

PENGARUH SUDUT SUDU TURBIN *CROSSFLOW* pada PEMBANGKIT LISTRIK PIKOHIDRO MENGGUNAKAN ALIRAN DANAU PCR

Jupri Yanda Zaira¹⁾, Agus Wijianto²⁾, Amnur Akhyan³⁾

^{1,2,3)} Jurusan Teknologi Industri Politeknik Caltex Riau
Jl. Umban Sari No. 01 Rumbai Pekanbaru, Riau, Indonesia 28265
Email: jupri@pcr.ac.id¹⁾, aguswijii@pcr.ac.id²⁾, akhyan@pcr.ac.id³⁾

Abstrak

Pikohidro merupakan pembangkit listrik alternatif sebagai pengganti pembangkit listrik tenaga diesel berbahan bakar fosil seperti solar atau bensin. Dari penelitian sebelumnya bahwa aliran Danau PCR mempunyai energi yang potensial untuk menghasilkan listrik, dimana alat yang digunakan adalah turbin *crossflow* dan generator listrik DC menghasilkan energi listrik. Penelitian ini menggunakan sudut sudu turbin *crossflow* yang bervariasi pada pembangkit listrik pikohidro, dimana variasi sudut sudu turbin *crossflow* yaitu 20°, 30°, 40°. Selanjutnya, masing – masing variasi sudut dilakukan pengujian berupa tanpa beban (0 Watt) dan menggunakan beban berupa bola lampu pijar sebanyak 4 buah yang masing – masing mempunyai daya 60 Watt. Hasil dari penelitian ini adalah diperoleh *performance* terbaik terjadi pada pembangkit listrik pikohidro dengan sudut sudu turbin *crossflow* 40°, dengan pemakaian beban sebanyak 4 buah bola lampu pijar (240 Watt) menghasilkan tegangan sebesar 185 Volt dan arus 0,78 Ampere. Daya listrik yang dihasilkan oleh generator setelah melewati inverter DC to AC adalah sebesar 144,3 Watt, Daya turbin sebesar 168,77 Watt, dan Efisiensi mekanik turbin *crossflow* sebesar 65,49%.

Kata Kunci: Variasi Sudut, Turbin Crossflow, Aliran Danau.

Abstract

Picohydro is an alternative power plant as a substitute for fossil fuel diesel power plants such as diesel or gasoline. From previous research that the PCR lake stream has the potential energy to generate electricity, where the tools used are crossflow turbine and DC electric generators to produce electrical energy. This research uses a vary crossflow turbine blade angle in a picohydro power plant, where the variation of the crossflow turbine blade angle is 20°, 30°, 40°. Furthermore, each angle variation is tested in the form of no load (0 Watt) and using a load of 4 incandescent light bulbs, each of which has a power of 60 Watts. The result of this research is that the best performance occurs in a picohydro power plant with a crossflow turbine blade angle of 40°, with the use of a load of 4 incandescent light bulbs (240 Watts) producing a voltage of 185 Volts and a current of 0.78 Ampere. The electrical power generated by the generator after passing through the DC to AC inverter is 144.3 Watt, the turbine power is 168.77 Watt, and the mechanical efficiency of the crossflow turbine is 65.49%.

Keywords: Angle Variation, Crossflow Turbine, Lake Stream.

1. PENDAHULUAN

Data dari *BP Statistical Review Of World Energy* Tahun 2022 khusus Indonesia pada tahun 2021 menunjukkan bahwa total konsumsi minyak sebesar 1.634.000 *barrel* perhari, sedangkan total produksi minyak pada tahun 2021 hanya sebesar 692.000 *barrel* perhari [1]. Dengan kondisi seperti itu menyadarkan kita pentingnya mengembangkan energi alternatif.

Beberapa energi alternatif yang dikembangkan masyarakat saat ini antara lain pemanfaatan tenaga air dan energi matahari

untuk pembangkit listrik [2,3], pengembangan bioenergi yang sesuai dengan potensi wilayah seperti bioethanol [4], biodiesel [5], dan *syn-gas* dari biomassa [6].

Politeknik Caltex Riau (PCR) mempunyai 3 buah danau, dimana aliran danau tersebut sangat Potensial dimanfaatkan untuk menciptakan energi alternatif yaitu pembangkit listrik dengan skala pikohidro. Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan teknik pembangkit listrik dengan menggunakan turbin *crossflow* sebagai pemutar dinamo dari aliran air. Penelitian

sebelumnya Zaira, Wijianto, & Syahrizal memanfaatkan aliran Danau Politeknik Caltex Riau (PCR) terbukti menghasilkan daya maksimum pada generator sebesar 143,78 Watt, dan menghasilkan daya maksimum pada turbin sebesar 168,16 Watt [7].

Laksmiana, Fahrudding, dan Akbar dalam penelitiannya yang berjudul pengaruh sudut pengarah aliran pada turbin air *crossflow* tingkat dua terhadap putaran dan daya, dimana hasil penelitiannya adalah pengaruh variasi sudut pengarah aliran turbin tingkat 1 sudut 40° akan menghasilkan putaran paling tinggi sebesar 478 rpm, sedangkan pada sudut 30° menghasilkan putaran paling rendah 296 rpm, pada pengaruh variasi sudut pengarah aliran turbin tingkat 1 sudut 40° akan menghasilkan daya paling tinggi yaitu 0,0172 W, sedangkan pada sudut 30° menghasilkan daya yang paling rendah yaitu 0,0069 W, Untuk variasi debit air 31,5 L/s turbin tingkat 1 menghasilkan putaran paling tinggi sebesar 478 rpm, sedangkan debit air 10,5 L/s menghasilkan putaran paling rendah yaitu 262 rpm. Pada variasi debit air 31,5 L/s turbin tingkat 1 akan menghasilkan daya paling tinggi yaitu 0,0172 W, sedangkan pada variasi debit air 10,5 L/s akan menghasilkan daya paling rendah yaitu 0,0069 W [8].

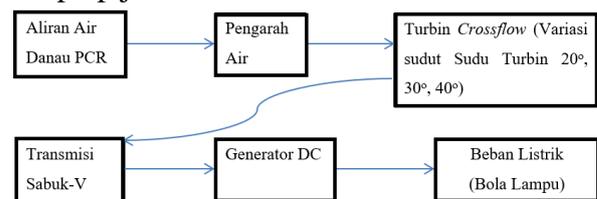
Pada penelitian ini penulis mencoba untuk melakukan eksperimen memvariasikan sudut sudu turbin *crossflow* dengan 3 variasi sudut yaitu 20°, 30°, dan 40°. Selanjutnya diperoleh *performance* terbaik berupa kapasitas daya pada generator dan pada turbin *crossflow* pembangkit listrik pikohidro dengan memanfaatkan aliran danau PCR sebagai sumber energi yang merubah energi potensial menjadi energi listrik.

2. METODE

Rancangan yang dibuat untuk pembangkit listrik pikohidro menggunakan variasi sudut sudu turbin *crossflow* yaitu sudut 20°, 30°, dan 40°. Masing – masing turbin memiliki 18 sudu turbin dengan dimensi diameter luar turbin yaitu 530 mm dan diameter dalam sebesar 350 mm [7].

2.1 Rancangan Skema Penelitian

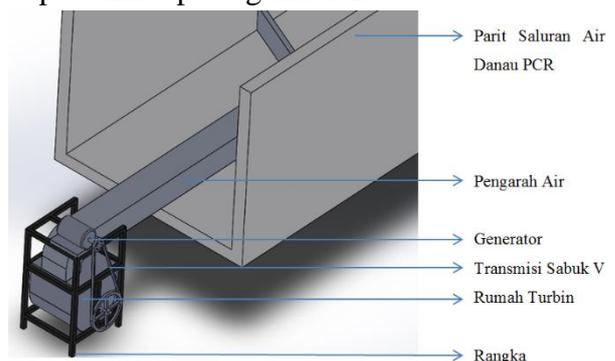
Rancangan skema penelitian dapat dilihat pada gambar 1, pada rancangan dimana air danau PCR dialirkan pada pengarah air, selanjutnya turbin *crossflow* (masing – masing sudut sudu 20°, 30°, dan 40°) berputar akibat tumbukan air, putaran turbin ditransmisikan kegenerator DC menggunakan transmisi sabuk-V, arus listrik yang dihasilkan generator di konversi menjadi AC menggunakan *Inverter DC to AC*, dan dialirkan kebeban listrik berupa lampu pijar AC.



Gambar 1. Rancangan Skema Penelitian

2.2 Perancangan Mekanik

Desain rancangan pembangkit listrik pikohidro menggunakan turbin *crossflow* dengan menggunakan aliran air danau PCR dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Desain Mekanik

Khusus penelitian ini akan dilakukan variasi sudut sudu turbin *crossflow* yaitu variasi sudut 20°, 30°, dan 40°. Seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Variasi sudut sudu turbin *crossflow* 20°, 30°, 40°

2.3 Pembuatan Mekanik

Pembuatan Mekanik pembangkit listrik pikohidro menggunakan turbin *crossflow* dengan menggunakan aliran air danau PCR dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pembuatan Mekanik

Khusus untuk turbin *crossflow* yang dibuat pada penelitian ini dengan variasi sudut sudu turbin 20°, 30°, dan 40° dapat dilihat pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Turbin *Crossflow* dengan 3 variasi sudut sudu 20°, 30°, dan 40°

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menghasilkan beberapa data dan analisa.

3.1 Daya Air yang Tersedia Pada Aliran Danau PCR (Pa)

Tahap awal penelitian ini dilakukan pengukuran debit aliran danau PCR dengan menggunakan ember kapasitas 0,099 m³, dengan menggunakan saluran aliran danau berupa pipa PVC diameter 6 Inchi. Dari 10 kali percobaan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengisi air ke ember adalah 4,13 detik. Data lainnya adalah Head sebesar 1,1 m, massa jenis air sebesar 995 Kg/m³. Proses Pengambilan data debit aliran danau dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Proses pembilan data untuk mencari debit air pada aliran danau PCR

Dari data diatas maka debit aliran (Q) bisa diperoleh dengan menggunakan persamaan 1 berikut [10]:

$$Q = \frac{V}{s} \dots \dots \dots (1)$$

$$Q = \frac{0,099 \text{ m}^3}{4,13 \text{ detik}}$$

$$= 0,024 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = 24 \text{ Liter}/\text{detik}$$

Setelah diperoleh debit aliran (Q), maka selanjutnya diperoleh kecepatan aliran air danau PCR dengan menggunakan persamaan 2, dimana diketahui saluran aliran diketahui

menggunakan pipa PVC dengan diameter 6 Inchi atau 152,4 mm maka diperoleh kecepatan aliran air danau sebagai berikut [10].

$$v = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2)$$

$$v = \frac{0,024 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,1524 \text{ m}^2}$$

$$= 0,2 \text{ m/detik}$$

Setelah dapat debit aliran dan kecepatan aliran air danau PCR, maka daya teoritis yang tersedia (Pa) pada aliran danau PCR tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3 berikut [10].

$$P_a = \rho \times g \times H \times Q \dots \dots \dots (3)$$

$$P_a = 995 \text{ Kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\times 1,1 \text{ m} \times 0,024 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 257,69 \text{ Watt}$$

3.2 Data Hasil Pengujian

Berikut data rata – rata yang dihasilkan masing – masing variasi sudut sudu turbin, dimana dilakukan pengujian sebanyak 15 kali percobaan dengan tanpa beban (*load*) dan dengan beban berupa lampu pijar dengan daya 60 Watt setiap lampu pijar. Masing – masing variasi sudut sudu turbin, pengujian dimulai dari satu bola lampu (60 Watt), dua bola lampu (120 Watt), tiga bola lampu (180 Watt), dan 4 bola lampu (240 Watt). Dari pengujian tersebut maka diperoleh tabel 1. *Rotation Generator*, tabel 2. *Voltage*, dan tabel 3. *Current*.

Tabel 1. Hasil Rata – rata Pengujian *Rotation Generator* Pada Pembangkit Listrik Piko hidro

<i>Load</i>		<i>Rotation Generator (rpm)</i>		
(Watt)	Sudut Sudu 20°	Sudut Sudu 30°	Sudut Sudu 40°	
0	1458	1478	1483	
60	1426	1446	1451	
120	1353	1373	1378	
180	1348	1368	1373	

240	1293	1313	1318
-----	------	------	------

Tabel 2. Hasil Rata – rata Pengujian *Voltage* Pada Pembangkit Listrik Piko hidro

<i>Load</i>	<i>Voltage (Volt)</i>		
(Watt)	Sudut Sudu 20°	Sudut Sudu 30°	Sudut Sudu 40°
0	216	219	220
60	222	226	226
120	210	213	214
180	195	198	198
240	182	184	185

Tabel 3. Hasil Rata – rata Pengujian *Current* Pada Pembangkit Listrik Piko hidro

<i>Load</i>	<i>Current (Ampere)</i>		
(Watt)	Sudut Sudu 20°	Sudut Sudu 30°	Sudut Sudu 40°
0	0	0	0
60	0,27	0,27	0,28
120	0,53	0,54	0,54
180	0,65	0,66	0,67
240	0,77	0,78	0,78

Data tabel 1, tabel 2, dan tabel 3 diperoleh performance terbaik terjadi pada operasi bal dengan sudut sudu turbin 40° pada pengukuran *load* 240 Watt (4 buah lampu Pijar), dimana data yang dihasilkan berupa *voltage* sebesar 185 Volt, *Current* sebesar 0,78 Ampere, dan pada *Rotation Generator* sebesar 1.318 rpm dan ke 4 bola lampu pijar menyala dengan baik.



Gambar 7. Hasil Percobaan dengan menggunakan beban 4 lampu pijar.

Dengan menggunakan data performance terbaik, selanjutnya dianalisa untuk mendapatkan daya yang dihasilkan generator (P_g), daya yang dihasilkan turbin (P_t), dan Effisiensi Mekanik Turbin (η_t).

3.3 Daya yang Dihasilkan Generator (P_g)

Selanjutnya dari tabel 2 dan tabel 3 diolah dan dianalisa untuk mendapatkan daya yang dihasilkan oleh generator. Untuk mendapatkan daya yang dihasil kan generator data yang diambil adalah dengan menggunakan data performance terbaik yaitu pemakaian load sebesar 240 Watt (4 buah lampu pijar), maka daya yang dihasilkan generator adalah [11].

$$P_g = V \times I \dots\dots\dots (4)$$

$$P_g = 185 \text{ Volt} \times 0.78 \text{ A} = 144,3 \text{ watt}$$

3.4 Daya yang Dihasilkan Turbin (P_t)

Dari daya yang dihasilkan generator sebesar $P_g = 144,3 \text{ Watt}$, dimana effisiensi generator (η_g) yang dipakai sebesar 0,95 dan effisiensi transmisi (η_{trans}) sabuk-V sebesar 0,90, maka dengan menggunakan persamaan 5 diperoleh daya yang dihasilkan turbin *crossflow* [12].

$$P_t = \frac{P_g}{\eta_g \times \eta_{trans}} \dots\dots\dots (5)$$

$$P_t = \frac{144,3 \text{ watt}}{0,90 \times 0,95} = 168,77 \text{ Watt}$$

3.5 Effisiensi Mekanik Turbin (η_t)

Untuk mendapatkan effisiensi mekanik turbin *crossflow* adalah membandingkan daya yang dihasilkan mekanik turbin *crossflow* (P_t) dengan daya yang tersedia pada aliran air danau PCR (P_a). Dari persamaan 6 diperoleh effisiensi mekanik turbin *crossflow* [12].

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

$$\eta_t = \frac{168,77 \text{ watt}}{257,69 \text{ watt}} \times 100\% = 65,49 \%$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisa yang dilakukan maka penelitian ini dapat di simpulkan sebagai berikut: Debit aliran yang terjadi pada saluran danau PCR adalah sebesar 24 liter/detik, dimana media yang digunakan adalah volume ember 99liter. Daya air yang tersedia pada aliran danau PCR adalah sebesar (P_a) 257,69 Watt dengan kondisi debit aliran yang terjadi dianggap dalam keadaan konstan pada saluran pipa PVC diameter 6 Inchi. Daya yang dihasilkan pada generator DC, dimana dipasang *power inverter DC to AC* kapasitas 500 Watt adalah sebesar 144,3 Watt pada kondisi performance terbaik yaitu pemakaian load sebesar 240 W (4 buah lampu pijar). Effisiensi mekanik turbin *crossflow* terjadi sebesar 65,49%, dimana daya mekanik turbin *crossflow* sebesar 168,77 Watt.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena rahmat-Nya Penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul “Pengaruh Sudut Sudu Turbin *Crossflow* Pada Pembangkit Listrik Pikohidro Menggunakan Aliran Danau PCR”. Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada BP2M Kampus Politeknik Caltex Riau (PCR), yang telah banyak membantu terutama bantuan dana penelitian sehingga terlaksananya penelitian ini dengan baik, selain itu mengucapkan terima kasih kepada *Mechanical Workshop PCR* yang menyediakan semua peralatan untuk pembuatan dan pengujian alat ini, selanjutnya Penulis mengucapkan terima kasih kepada

seluruh pihak yang membantu yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BP Statistical Review Of World Energi. (2022). *Statistical Review of World Energy* 2022. US: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>
- [2] S, H. A., & Dinahkandy, I. (2018). Studi Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan Berbasis Sel Fotovoltaik Untuk Mengatasi Kebutuhan Listrik Sederhana di Daerah terpencil. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 03(02), 88-93. Retrieved from <https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/JZR/article/view/1624>
- [3] Utari, E. L., Mustiadi, I., & Yudianingsih. (2018). Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Energi Alternatif Pengganti Listrik Untuk Memenuhi Kebutuhan Penerangan Jalan di Dusun Nglingsgo Kelurahan Pagerharjo Kecamatan Samihgaluh Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Pengabdian Dharma Bakti*, 01(02), 90-99. Retrieved from <http://dharmabakti.respati.ac.id/index.php/dharmabakti/article/view/53>
- [4] Arlianti, L. (2018). Bioetanol Sebagai Sumber Green Energy Alternatif yang Potensial di Indonesia. *Jurnal UNISTEK*, 05(01), 16-22. Retrieved from <http://ejournal.unis.ac.id/index.php/UNISTEK/article/view/280>
- [5] Prasetyo, J. (2018). Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 1-10. Retrieved from <http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JITK/article/view/1679>
- [6] Aklis, N., Riyadi, M. A., Rosyadi, G., & Cahyanto, W. T. (2015). Studi Eksperimen Konversi Biomassa menjadi SynGas Pada Reaktor Bubbling Fluidized Bed Gasifier. *Seminar Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII-15)* (pp. 973-978). Yogyakarta: Institut Teknologi Nasional Yogyakarta. Retrieved from <https://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/370>
- [7] Zaira, Wijianto, & Syahrizal. (2020). Pemanfaatan Potensi Aliran Danau PCR Untuk Pembangkit Listrik Pikohidro Menggunakan Turbin Crossflow. *Jurnal INOVTEK POLBENG*, 148-154, Retrieved from <http://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/IP/article/view/2092>
- [8] Laksmana, S. C., Fahrudiding, A., & Akbar, A. (2018). Pengaruh Sudut Pengarah Aliran Pada Turbin Air Crossflow Tingkat Dua Terhadap Putaran dan Daya. *Jurnal Rekayasa Energi Manufaktur*, 35-39. Retrieved from <http://ojs.umsida.ac.id/index.php/rem/article/view/1591/1189>
- [9] Suga, K., & Sularso. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin* (Cetakan Kesebelas ed.). Jakarta: Pradnya Paramita.

- [10] White, F. M. (2011). *Fluid Mechanics* (Seventh Edition ed.). New York: McGraw-Hill.
- [11] Jewet, S. (2010). *Pisika Untuk Sains dan Teknik (Physics for Scientists and Engineering with Modern Physics)* (Edisi 6 ed.). Jakarta: Salemba Teknika.
- [12] Dietzel, F., & Sriyono, D. (1993). *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Erlangga.