

UJI EKSPERIMENTAL KINERJA TURBIN REAKSI ALIRAN *VORTEX* TIPE SUDU MELENGKUNG DENGAN VARIASI SUDUT KEMIRINGAN

Hannas Kholbika Fitroh

S1 Teknik Mesin Konversi Energi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: hannasfitroh@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 menjadi sebuah kebutuhan yang sangat penting untuk kelangsungan hidup masyarakat di Indonesia. Energi fosil merupakan sumber energi yang sebagian besar digunakan di Indonesia. Mikrohidro di Indonesia dapat berkembang dan bermanfaat dengan baik dikarenakan untuk saat ini 10% dari seluruh 75.000 MW potensi kelistrikan tenaga air atau 7.500 MW bisa digunakan untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Hal ini menjadi sebuah dasar untuk melakukan penelitian pemanfaatan air sebagai sumber energi terbarukan. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui desain turbin yang dapat menghasilkan kinerja optimal. Kemudian dapat digunakan sebagai referensi jenis turbin untuk mikrohidro, khususnya untuk aliran *vortex*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan sudu melengkung dengan variasi sudut kemiringan: 0°, 7,5°, 15°, dan 22,5°. Kapasitas yang digunakan: 7,99867 L/s, 9,30921 L/s, 11,04293 L/s, dan 13,44350 L/s. Kemudian beban yang dipakai: 5kg, 10kg, 15kg, 20kg, 25kg, 30kg, 35kg, 40kg, 45kg, 50kg, 55kg, dan 1kg hingga turbin berhenti. Turbin dipasang, kemudian diuji pada rangkaian turbin *vortex* untuk mendapatkan daya dan efisiensi. Hasil dari penelitian ini adalah variasi sudut kemiringan sudu sangat berpengaruh terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin *vortex*. Sudu sudut 22,5° memiliki daya dan efisiensi paling optimal daripada sudut 0°, 7,5° dan 15°. Pada turbin sudut 22,5° memiliki daya tertinggi yang terjadi pada kapasitas 13,44350 L/s dengan pembebanan 40.000 g (44,11 W), dan efisiensi tertinggi terjadi pada kapasitas 7,99867 L/s dengan pembebanan 25.000 g (58,78 %). Hal ini dikarenakan pada turbin sudu lengkung dengan sudut kemiringan 22,5° ini, arah air yang masuk ke sudu turbin terfokus ke tengah sudu turbin dan mendekati tegak lurus, maka dorongan yang akan didapat pun bertambah dan putaran lebih kuat sehingga berpengaruh pada daya dan efisiensi turbin.

Kata Kunci: Turbin reaksi, Aliran *vortex*, Sudu Kemiringan Sudu Lengkung, Kinerja

Abstract

Energy becomes a very important requirement for the survival of society in Indonesia. Fossil energy is an energy source that is mostly used in Indonesia. Microhydro in Indonesia can be well developed and useful because for now 10% of all 75,000MW of hydroelectric power potential or 7,500MW can be used for microhydro power plant. This provides a basis for conducting research on the use of water as a renewable energy source. The purpose of this research is to know the design of turbine that can produce optimal performance. Then, it can be used as a reference type of turbine for microhydro, especially for vortex flow. This research uses experimental method by using curved blades with variations of slope angle: 0°, 7,5°, 15°, and 22,5°. Capacity used: 7,99867 L/s, 9,30921 L/s, 11,04293 L/s, and 13,44350 L/s. Then the load is used: 5kg, 10kg, 15kg, 20kg, 25kg, 30kg, 35kg, 40kg, 45kg, 50kg, 55kg, and 1kg until turbine stopped. The turbine is installed, then tested on the vortex turbine circuit for power and efficiency. The result of this research is variation of slope angle very influence to power and efficiency produced by turbine vortex. The angle of 22,5° has the most optimum power and efficiency than the 0°, 7,5° and 15° angles. At the turbine 22,5° has the highest power that occurs at a capacity of 13,44350 L/s with a loading of 40,000g (44,11W), and the highest efficiency occurs at a capacity of 7,99867 L/s with 25,000g loading (58, 78%). This is because the turbine blade turbine with a slope angle of 22,5°, the direction of water coming into the turbine blade is centered to the center of the turbine blades and close to perpendicular, then the impulse to be gained is increased and the rotation is stronger so that it affects the power and efficiency of the turbine.

Keywords: Turbine reactions, Vortex flow, Angle of Curved Blade, Performance

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia yang ada di bumi akan energi menjadi hal yang sangat penting saat ini. Khususnya masyarakat yang ada di Indonesia. Kebutuhan akan energi di Indonesia akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Semakin lama waktu berjalan semakin banyak energi yang dibutuhkan tetapi berbanding terbalik dengan sumber energinya. Energi yang berasal dari energi fosil semakin lama semakin sedikit karena energi fosil merupakan energi yang tidak dapat diperbarui. Untuk itu saat ini banyak pemanfaatan sumber daya alam yang digunakan sebagai sumber energi alternatif, salah satunya adalah mikrohidro.

Energi air adalah energi yang telah dimanfaatkan secara luas di Indonesia yang dalam skala besar telah digunakan sebagai pembangkit listrik. Beberapa perusahaan di bidang pertanian bahkan juga memiliki pembangkit listrik sendiri yang bersumber dari energi air. Di masa mendatang untuk pembangunan pedesaan termasuk industri kecil yang jauh dari jaringan listrik nasional, energi yang dibangkitkan melalui sistem mikrohidro diperkirakan akan tumbuh secara pesat. Mikrohidro di Indonesia dapat berkembang dan bermanfaat dengan baik dikarenakan 10% dari seluruh 75.000 MW potensi kelistrikan tenaga air atau 7.500 MW bisa digunakan untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Tetapi hanya sebesar 60 MW yang baru bisa dimanfaatkan di Indonesia untuk saat ini (lipi.go.id).

Kemudian hasil penelitian dari Randi, Nikita, 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 jumlah daya turbin maksimum terjadi pada jumlah sudu 8 buah pada beban 25000 gr dengan kapasitas air 8,89 L/s dan efisiensi turbin terbesar menggunakan turbin dengan 8 sudu pada beban 20000 gr dengan kapasitas air sebesar 6,94 L/s.

Penelitian Firdaus, Atha, Adiwibowo, Priyo Heru (2017), didalam penelitiannya yang berjudul “Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Dengan Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluar Basin” Daya tertinggi terjadi pada jarak sudu dengan saluran keluar basin 3 cm dengan kapasitas air 8,899 L/s pada pembebanan 25000 gr diperoleh daya 25,4005 watt, Efisiensi tertinggi terjadi pada jarak sudu dengan saluran keluar basin 3 cm dengan kapasitas air 5,647 L/s pada pembebanan 15000 gr yaitu 56,189 %. Semakin meningkatnya kapasitas air mengakibatkan peningkatan daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin reaksi. Turbin dengan jarak sudu 3 cm membuat aliran air tidak mudah

keluar ke saluran buang sehingga turbin dapat mengoptimalkan kapasitas air yang mengalir.

Penelitian Ahmad, Hudan, Adiwibowo, Priyo Heru (2017), didalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Sudut *Inlet Notch* Pada Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Terhadap Daya Dan Efisiensi” Pada sudu pengarah $17,82^\circ$ memiliki daya tertinggi yang terjadi pada kapasitas 8,1327077 L/s dengan pembebanan 20.000 g (23,96 W), dan efisiensi tertinggi terjadi pada kapasitas 5,6472274 L/s dengan pembebanan 15.000 g (57,26 %).

Penelitian Hendro, Adiwibowo, Priyo Heru (2017), didalam penelitiannya yang berjudul “Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kelengkungan Dengan Sudu Tipe U Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex*”, menyatakan bahwa dimana sudu dengan sudut kelengkungan 30° memiliki daya dan efisiensi paling optimal daripada sudut 20° , dan 25° . Pada besar sudut kelengkungan 30° daya tertinggi terjadi pada kapasitas 8,899 L/s dan pembebanan 25000gram dengan daya sebesar 25,401watt dan efisiensi tertinggi terjadi pada kapasitas 5,647 L/s dan pembebanan 15000gram dengan efisiensi sebesar 58,565%. Maka mengacu pada penelitian tersebut dapat digunakan bentuk sudu yang melengkung dengan sudut 30° pada turbin *vortex* dengan menambahkan variasi sudut kemiringannya.

Kemudian pada penelitian Prasetya, dkk (2015), yang berjudul “Studi Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4412 dengan Modifikasi Sudu Tipe *Flat* Pada Variasi Sudut Kemiringan 0° , 10° , 15° ”, didapatkan hasil bahwa Rpm tertinggi yang didapat saat pengujian dengan pembebanan yaitu sebesar 587 Rpm, pada kemiringan sudut 15° . Sedangkan Rpm terendah yaitu sebesar 127,3 Rpm pada pengukuran sudut 10° . Untuk akumulasi energi terbesar didapatkan pada kemiringan sudut 15° yaitu sebesar 51,85 watt.jam. Sedangkan untuk akumulasi energi paling sedikit yaitu pada kemiringan sudut 10° yaitu sebesar 14,96 watt.jam. Sedangkan efisiensi terbesar didapatkan pada pengujian dengan kemiringan sudut 15° , yaitu sebesar 4,44%. Sedangkan nilai efisiensi tekecil didapatkan pada pengujian dengan kemiringan sudut 0° , yaitu sebesar 4,16%.

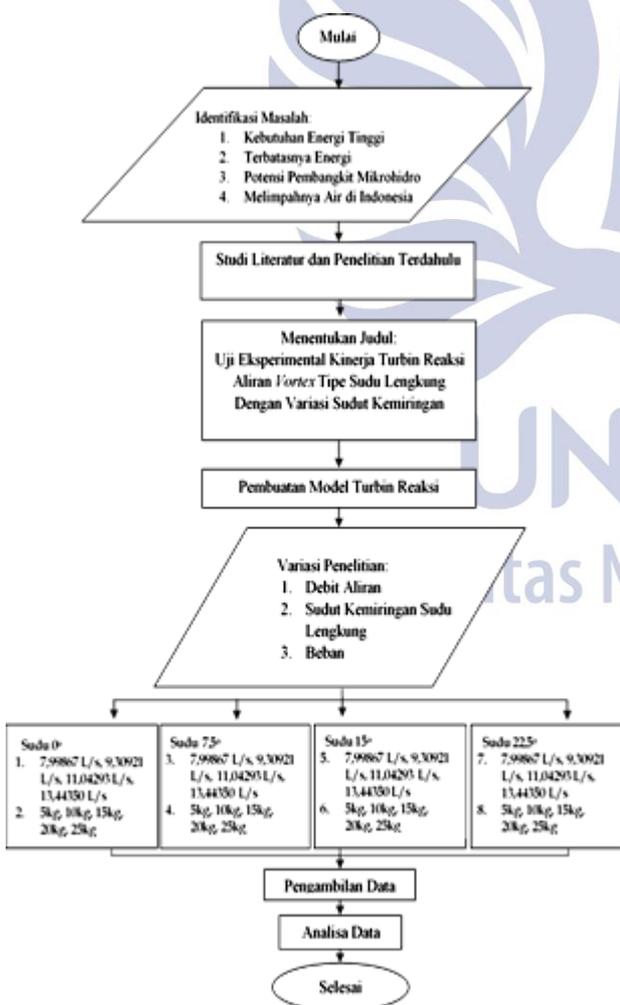
Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah pertama, agar mengetahui bagaimana efisiensi tertinggi dan terendah yang dihasilkan oleh turbin reaksi dengan variasi sudut kemiringan pada sudu yang melengkung. Kedua, mengetahui nilai daya yang dihasilkan oleh turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu melengkung dengan variasi sudut kemiringan. Ketiga, ingin mengetahui pengaruh variasi turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu lengkung dengan variasi sudut kemiringan pada saat diberikan variasi pembebanan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah pertama, untuk mengetahui berapa daya yang dihasilkan oleh masing-masing turbin reaksi berbeda pada sudut kemiringan. Kedua, untuk mengetahui efisiensi pada penggunaan turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu lengkung dengan variasi sudut kemiringan. Ketiga, untuk mengetahui pengaruh variasi sudut kemiringan turbin dengan sudu melengkung pada daya dan efisiensi saat diberikan variasi pembebanan.

Manfaat penelitian ini adalah (1) Memiliki pengetahuan baru tentang energi alternatif yaitu pembangkit mikrohidro. (2) Mampu merancang turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu lengkung dengan variasi sudut kemiringan sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan. (3) Mengetahui efisiensi dan daya yang dihasilkan oleh turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu melengkung dan variasi sudut kemiringan. (4) Lebih mengenal tentang pemanfaatan energi alternatif sebagai pembangkit listrik. (5) Memberikan informasi mengenai energi alternatif sebagai pengganti energi fosil.

METODE

Flowchart Penelitian



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini ditentukan variabel bebas, antara lain:

- Variasi sudut kelengkungan sudu, yaitu 0°, 7,5°, 15°, 22,5°.

• Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu efektivitas turbin reaksi aliran *vortex* yang meliputi:

- Daya Turbin, dan
- Efisiensi Turbin.
- Kapasitas: 7,99867 L/s, 9,30921 L/s, 11,04293 L/s, 13,44350 L/s
- Pembebanan: 5kg, 10kg, 15kg, 20kg, 25kg, 30kg, 35kg, 40kg, 45kg, 50kg, 55kg, dan 1kg hingga turbin berhenti.

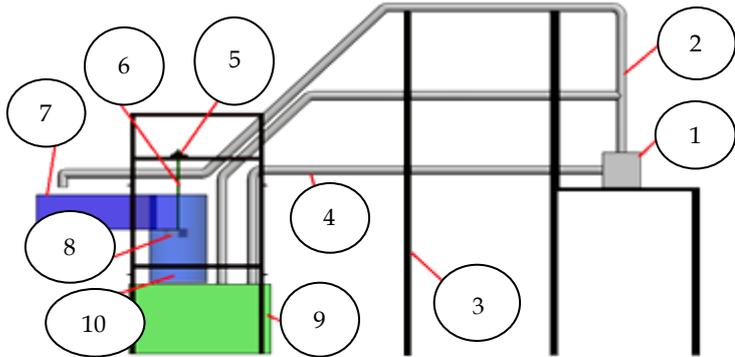
• Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu:

- Fluida kerja adalah air.
- Material sudu dan basin terbuat dari plat besi tebal 2 mm.
- Jumlah sudu turbin 8 buah.
- Kelengkungan sudu 30°.
- Tinggi *basin* yaitu 70 cm.
- Diameter turbin adalah 21 cm dan tinggi turbin adalah 15 cm.
- Diameter *basin* yang digunakan yaitu 56 cm.
- Sudut *inlet notch* sebesar 17,82°.
- Turbin diletakkan dengan jarak 3 cm dari lubang *outlet*.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan antara lain:



Gambar 2. Skema Pengujian

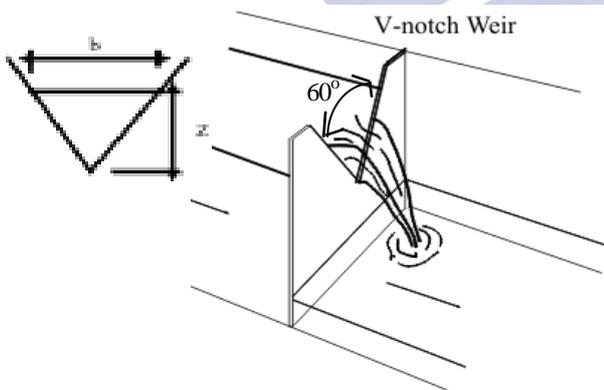
Keterangan:

- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| 1. Pompa air | 6. Poros turbin |
| 2. Saluran pipa sisi discharge | 7. Saluran inlet turbin |
| 3. Rangka | 8. Turbin |
| 4. Instalasi pipa sisi suction | 9. Reservoir air |
| 5. Bearing | 10. Basin |



(a) (b) (c) (d)

Gambar 3. Turbin: (a) Turbin Kemiringan 0°, (b) Turbin Kemiringan 7,5°, (c) Turbin Kemiringan 15°, (d) Turbin Kemiringan 22,5°.



Gambar 4. V-notch weir

Teknik Analisis Data

Analisis pada penelitian ini menggunakan metode analisis data kualitatif deskriptif yang dilakukan dengan pengambilan data dari alat ukur, maka hasil dari pengukuran dimasukkan dalam tabel, dihitung secara teoritis dan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik sehingga hasil dari penelitian ini mudah dipahami.

Analisis ini dipakai untuk mengetahui bagaimana efisiensi dan daya alat ini bekerja pada keadaan optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada hal ini akan membahas dan menyajikan hasil penelitian pengaruh sudut kemiringan pada sudu yang melengkung terhadap daya dan efisiensi turbin reaksi aliran vortex.

Proses analisa data akan diambil rata-rata data dari tiga kali proses pengambilan data yang akan digunakan untuk perhitungan pada sudut kemiringan sudu 0°, 7,5°, 15°, dan 22,5°. Dengan variasi pembebanan yang digunakan yaitu kenaikan 5000gram setiap pembebanannya dan pembebanan 1000gram ketika turbin akan berhenti. Sebelum melakukan perhitungan daya dan efisiensi turbin terlebih dahulu menghitung kapasitas dan daya air terlebih dahulu.

- Menghitung kapasitas air (Q) menggunakan persamaan

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

Dimana:

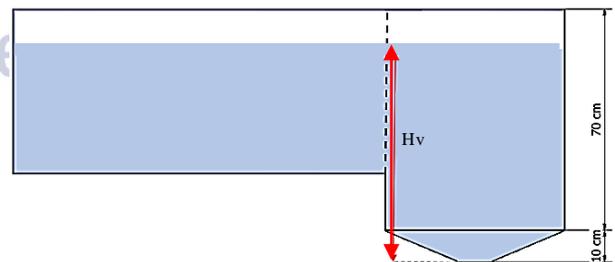
- Q = Kapasitas air (m³/s)
- H = Tinggi air pada V-Notch (m)
- θ = Sudut V-Notch
- Cd = V-Notch weir coefficient

- Menghitung daya air yang mengalir (Pa) menggunakan persamaan

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

Dimana:

- Pa = Daya air (watt)
- Q = Kapasitas air (m³/s)
- ρ = Massa jenis air = 1000 kg/m³
- g = Kecepatan gravitasi (m/s²)
- Hv = Tinggi vortex (m)



Gambar 5. Skema Tinggi Vortex (Hv)

- Menghitung torsi turbin (T) menggunakan persamaan

$$T = F \cdot r$$

Dimana:

- T = Torsi (Nm)
- F = Gaya = F = F_{beban} - F_{neraca} (N)

r = Jari-jari poros putar (m)

- Menghitung kecepatan anguler turbin (ω) menggunakan persamaan

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Dimana:

ω = Kecepatan (rad/s)

π = Phi (3,14)

n = Putaran (rpm)

- Menghitung daya turbin (P_t) menggunakan persamaan

$$P_t = T \cdot \omega$$

Dimana:

P_t = Daya turbin (watt)

T = Torsi (N.m)

ω = Kecepatan anguler (rad/s)

- Menghitung efisiensi turbin (η) menggunakan persamaan

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

Dimana:

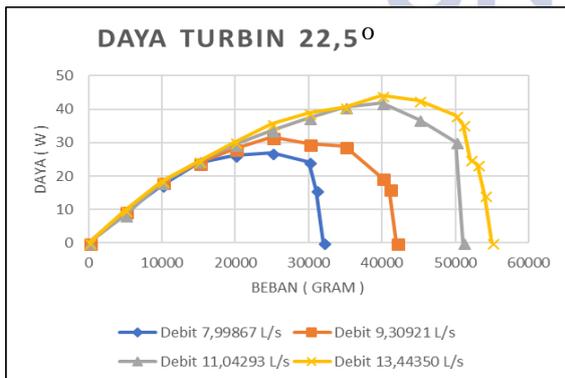
η = Efisiensi turbin

P_t = Daya turbin (watt)

P_a = Daya air (watt)

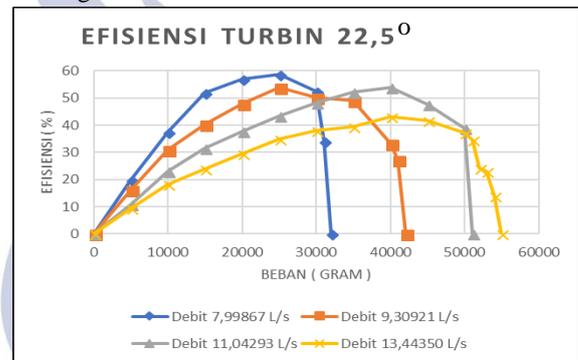
Pembahasan

- Pengaruh kapasitas air terhadap daya turbin. Besarnya penambahan beban dan kapasitas akan mempengaruhi besarnya torsi dan rpm yang dihasilkan. Semakin besar kapasitas maka akan meningkatkan daya yang dihasilkan oleh turbin. Tetapi jika dilihat dari efisiensi maka semakin besar kapasitas, efisiensi yang dihasilkan cenderung menurun.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Kapasitas Air Terhadap Daya Turbin Dengan Sudut Kelengkungan Sudu 22,5°.

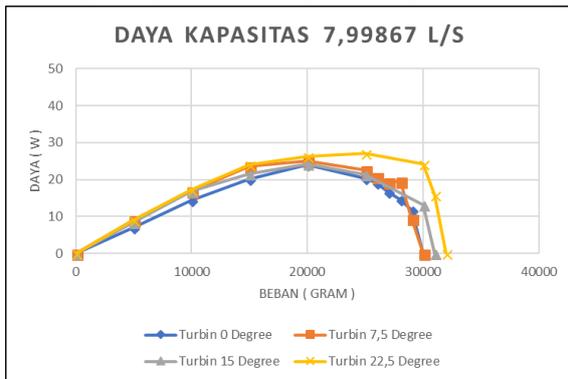
Berdasarkan grafik pada gambar 4, terlihat bahwa pada kapasitas 7,99867 L/s memiliki nilai daya terendah pada pembebanan 5000gram dengan daya sebesar 9,12watt dan daya tertinggi pada pembebanan 25000gram dengan daya sebesar 27,09watt. Pada kapasitas 9,30921 L/s daya turbin yang dihasilkan mengalami kenaikan yang tidak signifikan dengan daya sebesar 31,79watt pada pembebanan 25000gram. Selanjutnya pada kapasitas 11,04293 L/s daya turbin kembali mengalami kenaikan cukup signifikan dengan daya sebesar 41,92watt pada pembebanan 40000gram. Sementara pada kapasitas 13,4435 L/s daya turbin kembali mengalami kenaikan atau daya tertinggi pada turbin ini dengan daya sebesar 44,11watt pada pembebanan 40000gram.



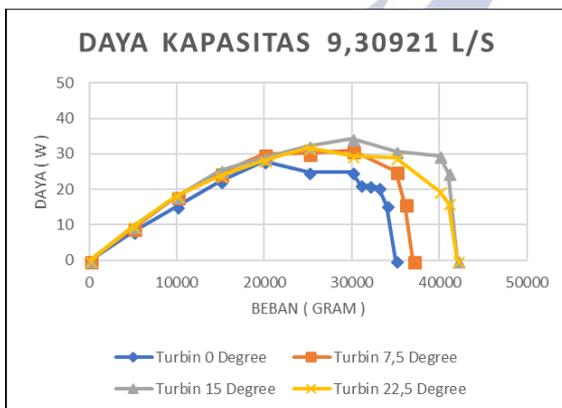
Gambar 7. Grafik Pengaruh Kapasitas Air Terhadap Efisiensi Turbin Dengan Sudut Kelengkungan Sudu 22,5°.

Kemudian pada gambar 5, terlihat bahwa pada kapasitas 7,99867 L/s memiliki nilai efisiensi tertinggi pada pembebanan 25000gram dengan efisiensi sebesar 58,773%. Pada kapasitas 9,30921 L/s dengan pembebanan 25000gram efisiensi turbin yang dihasilkan mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 53,791%. Selanjutnya pada kapasitas 11,04293 L/s dengan pembebanan 20000gram efisiensi turbin mengalami sedikit kenaikan yang dengan efisiensi sebesar 53,984%. Kemudian pada kapasitas 13,44350 L/s daya turbin kembali mengalami penurunan efisiensi meskipun turbin mampu lebih tahan terhadap pembebanan tinggi. Efisiensi dari turbin dengan sudut kemiringan 22,5° cenderung turun dengan kenaikan kapasitas air. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya kapasitas air maka tinggi *vortex* yang terbentuk pun juga semakin tinggi yang menyebabkan nilai head air semakin besar sehingga nilai dari daya air pun semakin besar pula.

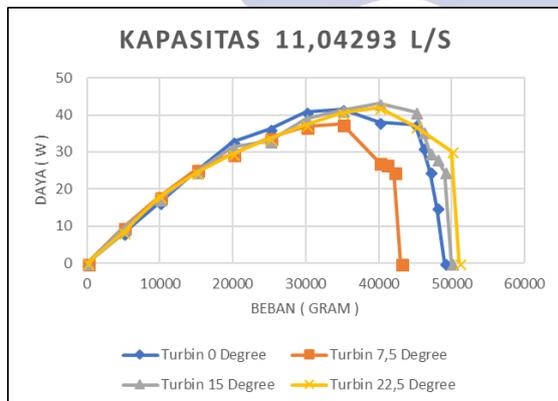
- Pengaruh variasi sudut kemiringan sudu turbin terhadap daya turbin pada kapasitas tetap.



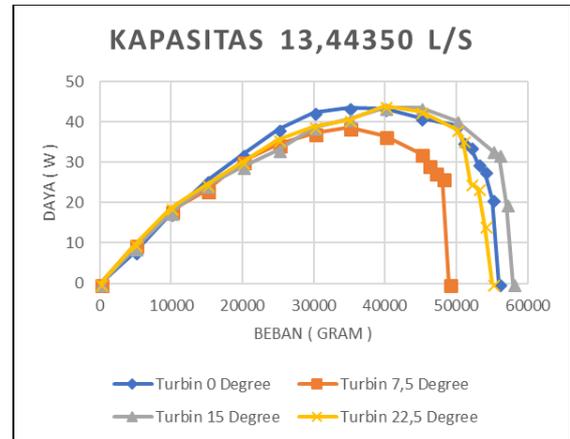
Gambar 8. Grafik daya yang dihasilkan turbin pada kapasitas 7,99867 L/s



Gambar 9. Grafik daya yang dihasilkan turbin dengan kapasitas 9,30921 L/s



Gambar 10. Grafik daya yang dihasilkan turbin dengan kapasitas 11,04293 L/s

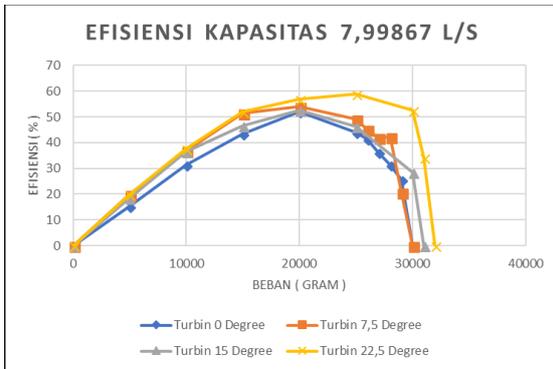


Gambar 11. Grafik daya yang dihasilkan turbin dengan kapasitas 13,44350 L/s

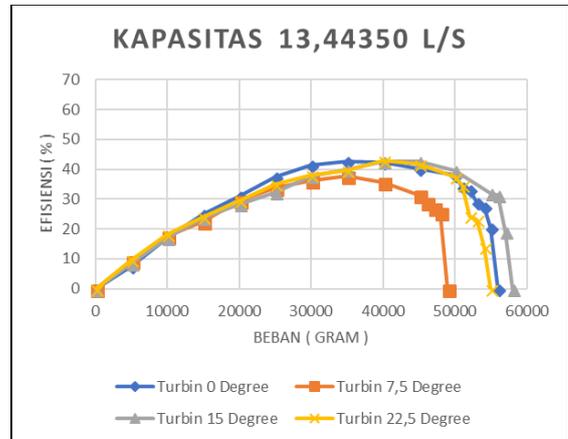
Berdasarkan grafik pada gambar 10 hingga 13 terlihat bahwa variasi sudut kemiringan sudu turbin lengkung yang digunakan berpengaruh pada daya turbin yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena variasi sudut kemiringan sudu turbin, arah jatuh air yang mengalir dari inlet basin mempengaruhi gaya dorong untuk mendorong air menjadi semakin mendekati tegak lurus sehingga turbin dapat berputar lebih cepat dan kuat dan rata-rata tahan dengan pembebanan yang tinggi sehingga daya yang dihasilkan semakin tinggi pula.

Pada kapasitas air 7,99867 L/s dapat diketahui bahwa turbin 22,5° memiliki daya tertinggi dan tahan terhadap pembebanan tinggi. Pada kapasitas air 7,99867 L/s dapat diketahui bahwa penambahan sudut kemiringan ternyata menjadikan turbin dengan kemiringan 22,5° memiliki karakteristik daya tertinggi pada pembebanan 25000 gram. Penambahan kapasitas air 9,30921 L/s menunjukkan kecenderungan yang sama dimana turbin dengan sudut 0° memiliki karakteristik yang paling rendah dan turbin dengan sudu kemiringan 15° yang paling tinggi. Pada kapasitas 11,04293 L/s dapat diketahui bahwa daya yang dihasilkan pada turbin dengan sudut kemiringan sudu 0° memiliki gaya dan torsi yang paling rendah diantara variasi turbin yang lain pada puncak daya tertingginya. Sedangkan pada kapasitas 13,44350 L/s dapat diketahui bahwa daya yang dihasilkan tidak berbeda secara signifikan hingga pembebanan 40000 gram.

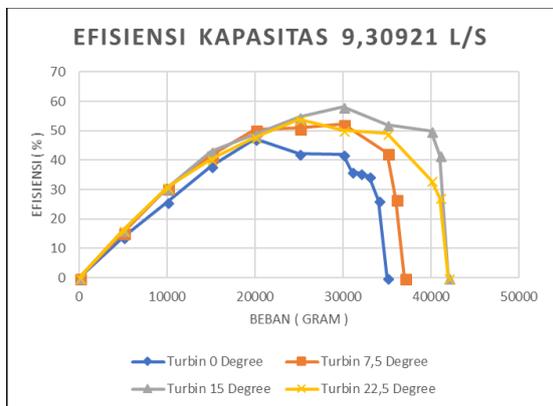
- Pengaruh variasi sudut kemiringan sudu turbin terhadap efisiensi turbin pada kapasitas tetap.



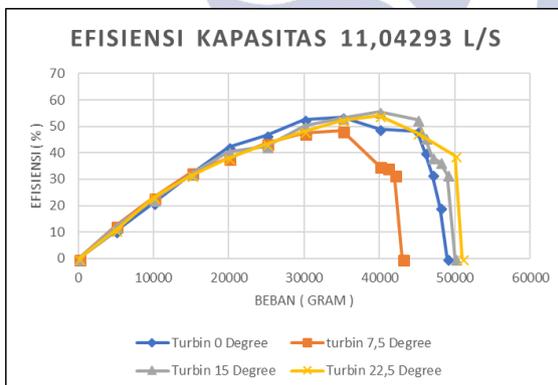
Gambar 12. Grafik efisiensi turbin yang dihasilkan pada kapasitas 7,99867 L/s



Gambar 15. Grafik efisiensi turbin yang dihasilkan pada kapasitas 13,44350 L/s



Gambar 13. Grafik efisiensi turbin yang dihasilkan pada kapasitas 9,30921 L/s



Gambar 14. Grafik efisiensi turbin yang dihasilkan pada kapasitas 11,04293 L/s

Berdasarkan grafik pada gambar 14 hingga 17 terlihat pada turbin dengan variasi kemiringan 22,5° rata-rata memiliki hasil yang terbaik diantara variasi turbin lainnya karena variasi sudut kemiringan sudu turbin lengkung yang digunakan maka akan berpengaruh pula pada efisiensi turbin yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena variasi sudut kemiringan sudu turbin dilihat dari geometri sudu, air yang ditampung untuk memutar sudu tidak mudah keluar sehingga mendorong turbin lebih kuat dan titik awal air jatuh dari inlet basin untuk mendorong sudu turbin menjadi semakin mendekati tegak lurus maka putaran turbin akan tahan pada pembebanan yang tinggi dan mendapatkan daya yang tinggi pula.

Pada kapasitas air 7,99867 L/s dapat diketahui bahwa penambahan sudut kemiringan ternyata mengalami kenaikan nilai efisiensi turbin. Penambahan kapasitas air 9,30921 L/s menunjukkan kecenderungan yang sama dimana turbin dengan sudut kemiringan sudu 0° memiliki karakteristik yang paling rendah dan turbin dengan sudu kemiringan 15° yang paling tinggi. Pada kapasitas 11,04293 L/s dapat diketahui bahwa efisiensi yang dihasilkan pada turbin dengan sudut kemiringan sudu 0° memiliki gaya dan torsi yang paling rendah diantara variasi turbin yang lain pada puncak efisiensi tertingginya. Sedangkan pada kapasitas 13,44350 L/s dapat diketahui bahwa efisiensi yang dihasilkan tidak berbeda secara signifikan hingga pembebanan 40000 gram.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh sudut kemiringan pada tipe sudu melengkung

terhadap kinerja turbin reaksi aliran *vortex*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Variasi sudut kemiringan turbin reaksi tipe sudu lengkung berpengaruh terhadap daya dan efisiensi turbin. Hal ini disebabkan karena variasi sudut kemiringan sudu turbin menyebabkan arah jatuh air yang mengalir dari inlet basin mempengaruhi gaya dorong untuk mendorong air menjadi semakin mendekati tegak lurus sehingga turbin dapat berputar lebih cepat dan kuat dan rata-rata tahan dengan pembebanan yang tinggi sehingga daya dan efisiensi yang dihasilkan semakin tinggi pula.
- Daya tertinggi terdapat pada turbin dengan sudut $22,5^\circ$ pada kapasitas 13,44350 L/s yaitu 44,11Watt dengan pembebanan 40.000 g, diikuti oleh turbin dengan sudut 15° dengan daya 43,67Watt pada kapasitas 13,44350 L/s dengan pembebanan 40.000 g, kemudian turbin 0° dengan daya 43,64Watt pada pembebanan 35.000 g dan yang paling rendah berada pada sudut $7,5^\circ$ dengan daya 38,62Watt pada kapasitas 13,44350 L/s dan pembebanan 35.000 g.
- Efisiensi tertinggi terdapat pada turbin dengan sudut $22,5^\circ$ pada kapasitas 7,99867 L/s yaitu 58,77% dengan pembebanan 25.000 g, diikuti oleh turbin dengan sudut 15° dengan efisiensi 58,04% pada kapasitas 9,30921 L/s dan pembebanan 30.000 g, kemudian sudut $7,5^\circ$ dengan efisiensi 54,096% pada kapasitas 7,99867 L/s pembebanan 20.000 g dan yang paling rendah berada pada sudut 0° dengan efisiensi 53,57% pada kapasitas 11,04293 L/s dan pembebanan 35.000 g.

Saran

Pada penelitian variasi sudut kemiringan sudu turbin ini masih diperlukan penelitian lanjutan untuk sudut kemiringan lebih dari $22,5^\circ$ agar diketahui daya dan efisiensi disetiap kenaikan sudut, serta dibutuhkan lagi desain turbin yang lebih mudah diaplikasikan dilapangan. Selain itu dibutuhkan visualisasi aliran *vortex* yang terjadi pada basin sehingga dapat dianalisa garis aliran air dari saluran inlet hingga outlet.

DAFTAR PUSTAKA

- Kurniawan, Hudan Ahmad. 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 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. 5 (2), hal 81-91
- Basyirun, dkk. 2008. Buku Ajar Mesin Konversi Energi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

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. 5 (2) Tahun 2017: hal 113-121

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

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

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

McDonough, J. M. 2009. *Lectures In Elementary Fluid Dynamics: Physics, Mathematics and Applications*. Kentucky: Departments of Mechanical Engineering and Mathematics University of Kentucky.

Enggar, Maret, dkk. 2015. "Studi Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4412 dengan Modifikasi Sudu Tipe *Flat* Pada Variasi Sudut Kemiringan 0° , 10° , 15° ". Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Rizkyawan, Deby, dkk. 2016. "Pengaruh Sudut Kelengkungan Sudu Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air pada Aliran *Undershoot*". *Jurnal Teknik Mesin Universitas Brawijaya*.

Tim Penyusun Buku Pedoman Penulisan Skripsi. (2014). *Pedoman Penulisan Skripsi Progran Sarjana Strata Satu (S-1)*. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.

Triswanto, Hendro. dan Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. "Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kelengkungan Dungan Sudu Tipe U Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex*". *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 5 (2) Tahun 2017, hal 139 - 146

Yani, Ahmad, dkk. 2016. "Pengaruh Variasi Bentuk Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Kinetik". *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 5 (1) Tahun 2016. p-ISSN: 2301-6663, e-ISSN: 2477-250X.

Widiyatmoko, Muhammad Sulaiman. 2012. "Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya *Output* Listrik pada Turbin *Vortex*". Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.