turbin yang akan digunakan untuk memutar generator dan akan diubah menjadi energi listrik oleh generator tersebut. Penggunaan turbin air, khususnya turbin kinetik jenis ini dengan memanfaatkan aliran sungai yang kecil belum meluas karena selain masalah biaya juga bagaimana meningkatkan kinerja dari turbin baik dari segi aliran fluida maupun dari konstruksi turbin itu sendiri. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mempercepat aliran dengan mengatur dimensi saluran masuk turbin maupun bentuk sudu.

Kinerja dari suatu turbin kinetik bergantung pada kecepatan aliran, sudut sudu, pengarah aliran, ukuran aliran, jumlah sudu, dan kelengkungan pada sudu. Sudut pengarah aliran turbin kinetik adalah salah satu variabel yang sangat mempengaruhi putaran dan gaya tangensial yang menentukan daya dan efisiensi sebuah turbin kinetik. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk menentukan sudut pengarah aliran yang ideal dengan kecepatan yang divariasikan dalam menghasilkan daya turbin yang maksimal. Tujuan dari penulisan ini adalah mengetahui pengaruh sudut sudu terhadap kinerja turbin kinetik tipe poros vertikal dan horizontal.

Turbin kinetik adalah suatu turbin yang menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros. Turbin ini mengandalkan kecepatan aliran air dan memanfaatkan energi kinetik air. Selanjutnya energikinetik tersebut diubah menjadi energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan sudu generator sehingga menghasilkan energi listrik. Turbin ini sangat tepat untuk dipakai pada daerah yang datar yang memiliki aliran sungai, terutama daerah pedesaan. Sampai saat ini dikenal dua jenis turbin kinetik, yaitu turbin kinetik dengan poros horizontal dan turbin kinetik berporos vertikal [4].

Pada turbin kinetik vertikal (tegak) air langsung menumbuk sudu pada setengah bagian roda turbin sedangkan setengah bagian yang lain juga mendapat tumbukan tetapi tidak sebesar setengah bagian yang pertama sehingga turbin masih bisa berputar [5]

Warsito dkk [6] menyatakan bahwa banyak keuntungan yang diperoleh apabila turbin kinetik ini dipergunakan sebagai pembangkit listrik. Keuntungan pemanfaatan turbin kinetik adalah :

- a. Tanpa reservoir
- b. Pemilihan lokasi tidak terlalu banyak syarat
- c. Tanpa bendungan dan power house

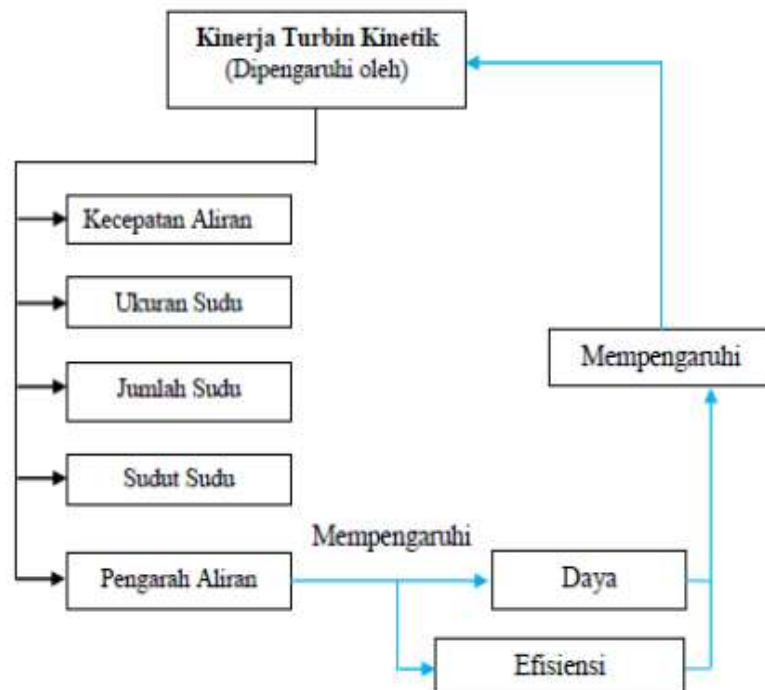
- d. Instalasi yang murah
- e. Waktu pemasangan yang cepat
- f. Modular, keluaran energi yang mudah di skala (easily scalable energi output)
- g. Kapasitas yang stedy, produksi energi yang steady.
- h. Bentuknya sederhana dan mudah dibuat.
- i. Potensi air yang dibutuhkan tidak membutuhkan tinggi jatuh, yang dibutuhkan hanya adanya aliran air (Energi kinetik = $v^2/2g$).
- j. Tegangan listrik yang dibangkitkan adalah 24 V DC.
- k. Pemeliharaan mudah.
- l. Turbin hanya diletakkan pada aliran sungai, dan tidak membutuhkan bangunan khusus.

Untuk setiap aliran sungai dapat dipasang beberapa instalasi turbin kinetik ini. Sehingga listrik yang dibangkitkan akan berlipat sesuai dengan banyaknya turbin yang dipasang pada aliran sungai tersebut.

2. METODE PENELITIAN

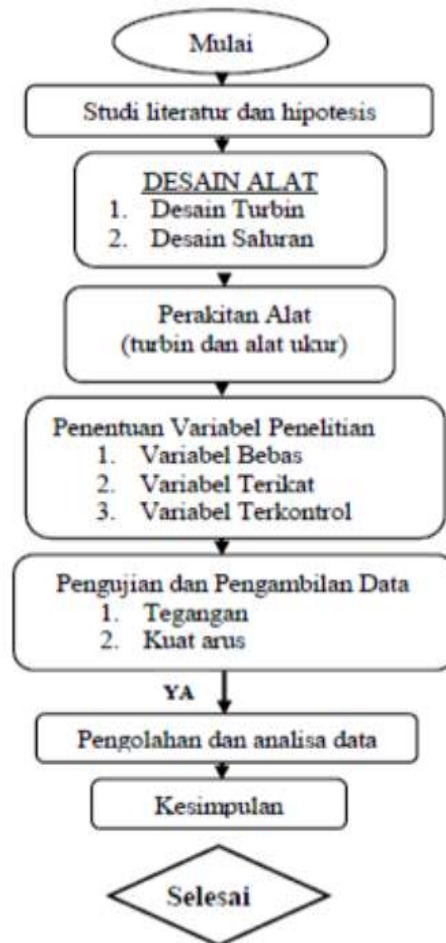
Penelitian pada turbin kinetik sudu turbin sebagai obyek utama yang diteliti. Turbin kinetik yang bekerja pada aliran air yang memanfaatkan kecepatan fluida (air) yang bergerak tanpa menggunakan nozzel atau air jatuh, tetapi menggunakan sungai buatan sebagai tempat turbin yang akan diteliti. Sudut pengarah aliran sebagai obyek utama dalam penelitian ini dan akan difokuskan pada penggunaan sudut pengarah aliran untuk mencari pengaruh penggunaan sudut pengarah aliran pada kinerja turbin. Variasi sudut pengarah aliran sudut yang akan diteliti ini menggunakan sudut 5° 10° dan 15° dengan variasi debit aliran 60, 80 dan 100 m^3/jam .

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari sebuah turbin kinetik yang menggunakan sudu mangkuk sebagaimana dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja Turbin Kinetik

Secara umum, tahapan-tahapan penelitian ditunjukkan pada diagram alir Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan ada tiga jenis yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya ditentukan secara bebas sebelum penelitian dilakukan. Variabel bebas dalam penelitian ini variasi sudut pengarah aliran yaitu : 5° , 10° , 15° dan debit aliran 50 m³/jam, 70 m³/jam dan 90 m³/jam.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung pada variabel bebas dan merupakan hasil dari penelitian. Dalam penelitian ini variabel terikat yang diamati yaitu daya dan efisiensi turbin.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Jadi variabel kontrol dalam penelitian ini adalah panjang saluran kanal 700 cm dan panjang pengarah aliran 60 cm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil penelitian dan pembahasan yang ditulis ringkas. Hasil penelitian dapat disajikan dengan dukungan tabel, grafik atau gambar sesuai kebutuhan, untuk memperjelas penyajian hasil secara verbal. Bagian pembahasan memaparkan hasil pengolahan data, menginterpretasikan penemuan secara logis, mengaitkan dengan sumber rujukan yang relevan. Ukuran huruf 12 *pt* dengan spasi 1,5.

Data hasil eksperimen yang diambil dalam penelitian ini adalah kuat arus (*I*) dan tegangan (*V*) yang kemudian akan dihitung untuk menentukan besaran daya yang dikeluarkan oleh generator turbin dan efisiensi turbin. Berdasarkan pengujian, maka diperoleh data tegangan (*V*) dan arus (*I*) pada besaran output yang dikeluarkan oleh generator. Hasil data tegangan dan arus dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data Hasil Penelitian Output Tegangan (*V*) dan Arus (*I*) pada Turbin Kinetik Poros Vertikal

Variasi Sudut Pengarahan Aliran	Perco baan ke-	Debit Aliran (<i>Q</i>)					
		50 m ³ /jam		70 m ³ /jam		90 m ³ /jam	
		<i>V</i> (Volt)	<i>I</i> (Ampere)	<i>V</i> (Volt)	<i>I</i> (Ampere)	<i>V</i> (Volt)	<i>I</i> (Ampere)
Sudut 5 ⁰	1	0,74	0,96	0,81	1,12	0,92	1,24
	2	0,76	0,93	0,83	1,09	0,89	1,20
	3	0,80	0,99	0,86	1,14	0,90	1,21
	Rata-rata	0,77	0,96	0,83	1,12	0,90	1,22
Sudut 10 ⁰	1	0,82	1,11	0,87	1,18	0,98	1,29
	2	0,80	1,19	0,92	1,19	0,96	1,28
	3	0,86	1,10	0,85	1,21	0,97	1,32
	Rata-rata	0,83	1,13	0,88	1,19	0,97	1,30
Sudut 15 ⁰	1	0,96	1,18	0,95	1,26	1,11	1,33
	2	0,93	1,19	0,99	1,24	1,13	1,36
	3	1,02	1,24	1,06	1,23	1,16	1,35
	Rata-rata	0,97	1,20	1,00	1,24	1,13	1,35

Tabel 2. Data Hasil Penelitian Output Tegangan (*V*) dan Arus (*I*) pada Turbin Kinetik Poros Horizontal

Variasi Sudut Pengarahan Aliran	Perco baan ke-	Debit Aliran (<i>Q</i>)					
		50 m ³ /jam		70 m ³ /jam		90 m ³ /jam	
		<i>V</i> (Volt)	<i>I</i> (Ampere)	<i>V</i> (Volt)	<i>I</i> (Ampere)	<i>V</i> (Volt)	<i>I</i> (Ampere)
Sudut 5 ⁰	1	0,80	0,98	0,87	1,12	0,98	1,32
	2	0,78	1,04	0,90	1,09	0,99	1,30
	3	0,82	1,02	0,89	1,14	1,04	1,29
	Rata-rata	0,80	1,01	0,89	1,12	1,00	1,30
Sudut 10 ⁰	1	0,88	1,18	0,87	1,21	1,05	1,35
	2	0,90	1,20	0,92	1,24	1,03	1,36
	3	0,93	1,17	0,85	1,27	1,08	1,34
	Rata-rata	0,90	1,18	0,88	1,24	1,05	1,35
Sudut 15 ⁰	1	0,96	1,18	0,95	1,30	1,14	1,40
	2	0,93	1,19	0,99	1,32	1,17	1,42
	3	1,02	1,24	1,06	1,35	1,13	1,39
	Rata-rata	0,97	1,20	1,00	1,32	1,15	1,40

Setelah menyelesaikan pengujian dan pengolahan data, maka diperoleh data-data antara lain, debit air, daya air, daya generator, dan efisiensi. Daya air yang diperoleh berbeda-beda, hal ini disebabkan karena berbeda-bedanya debit air yang diberikan. Dimulai dari debit air 50 m³/jam (Q1), 70 m³/jam (Q2), 90 m³/jam (Q3). Semakin besar debit air, maka daya air yang tersedia juga semakin besar. Daya air (*input*) inilah yang kemudian dimanfaatkan untuk memutar roda air sehingga menghasilkan putaran. Kemudian putaran roda air akan diteruskan ke generator melalui puli untuk menghasilkan daya listrik.

Daya listrik generator yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh putaran roda air, semakin banyak putaran roda air yang dihasilkan maka kuat arus yang dihasilkan semakin besar pula sehingga daya listrik juga semakin besar. Kinerja roda air atau biasa disebut dengan efisiensi (η) didapat dari perbandingan antara daya listrik yang dihasilkan oleh generator dengan daya air yang tersedia. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa efisiensi (η) tidak berbanding lurus terhadap daya yang dihasilkan oleh generator. Berdasarkan data kuat arus (I) dan tegangan (V) yang diperoleh dalam percobaan, maka selanjutnya dihitung daya output dan efisiensi turbin yang dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Output Daya (P) dan Efisiensi (η) pada Turbin Kinetik Poros Vertikal

Variasi Sudut Pengarahan Aliran	Perco baan ke-	Debit Aliran (Q)					
		50 m ³ /jam		70 m ³ /jam		90 m ³ /jam	
		Daya (Watt)	Efisiensi (%)	Daya (Watt)	Efisiensi (%)	Daya (Watt)	Efisiensi (%)
Sudut 5 ⁰	1	0,71	10	0,91	9	1,14	9
	2	0,71	10	0,90	9	1,07	9
	3	0,79	11	0,98	10	1,09	9
Rata-rata		0,74	11	0,93	10	1,10	9
Sudut 10 ⁰	1	0,91	13	1,03	11	1,26	10
	2	0,95	14	1,09	11	1,23	10
	3	0,95	14	1,03	11	1,28	10
Rata-rata		0,94	13	1,05	11	1,26	10
Sudut 15 ⁰	1	1,13	16	1,20	12	1,48	12
	2	1,11	16	1,23	13	1,54	12
	3	1,26	18	1,30	13	1,57	13
Rata-rata		1,17	17	1,24	13	1,53	12

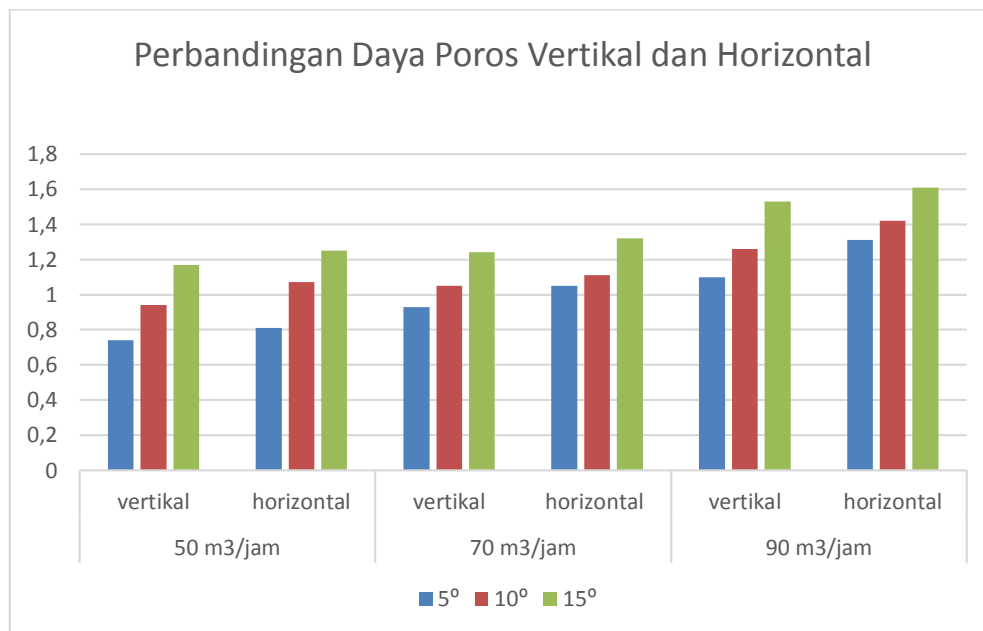
Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Output Daya (P) dan Efisiensi (η) pada Turbin Kinetik Poros Horizontal

Variasi Sudut Pengarahan Aliran	Perco baan ke-	Debit Aliran (Q)					
		50 m ³ /jam		70 m ³ /jam		90 m ³ /jam	
		Daya (Watt)	Efisiensi (%)	Daya (Watt)	Efisiensi (%)	Daya (Watt)	Efisiensi (%)
Sudut 5 ⁰	1	0,78	11	1,04	11	1,29	10
	2	0,81	12	1,03	11	1,29	10
	3	0,84	12	1,09	11	1,34	11
Rata-rata		0,81	12	1,05	11	1,31	10
Sudut 10 ⁰	1	1,04	15	1,09	11	1,42	11
	2	1,08	16	1,13	12	1,40	11

	3	1,09	16	1,12	12	1,45	12
Rata-rata		1,07	15	1,11	12	1,42	11
Sudut 15°	1	1,23	18	1,24	13	1,60	13
	2	1,28	18	1,31	13	1,66	13
	3	1,25	18	1,43	15	1,57	13
Rata-rata		1,25	18	1,32	14	1,61	13

Hubungan Debit Air dengan Daya Output pada Tiap Sudut Aliran

Berikut disajikan grafik yang menunjukkan hubungan antara debit air dengan daya yang dihasilkan oleh generator (daya output) poros vertikal dan horizontal pada masing-masing sudut pengarah aliran (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik Perbandingan Daya Output pada Turbin Kinetik Poros Vertikal dan Horizontal

Grafik menunjukkan hubungan antara Q = perubahan debit (m3/jam) terhadap Pgen = Daya listrik yang dihasilkan (Watt). Dimana debit aliran air (Q) merupakan laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang atau saluran tiap satu satuan waktu. Nilai dari Pgen dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$P_{gen} = V \cdot I$$

Dimana :

P = daya listrik yang dihasilkan (watt)

V = beda potensial (v)

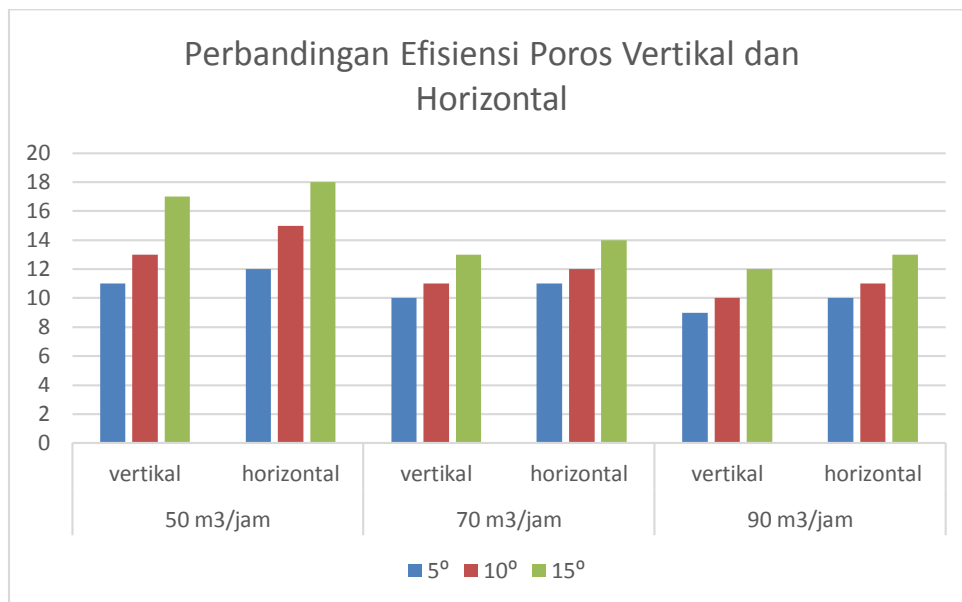
I = kuat arus (A)

Dapat kita lihat bahwa grafik tersebut di atas menunjukkan bahwa semakin besar perubahan debit aliran maka daya listrik yang dihasilkan akan semakin besar pula, namun ketika kinerja roda air sudah mencapai titik maksimumnya maka daya listrik akan mengalami penurunan akibat semakin besarnya pembebanan yang diberikan terhadap roda air. Sehingga dalam grafik akan membentuk sebuah garis

setengah parabola. Selain itu beban lampu juga sangat mempengaruhi kinerja roda air. Seperti terlihat pada grafik di atas dimana semakin banyak beban yang diberikan maka akan menurunkan kinerja dari roda air. Berdasarkan grafik, dapat diketahui bahwa daya yang dihasilkan pada poros turbin kinetik horizontal memiliki daya yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan poros horizontal ($\pm 0,1$ Watt).

Hubungan Debit Air dengan Efisiensi Turbin pada Tiap Sudut Aliran

Berikut disajikan grafik yang menunjukkan hubungan antara debit air dengan efisiensi turbin kinetik poros vertikal dan horizontal pada masing-masing sudut pengarah aliran (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik Perbandingan Efisiensi pada Turbin Kinetik Poros Vertikal dan Horizontal

Berdasarkan grafik di atas yang menunjukkan hubungan antara efisiensi total (%) dengan debit (m³/s). Debit aliran air (Q) merupakan laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang atau saluran tiap satu satuan waktu. Untuk mendapatkan nilai dari efisiensi total, dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_t}{\frac{1}{2} Q \cdot \rho} \times 100 \%$$

Dimana

η = efisiensi turbin (%)

P_t = daya yang dihasilkan turbin (Watt)

Q = debit aliran air (m³/s)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

Grafik di atas menunjukkan hubungan bahwa semakin besar debit alirannya maka efisiensi yang dihasilkan juga akan semakin kecil, hal ini juga dipengaruhi oleh besarnya pembebanan yang diberikan. Efisiensi tertinggi yaitu sebesar 18% terjadi

pada debit aliran 50 m³/jam dengan sudut pengarah aliran sebesar 15⁰. Efisiensi terendah sebesar 10% terjadi ketika turbin dialiri debit air sebesar 90 m³/jam dengan sudut pengarah aliran 5⁰.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data, daya output yang dihasilkan turbin maksimal sebesar 1,53 Watt terjadi pada debit 90 m³/jam dengan sudut pengarah aliran 15⁰. Selain itu, daya yang dihasilkan turbin sebanding dengan debit air yang digunakan. Semakin besar debit air maka semakin besar pula daya yang dihasilkan. Efisiensi tertinggi yaitu sebesar 18% terjadi pada debit aliran 50 m³/jam dengan sudut pengarah aliran sebesar 15⁰. Berbeda dengan hubungan antara debit air dengan daya, hubungan antara efisiensi dengan debit air merupakan hubungan terbalik, Semakin kecil debit aliran, maka semakin kecil efisiensi yang dihasilkan turbin. Turbin dengan poros horizontal memiliki nilai daya dan efisiensi yang sedikit lebih besar jika dibandingkan dengan turbin poros vertikal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Konstruksi dan Energi Baru Terbarukan (DKEBT), 2013. PT. PLN (Persero)
- [2] Pietersz, Richard., Soenoko, Rudy., Wahyudi, Slamet. 2013. Pengaruh Jumlah Sudu terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal. *Jurnal Rekayasa Mesin, Vol.4, No.2 Tahun 2013: 93-100*
- [3] Asroful Anam. Rudy Soenoko. Denny Widhiyanuriyawan. 2013. *Pengaruh Variasi Sudut Input Sudu Mangkok Terhadap Kinerja Turbin Kinetik*. Universitas Brawijaya Malang.
- [4] Yani, Ahmad., Mihdar., Erianto, Rudi. 2016. Pengaruh Variasi Bentuk Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Kinetik Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan. *Jurnal Turbo 5 (1)*.
- [5] Ohoirenan. W, Wahyudi. S, dan Sutikno, D,. 2012. *Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal*. Prosiding Seminar Nasional Science, Engineering and Technology, Brawijaya Malang.
- [6] Warsito, Sri Wahyudi, D. dan Wildan Khoiron. 2011. Realisasi dan Analisa Sumber Energi Baru Terbarukan Nanohidro Dari aliran air Berdebit kecil. *Jurnal Material dan Energi Indonesia, Volume 01 Nomor 01*.