

## PENGARUH PENAMBAHAN KEMIRINGAN SUDUT SUDU BERPENAMPANG PLAT DATAR TERHADAP KINERJA TURBIN ALIRAN *VORTEX*

**Rizki Ari Pradana**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [rizkipradana1@mhs.unesa.ac.id](mailto:rizkipradana1@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

Beberapa penelitian telah dilakukan pada kemiringan sudut sudu turbin reaksi aliran *vortex*, namun masih belum ditemukan sudut sudu yang paling optimal. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi sudut sudu terhadap daya dan efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* berpenampang plat datar. Metode penelitian adalah eksperimen dengan cara membuat turbin aliran *vortex* dengan variasi kemiringan sudut sudu sebesar 25°; 30°; dan 35° dengan kapasitas (Q) pengujian aliran air sebesar 8,069 L/s; 9,413 L/s; 10,803 L/s; dan 12,341 L/s. Hasil dari penelitian variasi kemiringan sudut sudu turbin yang optimal adalah kemiringan sudut sudu 25° dengan efisiensi sebesar 61,30% pada kapasitas 9,413 L/s dan daya yang dihasilkan sebesar 37,93 Watt pada kapasitas 9,413 L/s. Variasi penambahan kemiringan sudut sudu memiliki pengaruh terhadap daya dan efisiensi turbin reaksi aliran *vortex*. Namun semakin besar kemiringan sudut sudu semakin menurun daya dan efisiensinya dikarenakan arah aliran air yang tidak mendekati sudut tegak lurus, sehingga putaran turbin tidak berbeda signifikan dan cepat terhenti akibat pembebanan juga.

**Kata Kunci :** Turbin, Turbin Reaksi, Sudu Berpenampang Plat Datar, Kemiringan Sudut Sudu.

### Abstract

Several studies have been done on the tilt angle of the turbine blade vortex flow reaction, but still have not found the most optimal blade angle. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the angle of the blade against the power and efficiency of the reaction turbine vortex flow cross section flat plate. This research uses an experimental method by making a flat plate type vortex turbine blade with a blade angle tilt variation of 25°; 30°; and 35° with the capacity (Q) / flow rates of 8.069 L / s, 9.413 L / s, 10.803 L / s, and 12.341 L / s. Results from the study of variation slope optimal turbine blade angle is the tilt angle of the blade 25° with an efficiency of 61.30% on a capacity of 9.413 L / s and the power generated at 37.93 watts in the capacity of 9.413 L / s. Variations addition of tilt angle of the blade has an influence on the power and efficiency of the reaction turbine vortex flow. But the greater the tilt angle of the blades decreases power and efficiency due to the direction of flow of water is not approaching perpendicular angle, so that the turbine rotation did not differ significantly and quickly halted due to loading as well.

**Keywords:** Turbines, Reaction Turbines, Flat Plate Shaped Blade, Tilt Angle Blade.

### PENDAHULUAN

Energi adalah sebuah konsep dasar termodinamika dan merupakan salah satu aspek penting dalam analisis teknik (Moran dan Saphiro, 2004). Kebutuhan energi listrik dari tahun ke tahun selalu meningkat seiring perkembangan teknologi dan industri. Pada tahun 1998 konsumsi energi listrik menghabiskan sebesar 12,7 TW. Diperkirakan pada tahun 2050 penggunaan energi listrik akan meningkat sebanyak 46,3 hingga 58,7 TW (Eisenberg dan Nocera, 2005). Dengan meningkatnya permintaan kebutuhan energi setiap tahun, maka dapat menyebabkan peningkatan permintaan terhadap sumber daya alam untuk menghasilkan listrik seperti gas

alam, batu bara, dan minyak bumi sedangkan pada kondisi lapangan sumber daya alam seperti gas alam, batu bara, dan minyak bumi sudah mulai menipis dan sumber daya alam tersebut termasuk dalam golongan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui kembali.

Menurut Yam (2010) penggunaan energi atau sumber daya alam fosil seperti gas alam dan minyak bumi mencapai 55% sedangkan batu bara mencapai 25% dari total keseluruhan ketersediaan energi yang ada pada bumi sedangkan penggunaan energi terbarukan seperti panas matahari, angin, air, dan biomassa saat ini hanya sebesar 3% saja. Dengan ungkapan peneliti diatas seharusnya untuk pembangkitan energi listrik harus beralih dari

energi yang tak terbarukan menuju energi yang terbarukan seperti penggunaan aliran air untuk pembangkitan energi listrik mikrohidro. Indonesia adalah negara maritim sehingga potensi penggunaan air untuk pembangkitan listrik sangatlah besar dan bisa dilakukan di daerah-daerah terpencil yang memiliki pasokan air yang mencukupi.

Mikrohidro atau Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah Sebuah Pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 100 kW) yang memanfaatkan aliran air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan sehingga PLTMH ini layak disebut sebagai *clean energy* karena ramah lingkungan. PLTMH memanfaatkan energi dari aliran sungai atau danau yang dibendung lalu dari aliran tersebut memiliki ketinggian dan debit air yang sesuai sehingga aliran air tersebut dapat menggerakkan turbin yang telah dihubungkan ke generator listrik (Dwiyanto, Dkk, 2016).

Turbin *Vortex* merupakan salah satu jenis turbin pembangkit mikrohidro, Turbin *vortex* memanfaatkan pusaran air sebagai penggerak sudunya yang telah terhubung ke generator listrik. Turbin *vortex* memiliki ciri-ciri head yang relatif rendah yakni antara 0,7 m – 3 m dengan debit air sebesar 50 L/s (Mohan, Anjali M. 2016). Aliran *vortex* atau aliran pusaran terjadi pada suatu fluida yang mengalir pada suatu saluran yang mengalami perubahan mendadak sehingga terbentuk suatu pusaran.

Elbatran, dkk (2015) menjelaskan dalam penelitiannya bahwa turbin reaksi adalah turbin air yang menghasilkan daya dan efisiensi yang lebih baik daripada turbin impuls dimana cara kerjanya bisa dengan kondisi head rendah. Turbin reaksi menghasilkan daya melalui gabungan antara tekanan dan air yang mengalir.

Widyatmoko (2012) menjelaskan dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Listrik Pada Turbin *Vortex*” bahwa pada jumlah sudu sebanyak 2, 3, 4, 6, dan 8 buah efisiensi terbaik didapat pada jumlah sudu sebanyak 8 buah, sehingga dengan begitu peneliti memilih 8 sudu sebagai jumlah sudu variasi pada turbin aliran *vortex* ini.

Wijendra (2017) menjelaskan dalam penelitiannya yang berjudul “Kemiringan Sudut Baling – Baling Turbin Angin Sumbu

Horizontal Dan Kecepatan Angin Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu” bahwa kemiringan sudut sudu sangat berpengaruh pada nilai pin, pout, dan efisiensi yang cenderung naik sehingga membuat peneliti tertarik untuk melakukan penelitian pengaruh sudut sudu optimum berpenampang plat datar terhadap turbin aliran *vortex*.

Afryzal, Nikita R dan Adiwibowo, Priyo Heru (2017) menjelaskan dalam penelitiannya yang berjudul “Uji Eksperimental Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* dengan Sudu Berpenampang Plat Datar “ bahwa efisiensi terbesar didapat oleh turbin dengan 8 sudu yang dicapai pada beban 20000 gr dengan kapasitas air 6,94 L/s dimana efisiensi yang diperoleh sebesar 44,3%. Oleh karena itu peneliti memilih jumlah sudu 8 pada penelitiannya karena hasil jumlah sudu 8 memiliki efisiensi tertinggi daripada jumlah 6 sudu dan 10 sudu yang telah diuji oleh peneliti sebelumnya.

Ariprasetya, Sena dan Adiwibowo, Priyo Heru (2018) menjelaskan dalam penelitiannya yang berjudul “Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Sudu Berpenampang Plat Datar Terhadap Kinerja Turbin Aliran *Vortex*” bahwa daya tertinggi yang didapat pada turbin reaksi ialah kemiringan sudut sudu sebesar 22,5° dengan kapasitas tertinggi 13,4434 L/s dengan daya yang dihasilkan sebesar 51,03 Watt pada pembebanan 50000 gr serta efisiensi tertinggi dengan kapasitas 7,9987 L/s dengan efisiensi yang didapat sebesar 64,58% pada pembebanan 25000 gr. Dari hasil penelitian sebelumnya kemiringan sudut sudu masih belum optimum dikarenakan peneliti sebelumnya mendapatkan hasil efisiensi sebesar 64,58% sehingga peneliti ingin melanjutkan penelitian diatas untuk mengoptimalkan daya dan efisiensi pada turbin aliran *vortex* terhadap kinerja turbin dengan menambah kemiringan sudut sudu.

Hasil yang diharapkan dengan adanya penelitian ini adalah dapat menghasilkan turbin reaksi aliran *vortex* dengan variasi kemiringan sudut sudu menjadi lebih baik dalam daya maupun efisiensi yang dihasilkan untuk skala kecil maupun besar sehingga energi potensial aliran air dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin sebagai pengganti energi fosil

## METODE

### Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Sugiyono (2014) menjelaskan bahwa variabel bebas (*Independent*) adalah variabel yang mempengaruhi atau yang membuat menjadi sebab terjadinya perubahan atau munculnya variabel terikat (*Dependent*).

- Variasi kemiringan sudut sudu : 25°; 30° dan 35°



Gambar 1. Turbin

- Variabel Terikat

Sugiyono (2014) menjelaskan bahwa variabel terikat (*dependent*) adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yakni daya dan efisiensi dari turbin *vortex* dari tiap variasi kemiringan sudut sudu turbin..

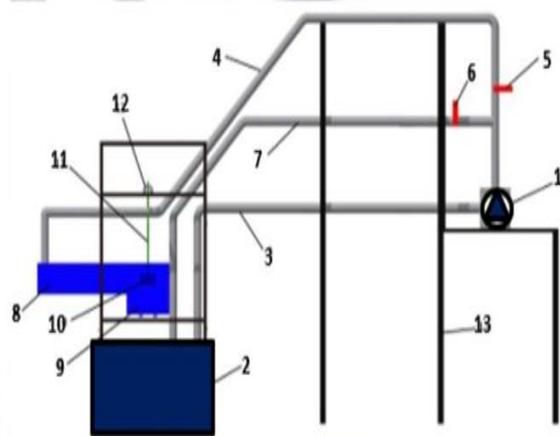
- Variabel Kontrol

Variabel Kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dikontrol supaya variabel *dependent* dan *independent* tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor lain dari luar yang tidak diteliti. Dalam penelitian ini variabel yang dikontrol ialah sebagai berikut :

- Diameter *Basin* : 56 cm
- Ketebalan material turbin dan sudu: 2 mm
- Tinggi *Basin* : 70 cm
- Diameter *Outlet Basin* : 9 cm
- Jarak Turbin dengan *outlet basin* : 3 cm
- Kapasitas (Q) / debit aliran air : 8,069 L/s, 9,413 L/s, 10,803 L/s, dan 12,341 L/s.
- Beban yang digunakan : Kenaikan 5000gr, 10000gr, 15000gr, 20000gr, 25000gr atau sampai putaran turbin terhenti.
- Fluida Kerja : Air Tawar

### Peralatan dan Instrumen Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

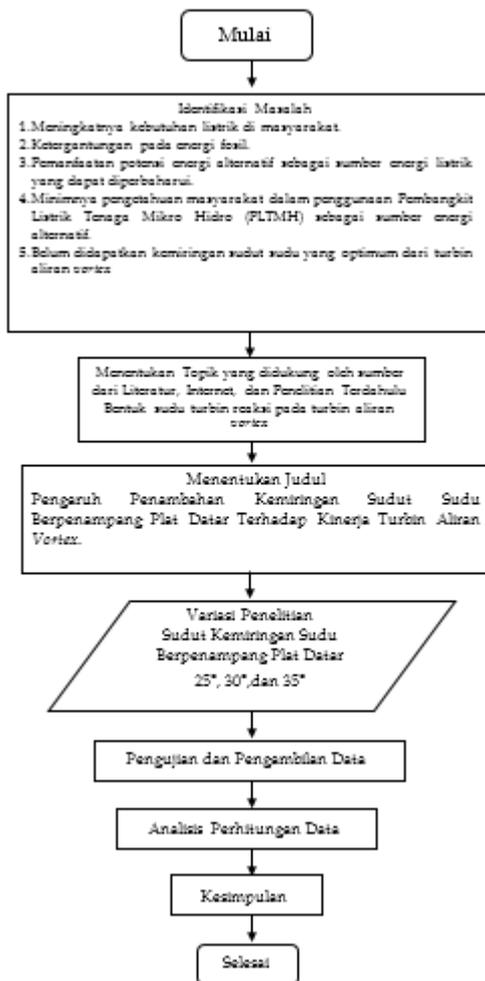


Gambar 2. Desain Instalasi Alat Uji

#### Keterangan:

1. Pompa
2. Bak penampang air (*Reservoir*)
3. Pipa saluran *inlet* pompa
4. Pipa saluran *outlet* pompa
5. Katup pengatur debit
6. Katup *bypass*
7. Pipa saluran *bypass*
8. *Inlet basin*
9. *Basin*
10. Turbin
11. Poros turbin
12. *Bearing*
13. Rangka

**Flowchart Penelitian**



Gambar 3. Flowchart penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penelitian**

Peneliti mendapatkan hasil eksperimen dengan proses pengumpulan data dalam penelitian. Hasil yang didapatkan berupa hasil data eksperimen yang telah di input pada table yang telah dibuat peneliti. Data yang diperoleh dalam penelitian ini meliputi kapasitas aliran dari perhitungan dengan *v-notch weir*, putaran poros pada turbin, torsi, daya serta efisiensi dari turbin yang diteliti dan akan dipresentasikan dalam bentuk nilai dan grafik.

Variasi kemiringan sudut sudu yang teliti ialah 25° ; 30° ; 35. Dengan variasi pembebanan yang telah digunakan dengan kenaikan 5000 gr pada setiap pembebanan dan kenaikan 1000 gr ketika turbin sudah mulai mengerem atau akan berhenti hingga turbin benar-benar berhenti. Proses ini dilakukan supaya mendapatkan hasil data yang benar dan valid. Nilai yang didapatkan dalam pengujian ini adalah putaran poros, nilai pada neraca, dan tinggi aliran *vortex* pada basin

yang kemudian diolah untuk mendapatkan hasil daya air yang mengalir, torsi, daya turbin serta efisiensi turbin.

Untuk memperoleh data penelitian perlu dilakukan beberapa perhitungan yaitu sebagai berikut :

➤ Kapasitas air yang mengalir

Kapasitas air menggunakan rumus persamaan 2.1 (Fox et al.,2012:648):

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

Keterangan:

- Q = Kapasitas air (m<sup>3</sup>/s)
- Cd = Coefficient of Discharge
- θ = Sudut pada *V-notch weir* (°)
- g = Gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- H = Tinggi ambang (m)

➤ Daya air yang mengalir

Daya air yang mengalir dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2 (Fox et al.,2015:504), yaitu:

$$Pa = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H_v$$

Keterangan:

- Pa = Daya air (Watt)
- Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)
- P = Massa jenis Fluida (kg/m<sup>3</sup>)
- g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- H<sub>v</sub> = Tinggi vortex (m)

➤ Torsi

Untuk mendapatkan torsi turbin dilakukan dengan rumus persamaan 2.4 (R.S. Khurmi & J.K. Gupta,2005:10):

$$T = F \cdot r$$

$$T = (m_2 - m_1) \cdot g \cdot r$$

Keterangan:

- T = Torsi (N.m)
- F = Gaya (N)
- M<sub>2</sub> = Pembebanan (kg)
- M<sub>1</sub> = Neraca Pegas (kg)
- g = Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- r = Jari-jari poros (m)

➤ Daya Turbin

Daya Turbin dapat diperoleh menggunakan persamaan 2.6 (Fox et al.,2012:504), yaitu:

$$Pt = T \cdot \omega$$

Keterangan:

- Pt = Daya turbin (Watt)
- T = Torsi (N.m)

$\omega$  = Kecepatan anguler (rad/s)

➤ Efisiensi

Perhitungan efisiensi dapat dihitung menggunakan persamaan rumus 2.7 (Fox et al.,2015:505), yaitu:

$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100\%$$

Keterangan:

- $\eta$  = Efisiensi turbin
- $P_t$  = Daya turbin (Watt)
- $P_a$  = Daya air (Watt)

**Pembahasan**

❖ Pengaruh Variasi Kapasitas Air Terhadap Daya Turbin Yang Dihasilkan Dari Variasi Kemiringan Sudut Sudu Turbin.

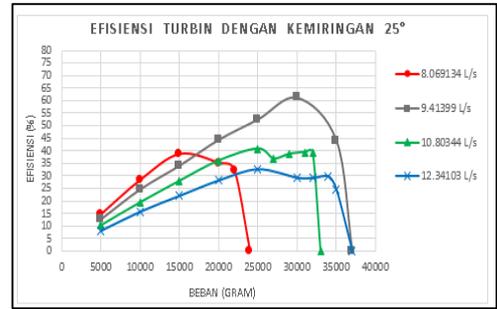


Gambar 4. Grafik Daya Turbin 25°

Dari gambar 4 diatas dapat dilihat bahwa hasil nilai daya terendah yaitu pada kapasitas 8,069 L/s dengan pembebanan sebesar 15000 gram dengan daya sebesar 18,61 Watt. Pada kapasitas 9,413 L/s daya turbin yang dihasilkan sebesar 37,93 Watt dengan pembebanan sebesar 30000 gram. Kemudian pada kapasitas 10,803 L/s daya yang dihasilkan sebesar 30,65 Watt dengan pembebanan 25000 gram. Pada kapasitas 12,341 L/s menghasilkan daya sebesar 29,51 Watt pada pembebanan 25000 gram.

Dapat dilihat pada gambar 4 kapasitas terkecil 8,069 L/s dapat dijelaskan bahwa daya terbaik berada pada pembebanan 15000 gram dengan daya yang dihasilkan sebesar 18,61 Watt dan semakin menurun dayanya hingga turbin terhenti.

❖ Pengaruh Variasi Kapasitas Air Terhadap Efisiensi Turbin Yang Dihasilkan Pada Variasi Kemiringan Sudut Sudu Turbin

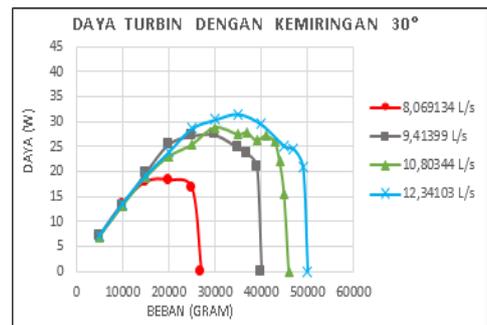


Gambar 5. Grafik Efisiensi Turbin 25°

Dari gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa hasil nilai efisiensi terendah yaitu pada kapasitas 8,069 L/s dengan pembebanan sebesar 15000 gram dengan efisiensi sebesar 38,54 %. Pada kapasitas 9,413 L/s efisiensi turbin yang dihasilkan sebesar 61,30% dengan pembebanan sebesar 30000 gram. Kemudian pada kapasitas 10,803 L/s efisiensi yang dihasilkan sebesar 40,73% dengan pembebanan 25000 gram. Pada kapasitas 12,341 L/s menghasilkan efisiensi sebesar 32,66% pada pembebanan 25000 gram.

Dapat dilihat pada gambar 5 kapasitas terkecil 8,069 L/s dapat dijelaskan bahwa efisiensi terbaik berada pada pembebanan 15000 gram dengan efisiensi sebesar 38,54% dan semakin menurun efisiensinya hingga turbin terhenti pada pembebanan 24000 gram. Hal ini disebabkan karena bertambahnya kapasitas air maka tinggi *vortex* yang dibentuk juga akan semakin tinggi juga, Oleh sebab itu daya turbin yang tinggi tidak selalu menghasilkan efisiensi yang tinggi pula.

❖ Pengaruh Variasi Kapasitas Air Terhadap Daya Turbin Yang Dihasilkan dan Ketahanan Pembebanan Pada Variasi Kemiringan Sudut Sudu Turbin.

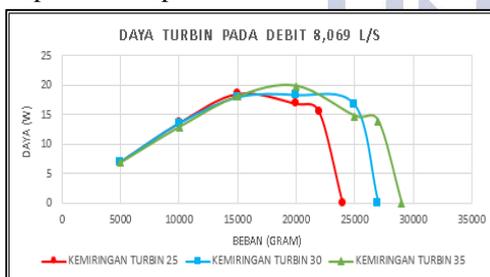


Gambar 6. Grafik Daya Turbin 30°

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa pada kapasitas 8,069 L/s memiliki daya yang rendah yakni 18,34 Watt pada pembebanan 20000 gram, pada kapasitas 9,413 L/s memiliki daya sebesar 27,41 Watt dengan pembebanan 30000 gram. Kemudian pada kapasitas 10,803 L/s menghasilkan daya sebesar 28,87 Watt dengan beban 30000 gram. Pada kapasitas 12,341 L/s menghasilkan daya sebesar 31,53 Watt dengan beban sebesar 35000 gram. Pada turbin 30° pada kapasitas 12,341 L/s memiliki Daya yang paling besar dibanding kapasitas lain seperti yang terlihat pada gambar 6

Berdasarkan analisa diatas, turbin dengan variasi kemiringan sudut sudu sebesar 30° memiliki ketahanan terhadap pembebanan yang dapat dilihat dari grafik 6. Tren grafik penurunan daya pada turbin dengan variasi kemiringan sudut sebesar 30° tidak signifikan setelah mencapai kondisi titik puncak, melainkan daya pada turbin mengalami penurunan secara perlahan terhadap setiap pembebanan. Pembebanan mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh turbin, semakin meningkat pembebanan yang diberikan maka daya yang dihasilkan akan semakin besar, Namun semakin besar beban yang diberikan maka gaya torsi yang dihasilkan tersebut dapat menghentikan poros turbin.

#### ❖ Variasi Kemiringan Sudu Sudu Terhadap Daya Turbin Aliran *Vortex* Terhadap Kapasitas Tetap

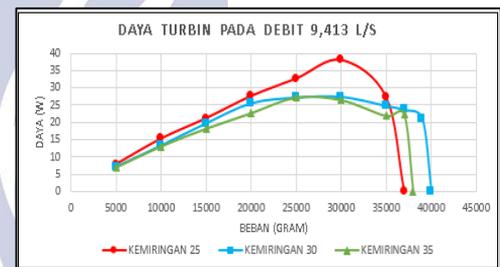


Gambar 7. Grafik Daya Turbin pada Kapasitas 8,069 L/s

Terlihat pada gambar 7 pada kapasitas 8,069 L/s bahwa turbin dengan variasi kemiringan sudut sudu 25° menghasilkan daya yang terus meningkat hingga 18,61 Watt pada pembebanan 15000 gram dan kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin terhenti pada pembebanan 24000 gram. Pada

turbin kemiringan sudut sudu 30° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga menghasilkan daya sebesar 18,33 Watt pada pembebanan 20000 gram hingga putaran turbin terhenti pada pembebanan 27000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu 35° menghasilkan daya yang terus meningkat hingga pada daya sebesar 19,87 Watt dan terus mengalami penurunan hingga turbin terhenti pada pembebanan sebesar 29000 gram.

Pada gambar 7 dapat dijelaskan bahwa daya yang dihasilkan turbin dengan variasi kemiringan yang semakin meningkat daya dan efisiensi yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena aliran air yang mengenai sudu turbin mendekati sudut kemiringan turbin pada permukaan turbin sehingga mendapat putaran turbin yang tinggi dan tahan terhadap pembebanan yang tinggi pula.

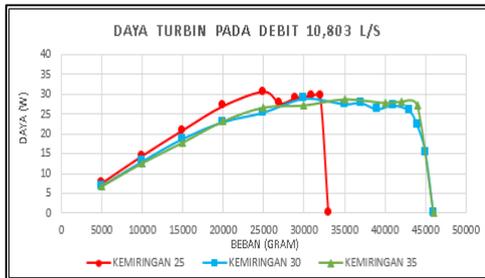


Gambar 8. Grafik Daya Turbin pada Kapasitas 9,413 L/s

Terlihat pada gambar 8 pada kapasitas 9,413 L/s bahwa turbin dengan variasi kemiringan sudut sudu 25° menghasilkan daya yang terus meningkat hingga 37,93 Watt pada pembebanan 30000 gram dan kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin terhenti pada pembebanan 37000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu 30° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga menghasilkan daya sebesar 27,41 Watt pada pembebanan 30000 gram hingga putaran turbin terhenti pada pembebanan 40000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu 35° menghasilkan daya yang terus meningkat hingga pada daya sebesar 27,28 Watt dan terus mengalami penurunan hingga turbin terhenti pada pembebanan sebesar 25000 gram.

Pada gambar 8 dapat dijelaskan bahwa daya yang dihasilkan turbin dengan variasi kemiringan yang semakin meningkat daya

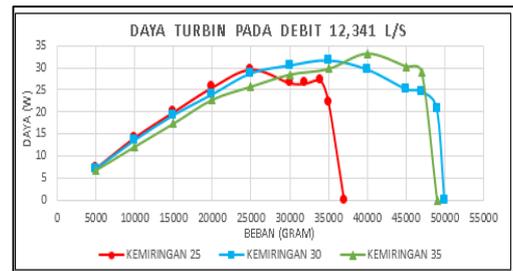
dan efisiensi yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena aliran air yang mengenai sudu turbin mendekati sudut kemiringan turbin pada permukaan turbin sehingga mendapat putaran turbin yang tinggi dan tahan terhadap pembebanan yang tinggi pula.



Gambar 9. Grafik Daya Turbin pada Kapasitas 10,803 L/s

Terlihat pada gambar 9 pada kapasitas 10,803 L/s bahwa turbin dengan variasi kemiringan sudut sudu 25° menghasilkan daya yang terus meningkat hingga 30,65 Watt pada pembebanan 25000 gram dan kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin terhenti pada pembebanan 33000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu 30° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga menghasilkan daya sebesar 28,87 Watt pada pembebanan 30000 gram hingga putaran turbin terhenti pada pembebanan 46000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu 35° menghasilkan daya yang terus meningkat hingga pada daya sebesar 28,77 Watt dan terus mengalami penurunan hingga turbin terhenti pada pembebanan sebesar 46000 gram. Sedangkan pada turbin kemiringan sudut sudu sebesar 22,5° mengalami peningkatan hingga mendapatkan daya sebesar 39,26 Watt pada pembebanan 40000 gram dan terus mengalami penurunan hingga turbin terhenti pada pembebanan 54000 gram.

Pada gambar 9 dapat dijelaskan bahwa daya yang dihasilkan turbin dengan variasi kemiringan yang semakin meningkat daya dan efisiensi yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena aliran air yang mengenai sudu turbin mendekati sudut kemiringan turbin pada permukaan turbin sehingga mendapat putaran turbin yang tinggi dan tahan terhadap pembebanan yang tinggi pula.

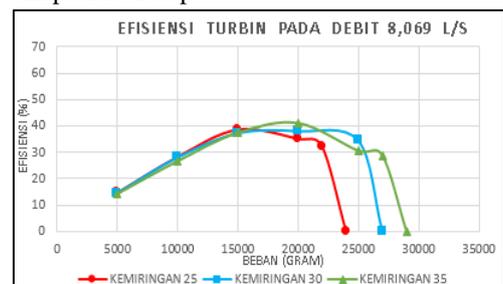


Gambar 10. Grafik Daya Turbin pada Kapasitas 12,341 L/s

Terlihat pada gambar 10 pada kapasitas 12,341 L/s bahwa turbin dengan variasi kemiringan sudut sudu 25° menghasilkan daya yang terus meningkat hingga 29,65 Watt pada pembebanan 25000 gram dan kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin terhenti pada pembebanan 37000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu 30° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga menghasilkan daya sebesar 31,53 Watt pada pembebanan 35000 gram hingga putaran turbin terhenti pada pembebanan 50000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu 35° menghasilkan daya yang terus meningkat hingga pada daya sebesar 33,19 Watt dan terus mengalami penurunan hingga turbin terhenti pada pembebanan sebesar 49000 gram.

Pada gambar 10 dapat dijelaskan bahwa daya yang dihasilkan turbin dengan variasi kemiringan yang semakin meningkat daya dan efisiensi yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena aliran air yang mengenai sudu turbin mendekati sudut kemiringan turbin pada permukaan turbin sehingga mendapat putaran turbin yang tinggi dan tahan terhadap pembebanan yang tinggi pula.

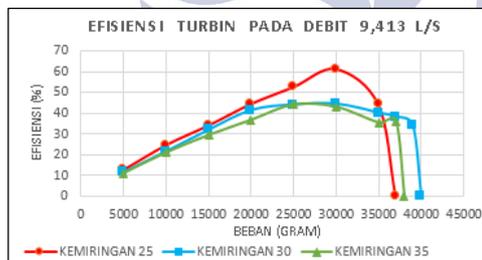
❖ Variasi Kemiringan Sudu Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Aliran *Vortex* Terhadap Kapasitas Tetap



Gambar 11. Grafik Efisiensi Turbin pada Kapasitas 8,069 L/s

Terlihat pada gambar 11 pada kapasitas 8,069 L/s bahwa turbin dengan variasi kemiringan sudut sudu  $25^\circ$  menghasilkan efisiensi yang terus meningkat hingga 38,54% pada pembebanan 15000 gram dan kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin terhenti pada pembebanan 24000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu  $30^\circ$  efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga menghasilkan efisiensi sebesar 37,99% pada pembebanan 20000 gram hingga putaran turbin terhenti pada pembebanan 27000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu  $35^\circ$  menghasilkan efisiensi yang terus meningkat hingga pada efisiensi sebesar 41,15% dan terus mengalami penurunan hingga turbin terhenti pada pembebanan sebesar 29000 gram.

Pada gambar 11 dapat dijelaskan bahwa efisiensi yang dihasilkan turbin dengan variasi kemiringan  $30^\circ$  dan  $35^\circ$  hasilnya lebih rendah dibanding turbin  $25^\circ$ . Pada hal ini dapat menunjukkan bahwa sudut optimum berada pada sudut  $25^\circ$ . Namun pada turbin  $30^\circ$  arah jatuh aliran air lebih mendekati sudu sehingga dapat membuat putaran turbin yang tinggi dan tahan terhadap pembebanan yang tinggi pula.

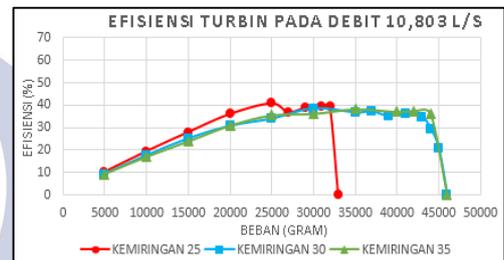


Gambar 12. Grafik Efisiensi Turbin pada Kapasitas 9,413 L/s

Terlihat pada gambar 12 pada kapasitas 9,413 L/s bahwa turbin dengan variasi kemiringan sudut sudu  $25^\circ$  menghasilkan efisiensi yang terus meningkat hingga 61,30% pada pembebanan 30000 gram dan kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin terhenti pada pembebanan 37000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu  $30^\circ$  efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga menghasilkan efisiensi sebesar 44,30% pada pembebanan 30000 gram hingga putaran turbin terhenti pada pembebanan 40000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu  $35^\circ$  menghasilkan efisiensi yang terus meningkat

hingga pada efisiensi sebesar 44,10% dan terus mengalami penurunan hingga turbin terhenti pada pembebanan sebesar 38000 gram.

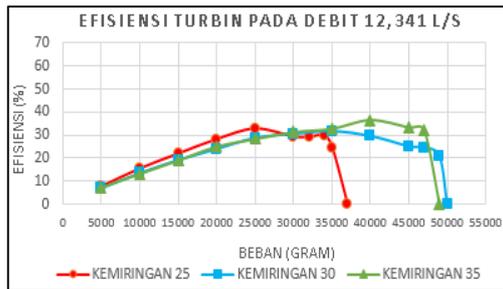
Pada gambar 12 dapat dijelaskan bahwa efisiensi yang dihasilkan turbin dengan variasi kemiringan  $30^\circ$  dan  $35^\circ$  hasilnya lebih rendah dibanding turbin  $25^\circ$ . Pada hal ini dapat menunjukkan bahwa sudut optimum berada pada sudut  $25^\circ$ . Namun pada turbin  $30^\circ$  arah jatuh aliran air lebih mendekati sudu sehingga dapat membuat putaran turbin yang tinggi dan tahan terhadap pembebanan yang tinggi pula.



Gambar 13. Grafik Efisiensi Turbin pada Kapasitas 10,803 L/s

Terlihat pada gambar 13 pada kapasitas 10,803 L/s bahwa turbin dengan variasi kemiringan sudut sudu  $25^\circ$  menghasilkan efisiensi yang terus meningkat hingga 40,73% pada pembebanan 25000 gram dan kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin terhenti pada pembebanan 33000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu  $30^\circ$  efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga menghasilkan efisiensi sebesar 38,37% pada pembebanan 30000 gram hingga putaran turbin terhenti pada pembebanan 46000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu  $35^\circ$  menghasilkan efisiensi yang terus meningkat hingga pada efisiensi sebesar 38,23% dan terus mengalami penurunan hingga turbin terhenti pada pembebanan sebesar 46000 gram.

Pada gambar 13 dapat dijelaskan bahwa efisiensi yang dihasilkan turbin dengan variasi kemiringan  $30^\circ$  dan  $35^\circ$  hasilnya lebih rendah dibanding turbin  $25^\circ$ . Pada hal ini dapat menunjukkan bahwa sudut optimum berada pada sudut  $25^\circ$ . Namun pada turbin  $30^\circ$  arah jatuh aliran air lebih mendekati sudu sehingga dapat membuat putaran turbin yang tinggi dan tahan terhadap pembebanan yang tinggi pula.



Gambar 14. Grafik Efisiensi Turbin pada Kapasitas 12,341 L/s

Terlihat pada gambar 14 pada kapasitas 10,803 L/s bahwa turbin dengan variasi kemiringan sudut sudu 25° menghasilkan efisiensi yang terus meningkat hingga 32,66% pada pembebanan 25000 gram dan kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada pembebanan 37000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu 30° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga menghasilkan efisiensi sebesar 34,73% pada pembebanan 35000 gram hingga putaran turbin berhenti pada pembebanan 50000 gram. Pada turbin kemiringan sudut sudu 35° menghasilkan efisiensi yang terus meningkat hingga pada efisiensi sebesar 36,55% dan terus mengalami penurunan hingga turbin berhenti pada pembebanan sebesar 49000 gram.

Pada gambar 14 dapat dijelaskan bahwa efisiensi yang dihasilkan turbin dengan variasi kemiringan 30° dan 35° hasilnya lebih rendah dibanding turbin 25°. Pada hal ini dapat menunjukkan bahwa sudut optimum berada pada sudut 25°. Namun pada turbin 30° arah jatuh aliran air lebih mendekati sudu sehingga dapat membuat putaran turbin yang tinggi dan tahan terhadap pembebanan yang tinggi pula.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuji tentang pengaruh kemiringan sudut sudu berpenampang plat datar terhadap kinerja turbin aliran *vortex*, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Daya tertinggi diperoleh turbin dengan variasi kemiringan sudut sebesar 25° yakni sebesar 37,93 Watt pada kapasitas 9,413 L/s sedangkan turbin 30° memiliki ketahanan terhadap pembebanan yang tinggi yakni

dengan pembebanan hingga 50000 gram pada kapasitas 12,341 L/s.

- Efisiensi turbin tertinggi diperoleh turbin dengan variasi kemiringan sudut sebesar 25° dengan efisiensi sebesar 61,30% pada kapasitas 9,413 L/s.

## Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan tentang pengaruh kemiringan sudut sudu berpenampang plat datar terhadap kinerja turbin aliran *vortex*, maka dapat disimpulkan beberapa saran bagi penelitian ini, yakni:

- Turbin ini dikembangkan lebih lanjut dikarenakan manfaat yang telah diperoleh, tetapi dalam penelitian dan pengembangannya perlu memperhatikan kemiringan sudut sudu yang paling optimal terhadap turbin reaksi aliran *vortex* ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad K, Hudan. 2017. Pengaruh Sudut *Inlet Notch* Pada Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Terhadap Daya dan Efisiensi.
- Afryzal, Nikita Randy. 2017. Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Dengan Sudu Berpenampang Plat Datar.
- Agung, Achmad Imam. 2013. "Potensi Sumber Energi Alternatif dalam Mendukung Kelistrikan Nasional". *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro* Vol. 2, No. 2, Tahun 2013: 892-897.
- Ariprasetya, Sena. 2018. Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudu Sudu Berpenampang Plat Datar Terhadap Kinerja Turbin Aliran *Vortex*.
- Basyirun, dkk. 2008. *Buku Ajar Mesin Konversi Energi*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Dirtzel, Fritz. 1990. *Turbin, Pompa, dan Kompresor*. Jakarta : Erlangga
- Dwiyanto, Dkk. 2016. Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus: Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai).
- Eisenberg, Richard and Nocera, Daniel G. 2005. "Overview of the Forum on Solar and Renewable Energy".
- Elbatran, A.H., Mohamed Walid Abdel-Hamed, O.B. Yakoob, Yaseer M. Ahmed, M.Arif Ismail.

2015. *“Hydro Power and Turbine Systems”*.  
Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia.

Fox, Robert W., dkk. 2012. *Fluid Mechanics. Eighth Edition*. New Jersey: Wiley.

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

Luknanto, Djoko. 2007. Turbin Air.

Mohanam, Anjali M. 2016. *Power Generation With Simultaneous Aeration Using A Gravity Vortex Turbine*.

Moran, Michael J and Saphiro, Howard N. 2004. Termodinamika Teknik Edisi 4 (Jilid 1).

Mulligan & Hull. 2010. *Design and Optimisation of A Water Vortex Hydropower Plant*.

Munson, Brace R., dkk. 2009. *Fundamentals Of Fluid Mechanics. Eighth Edition*. New Jersey: Wiley.

Patarmatua Pardede, Petrus Jese. 2015. “Analisa Teoritis Turbin Vorteks dengan Rumah Turbin Berbentuk Lingkaran dengan Variasi Diameter Saluran Buang, Ketinggian Air dan Diameter Runner.

Roehermanto, Agus. 2007. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

Sihombing, Ray Posdam J. 2014. “Analisa Efisiensi Turbin *Vortex* dengan *Casing* Berpenampang Lingkaran pada Sudu Berdiameter 56 cm untuk Variasi Jarak Sudu dengan Saluran Keluar”. *Jurnal e-dinamis*. Vol. 10, No. 2, September 2014. ISSN: 2338-1035.

Subandono, Agus. 2007. “Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH)”. *Jurnal Ilmiah Universitas Pawayatan Daha Kediri*. Hal. 1-12,38. ISSN: 0854-355.

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

Wijendra, Sutra Angga. 2017. Kemiringan Sudut Baling-Baling Turbin Angin Sumbu Horizontal dan Kecepatan Angin Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Horizontal.

