

UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI BANYAK SEKAT PADA SUDU TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN REAKSI CROSSFLOW POROS VERTIKAL DENGAN SUDU SETENGAH SILINDER

Agung Dwi Nugroho Bagus Prasetyo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
agung125524039@gmail.com

Priyo Heru Adiwibowo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

Abstrak

Kebutuhan listrik kian meningkat seiring dengan kemajuan jaman serta perkembangan teknologi. Dengan banyaknya alat-alat elektronik yang membutuhkan tenaga listrik, maka konsumsi akan listrik menjadi kian besar. Masih banyak daerah-daerah yang belum terjangkau listrik PLN karena letak daerahnya yang terpencil, atau belum memiliki akses sehingga sulit untuk dilakukan pembangunan fasilitas agar listrik dari PLN dapat sampai ke daerah tersebut. Kebanyakan listrik saat ini diperoleh dari pembangkit-pembangkit listrik yang menggunakan sumber daya alam dalam skala besar yang sulit didapat pada daerah - daerah tertentu. Salah satu cara untuk mengatasinya adalah dengan menggunakan sumber daya yang ada di sekitar seperti mikrohidro. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi banyak sekat di sudu turbin reaksi crossflow poros vertikal pada daya turbin dan efisiensinya. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Universitas Negeri Surabaya. Pengujian dilakukan dengan menguji variabel pengaruh banyaknya sekat yaitu tanpa sekat, satu sekat dan dua sekat pada sudu turbin reaksi crossflow dalam keadaan pembebanan 0,5 Kg, 1 Kg, 1,5 Kg dan 2 Kg serta pada kapasitas air 5,812 L/s, 6,6202 L/s, 7,048 L/s dan 7,492 L/s yang dilakukan pada setiap turbin hingga memperoleh efisiensi dan daya terbaik pada turbin. Hasil penelitian ini yaitu turbin dengan sudu satu sekat menghasilkan daya dan efisiensi tertinggi pada kapasitas air 7,4923 L/s dan pembebanan sebesar 2 Kg. peningkatan pembebanan serta kapasitas air berpengaruh pada daya dan efisiensi turbin yang semakin tinggi. Turbin dengan sudu satu sekat membuat aliran air memusat ke bagian ujung dalam sudu mendorong sudu lebih kuat sehingga turbin berputar lebih cepat.

Kata Kunci : Turbin Reaksi, Bentuk Sudu, Turbin Crossflow Poros Vertikal

Abstract

Demand for electricity is increasing in line with the progress of time and development of technology. With so many electronic devices that require electricity, then electricity consumption will become increasingly large. There are still many areas not reached by the electricity because the location of the remote region, or do not have access so difficult to do the construction of the facility so that electricity can get to the area. Most electricity is currently obtained from power plants that use natural resources on a large scale which is hard to come to the particular areas. One way to fix this is to use the resources that are around such as micro-hydro. The purpose of this study is to determine how much insulation effect of variation in the reaction crossflow turbine blade with a vertical shaft on turbine power and efficiency. This type of research is conducted experimental research in Fluid Mechanics Laboratory, State University of Surabaya. Testing is done by testing the effect variable of bulkhead, there is without bulkhead, one bulkhead and two bulkheads on the reaction crossflow turbine blade in a state of loading of 0.5 Kg, 1 Kg, 1.5 Kg and 2 Kg and the water capacity of 5.812 L / s, 6, 6202 L / s, 7.048 L / s and 7.492 L / s were performed on each turbine to obtain the best efficiency and power of the turbine. The results of this study is turbine with one bulkhead produce highest power and efficiency at 7,4925 L/s water capacity and 2 Kg load. Increase of load and water capacity influent to power and efficiency of turbine to be more high. Turbine with one bulkhead make the water to be center on the end point of blade then push the blade more powerfull and make rotation of turbine to be more fast.

Keywords: Reaction Turbine, Shape Blade, Vertical Axis Crossflow Turbine.

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini kebutuhan listrik kian meningkat seiring dengan kemajuan jaman serta perkembangan teknologi.

Dengan banyaknya alat-alat elektronik yang membutuhkan tenaga listrik, maka konsumsi akan listrik menjadi kian besar, dan itu akan membuat tagihan pembayaran listrik juga ikut membengkak. Sumber listrik

yang digunakan masyarakat saat ini berasal dari PLN. Meskipun demikian, masih banyak daerah-daerah yang belum terjangkau listrik PLN karena letak daerahnya yang terpencil, atau malah tidak memiliki akses jalan yang layak sehingga sulit untuk dilakukan pembangunan fasilitas agar listrik dari PLN dapat sampai ke daerah tersebut.

Kebanyakan listrik saat ini diperoleh dari pembangkit-pembangkit listrik yang menggunakan batu bara, minyak bumi, air, tenaga surya, angin, dan nuklir, itupun dalam skala besar sehingga membutuhkan sumber daya yang besar pula. Hal ini mengakibatkan semakin langkanya sumber daya tersebut mengingat sumber daya seperti minyak bumi, batu bara, dan nuklir membutuhkan waktu yang cukup lama untuk dapat diperbaharui lagi melalui proses alam. Sedangkan sumber energi yang berupa air, tenaga surya, dan angin adalah energi yang mudah didapat dan jumlahnya tak terbatas. Untuk energi air sendiri, telah banyak peralatan yang dikembangkan sebagai alat pengolahnya baik dalam skala besar maupun kecil. Untuk skala besar, output tegangan listrik yang dihasilkan mencapai ratusan ribu Megawatt. Alat tersebut biasanya digunakan di area yang luas dan bersifat sentralisasi seperti air terjun, sungai besar, atau danau dengan area yang luas. Untuk skala kecil, biasanya memanfaatkan aliran air kecil seperti sungai kecil atau bahkan saluran irigasi yang biasa disebut mikrohidro.

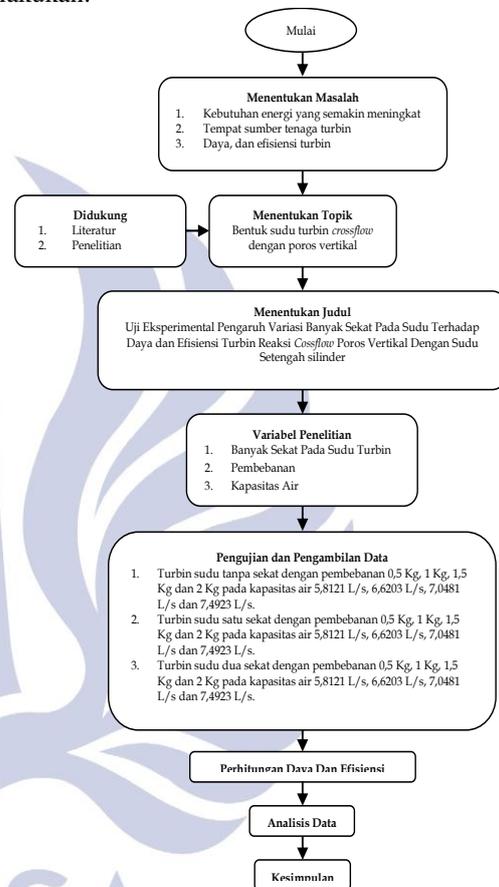
Turbin yang sering dipilih untuk skala mikro hidro adalah turbin crossflow, ini karena pemakaian turbin crossflow dinilai lebih menguntungkan dibandingkan dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikro hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50 % dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran Turbin Cross-Flow lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air. Diameter kincir air yakni roda jalan atau runnernya biasanya 2 meter ke atas, tetapi diameter Turbin Cross-Flow dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Demikian juga daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin Ossberger Jerman Barat yang menyimpulkan bahwa daya guna kincir air dari jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70 % sedang efisiensi turbin Cross-Flow mencapai 82 %.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi banyaknya sekat pada sudu turbin reaksi crossflow poros vertikal terhadap daya dan efisiensi turbin dan berapakah daya dan efisiensi tertinggi pada turbin ini setelah diberikan variasi pembebanan.

Manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab perbedaan daya yang dihasilkan oleh turbin ini, mengetahui turbin yang paling efisien untuk digunakan, dan mengetahui hubungan antara banyaknya sekat pada sudu turbin terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin reaksi crossflow dalam penelitian ini.

METODE

penelitian ini adalah penelitian eksperimen, dengan cara pembuatan turbin reaksi crossflow dengan variasi banyak sekat pada sudu setengah silinder terhadap daya dan efisiensi yang dilakukan oleh peneliti, hasil dari penggunaan turbin ini akan diuji. Adapun pengujian yang akan dilakukan adalah dengan menguji variabel perbedaan banyak sekat pada sudu turbin tersebut hingga memperoleh efisiensi dan daya terbaik pada turbin. Berikut ini merupakan skema alur penelitian yang dilakukan:



Gambar 1. Skema Alur Penelitian

Berikut ini adalah desain turbin dengan variasi sudu yang diteliti.



Gambar 2. Desain Turbin Reaksi Crossflow Dengan Variasi Banyak Sekat Pada Sudu

Turbin dibuat dengan ukuran diameter luar sebesar 180 mm, diameter sudu sebesar 40 mm, lebar turbin 63 mm, dan diameter poros sebesar 20 mm. peletakan sekat pada sudu dilakukan dengan membagi diameter bagian dalam sudu secara seimbang.

TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik eksperimen, yaitu mengukur atau menguji obyek yang diteliti dan mencatat hasil tersebut. Data yang diperlukan adalah putaran turbin serta daya dan efisiensi yang dihasilkan.

Data yang diperoleh dari proses pengujian dicatat pada tabel yang sebelumnya telah dibuat. Data dalam penelitian ini meliputi besar sudut pada tuas bukaan katup saluran pipa balik, tinggi ambang pada V-Notch Weir yang digunakan untuk pengukuran kapasitas, tinggi ambang pada saluran, kecepatan putar turbin, berat beban, dan gaya pada neraca. Data dari hasil penelitian kemudian dicatat untuk selanjutnya dilakukan perhitungan daya dan efisiensi turbin.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa air, bak penampung air, instalasi pipa, saluran air, turbin reaksi *crossflow* yang diteliti, V-Notch Weir dengan sudut 30° , Tachometer, dan Neraca Pegas.



Gambar 3. V-notch weir



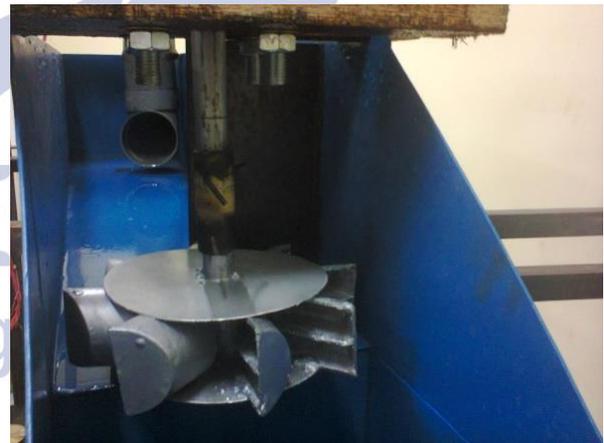
Gambar 4. Tachometer



Gambar 5. Neraca Pegas



Gambar 6. Saluran Air



Gambar 7. Peletakan Posisi Turbin

TEKNIK ANALISIS DATA

Teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik statistika deskriptif kuantitatif.

Tujuan penggunaan teknik analisis ini adalah untuk menggambarkan suatu keadaan yang terjadi pada saat dilakuakannya penelitian dan memeriksa sebab dari keadaan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Dalam proses analisa, dilakukan tiga kali proses percobaan, kemudian diambil rata – ratanya. Hal tersebut dimaksudkan agar data yang diperoleh benar-benar valid. Data tersebut akan didapatkan dari pengujian turbin dengan bentuk sudu yang berbeda dengan pemberian variasi sekat pada sudu turbin, yaitu pada turbin dengan sudu tanpa sekat, satu sekat dan dua sekat. Pengujian akan dilakukan untuk untuk perhitungan kapasitas air, kecepatan aliran, torsi, kecepatan turbin, daya turbin, dan efisiensi.

Sebelum melakukan perhitungan pada turbin maka perlu dihitung debit airnya dengan menggunakan *V-Notch Weir*, dan juga kecepatan aliran airnya.

Ada tiga bagian utama penghitungan data pada penelitian ini yaitu penghitungan daya air, daya turbin, kemudian efisiensi.

Daya Air (Pa)

Untuk dapat menghitung daya air, maka diperlukan data seperti debit air (Q), luas penampang saluran (A), dan kecepatan aliran air (V).

Untuk mengetahui debit air yang akan digunakan pada percobaan turbin, maka pengujian dan perhitungan debit air perlu dilakukan, agar debit air yang keluar relatif stabil dan memadai. Perhitungan debit air dilakukan menggunakan rumus, sedangkan pengukurannya didapatkan dengan menggunakan alat pengukur debit air yaitu *V-Notch Weir*.

Untuk mengetahui debit air yang dihasilkan, dilakukan perhitungan dengan rumus berikut

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

Dengan

- Q = Kapasitas air (m^3/s)
- H = Tinggi ambang air pada sudut *V-Notch Weir*
- θ = Sudut *V-Notch Weir* $30^\circ = 0,2167$ (Degree)
- Cd = (Dari grafik Cd)
- g = Percepatan Gravitasi $9,81 \frac{m}{s^2}$

Setelah debit air yang akan digunakan untuk pengujian turbin diketahui, maka saluran simulasi dipasang. setelah air dialirkan pada saluran, maka diketahui tinggi air pada ujung keluaran pengarah, sedangkan lebar keluaran pengarah yaitu 10 cm. Jadi luas penampang (A) dapat dihitung dengan rumus berikut

$$A = P \cdot l$$

Dengan

- A = Luas Penampang (m^2)
- P = Tinggi ambang air pada ujung pengarah (m)

l = Lebar (m)

Dari kapasitas air dan luasan penampang yang telah diketahui tersebut, maka dapat diketahui kecepatan aliran air dengan menggunakan rumus berikut

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dengan

- V = Kecepatan aliran (m/s)
- Q = Kapasitas Air (m^3/s)
- A = Luas Penampang (m^2)

Dari data yang telah diperoleh sebelumnya maka daya air (Pa) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Pa = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3$$

Dengan

- Pa = Daya air (Watt)
- ρ = Massa jenis air ($1000 \text{ Kg}/m^3$)
- A = Luas penampang (m^2)
- V = Kecepatan aliran (m/s)

Daya Turbin (Pt)

Untuk mengetahui daya turbin, maka diperlukan beberapa data seperti torsi (T) dan kecepatan angular turbin (ω).

Untuk mengetahui torsi, maka sebelumnya perlu diketahui gaya yang dihasilkan turbin bila dilakukan pembebanan. Gaya turbin (F) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$F = (m \times g) - F \text{ Neraca}$$

Dengan

- F = Gaya (N)
- m = Beban (Kg)
- g = Percepatan Gravitasi ($9,81 \text{ m}/s^2$)
- $F \text{ Neraca}$ = Gaya Pada Neraca (N)

Gaya turbin yang telah dihitung dengan rumus diatas kemudian digunakan untuk menghitung torsi, dengan jari-jari poros turbin sebesar 0,01 m maka torsi (T) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$T = F \cdot r$$

Dengan

- T = Torsi (Nm)
- F = Gaya (N)
- r = Panjang lengan (Jari-jari poros 0,01 m)

Kemudian kecepatan angular (ω) turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

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

Dengan

- ω = Kecepatan angular (rad/s)
- π = 3,14
- n = Putaran turbin (Rpm)

Setelah semua itu diketahui, maka barulah daya turbin (Pt) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$P_t = T \cdot \omega$$

Dengan

P_t = Daya turbin (Watt)

T = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan angular (rad/s)

Efisiensi (η)

Setelah daya turbin didapatkan melalui perhitungan, maka barulah efisiensi turbin dapat dihitung. Efisiensi

turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

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

Dengan

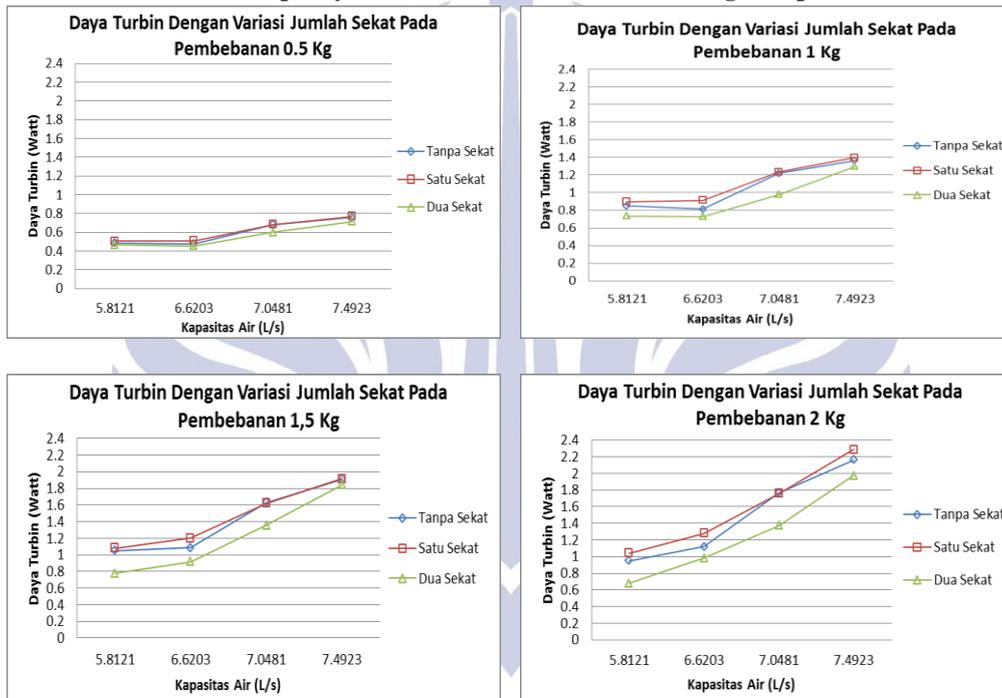
η = Efisiensi Turbin (%)

P_t = Daya Turbin (Watt)

P_a = Daya Air (Watt)

Pembahasan

- Pengaruh Variasi Sekat Terhadap Daya Turbin Pada Pembebanan Yang Tetap

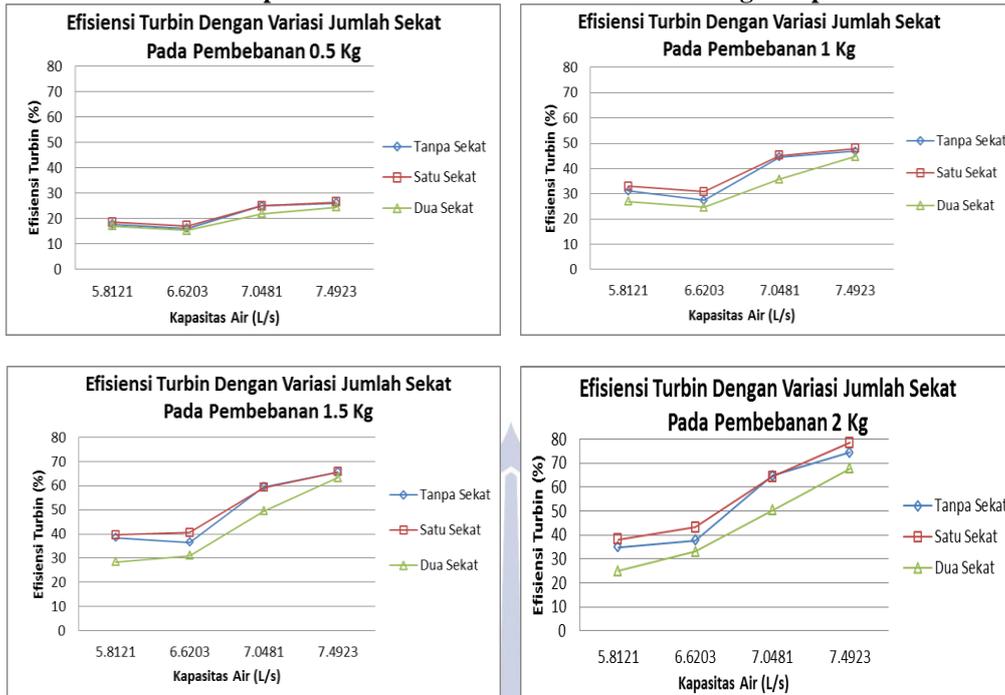


Gambar 8. Grafik Kapasitas Terhadap Daya Turbin Pada Pembebanan Tetap Dengan Variasi Sekat Pada Sudu Turbin

Dari keempat grafik diatas dapat diketahui bahwa daya turbin meningkat bila pembebanan semakin besar. Maka dapat disimpulkan bahwa pembebanan mempengaruhi daya turbin, semakin besar pembebanan maka tali beban yang dililitkan pada poros turbin akan melakukan gaya pengereman pada poros, sehingga torsi akan semakin besar dan akan membuat daya turbin semakin besar, namun peningkatan beban juga akan mengurangi kecepatan putar turbin sehingga bila beban terlalu berat, maka akhirnya putaran turbin akan terhenti dan membuat kecepatan angular (ω) menjadi nol sehingga tidak menghasilkan daya. Daya turbin juga meningkat seiring

bertambahnya kapasitas air, itu dikarenakan dengan bertambahnya kapasitas air maka gaya dorong air semakin besar, namun hal tersebut tergantung dengan ketinggian air pada penampang yang juga mempengaruhi kekuatan dan kecepatan air. Dari grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa turbin yang memiliki rata-rata daya tertinggi adalah turbin dengan sudu satu sekat hampir pada setiap pembebanan dan setiap kapasitas. Daya tertinggi didapat pada turbin dengan sudu satu sekat yaitu sebesar 2.28679 Watt pada pembebanan 2 Kg dan ketika kapasitas air sebesar 7,4923 L/s.

• Pengaruh Variasi Sekat Terhadap Efisiensi Turbin Pada Pembebanan Yang Tetap

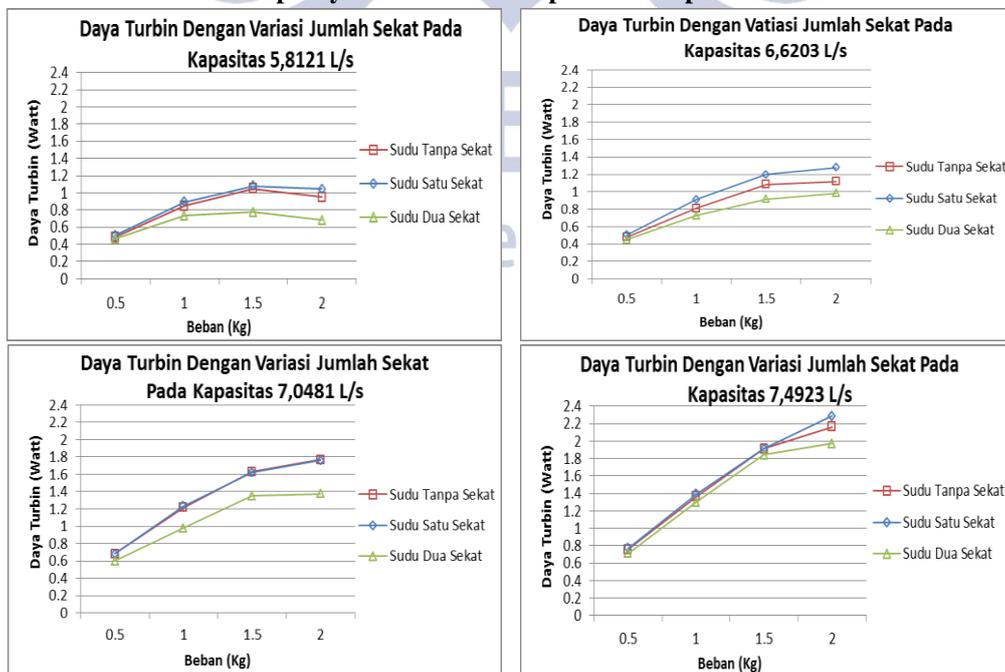


Gambar 9. Grafik Kapasitas Terhadap Efisiensi Turbin Pada Pembebanan Tetap Dengan Variasi Sekat Pada Sudu

Efisiensi turbin adalah hasil perbandingan daya air (Pa) dengan daya turbin (Pt) yang dinyatakan dalam prosentase, dimana daya turbin didapat dari hasil pengekstrakan daya air. Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa pembebanan mempengaruhi efisiensi. Semakin tinggi pembebanan maka efisiensi semakin tinggi. Hal tersebut dikarenakan pembebanan mempengaruhi daya turbin. Daya turbin yang diperoleh

diperbandingkan dengan daya air untuk menghitung efisiensi turbin, namun apa bila beban terlalu tinggi maka putaran turbin akan melambat karena gaya pengereman tali beban pada poros turbin dan akhirnya berhenti sehingga kecepatan akan menjadi nol, sehingga tidak dapat menghasilkan daya dan efisiensi. Dapat dilihat juga bahwa efisiensi tertinggi didapat pada turbin dengan sudu satu sekat pada hampir setiap pembebanan dan kapasitas.

• Pengaruh Variasi Sekat Terhadap Daya Turbin Pada Kapasitas Tetap.

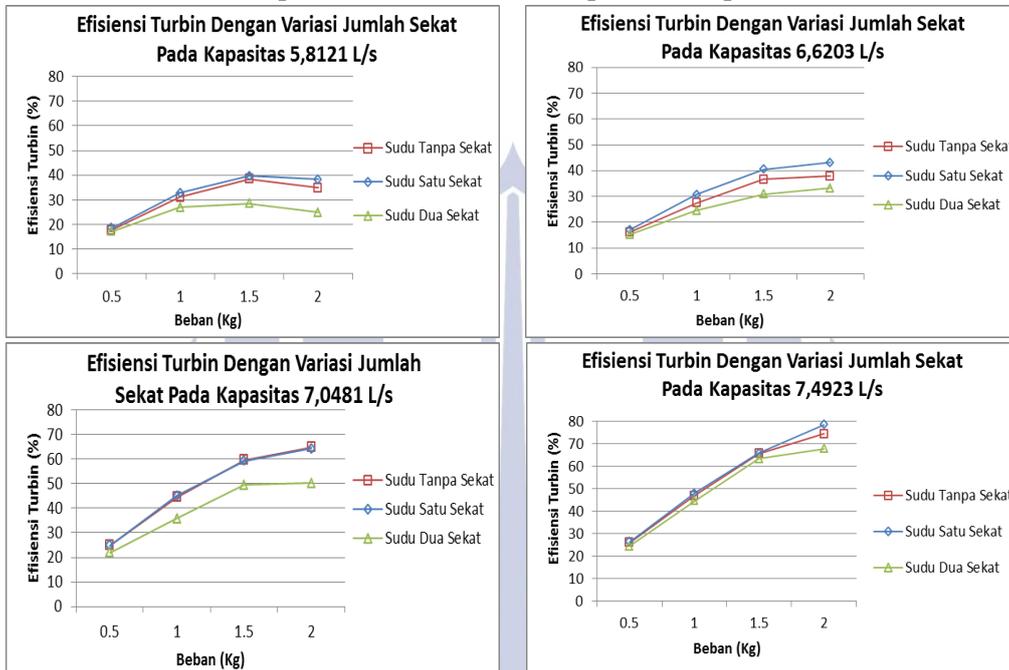


Gambar 10. Grafik Pembebanan Terhadap Daya Turbin Pada Kapasitas Tetap Dengan Variasi Sekat Pada Sudu

Pada grafik di atas dapat disimpulkan bahwa kapasitas sangat mempengaruhi daya turbin. Semakin besar kapasitas air, maka daya turbin akan semakin besar, namun hal tersebut juga bergantung pada ketinggian ambang air bila salurannya adalah saluran terbuka, karena luas penampang saluran mempengaruhi kekuatan dan

kecepatan air yang akan mempengaruhi kecepatan putar turbin dan kekuatan turbin. Pada grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa rata-rata turbin dengan sudu satu sekat menghasilkan daya lebih tinggi hampir pada setiap kapasitas.

• **Pengaruh Variasi Sekat Terhadap Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Tetap.**



Gambar 11. Grafik Pembebanan Terhadap Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Tetap Dengan Variasi Sekat Pada Sudu Turbin

Dari grafik 4.13 sampai dengan 4.16 dapat disimpulkan bahwa perbedaan kapasitas mempengaruhi efisiensi turbin, semakin besar kapasitas air maka semakin tinggi efisiensinya. Hal tersebut dikarenakan daya turbin juga semakin meningkat sesuai dengan bertambahnya kapasitas air yang akhirnya meningkatkan efisiensi turbin. Dalam grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa turbin dengan sudu satu sekat rata-rata memiliki efisiensi tertinggi pada setiap kapasitas yang diujikan.

• **Pengaruh Variasi Banyak Sekat Pada Sudu Turbin Terhadap Daya Turbin Air.**

Berdasarkan gambar 8 dan 10 dapat disimpulkan bahwa daya tertinggi pada turbin dengan memvariasikan jumlah sekat pada sudunya adalah pada turbin dengan sudu satu sekat dengan daya tertinggi yaitu sebesar 2.28679 Watt pada kapasitas air 7,4923 L/s dan pembebanan 2 Kg. pengaruh variasi sekat pada sudu turbin air terhadap daya turbin:

- Turbin air dengan sudu satu sekat
 - Pada turbin dengan sudu satu sekat ini air yang masuk ke sudu turbin akan dipisah menjadi dua

oleh sekat sehingga air masuk ke ruang sudu dengan kapasitas ruang yang seimbang, bentuk sudu setengah silinder juga membuat gaya dorong air memusat ke ujung dalam sekat, hal tersebut akan membuat gaya dorong air pada sudu turbin menjadi lebih kuat dan membuat putaran turbin menjadi lebih cepat.

- Turbin air dengan sudu tanpa sekat
 - Pada turbin air dengan sudu tanpa sekat ini air yang masuk ke sudu turbin akan utuh sebesar diameter dalam dari sudu yang berbentuk setengah silinder ini, maka gaya putar turbin tidak terlalu besar dibandingkan dengan turbin dengan sudu satu sekat.
- Turbin air dengan sudu dua sekat
 - Pada turbin air dengan sudu dua sekat ini air yang masuk ke sudu turbin akan dipisah oleh dua sekat, sehingga aliran yang masuk ke ruang sudu akan terbagi menjadi tiga dengan ruang tengah yang besar sedangkan dua ruang yang mengapitnya menjadi kecil dikarenakan bentuk sudu ini adalah setengah silinder. Air yang masuk pada sudu di

bagian samping akan menyantuh bagian dalam sudu terlebih dahulu sehingga turbin akan bergerak sebelum air di bagian tengah menyentuh ujung bilah, hal itu membuat gaya dorong air pada sudu menjadi berkurang, sehingga kecepatan putar air menjadi lebih rendah dibandingkan turbin dengan sudu tanpa sekat dan turbin dengan sudu satu sekat.

• Efisiensi turbin

Efisiensi turbin adalah hasil perbandingan daya air (Pa) dengan daya turbin (Pt) yang dinyatakan dalam prosentase, dimana daya turbin didapat dari hasil pengestrakan daya air. Efisiensi turbin pada percobaan yang telah dilakukan ini dapat dilihat pada gambar 9 dan 11. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai efisiensi yang paling besar ada pada turbin dengan sudu satu sekat yaitu 78.56929 % pada kapasitas air 7,4923 L/s dan pembebanan sebesar 2 Kg.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, serta hasil analisis dan perhitungan data mengenai pengaruh variasi banyak sekat pada sudu turbin reaksi crossflow terhadap daya dan efisiensi, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Pemberian sekat dengan jumlah berbeda pada sudu di setiap turbin berpengaruh pada daya dan efisiensi. Turbin dengan sudu satu sekat membuat daya dan efisiensi turbin menjadi lebih tinggi dibandingkan turbin dengan sudu tanpa sekat dan dua sekat.
- Daya dan efisiensi tertinggi dalam penelitian ini didapat pada keadaan kapasitas 7,4923 L/s dengan pembebanan 2 Kg pada turbin dengan sudu satu sekat yaitu sebesar 2,28679 Watt dan 78,56929 %. Semakin tinggi pembebanan dan kapasitas air yang dialirkan maka daya dan efisiensi turbin semakin tinggi. Pembebanan yang berlebih akan membuat putaran turbin terhenti sehingga tidak menghasilkan daya dan efisiensi.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

- Untuk penelitian lebih lanjut sangat dianjurkan melakukan pemilihan bahan pada turbin, agar beban turbin tidak terlalu berat dan malah memperlambat putaran.
- Pada penelitian ini didapatkan bahwa sudu dengan satu sekat memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan lainnya, dan pada penelitian lain tentang pengaruh jumlah sudu tanpa menggunakan sekat bahwa lebih banyak sudu maka menghasilkan hasil

yang lebih besar. Maka disarankan untuk mendapatkan hasil yang mungkin akan lebih baik dengan memperbanyak jumlah sudu dan menggunakan sudu satu sekat.



DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, Akhmad Insya. 2014. Pembangkit listrik mikro hidro. (online), (<http://insyaansori.blogspot.co.id/2014/02/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro.html>, diakses 29 Maret 2016).
- Bono. 2006. "Rekayasa Bentuk Sudu Turbin Pelton Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro". Yogyakarta. Jurnal Universitas Gajah Mada.
- Daughterty L. Robert and Joseph B. Frazini. 1977. FLUID MECHANIC with application SEVENTH EDITION. USA : McGraw-Hill, Inc. all rights reserved.
- Dietzel, Fritz. 1993. Turbin, Pompa, dan Kompresor. Jakarta: Erlangga
- Fadillah, Faqih dan Christian Asri Wicaksana. 2015. "Makalah Turbin Air". Universitas Negeri Malang.
- Laymad. 1998. On How Develop A Small Micro Hydro Power Site.
- Mualidi, dan Muamar Khadafi. 2014. "Pengembangan Runner Turbin Crossflow Sebagai Kincir Air Poros Vertikal Skala Rumah Tangga Pada Saluran Irigasi". Volume 8, No. 1, Februari 2014
- Paryatmo, Wibowo. 2007. *Turbin Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Putro, Wahyu Djalmono. *Rancang Bangun Permodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Turbin Crossflow*. Semarang. Jurnal Politeknik Negeri Semarang.
- Rohermanto, Agus. 2007. *Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH)*. Jurnal Vokasi. 2007, Vol. 4. No. 1 28-36. Pontanak. Politeknik Negeri Pontianak.
- Sriyono, Dakso. 1980. *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Erlangga
- SHEN JHON. 1981. Discharge Characteristics of Triangular – Notch Thin – plate weirs. Washington : United States Government Printing Office.
- Tim Penyusun. 2014 *Panduan Penulisan dan Penilaian Skripsi*. Surabaya: Unesa University Press.