

## UJI EKSPERIMENTAL KINERJA TURBIN REAKSI ALIRAN *VORTEX* TIPE SUDU BERPENAMPANG SETENGAH SILINDER DENGAN VARIASI SUDUT SEKAT

**Luqmanul Hakim Daeroni**

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

Dewasa ini energi merupakan masalah utama bagi negara-negara di dunia. Masalah ini tidak dapat dianggap remeh karena semua sektor membutuhkan energi untuk terus berjalan. Ketersediaan bahan bakar fosil sangat terbatas dikarenakan perlu waktu yang lama untuk memperbarui energi ini. Penggunaan energi fosil di Indonesia makin lama semakin meningkat tajam bersamaan dengan pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk. Perlu pemanfaatan energi alternatif agar tidak tergantung pada bahan bakar fosil. Upaya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dapat menggunakan sumber daya alam yang tidak terbatas dan dapat diperbarui. Penelitian ini bertujuan untuk mencari desain sudu turbin *vortex* yang memiliki daya dan efisiensi optimal. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan membuat variasi sudut sekat sudu turbin *vortex* berpenampang setengah silinder. Variasi sudut sekat sudu sebesar 45°, 60°, 75° dan 90° dengan kapasitas air 7,9986 L/s, 9,3092 L/s, 11,0429 L/s dan 13,4434 L/s pada pembebanan yang bervariasi terhadap daya dan efisiensi. Hasil penelitian didapatkan bahwa besar sudut sekat sudu berpengaruh terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan. Daya tertinggi turbin reaksi aliran *vortex* yaitu pada kapasitas 13,4434 L/s yang dihasilkan turbin sudut sekat 75° sebesar 43,2171 Watt pada pembebanan 45.000 gram. Sedangkan efisiensi tertinggi dihasilkan turbin sudut sekat 60° pada kapasitas 7,9986 L/s sebesar 49,0706% pada pembebanan 20.000 gram.

**Kata Kunci:** Turbin *vortex*, sudut sekat sudu, daya, efisiensi

### Abstract

Today energy is a major problem for the countries of the world. This problem cannot be underestimated because all sectors need energy to keep going. The availability of fossil fuels is very limited because it takes a long time to renew this energy. The use of fossil energy in Indonesia the longer increasing sharply along with economic and population growth. Alternative energy utilization necessary so as not to depend on fossil fuels. Efforts to reduce the use of fossil fuels can use unlimited and renewable natural resources. This study aims to find the geometry of vortex turbine blades that have better power and efficiency. Research conducted using experimental method by making variations of the angle of bulkhead blades vortex turbine with half-cylinder cross section. The variation of angle bulkhead vanes 45°, 60°, 75° and 90° that tested on varying water 7,9986 L/s, 9,3092 L/s, 11,0429 L/s and 13,4434 L/s and loading capacities again power and efficiency. The result of the research shows that the angle of the bulkhead blade has an effect on the power and the efficiency produced. The highest power of the vortex flow reaction turbine is at a capacity of 13.4434 L / s produced by turbine with angle of bulkhead 75° at 43.2171 Watt at 45.000 gram load. While the highest efficiency is produced by turbine with angle of bulkhead 60° at the capacity of 7,9986 L/s equal to 49,0706% at 20.000 gram load.

**Keywords:** Vortex turbine, angle of bulkhead blade, power, efficiency

### PENDAHULUAN

Dewasa ini energi merupakan masalah utama bagi negara-negara di dunia. Masalah ini tidak dapat dianggap remeh karena semua sektor membutuhkan energi untuk terus berjalan. Sejauh ini, penggunaan energi fosil menjadi yang terbanyak, selain karena harganya yang murah juga banyak alat-alat masih menggunakan bahan bakar fosil. Ketersediaan bahan bakar fosil sangat terbatas dikarenakan perlu waktu yang lama untuk memperbarui energi ini.

Penggunaan energi fosil di Indonesia makin lama makin meningkat tajam bersamaan dengan pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk. Perlu pemanfaatan energi alternatif agar tidak tergantung pada bahan bakar fosil.

Sumber listrik saat ini banyak diperoleh dari pembangkit listrik yang menggunakan batubara dan minyak bumi sebagai bahan bakarnya. Upaya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dapat menggunakan sumber daya alam yang tidak terbatas dan dapat diperbarui. Sumber energi alternatif ini dapat berupa

energi angin, energi air, energi surya, energi panas bumi, energi laut dll.

Wilayah Indonesia yang merupakan negara agraris yang memiliki banyak sumber air sangat memungkinkan untuk dimanfaatkan energinya. Pembangkit listrik sendiri digolongkan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Indonesia yang memiliki banyak pegunungan juga menjadi potensi sumber energi listrik. Banyaknya sumber mata air dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) terutama untuk daerah pelosok yang sulit untuk dijangkau. Menurut data PLN tahun 2015 kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik nasional PLTMH sebesar 30,46 MW.

Penelitian Mulligan dan Hull (2010), dalam penelitiannya yang berjudul "*Design And Optimisation Of A Water Vortex Hydropower Plant*", didapatkan bahwa kekuatan optimum aliran *vortex* terjadi pada rasio diameter lubang *outlet* dengan *basin* antara 14%-18%, tinggi dari *vortex* berbanding lurus dengan *discharge*, tinggi dan kapasitas air berbanding lurus, daya teoritis maksimal =  $\rho g Q H_v$  ( $H_v = \text{height of vortex}$ ).

Penelitian Yani dkk. (2016) dalam penelitian yang berjudul "Pengaruh Variasi Bentuk Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Kinetik (Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan)", menyatakan bahwa daya dan efisiensi turbin maksimum terjadi pada sudu lengkung dengan nilai sebesar 4,699 Watt dan 29,659%, kemudian menurun pada sudu mangkuk dan yang terendah pada sudu datar.

Penelitian Widiyatmoko (2012), di dalam penelitian yang berjudul "Pengaruh variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Listrik Pada Turbin *Vortex*", didapatkan bahwa pada jumlah sudu sebanyak 2, 3, 4, 6 dan 8 buah, semakin banyak jumlah sudu semakin banyak daya *output* listrik turbin *vortex*. Efisiensi tertinggi 6,02% diperoleh pada jumlah sudu 8 dan pada daya 1,85 Watt dengan verifikasi daya mekanis 3,44 Watt.

Penelitian Sandeputra, Atha Firdaus dan Adiwibowo, Priyo Heru (2017) yang berjudul "Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Dengan Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluar *Basin*", menyatakan bahwa jarak sudu turbin terhadap saluran keluar *basin* mempengaruhi daya dan efisiensi turbin. Daya tertinggi terjadi pada jarak sudu dengan saluran keluar *basin* 3 cm dengan kapasitas air 8,899 L/s pada pembebanan 25.000 gram diperoleh daya 25,4005 Watt dan efisiensi tertinggi terjadi pada jarak sudu dengan saluran keluar *basin* 3 cm dengan kapasitas air 5,647 L/s pada pembebanan 15.000 gram yaitu 56,189%.

Penelitian Baskoro, Mahendra Bagus dan Adiwibowo, Priyo Heru (2017) yang berjudul "Uji Eksperimental Pengaruh Sudut *Basin Cone* Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex*", menyatakan bahwa variasi sudut *basin cone* dapat mempengaruhi daya dan efisiensi yang

dihasilkan oleh turbin *vortex*. Daya dan efisiensi tertinggi pada *basin cone* sudut  $67^\circ$  yang menghasilkan daya turbin sebesar 35,07 Watt dan efisiensi turbin 55,79 % dengan pembebanan 45.000 gram.

Penelitian yang dilakukan Kurniawan, Hudan Achmad dan Adiwibowo, Priyo Heru (2017) dalam penelitian yang berjudul "Pengaruh Sudut *Inlet Notch* Pada Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Terhadap Daya Dan Efisiensi", menyatakan bahwa variasi sudut sudu pengarah sangat berpengaruh terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin *vortex*. Sudu pengarah dengan sudut  $17,82^\circ$  memiliki daya dan efisiensi paling optimal. Pada sudu pengarah  $17,82^\circ$  memiliki daya tertinggi sebesar 23,96 Watt yang terjadi pada kapasitas 8,1327077 L/s dengan pembebanan 20.000 gram dan efisiensi tertinggi sebesar 57,26% terjadi pada kapasitas 5,6472274 L/s dengan pembebanan 15.000 gram.

Penelitian yang dilakukan Triswanto, Hendro dan Adiwibowo, Priyo Heru (2017) dalam penelitian berjudul "Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kelengkungan Dengan Sudu Tipe U Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex*", menyatakan bahwa sudut kelengkungan sudu mempengaruhi daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin reaksi aliran vorteks, dimana sudu dengan sudut kelengkungan  $30^\circ$  memiliki daya dan efisiensi paling optimal daripada sudut  $20^\circ$  dan  $25^\circ$ . Pada besar sudut kelengkungan  $30^\circ$  daya tertinggi terjadi pada kapasitas 8,899 L/s dan pembebanan 25.000 gram dengan daya sebesar 25,401 Watt dan efisiensi tertinggi terjadi pada kapasitas 5,647 L/s dan pembebanan 15.000 gram dengan efisiensi sebesar 58,565%.

Berdasarkan penelitan Prasetyo, Agung Dwi dan Adiwibowo, Priyo Heru (2016) yang berjudul "Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Banyak Sekat Pada Sudu Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Reaksi *Crossflow* Poros Vertikal Dengan Sudu Setengah Silinder" menyatakan bahwa turbin dengan sudu satu sekat menghasilkan daya dan efisiensi tertinggi pada kapasitas air 7,4923 L/s dan pembebanan sebesar 2 Kg dibandingkan dengan sudu tanpa sekat dan dua sekat.

Penelitian yang dilakukan Fuadhani, Fariz Rafi dan Adiwibowo, Priyo Heru (2017) dalam penelitian berjudul "Uji Eksperimental Pengaruh Penambahan Sekat Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Dengan Sudu Berpenampang Setengah Silinder", menyatakan bahwa sudu satu sekat memiliki daya sebesar 18,09 watt dan efisiensi 32,63%.

Penelitian yang dilakukan Ardiansyah, Muhammad Andrian dan Adiwibowo, Priyo Heru (2017) dalam penelitian yang berjudul "Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Tipe Sudu Berpenampang Lengkung L Dengan Variasi Sudut Pada Ujung Sudu", menyatakan bahwa besar lengkungan sudut pada ujung sudu turbin reaksi tipe L sangat mempengaruhi daya dan

efisiensi yang dihasilkan. Daya tertinggi dihasilkan oleh turbin reaksi dengan besar sudut  $60^\circ$  pada kapasitas 8,8992 L/s dengan beban 25.000 g dengan daya sebesar 28,31 Watt. Efisiensi tertinggi terdapat pada turbin dengan besar sudut  $90^\circ$  pada ujung sudu pada kapasitas 5,6472 L/s dengan pembebanan 15.000g dengan efisiensi sebesar 57,521%.

Berdasarkan latar belakang dan penelitian terdahulu diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah pertama, mengetahui bagaimana sudut sekat sudu pada sudu turbin reaksi aliran *vortex* berpenampang setengah silinder terhadap daya yang dihasilkan. Kedua, mengetahui bagaimana pengaruh sudut sekat sudu pada sudu turbin reaksi aliran *vortex* berpenampang setengah silinder terhadap efisiensi yang dihasilkan.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah pertama, menganalisis pengaruh sudut sekat sudu pada sudu turbin reaksi aliran *vortex* berpenampang setengah silinder terhadap daya yang dihasilkan. Kedua, menganalisis pengaruh sudut sekat sudu pada sudu turbin reaksi aliran *vortex* berpenampang setengah silinder terhadap efisiensi yang dihasilkan.

Manfaat penelitian ini adalah (1) Memperoleh tambahan ilmu mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). (2) Mengetahui daya dan efisiensi yang dihasilkan dari turbin reaksi aliran *vortex* berpenampang setengah silinder. (3) Sebagai referensi bahan ajar mengenai inovasi dalam perkembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). (4) Sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). (5) Memberikan informasi kepada masyarakat tentang pembangkit energi alternatif khususnya PLTMH. (6) Memberikan pengetahuan lebih untuk masyarakat untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dengan energi alternatif.

## METODE

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental adalah penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta seberapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan tertentu dan menyediakan kontrol untuk perbandingan.

### Tempat dan Waktu Penelitian

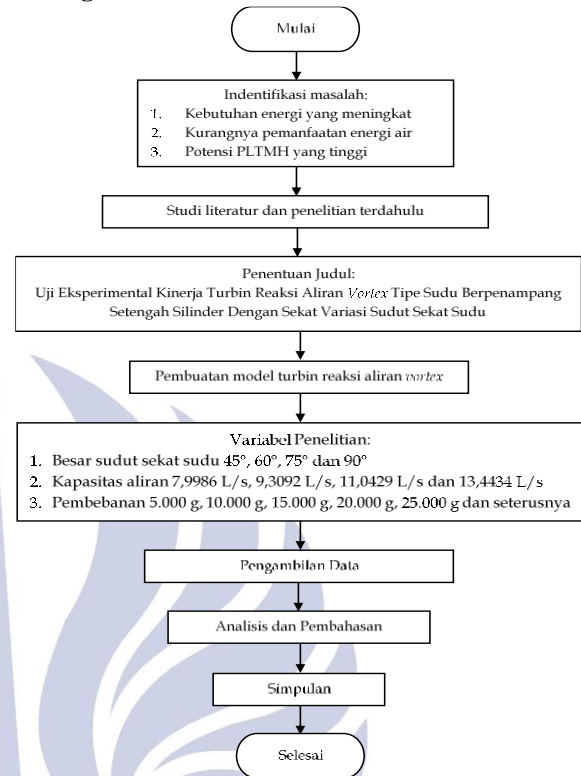
#### • Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin gedung A8 lantai 2 Universitas Negeri Surabaya

#### • Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan bulan Maret s/d Mei 2018

### Rancangan Penelitian



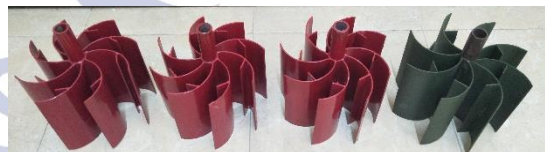
Gambar 1. Flowchart Penelitian

### Variabel Penelitian

#### • Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

- Besar sudut sekat adalah  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$  dan  $90^\circ$



Gambar 2. Turbin

#### • Variabel Terikat

- Daya dan efisiensi turbin
- Kapasitas air adalah 7,9986 L/s, 9,3092 L/s, 11,0429 L/s dan 13,4434 L/s
- Pembebanan sebesar 5.000 g, 10.000 g, 15.000 g, 20.000 g, 25.000 g dan seterusnya

#### • Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:

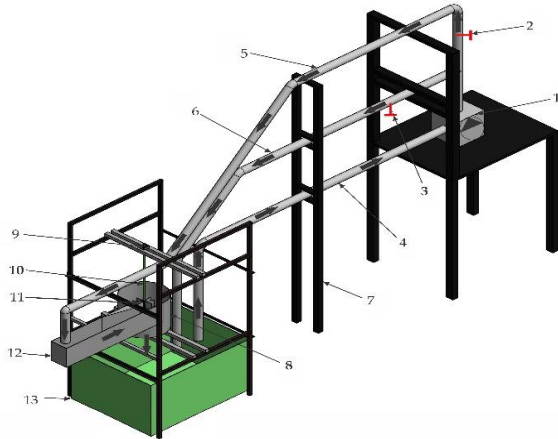
- Turbin *vortex* dengan jumlah sudu 8 buah
- Diameter turbin 21 cm dan tinggi 15 cm
- Diameter *basin* 56 cm dan tinggi 70 cm
- Diameter *outlet basin* 9 cm
- Sudut kelengkungan sudu turbin  $30^\circ$
- Jarak turbin dengan *outlet basin* sebesar 3 cm



- Sudut *inlet notch* sebesar 17,82°
- Sudut *basin cone* sebesar 67°

**Model Pengujian**

Penelitian dilakukan untuk mendapatkan daya dan efisiensi oleh sebab itu dibuat model pengujian sebagai berikut:



Gambar 3. Model Pengujian

Keterangan:

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1. Pompa                            | 7. Rangka                              |
| 2. Katup pengatur debit             | 8. <i>Basin</i>                        |
| 3. Katup <i>bypass</i>              | 9. <i>Bearing</i>                      |
| 4. Pipa saluran <i>inlet</i> pompa  | 10. Poros Turbin                       |
| 5. Pipa saluran <i>outlet</i> pompa | 11. Turbin                             |
| 6. Pipa saluran <i>bypass</i>       | 12. <i>Inlet basin</i>                 |
|                                     | 13. Bak penampung ( <i>reservoir</i> ) |

**Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif yaitu metode yang mendeskripsikan data secara sistematis, faktual dan akurat mengenai hasil yang diperoleh selama pengujian.

Tujuan penggunaan metode kualitatif deskriptif untuk memperlihatkan hubungan antara variabel-variabel dan fenomena-fenomena yang terjadi pada objek dan untuk memberikan jawaban terhadap hipotesis yang diajukan dalam penelitian tentang pengaruh variasi sudut sekat sudu turbin *vortex* berpenampang setengah silinder.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penelitian**

Proses analisis data diambil rata-rata data dari tiga kali proses pengujian pada turbin reaksi aliran *vortex* sudut sekat 45°, 60°, 75° dan 90°. Variasi pembebanan yang digunakan yaitu kelipatan 5.000 gram pada setiap pembebanan dan penambahan beban 1.000 gram ketika

turbin akan berhenti. Nilai yang didapatkan dari proses perhitungan adalah kapasitas air, daya air yang mengalir, torsi, daya turbin dan efisiensi turbin. Untuk memperoleh data diatas diperlukan beberapa perhitungan yaitu:

• Perhitungan Kapasitas Air (Q)

$$Q = Cd \cdot \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2g} \cdot tg \frac{\theta}{2} \cdot H^{\frac{5}{2}} \quad (\text{Pritchard, 2011:648})$$

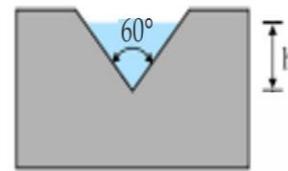
Q = Kapasitas air (m<sup>3</sup>/s)

Cd = *Coefficient of Discharge*

θ = Sudut pada *V-notch weir* (°)

g = Gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

H = Tinggi ambang (m)



Gambar 4. Tinggi Ambang (H) *V-notch*

• Daya Air (Pa)

$$P_a = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H_v \quad (\text{Pritchard, 2011:504})$$

Dimana:

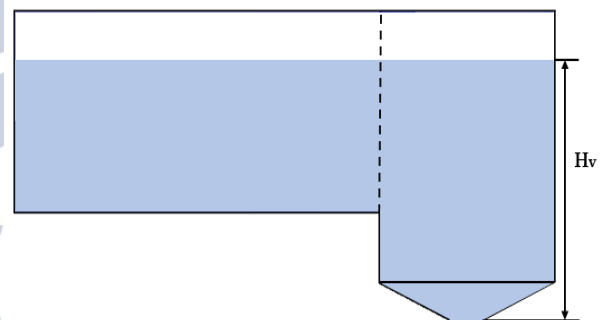
P<sub>a</sub> = Daya air (Watt)

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

ρ = Massa jenis *Fluida* (kg/m<sup>3</sup>)

g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

H<sub>v</sub> = Tinggi *vortex* (m)



Gambar 5. Tinggi *Vortex* pada *Basin*

• Gaya (F)

$$F = m \cdot g \quad (\text{Khurmi et. al. 2005:10})$$

Dimana:

F = Gaya (N)

m = Massa (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

• Torsi (T)

$$T = F \cdot r \quad (\text{Khurmi et. al. 2005:10})$$

Dimana:

T = Torsi (N.m)

F = Gaya (N)

r = Jari-jari poros (m)

- Kecepatan *Angular* ( $\omega$ )

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad (\text{Khurmi et. al. 2005:14})$$

Dimana:

- $\omega$  = Kecepatan *angular* (rad/s)
- n = Putaran (rpm)

- Daya Turbin (Pt)

$$P_t = T \cdot \omega \quad (\text{Pritchard, 2011:504})$$

Dimana:

- $P_t$  = Daya turbin (Watt)
- T = Torsi (N.m)
- $\omega$  = Kecepatan *angular* (rad/s)

- Efisiensi Turbin

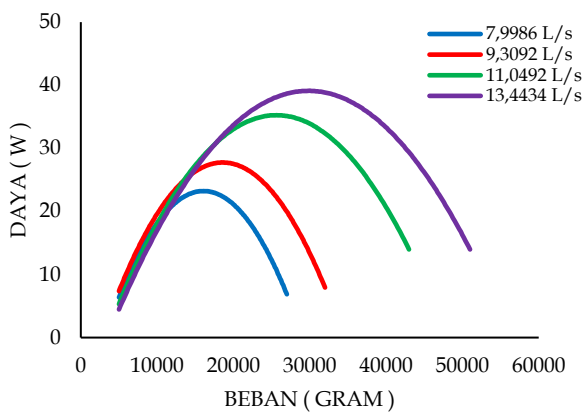
$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100 \% \quad (\text{Pritchard, 2011:505})$$

Dimana:

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

### Pembahasan

- Pengaruh Kapasitas Air Terhadap Daya Air



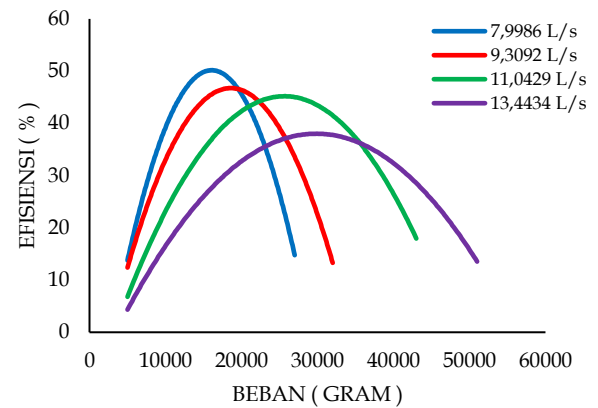
Gambar 6. Grafik pengaruh kapasitas terhadap daya

Berdasarkan gambar 6, terlihat bahwa daya turbin semakin besar, hal ini berbanding lurus dengan kapasitas yang diberikan. Peningkatan daya disebabkan karena semakin besarnya kapasitas yang diberikan hal ini mengakibatkan putaran turbin yang dihasilkan semakin cepat dan lebih tahan terhadap pembebanan tinggi.

Berdasarkan pada gambar 6, terlihat bahwa pada kapasitas 7,9986 L/s menghasilkan daya terendah pada pembebanan 5.000 gram dengan daya yang dihasilkan sebesar 8,0217 Watt dan menghasilkan daya tertinggi pada pembebanan 20.000 gram sebesar 21,7420 Watt. Daya turbin semakin menurun setelah diberikan pembebanan diatas 20.000 gram dan berhenti pada pembebanan 27.000 gram. Pada kapasitas 9,3092 L/s daya turbin yang dihasilkan mengalami kenaikan dengan

daya tertinggi sebesar 26,3163 Watt pada pembebanan 20.000 gram dan menurun setelah diberikan pembebanan diatas 20.000 gram dan berhenti pada pembebanan 32.000 gram. Pada kapasitas 11,0429 L/s daya turbin kembali mengalami kenaikan dengan daya tertinggi sebesar 35,1928 Watt pada pembebanan 30.000 gram dan berhenti pada pembebanan sebesar 43.000 gram. Daya turbin sudut sekat 45° tertinggi dihasilkan pada kapasitas 13,4434 L/s sebesar 38,2313 Watt pada pembebanan 30.000 gram dan berhenti pada pembebanan 51.000 gram

- Pengaruh Kapasitas Air Terhadap Efisiensi Turbin



Gambar 7. Grafik pengaruh kapasitas terhadap efisiensi

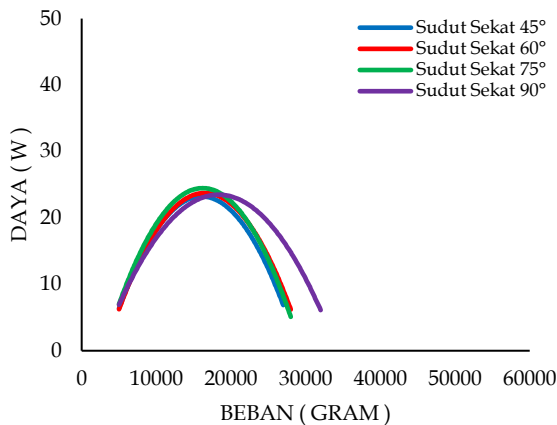
Berdasarkan gambar 7, terlihat bahwa efisiensi dari turbin cenderung mengalami penurunan efisiensi dengan penambahan besar kapasitas air. Penambahan besar kapasitas air menyebabkan tinggi *vortex* yang terbentuk semakin tinggi sehingga nilai dari daya air juga semakin besar.

Berdasarkan gambar 7, terlihat bahwa pada kapasitas 7,9986 L/s menghasilkan efisiensi sebesar 46,9636% pada pembebanan 20.000 gram namun pada kapasitas ini turbin tidak mampu menahan pembebanan yang tinggi dikarenakan kapasitas air yang rendah menghasilkan daya dorong pada turbin yang rendah pula. Pada kapasitas 9,3092 L/s efisiensi turbin mengalami penurunan dengan nilai efisiensi sebesar 44,3333% pada pembebanan sebesar 20.000 gram. Efisiensi mengalami kenaikan pada kapasitas 11,0429 L/s dan turbin lebih tahan terhadap pembebanan yang tinggi. Nilai efisiensi yang dihasilkan sebesar 45,1200% pada pembebanan 30.000 gram. Pada kapasitas 13,4434 L/s efisiensi turbin mengalami penurunan yang signifikan namun turbin lebih tahan terhadap pembebanan yang tinggi. Nilai efisiensi tertinggi yang dapat dihasilkan pada kapasitas 13,4434 L/s sebesar 37,1657% pada pembebanan sebesar 30.000 gram. Turbin reaksi berpenampang setengah silinder

dengan sudut sekat  $45^\circ$  memiliki efisiensi tertinggi pada kapasitas 7,9986 L/s dengan pembebanan 20.000 gram.

• Pengaruh Variasi Sudut Sekat Terhadap Daya Turbin pada Kapasitas Tetap

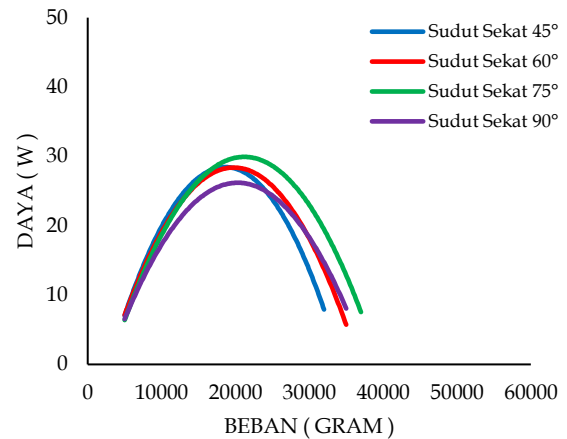
- Pengaruh variasi sudut sekat terhadap daya turbin pada kapasitas 7,9986 L/s



Gambar 8. Grafik pengaruh beban dan sudut sekat terhadap daya turbin pada kapasitas 7,9986 L/s

Berdasarkan gambar 8, pada grafik *trend line* daya tertinggi dihasilkan oleh turbin sudut sekat  $75^\circ$ . Pada kapasitas 7,9986 L/s turbin sudut sekat  $60^\circ$  menghasilkan daya 22,7175 Watt pada pembebanan 20.000 kemudian daya turbin cenderung turun dan berhenti pada pembebanan 28.000 gram. Daya maksimal yang dihasilkan turbin reaksi dengan sudut sekat  $45^\circ$  sebesar 21,7421 Watt pada pembebanan 20.000 gram dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 27.000 gram. Pada turbin sudut sekat  $75^\circ$  dapat menghasilkan daya sebesar 22,4787 Watt pada pembebanan 20.000 gram dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 28.000 gram. Pada turbin sudut sekat  $90^\circ$  mampu menghasilkan daya sebesar 22,0346 Watt pada pembebanan 20.000 gram lalu berhenti berputar pada pembebanan 32.000 gram.

- Pengaruh variasi sudut sekat terhadap daya turbin pada kapasitas 9,3092 L/s

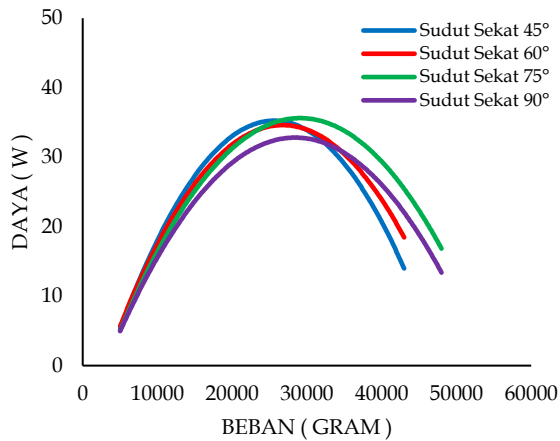


Gambar 9. Grafik pengaruh beban dan sudut sekat terhadap daya turbin pada kapasitas 9,3092 L/s

Kapasitas 9,3092 L/s daya turbin yang dihasilkan setiap variasi sudut sekat tidak memiliki perbedaan daya terlalu signifikan. Berdasarkan grafik, daya turbin terlihat meningkat hingga titik optimal kemudian turun seiring penambahan beban dan bertambahnya nilai torsi. Penambahan beban mengakibatkan putaran turbin menurun yang menyebabkan nilai kecepatan *angular* turbin menurun.

Berdasarkan gambar 9, pada grafik *trend line* daya tertinggi dihasilkan oleh turbin sudut sekat  $75^\circ$ . Pada kapasitas 9,3092 L/s daya tertinggi dihasilkan turbin sudut sekat  $75^\circ$  sebesar 27,7675 Watt pada pembebanan 20.000 gram dan berhenti berputar pada pembebanan 37.000 gram. Turbin lebih tahan terhadap pembebanan. Pada sudut sekat  $75^\circ$ , sudut sekat bertambah besar menyebabkan air berpusat pada bagian luar sudu lebih banyak sehingga gaya dorong air bertambah lebih kuat. Pada turbin sudut sekat  $45^\circ$  menghasilkan daya sebesar 26,3163 Watt pada pembebanan 20.000 gram, berhenti berputar pada pembebanan 32.000 gram. Pada turbin sudut sekat  $60^\circ$  menghasilkan daya sebesar 27,3842 Watt pada pembebanan 20.000 gram, berhenti berputar pada pembebanan 35.000 gram. Pada turbin sudut sekat  $90^\circ$  menghasilkan daya sebesar 26,5670 Watt pada pembebanan 20.000 gram, berhenti pada pembebanan 35.000 gram.

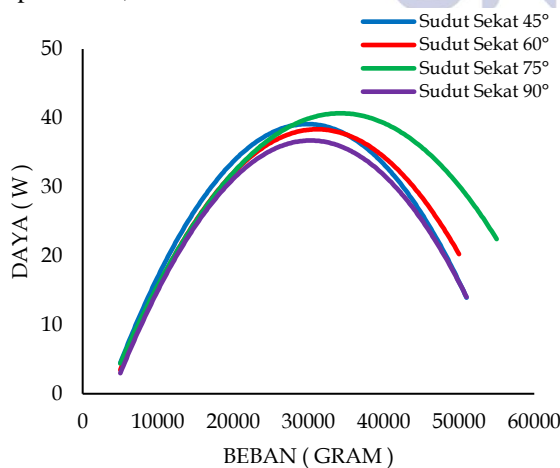
- Pengaruh variasi sudut sekat terhadap daya turbin pada kapasitas 11,0429 L/s



Gambar 10. Grafik pengaruh beban dan sudut sekat terhadap daya turbin pada kapasitas 11,0429 L/s

Berdasarkan gambar 10, pada grafik *trend line* daya tertinggi dihasilkan oleh turbin sudut sekat 75°. Pada kapasitas 11,0429 L/s daya tertinggi dihasilkan turbin sudut sekat 75° sebesar sebesar 35,6275 Watt pada pembebanan 35.000 gram dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 48.000 gram. Pada turbin sudut sekat 45° menghasilkan daya sebesar 35,1928 Watt pada pembebanan 30.000 gram, berhenti berputar pada pembebanan 43.000 gram. Pada turbin sudut sekat 60° menghasilkan daya sebesar 35,2596 Watt pada pembebanan 35.000 gram, berhenti berputar pada pembebanan 43.000 gram. Pada turbin sudut sekat 90° mampu menghasilkan daya sebesar 35,2365 Watt pada pembebanan 40.000 gram lalu berhenti berputar pada pembebanan 48.000 gram.

- Pengaruh variasi sudut sekat terhadap daya turbin pada kapasitas 13,4434 L/s

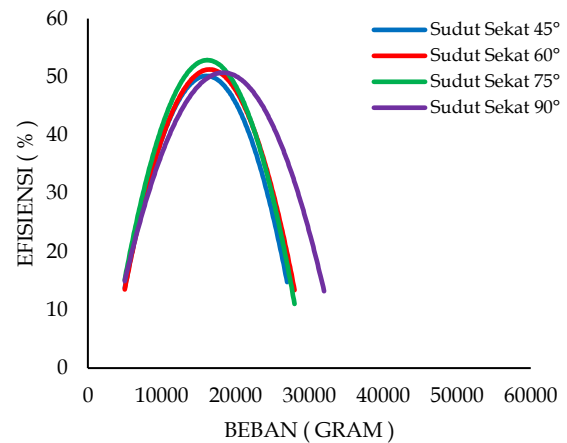


Gambar 11. Grafik pengaruh beban dan sudut sekat terhadap daya turbin pada kapasitas 13,4434 L/s

Berdasarkan gambar 11, pada grafik *trend line* daya tertinggi dihasilkan oleh turbin sudut sekat 75°. Turbin reaksi dengan sudut sekat 75° mampu menghasilkan daya tertinggi sebesar 43,2171 Watt pada pembebanan 45.000 gram kemudian daya turbin cenderung turun setelah diberikan beban lebih dari 45.000 gram dan berhenti pada pembebanan 55.000 gram. Pada sudut sekat 75° dikarenakan sudut sekat bertambah besar menyebabkan air berpusat pada bagian luar sudu lebih banyak sehingga gaya dorong air bertambah lebih kuat. Pada turbin sudut sekat 45° sebesar 38,2312 Watt pada pembebanan 30.000 gram, turbin berhenti berputar pada pembebanan 51.000 gram. Pada turbin sudut sekat 60° menghasilkan daya sebesar 40,0854 Watt pada pembebanan 45.000 gram, berhenti berputar pada pembebanan 50.000 gram. Pada turbin sudut sekat 90° mampu menghasilkan daya sebesar 38,5427 Watt pada pembebanan 35.000 gram lalu berhenti berputar pada pembebanan 51.000 gram.

• Pengaruh Variasi Sudut Sekat Terhadap Efisiensi Turbin pada Kapasitas Tetap

- Pengaruh variasi sudut sekat terhadap efisiensi turbin pada kapasitas 7,9986 L/s



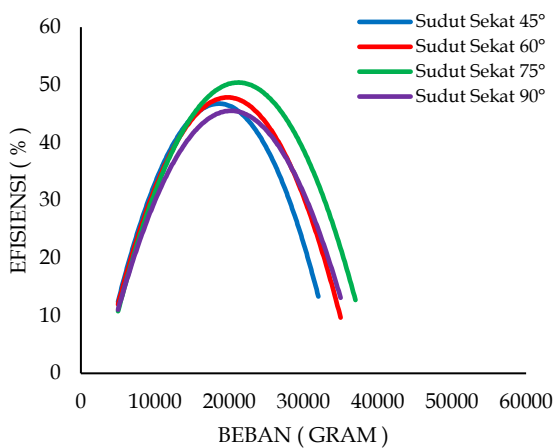
Gambar 12. Grafik pengaruh beban dan sudut sekat terhadap efisiensi turbin pada kapasitas 7,9986 L/s

Berdasarkan gambar 12, pada grafik *trend line* efisiensi tertinggi dihasilkan oleh turbin sudut sekat 75°. Turbin reaksi dengan sudut sekat 60° mampu menghasilkan efisiensi sebesar 49,0706% pada pembebanan 20.000 gram kemudian efisiensi turbin cenderung turun dan berhenti pada pembebanan 28.000 gram. Kapasitas air yang mengalir tidak terlalu besar menyebabkan putaran turbin tidak terlalu tinggi dan semakin menurun seiring dengan penambahan beban. Pada turbin sudut sekat 45° efisiensi sebesar 46,9636% pada pembebanan 20.000 gram dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 27.000 gram. Efisiensi yang dihasilkan turbin sudut



sekat  $45^\circ$  paling kecil. Pada turbin sudut sekat  $75^\circ$  dapat menghasilkan efisiensi sebesar 48,5549% pada pembebanan 20.000 gram kemudian efisiensi menurun setelah diberikan pembebanan diatas 20.000 gram dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 28.000 gram. Pada turbin sudut sekat  $90^\circ$  efisiensi menurun dan hanya mampu menghasilkan efisiensi sebesar 47,5957% pada pembebanan 20.000 gram lalu berhenti berputar pada pembebanan 32.000 gram.

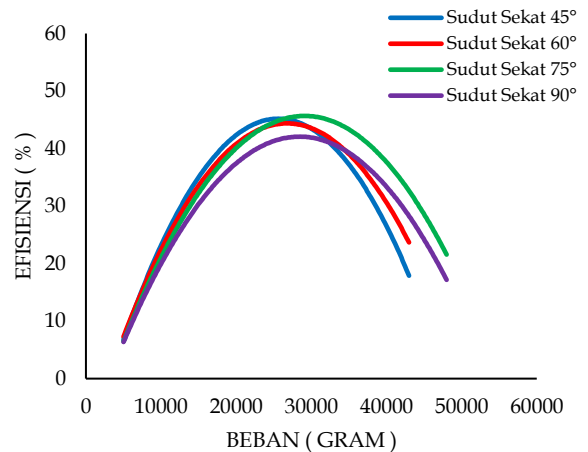
- Pengaruh variasi sudut sekat terhadap efisiensi turbin pada kapasitas 9,3092 L/s



Gambar 13. Grafik pengaruh beban dan sudut sekat terhadap efisiensi turbin pada kapasitas 9,3092 L/s

Berdasarkan gambar 13, pada grafik *trend line* efisiensi tertinggi dihasilkan oleh turbin sudut sekat  $75^\circ$ . Efisiensi tertinggi pada kapasitas 9,3092 L/s dihasilkan oleh turbin sudut sekat  $75^\circ$  sebesar 46,7780% pada pembebanan 20.000 gram kemudian efisiensi turbin cenderung turun dan berhenti pada pembebanan 37.000 gram. Pada sudut sekat  $75^\circ$  dikarenakan sudut sekat bertambah besar menyebabkan air berpusat pada bagian luar sudu lebih banyak sehingga gaya dorong air bertambah lebih kuat. Pada turbin sudut sekat  $45^\circ$  menghasilkan efisiensi sebesar 44,3333% pada pembebanan 20.000 gram kemudian menurun dan akhirnya berhenti pada pembebanan 32.000 gram. Pada turbin sudut sekat  $60^\circ$  menghasilkan efisiensi sebesar 46,1323% pada pembebanan 20.000 gram kemudian efisiensi menurun dan berhenti pada pembebanan 35.000 gram. Pada turbin sudut sekat  $90^\circ$  efisiensi menurun dan hanya mampu menghasilkan efisiensi sebesar 44,7557% pada pembebanan 20.000 gram lalu turbin berhenti berputar pada pembebanan 35.000 gram.

- Pengaruh variasi sudut sekat terhadap efisiensi turbin pada kapasitas 11,0429 L/s



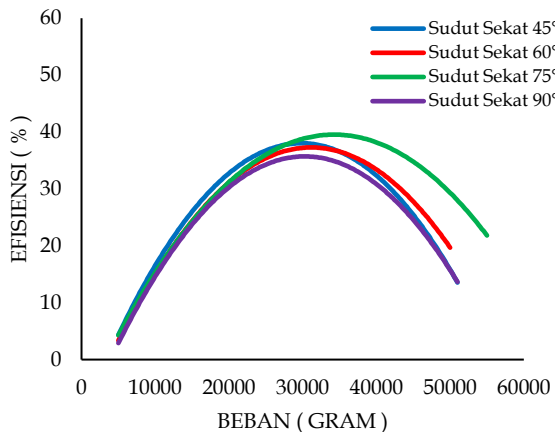
Gambar 14. Grafik pengaruh beban dan sudut sekat terhadap efisiensi turbin pada kapasitas 11,0429 L/s

Efisiensi turbin terus meningkat bersamaan dengan penambahan beban hingga mencapai titik optimal kemudian efisiensi turun. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan daya turbin. Efisiensi juga dipengaruhi oleh daya air dimana efisiensi dihitung dari daya turbin dibagi daya air.

Berdasarkan gambar 14, pada grafik *trend line* efisiensi tertinggi dihasilkan oleh turbin sudut sekat  $75^\circ$ . Efisiensi tertinggi pada kapasitas 11,0429 L/s dihasilkan oleh turbin sudut sekat  $75^\circ$  sebesar 45,6772% pada pembebanan 35.000 gram kemudian efisiensi turbin cenderung turun dan berhenti pada pembebanan 48.000 gram. Pada sudut sekat  $75^\circ$  dikarenakan sudut sekat bertambah besar menyebabkan air berpusat pada bagian luar sudu lebih banyak sehingga gaya dorong air bertambah lebih kuat. Pada turbin sudut sekat  $45^\circ$  menghasilkan efisiensi sebesar 45,1200% pada pembebanan 30.000 gram dan akhirnya berhenti pada pembebanan 43.000 gram. Pada turbin sudut sekat  $60^\circ$  menghasilkan efisiensi sebesar 44,7579% pada pembebanan 30.000 gram kemudian berhenti pada pembebanan 43.000 gram. Pada turbin sudut sekat  $90^\circ$  efisiensi menurun dan hanya mampu menghasilkan efisiensi sebesar 45,1759% pada pembebanan 40.000 gram lalu berhenti berputar pada pembebanan 48.000 gram.



- Pengaruh variasi sudut sekat terhadap efisiensi turbin pada kapasitas 13,4434 L/s



Gambar 15. Grafik pengaruh beban dan sudut sekat terhadap efisiensi turbin pada kapasitas 13,4434 L/s

Berdasarkan gambar 15, pada grafik *trend line* efisiensi tertinggi dihasilkan oleh turbin sudut sekat 75°. Efisiensi tertinggi pada kapasitas 13,4434 L/s dihasilkan oleh turbin sudut sekat 75° sebesar 43,2171% pada pembebanan 45.000 gram kemudian efisiensi turbin cenderung turun dan berhenti pada pembebanan 55.000 gram. Pada sudut sekat 75° dikarenakan sudut sekat bertambah besar menyebabkan air berpusat pada bagian luar sudu lebih banyak sehingga gaya dorong air bertambah lebih kuat. Pada turbin sudut sekat 45° menghasilkan efisiensi sebesar 37,1657% pada pembebanan 30.000 gram dan akhirnya berhenti pada pembebanan 51.000 gram. Pada turbin sudut sekat 60° menghasilkan efisiensi sebesar 38,9682% pada pembebanan 45.000 gram kemudian berhenti pada pembebanan 50.000 gram. Pada turbin sudut sekat 90° efisiensi menurun dan hanya mampu menghasilkan efisiensi sebesar 37,4685% pada pembebanan 35.000 gram lalu berhenti berputar pada pembebanan 51.000 gram.

## PENUTUP

### Simpulan

- Sudut sekat mempengaruhi daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin reaksi aliran *vortex* dimana daya tertinggi yang dapat dihasilkan yaitu pada kapasitas 13,4434 L/s turbin sudut sekat 75° menghasilkan daya sebesar 43,2171 Watt pada pembebanan 45.000 gram, diikuti turbin sudut sekat 60° pada kapasitas 13,4434 L/s sebesar 40,0854 Watt pada pembebanan 45.000 gram. Turbin sudut sekat 90° pada kapasitas 13,4434 L/s menghasilkan daya sebesar 38,5429 Watt pada pembebanan 35.000 gram dan daya paling rendah pada

turbin sudut sekat 45° dengan kapasitas 13,4434 L/s sebesar 38,2312 Watt pada pembebanan 30.000 gram.

- Efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh turbin reaksi aliran *vortex* yaitu pada kapasitas 7,9986 L/s turbin sudut sekat 60° menghasilkan efisiensi sebesar 49,0706% pada pembebanan 20.000 gram, diikuti turbin sudut sekat 75° dengan kapasitas 7,9986 L/s menghasilkan efisiensi sebesar 48,5555% pada pembebanan 20.000 gram. Turbin sudut sekat 90° dengan kapasitas 7,9986 L/s menghasilkan efisiensi sebesar 47,5957% pada pembebanan 20.000 gram dan efisiensi paling rendah terdapat pada turbin sudut sekat 45° dengan kapasitas 7,9986 L/s sebesar 46,9636% pada pembebanan 20.000 gram.

### Saran

Dibutuhkan penelitian yang lebih lanjut terhadap variasi besarnya ukuran sekat yang digunakan, karena kemungkinan dapat menghasilkan daya dan efisiensi yang lebih baik. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memilih material dan bahan yang lebih baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, Muhammad Andrian dan 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 Universitas Negeri Surabaya*. Vol. 5 (2): hal 71-80.
- Baskoro, Mahendra Bagus dan Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. "Uji Eksperimental Pengaruh Sudut *Basin Cone* Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex*". *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*. Vol. 5 (2): hal 81-91.
- Khurmi, R. S., Gupta, J. K. 2005. *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Kurniawan, Hudan Achmad dan Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. "Pengaruh Sudut *Inlet Notch* Pada Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Terhadap Daya Dan Efisiensi". *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*. Vol. 5 (2): hal 61-69.
- Luknanto, Djoko. 2007. *Bangunan Tenaga Air*, (Online), (<http://luk.staff.ugm.ac.id/bta/TurbinAir.pdf>, diunduh 02 Desember 2017).
- Mulligan, S., and P. Hull. 2010. *Design and Optimisation of a Water Vortex Hydropower Plant*", (Online), (<https://itslgo.ie/wp-includes/ms-files.php?file=2011/03/Sean-Mulligan-A0.pdf>, diunduh 18 November 2017).
- Munson, Bruce R., et.al. 2009. *Fundamentals Of Fluid Mechanics Sixth Edition*. Danvers: Jhon Wiley & Sons Inc.

- Nazir, Mohammad. 1988. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Pardede, Petrus Jese P. 2015. *Analisa Teoritis Turbin Vorteks dengan Rumah Turbin Berbentuk Lingkaran dengan Variasi Diameter Saluran Buang, Ketinggian Air dan Diameter Runner*. Skripsi tidak diterbitkan. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Prasetyo, Agung Dwi dan Adiwibowo, Priyo Heru. 2016. "Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Banyak Sekat Pada Sudu Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Reaksi *Cossflow* Poros Vertikal Dengan Sudu Setengah Silinder". *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*. Vol. 4 (3): hal 461-468.
- Pritchard, Philip J., Leylegian, Jhon C. 2011. *Introduction to Fluid Mechanics Eighth Edition*. Danvers: Jhon Wiley & Sons Inc.
- Rohermanto, Agus. 2007. "Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)". *Jurnal Vokasi Politeknik Negeri Pontianak*. Vol. 4. (1) hal: 28-36.
- Sandeputra, Atha Firdaus dan Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. "Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Dengan Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluar Basin". *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*. Vol. 5 (2): hal 113-121.
- 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 (2): hal 143-148.
- Subandono, Agus. 2012. "Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH)". *Jurnal Ilmiah Universitas Pawyatan Daha Kediri*. hal: 1-12,38.
- Sugiyono. 2015. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Tim Penulis. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Triswanto, Hendro dan Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. "Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kelengkungan Dengan Sudu Tipe U Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex*". *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*. Vol. 5 (2): hal 139-146.
- Widiyatmoko. 2012. *Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Listrik Pada Turbin Vortex*. Tesis tidak diterbitkan. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Yani, Ahmad., Mihdar, dan Rudi Erianto. 2016. "Pengaruh Variasi Bentuk Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Kinetik (Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan)." *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro*. Vol. 5 (1): hal 8-13.