

PENGARUH SUDUT PENGARAH TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN REAKSI CROSSFLOW POROS VERTIKAL

Alfian Nashrullah

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : alfiannashrullah@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

Abstrak

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat, berbagai cara telah dilakukan baik dengan mencari energi baru maupun dengan mengembangkan teknologinya. Beberapa daerah di Indonesia memiliki potensi air yang memadai untuk sebuah pembangkit tenaga listrik berskala kecil, teknologi Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* (PLTMH) ini terus dikembangkan baik dari segi peralatannya maupun dari segi efisiensinya. Turbin yang sering dipilih untuk skala mikro hidro adalah turbin *crossflow*, ini karena pemakaian turbin *crossflow* dinilai lebih menguntungkan dibandingkan dengan penggunaan kincir air.. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi sudut pengarah terhadap daya dan efisiensi pada turbin reaksi *crossflow*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan variasi sudut pengarah dengan sudut sebesar 20°, 25°, dan 30°. Sudut pengarah dipasang, kemudian diuji pada rangkaian turbin reaksi *crossflow* untuk mendapatkan daya dan efisiensi. Hasil dari penelitian ini adalah variasi sudut sudu pengarah sangat berpengaruh terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin reaksi *crossflow*. Sudut pengarah dengan sudut 30° memiliki daya dan efisiensi paling optimal daripada sudut 25° dan 20°. Pada sudut pengarah 30° memiliki daya tertinggi yang terjadi pada kapasitas 9,314 L/s dengan pembebanan 6.000 g (2,643 W), dan efisiensi tertinggi terjadi pada kapasitas 9,314 L/s dengan pembebanan 6.000 g (78,51 %). Hal ini dikarenakan, penyempitan luas penampang berpengaruh besar terhadap perubahan kecepatan aliran air.

Kata Kunci : turbin *crossflow*, sudut pengarah, poros vertikal.

Abstract

Electrical energy needs are increasing, various ways have been done by seeking new energy and developing its technology. Some regions in Indonesia have adequate water potential for a small-scale power plant, the technology of Micro Hydro Power Plant (PLTMH) continues to be developed in terms of equipment as well as efficiency. Turbines that are often chosen for micro-hydro scale are crossflow turbines as the use of crossflow turbines is considered more profitable than waterwheels. The aim of this study is to find out the effect of various angle directions on power and efficiency on crossflow reactor turbine. This study uses an experimental method that is by using variation of several directing angles of 20°, 25°, and 30°. The angle of direction is installed, then it is tested on the crossflow turbine circuit to get power and efficiency. The results of this study are variations in the direction of the angles greatly affects the power and efficiency produced by the crossflow reactor turbine. The 30° directing angle has the most optimal power and efficiency than the 25° and 20° angles. The 30° directing angle has the highest power that occurs at a capacity of 9.314 L/s with a load of 6.000g (2.643 W), and the highest efficiency occurs at a capacity of 9.314 L/s with a loading of 6.000 g (78.51%). This is because the narrowing of the cross-sectional area has a large effect on changes in the velocity of the water flow.

Keywords : crossflow turbine, angle direction, vertical axis.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik akhir ini kian meningkat, hal ini disebabkan oleh pertambahan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi serta pola konsumsi energi yang terus meningkat. Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi peradaban manusia baik dalam kegiatan sehari – hari hingga dalam kegiatan industri. Berbagai cara dan upaya terus dilakukan baik dengan

mencari potensi energi baru maupun dengan mengembangkan teknologinya, dilihat dari keadaan geografis daerah-daerah di Indonesia yang memiliki potensi air yang memadai untuk sebuah pembangkit tenaga listrik berskala kecil, maka dengan kondisi tersebut banyak dikembangkan teknologi pembangkit-pembangkit yang berskala kecil yang biasa dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* (PLTMH).

Di Indonesia turbin *crossflow* biasa digunakan sebagai penggerak mula pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Permasalahan yang ada pada turbin air adalah selama ini sudut pengarah turbin *crossflow* yang tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan masyarakat.

Penelitian ini adalah menerapkan besar sudut pengarah pada turbin reaksi *crossflow* yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi sudut pengarah terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan.

Turbin *crossflow* skala mikro dibuat oleh Sahid dan Gatot (2004), digunakan untuk membangkitkan tenaga 1 KW. Turbin ini masih memiliki efisiensi rendah 30 %. Mengacu pada penelitian tersebut beberapa optimasi dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi turbin *crossflow*. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat diketahui besar sudut pengarah yang paling optimal dalam turbin *crossflow* dan dapat menjadi referensi pada penelitian selanjutnya.

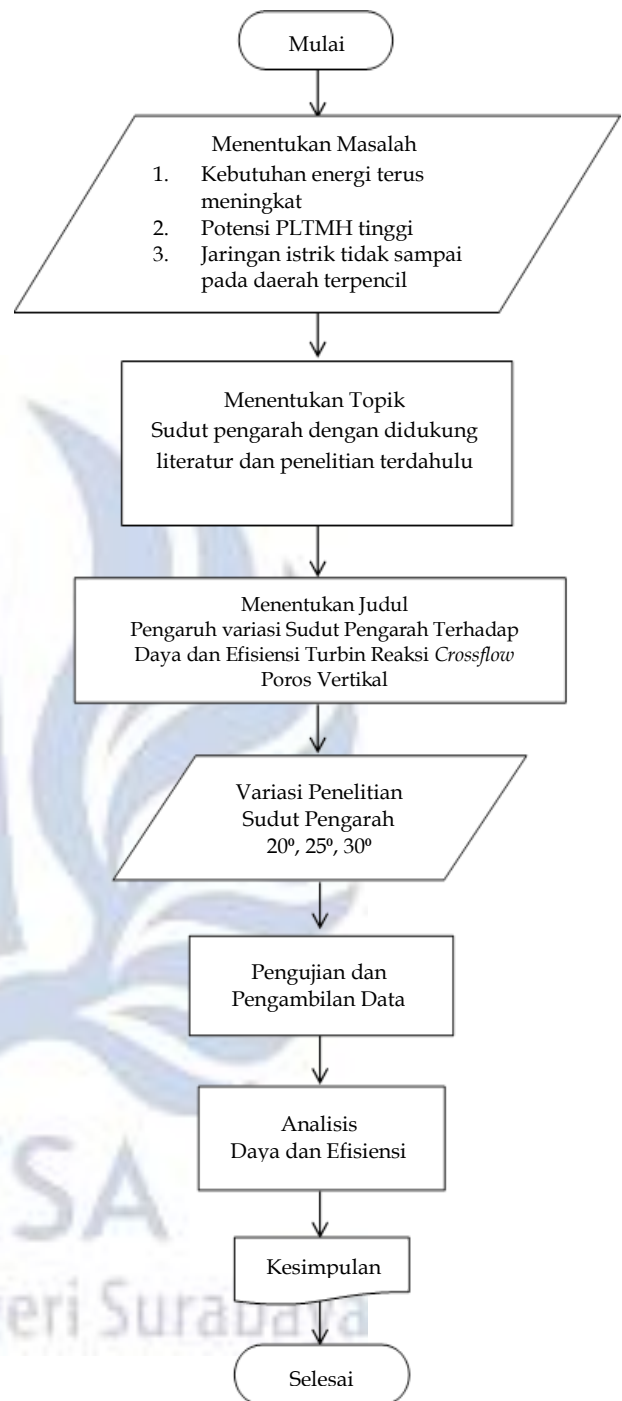
Penelitian juga telah dilakukan oleh Andi Susanto, dkk (2015) yang berjudul “Studi Eksperimen Pengaruh Sudut Serang Terhadap Peforma Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4415” , penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh akumulasi energi yang dihasilkan oleh turbin angin. Hasilnya diperoleh efisiensi tertinggi 6,02 % pada jumlah sudu 8 dan pada daya 1,85 watt dengan verifikasi daya mekanis 3,44 watt.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Putu Hadi Setyarini, dkk (2015) yang berjudul “ Unjuk Kerja Turbin Arus Lintang Berlorong Pengarah Dengan Variasi Sudut Pipa Pancar ” didapatkan hasil dengan sudut sudu pengarah 15° merupakan sudut paling optimal dengan efisiensi tertinggi 32,67 %.

Penelitian tentang *guide vane* juga telah dilakukan oleh Hudan Achmad K (2017), dari penelitian ini didapatkan bahwa perubahan sudut pengarah berbeda-beda berpengaruh terhadap unjuk kerja dari turbin air *vortex*. Efisiensi terbesar 57,26 Watt didapatkan pada *guide vane* 80%,tinggi head 13,75 m dengan debit yaitu 17,82°. Efisiensi terkecil terdapat pada *guide vane* 7,27° dengan debit 6,942 L/s yaitu sebesar 39,73 %. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa setiap bukaan bukaan sudut sudu pengarah memiliki karakteristik tertentu

METODE

Rancangan Penelitian

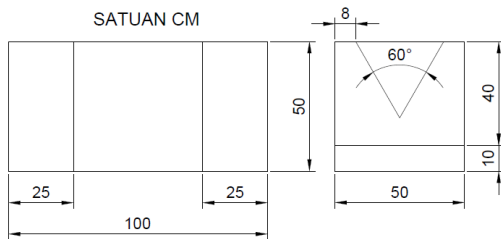


Gambar 1. Flowchart Penelitian

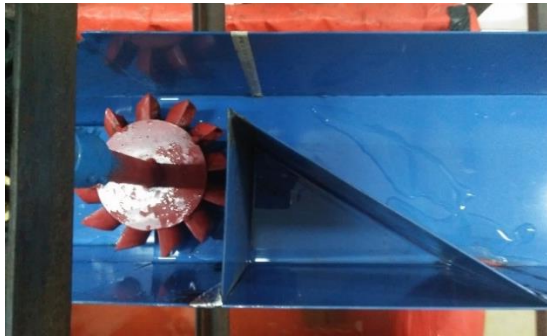
Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- V – Notch Weir
- Tachometer
- Neraca Pegas



Gambar 2. V-Notch Weir Sudut 60°

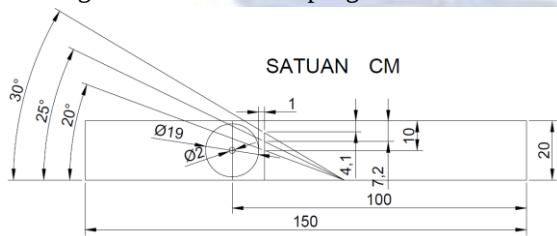


Gambar 3. Instalasi Sudut Pengarah (Guide Vane)

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah sudut pengarah 20°, 25°, 30°. Berikut ini adalah gambar variasi sudut pengarah :



Gambar 4. Variasi Sudut Pengarah

• Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikat adalah daya dan efisiensi yang dihasilkan pada masing masing variasi sudu pengarah.

• Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independen (bebas) terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor

luar yang tidak diteliti. Dalam penelitian ini memiliki beberapa variabel kontrol, yaitu :

- Jenis *fluida* air
- Tinggi saluran air yang digunakan adalah 20cm.
- Lebar saluran air yang digunakan 20 cm.
- Panjang saluran air yang digunakan 1500 cm.
- Turbin yang digunakan adalah turbin *crossflow* dengan jumlah sudu 12 dan diameter 19 cm.
- Turbin yang digunakan menggunakan turbin pipa setengah silinder.
- Variasi beban yang digunakan 300g, 500g, 1000g dan diberikan pembebanan tambahan hingga turbin berhenti berputar.
- Kapasitas yang digunakan $7,011 \frac{l}{s}$ (bukaan katup 120°), $7,608 \frac{l}{s}$ (bukaan katup 125°), $8,197 \frac{l}{s}$ (bukaan katup 130°), dan $9,314 \frac{l}{s}$ (bukaan katup 135°) .

Prosedur Penelitian

Pengujian variasi sudut pengarah pada turbin reaksi *crossflow* akan dilakukan dengan prosedur berikut ini :

- Siapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan untuk pengukuran kapasitas (V-Notch Weir)
- Memastikan semua peralatan terpasang dengan kuat (pipa, pompa, bak penampung dll).
- Nyalakan pompa
- Lakukan pengukuran debit dengan menggunakan V-notch weir. atur bukaan katup sehingga diperoleh bukaan katup yang diinginkan. Catat ketinggian pada V-Notch Weir di masing masing bukaan katup. Matikan pompa
- Pindahkan V-notch weir dan ganti dengan saluran inlet
- Nyalakan pompa
- Atur bukaan katup yang sudah dicatat pada langkah 4.
- Lakukan pengujian dengan beberapa variasi sudu pengarah dan pembebanan pada kapasitas yang telah dihitung sebelumnya.
- Catat data putaran poros, neraca pegas pada *prony brake* dan ketinggian aliran pada saluran air.
- Selesai

Teknik Analisa Data

Teknik pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mengambil data dari alat yang sudah dirangkai pada masing masing variasi dengan alat ukur yang sesuai. Data data yang diperlukan adalah data data yang dapat diolah untuk mendapatkan daya dan efisiensi turbin reaksi *crossflow*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali, yang kemudian diambil nilai rata rata dari ketiga data tersebut. Variasi sudut sudu pengarah yaitu 20° , 25° , dan 30° dengan pembebanan sebesar 300g, 500g, 1000g dan dilakukan penambahan beban sampai turbin berhenti. Hal ini dilakukan agar data yang didapat benar benar valid. Nilai yang diperoleh dari pengujian berupa putaran poros, nilai neraca, dan tinggi aliran yang selanjutnya diproses untuk mendapatkan daya air yang mengalir, torsi, daya turbin, dan efisiensi. Untuk memperoleh data diatas diperlukan beberapa perhitungan yaitu,

- Perhitungan Kapasitas Air

Pengukuran kapasitas air yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = Cd \cdot \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2g} \cdot tg \frac{\theta}{2} \cdot H^{\frac{5}{2}} \quad (1)$$

Dimana:

Q = Kapasitas yang sebenarnya (m³/s)

Cd = Coefficient of Discharge

H = Tinggi ambang (m)

θ = Sudut pada V-notch weir (°)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

- Daya Air yang Mengalir (Pa)

Daya air teoritis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Pa = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (2)$$

Dimana:

Pa = Daya air (watt)

ρ = Massa jenis (kg/m³)

A = Luas Penampang Turbin (m²)

V = Kecepatan Aliran (m/s)

- Torsi (T)

Torsi dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$T = F \cdot r \quad (3)$$

Dimana:

T = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

r = Jarak (m)

- Kecepatan Anguler (ω)

Kecepatan putaran turbin dihitung menggunakan persamaan :

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

Dimana :

ω = Kecepatan (rad/s)

π = Phi (3,14)

n = Putaran (rpm)

- Daya Turbin (Pt)

Daya turbin dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Pt = T \cdot \omega \quad (5)$$

Dimana:

Pt = Daya turbin (Watt)

T = Torsi (N.m)

ω = Kecepatan (m/s)

- Efisiensi Turbin (η)

Efisiensi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{Pt}{Pa} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana:

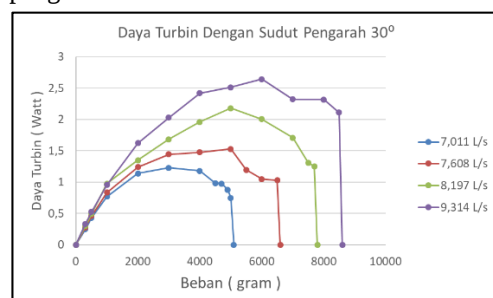
η = Efisiensi turbin

Pt = Daya turbin (Watt)

Pa = Daya air (Watt)

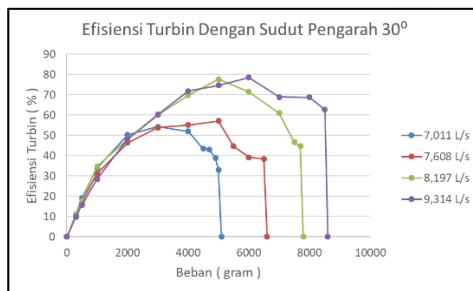
Pembahasan

a. Pengaruh Variasi Kapasitas terhadap Daya dan Efisiensi yang Dihasilkan Menggunakan sudut pengarah 30°



Gambar 5. Pengaruh Variasi Kapasitas Terhadap Daya Turbin Dengan Sudut Pengarah 30°

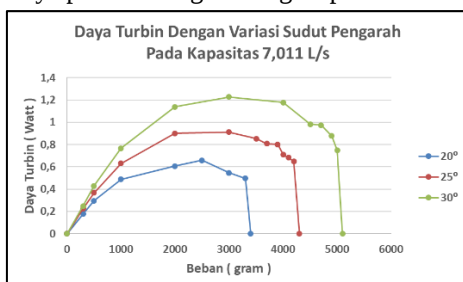
Terlihat pada gambar 5, dapat dilihat bahwa semakin besar nilai kapasitas air, maka kecepatan putaran (rpm) turbin semakin meningkat dan turbin juga lebih tahan terhadap pembebanan tinggi, sehingga torsi yang dihasilkan lebih besar yang berpengaruh terhadap meningkatnya nilai daya turbin. Akan tetapi, ada saatnya nilai daya mengalami penurunan yang disebabkan oleh meningkatnya pembebanan yang diberikan, sehingga putaran (rpm) semakin turun walaupun torsi yang dihasilkan terus meningkat.



Gambar 6. Pengaruh Variasi Kapasitas Terhadap Efisiensi Dengan Sudut Pengarah 30°

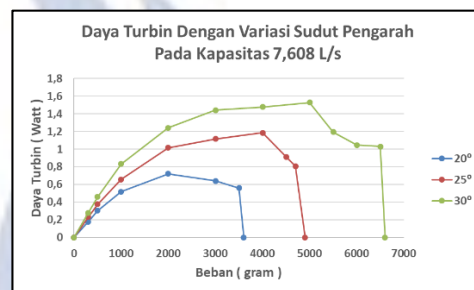
Terlihat pada 6, kapasitas yang diberikan mempengaruhi nilai efisiensi turbin yang dihasilkan. Pada kapasitas tersebut variasi yang dilakukan terhadap sudut pengarah turbin air reaksi *crossflow* cenderung mengalami peningkatan nilai efisiensi. Hal ini terjadi karena nilai efisiensi turbin berbanding lurus dengan daya turbin. Untuk mencari efisiensi dari turbin yaitu daya turbin (Pt) dibagi dengan daya air (Pa) dikali seratus persen. Dari rumus tersebut dapat dilihat ketika kapasitas meningkat daya turbin yang dihasilkan juga meningkat karena adanya putaran dan torsi yang meningkat.

b. Pengaruh Variasi Sudut Pengarah terhadap Daya pada Masing-Masing Kapasitas



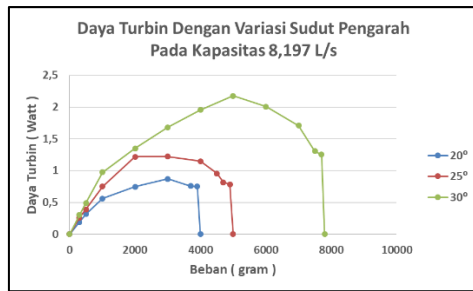
Gambar 7. Pengaruh Variasi Sudut Pengarah Pada Kapasitas 7,011 L/s Terhadap Daya Yang Dihasilkan

Berdasarkan gambar 7, pada kapasitas 7,011 L/s dengan sudut pengarah 20° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 0,659 Watt pada pembebanan 2.500 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 3.400 g. Pada sudut pengarah 25° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 0,911 Watt pada pembebanan 3.000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 4.300 g. Pada sudut pengarah 30° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 1,229 Watt pada pembebanan 3.000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 5.100 g.



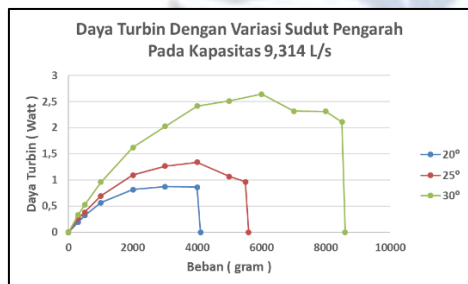
Gambar 8. Pengaruh Variasi Sudut Pengarah Pada Kapasitas 7,608 L/s Terhadap Daya Yang Dihasilkan

Berdasarkan gambar 8, pada kapasitas 7,608 L/s dengan sudut pengarah 20° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 0,721 Watt pada pembebanan 2.000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 3.600 g. Pada sudut pengarah 25° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 1,187 Watt pada pembebanan 4.000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 4.900 g. Hal ini dikarenakan dengan peningkatan sudut pengarah lintasan aliran air yang masuk saluran menjadi lebih kecil, sehingga kecepatan aliran air meningkat sebelum menyentuh sudu turbin. Pada sudut pengarah 30° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 1,529 Watt pada pembebanan 5.000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 6.000 g.



Gambar 9. Pengaruh Variasi Sudut Pengarah Pada Kapasitas 8,197 L/s Terhadap Daya Yang Dihasilkan

Berdasarkan gambar 9, pada kapasitas 8,197 L/s dengan sudut pengarah 20° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 0,869 Watt pada pembebanan 3.000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 4.000 g. Pada sudut pengarah 25° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 1,223 Watt pada pembebanan 3.000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 5.000 g. Pada sudut pengarah 30° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 2,178 Watt pada pembebanan 5.000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 7.000 g.



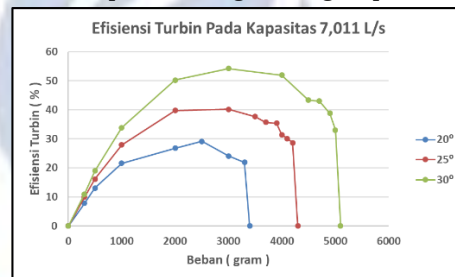
Gambar 10. Pengaruh Variasi Sudut Pengarah Pada Kapasitas 9,314 L/s Terhadap Daya Yang Dihasilkan

Berdasarkan gambar 10, pada kapasitas 9,314 L/s dengan sudut pengarah 20° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 0,869 Watt pada pembebanan 4.000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 4.100 g. Pada sudut pengarah 25° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 1,338 Watt pada pembebanan 4.000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 5.600 g. Pada sudut pengarah 30° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 2,643 Watt pada pembebanan

6.000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 8.600 g.

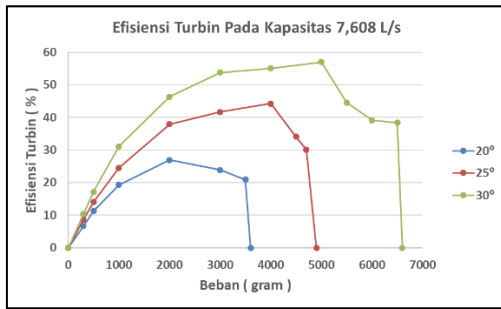
Berdasarkan gambar 7 hingga 10, pada setiap peningkatan kapasitas air, daya yang dihasilkan oleh turbin juga semakin meningkat, hal ini juga diikuti oleh nilai pembebanan maksimal yang semakin meningkat pada setiap kenaikan kapasitas. Dengan peningkatan kapasitas air, daya air yang mengalir juga semakin tinggi, sehingga daya turbin yang dihasilkan juga meningkat. Pengaruh variasi sudut pengarah terhadap daya menunjukkan sudut pengarah dengan sudut tertinggi selalu berada pada daya tertinggi pada setiap kapasitas. Daya tertinggi terletak pada sudut pengarah 30° dengan daya 2,643 Watt. Hal ini dikarenakan dengan peningkatan sudut pengarah lintasan aliran air yang masuk menjadi lebih kecil, sehingga kecepatan aliran air meningkat terlebih dahulu sebelum menyentuh sudu turbin.

c. Pengaruh Variasi Sudut Pengarah terhadap Efisiensi pada Masing-Masing Kapasitas



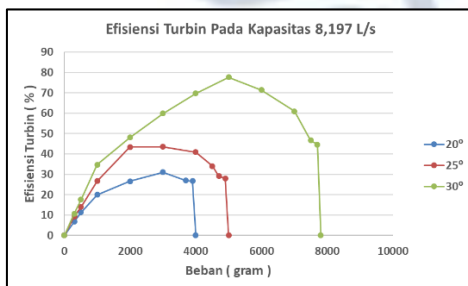
Gambar 11. Pengaruh Variasi Sudut Pengarah Pada Kapasitas 7,011 L/s Terhadap Efisiensi Yang Dihasilkan

Berdasarkan gambar 11, pada kapasitas 7,011 L/s dengan sudut pengarah 20° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 29,10% pada pembebanan 2.500 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 3.400 g. Pada sudut pengarah 25° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 40,19% pada pembebanan 3.000 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 4.300 g. Pada sudut pengarah 30° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 54,23% pada pembebanan 3.000 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 5.100 g.



Gambar 12. Pengaruh Variasi Sudut Pengarah Pada Kapasitas 7,608 L/s Terhadap Efisiensi yang Dihasilkan

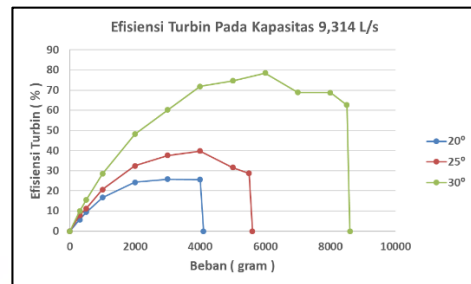
Berdasarkan gambar 12, pada kapasitas 7,608 L/s dengan sudut pengarah 20° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 26,91% pada pembebanan 2.000 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 3.600 g. Pada sudut pengarah 25° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 44,29% pada pembebanan 4.000 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 4.900 g. Pada sudut pengarah 30° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 57,03% pada pembebanan 3.000 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 6.600 g.



Gambar 13. Pengaruh Variasi Sudut Pengarah Pada Kapasitas 8,197 L/s Terhadap Efisiensi yang Dihasilkan

Berdasarkan gambar 13, pada kapasitas 8,197 L/s dengan sudut pengarah 20° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 30,98% pada pembebanan 3.000 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 4.000 g. Pada sudut pengarah 25° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 43,59% pada pembebanan 3.000 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 5.000 g. Pada sudut pengarah 30° efisiensi yang dihasilkan terus

meningkat hingga 77,67% pada pembebanan 5.000 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 7.800 g.



Gambar 14. Pengaruh Variasi Sudut Pengarah Pada Kapasitas 9,314 L/s Terhadap Efisiensi yang Dihasilkan

Berdasarkan gambar 14, pada kapasitas 9,314 L/s dengan sudut pengarah 20° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 25,81% pada pembebanan 3.000 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 4.100 g. Pada sudut pengarah 25° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 39,75% pada pembebanan 4.000 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 5.600 g. Pada sudut pengarah 30° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 78,51% pada pembebanan 6.000 g dan kemudian mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 8.600 g.

Berdasarkan gambar 11 hingga 14, pada setiap peningkatan kapasitas air, efisiensi yang dihasilkan oleh turbin semakin meningkat dan pembebanan maksimal pada turbin semakin meningkat. Hal ini dikarenakan dengan kenaikan kapasitas air maka daya air yang mengalir juga semakin besar, namun daya turbin yang dihasilkan tidak sebanding dengan kenaikan daya air yang mengalir, sehingga efisiensi yang dihasilkan semakin menurun, mengingat efisiensi merupakan perbandingan antara daya turbin dan daya air yang mengalir. Pengaruh variasi sudut pengarah terhadap efisiensi menunjukkan sudut pengarah dengan sudut tertinggi (30°) selalu berada pada efisiensi tertinggi pada setiap kapasitas. Hal ini dikarenakan dengan peningkatan sudut pengarah lintasan aliran air yang masuk saluran menjadi lebih kecil, sehingga kecepatan aliran air meningkat sebelum menyentuh sudu turbin.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, dan pembahasan data mengenai variasi sudut pengarah yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan terhadap karakteristik setiap sudut pengarah pada daya dan efisiensi yang dihasilkan.

- Daya tertinggi terdapat pada sudut pengarah dengan sudut 30° pada kapasitas 9,314 L/s yaitu 2,64 Watt dengan pembebanan 6000g, diikuti oleh sudut pengarah dengan sudut 25° dengan daya 1,34 Watt pada kapasitas 9,314 L/s dengan pembebanan 4000g, dan yang paling rendah berada pada sudut pengarah 20° dengan daya 0,86 Watt pada kapasitas 9,314 L/s dan pembebanan 3000g.
- Efisiensi tertinggi terdapat pada sudut pengarah dengan sudut 30° pada kapasitas 9,314 L/s yaitu 78,51% dengan pembebanan 6000g, diikuti oleh sudut pengarah dengan sudut 25° dengan efisiensi 39,75% pada kapasitas 9,314 L/s dan pembebanan 4000g, dan yang paling rendah berada pada sudut pengarah 20° dengan efisiensi 25,82% pada kapasitas 9,314 L/s dan pembebanan 3000g.

Saran

Pada penelitian variasi sudut pengarah ini masih dibutuhkan lagi beberapa variasi peningkatan sudut pengarah yang lebih spesifik dan mendetail agar diketahui daya dan efisiensi disetiap kenaikan sudut, serta dibutuhkan lagi desain sudut pengarah yang lebih mudah diaplikasikan dilapangan. Selain itu dibutuhkan visualisasi aliran *crossflow* yang terjadi pada saluran sehingga dapat dianalisa garis aliran air dari saluran *inlet* hingga *outlet*.

DAFTAR PUSTAKA

- Daughterty L. Robert and Joseph B. Frazini. 1977. *FLUID MECHANIC with application SEVENTH EDITION*. USA : McGraw-Hill, Inc. all rights reserved.
- Dietzel, Fritz. 1993. *Turbin, Pompa, dan Kompresor*. Jakarta: Erlangga
- Fadillah, Faqih dan Christian Asri Wicaksana. 2015. "Makalah Turbin Air". Universitas Negeri Malang.
- Larasakti, Andi A. 2012. *Pembuatan dan Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Banki Daya 200 Watt*. Makassar. Jurnal Universitas Hasanudin.
- Laymad. 1998. *On How Develop A Small Micro Hydro Power Site*.
- Maidangkay, Adrian, Rudy Soenoko, Slamet Wahyudi. 2014. "Pengaruh Sudut Pengarah Aliran dan Jumlah Sudu Radius Berengsel Luar Roda Tunggal terhadap Kinerja Turbin Kinetik". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
- Mualidi, dan Muamar Khadafi. 2014. "Pengembangan Runner Turbin Crossflow Sebagai Kincir Air Poros Vertikal Skala Rumah Tangga Pada Saluran Irigasi". Volume 8, No. 1, Februari 2014
- Paryatmo, Wibowo. 2007. *Turbin Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Putro, Wahyu Djalmono. *Rancang Bangun Permodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Turbin Crossflow*. Semarang. Jurnal Politeknik Negeri Smarang.
- Rohermanto, Agus. 2007. *Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH)*. Jurnal Vokasi. 2007, Vol. 4. No. 1 28-36. Pontanak. Politeknik Negeri Pontianak.
- Rosyidin, Moch. Asief, Djoko Sutikno, Sugiarto. 2013. "Pengaruh Buka-an Guide Vane terhadap Unjuk Kerja Turbin Cross-Flow Tipe C4-20 Pada Instalasi PLTMH Andungbiru". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
- Setiawan, Yudhi. Irfan Wahyudi, Erwin Nandes. 2010. "Unjuk Kerja Turbin Air Tipe Crossflow Dengan Variasi Debit Air Dan Sudut Serang Nosel" Jurusan Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung.
- SHEN JHON. 1981. *Dishcharge Characteristics of Triangular – Notch Thin – plate weirs*. Washington : United Statdes Governen Printing Office.
- Sriyono, Dakso. 1980. *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Erlangga