

ANALISIS VARIASI JUMLAH SUDU TURBIN BERPENAMPANG PELAT DATAR PADA TURBIN AIR ALIRAN *VORTEX* DENGAN TIPE SALURAN MASUK *INVOLUTE*

Adnan Al Farisi¹, Yopi Handoyo², Taufiqur Rokhman²

¹Program Strata Satu Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam “45” Bekasi

²Tim Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam “45” Bekasi

Jl. Cut Mutia No.83, Margahayu, Bekasi Tim., Kota Bks, Jawa Barat 17113

E-mail Penulis: adnanalfarisi65@gmail.com

Abstrak

Salah satu bentuk energi alternatif yang ramah lingkungan adalah dengan memanfaatkan energi air dan mengubahnya menjadi pembangkit listrik *Microhydro*. *Microhydro* yang dibuat biasanya memanfaatkan air terjun dengan head jatuh yang besar. Sedangkan pemanfaatan untuk aliran sungai dengan head jatuh yang kecil belum optimal. Hal ini menjadi referensi untuk melakukan penelitian tentang pemanfaatan aliran sungai yang memiliki nilai head yang rendah antara 0,7 m – 1,4 m dengan mengubahnya menjadi aliran pusaran (*vortex*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah sudu turbin terhadap daya dan efisiensi turbin *vortex*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mencari nilai arus, tegangan, torsi dan rpm melalui pembacaan alat ukur, adapun daya dan efisiensi didapatkan dari hasil perhitungan. Bahan penelitian adalah turbin reaksi aliran *vortex* dengan jumlah sudu 6, 8 dan 10 dengan bentuk sudu berpenampang pelat datar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi turbin terbesar yakni 29,93 % dengan daya 19,58 W diperoleh saat menggunakan jumlah sudu 10, pada pembebanan 3,315 kg dan kapasitas air 10,14 l/s. Selanjutnya diikuti efisiensi sebesar 24,17 % dengan daya 15,81 W diperoleh saat menggunakan jumlah sudu 8, pada pembebanan 3,315 kg dan kapasitas air 10,14 l/s. Efisiensi turbin terendah sebesar 22,32 % dengan daya 14,60 W diperoleh saat menggunakan jumlah sudu 6, pada pembebanan 3,315 kg dan kapasitas air 10,14 l/s.

Kata Kunci: Turbin *vortex*, Jumlah sudu, Efisiensi turbin

Abstract

The One of alternative energy that is environmentally friendly is by utilize water energy and turn it into a *Microhydro* power plant. *Microhydro* power plant usually made from utilize the waterfall with the head fell. While utilization for streams with a head small drop is not optimal yet. This is a reference to doing research on harnessing the flow of a river that has a value of head low between 0.7 m – 1.4 m with turning it into a *Vortex* flow (*vortex*). The purpose of this research is to know the effect variation number of blade on power and efficiency in the *vortex* turbine. This research uses experimental methods to find current, voltage, torque and rpm using a reading instrument. The materials research *vortex* turbine used 6 blade, 8 blade and 10 blade with flat plate. The result showed the highest efficiency is 29,93 % with produce turbine power is 19,58 W, generated on turbine with variation 10 blade with load 3,315 kg and the capacity of water 10,14 l/s. Followed with an efficiency 24,17% and produce turbine power is 15,81 W, generated on turbine with the variation 8 blade with load 3,315 kg and the capacity of water is 10,14 l/s. The the lowest turbine efficiency 22,32% with produce turbine power 14,60 W, generated on turbine with the variation 6 blade with load 3,315 kg, the capacity of water is 10,14 l/s.

Key words: *Vortex* Turbine, the number of Blade, the efficiency of turbine.

PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Direktorat Jendral Energi Baru dan Terbarukan dan Konversi Energi Kementerian ESDM (2015), dalam beberapa tahun terakhir pertumbuhan konsumsi energi di Indonesia mencapai 7% per tahun. Angka tersebut berada diatas pertumbuhan konsumsi energi dunia yaitu sebesar 2.6% per tahun. Dimana konsumsi energi yang cukup tinggi hampir 95% berasal dari bahan bakar fosil. Konsumsi energi di Indonesia pada tahun 2015 terbagi untuk sektor industri sebesar 31,79%, rumah tangga sebesar 15,27%, komersial 45,51% dan lain-lain sebesar 2,34%.

Industri minyak bumi nasional sudah lebih dari 100 tahun, dan produksinya semakin menurun. Sepanjang sejarah Republik Indonesia sejak merdeka, puncak produksi minyak terjadi sebanyak 2 kali yaitu pada tahun 1977 dan 1995 dimana produksi minyak masing- masing sebesar 1,68 juta bpd dan 1,62 juta bpd. Setelah 1995 produksi minyak Indonesia rata-rata menurun. Pada tahun 2014 produksi minyak bumi hanya sebesar 789 ribu bpd atau menurun 4% dibandingkan tahun 2013 yaitu sebesar 824 ribu bpd. Sejak tahun 2010 sampai 2014 ternyata terjadi penurunan produksi

rata-rata sekitar 4,41% per tahun. Penurunan produksi tersebut disebabkan karena usia lapangan minyak Indonesia yang sudah tua dan adanya kendala teknis dan non teknis. (Direktoral Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM, 2015)

Menghadapi tantangan cadangan energi yang semakin menipis, kita perlu memperluas pemanfaatan sumber energi lain untuk menggantikan pemakaian energi minyak dan gas. Indonesia memiliki beberapa alternatif sumber energi terbarukan yang jumlahnya sangat melimpah dan berpotensi sebagai sumber energi utama di masa depan. Sumber energi terbarukan tersebut di antaranya berasal dari arus air (*hydro*).

Berdasarkan data LIPI tahun 2007, Indonesia memiliki 5.950 wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) dari sejumlah 22.000 anak sungai yang memiliki potensi tenaga hidro dengan potensi sebesar 75.000 MW, namun pemanfaatannya baru sekitar 2,5 persen dari seluruh potensi yang ada. Dari total 75.000 MW potensi kelistrikan tenaga air (*hydro*) baru 60 MW yang terealisasi di Indonesia. Konsep teknologi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dirasa ideal untuk memaksimalkan potensi energi tersebut, karena PLTMH menggunakan teknologi yang sederhana yaitu dengan memanfaatkan saluran irigasi, sungai atau air terjun sebagai tenaga penggerak.

Namun *Microhydro* yang dibuat biasanya memanfaatkan air terjun dengan *head* jatuh yang tinggi sehingga membutuhkan kondisi yang khusus. Sedangkan untuk aliran sungai dengan *head* jatuh yang kecil belum dimanfaatkan dengan optimal. Hal ini menjadi referensi untuk melakukan penelitian tentang memanfaatkan aliran sungai yang memiliki nilai *head* yang rendah dengan mengubahnya menjadi aliran pusaran (*vortex*). Dikarenakan karakter aliran sungai yang dibutuhkan untuk diubah menjadi aliran pusaran (*vortex*) banyak ditemukan di berbagai tempat mulai dari pedesaan hingga perkotaan.

Penelitian Farid Rahman (2018) yang berjudul “Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Variasi Tinggi Sudu” Penelitian ini menggunakan turbin vortex dengan tipe sudu berpenampang lurus yang memiliki tinggi sudu 15 cm, 18 cm, 21 cm dan 24 cm dengan kapasitas air 7,998 L/s, 9,309 L/s, 11,042 L/s dan 13,443 L/s. Variasi pembebanan yang digunakan kenaikan 5000 gram dan 1000 gram hingga putaran turbin berhenti. Hasil penelitian turbin dengan tinggi sudu 21 cm memiliki daya dan efisiensi paling optimal dari pada turbin dengan tinggi sudu 15 cm, 18 cm dan 24 cm. Daya tertinggi dimiliki oleh turbin dengan tinggi sudu 21 cm yang terjadi pada kapasitas 13,443 L/s dengan pembebanan 30000 gram, memiliki daya sebesar 42,97 watt. Efisiensi tertinggi dimiliki oleh turbin dengan tinggi sudu 21 cm terjadi pada kapasitas 11,042 L/s dengan pembebanan 30000 gram, memiliki efisiensi sebesar 51,37 %.

Penelitian Nikita Randy Afryzal (2017) mengenai “Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Dengan Sudu Berpenampang Plat Datar” Bahan penelitian adalah turbin reaksi aliran *vortex* dengan 6 sudu, 8 sudu dan 10 sudu dengan geometri sudu berpenampang plat datar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 8 sudu memiliki daya tertinggi sebesar 21,84 watt pada kapasitas 8,89 L/s dengan beban 25000 dan efisiensi sebesar 44,3 % pada kapasitas 6,94 L/s dengan beban 2000 gram.

Penelitian Herning Hapsari Wibawanto (2018) dalam penelitian yang berjudul “Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Variasi Lebar Sudu” Dari hasil penelitian ini, adanya variasi lebar sudu turbin memiliki pengaruh terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan. Lebar diameter turbin 27 cm memiliki daya dan efisiensi paling optimal, yaitu pada kapasitas air sebesar 11,04292594 L/s dengan pembebanan 40000 gram yaitu sebesar 40 watt dan efisiensi sebesar 51,33 %. Daya turbin cenderung meningkat dengan adanya penambahan lebar sudu, hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian antara turbin diameter 21 cm dengan 27 cm, namun terjadi penurunan daya dan efisiensi pada turbin 33 cm dan 39 cm. Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Turbin Pada Turbin Air Aliran *Vortex* Dengan Tipe Saluran Masuk *Involute* untuk mengoptimalkan daya dan efisiensi.

METODE

Variabel Penelitian

Proses penelitian dilakukan dengan pengambilan data dengan memperhatikan variabel penelitian, yaitu :

1. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebasnya yaitu variasi jumlah sudu 6, 8, dan 10.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah daya yang dihasilkan turbin vortex dan efisiensi yang dihasilkan.

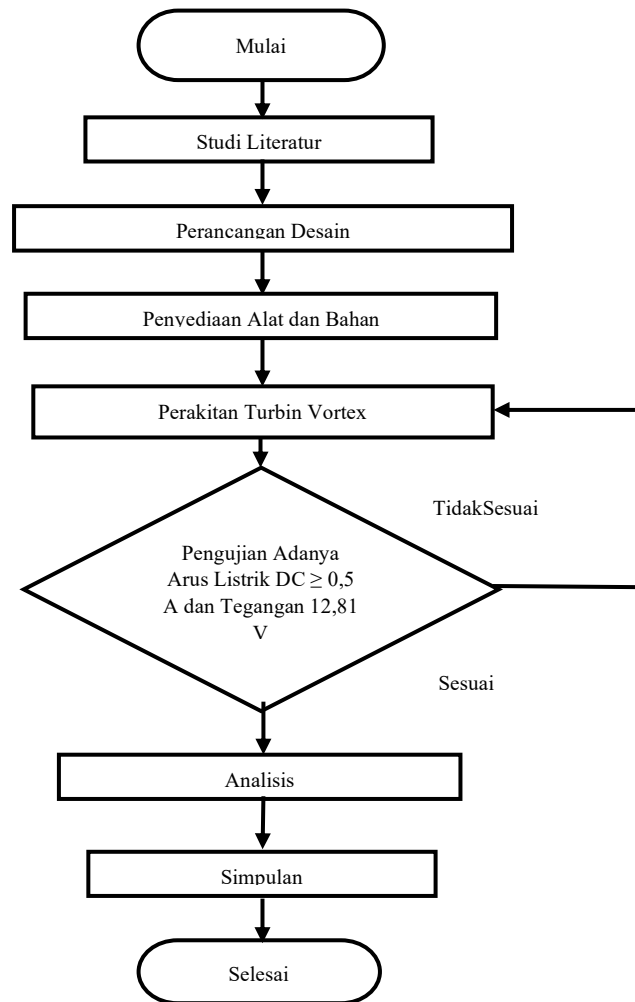
3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau konstan sehingga pengaruh variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

- a. Diameter basin adalah 58 cm.
- b. Tinggi basin adalah 80 cm.
- c. Material sudu terbuat dari plastik PLA.
- d. Diameter sudu turbin adalah 21 cm.
- e. Diameter *outlet* basin 10 cm.
- f. Turbin diletakkan pada jarak 3 cm dari *outlet* basin.

g. Kapasitas / Debit aliran air 10,14 L/s, Pembenaan 3,315 Kg

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Alat Penelitian



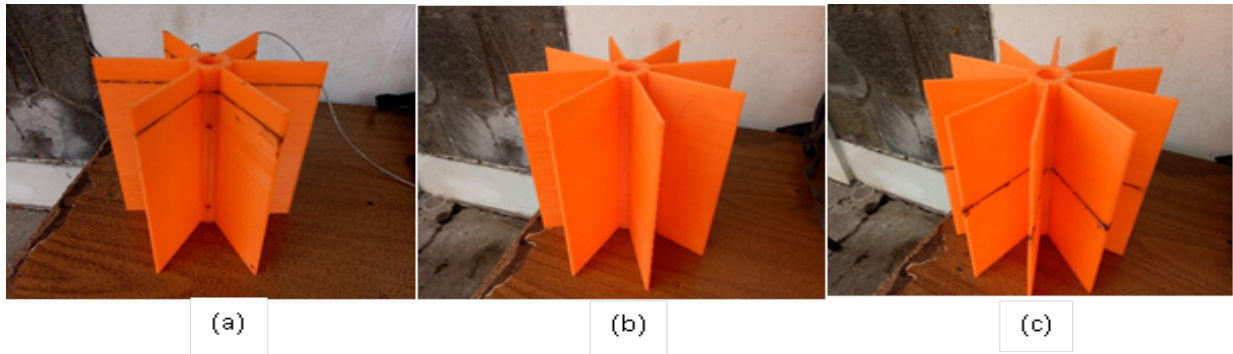
Gambar 2. Tachometer



Gambar 3. Neraca Pegas



Gambar 4. Penggaris / Mistar



Gambar 5. Sudu Turbin (a) 6, (b) 8, (c) 10



Gambar 6. Multimeter



Gambar 7. Anak Timbangan

Pengujian Alat

Pengujian turbin dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan untuk proses pengujian dan mengecek kondisi instalasi turbin.
2. Pompa dinyalakan untuk menghisap air dan di naikkan pada bak penampung atas.
3. Menghitung kecepatan aliran air
4. Mengukur kedalaman air dengan penggaris untuk menentukan luasan permukaan.
5. Mengukur ketinggian *vortex* (H_v).
6. Kemudian pengujian pertama dilakukan dengan variasi jumlah sudu 6.
7. Menghitung arus listrik dan tegangan yang dihasilkan dengan menggunakan alat ukur multimeter.
8. Menghitung torsi dengan diberikan pembebanan pada turbin.
9. Menghitung kecepatan poros turbin (rpm) setelah diberi pembebanan menggunakan *tachometer*.
10. Setelah pengujian dengan jumlah sudu 6 selesai, maka mengganti jumlah sudu turbin dengan 8 dan 10 dan mengulangi proses dari awal.

Analisis Data

Dalam pengujian kinerja turbin *vortex* ini variasi yang digunakan adalah jumlah sudu turbin. Dalam pengambilan data parameter yang diukur adalah torsi dari turbin menggunakan neraca pegas dan pemberat, putaran turbin menggunakan *tachometer*, debit air menggunakan kecepatan aliran yang dikalikan dengan luas permukaan, daya hidrolik, daya turbin, serta efisiensi yang dihasilkan. Setelah semua pengujian selesai maka didapat data hasil kinerja dari turbin *vortex*, selanjutnya dapat dibuat grafik karakteristik kinerja dari turbin tersebut.

1. Pengukuran debit

Pengukuran debit / kapasitas air yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = V \times A \quad (1)$$

Dimana : Q = Debit (m^3/s)
 V = Kecepatan aliran air (m/s)
 A = Luas (m^2)

2. Daya Hidrolik

Daya hidrolik yang dapat dihasilkan oleh turbin sesuai dengan kapasitas tinggi jatuh yang diketahui adalah:

$$P_{hid} = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H_v \quad (2)$$

Dimana : P_{hid} = Daya hidrolik (W)
 Q = Debit (m^3/s)
 ρ = Massa jenis air (kg/m^3)
 g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)
 H_v = Tinggi vortex (m)

3. Torsi

Torsi adalah gaya putar yang dihasilkan oleh poros engkol atau kemampuan motor untuk melakukan kerja, dengan symbol τ . Perhitungan torsi pada pengujian ini dengan sistem *rope brake*, dengan rumus sebagai berikut:

$$\tau = (W - S) \cdot \left(\frac{D+d}{2}\right) \quad (3)$$

Dimana : τ = Torsi (N.m)
 W = berat pemberat (N)
 s = berat di neraca (N)
 D = diameter pully (m)
 d = diameter tali (m)

4. Kecepatan Angular/Sudut

Kecepatan Angular/sudut didefinisikan sebagai perubahan posisi sudut benda bergerak melingkar tiap satu satuan waktu.

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

Dimana : ω = Kecepatan sudut (rad/s)
 n = Putaran (rpm)

5. Daya Turbin

Daya turbin yang dihasilkan oleh pergerakan sudu turbin adalah daya yang sebanding dengan torsi dikali dengan kecepatan sudut sudu.

$$P_t = \tau \cdot \omega \quad (5)$$

Dimana : P_t = Daya turbin (W)
 τ = Torsi (N.m)
 ω = Kecepatan (rad/s)

6. Efisiensi

Efisiensi turbin dapat dicari dengan Persamaan 6:

$$\eta = \frac{P_t}{P_{hid}} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana : η = Efisiensi (%)
 P_t = Daya turbin (W)
 P_{hid} = Daya Hidrolik (W)

HASIL DAN PEMBAHASAN

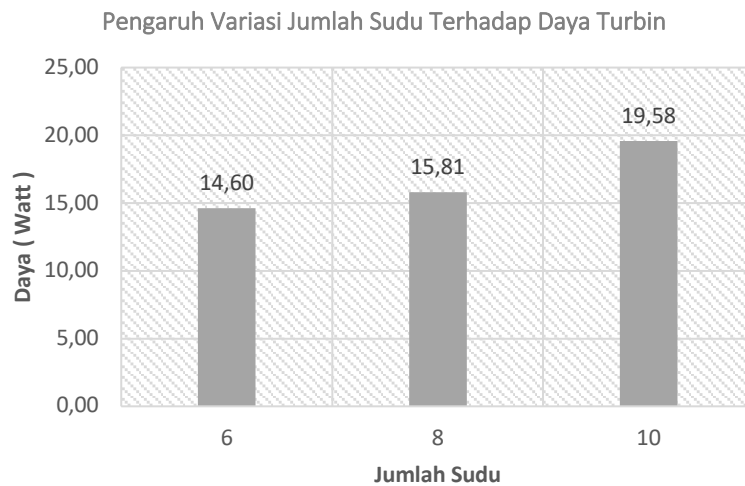
Pada Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai daya turbin dan efisiensi yang dihasilkan, dari percobaan pengujian sebanyak 3 kali didapatkan hasil penujian daya yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan efisiensi pada Table 2.

1. Daya Turbin

Besarnya daya turbin masing-masing variasi jumlah sudu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Perhitungan Daya Turbin

Sudu	Torsi (N.m)	ω (rad/s)	Daya (W)
6	0,768	18,52	14,60
8	0,885	18,70	15,81
10	1,030	19,01	19,58



Gambar 8. Grafik Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Turbin

Dari hasil pengujian, dengan variasi jumlah sudu turbin dengan sudu 6, 8 dan 10. daya turbin terkecil dihasilkan pada jumlah sudu 6 dengan nilai sebesar 14,60 W, selanjutnya diikuti sudu 8 dengan nilai sebesar 15,81 W. sedangkan torsi terbesar dihasilkan pada jumlah sudu 10 dengan nilai sebesar 19,58 W.

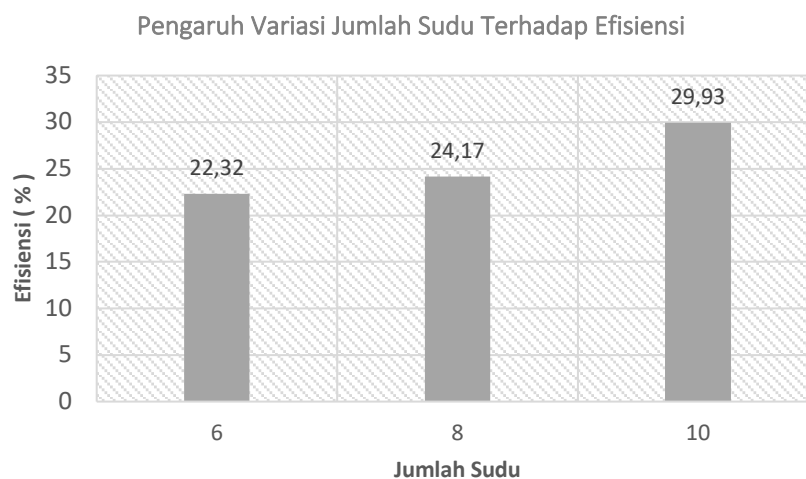
2. Efisiensi

Besarnya nilai efisiensi turbin pada pengujian untuk masing-masing variasi jumlah sudu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Nilai Efisiensi

Sudu	P turbin (W)	P hidrolis (W)	Efisiensi (%)
6	14,60	65,43	22,32
8	15,81	65,43	24,17
10	19,58	65,43	29,93

Besarnya efisiensi turbin untuk masing-masing variasi jumlah sudu dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi

Dari hasil pengujian nilai efisiensi terkecil dihasilkan pada jumlah sudu 6 dengan nilai sebesar 22,32 %, selanjutnya diikuti dengan jumlah sudu 8 dengan nilai sebesar 24,17 %, sedangkan efisiensi terbesar dihasilkan pada jumlah sudu 10 dengan nilai sebesar 29,93 %.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan data dan menganalisis pengujian turbin vortex, kemudian diteruskan dengan pembahasan dan perhitungan dari data-data hasil pengukuran maka didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Efisiensi turbin terbesar yakni 29,93 % dengan daya 19,58 W diperoleh saat menggunakan jumlah sudu 10, pada pembebanan 3,315 kg dan kapasitas air 10,14 l/s. Selanjutnya diikuti efisiensi sebesar 24,17 % dengan daya 15,81 W diperoleh saat menggunakan jumlah sudu 8, pada pembebanan 3,315 kg dan kapasitas air 10,14 l/s. Efisiensi turbin terendah sebesar 22,32 % dengan daya 14,60 W diperoleh saat menggunakan jumlah sudu 6, pada pembebanan 3,315 kg dan kapasitas air 10,14 l/s.
2. Jumlah sudu yang menghasilkan efisiensi yang maksimum adalah jumlah sudu 10.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Membuat variasi jumlah sudu yang lebih beragam, hingga tingkat efisiensi yang dihasilkan menurun.
2. Alat-alat ukur pengujian ditingkatkan kualitasnya dan metode pengujian ditingkatkan agar mendapatkan hasil pengujian yang valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Afryzal, Nikita Randy, Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Dengan Sudu Berpenampang Plat Datar. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya. JTM.Vol.5 No.2: Hal 147-157.
- Hakim, M. Farid Rahman, Adiwibowo, Priyo Heru. 2018. Uji Eksperimental Kinerja Turbin Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Variasi Tinggi Sudu. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya. JTM.Vol.6 No.1 : Hal 85-95.
- Prasetyo, Wahyu Didik. 2018. Rancang bangun turbin vortex skala kecil dan pengujian pengaruh bentuk penampang sudu terhadap daya. Yogyakarta : Universtias Islam Indonesia.
- Wibawanto, Harning Hapsari, Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. Uji Eksperimental Kinerja Turbin Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Variasi Lebar Sudu. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya. JTM.Vol.6 No.1 : Hal 153-161.
- Djuhana.2008 “Pusat Pengembangan Bahan Ajar-UMB”. Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercubuana.
- Direktorat Jendral Energi Baru dan Terbarukan dan Konversi Energi, 2015. “*Outlook Energi Indonesia 2015*”, Jakarta : Kementrian ESDM.
- Direktoral Minyak dan Gas Bumi Kementrian ESDM, 2014. “Statistik Minyak dan Gas Bumi 2014, Jakarta : Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Haimerl, L.A (1960). *The Cross Flow Turbine*
- Lal. Jagdish. (1975). *Hydraulic Mechine*. New Delhi : Metropolitan Book Co. Privat Ltd
- Marsudi, Djiteng. 2006. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga
- Prof. B. S. Thandaveswara, 1996 Indian Institue of Technology Madras
- PT. PLN (Persero).2015. UDIKLAT PADANG Pemeliharaan Turbin Air Lanjutan 1 (level 2). Padang : PT. PLN
- Zotloterer, Franz. 2002. “Zotloterer Gravitational Vortex Plant”.
- <http://lipi.go.id/berita/pembangkit-listrik-mikrohidro-menerangi-desa-memberdayakan-warga/1722> diakses tanggal 11 Februari 2019.
- <https://ebtke.esdm.go.id/post/2018/01/31/1869/buku.pedoman.pengelolaan.lingkungan.hidup> diakses tanggal 18 April 2019