

EKSPERIMENTAL PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT SUDU BERPENAMPANG PLAT DATA TERHADAP KINERJA TURBIN ALIRAN VORTEX

Sena Aripasetya

S1 Teknik Mesin Konversi Energi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: senaariprasetya@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

Abstrak

Energi merupakan salah satu tantangan yang kita hadapi pada abad 21 ini. Kebutuhan terhadap energi fosil seperti minyak bumi dan gas tercatat sebesar 55% dan batu bara sebesar 25% dari total persediaan energi yang ada. Sementara pemanfaatan energi terbarukan seperti geothermal, angin, energi matahari, dan biomass hanya 3% (Yam, 2010). Dengan keadaan seperti ini maka terjadi pergeseran dari penggunaan sumber energi tak terbarukan menuju sumber energi yang terbarukan. Salah satu pemanfaatan sumber energi yang diperbaharui adalah pemanfaatan aliran air sebagai pembangkit listrik mikrohidro. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kemiringan sudut sudu terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Dengan cara membuat turbin vortex berpenampang plat datar yang memvariasikan kemiringan sudut sudu, yakni 0°; 7,5°; 15° dan 22,5°. Pengujian akan dilaksanakan berdasarkan kapasitas aliran 7,9987 L/s; 9,3092 L/s; 11,0429 L/s; 13,4434 L/s terhadap efisiensi dan daya turbin. Hasil dari penelitian ini kemiringan sudut sudu turbin yang optimal adalah kemiringan sudut sudu 22,5° dengan kapasitas 13,4434 L/s dengan daya yang didapatkan 51,03 Watt pada pembebanan 50000 g. Sedangkan efisiensi tertinggi dengan kemiringan sudut sudu 22,5° yang terdapat pada kapasitas 7,9987 L/s dengan efisiensi yang didapatkan 64,58% pada pembebanan 25000 gram. Variasi kemiringan sudut sudu memiliki pengaruh terhadap kenaikan daya pada turbin reaksi vortex, hal ini disebabkan karena arah jatuh aliran yang mengenai sudut sudu mendekati sudut tegak lurus. Sehingga membuat putaran turbin lebih cepat dan tahan terhadap pembebanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa menggunakan variasi sudut sudu turbin.

Kata Kunci: Turbin *Vortex*, berpenampang plat datar, kemiringan sudut sudu

Abstract

Energy is one of the challenges we face in the 21st century. Demand of fossil energy such as petroleum and gas recorded amounted to 55% coal and 25% of its total energy supplies in existence. While the utilization of renewable energy such as geothermal, wind, solar energy, and biomass only 3% (Yam, 2010). With a State like this then happened a shift from the use of energy sources renewable energy sources towards not renewable. One of the utilization of the energy sources are update is the utilization of the water flow as micro hydro power plants. This research was conducted to find out the influence of the tilt angle of the vanes against the power and efficiency of the resulting. This research uses experimental research methods. By how to create a vortex turbine flat-plate shaped which vary the tilt angle of the vanes, which is 0°; 7.5°; 15° and 22.5°. Experiments will be conducted on the basis of the flow capacity of the 7.9987 L/s; 9.3092 L/s; 11.0429 L/s; 13.4434 L/s toward efficiency and power turbines. The results of this research the slope angle of the optimal turbine vanes is 22.5° angle of tilt turbine vanes with a capacity of 13.4434 L/s with power obtained 51.03 Watts on imposition of 50000 g. Whereas the highest efficiency with the tilt angle of the vanes 22.5° the capacity of 7.9987 L/s with efficiency obtained 64.58% on imposition of 25000 g. Variation of the tilt angle of the vanes have influence on the increase of the power vortex turbine reaction, this is because the direction of the flow of the falls on the corner angle approaching the straight vanes. thus making the rounds of the turbine faster and resistant to the imposition of higher compared to without using a variation of the angle of the turbine vanes.

Keyword: vortex turbine, flat-plate shaped vanes, variation tilt angle of turbine vanes

PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu tantangan yang kita hadapi pada abad 21 ini. Kebutuhan energi dari tahun ke-tahun selalu meningkat seiring perkembangan teknologi dan industri. Pada tahun 1998, konsumsi energi listrik membutuhkan sebesar 12.7 TW, sedangkan ditahun 2050, kebutuhan konsumsi listrik diperkirakan akan meningkat sebanyak 46.3 hingga 58.7 TW (R. Eisenberg dan D. G. Nocera, 2005). Peningkatan kebutuhan energi setiap tahun akan mengakibatkan tingginya permintaan terhadap sumber daya alam seperti batu bara, minyak bumi dan gas alam. Sedangkan sumber daya alam seperti batu bara dan minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Dan juga sisa pembakaran minyak bumi dan batu bara akan menghasilkan polusi yang mempengaruhi alam sekitar.

Kebutuhan terhadap energi fosil seperti minyak bumi dan gas tercatat sebesar 55% dan batu bara sebesar 25% dari total persediaan energi yang ada. Sementara pemanfaatan energi terbarukan seperti geothermal, angin, energi matahari, dan biomass hanya 3% (Yam, 2010). Dengan keadaan seperti ini maka terjadi pergeseran dari penggunaan sumber energi tak terbarukan menuju sumber energi yang terbarukan. Salah satu pemanfaatan sumber energi yang diperbarui adalah pemanfaatan aliran air sebagai pembangkit listrik mikrohidro.

Mikrohidro atau Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ialah suatu pembangkit listrik berskala kecil yang memanfaatkan tenaga air sebagai penggerak seperti saluran irigasi, sungai dan air terjun dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan debit air. PLTMH mengandung makna, secara bahasa diartikan *micro* adalah kecil dan *hydro* adalah air, maka dapat dikatakan bahwa *microhydro* adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang berskala kecil, karena pembangkit tenaga listrik ini memanfaatkan aliran air sungai atau aliran irigasi sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan turbin dan memutar generator (Rohermanto, 2007). Mikrohidro mempunyai 3 komponen utama yakni air (sebagai penggerak utama), turbin dan generator. Peran turbin air disini ialah mengkonversikan energi gerak mekanik menjadi energi kinetik lalu membuatnya menjadi energi potensial dan dikonversikan oleh generator menjadi energi listrik.

Turbin vortex ialah salah satu jenis turbin mikrohidro yang memanfaatkan pusaran air sebagai penggerak sudunya. Turbin vortex memiliki head yang relatif rendah 0,7 m – 3m dengan debit 50 L/s (Mohan, Anjali M. 2016).

Aliran vortex yang juga dikenal sebagai aliran pusaran dapat terjadi pada suatu fluida yang mengalir dalam suatu saluran yang mengalami perubahan mendadak. Fenomena

aliran vortex sering kali dijumpai pada pemodelan sayap pesawat, aliran vortex dianggap sebagai suatu kerugian dalam suatu aliran fluida. Namun dalam penelitian yang diteliti oleh Viktor Schaubberger, yang memanfaatkan aliran irigasi kemudian diubah menjadi aliran vortex (pusaran), dan dimanfaatkan untuk menggerakkan sudu turbin. Dari penelitian ini didapatkan efisiensi sebesar 75% dengan tinggi air jatuh 0,6m. pada penelitiannya Viktor Schaubberger tidak menjelaskan tinggi sudu turbin apakah memiliki pengaruh. Penyusun tertarik untuk melakukan penelitian terhadap performansi turbin yang memanfaatkan aliran vortex untuk menggerakkan turbin mikrohidro.

Penelitian yang dilakukan oleh Widyatmoko (2012) dalam penelitian yang memiliki judul “Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Listrik pada Turbin Vortex”, menyatakan bahwa pada jumlah sudu 8 buah didapatkan daya output listrik dan efisiensi turbin terbesar yakni 1,85 watt dan 6,02%. Penelitian diatas belum menjelaskan pengaruh variasi kemiringan sudut sudu sehingga penelitian yang akan dilakukan adalah memvariasikan kemiringan sudut sudu pada turbin.

Penelitian yang dilakukan oleh Wijendra (2017), mengenai “Kemiringan Sudut Baling – Baling Turbin Angin Horizontal dan Kecepatan Angin Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Horizontal”, didapatkan bahwa kemiringan sudut baling baling turbin angin sangat mempengaruhi nilai *pin*, *pout* dan efisiensi yang dihasilkan turbin angin sumbu horizontal. Hal ini membuat penulis tertarik untuk melakukan penelitian pengaruh kemiringan sudut sudu berpenampang plat datar pada turbin aliran vortex.

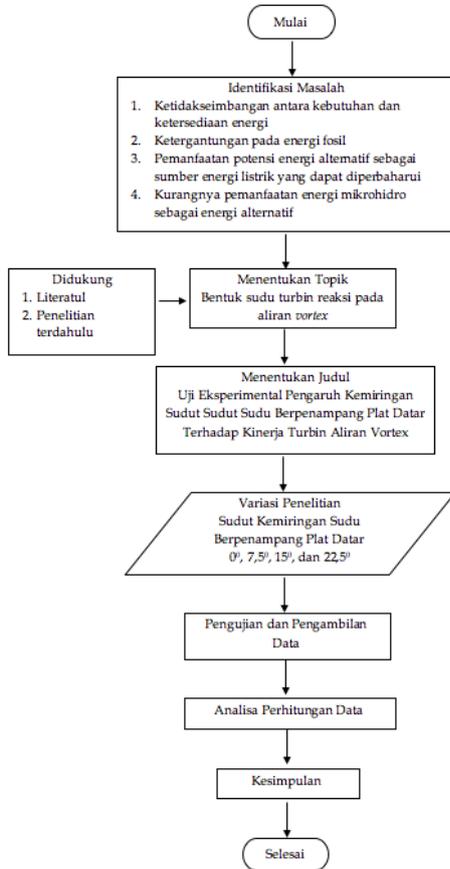
Penelitian yang dilakukan oleh Afryzal (2017), dalam penelitian yang berjudul “Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Dengan Sudu Berpenampang Plat Datar”. Didapatkan bahwa daya turbin terbesar menggunakan turbin dengan 8 sudu pada beban 20000gr dengan kapasitas air sebesar 8,89 L/s diperoleh daya turbin sebesar 21,84 watt. Sedangkan efisiensi yang dihasilkan pada turbin dengan 8 sudu pada beban 2000gr dengan kapasitas air sebesar 6,94 L/s diperoleh efisiensi terbesar yakni 44,3%. Tetapi penelitian diatas belum menjelaskan pengaruh variasi kemiringan sudut sudu dan penelitian diatas akan dijadikan referensi dalam menentukan jumlah sudut sudu yang akan diteliti.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan tetapi masih belum ada yang meneliti tentang pengaruh kemiringan sudut sudu reaksi aliran vortex terhadap kinerja turbin. Merujuk dari penelitian tersebut, penulis melakukan pengkajian penelitian untuk mengoptimalkan daya dan efisiensi pada turbin reaksi aliran vortex terhadap kinerja turbin dengan memvariasikan kemiringan sudut sudu.

Hasil yang diharapkan dengan penelitian eksperimen dapat menghasilkan turbin reaksi aliran vortex yang lebih baik dari sisi efisiensinya yang digunakan untuk skala kecil maupun besar sehingga energi potensial aliran air dapat dimanfaatkan.

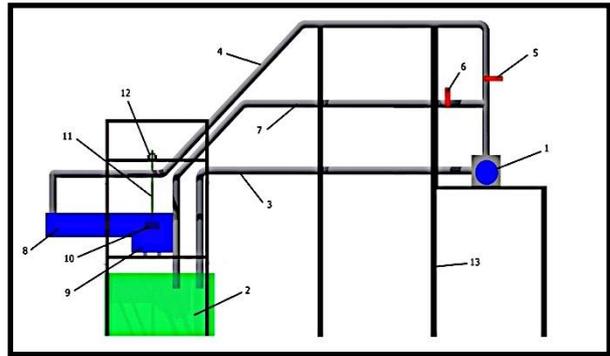
METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Skema Pengujian



Gambar 2. Desain Sudu Turbin

Tabel 1. Keterangan Skema Alat Uji

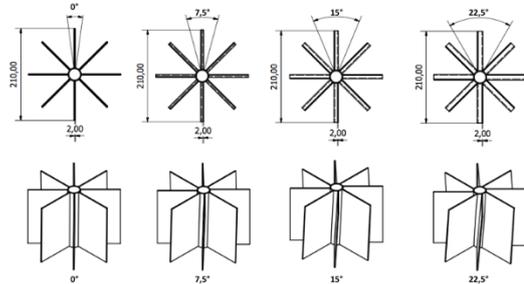
No.	Keterangan	No.	Keterangan
1.	Pompa	8.	Inlet Basin
2.	Bak Penampung Air	9.	Basin
3.	Pipa Saluran Inlet	10.	Turbin
4.	Pipa Saluran Outlet	11.	Poros Turbin
5.	Katup Pengatur Kapasitas	12.	Bearing
6.	Katup Bypass	13.	Rangka
7.	Saluran Bypass		

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Menurut Sugiyono (2014), variabel bebas (Independent) ialah merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang membuat sebab perubahannya atau munculnya variabel terikat (dependent).

Variasi kemiringan sudut sudu: 0°; 7,5°; 15° dan 22,5°.



Gambar 3. Desain Sudu Turbin

Kapasitas (Q) / debit aliran air: 7,9987 L/s, 9,3092 L/s, 11,0429 L/s, 13,4434 L/s.

Beban yang digunakan: 5000g, 10000g, dan 15000g dan hingga turbin berhenti berputar

- Variabel Terikat

Menurut Sugiyono (2014), variabel terikat (dependent) ialah merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena

terdapatnya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yakni daya, efisiensi, dan putaran dari turbin vortex tiap variasi kemiringan sudut sudunya.

• Variabel Kontrol

Variabel kontrol ialah variabel yang dikendalikan atau dibuat tetap agar pengaruh variabel bebas ke variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor lain dari luar yang tidak diteliti. Dalam penelitian ini variabel yang akan dikontrol meliputi :

- Diameter turbin : 21 cm
- Diameter basin : 56 cm
- Ketebalan material : 2 mm
- Material basin dan sudu : Besi
- Tinggi basin : 70 cm
- Diameter outlet basin : 9 cm
- Jumlah sudu turbin : 8
- Jarak turbin dengan outlet basin : 3 cm
- Fluida Kerja : Air Tawar

Teknik Analisis Data

Penelitian eksperimen ini akan menggunakan metode analisis data kualitatif deskriptif, yakni bertujuan membuat deskripsi, lukisan, gambaran secara sistematis, faktual dan akurat terhadap fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang akan diperoleh dalam pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil eksperimen yang dilakukan oleh penulis ini didapatkan dengan proses pengumpulan data dalam penelitian. Hasil yang didapatkan berupa hasil data eksperimen yang telah di input pada table yang telah dibuat. Data yang didapatkan dalam penelitian ini meliputi kapasitas aliran/kapasitas aliran dari perhitungan menggunakan V-Notch Weir, putaran poros pada turbin, torsi, daya dan efisiensi turbin yang akan dipresentasikan dalam bentuk nilai dan grafik.

Proses pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali, kemudian dari ketiga nilai tersebut diambil nilai rata rata data tersebut. Variasi kemiringan sudut sudu 7,5° ; 15° ; 22,5°. Dengan variasi pembebanan yang telah digunakan yakni kenaikan 5000 gram setiap pembebanan dan pembebanan 1000 gram ketika saat-saat turbin akan terhenti. Hal ini dilakukan agar mendapatkan data dengan benar dan valid. Nilai yang didapatkan dalam pengujian ini berupa putaran poros pada turbin, nilai neraca, dan tinggi vortex yang selanjutnya akan diolah untuk mendapatkan daya air yang mengalir, torsi, daya turbin, dan efisiensi.

Untuk memperoleh data diatas diperlukan beberapa perhitungan yakni,

- Menghitung kapasitas air (Q) menggunakan persamaan

$$Q = cd \cdot \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2g} \cdot tg \frac{\theta}{2} \cdot H^{\frac{5}{2}} \text{ (persamaan 2.1)}$$

Dimana:

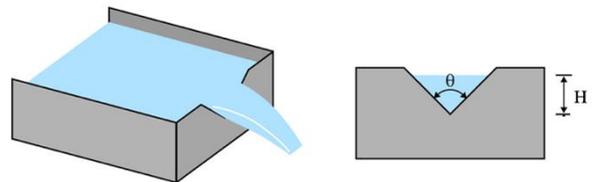
Q = Debit aliran (m³/s)

Cd = Coefficient of Discharge

H = Tinggi ambang (m)

θ = Sudut pada V-notch weir (°)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)



Gambar 4. Tinggi Ambang Batas (H) pada V-Notch Weir

- Menghitung daya air yang mengalir (Pa) menggunakan persamaan

$$Pa = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \text{ (persamaan 2.2)}$$

Dimana:

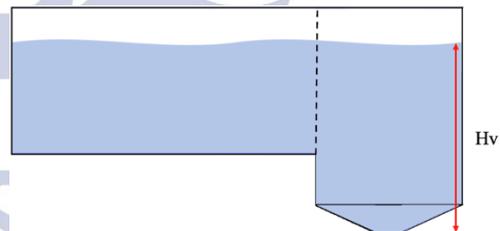
Pa = Daya air (Watt)

ρ = Massa jenis (kg/m³)

Q = Debit air (m³/s)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

Hv = Tinggi Vortex (m)



Gambar 5. Tinggi Vortex (Hv) Pada Basin

- Menghitung torsi turbin (T) menggunakan persamaan

$$T = F \cdot r \text{ (persamaan 2.4)}$$

Dimana:

T = Torsi (N.m)

F = Gaya (N)

r = Lengan (m)

- Menghitung kecepatan angular turbin (ω) menggunakan persamaan

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ (persamaan 2.5)}$$

Dimana:

ω = Kecepatan (rad/s)

π = Phi (3,14)

n = Putaran (rpm)

- Menghitung daya turbin (P_t) menggunakan persamaan $P_t = T \cdot \omega$ (persamaan 2.6)
Dimana:
 P_t = Daya turbin (Watt)
 T = Torsi (N.m)
 ω = Kecepatan angular (rad/s)
- Menghitung efisiensi turbin (η) menggunakan persamaan

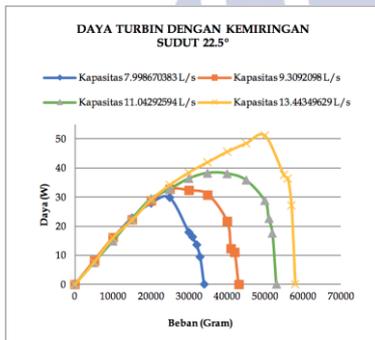
$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \times 100\% \quad (\text{persamaan 2.7})$$

Dimana:

η = Efisiensi turbin
 P_t = Daya turbin (Watt)
 P_a = Daya air (Watt)

Pembahasan

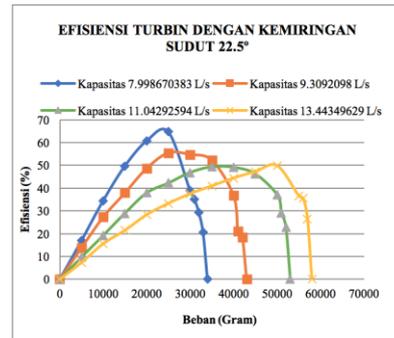
- Pengaruh Variasi Kapasitas Air Terhadap Daya Turbin Yang Dihasilkan Pada Variasi Kemiringan Sudut Sudu Turbin



Gambar 6. Grafik Daya Turbin Kemiringan 22,5°

Bedasarkan gambar 6, dapat dilihat bahwa pada kapasitas 7,9986 L/s memiliki nilai daya yang rendah yakni pada pembebanan 25000 gram dengan daya sebesar 29,77 Watt. Pada kapasitas 9,3092 L/s daya turbin yang dihasilkan cukup memuaskan dengan daya sebesar 32,77 Watt pada pembebanan 25000 gram. Kemudian pada kapasitas 11,0429 L/s daya turbin mengalami kenaikan dengan daya sebesar 38,27 Watt pada pembebanan 35000 gram. Pada kapasitas 13,4434 L/s daya turbin mengalami kenaikan cukup signifikan dan tertinggi dibandingkan kapasitas yang lain yakni sebesar 51,03 Watt pada pembebanan 50000 gram.

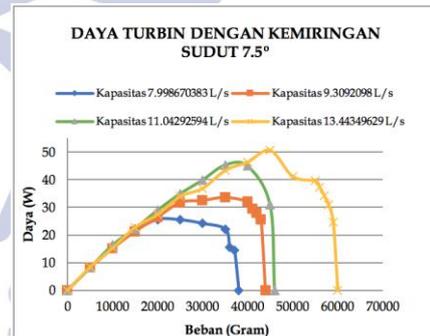
- Pengaruh Variasi Kapasitas Air Terhadap Efisiensi Turbin Yang Dihasilkan Pada Variasi Kemiringan Sudut Sudu Turbin



Gambar 7. Grafik Efisiensi Turbin Kemiringan 22,5°

Bedasarkan gambar 7, dapat dilihat bahwa pada kapasitas 7,9986 L/s memiliki nilai efisiensi yang tertinggi yakni pada pembebanan 25000 gram dengan daya sebesar 64,58%. Pada kapasitas 9,3092 L/s efisiensi turbin yang dihasilkan cukup memuaskan dengan efisiensi sebesar 55,46% pada pembebanan 25000 gram. Kemudian pada kapasitas 11,0429 L/s efisiensi turbin mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 49,28% pada pembebanan 35000 gram. Pada kapasitas 13,4434 L/s efisiensi turbin mengalami kenaikan sedikit yakni sebesar 49,83% pada pembebanan 50000 gram.

- Pengaruh Variasi Kapasitas Air Terhadap Daya Turbin Yang Dihasilkan Dan Ketahanan Pembebanan Pada Variasi Kemiringan Sudut Sudu Turbin

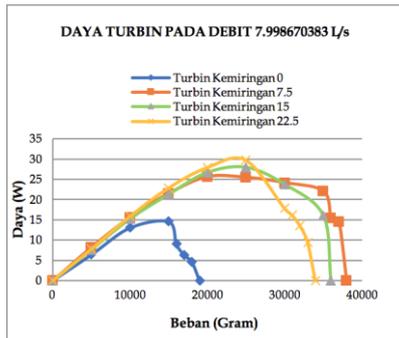


Gambar 8. Grafik Daya Turbin Kemiringan 7,5°

Bedasarkan gambar 8, dapat dilihat bahwa pada kapasitas 7,9986 L/s memiliki nilai daya yang rendah yakni pada pembebanan 25000 gram dengan daya sebesar 29,77 Watt. Pada kapasitas 9,3092 L/s daya turbin yang dihasilkan cukup memuaskan dengan daya sebesar 32,77 Watt pada pembebanan 25000 gram. Kemudian pada kapasitas 11,0429 L/s daya turbin mengalami kenaikan dengan daya sebesar 38,27 Watt pada pembebanan 35000 gram. Pada kapasitas 13,4434 L/s daya turbin mengalami kenaikan cukup signifikan

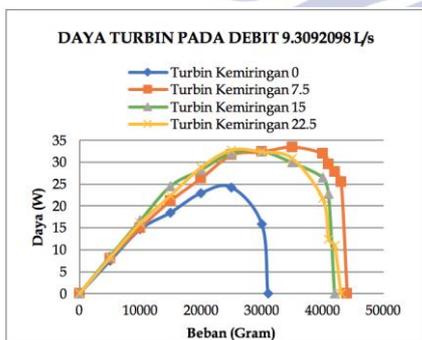
dan tertinggi dibandingkan kapasitas yang lain yakni sebesar 51,03 Watt pada pembebanan 50000 gram.

- Variasi Kemiringan Sudut Sudu Terhadap Daya Turbin Reaksi Pada Kapasitas Tetap



Gambar 9. Grafik Daya Turbin Kapasitas 7,9986 L/s

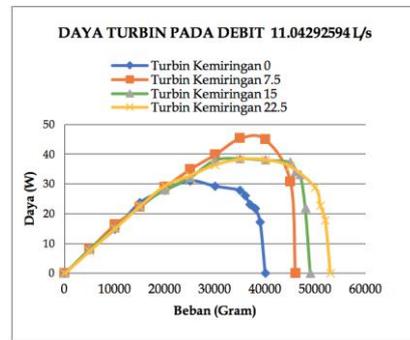
Pada gambar 9, terlihat pada kapasitas 7,9986 L/s pada kemiringan sudut sudu 7,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 25,56 Watt pada pembebanan 20000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 38000 g. Pada kemiringan sudut sudu 15° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 27,90 Watt pada pembebanan 25000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 36000 g. Pada kemiringan sudut sudu 22,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 29,76 Watt pada pembebanan 25000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 34000 g.



Gambar 10. Grafik Daya Turbin Kapasitas 9,3092 L/s

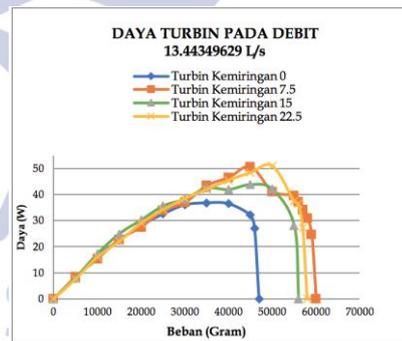
Pada gambar 10, terlihat pada kapasitas 9,3092 L/s pada kemiringan sudut sudu 7,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 33,49 Watt pada pembebanan 35000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 44000 g. Pada kemiringan sudut sudu 15° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 32,54 Watt pada pembebanan 30000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 42000g. Pada kemiringan sudut

sudu 22,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 32,77 Watt pada pembebanan 25000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 43000g.



Gambar 11. Grafik Daya Turbin Kapasitas 11,0429 L/s

Pada gambar 11, terlihat pada kapasitas 11,0429 L/s pada kemiringan sudut sudu 7,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 45,29 Watt pada pembebanan 35000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 46000 g. Pada kemiringan sudut sudu 15° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 38,50 Watt pada pembebanan 35000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 49000 g. Pada kemiringan sudut sudu 22,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 38,26 Watt pada pembebanan 35000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 53000 g.

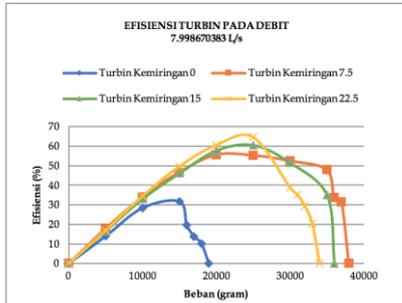


Gambar 12. Grafik Daya Turbin Kapasitas 13,4434 L/s

Pada gambar 12, terlihat pada kapasitas 13,4434 L/s pada kemiringan sudut sudu 7,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 50,59 Watt pada pembebanan 45000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 60000 g. Pada kemiringan sudut sudu 15° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 43,88 Watt pada pembebanan 45000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 56000 g. Pada kemiringan sudut sudu 22,5° daya yang dihasilkan terus meningkat

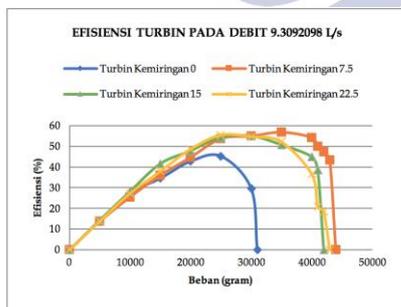
hingga 51,03 Watt pada pembebanan 50000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 58000 g.

- Variasi Kemiringan Sudut Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Reaksi Pada Kapasitas Tetap



Gambar 13. Grafik Daya Turbin Kapasitas 7,9986 L/s

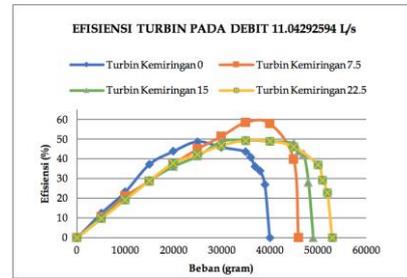
Pada gambar 13, terlihat pada kapasitas 7,9986 L/s pada kemiringan sudut sudu 7,5° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 31,68% pada pembebanan 20000 g lalu kemudian mengalami penurunan efisiensi sampai turbin berhenti pada beban 38000 g. Pada kemiringan sudut sudu 15° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 55,47% pada pembebanan 25000 g lalu kemudian mengalami penurunan efisiensi sampai turbin berhenti pada beban 36000 g. Pada kemiringan sudut sudu 22,5° efisiensi yang dihasilkan terus meningkat hingga 64,58% pada pembebanan 25000 g lalu kemudian mengalami penurunan efisiensi sampai turbin berhenti pada beban 34000 g.



Gambar 14. Grafik Daya Turbin Kapasitas 7,9986 L/s

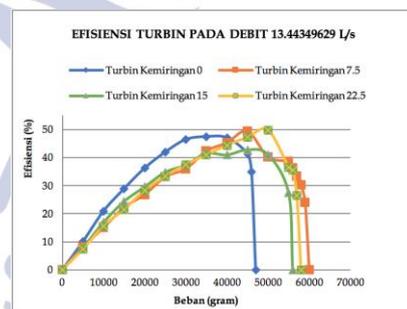
Pada gambar 14, terlihat pada kapasitas 9,3092 L/s pada kemiringan sudut sudu 7,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 56,67% pada pembebanan 35000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 44000 g. Pada kemiringan sudut sudu 15° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 54,91% pada pembebanan 30000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada

beban 42000g. Pada kemiringan sudut sudu 22,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 55,45% pada pembebanan 25000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 43000g.



Gambar 15. Grafik Daya Turbin Kapasitas 11,0429L/s

Pada gambar 15, terlihat pada kapasitas 11,0429 L/s pada kemiringan sudut sudu 7,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 58,33% pada pembebanan 35000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 46000 g. Pada kemiringan sudut sudu 15° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 49,58% pada pembebanan 35000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 49000 g. Pada kemiringan sudut sudu 22,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 49,28% pada pembebanan 35000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 53000 g.



Gambar 16. Grafik Daya Turbin Kapasitas 13,4434 L/s

Pada gambar 16, terlihat pada kapasitas 13,4434 L/s pada kemiringan sudut sudu 7,5° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 49,39% pada pembebanan 45000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 60000 g. Pada kemiringan sudut sudu 15° daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 42,85% pada pembebanan 45000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 56000 g. Pada kemiringan sudut

sudu $22,5^\circ$ daya yang dihasilkan terus meningkat hingga 49,83% pada pembebanan 50000 g lalu kemudian mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti pada beban 58000 g.

PENUTUP

Simpulan

Bedasarkan hasil penelitian yang telah diuji tentang pengaruh kemiringan sudut sudu berpenampang plat datar terhadap kinerja turbin reaksi aliran vortex, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Daya tertinggi yang didapatkan pada turbin reaksi aliran vorteks ini adalah pada kemiringan sudut sudu $22,5^\circ$ yakni di kapasitas 7,9987 L/s dengan daya yang didapatkan 29,77 Watt pada pembebanan 25000 gram. Kapasitas 9,3092 L/s dengan daya yang didapatkan 32,77 Watt pada pembebanan 25000 g. Kapasitas 11,0429 L/s dengan daya yang didapatkan 38,27 Watt pada pembebanan 35000 g. Kapasitas 13,4434 L/s dengan daya yang didapatkan 51,03 Watt pada pembebanan 50000 g. Turbin $7,5^\circ$ memiliki ketahanan terhadap pembebanan yang tinggi yakni kapasitas 7,9987 L/s dengan daya yang didapatkan 29,77 Watt pada pembebanan hingga 38000 gram. Kapasitas 9,3092 L/s dengan daya yang didapatkan 32,77 Watt pada pembebanan hingga 44000 g. Kapasitas 11,0429 L/s dengan daya yang didapatkan 38,27 Watt pada pembebanan hingga 46000 g. Kapasitas 13,4434 L/s dengan daya yang didapatkan 51,03 Watt pada pembebanan hingga 60000 g. Hal ini disebabkan karena arah jatuh aliran yang mengenai sudut sudu mendekati sudut tegak lurus. sehingga membuat putaran turbin lebih cepat dan tahan terhadap pembebanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sudut sudu turbin 0° .
- Efisiensi tertinggi yang didapatkan pada turbin reaksi aliran vorteks ini adalah pada kemiringan sudut sudu $22,5^\circ$ yakni di kapasitas 7,9987 L/s dengan efisiensi yang didapatkan 64,58% pada pembebanan 25000 gram. Kapasitas 9,3092 L/s dengan efisiensi yang didapatkan 55,46% pada pembebanan 25000 g. Kapasitas 11,0429 L/s dengan efisiensi yang didapatkan 49,28% pada pembebanan 35000 g. Kapasitas 13,4434 L/s dengan efisiensi yang didapatkan 49,83% pada pembebanan 50000 g. penurunan efisiensi pada setiap kenaikan kapasitas disebabkan karena daya turbin dibagi dengan daya air lalu dikalikan dengan 100%, jika pembagi atau daya air semakin besar maka hasil efisiensi yang dicapai akan semakin kecil.

Saran

Bedasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan maka dibutuhkan pengembangan lebih lanjut tentang kemiringan yang optimum dan lebih spesifik untuk mendapatkan ukuran dimensi yang sesuai, kemungkinan dengan ukuran atau desain yang lain sehingga dapat meningkatkan nilai daya dan efisiensi turbin serta penelitian selanjutnya dapat diteliti lebih dalam tentang pengaruh jenis material yang digunakan. Guna mendapatkan daya dan efisiensi yang lebih optimal

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. 5 (2): hal 147-157
- Agung, Achmad Imam. 2013. "Potensi Sumber Energi Alternatif dalam Mendukung Kelistrikan Nasional". *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*. Vol. 2, No. 2, Tahun 2013: 892-897.
- Ardiansyah, Mohammad 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. 5 (2): hal 111-112
- Baskoro, Mahendra Bagus dan Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. "Pengaruh Sudut *Inlet Notch* Pada Turbin Reaksi Aliran Vortex Terhadap Daya dan Efisiensi". *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 5 (2): hal 81-91
- Basyirun, dkk. 2008. *Buku Ajar Mesin Konversi Energi*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- C. C. Warnick. 1984. *Hydro Power Engineering, A Textbook for Civil Engineers*. New Jersey: Prentice-Hall. Inc.
- Dewi. 2010. "Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin". Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Dirtzel, Fritz. 1990. *Turbin, Pompa, dan Kompresor*. Jakarta : Erlangga.
- Fadillah, F., Wicaksana Christian. 2015 "Makalah Turbin Air". Malang: Universitas Negeri Malang.
- Fox, Robert W., dkk. 2012. *Fluid Mechanics. Eighth Edition*. New Jersey: Wiley.
- Germano, Frank. 2014. *Viktor Schauburger's Repulsine*. Diambil dari: frankgermano.wordpress.com/viktor-schauburger-the-repulsine (15 Desember 2016).
- 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.
- McDonough, J. M. 2009. *Lectures in Elementary Fluid Dynamics: Physics, Mathematics and Applications*. Kentucky: Departments of Mechanical Engineering and Mathematics University of Kentucky.
- 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
- Munson, Bruce R., dkk. 2009. *Fundamentals of Fluid Mechanics. Sixth Edition*. New Jersey: Wiley.
- Patarmatua Pardede, Petrus Jese. 2015. "Analisa Teoritis Turbin Vorteks dengan Rumah Turbin Berbentuk Lingkaran dengan Variasi Diameter Saluran Buang, Ketinggian Air dan Diameter Runner".
- Ross, S.M., dan G.R. Morrison. 2003. *Experimental Research Methods. Handbook of Research for Educational Communications and Technology. Second Edition*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sihombing, Ray Posdam J. 2014. "Analisa Efisiensi Turbin Vortex dengan Casing Berpenampang Lingkaran pada Sudu Berdiameter 56 cm untuk Variasi Jarak Sudu dengan Saluran Keluar". *Jurnal e-dinamis*. Vol. 10, No. 2, September 2014. ISSN: 2338-1035.
- Subandono, Agus. 2007. "Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH)". *Jurnal Ilmiah Universitas Pwiyatan Daha Kediri*. Hal. 1-12,38. ISSN: 0854-355.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- S. Mulligan & P. Hull. 2010. "Design and Optimisation Of A Water Vortex Hydropower Plant". *Institute of Technology Sligo Research*
- Taherian, H. Peter, L. Allen. 1998. Experimental study of natural convection shell-and coil heat exchanger, in: *Proceedings of the 7th AIAA/ASME, the American Society of Mechanical Engineers, HTD-vol. 357-2*
- Tarigan, Endi Pramana. 2014. "Rancang Bangun Turbin Vortex dengan Casing Berpenampang Lingkaran yang Menggunakan Sudu Berdiameter 32 cm pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu dan Saluran Keluar". Skripsi tidak diterbitkan. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Widyatmoko. 2017. "Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Listrik pada Turbin Vortex". Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Wijendra. 2017. "Kemiringan Sudut Baling – Baling Tubin Angin Horizontal dan Kecepatan Angin Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Horizontal". Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Wongwises, S. Naphon, P. 2006. Heat transfer characteristics of a spirally coiled, finned-tube heat exchanger under dry-surface conditions. *Heat Transf. Eng.* 27 25–34.