

UJI EKSPERIMENTAL KINERJA TURBIN REAKSI ALIRAN *VORTEX* TIPE SUDU BERPENAMPANG LURUS DENGAN VARIASI LEBAR SUDU

Herning Hapsari Wibawanto

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

Priyo Heru Adiwibowo

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

Abstrak

Listrik telah menjadi kebutuhan untuk berbagai aktifitas manusia, tidak dipungkiri bahwa listrik merupakan energi yang dibutuhkan manusia dalam segala hal yang mendukung aktifitas manusia. Adanya ketergantungan masyarakat pada pemerintah dalam penyediaan listrik, disebabkan minimnya pengetahuan masyarakat mengenai pemanfaatan sumber daya alam. Sumber daya alam tersebut salah satunya adalah pemanfaatan sumber energi air untuk menghasilkan listrik, yaitu dengan cara membangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui lebar sudu turbin berpenampang lurus yang paling optimum terhadap daya dan efisiensi. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Variabel bebas yang digunakan adalah dengan memvariasikan lebar diameter turbin reaksi *vortex* yaitu 21 cm, 27 cm, 33 cm dan 39 cm dengan menggunakan kapasitas sebesar 7,998670381 L/s, 9,3092098 L/s, 11,04292594 L/s, dan 13,44349629 L/s. Pengujian dilakukan dengan beberapa variabel yang sudah ditentukan terhadap daya dan efisiensi turbin *vortex*. 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.

Kata Kunci: Turbin reaksi *vortex*, lebar sudu, kinerja turbin.

Abstract

Electricity has become a necessity for a wide range of human activities, it is not denied that the electrical energy needed is human in everything that supports human activities. The existence of community dependence on the Government in the provision of electricity, due to the lack of public knowledge regarding the utilization of natural resources. The natural resources one is the utilization of water energy source to produce electricity, namely by means of building a Micro-Hydro power plant (PLTMH). The purpose of this research is to know the width of the berpenampang turbine vanes the most optimum straight towards power and efficiency. In this study using the method of experimentation. Free variables being used is by varying the reaction turbine diameter wide vortex that is 21 cm, 27 cm, 33 cm, and 39 cm by using the capacity of 7,998670381 l/s, 9.3092098 l/s, 11.04292594 l/s and l/s 13.44349629 Test will be performed. with some of the variables already defined against the vortex turbine efficiency and power. From the results of this research, there is a wide variation in the turbine vanes had power and influence on the resulting efisiensi. Turbine diameter 27 cm width has the power and the most optimal efficiency on water capacity 11.04292594 l/s with the imposition of 40000 gram i.e. amounting to 40 watts and efficiency amounting to 51.33%. Power turbines tend to increase with the addition of the width of the vanes, it can be seen from the results of testing between the turbine diameter of 21 cm by 27 cm, but the decline in the power and efficiency of the turbine at 33 cm and 39 cm.

Keywords: Reaction turbine vanes, wide vortex, turbine performance.

PENDAHULUAN

Saat ini energi listrik merupakan salah satu sumber energi vital bagi kehidupan manusia, baik dalam sektor rumah tangga, publik maupun industri. Penyediaan energi listrik sudah merupakan salah satu infrastruktur yang wajib dipenuhi agar perekonomian di setiap daerah dapat berjalan. Listrik telah menjadi kebutuhan yang mendasar untuk berbagai aktifitas manusia, yang kemudian digunakan untuk beragam fungsi, tidak dipungkiri bahwa listrik merupakan tenaga yang dibutuhkan manusia dalam segala hal yang mendukung aktifitas manusia.

Penyediaan listrik yang tidak merata di setiap daerah menjadi momok yang paling penting dalam kemajuan pembangunan dan proses kegiatan masyarakat. Namun saat ini pemerintah masih belum mampu menyediakan kebutuhan energi listrik, sekitar 50% desa yang ada di Indonesia terutama pada kawasan Timur negeri ini. Padahal banyak cara untuk mengolah energi alam menjadi energi listrik. Salah satu bentuk energi yang dapat dimanfaatkan adalah energi potensial air. Potensi tenaga air di Indonesia mencapai 75.861 MW termasuk didalamnya potensi sumber daya mini atau mikrohidro.

Untuk mendapatkan sumber energi alternatif dapat dilakukan dengan cara membuat pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah alat yang menghasilkan listrik dengan menggunakan sumber tenaga air. Selain ramah lingkungan (tidak menghasilkan emisi), PLTMH dipilih karena secara teknologi dan investasi dapat dijangkau oleh setiap pemerintah daerah dan hasilnya pun akan dapat segera dinikmati oleh masyarakat.

Pemanfaatan aliran sungai yang memiliki head rendah saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal, untuk itu perlu adanya solusi dalam permasalahan tersebut. Salah satu jenis turbin yang cocok diaplikasikan pada head rendah adalah turbin reaksi yang digerakan dengan aliran *vortex*. Aliran *vortex* dikenal sebagai aliran pulsating atau pusaran yang terjadi pada suatu fluida yang mengalir dalam suatu saluran yang mengalami perubahan mendadak, perubahan aliran ini yang akan menggerakkan sudu-sudu pada turbin. Pada turbin reaksi, seluruh energi potensial dari air dirubah menjadi energi kinetik pada saat air melewati lengkungan sudu-sudu pengarah sehingga poros akan berputar.

Penelitian tentang hydro power telah dilakukan oleh Kusumawardhani (2011), bahwa di Indonesia energi air masih belum banyak dikembangkan, hanya 6% dari 75.650 MW yang telah dimanfaatkan. Membangun instalasi listrik skala mikrohidro dapat membantu dalam memenuhi kebutuhan listrik khususnya di daerah-daerah yang masih belum dapat jangkauan listrik.

Peneliti yang mengembangkan teknologi aliran *vortex* adalah Schauburger (1982) yang menerapkan manfaat dari aliran irigasi yang kemudian diubah menjadi sebuah bentuk aliran *vortex* dan pemanfaatan aliran *vortex* sebagai penggerak turbin.

Peneliti Muligan dan Hull (2010) dalam penelitiannya 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 $P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_v$ (H_v = Tinggi *vortex*). Penelitian ini juga menyatakan bahwa turbin dengan menggunakan aliran *vortex* cocok diaplikasikan pada daerah yang memiliki debit air yang besar namun memiliki head yang rendah.

Penelitian oleh Widiyatmoko (2012) yang berjudul "Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Listrik Pada Turbin *Vortex*", didapatkan bahwa dengan jumlah sudu yang semakin besar maka efisiensi yang dihasilkan juga semakin tinggi. Pada penelitian ini jumlah sudu yang digunakan sebanyak 2 sudu, 3 sudu, 4 sudu, 6 sudu dan 8 sudu. Hasil data yang didapatkan dilakukan dengan mengukur pembebanan pada poros dan putaran turbin pada jumlah sudu yang berbeda, kemudian dihitung daya mekanis yang digunakan sebagai pembandingan terhadap daya generator AC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi diperoleh pada jumlah sudu 8 yaitu 6,02 % dan pada daya 1,85 watt dengan verifikasi daya mekanis adalah 3,44 watt.

Penelitian oleh Sandeputra (2017) yang berjudul "Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Dengan Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluaran Basin", didapatkan bahwa tingkat efisiensi maksimum dan daya tertinggi terdapat pada jarak antara sudu dan saluran outlet basin dengan ketinggian 3 cm, yaitu dengan kapasitas 8,89 l/s pada pembebanan 25000 gram, didapatkan besar daya 25,4005 watt. Pada penelitian tersebut hanya membandingkan posisi peletakan sudu dengan jarak saluran outlet sehingga didapatkan posisi ideal untuk turbin agar mendapatkan efisiensi dan daya yang optimal.

Penelitian oleh Achmad (2017) yang berjudul "Pengaruh Sudut Inlet Notch pada Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Terhadap Daya dan Efisiensi" didapatkan bahwa variasi sudut sudu pengarah sangat berpengaruh terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin *vortex*. Sudu pengarah dengan sudut $17,82^\circ$ memiliki daya dan efisiensi paling optimal dengan daya tertinggi berkapasitas 8,1327077 l/s dengan pembebanan 20.000 g (23,96 W) dan efisiensi 57,26% pada kapasitas 5,6472274 l/s dengan pembebanan 15.000 g.

Penelitian oleh Baskoro (2017) yang berjudul “Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Basin Cone Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex*” , menyatakan bahwa dengan menggunakan basin sudut 67° dengan kapasitas 8,89 l/s dapat diperoleh daya dan efisiensi tertinggi yaitu 35,07 Watt dan 55,79 %.

Penelitian oleh Power, et al (2016) yang berjudul “A Parametric Experimental Invesyigation of the Operating Condition of Gravitationl Vortex Hydropower (GVHP)”, menyatakan bahwa nilai untuk berat turbin berbanding lurus dengan luasan penampang pada turbin sehingga mengakibatkan berkurangnya ketinggian *vortex* yang mengakibatkan penurunan daya air yang masuk. Namun dengan luasan yang besar akan meningkatkan nilai torsi dari turbin.

Penelitian oleh Afrizal (2017) yang berjudul “Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Dengan Sudu Berpenampang Plat Datar”, menyatakan bahwa daya turbin terbesar mengunakan 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 mengunakan turbin dengan 8 sudu pada beban 20000 gr dengan kapasitas air sebesar 6,94 l/s diperoleh efisiensi turbin sebesar 44,3 %.

Berdasarkan latar belakang dan beberapa penelitian yang telah dilakukan, dalam penelitian ini mencoba melakukan kajian untuk mengoptimalkan daya dan efisiensi turbin rekasi aliran *vortex* dengan memvariasikan lebar sudu berpenampang plat datar.

Diharapkan dengan penelitian eksperimen ini dapat menghasilkan pengetahuan tentang analisa performa turbin yang baik untuk diaplikasikan pada pembangkit listrik skala kecil atau dengan jatuhnya air yang rendah.

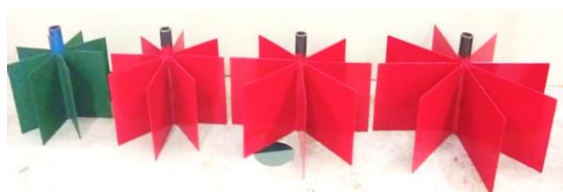
METODE

Variabel Penelitian

❖ Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi:

- Variasi diameter turbin: 21 cm, 27 cm, 33 cm dan 39



Gambar 1. Turbin dengan diameter 21 cm, 27 cm, 33 cm dan 39 cm.

❖ Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini meliputi:

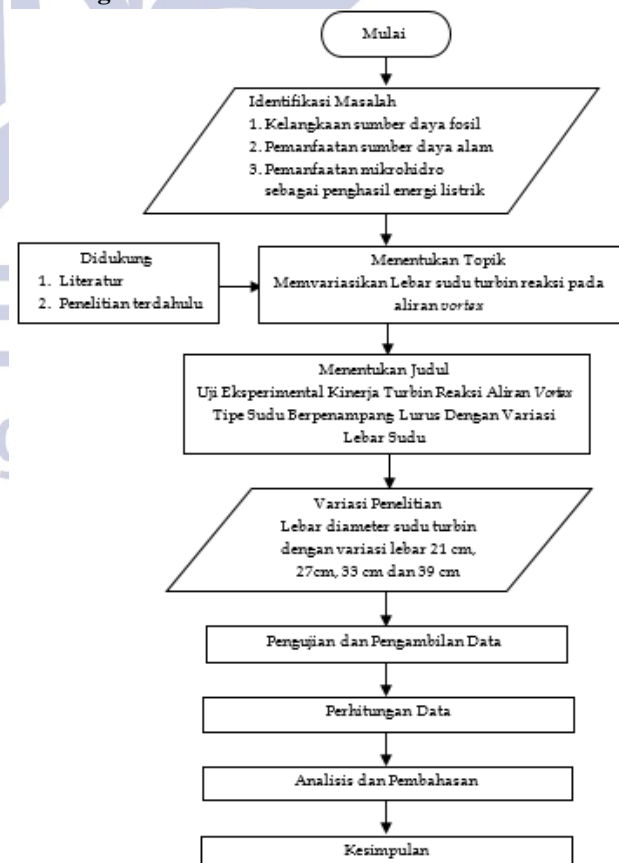
- Daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin reaksi.
- Kapasitas atau debit aliran air sebesar, 7,998670383 l/s, 9,3092098 l/s, 11,04292594 l/s, dan 13,44349629 l/s.
- Pembebanan: 50000 g, 10000 g, 15000 g, 20000 g hingga turbin berhenti berputar.

❖ Variabel Kontrol

Variabel sebagai faktor yang dikontrol oleh eksperimenter untuk menghilangkan atau menetralsisir adanya efek terhadap fenomena yang diamati. Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Diameter *basin* adalah 56 cm dan tinggi 70 cm.
- Sudut basin cone sebesar 67° .
- Material sudu terbuat dari plat besi 2 mm.
- Fluida kerja adalah air.
- Diameter outlet basin adalah 9 cm.
- Turbin diletakkan pada jarak 3 cm dari *outlet basin*.
- Sudut *inlet notch* sebesar $17,82^\circ$.

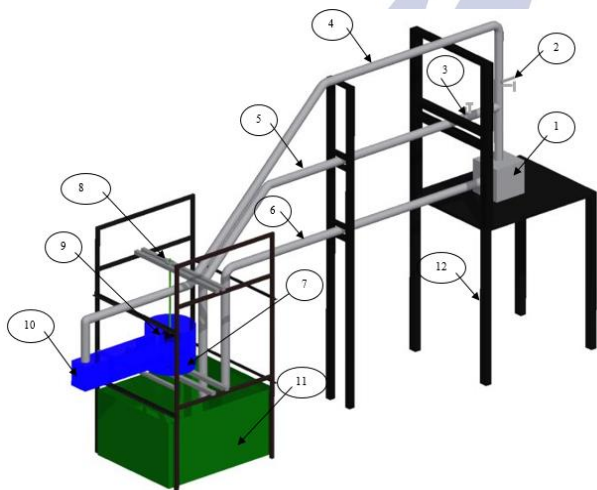
Rancangan Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Alat dan Instrumen Penelitian

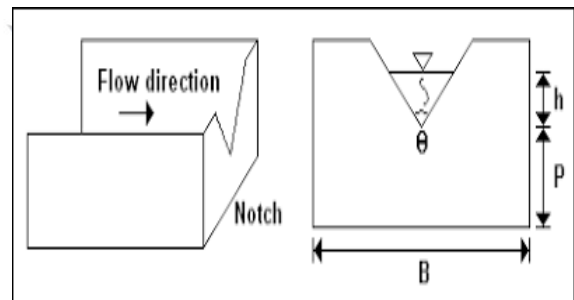
Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:



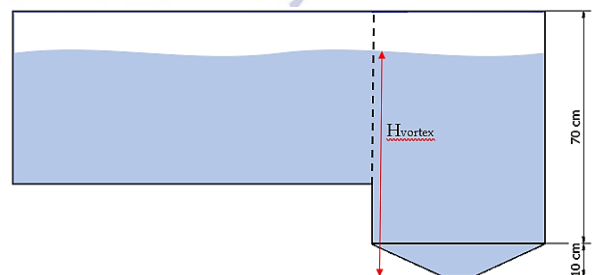
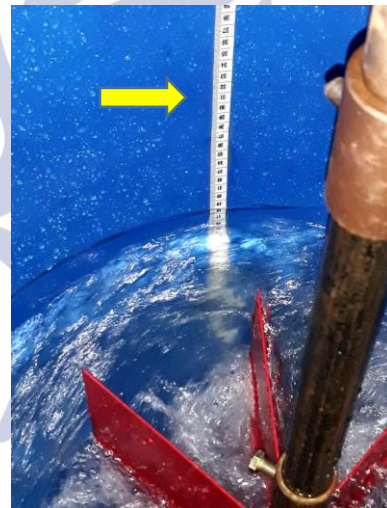
Gambar 3. Instalasi Turbin

Keterangan:

- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| 1. Pompa | 7. Basin |
| 2. Katup Utama | 8. Bearing |
| 3. Katup Bypass | 9. Turbin |
| 4. Saluran Pipa sisi Discharge | 10. Saluran Inlet |
| 5. Saluran Pipa Bypass | 11. Reservoir |
| 6. Saluran pipa sisi Suction | 12. Kerangka alat |



Gambar 4. V-notch Weir



Gambar 5. Meteran dan Tinggi Vortex

Prosedur Penelitian

❖ Tahap Persiapan

- Menyiapkan alat dan instrumen penelitian.
- Menyiapkan beberapa variasi beban yang akan digunakan untuk penelitian.

❖ Tahap Percobaan

- Cek kondisi pipa distribusi pada trainer tidak terjadi kebocoran dan telah tersambung dengan kuat.
- Nyalakan pompa dan hitung kapasitas air menggunakan rumus V-Notch weir dengan mengatur buka an katup pada pipa.
- Setelah didapatkan kapasitas aliran yang sesuai, matikan pompa dan biarkan katup dalam kondisi yang sama.
- Lepaskan V-Notch dan ganti dengan saluran inlet basin aliran *vortex* pada saluran outlet pompa.
- Pasang turbin diameter 21 cm pada tengah-tengah basin.
- Nyalakan pompa dan tunggu air menjadi tunak.
- Hitung kecepatan rotasi poros turbin/rpm menggunakan tachometer.
- Catat data kecepatan putar poros turbin tanpa pembebanan.
- Hubungkan poros turbin aliran *vortex* dengan sistem prony brake dan berikan pembebanan pada poros turbin.
- Catat data kecepatan poros turbin setelah diberi pembebanan menggunakan tachometer.
- Catatlah hasil yang ditunjukkan oleh neraca pegas.
- Ulangi langkah 10-12 dengan variasi 3 pembebanan.
- Ulangi kembali langkah ke 6-12 dengan mengganti turbin yakni turbin dengan 27 cm, 33 cm dan 39 cm.

Teknik Analisis Data

Pada eksperimen ini teknik analisa data yang digunakan adalah dengan metode analisis data kualitatif deskriptif. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur, kemudian hasil dari pengukuran tersebut dimasukan ke dalam tabel kemudian dihitung secara teoritis dan disajikan dalam bentuk grafik agar lebih mudah dipahami. Teknik analisa data ini dilakukan untuk memberi informasi mengenai kinerja turbin yang paling optimal dan variabel-variabel apa saja yang mempengaruhi kinerja turbin *vortex*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lebar diameter turbin yang paling optimum jika dilihat dari perhitungan nilai daya dan efisiensinya.

Proses pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali dan kemudian dianalisis dengan mengambil rata-rata dari tinggi *vortex*, kecepatan putaran turbin, berat beban, dan beban yang terbaca pada neraca. Data-data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai daya air, torsi, daya turbin dan efisiensi. Untuk mendapatkan nilai-nilai tersebut maka perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

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

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

Dimana:

Q = Kapasitas aliran (m³/s)

Cd = *Coefficient of discharge*

H = Tinggi ambang (m)

θ = Sudut pada V-notch weir (⁰)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

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

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

Dimana:

Pa = Daya air (Watt)

ρ = Massa jenis (kg/m³)

Q = Kapasitas air (m³/s)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

H = Head (m)

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

$$F = (m_{\text{beban}} - m_{\text{neraca}}) \cdot g$$

Dimana :

F = Gaya (N)

m = Massa (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

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

$$T = F \cdot r$$

Dimana:

T = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

r = Jari-jari poros (m)

- Menghitung kecepatan anguler turbin (ω) menggunakan persamaan

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

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 angular (rad/s)

- Menghitung efisiensi turbin (η) menggunakan persamaan

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

Dimana:

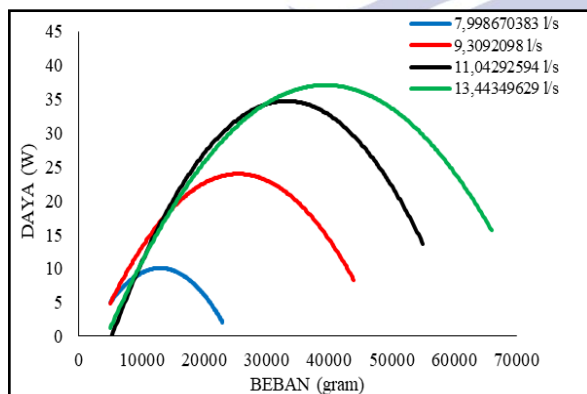
η = Efisiensi turbin

P_t = Daya turbin (Watt)

P_a = Daya air (watt)

Pembahasan

- Pengaruh variasi kapasitas air terhadap daya dan efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* dengan lebar diameter turbin 27 cm.

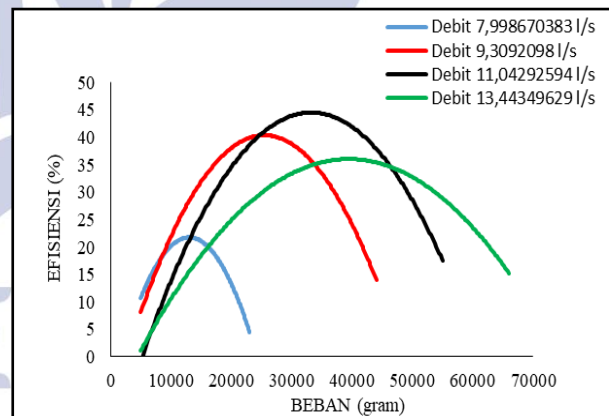


Gambar 6. Grafik pengaruh variasi kapasitas air terhadap daya turbin berpenampang lurus dengan diameter 27 cm.

Pada Gambar 9, menunjukkan bahwa besarnya kapasitas air yang mengalir sangat berpengaruh terhadap daya turbin (P_t), jika kapasitas air yang mengalir semakin besar maka nilai daya turbin (P_t) akan meningkat. Hal ini disebabkan karena perubahan

kapasitas air akan mempengaruhi kecepatan putaran turbin yang dihasilkan.

Gambar 9, menunjukkan bahwa turbin dengan diameter 27 cm pada kapasitas 7,998670383 l/s dengan pembebanan 17000 gr memiliki daya tertinggi sebesar 8,946 watt. Pada kapasitas 9,3092098 l/s dihasilkan nilai daya turbin tertinggi sebesar 24,926 watt pada pembebanan 25000 gr. Selanjutnya pada kapasitas 11,04292594 l/s daya turbin terus meningkat sebesar 40 watt yaitu pada pembebanan 40000 gr, dan terus meningkat pada kapasitas 13,44349629 l/s sebesar 36,97 watt dengan pembebanan 45000 gr. Terlihat bahwa daya turbin mengalami kenaikan yang sangat signifikan dari adanya pengaruh penambahan kapasitas air. Kapasitas air yang diberikan oleh pompa digunakan untuk memutar turbin dimana pengaturan besaran kapasitas diatur dengan bukaan katup bypass. Setelah aliran menumbuk sudu-sudu turbin maka turbin akan berputar, semakin besar kapasitas air maka kecepatan putaran turbin juga semakin cepat. Putaran turbin sangat berpengaruh pada nilai torsi (T). Namun, setelah daya mencapai titik maksimum, akan terjadi penurunan nilai daya turbin pada setiap penambahan beban. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan beban akan semakin memperlambat putaran turbin

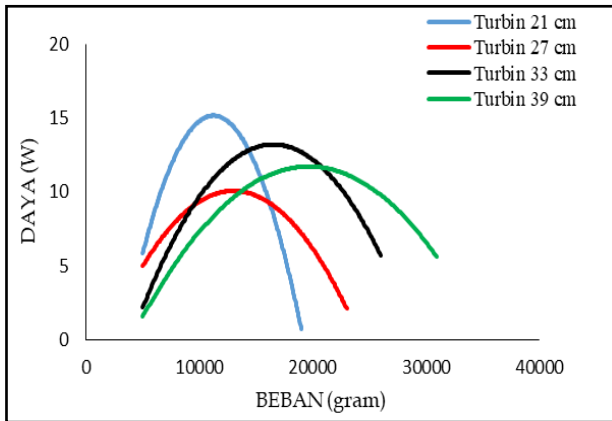


Gambar 7. Grafik pengaruh variasi kapasitas air terhadap efisiensi turbin berpenampang lurus dengan diameter 27 cm.

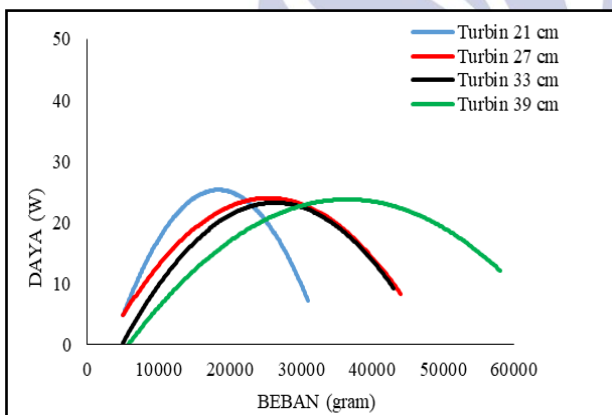
Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa ada pengaruh besaran kapasitas air dengan nilai efisiensi yang dihasilkan. Pada grafik diatas terlihat bahwa semakin besar kapasitas air maka nilai efisiensi yang dihasilkan cenderung naik. Pada kapasitas 7,998670383 l/s nilai efisiensi tertinggi sebesar 20,65% pada pembebanan 10000 gram, pada kapasitas 9,3092098 l/s nilai efisiensi tertinggi sebesar 42% pada pembebanan 25000 gram, pada kapasitas 11,04292594 l/s nilai efisiensi tertinggi sebesar 51,33% yaitu pada pembebanan 40000 gram dan pada kapasitas 13,44349629 l/s nilai efisiensi tertinggi

sebesar 35,95% dengan pembebanan 45000 gram. Penambahan kapasitas air akan meningkatkan besaran putaran turbin dan besarnya torsi, semakin besar daya turbin maka efisiensi semakin besar.

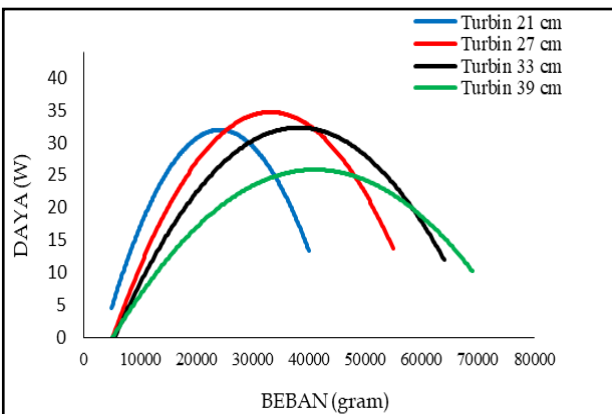
- Pengaruh variasi lebar sudu turbin terhadap daya turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas tetap.



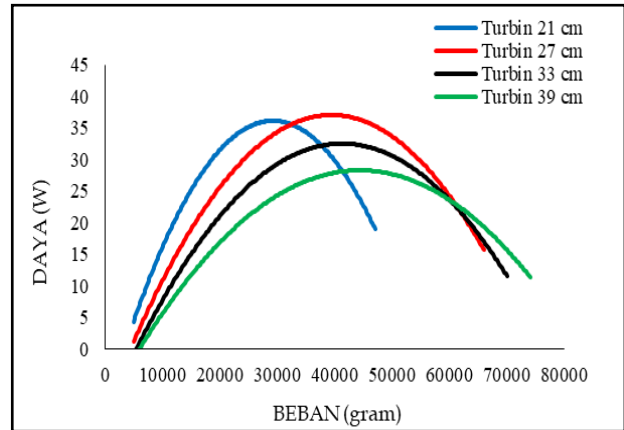
Gambar 8. Grafik pengaruh variasi lebar diameter turbin terhadap daya turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 7,998670383 l/s.



Gambar 9. Grafik pengaruh variasi lebar diameter turbin terhadap daya turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 9,3092098 l/s.



Gambar 10. Grafik pengaruh variasi lebar diameter turbin terhadap daya turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 11,04292594 l/s.

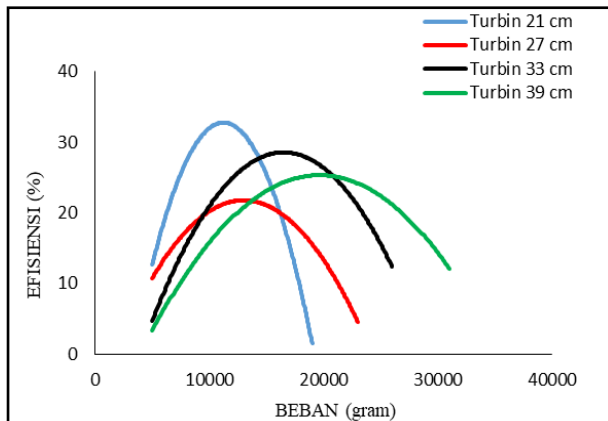


Gambar 11. Grafik pengaruh variasi lebar diameter turbin terhadap daya turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 13,44349629 l/s.

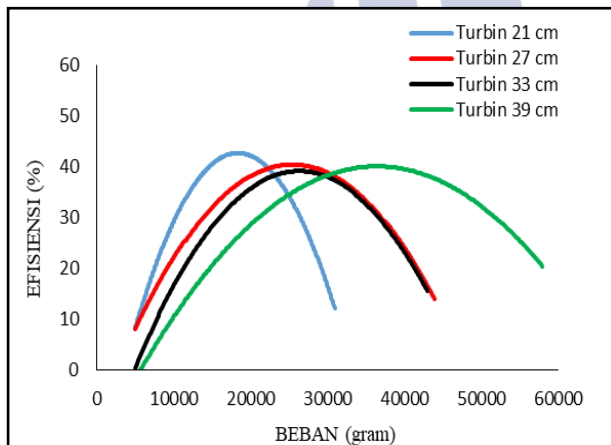
Pada grafik diatas, menunjukkan adanya pengaruh variasi kapasitas air dan variasi diameter turbin terhadap daya yang dihasilkan. Pada kapasitas 7,998670383 l/s daya turbin yang paling optimum dihasilkan dari turbin berdiameter 21 cm yaitu sebesar 14,6 watt pada beban 15000 gram. Namun turbin dengan diameter 21 cm paling rendah menahan pembebanan dibanding dengan turbin berdiameter 27 cm, 33 cm dan 39 cm, terlihat bahwa turbin dengan diameter 39 cm paling tahan terhadap pembebanan pada setiap kapasitas yang diberikan. Pada kapasitas 9,3092098 l/s daya turbin yang paling optimum dihasilkan dari turbin berdiameter 33 cm yaitu sebesar 26 watt pada beban 35000 gram.. Sedangkan pada kapasitas 11,04292595 l/s, daya turbin paling optimum dihasilkan dari turbin berdiameter 27 cm yaitu sebesar 40,03 watt pada beban 40000 gram. Pada kapasitas 13,44349629 l/s, daya turbin paling optimum dihasilkan dari turbin berdiameter 27 cm yaitu sebesar 36,98 watt 45000 gram.

Dari gambar 11-14 daya turbin yang dihasilkan pada kapasitas terendah akan menghasilkan daya yang rendah. Daya turbin paling optimum terdapat pada turbin diameter 27 cm dengan kapasitas aliran air sebesar 11,04292594 l/s. Namun dengan adanya penambahan lebar sudu akan meningkatkan tahanan terhadap pembebanan, hal ini dapat dilihat pada turbin dengan diameter 39 cm yaitu pada setiap kapasitas yang diberikan turbin ini paling tahan terhadap pembebanan hingga 74000 gram pada kapasitas 13,44349629 l/s , hal ini dipengaruhi karena semakin besarnya tahanan (drag) turbin saat ditumbuk air.

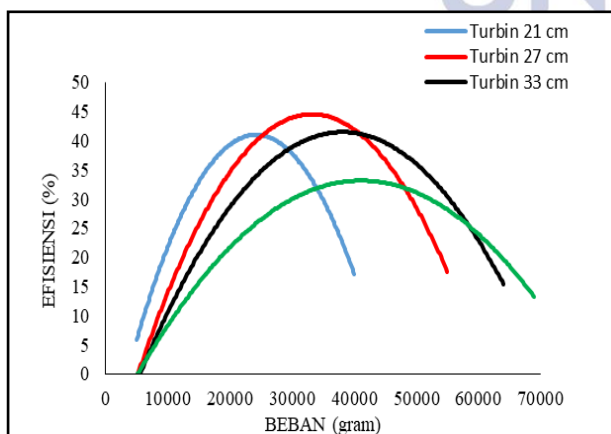
- Pengaruh variasi lebar sudu turbin terhadap efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas tetap.



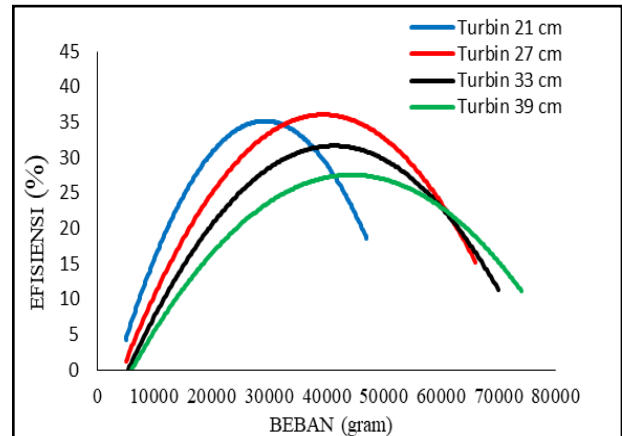
Gambar 12. Grafik pengaruh variasi lebar diameter turbin terhadap efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 7,998670383 l/s.



Gambar 13. Grafik pengaruh variasi lebar diameter turbin terhadap efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 9,3092098 l/s.



Gambar 14. Grafik pengaruh variasi lebar diameter turbin terhadap efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 11,04292594 l/s.



Gambar 15. Grafik pengaruh variasi lebar diameter turbin terhadap efisiensi turbin reaksi aliran *vortex* pada kapasitas 13,44349629 l/s.

Pada grafik diatas, menunjukkan adanya pengaruh variasi kapasitas air dan variasi diameter turbin terhadap efisiensi yang dihasilkan. Pada kapasitas 7,998670383 l/s efisiensi turbin yang paling optimum dihasilkan dari turbin berdiameter 21 cm yaitu sebesar 31,54% pada beban 15000 gram. Namun turbin dengan diameter 21 cm tidak tahan terhadap pembebanan dibanding dengan turbin berdiameter 27 cm, 33 cm dan 39 cm, terlihat bahwa turbin dengan diameter 39 cm paling tahan terhadap pembebanan pada setiap kapasitas yang diberikan. Pada kapasitas 9,3092098 l/s efisiensi turbin yang paling optimum juga dihasilkan dari turbin berdiameter 21 cm yaitu sebesar 45% pada beban 25000 gram. Pada kapasitas ini turbin dengan diameter 21 cm juga mampu menahan pembebanan hingga 31000 gram atau lebih tahan dibandingkan pada kapasitas 7,998670383 l/s. Sedangkan pada kapasitas 11,04292595 l/s, efisiensi turbin paling optimum dihasilkan dari turbin berdiameter 27 cm yaitu sebesar 51,3% pada beban 40000 gram dan tahan terhadap pembebanan hingga 55000 gram atau hingga turbin berhenti berputar. Pada kapasitas 13,44349629 l/s, efisiensi turbin paling optimum juga dihasilkan dari turbin berdiameter 27 cm yaitu sebesar 35,95% pada pembebanan 45000 gram, pada kapasitas ini turbin berdiameter 27 cm juga mampu menahan pembebanan hingga 66000 gram.

Secara keseluruhan untuk pengujian dengan menggunakan variasi lebar sudu pada kapasitas yang diberikan ditunjukkan pada gambar 15-18 efisiensi turbin paling optimum dihasilkan dari turbin diameter 27 cm dengan kapasitas aliran air sebesar 11,04292594 l/s yaitu sebesar 51,33%. Tingginya nilai efisiensi yang dihasilkan menunjukkan bahwa turbin ini mampu mengubah energi kinetik menjadi

energi mekanik yang lebih baik daripada turbin dengan diameter 21, 33 dan 39 cm. Pada setiap kapasitas yang diberikan, turbin dengan diameter 39 cm adalah yang paling tahan terhadap pembebanan, hal ini karena penambahan lebar diameter turbin mengakibatkan dorongan air yang menerpa sudu-sudu turbin semakin banyak, namun semakin lebar diameter turbin putaran turbin yang dihasilkan semakin rendah. Putaran turbin dipengaruhi oleh kapasitas air (Q), semakin besar kapasitas air yang diberikan akan menaikkan daya suatu turbin. Semakin besar daya turbin (Pt) maka efisiensi (η) juga semakin besar.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Daya optimum dihasilkan dari pengujian turbin dengan lebar sudu turbin sebesar 12 cm atau lebar diameter turbin sebesar 27 cm, yaitu sebesar 40 watt dengan pembebanan 40000 gram pada kapasitas 11,04292594 l/s. Daya turbin cenderung meningkat dengan adanya penambahan lebar sudu, hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian antara turbin diameter 21 cm dengan 27 cm, yaitu daya turbin diameter 21 cm sebesar 31,47 watt atau lebih rendah daripada daya turbin diameter 27 cm.
- Efisiensi yang paling optimum dihasilkan dari turbin diameter 27 cm yaitu sebesar 51,33% dengan pembebanan 40000 gram pada kapasitas 11,04292594 l/s.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh penambahan lebar sudu turbin terhadap kinerja turbin reaksi aliran *vortex*, maka dapat diberikan saran yaitu, perlu ada penelitian lanjutan dari konsep turbin dengan geometri diameter turbin antara 21 cm hingga 27 cm.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Muis, Priyono S, Ariyadi S. And Firman H. 2014. *Design Optimization Of Axial Hydraulic Turbine For Very Low Head Application. 2nd International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application, in press.*

Achmad, Hudan, Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. Pengaruh Sudut Inlet Notch Pada Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Terhadap Daya Dan Efisiensi. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya. JTM.Vol.5 No.2: Hal 61-69.

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.

Bagus, Mahendra, Adiwibowo, Priyo Heru. 2017. Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Basin Cone Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex*. Surabaya. JTM. Vol. 5 No. 2, Hal 81-91.

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

International Energy Agency. 2012. *World Energy Outlook 2012*. www.iea.org.

Kusumawardhani, Laksmi. 2011. *Analysis Of Hydro Power In Undonesia And Recommendation For The Future*. Asia Pacific University.

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

Nurkhaerani, Fatma. 2016. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Cikaniki, Desa Malasari, Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor. Bogor: Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Pardede, Petrus Jese Patarmatua. 2015. Analisa Teoritis Turbin Vorteks Dengan Rumah Turbin Berbentuk Lingkaran Dengan Variasi Diameter Saluran Buang, Ketinggian Air Dan Diameter Runner. Skripsi tidak diterbitkan. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Power, Christine., Aonghus McNabola., Coughan Paul. 2016. *A Parametric Experimental Investigation of the Operating Conditions of Gravitational Vortex Hydropower (GVHP)*. Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 4, No. 2, March 2016.

Rosyidin, Moch. Arief., Djoko Sutikno., Sugiarto. *Pengaruh Buka-an Guide Vane Terhadap Unjuk Kerja Turbin Cross Flow Tipe C4-20 Pada Instruksi PLTMH Andungbiru*

S. Mulligan & P. Hull. 2010. "Design And Optimisation Of A Water Vortex Hydropower Plant". Institute of Technology Sligo Research.

Sihombing, Ray Posdam J. 2014. Analisa Efisiensi Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Pada Sudu Berdiameter 56 Cm Untuk 3 Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluar. e-Dinamis. Vol. 10 (2) : hal 143-148.

Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.