

## STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI JUMLAH SUDU BERPENAMPANG L TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN *CROSSFLOW* POROS HORIZONTAL

**Dian Sutrimo**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : [diansutrimo@mhs.unesa.ac.id](mailto:diansutrimo@mhs.unesa.ac.id)

**Priyo Heru Adiwibowo**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: [priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id](mailto:priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id)

### Abstrak

Kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring perkembangan zaman, berbagai cara telah dilakukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik baik dengan mencari energi baru maupun dengan mengembangkan teknologinya. Beberapa daerah di Indonesia sendiri memiliki potensi yang memadai untuk dikembangkan pembangkit listrik berskala kecil, teknologi Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* (PLTMH) ini terus dikembangkan baik dari segi peralatannya maupun dari segi efisiensinya. Turbin *crossflow* dipilih karena dirasa lebih unggul dalam kriteria pemilihan turbin serta lebih mudah dalam pembuatan dan pengaplikasiannya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah sudu L terhadap daya dan efisiensi pada turbin *crossflow*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan variasi jumlah sudu berpenampang L sebanyak 6, 8, dan 10 buah dan variasi kapasitas aliran air sebesar 7,598 L/s, 9,560 L/s, 11,775 L/s, 13,408 L/s, dan 17,084 L/s. Turbin ini diuji pada rangkaian pompa untuk mendapatkan nilai daya dan efisiensi. Hasil penelitian ini adalah variasi jumlah sudu memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap nilai daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin *crossflow*. Jumlah sudu 6 buah pada kapasitas aliran 13,408 L/s dan pembebanan 6000 gram menghasilkan daya paling tinggi, yaitu sebesar 3,683 Watt. Efisiensi tertinggi juga dihasilkan oleh turbin dengan variasi jumlah sudu 6 pada kapasitas aliran 11,775 L/s dan pembebanan 5500 gram dengan nilai efisiensi sebesar 57,98%. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah sudu menyebabkan penyempitan dan turbin menyerupai lingkaran penuh sehingga daya air tidak maksimal dalam mendorong turbin, selain itu massa dari turbin juga mempengaruhi kerja dari turbin itu sendiri.

**Kata Kunci** : *Crossflow*, Daya, Efisiensi, Sudu L, Turbin.

### Abstract

Electrical energy needs continue to increase along with the development of the times, various ways have been done to meet the needs of electrical energy both by seeking new energy and by developing its technology. Some regions in Indonesia themselves have sufficient potential to develop small-scale power plants, the technology of Micro Hydro Power Plant (PLTMH) continues to be developed both in terms of equipment and in terms of efficiency. Crossflow turbine was chosen because it was considered superior in turbine selection criteria and was easier to make and apply. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the number of blade L on the power and efficiency of crossflow turbines. This study uses an experimental method using 6, 8, and 10 pieces of L-numbered blades and variations in water flow capacity of 7.598 L / s, 9.560 L / s, 11.775 L / s, 13.408 L / s, and 17.084 L / s / s. This turbine is tested on a pump circuit to obtain power and efficiency values. The results of this study are variations in the number of blades have a considerable influence on the value of power and efficiency produced by crossflow turbines. The number of blades 6 pieces at a flow capacity of 13.408 L / s and loading 6000 grams produces the highest power, which is equal to 3.683 Watts. The highest efficiency was also produced by turbines with variations in the number of blades 6 at a flow capacity of 11.775 L / s and loading 5500 grams with an efficiency value of 57.98%. This is because the more number of blades causes narrowing and the dimensions of the turbine resembling a circle so that the water power is not optimal in pushing the turbine, besides the mass of the turbine also affects the work of the turbine itself.

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

### PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia dalam berbagai aspek, baik dalam skala kecil seperti rumah tangga

maupun dalam skala yang besar seperti industri otomotif maupun industri pengolahan bahan setengah jadi. Di Indonesia, penggunaan energi listrik semakin lama semakin bertambah dengan data pendistribusian listrik di Indonesia dari tahun

2011 hingga tahun 2014 terus mengalami peningkatan. Berbagai langkah telah dilakukan untuk mencari potensi energi baru maupun dengan mengembangkan teknologi guna memenuhi kebutuhan akan energi listrik. Keadaan geografis beberapa daerah di Indonesia memiliki potensi air yang memadai untuk digunakan sebagai 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 selama ini adalah apakah model sudu turbin *crossflow* dan berapa jumlah sudu yang sesuai dengan hasil yang diharapkan masyarakat. Penelitian ini adalah menerapkan permodelan sudu L dan variasi jumlah sudu pada turbin *crossflow* yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi jumlah sudu terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan.

Turbin *crossflow* skala mikro dibuat oleh Mafrudin, dkk (2017), untuk mendapatkan data spesifikasi turbin. Turbin ini masih memiliki efisiensi rendah yaitu 30%. Mengacu pada penelitian tersebut beberapa optimalisasi dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi turbin *crossflow* seperti merubah model sudu dan mencari jumlah sudu terbaik. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat diketahui jumlah sudu yang paling optimal dan model sudu yang baik sehingga mampu menjadi referensi pada penelitian selanjutnya.

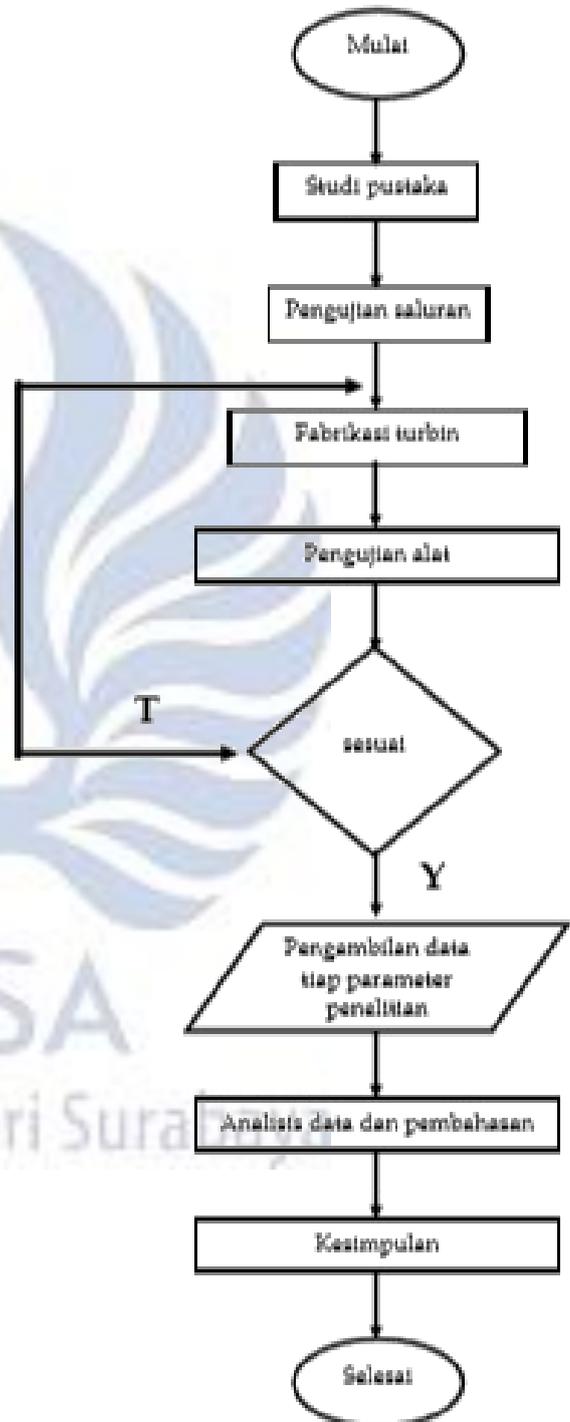
Pemanfaatan turbin *crossflow* dengan sudu L pada saluran air belum pernah dilakukan sebelumnya, sehingga penelitian ini adalah terobosan terbaru dalam pemanfaatan turbin sebagai pembangkit listrik.

Berdasarkan latar belakang yang ada diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah ingin bagaimana pengaruh jumlah sudu L terhadap daya dan efisiensi yang akan dihasilkan oleh turbin *crossflow*. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai adalah dapat mengetahui bagaimana pengaruh permodelan sudu L dan variasi jumlah sudu terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin *crossflow*. Kedua, ingin mengetahui nilai daya dan efisiensi yang akan dihasilkan oleh turbin permodelan ini. Diharapkan penelitian ini membantu dalam mengetahui karakteristik turbin

pada permodelan sudu L, mengetahui perbedaan daya dan efisiensi yang dihasilkan tiap variasi jumlah sudunya, dan mengetahui variasi jumlah sudu terbaik dan paling efisien.

## METODE

### Rancangan Penelitian

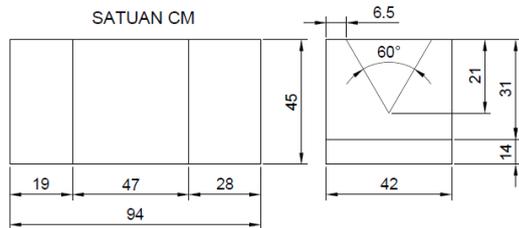


Gambar 1. Flowchart Penelitian

### Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- V – Notch Weir
- Tachometer
- Neraca Pegas
- Meteran



Gambar 2. V-Notch Weir Sudut 60°



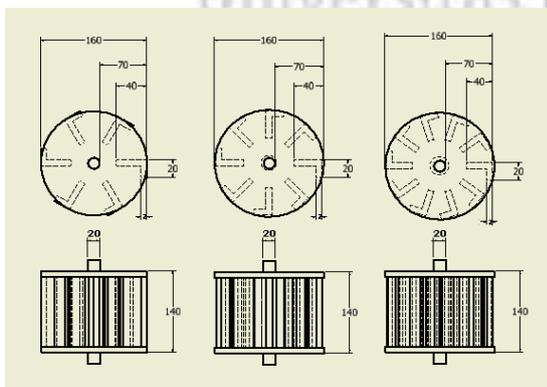
Gambar 3. Instalasi Turbin

### 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 jumlah sudu berpenampang L sebanyak 6, 8, dan 10 buah. Berikut ini adalah gambar variasi jumlah sudu :

Gambar 4. Variasi Jumlah Sudu L



- 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 tiap variasi jumlah sudu L.

- 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 50 cm.
- Lebar saluran air yang digunakan 16 cm.
- Panjang saluran air yang digunakan 1500 cm.
- Turbin yang digunakan adalah turbin *crossflow* dengan sumbu poros horizontal dan diameter 16 cm.
- Variasi beban yang digunakan 500g, 1000g dan seterusnya diberikan pembebanan tambahan hingga turbin berhenti berputar.
- Kapasitas yang digunakan  $7,598 \frac{l}{s}$  (bukaan katup 130°),  $9,560 \frac{l}{s}$  (bukaan katup 140°),  $11,775 \frac{l}{s}$  (bukaan katup 150°),  $13,408 \frac{l}{s}$  (bukaan katup 160°) dan  $17,084 \frac{l}{s}$  (bukaan katup 170°).

### Prosedur Penelitian

Pengujian variasi sudut pengaruh pada turbin *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 jumlah sudu 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 *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 (m<sup>3</sup>/s)
- Cd = *Coefficient of Discharge*
- H = Tinggi ambang (m)
- θ = Sudut pada *V-notch weir* (°)
- g = Gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

- 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/m<sup>3</sup>)
- A = Luas Penampang Turbin (m<sup>2</sup>)
- 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<sub>t</sub>)

Efisiensi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

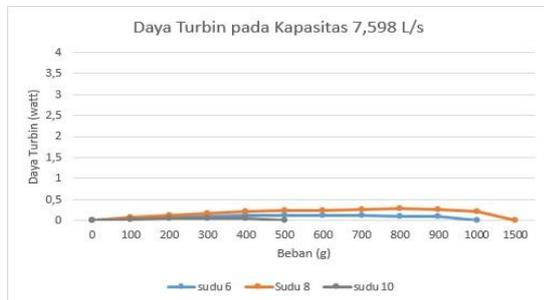
Dimana:

- η = Efisiensi turbin
- Pt = Daya turbin ( Watt)

$P_a$  = Daya air (Watt)

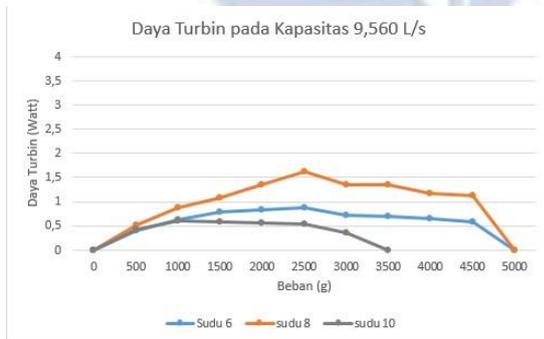
### Pembahasan

- Pengaruh Variasi Jumlah Sudu L dan Kapasitas Aliran Terhadap Daya Turbin.



Gambar 5. Nilai Daya Tiap Variasi Jumlah Sudu pada Kapasitas Aliran 7,598 L/s

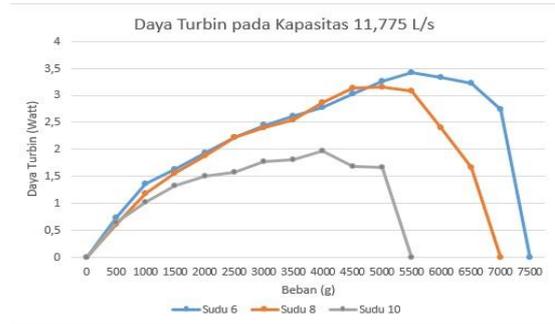
Terlihat pada gambar 5, kapasitas yang diatur menyebabkan turbin berputar namun pada rpm yang rendah, sehingga daya yang dihasilkan cenderung kecil. Jumlah sudu 8 menghasilkan nilai daya tertinggi yaitu sebesar 0,274 Watt pada pembebanan 800 gram. Pada kapasitas tersebut turbin dengan jumlah sudu 8 dapat menampung lebih banyak daya air sehingga kuat hingga pembebanan 1000 gram.



Gambar 6. Nilai Daya Tiap Variasi Jumlah Sudu pada Kapasitas Aliran 9,560 L/s

Terlihat pada 6, kapasitas yang diberikan memberi kenaikan pada seluruh variasi jumlah sudu turbin yang dihasilkan. Pada kapasitas tersebut variasi yang dilakukan terhadap jumlah sudu turbin *crossflow* cenderung mengalami peningkatan nilai daya. Turbin dengan variasi jumlah sudu 8 menghasilkan nilai daya tertinggi pada pembebanan 2500 gram dengan nilai daya sebesar 1,627 Watt. Kapasitas aliran yang meningkat menyebabkan putaran turbin meningkat sehingga daya yang dihasilkan turbin juga semakin besar, begitupun sebaliknya, penurunan daya disebabkan karena pembebanan yang semakin

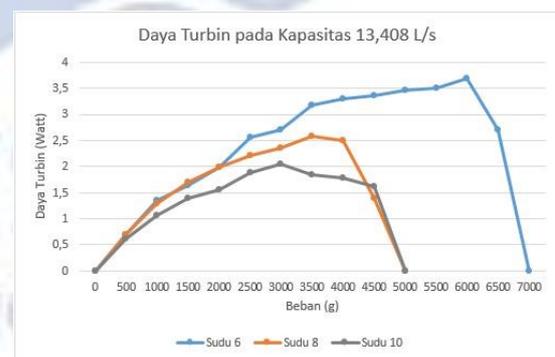
besar sehingga diperlukan gaya dorong yang



semakin besar pula agar turbin mampu bergerak.

Gambar 7. Nilai Daya Tiap Variasi Jumlah Sudu pada Kapasitas Aliran 11,775 L/s

Berdasarkan gambar 7, pada kapasitas 11,775 L/s daya yang dihasilkan variasi jumlah sudu 6 terus meningkat hingga 3,414 Watt pada pembebanan 5500 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 7500 g. Selanjutnya turbin dengan jumlah sudu 8 mengalami peningkatan daya hingga pembebanan 4500 gram dan daya yang dihasilkan sebesar 3,136 Watt, setelah itu putaran turbin berangsur-angsur turun hingga berhenti pada pembebanan 7000 gram. Pada turbin dengan jumlah sudu 10, daya yang dihasilkan turbin terus mengalami peningkatan hingga pembebanan 4000 gram dengan daya yang dihasilkan turbin sebesar 1,962 Watt lalu mengalami penurunan dan berhenti pada pembebanan 5500 gram.

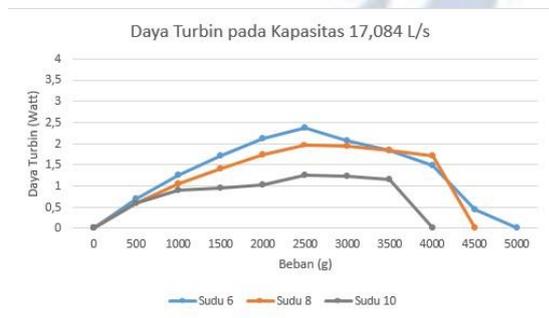


Gambar 8. Nilai Daya Tiap Variasi Jumlah Sudu pada Kapasitas Aliran 13,408 L/s

Berdasarkan gambar 8, variasi jumlah sudu 6 pada kapasitas 13,408 L/s daya yang dihasilkan terus meningkat hingga mencapai nilai 3,683 Watt pada pembebanan 6000 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 7000 g. Variasi jumlah sudu 8 diketahui mengalami peningkatan nilai daya hingga pembebanan 3500 gram dengan nilai daya sebesar 2,582 Watt, setelah itu mengalami penurunan daya

hingga berhenti berputar pada pembebanan 5000 gram. Turbin dengan variasi jumlah sudu 10 juga mengalami peningkatan daya hingga pembebanan 3000 gram dengan nilai daya sebesar 2,057 Watt, setelah itu daya turbin mengalami penurunan dan berhenti pada pembebanan 5000 gram.

Hal ini menjelaskan bahwa semakin besar kapasitas aliran air yang diatur menyebabkan gaya yang dihasilkan untuk menggerakkan turbin juga semakin besar dan sanggup memutar turbin meskipun diberi pembebanan yang semakin besar, sedangkan daya menurun karena gaya dorong yang dimiliki aliran kurang kuat untuk menggerakkan turbin karena semakin meningkatnya pembebanan yang diberikan.



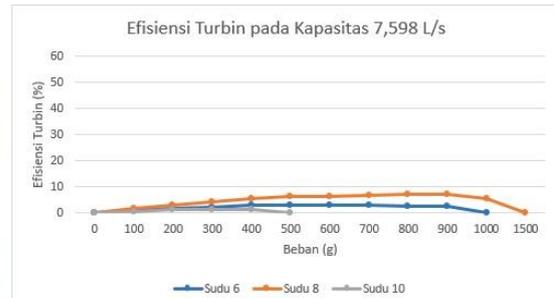
Gambar 9. Nilai Daya Tiap Variasi Jumlah Sudu pada Kapasitas Aliran 17,084 L/s

Berdasarkan gambar 9, variasi jumlah sudu 6 terus mengalami peningkatan daya hingga pembebanan 2500 g dengan nilai daya 2,372 Watt, kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 5.000 g. Pada jumlah sudu 8 daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 1,963 Watt pada pembebanan 2.500 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 4.500 g. Pada jumlah sudu 10 daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 1,251 Watt pada pembebanan 2.500 g dan kemudian mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti pada pembebanan 4000 g. Hal ini membuktikan bahwa kapasitas aliran berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan turbin.

Berdasarkan gambar 5 hingga 9, pada setiap peningkatan kapasitas air, daya yang dihasilkan oleh turbin mengalami peningkatan dan turun kembali, hal ini juga diikuti oleh nilai pembebanan yang lebih bervariasi. Dengan peningkatan kapasitas air, daya air yang mengalir juga semakin besar, namun tidak sepenuhnya menghasilkan daya turbin yang besar pula. Pengaruh variasi sudu berpenampang L menunjukkan bahwa sudu dengan jumlah lebih sedikit justru memiliki nilai

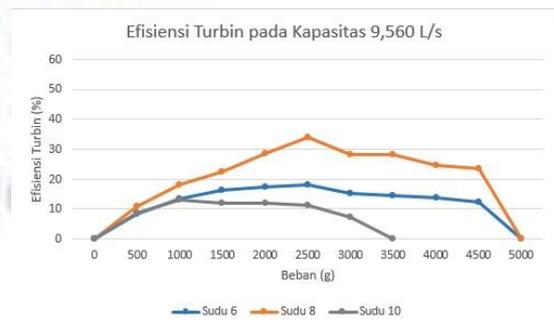
daya paling tinggi. Daya tertinggi terletak pada variasi jumlah sudu 6 dengan daya 3,683 Watt. Hal ini disebabkan karena pada jumlah sudu 6 area yang bertumbukan dengan turbin menjadi lebih besar sehingga lebih banyak air yang tertampung dan dapat mendorong sudu turbin agar berputar.

- Pengaruh Variasi Jumlah Sudu L dan Kapasitas Aliran Terhadap Efisiensi Turbin.



Gambar 10. Nilai Efisiensi Tiap Variasi Jumlah Sudu pada Kapasitas 7,598 L/s

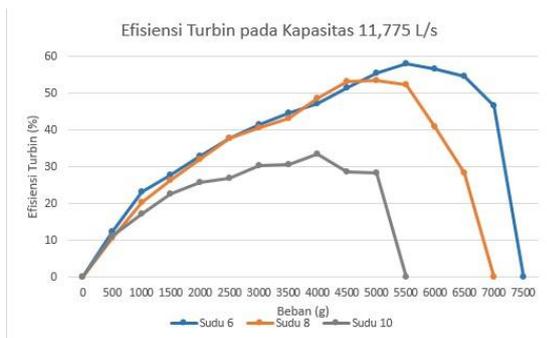
Berdasarkan gambar 10 dapat diketahui bahwa turbin dengan jumlah sudu 8 memiliki nilai efisiensi sebesar 7,21%, kenaikan nilai efisiensi terus terjadi hingga pembebanan 800 g. hal ini sesuai dengan kondisi yang terjadi pada grafik daya yang dimiliki turbin pada kapasitas yang sama. Turbin dengan jumlah sudu 6 juga terus mengalami peningkatan efisiensi hingga pembebanan 700 g dan berhenti pada 1000 g. Pada jumlah sudu 10 efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 1,45% pada pembebanan 400 g dan berhenti pada pembebanan 500 g.



Gambar 11. Nilai Efisiensi Tiap Variasi Jumlah Sudu pada Kapasitas 9,560 L/s

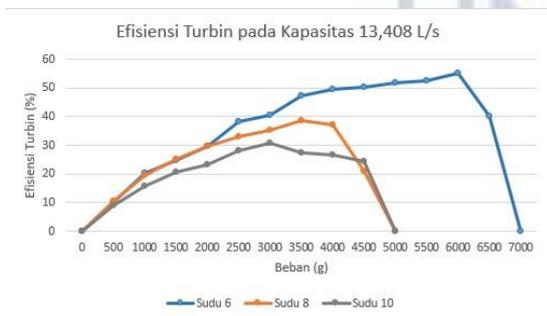
Berdasarkan gambar 11 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi jumlah sudu 8 mengalami peningkatan dibanding kapasitas aliran sebelumnya, nilai efisiensi meningkat hingga berada di angka 34,04% pada pembebanan 2.500 g dan berhenti pada pembebanan 5.000 g. Nilai efisiensi yang

dihasilkan oleh variasi jumlah sudu 6 juga meningkat hingga nilai efisiensi 18,22% pada pembebanan 2.500 g dan berhenti pada pembebanan 5.000 g. Selanjutnya pada turbin dengan variasi jumlah 10 nilai efisiensi turbin juga terus mengalami peningkatan hingga pembebanan 1000 g dengan nilai efisiensi sebesar 12,86%, setelah itu nilai efisiensi juga menurun hingga turbin berhenti pada pembebanan 3500 g.



Gambar 12. Nilai Efisiensi Tiap Variasi Jumlah Sudu pada Kapasitas 11,775 L/s

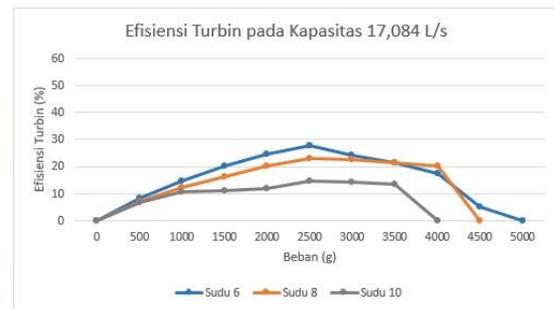
Berdasarkan gambar 12 dapat dilihat bahwa jumlah sudu 6 mengalami kenaikan efisiensi hingga sebesar 57,98% pada pembebanan 5.500 g, setelah itu nilai efisiensi menurun hingga berhenti berputar pada pembebanan 7.500 g. Pada turbin dengan jumlah sudu 8 nilai efisiensi meningkat hingga 53,51% pada pembebanan 5.000 g dan berhenti berputar di pembebanan 7.000 g. Terakhir adalah turbin dengan jumlah sudu 10 efisiensi terus meningkat hingga 33,32% pada pembebanan 4.000 g, setelah itu efisiensi turun hingga berhenti berputar pada pembebanan 5.500 g.



Gambar 13. Nilai Efisiensi Tiap Variasi Jumlah Sudu pada Kapasitas 13,408 L/s

Berdasarkan gambar 13, variasi jumlah sudu 6 mengalami peningkatan nilai efisiensi hingga 54,94% pada pembebanan 6.000 g, setelah itu nilai efisiensi menurun hingga berhenti pada pembebanan 7.000 g. Turbin dengan variasi jumlah

sudu 8 mengalami peningkatan nilai efisiensi hingga pembebanan 3.500 g dengan nilai efisiensi sebesar 38,51%, lalu mengalami penurunan nilai efisiensi hingga turbin berhenti pada pembebanan 5.000 g. Variasi jumlah sudu 10 nilai efisiensi turbin meningkat hingga pembebanan 3.000 g dengan efisiensi turbin sebesar 30,69%, setelah itu nilai efisiensi turbin berangsur menurun hingga turbin berhenti pada pembebanan 5.000 g.



Gambar 14. Nilai Efisiensi Tiap Variasi Jumlah Sudu pada Kapasitas 17,084 L/s

Berdasarkan gambar 14 dapat dilihat bahwa jumlah sudu 6 mengalami kenaikan efisiensi hingga sebesar 27,77% pada pembebanan 2.500 g, setelah itu nilai efisiensi menurun hingga berhenti berputar pada pembebanan 5.000 g. Pada turbin dengan jumlah sudu 8 nilai efisiensi meningkat hingga 22,98% pada pembebanan 2.500 g dan berhenti berputar di pembebanan 4.500 g. Terakhir adalah turbin dengan jumlah sudu 10 efisiensi terus meningkat hingga 14,56% pada pembebanan 2.500 g, setelah itu efisiensi turun hingga berhenti berputar pada pembebanan 4.000 g.

Berdasarkan gambar 10 hingga 14, pada setiap peningkatan kapasitas air, efisiensi yang dihasilkan oleh turbin semakin meningkat hingga pada kondisi tertentu efisiensi kembali turun. 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. Kapasitas aliran air yang semakin tinggi tidak selalu menyebabkan kenaikan nilai efisiensi karena pada kondisi tertentu air yang berada disaluran merendam turbin dan menyebabkan putaran turbin semakin berat karena adanya aliran yang menahan turbin. Pengaruh variasi jumlah sudu turbin juga mempengaruhi nilai efisiensi yang dihasilkan karena semakin banyak jumlah sudu maka massa yang dimiliki turbin juga

meningkat secara berturut-turut variasi sudu mulai dari 1,5 Kg untuk jumlah sudu 6, 2 Kg untuk variasi jumlah sudu 8, dan 2,5 Kg untuk variasi jumlah sudu 10.

## PENUTUP

### Simpulan

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

- Daya tertinggi dihasilkan oleh variasi jumlah sudu 6 buah pada kapasitas aliran 13,408 L/s yaitu 3,683 Watt dengan pembebanan 6.000 g, diikuti oleh variasi jumlah sudu 8 pada kapasitas aliran 13,408 L/s yaitu 2,582 Watt dengan pembebanan 3.500 g, dan daya yang paling rendah dihasilkan oleh variasi jumlah sudu 10 pada kapasitas aliran 13,408 L/s yaitu 2,057 Watt dengan pembebanan 3.000 g.
- Efisiensi tertinggi dihasilkan oleh variasi jumlah sudu 6 buah pada kapasitas aliran 11,775 L/s yaitu 57,98% dengan pembebanan 5.500 g, diikuti oleh variasi jumlah sudu 8 pada kapasitas aliran 11,775 L/s yaitu 53,51% dengan pembebanan 5.000 g, dan efisiensi yang paling rendah dihasilkan oleh variasi jumlah sudu 10 pada kapasitas aliran 11,775 L/s yaitu 33,32% dengan pembebanan 3.000 g.

### Saran

Pada penelitian variasi jumlah sudu L ini masih dibutuhkan lagi variasi panjang sisi lurus pada ujung sudu agar didapatkan daya dan efisiensi terbaik disetiap panjang ujung sudu, serta diperlukan adanya visualisasi aliran fluida pada area yang bertabrakan dengan turbin pada tiap kapasitas aliran yang diatur sehingga memudahkan dalam menganalisa penurunan daya.

## DAFTAR PUSTAKA

Afryzal, Nikita Randy. Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. "Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Dengan Sudu Berpenampang Plat Datar". *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 05 No. 2: hal 147-157.

Ardiansyah, Mohamad Andrian. Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. "Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lengkung L Dengan Variasi Sudut Pada Ujung Sudu". *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 05 (2): hal 111-120.

Arikunto. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta : PT. Rineka Cipta.

Dewan Energi Nasional. 2014. *Indonesian Energy Outlook (IEO)*. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Haimerl, L.A. 1960. "The Cross Flow Turbine". Jerman Barat.

Khurmi, R S., J.K. Gupta. 2005. *Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.

Kusumawardhani, Laksmi. 2011. "Analysis of Hydro Power in Indonesia and Recommendation for the Future". Japan : Ritsumeikan Asian Pacific University.

Lexy, J Moleong. (2008) *Metodologi Penelitian Kualitatif*, Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

Mafruddin, Mafruddin., Irawan, Dwi., 2014. *Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Bumi Nabung Timur*. **TURBO** ISSN 2301-6663 Vol. 3, No. 2., Desember 2014, Universitas Muhammadiyah Metro, Lampung.

Meier, Ueli S. 1981. *Local Experience With Micro Hydro Technology*. St Gall. London.

Patty, O.F., 1995. *Tenaga Air*. Erlangga. Jakarta

Prabowo, Boy Ilham. Adiwibowo, Priyo Heru. 2018. *Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang L Dengan Variasi Panjang Sisi Lurus Pada Ujung Sudu*. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 06 No. 01: hal 115-123.

Pritchard, Philip J., Leylegian, Jhon C. 2011. *Introduction to Fluid Mechanics Eighth Edition*. Danver: Jhon Wiley & Sonc Inc.

Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Tim. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

Waisnawa S. 2012. Pemilihan Jenis Turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). *Jurnal Matrix*. 3(2): 176-182.