

EKSPERIMENTAL KINERJA TURBIN REAKSI ALIRAN *VORTEX* TIPE SUDU BERPENAMPANG L DENGAN VARIASI PANJANG SISI LURUS PADA UJUNG SUDU

Boy Ilham Prabowo

S1 Teknik Mesin Konversi Energi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: boyprabowo@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

Abstrak

Kebutuhan energi di dunia, khususnya di Indonesia terus meningkat karena penambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola pemakaian energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Hal ini berbanding terbalik dengan pemakaian energi dan energi terus yang berkurang. Untuk mengatasi dan mengantisipasi masalah krisis energi bisa dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tidak bisa habis dan bisa diperbarui atau biasa disebut Energi Baru Terbarukan (EBT). Sedangkan Tenaga air merupakan jenis energi terbarukan yang memiliki potensi terbesar dibandingkan dengan sumber-sumber energi terbarukan lainnya. Potensi tenaga air di Indonesia mencapai 75.861 MW yang juga termasuk didalamnya adalah pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Tetapi potensi tenaga air ini di Indonesia belum dapat dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen, tentang pengaruh variasi panjang ujung sudu turbin berpenampang L pada kinerja turbin reaksi aliran *vortex* dengan variasi sebesar 2 cm, 3 cm, 5 cm, dan 7 cm, yang akan diuji pada kapasitas aliran dan pembebanan yang divariasikan juga. Kinerja turbin reaksi aliran *vortex* terdiri dari daya dan efisiensi yang dihasilkan. Hasil penelitian didapatkan bahwa penambahan panjang ujung sudu pada turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu berpenampang L sangat mempengaruhi daya dan efisiensi yang dihasilkan. Daya tertinggi yang dihasilkan turbin reaksi terdapat pada turbin dengan panjang ujung sudu 5 cm pada kapasitas 13,4434 L/s yaitu 35,65 Watt pada pembebanan 35000 g. Sedangkan efisiensi tertinggi yang dihasilkan terdapat pada turbin yang sama, yaitu dengan panjang ujung sudu 5 cm pada kapasitas 9,3092 L/s yaitu 48,47% pada pembebanan 25000 g. Semakin panjang ujung sudu maka daya dan efisiensi yang dihasilkan juga meningkat, sampai dimana panjang ujung sudu paling optimal adalah 5 cm dan setelah itu daya dan efisiensi mengalami penurunan.

Kata Kunci: Turbin *Vortex*, Sudu Berpenampang L, Panjang Ujung Sudu

Abstract

Energy needs of world, especially in Indonesia increases due to population, economic growth and the pattern of energy consumption itself that constantly increases. It is inversely proportional to the energy consumption and energy continue that always reduce. To solve anticipate the problem of energy crisis could by exploiting natural resources that cannot be depleted and be renew or commonly called New Renewable Energy (EBT). While the type of water energy is renewable energy which has the largest group compared with other renewable energy sources. Indonesia water power potential reaches 75,861 MW which also include micro hydro power plant. But water power potential in Indonesia could not be utilized optimally. This research uses experimental research method, on the influence of the long ends of the turbine vanes engineering sectioned L on the performance of *vortex* flow reaction turbine with techniques of 2 cm, 3 cm, 5 cm and 7 cm, which will be tested at a flow capacity and loading the varied also. The performance of *vortex* flow reaction turbine consists of power and efficiency. The research results obtained that increase the length of the end vanes in a turbine-type *vortex* flow reaction turbine vanes sectioned L greatly influences the resulting efficiency and power. Power generated from the reaction turbine the turbine is present on the ends of long vanes with 5 cm in 13.4434 L/s capacity applies 35.65 Watts on imposition of 35000 g. Whereas the highest efficiency generated is present on the same goes with turbine the length of the end vanes 5 cm on the capacity 9.3092 L/s 48.47% applies on the imposition of 25000 g. Increasingly long end vanes then power and the resulting efficiency also increases, funds them is the long ends of the vanes is the most optimal 5 cm and after that power and the efficiency decline.

Keywords: *Vortex* Turbine Vanes, sectioned L, the length of the end vanes

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di dunia khususnya di Indonesia terus meningkat karena penambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola pemakaian energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Hal ini berbanding terbalik dengan ketersediaan energi yang terus berkurang. Energi fosil merupakan energi yang umumnya menjadi bahan bakar utama untuk pembangkit listrik. Sedangkan menurut Blueprint Pengelolaan Energi Nasional yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM) pada tahun 2005, cadangan minyak bumi di Indonesia pada tahun 2004 diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 18 tahun dengan rasio cadangan/produksi pada tahun tersebut. Sedangkan gas diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 61 tahun dan batubara 147 tahun. Dan apabila tidak dilakukan antisipasi lebih lanjut Indonesia akan mengalami krisis energi yang berkepanjangan.

Untuk mengatasi dan mengantisipasi masalah krisis energi bisa dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tidak bisa habis dan bisa diperbarui atau biasa disebut dengan energi alternatif. Indonesia sendiri belum memanfaatkan secara optimal energi alternatifnya seperti energi air, energi angin, energi surya dan lainnya. Pemanfaatan energi alternatif dapat mencegah terjadinya kenaikan jumlah karbon dioksida atau CO₂ pada lapisan atmosfer yang menyebabkan pemanasan global. Energi alternatif juga dapat dikonversi menjadi pembangkit listrik. Akan tetapi energi alternatif bergantung pada situasi alam dan bahan bakar.

Menurut data Dirjen Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (ESDM) pada tahun 2011 Indonesia memiliki potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) lebih dari 158.288 MW. Sedangkan Tenaga air merupakan jenis energi terbarukan yang memiliki potensi terbesar dibandingkan dengan sumber-sumber energi terbarukan lainnya. Potensi tenaga air di Indonesia mencapai 75.861 MW. Dan tenaga air yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik sendiri dapat digolongkan menjadi dua, yaitu pembangkit listrik tenaga air dan pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Perbedaan dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sendiri terletak pada jumlah energi listrik yang dibangkitkan. Jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh PLTA lebih tinggi dari pada yang dihasilkan PLTMH. PLTA dibawah ukuran 100 kW dapat digolongkan sebagai PLTMH.

Penelitian Viktor Schauburger (1936) dalam penelitiannya membahas tentang turbin air berbasis pusaran air (*vortex*). Turbin jenis ini memanfaatkan pusaran air yang didapat dari bentuk spiral basin dari

turbin dan kemudian keluar menuju outlet yang terletak tepat dibawah basin.

Penelitian Franz Zotlöterer (2007), dalam patennya dia mengemukakan bahwa turbin *vortex* dapat digunakan dengan tinggi jatuh air paling kecil 0,7 m. Dalam penelitiannya energi teoritis yang dapat dikonversi memiliki efisiensi sebesar 80% dan dalam keadaan aktual didapatkan efisiensi sebesar 73%.

Penelitian yang dilakukan oleh Mulligan, S. & P. Hull (2010) dalam penelitian yang berjudul “*Design And Optimisation Of A Water Vortex Hydropower Plant*”, menyatakan bahwa kekuatan optimum aliran *vortex* terjadi pada rasio diameter lubang *outlet* dengan *basin* antara 14%-18%, tinggi dari *vortex* berbanding lurus dengan kapasitas, dan daya air maksimal dapat dicari menggunakan rumus $P = \rho g Q H_v$ (H_v = Tinggi *vortex*).

Penelitian yang dilakukan oleh Kueh et al. (2014) dalam penelitiannya yang berjudul “*Numerical Analysis Of Water Vortex Formation For The Water Vortex Power Plant*”, menyatakan bahwa kekuatan aliran *vortex* akan meningkat dengan pertambahan tinggi dari *vortex*.

Penelitian juga dilakukan oleh 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 yang dilakukan oleh Widyatmoko (2012), dipelutiannya yang berjudul “Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Listrik Pada Turbin *Vortex*”, dengan memvariasikan jumlah sudu yang diperoleh efisiensi tertinggi 6,02% pada jumlah sudu 8 buah. Turbin ini memiliki efisiensi rendah, mengacu pada penelitian tersebut beberapa optimasi dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi turbin *vortex*. Antara lain dengan mengkaji optimasi bentuk sudu pada turbin *vortex*.

Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan, Hudan Achmad dan Adiwibowō, Priyo Heru (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Sudut Inlet Notch Pada Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Terhadap Daya Dan Efisiensi”, daya tertinggi terdapat pada Guide Vane dengan sudut 17,82° pada kapasitas 8,1327 L/s yaitu 23,06 Watt dengan pembebanan 25000g. Sedangkan efisiensi tertinggi terdapat pada Guide Vane dengan sudut 17,82° pada kapasitas 5,6472 L/s yaitu 57,26% dengan pembebanan 15000g.

Penelitian yang dilakukan oleh Baskoro, Mahendra Bagus dan Adiwibowo, Priyo Heru (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Uji Eksperimental Pengaruh Sudut *Basin Cone* Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex*”, daya tertinggi terdapat pada *basin cone* sudut 67°

pada kapasitas 8,89 L/s yaitu 35,07 Watt dengan pembebanan 45.000 gram. Sedangkan efisiensi tertinggi terdapat pada *basin cone* sudut 67° pada kapasitas 8,89 L/s yaitu 55,79% dengan pembebanan 45.000 gram.

Penelitian yang dilakukan oleh Sandeputra, Atha Firdaus dan Adiwibowo, Priyo Heru (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Dengan Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluar Basin”, daya tertinggi terdapat pada jarak 3 cm dengan kapasitas 8,899 L/s dan pembebanan 25000 gram diperoleh daya turbin sebesar 25,4005 watt. Sedangkan efisiensi tertinggi terdapat pada jarak 3 cm dengan kapasitas 5,647 L/s dan pembebanan 15000 gram diperoleh efisiensi sebesar 56,189 %.

Penelitian yang dilakukan oleh Soelaiman dkk. (2007) dalam penelitian yang berjudul “Perancangan, Pembuatan, Dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius Dan *Windside* Untuk Penerangan Jalan Tol”, menyatakan bahwa rotor savonius tipe L memiliki torsi dan karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan rotor savonius tipe U.

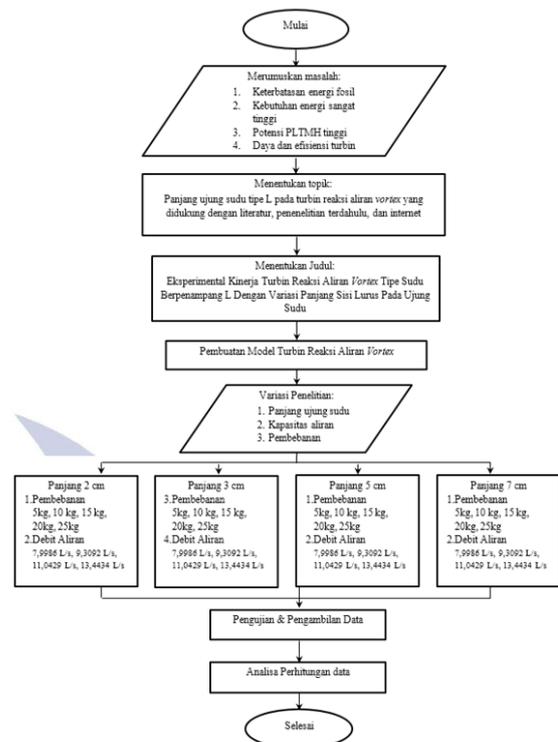
Penelitian yang dilakukan oleh Afryzal, Nikita Randy dan Adiwibowo, Priyo Heru (2017) dalam penelitian yang berjudul “Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Dengan Sudu Berpenampang Plat Datar”, menyatakan bahwa daya turbin terbesar menggunakan turbin dengan 8 sudu pada beban 25000 gr dengan kapasitas air sebesar 8,89 L/s diperoleh daya turbin sebesar 21,84 watt. Sedangkan efisiensi turbin terbesar menggunakan turbin dengan 8 sudu pada beban 20000 gr dengan kapasitas air sebesar 6,94 L/s diperoleh efisiensi turbin sebesar 44,3 %.

Penelitian yang dilakukan oleh Ardiansyah, Mohamad 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 daya tertinggi terletak pada turbin reaksi dengan besar sudut 60° pada kapasitas aliran 8,8992 L/s yakni sebesar 28,31 Watt pada pembebanan sebesar 25000g. Sedangkan efisiensi tertinggi terletak pada turbin reaksi dengan besar sudut sebesar 90° pada kapasitas aliran 5,6472 L/s yakni 57,521% pada pembebanan 15000g.

Berdasarkan latar belakang dan penelitian terdahulu diatas, maka untuk rumusan masalah pada penelitian ini adalah yang pertama, mengetahui daya yang dihasilkan dari masing-masing variasi panjang sisi lurus pada ujung sudu turbin reaksi aliran *vortex* tipe L. Kedua, mengetahui bagaimana pengaruh panjang sisi lurus pada ujung sudu turbin reaksi aliran *vortex* tipe L terhadap efisiensi yang dihasilkan.

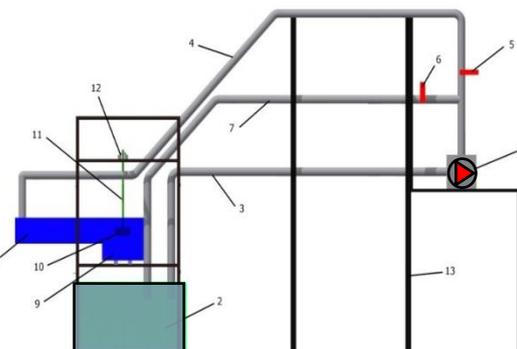
METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Skema Intalasi Turbin Aliran *Vortex*



Gambar 2. Desain Alat Uji Turbin Reaksi Aliran *Vortex*

Tabel 1. Keterangan Desain Alat Uji Turbin Reaksi Aliran *Vortex*

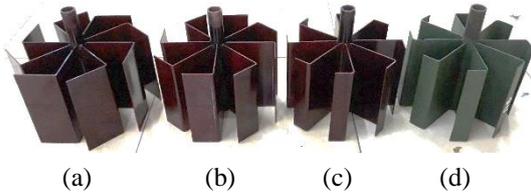
No	Keterangan	No	Keterangan
1	Pompa	8	Inlet basin
2	Bak penampung air	9	Basin
3	Pipa saluran inlet pompa	10	Turbin
4	Pipa saluran outlet pompa	11	Poros turbin
5	Katup pengatur debit	12	Bearing
6	Katup bypass	13	Rangka
7	Pipa saluran bypass		

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas (*independent*)

Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi:

- Variasi panjang ujung sudu: 2 cm, 3 cm, 5 cm, dan 7 cm



Gambar 3. Turbin dengan Panjang Ujung Sudu
(a) 7 cm, (b) 5 cm, (c) 3 cm, (d) 2 cm

• Variabel Terikat (*dependent*)

Variabel terikat dalam penelitian ini meliputi:

- Daya dan efisiensi turbin reaksi aliran *vortex*.
- Kapasitas/debit aliran air : 7,9986 L/s, 9,3092 L/s, 11,0429 L/s, dan 13,4434 L/s
- Pembebanan : 5kg, 10kg, 15kg, 20kg, dan 25kg

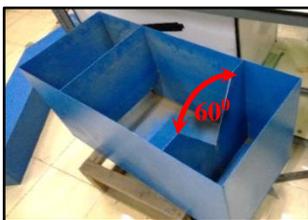
• Variabel kontrol

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

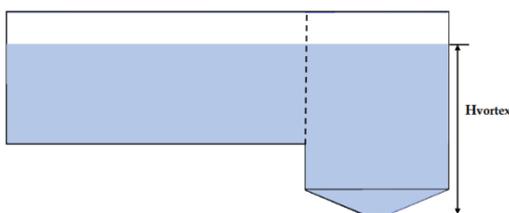
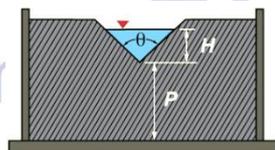
- Tinggi *basin* 70 cm
- Diameter *basin* yang digunakan 56 cm
- Material *basin* dan sudu dibuat dari plat besi dengan tebal 2 mm
- Diameter *outlet basin* adalah 9 cm
- Turbin yang digunakan adalah turbin *vortex* dengan jumlah sudu 8 dan diameter 21 cm dan tinggi 15 cm
- Turbin diletakkan pada jarak 3 cm dari *outlet basin*
- Sudut *inlet notch* sebesar 17,82°
- Sudut *basin cone* sebesar 67°
- Fluida kerja adalah air

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian antara lain:



Gambar 4. V-notch weir 60°



Gambar 5. Skema Tinggi Vortex

Penelitian eksperimen ini menggunakan metode analisis data *kualitatif deskriptif*, yaitu untuk membuat deskripsi, gambaran, atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diperoleh selama pengujian.

Analisis penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil data yang tertera pada alat ukur yang kemudian akan dimasukkan dalam tabel, dan dihitung secara teoritis. Selanjutnya data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik supaya waktu menarik kesimpulannya lebih sederhana dan mudah untuk dipahami.

Adapun tujuan analisa data ini dilakukan untuk memberi informasi mengenai kinerja alat yang paling optimal, hubungan antara variabel-variabel dan fenomena-fenomena apa saja yang terjadi pada objek selama pengujian ketika dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi panjang ujung sudu pada turbin reaksi aliran *vortex* untuk tipe sudu L.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Proses pengambilan data akan dilakukan sebanyak tiga kali, dan kemudian dianalisis dengan diambil rata-rata data dari tiga kali proses pengambilan data tersebut, pada variasi panjang ujung sudu 3 cm, 5 cm, dan 7 cm. Dengan variasi kapasitas aliran sebesar 7,9986 L/s, 9,3092 L/s, 11,0429 L/s, 13,4434 L/s dan pembebanan yang dilakukan sebesar 5000g, 10000g, 15000g, 20000g, 25000g, 30000g, 35000g, 40000g, dan pembebanan 1000 gram ketika turbin akan berhenti. Nilai yang diperoleh dari pengujian yang berupa kapasitas aliran tinggi *vortex*, putaran poros turbin, dan pembebanan selanjutnya diproses untuk mendapatkan daya air yang mengalir, torsi, daya turbin, dan efisiensi.

Untuk mendapatkan data-data tersebut maka perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- Menghitung kapasitas air (Q) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = cd \cdot \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2g} \cdot tg \frac{\theta}{2} \cdot H^{\frac{5}{2}} \text{ (Fox et al., 2012:648)}$$

Dimana:

Q = Kapasitas aliran (m³/s)

Cd = *Coefficient of discharge*

H = Tinggi ambang (m)

θ = Sudut pada V-notch weir (°)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

Kinerja turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu berpenampang L dengan variasi panjang sisi lurus pada ujung sudu

- Menghitung daya air yang mengalir (P_a) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_a = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H_v \quad (\text{Fox et al., 2012:504})$$

Dimana:

P_a = Daya air (Watt)

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

Q = Kapasitas air (m^3/s)

g = Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

H_v = Tinggi *vortex* (m)

- Menghitung besarnya gaya (F) dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = (m_{\text{beban}} - m_{\text{neraca}}) \cdot g \quad (\text{R.S. Khurmi \& J.K. Gupta, 2005:10})$$

Dimana :

F = Gaya (N)

m = Massa (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

- Menghitung torsi turbin (T) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T = F \cdot r \quad (\text{Khurmi, R.S., J.K. Gupta, 2005:10})$$

Dimana:

T = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

r = Jari-jari poros (m)

- Menghitung kecepatan anguler turbin (ω) menggunakan persamaan

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (\text{Khurmi, R.S., J.K. Gupta, 2005:14})$$

Dimana:

ω = Kecepatan (rad/s)

π = Phi (3,14)

n = Putaran (rpm)

- Menghitung daya turbin (P_t) menggunakan persamaan

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

Dimana:

P_t = Daya turbin (Watt)

T = Torsi (N.m)

ω = Kecepatan angular (rad/s)

- Menghitung efisiensi turbin (η) menggunakan persamaan

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

Dimana:

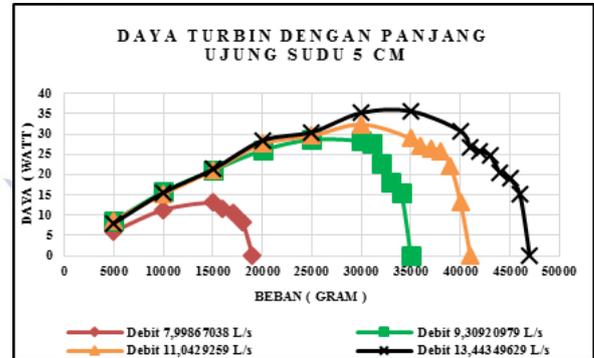
η = Efisiensi turbin

P_t = Daya turbin (Watt)

P_a = Daya air (watt)

Pembahasan

- Pengaruh variasi kapasitas air terhadap daya dan efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* dengan panjang ujung sudu 5 cm.

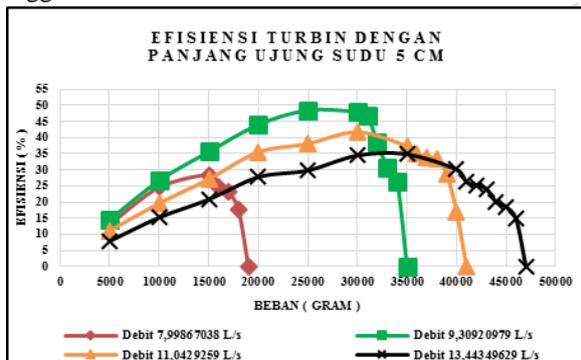


Gambar 12. Grafik pengaruh variasi kapasitas air terhadap daya turbin reaksi tipe sudu berpenampang L dengan panjang ujung sudu 5 cm

Berdasarkan gambar 12, terlihat bahwa dari beberapa variasi kapasitas aliran air pada turbin reaksi aliran *vortex* bentuk grafik yang dihasilkan menunjukkan hasil yang sama yaitu dimana daya akan terus meningkat sampai titik maksimum dan setelah itu daya mengalami penurunan. Seperti halnya turbin dengan kapasitas tertinggi yaitu 13,4434 L/s, mulai dari pembebanan 5000 g menghasilkan daya yang terus meningkat sampai dengan beban 35000 g yaitu sebesar 35,66 Watt dan setelah dikasih pembebanan diatas 35000 g daya mengalami penurunan hingga turbin berhenti total pada beban 47000 g. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi pembebanan maka torsi meningkat sehingga daya turbin yang dihasilkan juga ikut meningkat, tetapi ada saatnya daya akan menurun meskipun torsi terus meningkat karena di sisi lain rpm yang dihasilkan mengalami penurunan setiap pertambahan bebannya. Jika melihat rumus selain parameter torsi ada parameter rpm yang sangat mempengaruhi daya turbin yang dihasilkan, mengingat untuk mencari daya turbin adalah perkalian antara torsi dengan kecepatan angular, sedangkan kecepatan angular ini dipengaruhi oleh rpm turbin.

Berdasarkan gambar 12, juga terlihat bahwa turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu berpenampang L dengan panjang ujung sudu 5 cm menghasilkan daya yang semakin meningkat sebanding dengan bertambahnya kapasitas aliran air yang mengalir. Seperti yang terlihat pada gambar, bahwa pada kapasitas terendah yaitu

7,9986 L/s, daya yang dihasilkan hanya sebesar 13,08 Watt pada pembebanan 15000 g. Ketika kapasitas ditambah menjadi 9,3092 L/s, 11,0429 L/s, dan 13,4434 L/s daya yang dihasilkan mengalami kenaikan sangat signifikan, dan dari beberapa variasi kapasitas yang diberikan pada turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu berpenampang L dengan panjang ujung sudu 5 cm, daya tertinggi yang dihasilkan berada pada kapasitas tertinggi yaitu 13,4434 L/s sebesar 35,65 Watt pada pembebanan 35000 g dengan rpm sebesar 136,33. Hal itu disebabkan karena dengan bertambahnya kapasitas aliran maka jumlah air yang menerpa sudu turbin makin banyak sehingga rpm turbin ikut meningkat dan tahan terhadap pembebanan tinggi.

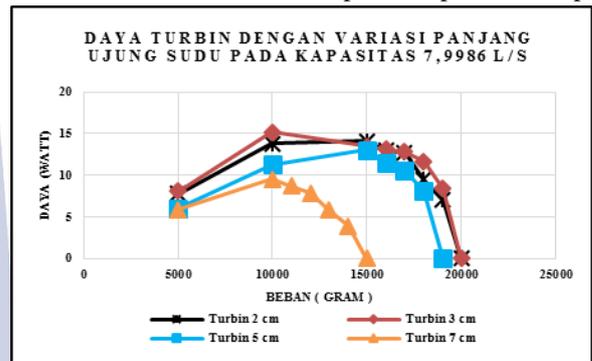


Gambar 13. Grafik pengaruh variasi kapasitas air terhadap efisiensi turbin reaksi tipe sudu berpenampang L dengan panjang ujung sudu 5 cm

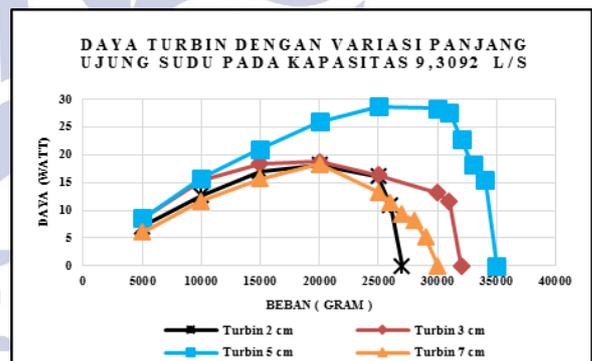
Berdasarkan gambar 4.2, turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu berpenampang L dengan panjang ujung sudu 5 cm menghasilkan efisiensi yang berbanding terbalik dengan kapasitas aliran air yang mengalir. Jadi dengan bertambahnya kapasitas aliran maka efisiensi turbin yang dihasilkan cenderung turun. Hal itu disebabkan karena dengan bertambahnya kapasitas aliran maka ketinggian *vortex* makin meningkat dan daya air ikut meningkat, namun daya turbin tetap sehingga efisiensi yang dihasilkan menurun. Karena efisiensi dihitung dengan perbandingan dari daya turbin dengan daya air. Tetapi tidak semua setiap penambahan kapasitas efisiensi menurun. Seperti yang terlihat pada kapasitas terendah 7,9986 L/s, efisiensi yang dihasilkan lebih rendah jika dibandingkan dengan efisiensi pada semua kapasitas. Efisiensi tertinggi pada kapasitas ini hanya sebesar 28,39% pada pembebanan 15000 g. Karena pada kapasitas terendah ini aliran air belum mampu mendorong turbin untuk menghasilkan rpm yang tinggi, yang disebabkan karena turbin terlalu berat. Pada kapasitas 9,3092 L/s efisiensi yang dihasilkan mengalami kenaikan yang sangat signifikan yaitu sebesar 48,47% pada pembebanan 25000 g. Dan

setelah itu efisiensi cenderung menurun setiap pertambahan kapasitas. Pada kapasitas 11,0429 L/s hanya mampu menghasilkan efisiensinya sebesar 41,72% pada pembebanan 30000 g, dan pada kapasitas 13,4434 L/s efisiensinya hanya 34,81% pada pembebanan 35000 g. Dari beberapa variasi kapasitas yang diberikan pada turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu berpenampang L dengan panjang ujung sudu 5 cm, efisiensi tertinggi yang dihasilkan berada pada kapasitas 9,3092 L/s yaitu 48,47% pada pembebanan 25000 g dengan rpm sebesar 157,33.

- Pengaruh variasi panjang ujung sudu terhadap daya turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas tetap

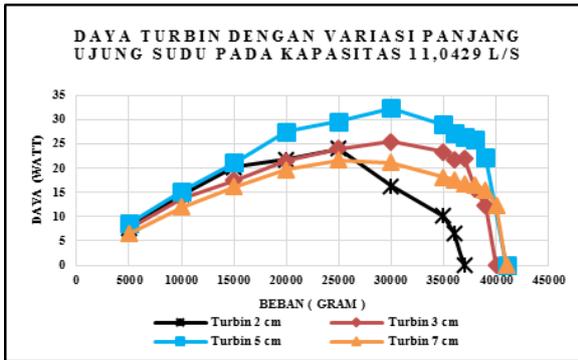


Gambar 14. Grafik pengaruh variasi panjang ujung sudu terhadap daya turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 7,9986 L/s

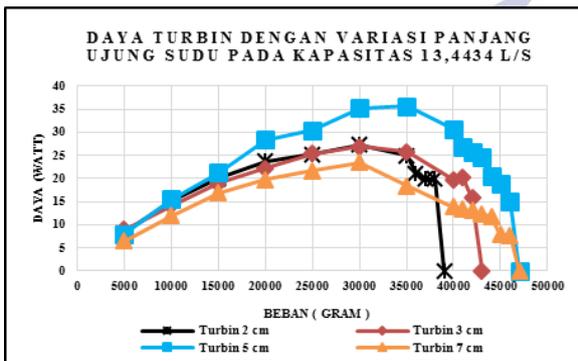


Gambar 15. Grafik pengaruh variasi panjang ujung sudu terhadap daya turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 9,3092 L/s

Kinerja turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu berpenampang L dengan variasi panjang sisi lurus pada ujung sudu



Gambar 16. Grafik pengaruh variasi panjang ujung sudu terhadap daya turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 11,0429 L/s

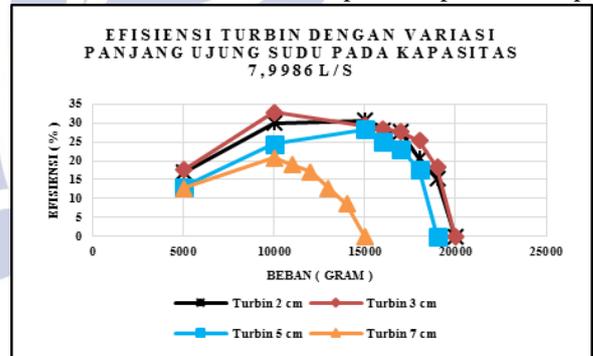


Gambar 17. Grafik pengaruh variasi panjang ujung sudu terhadap daya turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 13,4434 L/s

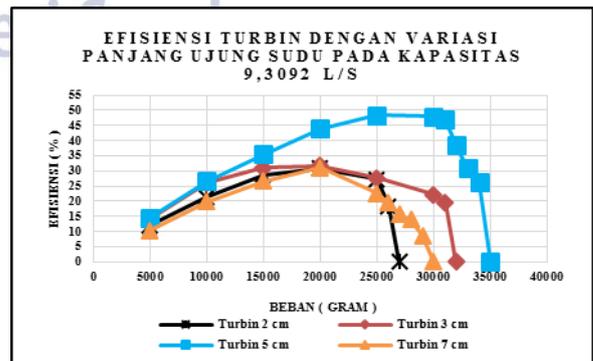
Berdasarkan gambar 14 hingga 17, dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan meningkatnya kapasitas aliran air maka daya yang dihasilkan turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu berpenampang L juga ikut meningkat. Pada kapasitas terendah 7,9986 L/s, menunjukkan bahwa pusaran air hanya mampu mendorong turbin dengan optimal sampai pada turbin dengan panjang ujung sudu 3 cm dengan daya sebesar 15,1 watt pada pembebanan 10000 g, ketika panjang ujung sudu ditambah menjadi 5 cm 7 cm daya cenderung menurun karena pada kapasitas ini pusaran air belum mampu mendorong turbin dengan optimal sehingga rpm yang dihasilkanpun rendah, karena turbin terlalu berat. Berat turbin secara berurutan mulai dari turbin 2 cm, 3 cm, 5 cm, dan 7 cm yaitu sebesar 2,5 kg, 2,7 kg, 3,1 kg, 3,5 kg. Karakteristik daya yang paling tinggi terdapat pada turbin 3 cm dan tahan terhadap pembebanan tinggi. Kemudian turbin dengan panjang ujung sudu 7 cm memiliki karakteristik daya yang paling rendah dan tidak tahan terhadap pembebanan. Sedangkan pada kapasitas 13,4434 L/s turbin yang mampu menghasilkan daya tertinggi adalah turbin yang memiliki ujung sudu yang panjang, terbukti seperti

yang ditunjukkan oleh gambar bahwa pada kapasitas ini turbin yang bisa memanfaatkan aliran air dengan sempurna dan menghasilkan daya paling tinggi adalah turbin yang memiliki panjang ujung sudu 5 cm dengan daya sebesar 35,6 watt pada pembebanan 35000 g, karena aliran air yang menerpa sudu tidak mudah lepas dan dapat menampung lebih banyak air sehingga aliran air yang menerpa sudu bisa dimanfaatkan dengan optimal untuk memutar turbin dan dapat menghasilkan rpm dan torsi yang lebih tinggi dan tahan terhadap pada pembebanan tinggi. Tetapi tidak untuk turbin 7 cm, turbin ini memiliki daya turbin yang lebih rendah jika dibandingkan dengan semua jenis turbin, karena berat dari turbin itu sendiri dan jarak antara punggung antar sudu terlalu sempit sehingga luasan aliran air yang masuk untuk mendorong sudu semakin sempit. Pada kapasitas 9,3092 L/s dan 11,0429 L/s turbin 5 cm tetap menghasilkan karakteristik daya paling tinggi, dan turbin 7 cm menghasilkan karakteristik daya paling rendah.

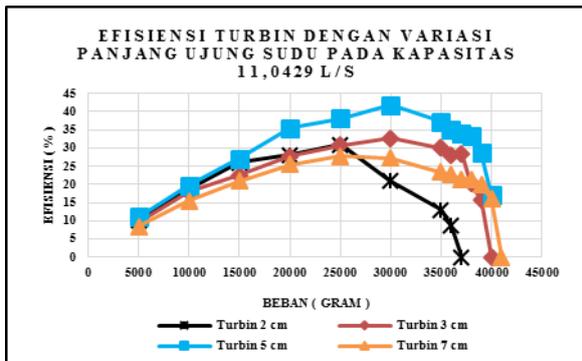
- Pengaruh variasi panjang ujung sudu terhadap efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas tetap



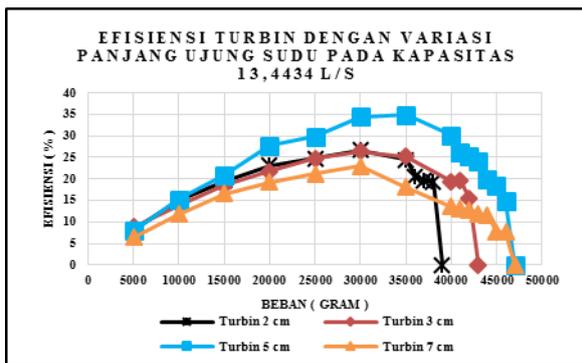
Gambar 14. Grafik pengaruh variasi panjang ujung sudu terhadap efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 7,9986 L/s



Gambar 15. Grafik pengaruh variasi panjang ujung sudu terhadap efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 9,3092 L/s



Gambar 16. Grafik pengaruh variasi panjang ujung sudu terhadap efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 11,0429 L/s



Gambar 17. Grafik pengaruh variasi panjang ujung sudu terhadap efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 13,4434 L/s

Berdasarkan gambar 4.12, dapat ditarik kesimpulan bahwa kapasitas aliran air memiliki pengaruh terhadap efisiensi pada semua jenis variasi turbin, dan efisiensi paling tinggi rata-rata terdapat pada kapasitas 9,3092 L/s. Pada kapasitas 7,9986 L/s ini cenderung dengan semakin panjang ujung sudu maka efisiensi yang dihasilkan tiap variasi panjang ujung sudu semakin menurun dan juga tidak tahan terhadap pembebanan tinggi. Karakteristik efisiensi yang paling tinggi terdapat pada turbin 3 cm dan tahan terhadap pembebanan tinggi. Sedangkan turbin dengan panjang ujung sudu 7 cm memiliki karakteristik efisiensi yang paling rendah dan tidak tahan terhadap pembebanan. Pada kapasitas 9,3092 L/s ini memiliki karakteristik efisiensi yang kebalikannya dengan kapasitas sebelumnya, yaitu dengan semakin panjang ujung sudu maka rata-rata efisiensi yang dihasilkan cenderung naik sampai dimana titik panjang ujung sudu yang paling maksimal dan setelah itu efisiensi turun. Turbin 5 cm menghasilkan karakteristik daya paling tinggi, dan turbin 2 cm menghasilkan karakteristik daya paling rendah. Pada kapasitas 11,0429 L/s efisiensi yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan yang sama dengan kapasitas 9,3092 L/s, dimana karakteristik

efisiensi tertinggi tetap pada turbin 5 cm tetapi karakteristik efisiensi terendah berada pada turbin 7 cm. Pada kapasitas 13,4434 L/s efisiensi yang dihasilkan turbin 2 cm dan 3 cm hampir sama sampai dengan beban 35000 g. Kemudian untuk turbin 5 cm tetap memiliki karakteristik efisiensi paling tinggi dan turbin 7 cm tetap memiliki karakteristik efisiensi paling rendah.

PENUTUP

Simpulan

Setelah dilakukan penelitian, pengujian, pembahasan dan analisis tentang pengaruh variasi panjang ujung sudu turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu berpenampang L terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Daya tertinggi yang dihasilkan turbin reaksi aliran *vortex* terdapat pada turbin dengan panjang ujung sudu 5 cm pada kapasitas 13,4434 L/s yaitu 35,65 Watt pada pembebanan 35000 g, diikuti oleh turbin 2 cm pada kapasitas 13,4434 L/s dengan daya sebesar 27,33 Watt pada pembebanan 30000 g, kemudian dibawahnya lagi ada turbin 3 cm pada kapasitas 13,4434 L/s yaitu 26,95 Watt pada pembebanan 30000 g, dan terakhir yang menghasilkan daya paling rendah yaitu turbin 7 cm pada kapasitas 13,4434 L/s yang hanya menghasilkan daya sebesar 23,54 Watt pada pembebanan 30000 g.
- Efisiensi tertinggi yang dihasilkan turbin reaksi aliran *vortex* terdapat pada turbin dengan panjang ujung sudu 5 cm pada kapasitas 9,3092 L/s yaitu 48,47% pada pembebanan 25000 g, diikuti oleh turbin 3 cm pada kapasitas 7,9986 L/s dengan efisiensi sebesar 32,88% pada pembebanan 10000 g, kemudian dibawahnya lagi ada turbin 7 cm pada kapasitas 9,3092 L/s yaitu 31,04% pada pembebanan 20000 g, dan terakhir yang menghasilkan efisiensi paling rendah yaitu turbin 2 cm pada kapasitas 11,0429 L/s yang hanya menghasilkan efisiensi sebesar 30,85% pada pembebanan 25000 g.

Saran

Setelah dilakukan penelitian, pengujian, pembahasan dan analisis tentang pengaruh variasi panjang ujung sudu turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu berpenampang L terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Penelitian lanjutan dalam menentukan jenis bahan material yang lebih ringan dan kuat, hal ini diharapkan supaya rpm yang dihasilkan oleh turbin lebih cepat sehingga daya dan efisiensinya lebih optimal.
- Perlu adanya penelitian yang lebih spesifik mengenai panjang sisi lurus pada ujung sudu antara 3 cm ke 5 cm

Kinerja turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu berpenampang L dengan variasi panjang sisi lurus pada ujung sudu

atau 5 cm ke 7 cm supaya didapatkan daya dan efisiensi yang lebih spesifik pula.

- Turbin reaksi aliran *vortex* ini harus dikembangkan lebih lanjut mengingat manfaat yang diperoleh, namun dalam pengembangannya harus memperhatikan kapasitas aliran yang ditentukan.
- Diharapkan dalam penelitian selanjutnya komponen dan peralatan yang menunjang pengujian lebih ditingkatkan, hal ini dimaksudkan agar memperlancar waktu pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Afryzal, Nikita Randy dan 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 (2): hal 147-157.
- Ardiansyah, Mohamad 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*. Vol. 05 (2): hal 111-120.
- Dewi. 2010. "Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin". Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Khurmi, R.S., J.K. Gupta. 2005. *Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Kueh, T. C., Shiao Lin Beh, Dirk Rilling, and Yongson Ooi. 2014. "Numerical Analysis of Water Vortex Formation for the Water Vortex Power Plant". *International Journal of Innovation, Management and Technology*. Vol. 5 (2): pp 111-115.
- Kurniawan, Hudan Achmad dan Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. "Pengaruh Sudut Inlet Notch Pada Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Terhadap Daya Dan Efisiensi". *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 05 (2): hal 61-69.
- Baskoro, Mahendra Bagus dan Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. "Uji Eksperimental Pengaruh Sudut *Basin cone* Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex*". *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 05 (2): hal 81-91.
- Mulligan, S., and P. Hull. 2010. "Design and Optimisation Of A Water Vortex Hydropower Plant, (Online)", (<https://itsligo.ie/wp-includes/ms-files.php?file=2011/03/Sean-Mulligan-A0.pdf>, diakses pada 03 September 2016).
- Munson, Bruce, R., Young, Donald, F., Okiishi, Theodore, H., "Fundamentals of Fluid Mechanics Fifth Edition". Jhon Wiley & Sons Inc., 2006
- Pritchhard, Philip J., Leylegian, Jhon C. 2011. *Introduction to Fluid Mechanics Eighth Edition*. Danvers: Jhon Wiley & Sonc Inc.,
- Ray Posdam J Sihombing dan Syahril Gultom. 2014. "Analisa Efisiensi Turbin *Vortex* Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Pada Sudu Berdiameter 56 Cm Untuk 3 Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluar". *Jurnal e-Dinamis*. Vol 10: no.2.
- 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*. Vol. 05 (2): hal 113-121.
- Soelaiman, T.A. Fauzi, Nathanael P. Tandian, dan Nanang Rosidin. 2007. "Perancangan, Pembuatan, Dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius Dan Windside Untuk Penerangan Jalan Tol." Laporan Penelitian. ITB Bandung.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- 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)." *TURBO*. Vol. 5 (1): hal 8-13.
- Zoeloterer, Franz. 2002. "Zoeloterer Gravitational *Vortex* Power Plant, (Online), (<http://www.zoeloterer.com>, diakses tanggal 03 Oktober 2017 pukul 18.34).