

PEMANFAATAN POTENSI ALIRAN DANAU PCR UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK PIKOHIDRO MENGGUNAKAN TURBIN *CROSSFLOW*

Jupri Yanda Zaira¹, Agus Wijianto¹, Syahrizal¹

¹Jurusan Teknologi Industri Politeknik Caltex Riau
Jl. Umban Sari No. 01 Rumbai Pekanbaru, Riau, Indonesia 28265
Email: jupri@pcr.ac.id¹, aguswiji@pcr.ac.id², ijal@pcr.ac.id³

Abstrak

Pikohidro merupakan pembangkit listrik yang menghasilkan daya maksimum 5 kW yang terdiri dari 3 komponen yaitu aliran air, turbin, dan generator untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pikohidro merupakan pembangkit listrik alternatif sebagai pengganti pembangkit listrik berbahan bakar fosil (solar & bensin). Aliran Danau PCR dapat dijadikan sumber energi yang potensial menghasilkan listrik, dimana alat yang digunakan adalah turbin *crossflow*, generator DC, dan power inverter DC to AC. Teknis penelitian ini adalah membuat pembangkit listrik pikohidro, dimana pada saluran air danau dibuatkan pengarah air ke turbin *crossflow* dengan debit yang keluar konstan. Turbin berputar akibat tumbukkan aliran air, diteruskan ke generator DC menggunakan transmisi sabuk-V, selanjutnya dipasang *power inverter* pada generator akan mengubah energi listrik DC menjadi AC, dimana beban listrik yang digunakan sebanyak 4 buah bola lampu pijar 60 W. Hasil penelitian diperoleh debit aliran sebesar 19 liter/detik dan daya teoritis yang tersedia pada aliran danau PCR sebesar 208,61 W, dimana diameter turbin *crossflow* 530 mm dengan jumlah sudu sebanyak 18 sudu menghasilkan putaran sebesar 1.313,07 rpm dan mampu menyalakan sebanyak 4 buah lampu pijar dengan total daya maksimum generator sebesar 143,78 W, daya mekanik turbin sebesar 168,16 W dan mempunyai efisiensi daya turbin sebesar 80,61 %.

Kata Kunci: Pikohidro, Turbin *Crossflow*, Aliran, Danau PCR, pembangkit Listrik

Abstract

Picohydro is a power plant that produces a maximum power of 5 kW which consists of 3 components, namely water flow, turbine, and generator to convert mechanical energy into electrical energy. Picohydro is an alternative power plant as a substitute for fossil fuel power plants (diesel & gasoline). PCR lake streams can be used as a potential source of energy to generate electricity, where the tools used are crossflow turbines, DC generators, and DC to AC power inverters. The technique of this research is to build a pico-hydro power plant, where the lake water channel is made to direct the water to a crossflow turbine with a constant discharge. The turbine rotates due to the collision of water flow, it is forwarded to a DC generator using a V-belt transmission, then a power inverter is installed on the generator which will convert DC electrical energy into AC, where the electrical load used is 4 60 W incandescent light bulbs. The results of the study obtained a flow rate of 19 liters/second and the theoretical power available in the PCR lake flow was 208.61 W, where the diameter of the crossflow turbine was 530 mm with the number of blades as many as 18 blades producing a rotation of 1,313.07 rpm and was able to turn on as many as 4 pieces. incandescent lamp with a maximum generator power of 143.78 W, a turbine mechanical power of 168.16 W and a turbine power efficiency of 80.61%.

Keywords: Picohydro, Crossflow Turbine, PCR Lake Stream, power plant

1. PENDAHULUAN

Pikohidro merupakan pembangkit listrik yang menghasilkan daya yang kecil yaitu dengan daya maksimum 5 KW. Pikohidro terdiri dari 3 komponen yaitu aliran air sumber energi, turbin, dan generator untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pikohidro merupakan pembangkit listrik alternatif sebagai pengganti pembangkit listrik tenaga diesel berbahan bakar fosil

seperti solar atau bensin, dimana pembangkit jenis diesel ini selain membutuhkan bahan bakar, namun juga tidak ramah lingkungan yaitu menimbulkan polusi asap dan dapat menimbulkan kebisingan.

Data dari *BP Statistical Review Of World Energy* Tahun 2021 khusus Indonesia pada tahun 2020 menunjukkan bahwa total konsumsi minyak sebesar 1.230.000 *barrel* perhari, sedangkan total produksi minyak pada tahun 2020 hanya sebesar 743.000 *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]

Aliran air Danau Politeknik Caltex Riau (PCR) sangat Potensial dimanfaatkan untuk menciptakan energi alternatif yaitu pembangkit listrik yang bisa menghasilkan daya sampai dengan 200 W, bahkan bisa lebih dari itu tergantung dari situasi dan kondisi debit aliran yang dihasilkan oleh aliran danau PCR. Dengan Potensi yang ada memberikan ide kepada penulis untuk merancang dan membuat sebuah alat yang dapat menghasilkan energi listrik yaitu pembangkit listrik pikohidro dengan menggunakan turbin *crossflow* dengan memanfaatkan aliran air danau PCR sebagai sumber energi yang merubah energi potensial menjadi energi listrik.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan teknik pembangkit listrik dengan menggunakan turbin *crossflow* sebagai pemutar dinamo dari aliran air. Suryono dan Nusantara dalam penelitiannya dengan simulasi turbin *crossflow* dengan jumlah sudu 18 sebagai pembangkit listrik picohydro yang dirancang menghasilkan rekomendasi desain dengan kecepatan aliran sebesar 6 m/s, kecepatan rotasi sudu 16,5 rad/s atau sebesar 157, 563 rpm dengan daya maksimum sebesar 4,791 kwh [7].

Laksmiana, Fahrudiding, 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 adalah dilakukan pemanfaatan potensi aliran danau PCR dengan membuat pembangkit listrik pikohidro menggunakan turbin *crossflow*, dimana air yang keluar dari pengarah akan diteruskan ke *blade* turbin *crossflow*, sehingga turbin berputar. Putaran dari turbin *crossflow* akan diteruskan ke generator satu fasa dengan menggunakan transmisi sabuk-V [9], selanjutnya generator akan menghasilkan energi listrik yang akan disalurkan ke panel lampu pijar melalui *power inverter DC to AC*. Pengujian yang dilakukan adalah berapa besar daya generator, daya mekanik turbin, dan efisiensi mekanik turbin yang dihasilkan oleh pembangkit listrik pikohidro yang telah dibuat.

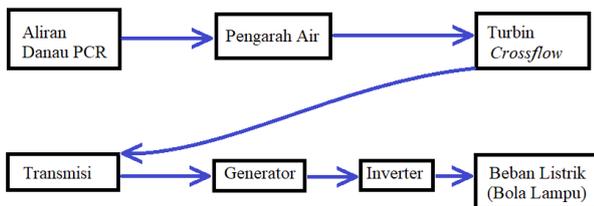
2. METODE

Sesuai dengan desain yang telah dibuat untuk turbin *crossflow*, sudu (*blade*) turbin dibuat sebanyak 18 sudu sesuai dengan referensi penelitian terdahulu rancangan Suryono dan Nusantara [7]. Diameter luar turbin sebesar 530 mm dan diameter dalam sebesar 350 mm, bahan Turbin adalah untuk

poros menggunakan besi *mill steel* pejal, sedangkan sudu – sudu turbin dan casing turbin digunakan plat *stainless steel* jenis *dov* dengan tebal 1 mm.

2.1 Rancangan Skema Penelitian

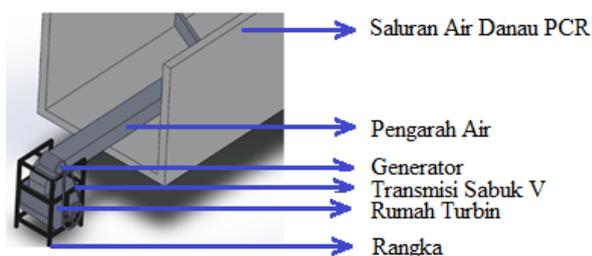
Rancangan skema penelitian dapat dilihat pada gambar 1, pada rancangan dimana air danau PCR dialirkan pada pengarah air, selanjutnya turbin *crossflow* berputar akibat tumbukan air, putaran turbin ditransmisikan kegenerator DC menggunakan transmisi sabuk-V, arus listrik yang dihasilkan generator di konversi 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.

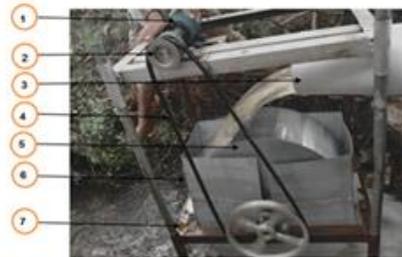


Gambar 2. Desain Mekanik

2.3 Pembuatan Mekanik

Pembuatan Mekanik pembangkit listrik pikohidro menggunakan turbin *crossflow*

dengan menggunakan aliran air danau PCR dapat dilihat pada gambar 3.



Keterangan :
 1. Generator 5. Turbin Crossflow
 2. Pulley 6. Rumah Turbin
 3. Pengarah Air 7. Rangka
 4. Sabuk-V

Gambar 3. Pembuatan Mekanik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menghasilkan beberapa data dan analisa.

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

Penelitian ini melakukan pemengambilan data volume air dan waktu untuk mengisi air pada drum dengan mengalirkan pada pipa PVC diameter 6 Inchi sebagai peralatan untuk mencari debit pada aliran danau PCR. Proses ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Proses pembilan data untuk mencari debit air pada aliran danau PCR

Adapun data yang diperoleh adalah Head (H) = 1,1 m, Massa Jenis air (ρ) = 995 Kg/m³.

Untuk Volume Air (V) diperoleh menggunakan persamaan 1, dimana digunakan drum untuk menampung air yang mengalir dari aliran danau PCR diketahui Diameter drum 55 cm, dengan ketinggian air yang terisi 45 cm, maka diperoleh:

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \dots \dots \dots (1)$$

$$V = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,55^2 \times 0,45 \text{ m}$$

$$V = 0,107 \text{ m}^3 = 107 \text{ Liter}$$

Waktu rata – rata yang dibutuhkan untuk volume air 0,107 m³ atau 107 liter, dimana dilakukan sebanyak 5 kali percobaan adalah 5,5 detik. Dari data diatas maka debit aliran (Q) bisa diperoleh dengan menggunakan persamaan 2 berikut [10].

$$Q = \frac{V}{s} \dots \dots \dots (2)$$

$$Q = \frac{0,107 \text{ m}^3}{5,5 \text{ detik}} = 0,019 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

$$= 19 \text{ Liter} / \text{detik}$$

Setelah diperoleh debit aliran (Q), maka selanjutnya diperoleh kecepatan aliran air danau PCR dengan menggunakan persamaan 3 (White, 2011), 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].

$$v = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (3)$$

$$v = \frac{0,019 \text{ m}^3 / \text{detik}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,1524^2 \text{ m}^2}$$

$$= 1,065 \text{ m} / \text{detik}$$

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 4 berikut [10].

$$P_a = \rho \times g \times H \times Q \dots \dots \dots (4)$$

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

$$\times 1,1 \text{ m} \times 0,019 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$= 208,61 \text{ Watt}$$

3.2 Daya yang Dihasilkan Generator (Pg)

Pengujian dilakukan Pada generator DC, dimana dipasang *power inverter DC to AC* kapasitas 500 W, dan hasil arus dan tegangan diukur menggunakan multimeter, sedangkan untuk mengukur putaran generator menggunakan tachometer. Proses pengujian dilakukan dengan memvariasikan beban generator berupa jumlah bola lampu pijar AC (*Range 60 W*) dimana dilakukan sebanyak 5 kali Pengujian data yaitu dilakukan dengan tanpa beban, dengan beban 1 lampu (60 W), beban 2 lampu (120 W), beban 3 lampu (180 W), dan beban 4 lampu (240 W). Untuk setiap pengujian data dilakukan dengan range waktu 4 sebanyak 15 kali.

Pengujian lampu di lakukan satu persatu dengan pengujian lampu pertama yaitu sebesar 60 W lalu diukur tegangan, arus, dan putaran dari turbin yang di dapat, setelah lampu pertama berhasil di lakukan dan kondisi lampu hidup lalu tambah lampu kedua sebesar 60 W jadi total yang akan di uji sebesar 120 W lalu ukur kembali tegangan dan arus yang di dapat dari pengujian 2 buah lampu dengan daya 120 W dan begitu seterusnya sampai menggunakan 4 lampu dengan total daya sebesar 240 W, dimana total beban disesuaikan dengan daya air yang tersedia pada aliran Danau PCR sebesar 208,61 W.

Pada gambar 5 terlihat bahwa dengan percobaan menggunakan beban 4 buah lampu pijar dengan total beban 240 W, generator masih mampu untuk menghidupkan semua lampu, dimana pada tabel 1 bahwa pengujian semakin banyak lampu yang dipasang menunjukkan voltase yang semakin menurun.



Gambar 5. Hasil Percobaan dengan menggunakan beban 4 lampu pijar.

Adapun data hasil rata-rata pengujian dengan pemasangan beban listrik (*load*) langsung ke generator dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Rata – rata Pengujian Arus, Tegangan, dan Putaran Generator Pada Pembangkit Listrik Piko hidro

No.	Load (W)	Rotation Turbin (rpm)	Current (A)	Voltage (Volt)	Lamp Condition
1	0	1477,67	0	219	Lights off
2	60	1446,20	0,27	228,4	Lights on
3	120	1372,87	0,54	213,07	Lights on
4	180	1367,67	0,66	197,67	Lights on
5	240	1313,07	0,78	184,33	Lights on

Selanjutnya dari tabel 1 diolah dan dianalisa untuk mendapatkan daya yang dihasilkan oleh generator. Untuk mendapatkan daya yang dihasilkan generator data yang diambil adalah data dengan pemakaian load maksimum yaitu sebesar 240 W dengan 4 buah lampu pijar, maka daya yang dihasilkan generator adalah [11].

$$P_g = V \times I \dots\dots\dots(5)$$

$$P_g = 184,33 \text{ Volt} \times 0,78 \text{ A} = 143,78 \text{ watt}$$

3.3 Daya yang Dihasilkan Turbin (Pt)

Dari daya maksimum yang dihasilkan generator sebesar $P_g = 143,78 \text{ W}$, dimana efisiensi generator (η_g) yang dipakai sebesar 0,95 dan efisiensi transmisi (η_{trans}) sabuk-V sebesar 0,90, maka dengan menggunakan persamaan 6 diperoleh daya yang dihasilkan turbin *crossflow* [12].

$$P_t = \frac{P_g}{\eta_g \times \eta_{trans}} \dots\dots\dots(6)$$

$$P_t = \frac{143,78 \text{ watt}}{0,90 \times 0,95} = 168,16 \text{ watt}$$

3.4 Efisiensi Mekanik Turbin (η_t)

Untuk mendapatkan efisiensi 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 7 diperoleh efisiensi mekanik turbin *crossflow* [12].

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

$$\eta_t = \frac{168,16 \text{ watt}}{208,61 \text{ watt}} \times 100\% = 80,61 \%$$

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 (Q) 19 liter/detik, dimana media yang digunakan adalah volume drum 107liter. Daya air yang tersedia pada aliran danau PCR adalah sebesar (P_a) 208,61 W dengan kondisi debit aliran yang terjadi 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 W adalah sebesar 143,73 W pada kondisi beban maksimum sebanyak 4 bola lampu pijar (1 bola lampu pijar 60 W). Efisiensi mekanik turbin *crossflow* terjadi sebesar 80,61%, dimana daya mekanik turbin *crossflow* sebesar 168,16 W.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena rahmat-Nya Penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul “Pemanfaatan Potensi Aliran Danau PCR Untuk Pembangkit Listrik Piko hidro Menggunakan Turbin *Crossflow*”. 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. (2021). *Statistical Review of World Energy 2021*. US: www.bp.com. Retrieved from <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-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 Nglingo 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] Suryono, E., & Nusantara, A. (2017). Simulasi Turbin Crossflow Dengan Jumlah Sudu 18 Sebagai Pembangkit Listrik Pikohidro. *Jurnal SIMETRIS*, 547-552.
- [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.