

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin *Crossflow* Dengan Perbandingan Variasi Sudut Sudu Terhadap Daya Yang Dihasilkan

Malikas Sholeh Alamsyah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: malikas.19074@mhs.unesa.ac.id

Bambang Suprianto, Joko, Endryansyah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: bambangsuprianto@unesa.ac.id, joko@unesa.ac.id, endryansyah@unesa.ac.id

Abstrak

Energi listrik ialah salah satu tenaga yang sangat krusial serta dibutuhkan pada segi aspek kehidupan manusia, semakin meningkatnya populasi insan maka semakin banyak kebutuhan yang wajib dipenuhi. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro ialah salah satu solusi untuk mengatasi perseteruan krisis energi khususnya energi listrik. Turbin *crossflow* merupakan salah satu komponen yang sangat krusial pada PLTMH yang berfungsi untuk mengubah energi potensial sebagai energi mekanik sehingga menghasilkan energi listrik. Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui bagaimana variasi sudut sudu berdampak pada daya dan efisiensi turbin *crossflow* yang didapatkan. Penelitian ini memakai metode eksperimen dengan memvariasikan sudut sudu sebesar 105° , 90° , dan 75° . Variasi pembebanan pada penelitian yaitu lampu DC 12 Volt sebesar 12 watt, 20 watt, dan 107 Watt. Hasil dari penelitian berikut pada variasi sudut sudu sebesar 105° , 90° , dan 75° didapatkan daya turbin maksimum sebesar 15,98 Watt pada turbin sudut sudu 105° dengan pembebanan lampu DC 12 Volt, 20 watt. Sedangkan efisiensi turbin maksimal dihasilkan pada sudut sudu 105° sebesar 12,21% dengan pembebanan lampu DC sebesar 12 Volt, 20 watt.

Kata Kunci: PLTMH, Turbin *Crossflow*, Daya, Efisiensi, Sudut Sudu.

Abstract

Electrical energy is a very crucial energy and is needed in all aspects of human life. As the human population increases, more and more needs must be met. Microhydro power plants are one solution to overcome the energy crisis, especially electrical energy. The crossflow turbine is one of the most crucial components in a PLTMH which functions to convert potential energy into mechanical energy to produce electrical energy. The aim of the research is to find out how varying blade angles impact the power and efficiency of the crossflow turbine obtained. This research uses an experimental method by varying the blade angles by 105° , 90° , and 75° . The loading variations in the research are 12 Volt DC lamps of 12 watts, 20 watts, and 107 Watts. The results of the following research on variations in blade angles of 105° , 90° , and 75° showed that the maximum turbine power was 15.98 Watts in a blade angle turbine of 105° with a DC lamp loading of 12 Volts, 20 watts. Meanwhile, the maximum turbine efficiency is produced at a blade angle of 105° of 12.21% with a DC lamp loading of 12 Volts, 20 watts.

Keywords: PLTMH, Crossflow Turbine, Power, Efficiency, Blade Angle.

PENDAHULUAN

Energi ialah suatu hal yang sangat krusial dalam kehidupan, terutama energi listrik. Energi listrik ialah energi yang sangat diperlukan dalam segi aspek kehidupan insan, semakin meningkatnya populasi insan maka semakin banyak kebutuhan yang wajib dipenuhi. Kebutuhan akan listrik merupakan kebutuhan yang tidak bisa dihindari dalam kehidupan setiap orang.

Pemanfaatan sumber energi listrik bisa didapat disekitar masyarakat, contohnya dengan memanfaatkan energi yang tersedia di daerah tersebut. Air adalah sumber energi yang praktis diperoleh di daerah di wilayah tropis (Putra, 2020). Hal ini disebabkan oleh letak geografis Indonesia, yang terdiri dari banyaknya sungai, danau, serta waduk yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006, menetapkan tujuan khusus pemanfaatan energi air, yaitu mencapai 4% dari seluruh konsumsi energi nasional pada tahun 2025. Untuk mencapai tujuan ini, sangat penting untuk meningkatkan pendayagunaan energi air sebagai

sumber energi yang dapat digunakan secara berkelanjutan.

Energi listrik terbarukan adalah energi yang dapat kita manfaatkan secara terus-menerus, salah satu khususnya melalui pemanfaatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). PLTMH ialah salah satu solusi cara mengatasi perseteruan krisis energi khususnya energi listrik.

PLTMH merupakan bentuk skala kecil dari PLTA, yang menggunakan sungai, saluran irigasi, air terjun, dan lain-lain sebagai sumber tenaga penggerak dengan memanfaatkan debit dan ketinggian aliran air. Prinsipnya adalah semakin deras aliran air yang dicapai, semakin berlimpah energi potensial yang dapat diubah menjadi listrik. Dalam hal teknis, pembangkit ini mencakup tiga komponen pokok yaitu air sebagai sumber energi, turbin berfungsi menjadi penggerak generator, serta generator berfungsi sebagai penghasil energi listrik yang mengonversikan energi mekanik menjadi listrik.

Turbin memiliki peranan penting pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro serta kecepatan dan tipe turbin

yang dipakai harus sesuai dengan standar lokasi yang digunakan agar dapat mengoptimalkan prinsip kerja alat tersebut (Ainurrahman, 2022). Salah satu tipe turbin yang seringkali dipergunakan pada PLTMH adalah turbin *Crossflow*, yaitu salah satu tipe turbin yang bisa dipergunakan pada *head* air rendah.

Berdasarkan permasalahan diatas, rumusan masalah penelitian ini yaitu rancangan bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) menggunakan Turbin *Crossflow* dengan perbandingan variasi sudut sudu terhadap daya yang dihasilkan. Sehingga dapat diketahui pengaruh variasi sudut sudu terhadap daya dan efisiensi pada turbin *crossflow* yang dihasilkan terhadap PLTMH.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

PLTA terdiri beberapa jenis diantaranya *mikro hidro*, *mini hidro*, *small hidro*, *large hidro*. Kata “mikrohidro” berasal dari istilah “*micro*”, yang bermakna “kecil” serta “*hidro*”, yang bermakna “air”.

PLTMH merupakan bentuk skala kecil dari PLTA, yang menggunakan sungai, saluran irigasi, air terjun, dan lain-lain sebagai sumber energi penggeraknya serta memanfaatkan permukaan air yang tinggi dan aliran yang besar. Berikut adalah rumus untuk mengetahui potensi daya yang diperoleh :

$$P_H = \rho \times g \times Q \times H \quad (1)$$

Keterangan:

P_H = Potensi Daya Air (Watt)
 ρ = Massa air = 1000 (kg/m³)
 Q = Debit air (m³/detik)
 H = Tinggi jatuh air (meter)
 G = Gravitasi (9,81 m/s²)
 (Wiranata, 2020).

Lalu untuk mengetahui daya yang dihasilkan menggunakan rumus berikut:

$$P = V \times I \quad (2)$$

Keterangan:

P = Daya Output (Watt)
 V = Tegangan (V)
 I = Arus (A)
 (Rivaldhy, 2020).

Menurut (Yella Ningtias, 2020), PLTMH adalah salah satu alternatif pengadaan energi listrik yang ramah alam (*clean energy*) serta dapat menjangkau wilayah-wilayah yang sulit dialiri listrik.

Dalam merancang PLTMH, hal yang sangat krusial diketahui adalah debit air. Debit air adalah banyaknya aliran air yang mengalir keluar dari pintu air dalam suatu waktu. Untuk mengetahui apakah aliran air tersebut berpotensi dapat menjadi sumber penggerak, dapat ditinjau dari berapa banyaknya air yang mengalir setiap detik. Debit air dapat diukur secara manual memakai wadah berukuran 20 liter, yang kemudian di konversikan menjadi m³. Rumus yang digunakan untuk menghitung debit air terdapat pada persamaan (3).

$$Q = \frac{v}{t} \quad (3)$$

Keterangan:

v = Volume air (liter)
 t = Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi penuh sebuah wadah (s)

(Rivaldhy, 2020).

Torsi adalah gaya atau energi yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi kinetik dalam bentuk gerakan rotasi. Untuk mengetahui torsi pada alat tersebut, dapat kita ketahui menggunakan rumus pada persamaan (4).

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}} \quad (4)$$

Keterangan:

T = Torsi (Nm)
 π = Jari-jari (3,14)
 n = Kecepatan putar rotor (rpm)

(Christiawan, 2017)

Definisi Turbin Air

Turbin air dikenal sebagai turbin yang dapat memanfaatkan aliran air untuk menggerakkan generator hingga menghasilkan energi putaran terhadap turbin. Selanjutnya energi putaran ini dapat mengubah energi potensial menjadi energi mekanik, untuk menghasilkan listrik (Muis, 2010).

Turbin Crossflow

Turbin *Crossflow* adalah turbin impuls jenis aliran radial dengan head antara 1 m - 200 m dan dapat beroperasi dengan aliran air antara 0,002 m³/s sampai 10 m³/s. Turbin *crossflow* dapat menghasilkan energi listrik dengan besar kapasitas antara 5 kW-100 kW (Harvey, 1993). Gambar 1 merupakan contoh gambar Turbin *Crossflow*.



Gambar 1. Turbin *Crossflow*
 (Sumber: Jaliwala, 2010)

Efisiensi turbin secara umum dapat kita ketahui dengan cara membandingkan output dan input pada sebuah alat tersebut. Input alat yang kita rancang adalah daya air yang dimanfaatkan, dan output adalah daya yang didapatkan oleh turbin. Dengan membandingkan daya yang diterima turbin dengan daya yang digunakan air, maka efisiensi mekanik turbin dapat ditentukan. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan persamaan (5).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \quad (5)$$

Keterangan :

η = Efisiensi (%)
 P_{in} = Daya hidroliks (Watt)

P_{out} = Daya yang didapatkan oleh turbin (Watt)
(Rivaldhy, 2020).

Generator

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, generator merupakan pembangkit tenaga (listrik, uap, dan lain-lain). Secara umum generator ialah mesin yang dapat mengonversikan energi mekanik sebagai energi listrik (elektrik) dalam medan magnet. Energi mekanik dapat bersumber dari energi potensial air, motor listrik, energi panas, motor diesel, dan lain-lain. Gambar 2 merupakan contoh gambar DC generator.



Gambar 2. DC Generator
(Sumber: Elprocus, 2023)

Buck Converter

Buck converter adalah sebuah rangkaian elektro daya yang memiliki fungsi sebagai penurun tegangan keluaran dari generator supaya sesuai dengan tegangan yang diinginkan tegangan keluarannya. Buck converter pada umumnya merupakan rangkaian konverter DC-ke-DC yang menggunakan komponen switching seperti IGBT, thyristor, dan MOSFET. Contoh buck converter dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Buck Converter

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yang berarti penelitian dengan sengaja mengubah satu atau lebih variabel sehingga berdampak pada variabel lain yang diukur (Arboleda, 1981:27).

Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Sungai di Dusun Kramat, Desa Maron Kulon, Kecamatan Maron, Kabupaten Probolinggo, dikarenakan desa Wonorejo memiliki banyak aliran sungai yang dapat menghasilkan potensi energi listrik.

Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan juni hingga bulan juli di musim kemarau.

Variabel Penelitian

Variabel Bebas

Variabel bebas ialah variabel yang mempengaruhi variabel lainnya serta tidak tergantung pada variabel lainnya. Variabel bebas yang dipakai pada penelitian ialah variasi sudut sudu turbin *crossflow* sebesar 105° , 90° , dan 75° .



Gambar 4. Turbin *Crossflow* berdasarkan besar variasi sudut sudu

Variabel Terikat

Variabel terikat yaitu variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat, terdapatnya variabel bebas. Yang menjadi variabel terikat pada penelitian ini yaitu daya dan efisiensi.

Variabel Kontrol

Variabel control ialah variabel yang dikendalikan atau dijadikan konstan, agar variabel bebas terhadap variabel terikat tidak terpengaruh oleh beberapa factor lainnya. Pada penelitian ini variabel kontrol yang dipakai adalah:

- 1) Diameter pulley 35 cm
- 2) Pembebanan menggunakan tiga buah lampu sebesar (12V, 9Watt), empat buah lampu sebesar (12V, 20Watt), dan beban penuh yang terdiri dari 7 buah lampu diatas.

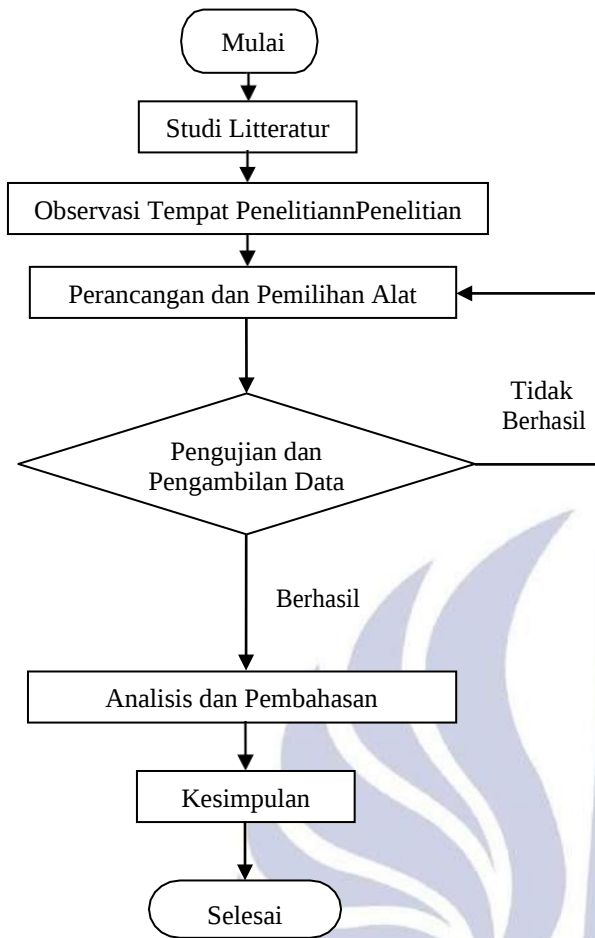
Instrumen Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada penelitian ini dikategorikan sebagai data primer, data yang dipakai dari hasil pengukuran langsung dari alat pembangkit listrik tenaga mikrohidro yaitu tachometer untuk mencari putaran (RPM), Avometer untuk mencari tegangan dan arus, serta rumus yang sudah tersedia. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan aliran sungai dan dilaksanakan selama 5 kali dengan waktu 10 menit sekali.

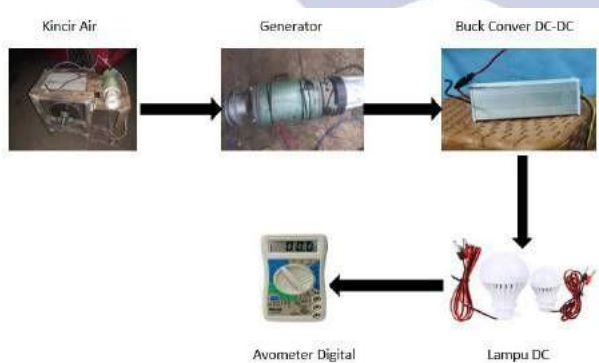
Teknik Analisis Data

Langkah-langkah yang diambil untuk melakukan analisis data pada alat PLTMH adalah sebagai berikut:

- a) Menyediakan peralatan yang diperlukan dan memasangnya di tempatnya.
- b) Pipa disalurkan pada air sungai dan diarahkan ke rumah turbin
- c) Menghitung debit aliran air
- d) Mengukur kecepatan putaran turbin menggunakan alat Tachometer
- e) Mengukur tegangan, arus, dan efisiensi pada alat PLTMH tersebut dengan beban yang sudah ditentukan.

Diagram Alir Penelitian

Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Diagram Perencanaan Alat

Gambar 6. Diagram Perencanaan Alat

Alat dan Bahan

Tabel 1. Rekapitulasi Alat

No	Nama Alat	Spesifikasi	Satuan	Jumlah
1.	Multimeter Digital	Heles UX35TR	Buah	1
2.	Tachometer	Laser Photo	Buah	1
3.	Tespen	Masko 100-500 V	Buah	1
4.	Obeng	(+) dan (-)	Buah	2
5.	Tang potong	HM	Buah	1
6.	Cutter	Kenko	Buah	1
7.	Gerindra	Makita 450 Watt	Buah	1
8.	Bor	Makita 450 Watt	Buah	1
9.	Tang cucut	HM	Buah	1

Tabel 2. Komponen-komponen Pembuatan Alat

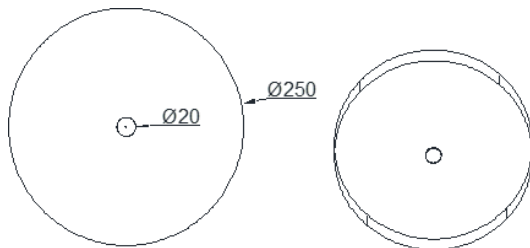
No	Alat/Bahan	Spesifikasi	Satuan	Jumlah
1.	Generator	180 Volt, 500 Watt	Buah	1
2.	Turbin air	Turbin <i>Crossflow</i>	Buah	3
3.	Lampu	Surya DC 9 Watt, 12V	Buah	3
4.	Lampu	Lumment DC 20 Watt, 12V	Buah	4
5.	Vbelt	A-57 (tipe A, tebal ± 9 mm, lebar $\pm 11,5$ mm, -57, bahan karet)	Buah	1
6.	Pulley	Diameter 35 cm	Buah	1
7.	Pipa PVC	Wavin Diameter 4 inch	Buah	2
8.	Kabel	NYAF	Meter	3,5 m
9.	Baut	Putih	Buah	36
10.	Baut	Kuningan	Buah	10
11.	Pillow block bearing	Standar, UCP 204-12	Buah	2
12.	Besi AS	Diameter 20 mm	Buah	1
13.	Meteran	Woodrol	Buah	1
14.	Penggaris busur	Butterfly 180 ⁰	Buah	1
15.	Spidol permanen	Snowman	Buah	2
16.	Kertas Amplas	Kasar, Tyro, 400	Buah	2
17.	Wadah	20 liter	Buah	1

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

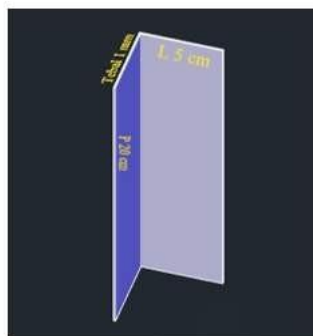
1. Rancangan Bangun Turbin

Penelitian ini menggunakan turbin tipe *crossflow* berpenampang segitiga. Perancangan alat pertama yaitu menentukan ukuran turbin salah satunya yaitu kincir air.



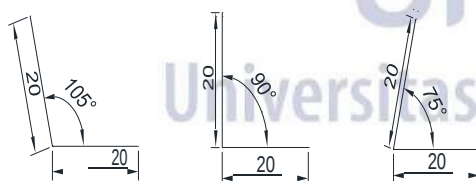
Gambar 7. Pengukuran kincir air

Kincir air menggunakan bahan plat besi berdiameter 250 mm atau 25 cm dengan ketebalan 1,2 mm. Lubang as pada kincir air dibentuk menggunakan mesin bubut, dengan diameter sebesar 20 mm pada lubang as yang nantinya sebagai penyanggah turbin pada besi as. Perancangan kedua yaitu perancangan sudut sudu pada turbin.



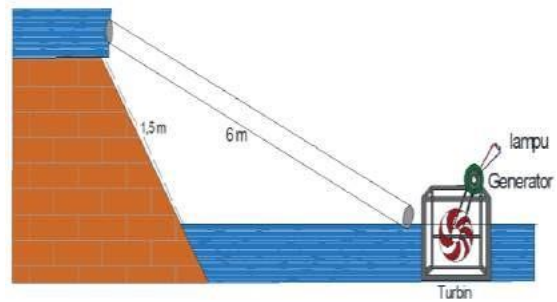
Gambar 8. Gambar Rancangan sudut sudu

Sudu turbin menggunakan bahan plat besi yang dibentuk menjadi sudu siku dengan panjang 20 cm, mempunyai ketebalan 1 mm. Lebar sisi samping pada masing-masing sebesar 5 cm.



Gambar 9. Pengukuran Sudut Sudu

Pada sudut sudu siku dibuat bervariasi dengan besar sudut sudu siku sebesar 75°, 90°, dan 105°. Jumlah sudu yang digunakan sebanyak 6 buah sudu.



Gambar 10. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Penelitian ini dilakukan secara langsung menggunakan media aliran air sungai dengan ketinggian 1,5 m. Aliran air sungai dihubungkan menggunakan pipa pvc sebesar 4 inch dengan panjang 6 meter untuk menggerakkan turbin *crossflow*.

2. Perhitungan Alat

Berdasarkan penelitian yang dilakukan hasil yang dibahas yaitu meliputi perhitungan debit, perhitungan potensi energi listrik, pengujian putaran (RPM), pengujian tegangan, pengujian arus, pengujian daya, dan efisiensi.

a) Perhitungan debit

Perhitungan debit air dilakukan menggunakan persamaan (3) dengan parameter yang sudah ditentukan. Debit air yang dihasilkan yaitu sebesar 0,0089 m³/detik.

b) Pengukuran potensi energi listrik

Perhitungan potensi energi listrik diketahui menggunakan rumus persamaan (1) dengan parameter yang sudah tersedia, maka didapatkan hasil sebesar 130,83 Watt.

B. Pembahasan

1. Hasil pengujian tegangan tanpa beban

Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan Tanpa Beban

Turbin	Tegangan Awal (V)	Putaran (RPM)
105°	68	1162
90°	65,7	1052
75°	62,3	950,6

Berdasarkan Tabel 3 dapat diamati sebuah hasil pengujian tegangan terhadap putaran (RPM) sebelum di beri beban pada variasi sudut sudu 105°, 90°, 75°. Tegangan pada turbin sudut sudu 105° menghasilkan tegangan sebesar 68 V, dengan kecepatan putaran sebesar 1162 rpm. Pada sudut sudu 90° menghasilkan tegangan sebesar 65,7 V dengan besar putaran 1052 rpm. Sedangkan pada turbin sudut sudu 75° menghasilkan tegangan sebesar 62,3 dengan kecepatan putaran sebesar 950,6 rpm. Dari hasil grafik perbandingan variasi sudut sudu yang dilakukan sebelum diberi beban, menunjukkan semakin besar sudut sudu, semakin

besar pula tegangan dan putaran (RPM) yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan sudut sudu 105^0 lebih besar, dari pada sudut sudu 90^0 serta sudut sudu 75^0 untuk menampung aliran air yang disalurkan melalui pipa PVC sebagai penggerak utama turbin

2. Hasil pengujian tegangan, arus, dan daya setelah diberi beban

Pada beban 3 buah lampu 12V, 9Watt

Tabel 4. Hasil Pengujian Turbin Dengan Beban 3 Buah Lampu DC 12V, 9Watt

Besar Sudut Sudu Turbin	Tegangan (V)	Arus (I)	Putara (RPM)	Daya (Watt)
105^0	12,3	1,11	970,12	13,53
90^0	12,08	1,10	822,48	13,29
75^0	11,93	1,09	627,06	13,004

Pada beban 4 buah lampu DC 12V, 20 Watt

Tabel 5. Hasil Pengujian Turbin Dengan Beban 4 Buah Lampu DC 12V, 20Watt

Besar Sudut Sudu Turbin	Tegangan (V)	Arus (I)	Putara (RPM)	Daya (Watt)
105^0	11,1	1,44	455,66	15,98
90^0	10,96	1,33	423,76	14,58
75^0	10,74	1,2	400,56	12,89

Pada beban 7 buah lampu yang terdiri dari 3 buah lampu 12V, 9Watt dan 4 buah lampu 12V, 20Watt

Tabel 6. Hasil Pengujian Turbin Dengan Beban 7 Yang Terdiri Dari 3 Buah Lampu DC 12V, 9Watt dan 4 Buah Lampu DC 12V, 20Watt

Besar Sudut Sudu Turbin	Tegangan (V)	Arus (I)	Putara (RPM)	Daya (Watt)
105^0	10,18	1,5	425,76	15,27
90^0	10,09	1,32	410,46	13,32
75^0	9,85	1,23	394,34	12,12

Berdasarkan Tabel 3. tegangan awal yang dihasilkan oleh generator sebelum diberi beban sebuah lampu, diturunkan menjadi 12,3 V. Penurunan tegangan dilakukan dengan tujuan menyamaratakan pada beban tegangan lampu, agar tidak terjadi kelebihan tegangan yang dimana dapat menyebabkan beban sebuah lampu mati. Penurunan tegangan dilakukan dengan menggunakan alat *converter* DC to DC yang sudah paten. Alat ini disambungkan pada kabel generator.

Pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 hasil pengujian rata-rata tegangan, arus, daya, dan rpm apabila diberi beban lampu. Pengujian ini dilakukan sebanyak lima kali dengan lama waktu selama 10 menit sekali. Pada Tabel 4 turbin diberi beban lampu 12 V, 9 Watt sebanyak 3 buah lampu. Turbin dengan besar sudu 105^0 memperoleh tegangan sebesar 12,3 V, dengan arus sebesar 1,11 A, dengan

besar daya yang di hasilkan yaitu sebesar 13,53 Watt. Pada turbin dengan besar sudu 90^0 tegangan yang di peroleh yaitu 12,08 V, dengan besar arus 1,10 A, serta daya yang diperoleh sebesar 13,29 Watt. Sedangkan pada turbin 75^0 tegangan yang diperoleh ialah 11,93 V, dengan besar arus 1,09 A, serta daya yang dihasilkan sebesar 13,004 Watt.

Pada Tabel 5 turbin diberi beban lampu 12 V, 20 Watt sebanyak 4 buah lampu. Pada turbin dengan besar sudu 105^0 tegangan yang diperoleh sebesar 11,1 V, dengan besar arus 1,44 A, dan daya yang dihasilkan sebesar 15,98 Watt. Pada turbin besar sudu 90^0 memperoleh tegangan sebesar 10,96 V, dengan arus sebesar 1,33 A, dengan daya yang dihasilkan sebesar 14,58 Watt. Sedangkan pada turbin besar sudu 75^0 memperoleh tegangan sebesar 10,74, dengan arus sebesar 1,2 A, dan daya yang dihasilkan sebesar 12,89 Watt.

Pada Tabel 6 turbin diberi beban lampu sebanyak 7 buah, yang meliputi 3 buah lampu 12 V, 9 Watt dan 4 buah lampu 12 V, 20 Watt. Pada turbin besar sudu 105^0 dengan beban lampu DC 12 V, 107 Watt memperoleh tegangan dan arus sebesar 10,18 V, 1,5 A. Daya yang dihasilkan sebesar 15,27 Watt. Kemudian turbin dengan besar sudu 90^0 tegangan yang diperoleh sebesar 10,09 V, dan arus sebesar 1,32A. Daya yang dihasilkan sebesar 13,32 Watt. Lalu untuk besar sudu 75^0 diperoleh tegangan sebesar 9,85 V, dengan arus sebesar 1,23 A, serta daya yang diperoleh sebesar 12,12 Watt.

Berdasarkan data perolehan pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 diatas dapat diketahui bahwasannya besar sudut sudu sangat mempengaruhi perolehan daya yang dihasilkan. Semakin besar sudut sudu pada turbin, semakin besar daya yang didapat. Daya tertinggi pada grafik diatas sebesar 15,98 Watt pada turbin besar sudu 105^0 dengan beban lampu 12V, 20 Watt. Daya terendah pada grafik diatas yaitu sebesar 12,12 Watt pada turbin besar sudu 75^0 dengan beban lampu 12 V, 107 Watt.

Untuk kecepatan putaran pada beban lampu 12 V, 9 watt sebesar 970,12 rpm. Kemudian kecepatan putaran mengalami penurunan putaran pada turbin sudu 90^0 sebesar 822,48 rpm, kemudian pada turbin sudu 75^0 mengalami penurunan kembali kecepatan putaran dengan besar putaran yang dihasilkan 627,06 rpm.

Pada turbin 105^0 dengan beban lampu 12V, 20 Watt menghasilkan kecepatan putaran sebesar 455,66 rpm, sedangkan pada sudu tubin 90^0 mengalami penurunan dengan kecepatan putaran sebesar 423,76 rpm. Kemudian untuk turbin sudu 75^0 pada turbin sudu 90^0 menghasilkan kecepatan putaran sebesar 400,56 rpm.

Pada beban lampu DC 12 V, 107 Watt, untuk turbin sudu 105^0 menghasilkan kecepatan putaran sebesar 425,76 rpm. Pada turbin besar sudu 90^0 menghasilkan kecepatan putaran sebesar 410,46 rpm yang artinya mengalami penurunan daripada turbin dengan sudu 105^0 . Kemudian pada turbin

sudu 75° menghasilkan kecepatan putaran sebesar 394,34 rpm.

Dari data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwasannya beban yang digunakan pada turbin berpengaruh putaran (RPM) turbin. Semakin besar beban yang digunakan, semakin kecil pula putaran (RPM) yang dihasilkan.

3. Hasil pengujian torsi pada setiap variasi sudut sudu

Pada beban 3 buah lampu 12V, 9Watt

Tabel 7. Hasil Pengujian Torsi Turbin Dengan Beban 3 Buah Lampu DC 12V, 9Watt

Besar Sudut Sudu Turbin	Torsi (Nm)
105°	0,133
90°	0,154
75°	0,198

Tabel 8. Pengujian Torsi Turbin Dengan Beban 4 Buah Lampu DC 12V, 20Watt

Besar Sudut Sudu Turbin	Torsi (Nm)
105°	0,335
90°	0,329
75°	0,31

Tabel 9. Pengujian Torsi Turbin Dengan Beban 7 Yang Terdiri Dari 3 Buah Lampu DC 12V, 9Watt dan 4 Buah Lampu DC 12V, 20Watt

Besar Sudut Sudu Turbin	Torsi (Nm)
105°	0,342
90°	0,31
75°	0,294

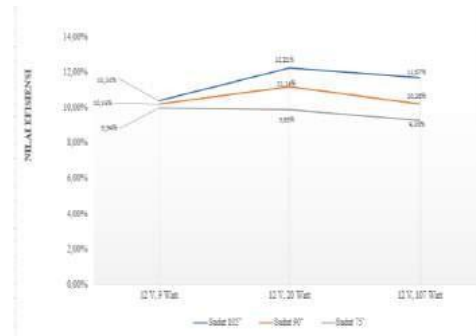
Hasil perhitungan nilai rata-rata torsi dapat dilihat pada Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9 terhadap variasi sudut sudu. Torsi di sudut sudu 105° pada beban lampu 12 V, 9 Watt sebanyak 3 buah sebesar 0,133 Nm. Pada sudut sudu 90° torsi yang di dapat sebesar 0,154 Nm. Sedangkan pada sudut sudu 75° , torsi diperoleh sebesar 0,198 Nm.

Pada beban lampu 12 V, 20 Watt sebanyak 4 buah torsi pada turbin sudut sudu 105° yang dihasilkan sebesar 0,335 Nm. Lalu untuk turbin 90° torsi yang dihasilkan sebesar 0,329 Nm. Sedangkan torsi pada turbin sudut sudu 75° sebesar 0,31 Nm.

Pada beban dengan 7 buah lampu yang terdiri dari (3 buah lampu) 12V, 9 Watt dan (4 buah lampu) 12V, 20 Watt torsi yang dihasilkan pada turbin sudut sudu 105° sebesar 0,342 Nm. Pada turbin sudut sudu 90° torsi yang dihasilkan sebesar 0,31 sudut sudu 75° sebesar 0,294.

Nilai rata-rata perhitungan torsi tertinggi yaitu sebesar 0,342 Nm terhadap turbin sudut sudu 105° pada beban lampu DC 12 V, 107 Watt. Sementara torsi terendah yaitu sebesar 0,294 Nm pada turbin sudut sudu 75° terhadap beban lampu DC 12 V, 107 Watt.

4. Pengaruh variasi sudut sudu terhadap efisiensi turbin



Gambar 11. Grafik Pengaruh Variasi Sudut Sudu Terhadap Efisiensi Turbin

Berdasarkan Gambar 11 dapat diamati variasi turbin terhadap variasi sudut sudu turbin 105° pada beban lampu 12V, 9 Watt sebanyak 3 buah sebesar 10,34%, kemudian untuk turbin sudut sudu 90° memiliki nilai efisiensi sebesar 10,16%, dan untuk turbin sudut sudu 75° sebesar 9,94%.

Nilai efisiensi turbin terhadap beban lampu 12V, 20 Watt sebanyak 4 buah, pada turbin sudut sudu 105° sebesar 12,21%, lalu untuk turbin sudut sudu 90° sebesar 11,14%, dan untuk turbin sudut sudu 75° sebesar 9,85%.

Nilai efisiensi turbin apabila diberi beban sebanyak (7 buah lampu) yang terdiri dari 3 buah lampu 12 V, 9 Watt dan 4 buah lampu 12 V, 20 Watt yaitu pada turbin sudut sudu 105° sebesar 11,67%. Pada turbin sudut sudu 90° memiliki efisiensi sebesar 10,18%, dan untuk turbin sudut sudu 75° besar nilai efisiensinya yaitu 9,26%. Efisiensi turbin merupakan ukuran keberhasilannya yang dihasilkan oleh presentase perbandingan daya turbin dan daya yang air dimanfaatkan. Semakin besar nilai efisiensi, maka semakin baik alat tersebut. Nilai efisiensi rata-rata tertinggi sebesar 12,21% pada turbin sudut sudu 90° dengan beban lampu DC 12 V, 20 Watt. Nilai efisiensi terendah yaitu sebesar 9,26% pada turbin 75° dengan beban lampu 12 V, 107 Watt.

PENUTUP Simpulan

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan terkait pengaruh variasi besar sudut sudu, maka dapat disimpulkan yaitu hasil dari penelitian berikut pada variasi sudut sudu sebesar 105° , 90° , dan 75° didapatkan daya turbin maksimum sebesar 15,98 Watt pada turbin sudut sudu 105° dengan pembebanan 4 buah lampu DC sebesar 12 Volt, 20 watt. Daya terendah sebesar 12,12 Watt pada turbin sudut sudu 75° dengan pembebanan 7 buah lampu DC sebesar 12V, 107Watt

Torsi maksimal dihasilkan dari pada sudut sudu 105° sebesar 0,342 Nm dengan pembebanan 7 buah lampu DC sebesar 12V, 107 Watt. Torsi terendah dihasilkan pada turbin sudut sudu 75° sebesar 0,294 dengan pembebanan 7 buah lampu DC sebesar 12V, 107 Watt.

Efisiensi turbin maksimal dihasilkan pada sudut sudu 105° sebesar 12,21% dengan pembebanan 4 buah lampu DC sebesar 12 Volt, 20 watt. Sedangkan efisiensi turbin terendah yaitu sebesar 9,26% pada sudut sudu 75° dengan pembebanan 7 buah lampu DC sebesar 12V, 107 Watt.

Saran

Diharapkan ada penelitian lebih lanjut yang membahas perihwal variasi sudut sudu turbin *crossflow* berpenampang segitiga menggunakan sudut sudu yang lebih besar dan dengan memakai variabel yang lebih beragam agar didapat hasil penelitian yang baik serta efisiensi yang lebih spesifik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainurrahman, A. 2022. *Rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) menggunakan turbin pelton sebagai sumber daya listrik university smart garden*. (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Bintang Fajar, D. 2022. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Untuk Penerangan Jalan di Daerah Persawahan*. (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Christiawan, D., Jasa, L., Sudarmojo, Y.P., 2017. *Studi Analisis Pengaruh Model Sudu Turbin Terhadap Putaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 16(2), pp.104-111.
- Dwi Yansah Putra, D. Y. P. 2020. *Tugas Akhir Rancang Bangun Turbin PLTMH Dengan Sumber Air Kecil*. (Doctoral dissertation, Universitas Batanghari).
- Elprocus. 2023. *What is a DC Generator: Construction and Its Working*. (<https://www.elprocus.com/what-is-a-dc-generator-construction-working-principle-and-applications/>)
- Harvey, A. 1993. *Microhydro Design Manual: A Guide to Small-Scale Water Power Schemes*. London: Intermediate Technology Publications. ISBN: 85339- 103-4.
- Jaliwava, R., dan Tim Contained Energy Indonesia. 2010. *Buku Panduan Energi yang Terbarukan*. Kementrian Dalam Negeri . Jakarta.
- Mafruddin dan Dwi Irawan. 2020. *Turbin Impuls*. Lampung: Laduny Alifatama : 31.
- Muis, Abdul. 2010. *Turbin Air Pada PLTA Larona*. Jurnal JIMT. Vol. 7, No.1 : 61-69.
- Ningtias, Y. 2020. *Simulasi Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Ditinjau Dari Variasi Debit Pada Turbin Crossflow Dan Pelton Terhadap Daya Yang Dihasilkan*. (Doctoral dissertion, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Sekretariat Negara. 2006. *Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional*.
- Wiranata, A. P. I., dan Janadarna, N. G. I., Wijaya, A. W. I. 2020. *Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Menggunakan Turbin*

Cross-flow. Jurnal Spektrum Vol. 7, No 4 Desember 2020.

Wiranto, B. S. 2018. *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Studi Kasus Curug Cigeuntis, Kecamatan Tegalwaru, Kabupaten Karawang, Jawa Barat*. (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Jakarta).