

PENGARUH INLET NOTCH KEDUA TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN AIR CROSSFLOW POROS HORIZONTAL

Nurul Hidayat

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: nurulhidayat16050754012@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo

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

Abstrak

Listrik merupakan kebutuhan sehari-hari bagi manusia dimana banyak masyarakat Indonesia yang tidak dapat menikmati listrik. PLTMH dipilih sebagai salah satu contoh energi alternatif yang memiliki kelebihan, ramah lingkungan, biaya operasional murah, dan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. PLTMH adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan fluida air sebagai tenaga penggerak yaitu saluran irigasi, sungai dan air terjun dengan memanfaatkan tinggi aliran (head) dan jumlah debit air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sudut inlet notch sebagai pengarah aliran air pada turbin, dan berpengaruh terhadap daya dan efisiensi turbin crossflow.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu eksperimen dengan variasi besar sudut pengarah aliran dengan variasi 0° , $52,5^\circ$, $57,5^\circ$, dan $62,5^\circ$, yang akan diuji dengan pembebanan 5kg, 25kg, 15kg, 20kg, dan 25kg, dengan variasi kapasitas air sebesar 9.885 L/s, 11.804 L/s, 14.32 L/s, 16.15 L/s, dan 18.11 L/s untuk mendapatkan daya dan efisiensi. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa turbin dengan Inlet Notch $62,5^\circ$ memiliki daya tertinggi dibandingkan Inlet Notch $57,5^\circ$, $52,5^\circ$, 0° . Daya tertinggi dihasilkan pada kapasitas 18,11 L/s, dengan daya turbin sebesar 4,673 Watt pada pembebanan 6500 gram. Hal ini dikarenakan pada Inlet Notch $62,5^\circ$ mampu memanfaatkan aliran air dengan baik pada bagian depan turbin yang menghasilkan gaya dorong sehingga mampu memutar turbin dengan rpm tinggi serta torsi yang besar. Efisiensi tertinggi dihasilkan pada variasi Inlet Notch $52,5^\circ$, lebih baik dibandingkan Inlet Notch $57,5^\circ$, 0° , dan $62,5^\circ$. Efisiensi tertinggi dihasilkan pada kapasitas 14,32 L/s, dengan efisiensi sebesar 79,99% pada pembebanan 4000 gram.

Kata kunci: Turbin, Crossflow, Inlet Notch, Daya, Efisiensi

Abstract

Electricity is a daily necessity for humans where many Indonesians cannot enjoy electricity. PLTMH was chosen as an example of alternative energy that has advantages, is environmentally friendly, low operating costs, and reduces the use of fossil fuels. PLTMH is a small-scale power plant that uses air fluid as its driving force, namely irrigation channels, rivers and waterfalls by utilizing the high flow (head) and the amount of air discharge. This study aims to see the effect of inlet variation as a driver of air flow in the turbine, and to influence the power and efficiency of the crossflow turbine.

The method used in this study is an experiment with a large variation of the flow direction angle with variations of 0° , 52.5° , 57.5° , and 62.5° , which will be tested with loads of 5kg, 25kg, 15kg, 20kg, and 25kg, with variations in air capacity of 9,885 L / s, 11,804 L / s, 14.32 L / s, 16.15 L / s, and 18.11 L / s to obtain power and efficiency. The results showed that the turbine with Inlet Notch 62.5° had the highest power compared to Inlet Notch 57.5° , 52.5° , 0° . The power is generated at a capacity of 18.11 L / s, with a turbine power of 4.673 Watt at a load of 6500 grams. This is because the 62.5° Inlet Notch is able to make good use of the air flow at the front of the turbine which produces a thrust so that it can rotate the turbine with high rpm and large torque. The highest efficiency resulting from the 52.5° Inlet Notch variation is better than the 57.5° , 0° , and 62.5° Inlet Notches. The highest efficiency is produced at a capacity of 14.32 L / s, with an efficiency of 79.99% at a loading of 4000 grams.

Keywords: Turbine, Crossflow, Inlet Notch, Power, Efficiency

PENDAHULUAN

Listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan oleh manusia, Kegiatan manusia sehari-hari tidak terlepas dari listrik. Namun pada saat ini, masih banyak masyarakat Indonesia yang belum bisa merasakan listrik dengan menyeluruh. Dengan letak geografis Indonesia

yang memiliki banyak sungai, dimana berpotensi untuk masyarakat sekitar menciptakan listrik dengan memanfaatkan aliran air dengan pembangkit listrik yang relatif lebih kecil dari PLTA atau yang biasa disebut Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

Mikrohidro atau bisa disebut Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), suatu pembangkit listrik berskala kecil yang menggunakan fluida air sebagai tenaga penggerak yaitu saluran irigasi, sungai dan air terjun dengan cara memanfaatkan tinggi aliran (head) dan jumlah debit air. Pada aliran sungai terdapat potensi ketersediaan air yang cukup sepanjang tahun, debit yang mencukupi, memiliki aliran yang sesuai dan dapat dimanfaatkan untuk PLTMH (Dwiyanto et al., 2016).

PLTMH dipilih sebagai salah satu energi alternatif dimana memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan pembangkit listrik lainnya, seperti ramah lingkungan, lebih awet, biaya operasional murah, mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan sesuai untuk daerah terpencil. Selain itu perawatan mekanik untuk PLTMH lebih mudah. (Yogi Suryo Setyo Putro, Pitojo Tri Juwono, 2015).

(Nasir, 2014) pada jurnalnya yang berjudul "Design Considerating Of Micro-Hidro-Electrik Power Plant" menuliskan bahwasanya PLTMH adalah pembangkit listrik tenaga air yang tergolong dalam jenis "run-of-river" dimana head atau ketinggian air diperoleh tidak membuat suatu bendungan besar, tetapi dengan cara menyalurkan sebagian aliran air sungai melalui pipa atau saluran pada turbin ke salah satu sisi aliran sungai dan mengalirkannya kembali ke sungai yang sama.

(Pratilastiarso & Hamka, 2016) menyatakan pemakaian jenis turbin cross flow lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikrohidro lainnya. Salah satu contohnya adalah daya atau efisiensi rata-rata turbin crossflow lebih tinggi dari pada daya pada kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin Ossberger Jerman Barat yang menyimpulkan bahwa daya kincir air jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70% sedangkan efisiensi turbin cross flow mencapai 82% (Haimmerl, L.A,1960). Tingginya efisiensi turbin cross flow ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu saat air mulai mengalir, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu saat air akan melewati runner. Kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitas yang tinggi.

(Laksmana et al., 2018) dalam penelitiannya yang berjudul "Pengaruh Sudut Pengarah Aliran pada Turbin Air Crossflow tingkat Dua Terhadap Putaran dan Daya" menjelaskan bahwa, Dengan variasi sudut pengarah aliran turbin yaitu 30°, 35° dan 40° dengan variasi debit air yang sama 10, 5 L/s, 21 L/s dan 31, 5 L/s untuk mengetahui pengaruh terhadap putaran dan daya yang dihasilkan. Pada saat penelitian variasi jumlah sudu turbin 12 dan sudu kelengkungan turbin 30° dengan sudut

pengarah aliran 40° dan dengan variasi debit air 31, 5 L/s sehingga diperoleh nilai putaran turbin tingkat 1 yang tertinggi yaitu putaran 478 rpm, sedangkan pada sudut pengarah aliran 30° dengan variasi debit air yang sama yaitu 31, 5 L/s sehingga memperoleh putaran turbin tingkat 1 yang sangat rendah yaitu 296 rpm.

Penelitian yang dilakukan oleh (Hudan & Adiwibowo, 2013), dengan judul "Pengaruh Sudut Inlet Notch Pada Turbin Reaksi Aliran Vortex Terhadap Daya Dan Efisiensi". Pada penelitian ini memakai metode eksperimen dan memvariasikan sudut pengarah (Guide Vane) dengan peningkatan sudut ½ jari-jari turbin, yaitu 17,82°, 13,32°, 7,26°, dan 0° (tanpa sudu pengarah). Hasil dari penelitian ini yaitu variasi sudut pengarah sangat berpengaruh terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan pada turbin vortex. Sudut pengarah dengan sudut 17,82° memiliki daya dan efisiensi paling optimal dibandingkan sudut 13,32°, 7,26° dan 0° (tanpa sudu pengarah). Pada sudut pengarah 17,82° memiliki daya tertinggi yang terjadi pada kapasitas 8,13270770 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 %). Hal ini terjadi karena, tanpa memakai sudut pengarah banyak aliran air yang langsung menyentuh sudu turbin tanpa membentuk aliran vortex sebelumnya. Peningkatan sudut Guide Vane menyebabkan lintasan aliran air yang masuk basin menjadi lebih sempit, sehingga aliran air dapat membentuk pusaran terlebih dahulu sebelum menyentuh sudu turbin.

Penelitian yang dilakukan oleh (NASHRULLAH & HERU ADIWIBOWO, 2019) yang berjudul "Pengaruh Sudut Pengarah Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Reaksi Crossflow Poros Vertikal". Pada penelitian ini memakai metode eksperimen dan memvariasikan sudut pengarah dengan variasi sudut 20°, 25°, dan 30°. Sudut pengarah dipasang dan kemudian diuji pada turbin reaksi crossflow untuk mendapatkan daya dan efisiensi. Hasil pada penelitian ini yaitu variasi sudut pengarah sangat berpengaruh terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin reaksi crossflow. Sudut pengarah dengan sudut 30° menghasilkan daya dan efisiensi paling optimal dibandingkan sudut 25° dan 20°. Pada sudut pengarah 30° memiliki daya tertinggi yang terjadi pada kapasitas 9,314 L/s dengan pembebanan 6.000 g (2,643 W), dan efisiensi tertinggi terjadi pada kapasitas 9,314 L/s pada pembebanan 6.000 g (78,51 %). Hal ini dikarenakan, penyempitan luas penampang aliran berpengaruh terhadap perubahan kecepatan aliran air.

Penelitian yang dilakukan oleh (Insanto & Adiwibowo, 2017) dalam penelitian yang berjudul "Eksperimental Pengaruh Variasi Rasio Sudu Berpenampang Datar Terhadap Daya Dan Efisiensi

Turbin Reaksi Crossflow Poros Horizontal” dimana hasil dari penelitian ini didapatkan turbin dengan rasio 15/16 memiliki daya dan efisiensi yang paling optimal dibandingkan turbin dengan rasio 13/16 dan 14/16. Daya tertinggi dihasilkan turbin dengan rasio 15/16 pada kapasitas 12.58 L/s pada pembebanan 8000 gram, menghasilkan daya sebesar 3,136 Watt. Efisiensi tertinggi dihasilkan turbin rasio 15/16 pada kapasitas 12.58 L/s pada pembebanan 8000 gram dengan efisiensi sebesar 58,21%. Dimana pada rasio 15/16 turbin mampu memanfaatkan aliran air dengan baik dan jarak antar lebar turbin dan lebar saluran semakin sempit maka luasan aliran air yang ditampung sudu semakin besar sehingga mampu menghasilkan rpm tinggi dan torsi yang besar.

Pada penelitian terdahulu sudah banyak yang melakukan inovasi, tetapi masih sedikit peneliti yang membahas penelitian tentang pengaruh Inlet Notch pada turbin air crossflow dengan poros horizontal. Untuk mengembangkan penelitian ini, peneliti melakukan kajian dan meneliti bagaimana mengoptimalkan daya dan efisiensi dengan memvariasikan sudut pengaruh aliran air pada turbin crossflow poros horizontal. Maksud dari penelitian ini yaitu menghasilkan turbin crossflow poros horizontal yang baik dari segi efektifitas dan daya yang dihasilkan dan dapat digunakan untuk aliran berskala kecil pada pemukiman yang dekat dengan sumber air dan energi potensial terbarukan dapat lebih bermanfaat bagi masyarakat.

METODE

Variabel Penelitian

Variabel Bebas

Variabel bebas (*independent*) merupakan variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (*dependent*) (Sugiyono, 2014). Variabel bebas dalam penelitian ini:

- Variasi sudut pengarah aliran 0°, 52,5°, 57,5°, dan 62,5°.



Gambar 1. Inlet Notch Turbin Crossflow



Gambar 2. Turbin Crossflow Sudu Plat Datar

Variabel Terikat

Menurut Sugiyono (2014), variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat, adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini meliputi:

- Daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin *crossflow*

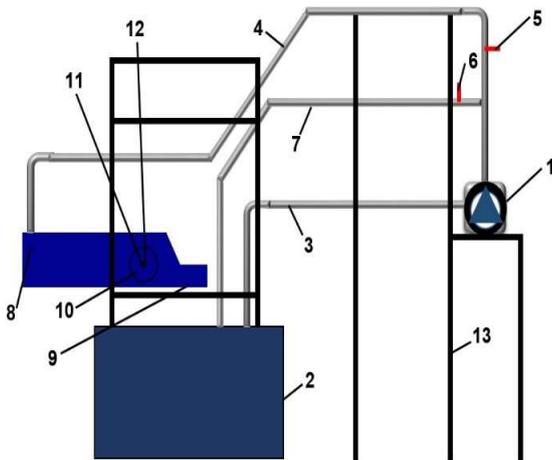
Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan supaya pengaruh variabel bebas ke variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor lain dari luar yang tidak diteliti. Dalam penelitian ini variabel yang di kontrol meliputi:

- Fluida kerja yang dipakai yaitu air.
- Kapasitas atau debit aliran air pada pengujian adalah 14,320 L/s, 11,804 L/s, 9.855 L/s.
- Turbin yang digunakan adalah turbin Crossflow dengan jumlah sudu 12 turbin plat datar.
- Bukaan klep disesuaikan pada 130°, 140°, 150°, 160°, dan 170°.
- Pembebanan yang digunakan yaitu 500 g, 1000 g, 1500 g, dan 2000 g dan seterusnya sampai turbin berhenti berputar.

Peralatan dan Instrumen Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:



Gambar 3. Desain Instalasi Alat Uji

Keterangan:

1. Mesin Pompa
2. Reservoir air
3. Instalasi pipa sisi suction
4. Saluran pipa sisi discharge
5. Klep pengaturan kapasitas
6. Klep bypass
7. Saluran bypass
8. Inlet Basin
9. saluran
10. Turbin
11. Poros Turbin
12. laker
13. Rangka Alat Uji
14. Neraca

Teknik Pengumpulan Data

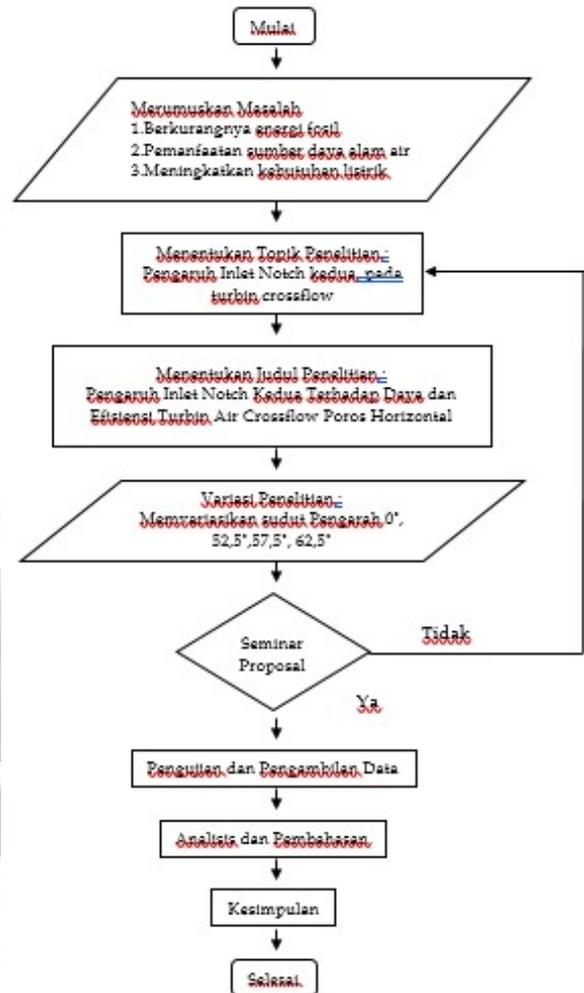
Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh hasil yang dibutuhkan untuk tercapainya tujuan penelitian. Tujuan yang dipaparkan dalam bentuk hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap pertanyaan penelitian. Data yang dikumpulkan didapat dari variabel-variabel yang ada dalam hipotesis. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengukur atau menguji obyek penelitian dan mencatat hasil yang didapat.

Teknik Analisa Data

Analisis penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil data yang tertera pada alat ukur dan kemudian dimasukkan dalam tabel, lalu dihitung secara teoritis. Selanjutnya data dipaparkan dalam bentuk table atau grafik supaya waktu menyimpulkan lebih sederhana dan mudah dipahami. Adapun tujuan analisa data ini dilakukan untuk memberi informasi mengenai kinerja

alat yang paling optimal, hubungan antara variabel-variabel dan fenomena-fenomena apa saja yang terjadi pada objek selama pengujian ketika melakukan eksperimen tentang pengaruh sudut Inlet Nocth pada turbin *crossflow* untuk sudu plat datar.

Flowchart Penelitian



Gambar 4. Flowchart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Dalam bab ini akan dijelaskan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh variasi sudut Inlet Notch terhadap daya dan efisiensi pada turbin *crossflow* dengan sudu plat datar poros horizontal. Data yang diperoleh selama proses pengujian dimasukkan pada tabel yang telah dibuat, data dalam penelitian ini meliputi besar sudut pada bukaan klep saluran *bypass*, tinggi ambang pada *V-Notch Weir*, tinggi ambang pada saluran, kecepatan putaran turbin, berat beban, hasil neraca dan gaya yang diperoleh neraca pegas. Hasil penelitian kemudian disajikan dalam bentuk nilai dan grafik, tabel pengambilan data juga dilampirkan agar mempermudah dalam memahami grafik.

Dalam proses pengambilan data dilakukan 3 kali percobaan, hal tersebut dilakukan karena analisa data didapat dari rata-rata tiga kali proses pengambilan data, hal ini dilakukan agar data yang diperoleh sesuai dengan kondisi yang ada dan *valid*. Data dihasilkan dari pengujian turbin *crossflow* poros horizontal dengan sudu plat datar dan Variasi sudut pengarah aliran 0°, 52,5°, 57,5°, dan 62,5°. Data yang didapatkan digunakan untuk perhitungan daya dan efisiensi pada turbin. Sebelum melakukan perhitungan daya dan efisiensi pada turbin maka perlu diketahui terlebih dahulu kapasitas air dan kecepatan aliran air.

- Menghitung Kapasitas Air (Q)
 Daya air didapatkan dengan menggunakan persamaan:

$$Q = Cd \cdot \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2g} \cdot tg \frac{\theta}{2} \cdot H^{\frac{5}{2}} \quad (\text{Pritchard and Leylegian, 2012:648})$$

Keterangan:

- Q = Kapasitas air (m³/s)
- Cd = *Coefficient of Discharge*
- θ = Sudut pada *V-notch weir* (°)
- g = Gravitasi (9,81 m/s²)
- H = Tinggi ambang (m)

- Menghitung Luas Penampang Aliran (A)
 Luas penampang didapatkan dengan menggunakan persamaan:

$$A = T \cdot l \quad (\text{Pritchard and Leylegian, 2011:638})$$

Keterangan:

- A = Luas penampang saluran (m²)
- T = Tinggi ambang ujung keluaran pengarah (m)
- l = Lebar keluaran pengarah (m)

- Menghitung Kecepatan Aliran (V)
 Kecepatan Aliran didapatkan dengan menggunakan persamaan :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (\text{Pritchard and Leylegian, 2011:617})$$

Keterangan:

- V = Kecepatan Aliran (m/s)
- Q = Kapasitas Aliran (m³/s)
- A = Luas Penampang saluran (m²)

- Menghitung Daya Air yang Mengalir (Pa)
 Daya air didapatkan dengan menggunakan persamaan:

$$Pa = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (\text{Pritchard and Leylegian, 2011:504})$$

Keterangan:

- Pa = Daya air (Watt)
- ρ = Massa jenis Fluida (kg/m³)
- A = Luas penampang saluran (m²)
- V = Kecepatan Aliran (m³/s³)

- Gaya
 Besarnya gaya didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = (m_{\text{beban}} - m_{\text{neraca}}) \cdot g \quad (\text{R.S. Khurmi \& J.K. Gupta, 2005:10})$$

Keterangan:

- F = Gaya (N)
- m_{beban} = Masa Beban (kg)
- m_{neraca} = Massa pada neraca (kg)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

- Menghitung Torsi Turbin (T)
 Torsi turbin didapatkan dengan menggunakan persamaan:

$$T = F \cdot r \quad (\text{Khurmi, R.S., J.K.Gupta, 2005:10})$$

Keterangan:

- T = Torsi (N.m)
- F = Gaya (N)
- r = Jari-jari poros putaran

- Menghitung Kecepatan Anguler Turbin
 Kecepatan anguler didapatkan menggunakan persamaan:

$$\omega = \frac{2 \pi \times n}{60} \quad (\text{Khurmi, R.S., J.K.Gupta, 2005:10})$$

Keterangan:

- ω = Kecepatan anguler turbin (rad/s)
- n = Putaran (rpm)

- Menghitung Daya Turbin (Pt)
 Daya turbin didapatkan menggunakan persamaan:

$$Pt = T \cdot \omega \quad (\text{Pritchard and Leylegian, 2012:504})$$

Keterangan:

- Pt = Daya turbin (Watt)
- T = Torsi (N.m)
- ω = Kecepatan anguler (rad/s)

- Menghitung Efisiensi Turbin (η)
 Efisiensi turbin didapatkan menggunakan persamaan:

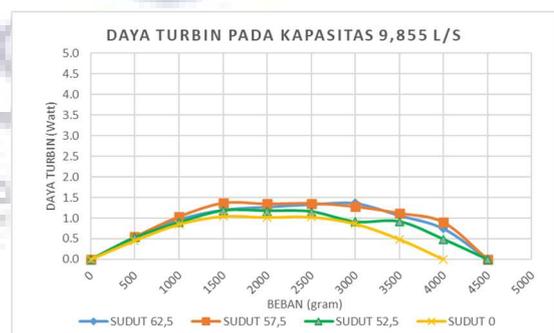
$$\eta = \frac{Pt}{Pa} \cdot 100\% \quad (\text{Pritchard and Leylegian, 2012:504})$$

Keterangan:

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

Pembahasan

- Hasil memvariasikan Inlet Notch Terhadap Daya Turbin Tiap Kapasitas.



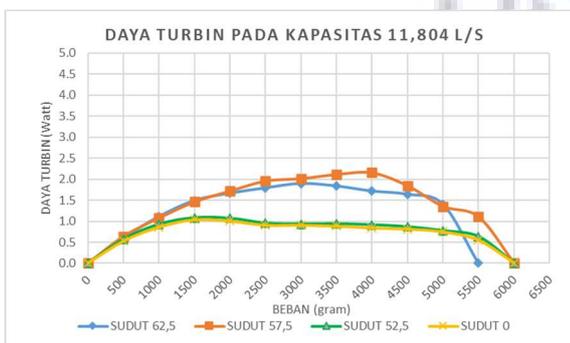
Gambar 5. Grafik Daya Turbin Pada Kapasitas 9,855 L/s

Pada gambar 5. grafik yang dihasilkan dari pengujian pada turbin dengan variasi Inlet Notch 0°(tanpa pengarah) mengalami peningkatan pada pembebanan 1500 gram dan mengalami penurunan pada pembebanan 2000 gram dan berhenti pada pembebanan 4500 gram. Hal ini terjadi karena pada kapasitas tersebut turbin menerima aliran air dengan

arah yang optimal dan turbin tahan terhadap pembebanan sehingga gaya kinetik air yang diterima pada turbin lebih besar. Oleh karena itu turbin dapat mentransfer energi kinetik air lebih besar, dan tahan menerima pembebanan yang lebih tinggi, sedangkan penurunan daya turbin diakibatkan beban yang tinggi, semakin tinggi pembebanan yang dihasilkan maka dibutuhkan daya yang lebih besar agar turbin bisa bergerak.

Pada gambar 5, grafik yang dihasilkan oleh turbin dengan variasi Inlet Notch 0°, 52,5°, 57,5°, 62,5°, Daya turbin tanpa Inlet Notch (sudut 0°) mendapat peningkatan daya sampai pembebanan 1500 gram, menghasilkan daya sebesar 1,041 Watt, dan mendapat pengurangan daya sampai turbin berhenti berputar dipembebanan 4000 gram. Daya turbin dengan Inlet Notch 52,5 meningkat sampai pembebanan 1500 gram dengan daya yang didapatkan sebesar 1,178 Watt, dan mengalami penurunan daya sampai turbin berhenti berputar dipembebanan 4500 gram. Daya turbin dengan Inlet Notch 57,5 terus mengalami peningkatan sampai pembebanan 1500 gram dengan daya yang didapatkan sebesar 1,362 Watt, dan daya yang didapatkan mengalami penurunan sampai berhenti pada pembebanan 4500 gram. Daya turbin dengan Inlet Notch 62,5 meningkat sampai pembebanan 3000 gram, dan menghasilkan daya sebesar 1,359 Watt, daya tersebut mengalami penurunan lalu berhenti dipembebanan 4500 gram.

Pada grafik tersebut disimpulkan turbin dengan Inlet Notch 57,5 lebih baik dibandingkan tanpa Inlet Notch (0°), dimana pada kapasitas aliran 9,855 L/s dipembebanan 1500 gram, Inlet Notch 57,5° memiliki nilai daya paling tinggi yaitu 1,362 Watt, dimana kapasitas air yang meningkat menyebabkan aliran mengarah dengan baik dan berakibat putaran turbin semakin cepat sehingga daya yang dihasilkan akan semakin meningkat, sedangkan penurunan daya disebabkan oleh meningkatnya pembebanan sehingga membutuhkan gaya dorong yang besar untuk memutar turbin.



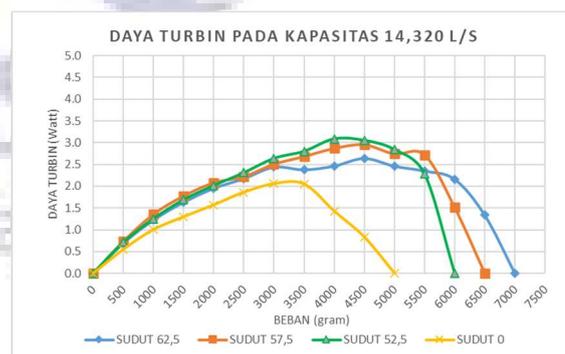
Gambar 6. Grafik Daya Turbin Pada Kapasitas 11,804 L/s

Pada gambar 6. Dimana diatur menjadi kapasitas 11,804 L/s memiliki pengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin, dengan variasi Inlet Notch 0° (Tanpa Pengarah). Turbin mengalami peningkatan daya secara bertingkat sampai pembebanan 1500 gram lalu daya turbin semakin menurun dan berhenti pada beban

6000 gram. Pada kapasitas 11,804 L/s, nilai daya turbin mengalami peningkatan dan turbin memiliki kriteria tahan terhadap pembebanan. Meningkatnya kapasitas aliran air memungkinkan meningkatnya gaya dorong untuk menggerakkan turbin, dimana kapasitas aliran air yang meningkatkan berarti laju energi (Daya air) yang mendorong sudu turbin meningkat, sehingga turbin dapat bertahan dengan pembebanan tinggi.

Berdasarkan gambar 6, dapat dilihat grafik yang dihasilkan dari percobaan pada turbin dengan variasi Inlet Notch 0°, 52,5°, 57,5° dan 62,5°. Daya turbin tanpa Inlet Notch (sudut 0°) mendapat peningkatan sampai pembebanan 1500 gram dan menghasilkan daya sebesar 1,040 Watt, setelah itu daya menurun sampai turbin berhenti berputar dipembebanan 4000 gram. Daya pada turbin dengan variasi Inlet Notch 52,5 mendapat meningkatnya nilai daya sampai pada pembebanan 1500 gram menghasilkan daya sebesar 1,083 Watt, lalu daya turbin perlahan menurun dan berhenti dipembebanan 6000 gram. Pada Inlet Notch 57,5 juga mengalami peningkatan daya turbin sampai pembebanan 4000 gram dan menghasilkan daya sebesar 2,156 Watt, lalu daya turbin perlahan menurun dan berhenti dipembebanan 6000 gram. kemudian variasi Inlet Notch 62,5, dimana daya turbin meningkat sampai pembebanan 3000 gram menghasilkan daya sebesar 1,895 Watt, selanjutnya daya terus menurun hingga berhenti dipembebanan 5500 gram.

Dapat ditarik kesimpulan dimana turbin dengan variasi Inlet Notch 57,5 lebih baik dibandingkan tanpa Inlet Notch (0°), dikarenakan kapasitas bukaan katup 11,804 L/s diberi pembebanan 4000 gram menghasilkan daya tertinggi yaitu 2.156 Watt. Disebabkan oleh kapasitas aliran yang semakin meningkat dan berakibat putaran turbin semakin tinggi akibatnya daya yang dihasilkan turbin akan semakin besar, begitupun sebaliknya, penurunan daya disebabkan oleh pembebanan yang semakin besar sehingga dibutuhkan gaya dorong yang besar untuk memutar turbin.



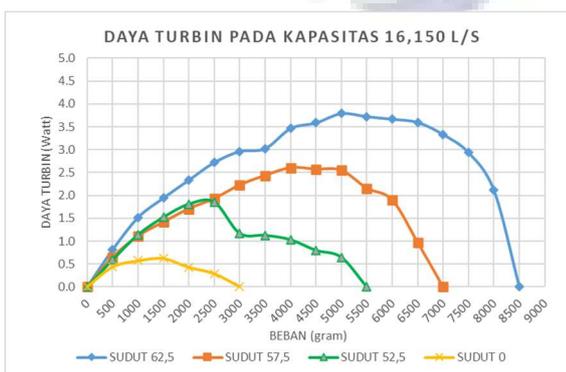
Gambar 7. Grafik Daya Turbin Pada Kapasitas 14,320 L/s

Pada gambar 7. Kapasitas aliran air yang diatur menjadi 14,320 L/s cenderung mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh turbin, dimana turbin dengan Inlet Notch 0° (Tanpa Pengarah) mengalami peningkatan daya sampai pembebanan 3000 gram, lalu daya turbin turun secara perlahan dan terhenti dipembebanan 5000 gram. Dibandingkan kapasitas aliran sebelumnya pembebanan

pada kapasitas ini lebih rendah tetapi menghasilkan daya yang tinggi, karena turbin memiliki karakteristik tidak tahan terhadap pembebanan. Dengan bertambahnya kapasitas aliran air maka akan menghasilkan gaya dorong yang besar untuk memutar turbin.

Berdasarkan gambar 7, dimana terlihat grafik yang dihasilkan oleh Inlet Notch dengan sudut 0° , sudut $52,5^\circ$, sudut $57,5^\circ$, dan sudut $62,5^\circ$. perbandingan daya yang dihasilkan per variasi Inlet Notch, turbin dengan Inlet Notch 0° mendapati peningkatan daya sampai pembebanan 3000 gram dan menghasilkan daya sebesar 2,057 Watt, kemudian mengalami penurunan dan berhenti berputar dipembebanan 5000 gram. Selanjutnya turbin dengan Inlet Notch $52,5^\circ$ mendapati peningkatan daya sampai pembebanan 4000 gram dan menghasilkan daya sebesar 3,088 Watt, lalu putaran turbin menurun secara bertahap dan berhenti dipembebanan 6000 gram. selanjutnya turbin dengan Inlet Notch $57,5^\circ$, menghasilkan daya turbin yang terus meningkat sampai pembebanan 4500 gram dan menghasilkan daya turbin sebesar 2,958 Watt, setelah itu menurun dan berhenti dipembebanan 6500 gram. Terakhir turbin dengan Inlet Notch $62,5^\circ$ yang mendapatkan peningkatan daya sampai pembebanan 4500 gram dan menghasilkan daya sebesar 2,645 Watt, lalu putaran turbin menurun secara perlahan dan berhenti dipembebanan 7000 gram.

Dari gambar 7. Bisa ditarik kesimpulan bahwa turbin dengan Inlet Notch $52,5^\circ$ lebih baik dibandingkan tanpa Inlet Notch (0°), dimana pada kapasitas aliran 14,320 L/s dipembebanan 4000 gram mendapat nilai daya tertinggi, yaitu 3,088 Watt. Hal ini terjadi karena kapasitas aliran yang meningkat, sehingga menyebabkan gaya dorong yang diberikan mampu membuat turbin berputar walau beban yang diberikan semakin meningkat, akan tetapi pada titik tertentu adanya penurunan nilai daya yang disebabkan besarnya pembebanan yang diberikan, oleh sebab itu maka diperlukan daya yang besar agar turbin dapat berputar.



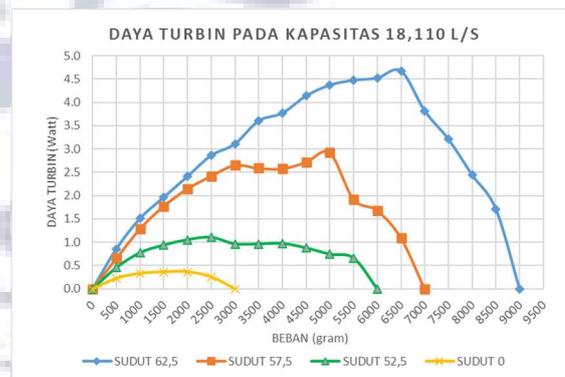
Gambar 8. Grafik Daya Turbin pada Kapasitas 16,150 L/s

Dapat dilihat dari gambar 8. turbin tanpa Inlet Notch (0°) mendapat peningkatan secara terus menerus sampai pembebanan 1500 gram, dan mendapat penurunan dipembebanan 2000 gram lalu berhenti pada pembebanan 3000 gram, hal ini terjadi karena pada kapasitas tersebut dimana turbin tanpa Inlet Notch (0°), tidak dapat menerima energi kinetik air dengan baik sehingga turbin

menghasilkan daya yg kurang maksimal akibatnya turbin tidak bisa berputar sampai pembebanan yang besar, sedangkan menurunnya daya turbin diakibatkan oleh tinggi aliran yang menerpa turbin membuat gaya yg berlawanan dan mempengaruhi pembebanan.

Pada gambar 8, dapat diketahui hasil yang didapat oleh grafik pada turbin dengan variasi Inlet Notch 0° , $52,5^\circ$, $57,5^\circ$ dan $62,5^\circ$. Daya turbin dengan Inlet Notch 0° mendapati peningkatan sampai pembebanan 1500 gram menghasilkan daya sebesar 0,626 Watt, lalu daya menurun sampai turbin berhenti berputar dipembebanan 3000 gram. Selanjutnya turbin dengan Inlet Notch $52,5^\circ$ terus mengalami peningkatan sampai pembebanan 2500 gram menghasilkan daya sebesar 1,860 Watt, kemudian mengalami penurunan dan berhenti dipembebanan 5500 gram. Kemudian turbin dengan Inlet Notch $57,5^\circ$ mendapat peningkatan sampai pembebanan 4000 gram dan menghasilkan daya sebesar 2,602 Watt, setelah itu daya menurun dan berhenti dipembebanan 7000 gram. Terakhir turbin dengan Inlet Notch $62,5^\circ$ mendapat peningkatan sampai pembebanan 5000 gram dan menghasilkan daya sebesar 3,794 Watt, kemudian daya menurun dan berhenti dipembebanan 8500 gram.

Dari grafik diatas dapat ditarik kesimpulan dimana turbin dengan Inlet Notch $62,5^\circ$, lebih baik dibandingkan tanpa Inlet Notch (0°), dimana pada kapasitas aliran 16,150 L/s dipembebanan 5000 gram menghasilkan daya tertinggi yaitu 3,794 Watt. Dikarenakan meningkatnya kapasitas aliran menyebabkan putaran pada turbin semakin cepat dan daya yang dihasilkan semakin besar, untuk menurunnya daya dikarenakan meningkatnya pembebanan pada turbin maka dari itu dibutuhkan gaya dorong yang besar pula untuk memutar turbin.



Gambar 9. Grafik Daya Turbin pada Kapasitas 18,110 L/s

Dari gambar 9. Dapat dilihat bahwa turbin tanpa Inlet Notch (0°) mendapati peningkatan sampai pembebanan 2000 gram setelah itu menurun pada pembebanan 2500 gram dan berhenti pada pembebanan 3000 gram, terjadi karena dikapasitas tersebut turbin tanpa Inlet Notch (0°) tidak dapat menerima energi kinetik air dengan baik sehingga turbin menghasilkan daya yg kurang maksimal berakibat turbin tidak dapat bergerak pada pembebanan yang tinggi, kemudian terjadi penurunan daya turbin disebabkan oleh tinggi aliran yang menerpa turbin membuat gaya yg berlawanan dan mempengaruhi gaya pembebanan.

Berdasarkan gambar 9, dapat dilihat grafik yang diperoleh Inlet Notch dengan sudut 0° , sudut $52,5^\circ$, sudut $57,5^\circ$, dan sudut $62,5^\circ$. Pada Inlet Notch 0° mendapati peningkatan daya sampai pembebanan 2000 gram menghasilkan daya turbin sebesar 0,361 Watt, kemudian daya turbin menurun lalu berhenti dipembebanan 3000 gram. Selanjutnya Inlet Notch $52,5^\circ$ sama mengalami peningkatan daya sampai pembebanan 2500 gram menghasilkan daya sebesar 1,102 Watt, lalu turbin mengalami penurunan daya setelah itu berhenti dipembebanan 6000 gram. Kemudian turbin dengan Inlet Notch $57,5^\circ$ mendapati peningkatan daya dipembebanan 5000 gram menghasilkan daya sebesar 2,291 Watt, kemudian daya tersebut menurun dan berhenti dipembebanan 7000 gram. Selanjutnya, pada variasi Inlet Notch $62,5^\circ$ mengalami peningkatan sampai pembebanan 6500 gram menghasilkan daya sebesar 4,673 Watt, kemudian daya menurun dan berhenti dipembebanan 9000 gram.

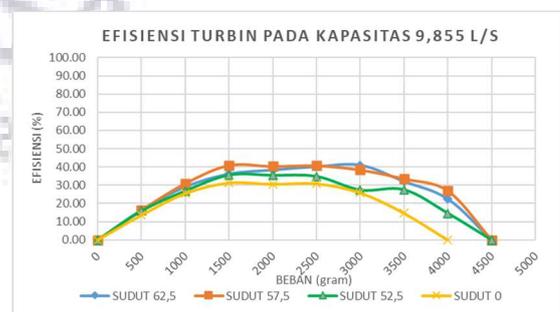
Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa Inlet Notch $62,5^\circ$, lebih baik dibandingkan tanpa Inlet Notch (0°) karena pada kapasitas aliran 18,110 L/s pada pembebanan 6500 gram memiliki nilai daya tertinggi yaitu 4,673 Watt. Hal ini terjadi karena Inlet Notch dapat memaksimalkan kapasitas air yang meningkat dan menyebabkan putaran turbin semakin cepat sehingga daya yang dihasilkan juga semakin besar, sedangkan penurunan daya disebabkan karena peningkatan pembebanan sehingga gaya dorong yang diperlukan untuk memutar turbin menjadi semakin besar.

Berdasarkan gambar 5,6,7,8,dan 9 diatas bahwa dengan memvariasikan sudut Inlet Notch pada turbin crossflow poros horizontal memiliki karakteristik yang berbeda. Pada grafik (5.) dengan diberikan kapasitas aliran 9,855 L/s, variasi Inlet Notch tidak menghasilkan daya yang begitu besar namun daya yang dihasilkan turbin cenderung mengalami peningkatan. Hal ini terjadi karena pada kapasitas tersebut Inlet Notch yang mengarahkan aliran pada turbin tidak sepenuhnya menyentuh dan luasan area penampang aliran tidak sepenuhnya mengenai luasan sudu turbin, maka dari itu gaya dorong yang dimiliki aliran tidak sepenuhnya mampu mendorong turbin agar berputar dan menghasilkan daya yang tinggi. Seiring penambahan kapasitas aliran yang diatur dengan membuka katup saluran balik pada skema pompa terlihat pada grafik (6.) pada kapasitas aliran 11,084 L/s bahwa daya yang dihasilkan turbin mengalami peningkatan daripada kapasitas aliran sebelumnya, variasi yang diberikan pada Inlet Notch juga cenderung mengalami peningkatan terhadap nilai daya yang dihasilkan turbin. Kenaikan daya yang dihasilkan turbin juga terus terjadi pada grafik (7.) pada kapasitas aliran 14,320 L/s penambahan kapasitas menyebabkan luas penampang aliran semakin tinggi sehingga turbin terendam hingga setengah dari diameter turbin. Seiring penambahan kapasitas aliran yang diatur dengan membuka katup saluran balik pada skema pompa terlihat pada grafik (8.) pada kapasitas aliran 16,150 L/s bahwa daya yang dihasilkan turbin mengalami peningkatan daripada kapasitas aliran sebelumnya, variasi yang diberikan pada Inlet Notch juga cenderung mengalami peningkatan

terhadap nilai daya yang dihasilkan turbin. Kenaikan daya yang dihasilkan turbin juga terus terjadi pada grafik (9.) pada kapasitas aliran 18,110 L/s penambahan kapasitas menyebabkan luas penampang aliran semakin tinggi sehingga air yang menyentuh Inlet Notch langsung mengarah pada turbin dengan optimal. Variasi yang dilakukan pada Inlet Notch juga mengalami peningkatan daya dikapasitas aliran ini, bahkan pembebanan yang diberikan agar turbin berhenti hingga mencapai 9000 gram. Hal ini disebabkan karena pada kapasitas 18,110 L/s luas penampang alirannya lebih tinggi dan mengenai Inlet Notch dan langsung mengarah pada turbin sehingga gaya dorong yang dimiliki aliran mampu dirubah dengan maksimal oleh turbin menjadi daya.

Dari analisis diatas dapat disimpulkan dimana variasi Inlet Notch $62,5^\circ$ pada turbin crossflow memiliki daya yang paling tinggi, dilanjutkan dengan variasi Inlet Notch $57,5^\circ$ dan daya terendah dihasilkan oleh variasi Inlet Notch $52,5^\circ$. Pada kapasitas 18,110 L/s Inlet Notch yang mampu menghasilkan daya tertinggi ialah yang memiliki sudut paling besar yaitu $62,5^\circ$, terbukti seperti yang ditunjukkan oleh gambar bahwa pada kapasitas ini Inlet Notch yang bisa memanfaatkan aliran air dengan sempurna dan menghasilkan daya paling tinggi adalah Inlet Notch yang memiliki sudut $62,5^\circ$ dengan daya sebesar 4,673 Watt pada pembebanan 6500 gram, karena aliran air yang menerpa sudu dapat diubah dengan baik dan dapat menampung lebih banyak air sehingga aliran air yang menerpa sudu bisa dimanfaatkan dengan optimal untuk memutar turbin dan dapat menghasilkan rpm dan torsi yang lebih tinggi dan tahan terhadap pembebanan tinggi. Tetapi tidak untuk Inlet Notch $52,5^\circ$, Pada Inlet Notch ini memiliki daya turbin yang lebih rendah jika dibandingkan dengan semua Inlet Notch, karena aliran air yang menerpa turbin itu sendiri mengalir pada celah bilah sudu dan mengenai sudu turbin lainnya.

- Pengaruh Variasi Inlet Notch Terhadap Efisiensi Turbin Pada Tiap Kapasitas.



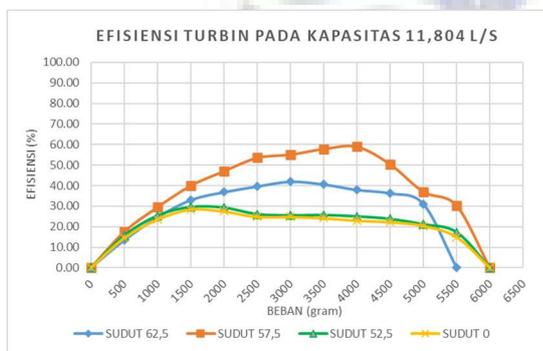
Gambar 10. Grafik Efisiensi Turbin Pada Kapasitas 9,855 L/s

Pada gambar 10. dapat diketahui bahwa turbin tanpa Inlet Notch (0°) mengalami kenaikan nilai efisiensi hingga pembebanan 1500 gram, setelah itu nilai efisiensi menurun hingga putaran berhenti dipembebanan 4000 gram. Hal ini karena nilai efisiensi berhubungan dengan nilai daya dan torsi yang dihasilkan

oleh turbin. Apabila daya turbin mengalami penurunan maka efisiensi turbin juga akan menurun.

Berdasarkan gambar 10, dapat dibandingkan bahwa turbin dengan variasi Inlet Notch 0° terus mengalami peningkatan nilai efisiensi hingga pembebanan 1500 gram dan nilai efisiensi sebesar 31,34%, setelah itu nilai efisiensi mengalami penurunan hingga berhenti pada pembebanan 4500 gram. Inlet Notch 52,5 mengalami peningkatan efisiensi hingga pembebanan 1500 gram dengan nilai efisiensi sebesar 35,45%, setelah itu efisiensi turbin menurun sampai turbin berhenti berputar pada pembebanan 4500 gram. Turbin dengan Inlet Notch 57,5 mengalami peningkatan nilai efisiensi hingga pembebanan 1500 gram dengan nilai efisiensi sebesar 40,97%, setelah itu nilai efisiensi turbin menurun hingga berhenti pada pembebanan 4500 gram. Turbin dengan Inlet Notch 62,5 efisiensi turbin terus meningkat hingga pembebanan 3000 gram dengan nilai efisiensi sebesar 40,88%, lalu turbin berhenti pada pembebanan 4500 gram.

Dari grafik 10, dapat disimpulkan bahwa turbin dengan Inlet Notch 57,5 lebih baik dibandingkan tanpa Inlet Notch (0°), karena menghasilkan nilai efisiensi tertinggi dengan kapasitas aliran 9,855 L/s dengan nilai efisiensi sebesar 40,97% pada pembebanan 1500 gram. Hal ini berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan turbin, karena dalam mencari nilai efisiensi daya turbin dikalikan dengan daya air lalu dikali 100 persen. Dari rumusan itu juga dapat dilihat bahwa kapasitas aliran mempengaruhi peningkatan daya yang dihasilkan turbin karena adanya putaran dan torsi yang meningkat.



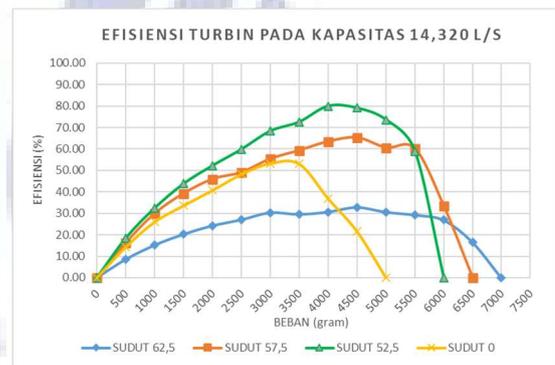
Gambar 11. Grafik Efisiensi Turbin Pada Kapasitas 11,804 L/s

Pada gambar 11. dapat dilihat bahwa nilai efisiensi turbin tanpa Inlet Notch (0°) mengalami peningkatan dibanding kapasitas sebelumnya, nilai efisiensi terus meningkat hingga pembebanan 1500 gram. Hal ini disebabkan karena kapasitas aliran yang diatur lebih besar dengan nilai sebesar 11,804 L/s sehingga daya turbin meningkat dan efisiensinya juga ikut meningkat.

Berdasarkan gambar 11. dapat diketahui bahwa turbin dengan variasi Inlet Notch 0° terus mengalami peningkatan nilai efisiensi hingga pembebanan 1500 gram dan nilai efisiensi sebesar 28,45%, setelah itu nilai efisiensi mengalami penurunan hingga berhenti pada pembebanan 6000 gram. turbin dengan variasi Inlet Notch 52,5 terus mengalami peningkatan nilai

efisiensi hingga pembebanan 1500 gram, nilai efisiensi yang dihasilkan turbin sebesar 29,62%, setelah itu berangsur-angsur daya turbin mengalami penurunan hingga berhenti pada pembebanan 6000 gram. Pada turbin dengan variasi Inlet Nocth 57,5, nilai efisiensi terus meningkat hingga pembebanan 4000 gram dengan efisiensi sebesar 59,00%, nilai efisiensi setelah itu berangsur-angsur menurun hingga turbin berhenti pada pembebanan 6000 gram. Selanjutnya pada turbin dengan variasi Inlet Notch 62,5 nilai efisiensi turbin juga terus mengalami peningkatan hingga pembebanan 3000 gram dengan nilai efisiensi sebesar 42,01%, setelah itu nilai efisiensi juga menurun hingga turbin berhenti pada pembebanan 5500 gram.

Dari grafik 11. bisa disimpulkan bahwa Inlet Notch 57,5 pada turbin lebih baik dibandingkan tanpa Inlet Notch (0°), karena pada kapasitas aliran sebesar 11,804 L/s memiliki nilai efisiensi tertinggi dengan nilai 59,00% pada pembebanan 4000 gram, hal ini berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan turbin karena nilai efisiensi berasal dari perhitungan daya turbin dibagi dengan daya air lalu dikali 100 persen.



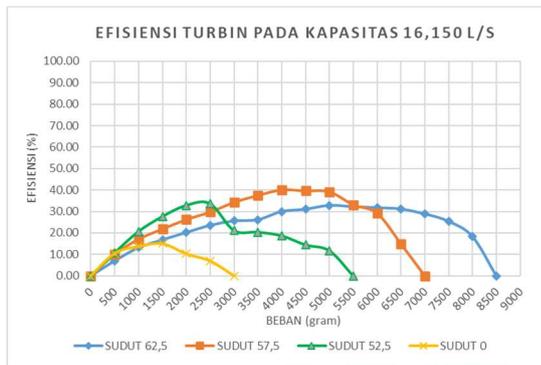
Gambar 12. Grafik Efisiensi Turbin Pada Kapasitas 14,320 L/s

Dilihat dari gambar 12. pada kapasitas 14,320 L/s efisiensi tanpa Inlet Notch (0°) terus meningkat sampai pembebanan 3000 gram. dimana kapasitas aliran yang diatur lebih besar sehingga daya turbin meningkat dan efisiensinya juga ikut meningkat.

Pada gambar 12. Terdapat perbandingan dimana turbin dengan variasi Inlet Notch 0° terus mengalami peningkatan nilai efisiensi hingga pembebanan 3000 gram dan nilai efisiensi sebesar 53,28%, setelah itu nilai efisiensi mengalami penurunan hingga berhenti pada pembebanan 5000 gram. Turbin menggunakan variasi Inlet Notch 52,5° mengalami peningkatan nilai efisiensi hingga pembebanan 4000 gram dan nilai efisiensi sebesar 79,99%, lalu perlahan nilai efisiensi dari turbin ini turun hingga berhenti berputar pada pembebanan 6000 gram. Pada turbin dengan Inlet Notch 57,5, nilai efisiensi sebesar 65,28% pada pembebanan 4500, nilai efisiensi setelah itu berangsur – angsur menurun hingga turbin berhenti pada pembebanan 6500 gram. Selanjutnya turbin dengan Inlet Notch 62,5 dimana nilai efisiensi turbin terus mengalami peningkatan hingga pembebanan 4500 gram dengan nilai efisiensi sebesar 32,83%, setelah itu nilai

efisiensi juga menurun hingga turbin berhenti pada pembebanan 7000 gram.

Dari grafik 12. dapat disimpulkan bahwa Inlet Notch 52,5 pada turbin lebih baik dibandingkan tanpa Inlet Notch (0°), karena pada kapasitas aliran sebesar 14,320 L/s memiliki nilai efisiensi tertinggi dengan nilai 79,99% pada pembebanan 4000 gram, hal ini berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan turbin karena nilai efisiensi berasal dari perhitungan daya turbin dibagi dengan daya air lalu dikali 100 persen.



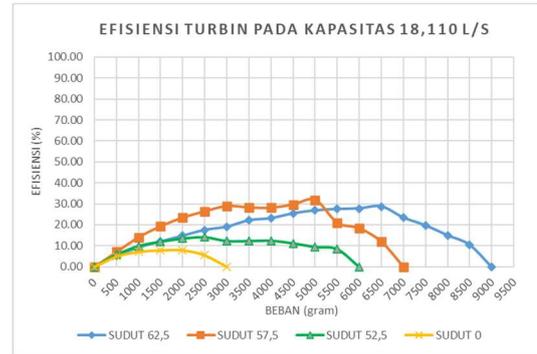
Gambar 13. Grafik Efisiensi Turbin pada Kapasitas 16,150 L/s

Pada gambar 13. dapat dilihat bahwa nilai efisiensi turbin tanpa Inlet Notch (0°) mengalami penurunan dibanding kapasitas sebelumnya, nilai efisiensi tertinggi pada aliran ini pada pembebanan 1500 gram. Hal ini disebabkan karena kapasitas aliran yang diatur lebih besar dengan nilai sebesar 16,150 L/s tidak dapat terarah dengan baik karena aliran yang menimpa turbin mengakibatkan arah yang berlawanan pada turbin.

Berdasarkan pada grafik 13, dapat dibandingkan bahwa turbin dengan variasi Inlet Notch 0° terus mengalami peningkatan nilai efisiensi hingga pembebanan 1500 gram dan nilai efisiensi sebesar 15,06%, setelah itu nilai efisiensi mengalami penurunan hingga berhenti pada pembebanan 3000 gram. Turbin dengan variasi Inlet Notch 52,5° mengalami peningkatan nilai efisiensi sampai pembebanan 2500 gram dan menghasilkan efisiensi sebesar 33,58%, setelah ini berangsur-angsur nilai efisiensi dari turbin ini turun hingga berhenti berputar pada pembebanan 5500 gram. Pada turbin dengan Inlet Notch 57,5, nilai efisiensi sebesar 40,04% pada pembebanan 4000, nilai efisiensi setelah itu berangsur-angsur menurun hingga turbin berhenti pada pembebanan 7000 gram. Terakhir adalah variasi turbin dengan Inlet Notch 62,5 nilai efisiensi turbin juga terus mengalami peningkatan hingga pembebanan 5000 gram dengan nilai efisiensi sebesar 32,83%, setelah itu nilai efisiensi juga menurun hingga turbin berhenti pada pembebanan 8500 gram.

Dari grafik 13. dapat disimpulkan bahwa Inlet Notch 57,5 lebih baik dibandingkan tanpa Inlet Notch (0°) pada turbin, karena dapat mengarahkan aliran lebih baik pada kapasitas aliran sebesar 16,150 L/s dan memiliki nilai efisiensi tertinggi dengan nilai 40,04% pada pembebanan 4000 gram, hal ini berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan turbin karena nilai efisiensi berasal dari

perhitungan daya turbin dibagi dengan daya air lalu dikali 100 persen.



Gambar 14. Grafik Efisiensi Turbin pada Kapasitas 18,110 L/s

Pada gambar 14. dapat dilihat bahwa nilai efisiensi turbin tanpa Inlet Notch (0°) mengalami penurunan dibanding kapasitas sebelumnya, nilai efisiensi tertinggi pada aliran ini dipembebanan 2000 gram. Hal ini disebabkan karena kapasitas aliran yang diatur lebih besar dengan nilai sebesar 18,110 L/s tidak dapat terarah dengan baik karena aliran yang menimpa turbin mengakibatkan arah yang berlawanan pada turbin.

Dilihat pada grafik 14. bahwa turbin dengan variasi Inlet Notch 0° terus mengalami peningkatan nilai efisiensi hingga pembebanan 2000 gram dan nilai efisiensi sebesar 7,90%, setelah itu nilai efisiensi mengalami penurunan hingga berhenti pada pembebanan 3000 gram. Turbin menggunakan variasi Inlet Notch 52,5° mengalami peningkatan nilai efisiensi sampai pembebanan 2500 gram dengan nilai efisiensi sebesar 14,10%, lalu perlahan nilai efisiensi dari turbin ini menurun hingga berhenti berputar pada pembebanan 6000 gram. Pada turbin dengan Inlet Notch 57,5, nilai efisiensi sebesar 31,87% pada pembebanan 5000, nilai efisiensi setelah itu berangsur-angsur menurun hingga turbin berhenti pada pembebanan 7000 gram. Terakhir adalah variasi turbin dengan Inlet Notch 62,5 nilai efisiensi turbin juga terus mengalami peningkatan hingga pembebanan 6500 gram dengan nilai efisiensi sebesar 28,67%, setelah itu nilai efisiensi juga menurun hingga turbin berhenti pada pembebanan 9000 gram.

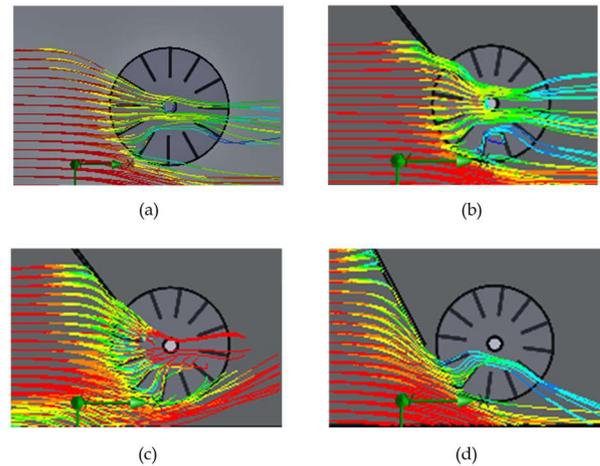
Dari grafik 14. tersebut disimpulkan bahwa Inlet Notch 62,5 pada kapasitas 18,110 L/s lebih baik dibandingkan tanpa Inlet Notch (0°), karena memiliki nilai efisiensi tertinggi pada pembebanan 5000 gram dengan nilai efisiensi 31,87%. Hal ini dikarenakan Inlet Notch dapat mengarahkan aliran lebih baik dan berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan turbin pada kapasitas aliran yang sama karena pada dasarnya nilai efisiensi dihasilkan dari daya air dibagi dengan daya turbin lalu dikali dengan 100 persen.

Dilihat dari gambar 10,11,12,13,dan 14 bahwa dengan memvariasikan saluran Inlet Notch pada turbin crossflow poros horizontal memiliki karakteristik yang berbeda. Meningkatnya nilai efisiensi karena bertambahnya pembebanan yang dilakukan saat pengujian, pembebanan mengakibatkan torsi pada turbin semakin besar.

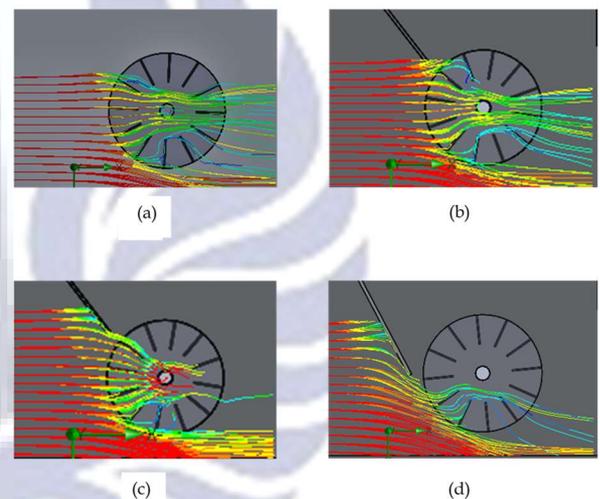
Sebelumnya perlu diperhatikan bahwa pada saat pembebanan semakin besar maka gaya yang dihasilkan akan semakin besar sehingga dapat menghentikan putaran turbin, disaat turbin berhenti berputar maka tidak akan menghasilkan daya dan efisiensi.

Pada grafik (10). dengan merubah aliran pada kapasitas 9,855 L/s, Inlet Notch tidak menghasilkan nilai efisiensi yang begitu besar namun efisiensi yang dihasilkan turbin cenderung mengalami peningkatan. Dimana pada kapasitas 9,855 L/s turbin tidak terendam aliran air dan tidak sepenuhnya mengenai sudu turbin pada area luasan penampang, dan berakibat gaya dorong yang dihasilkan aliran kurang untuk mendorong turbin berputar agar menghasilkan daya yang tinggi. Seiring bertambahnya kapasitas aliran yang diatur dengan membuka katup/klep pada saluran balik, terlihat skema pompa pada grafik (11). dimana efisiensi yang dihasilkan turbin mengalami peningkatan dibandingkan kapasitas yang sebelumnya, memvariasikan sudut pada Inlet Notch juga cenderung mengalami peningkatan terhadap nilai efisiensi yang dihasilkan turbin. Meningkatnya nilai efisiensi yang dihasilkan turbin juga terjadi pada grafik (12), bertambahnya kapasitas menyebabkan luas penampang aliran air semakin tinggi sehingga turbin terendam sampai hampir separuh dari diameter turbin. Seiring bertambahnya kapasitas aliran air yang diatur dengan membuka klep saluran balik pada skema pompa dilihat pada grafik (13), bahwa efisiensi yang dihasilkan turbin mengalami peningkatan dari pada kapasitas yang sebelumnya, variasi yang diberikan pada Inlet Notch juga cenderung mengalami peningkatan terhadap nilai efisiensi yang dihasilkan turbin. Dikarenakan air yang mengenai saluran inlet notch langsung mengarah pada sudu turbin. Naiknya nilai efisiensi yang dihasilkan turbin juga terjadi pada grafik (14), penambahan kapasitas mengakibatkan luas penampang aliran semakin tinggi sehingga turbin terendam hampir separuh dari diameter turbin. Dengan divariasikannya Inlet Notch, akan mengalami peningkatan nilai efisiensi pada kapasitas ini, dan pembebanan agar turbin berhenti berputar mencapai 9000 gram. Hal ini disebabkan karena kapasitas 18,110 L/s luas penampang alirannya lebih tinggi dan membuat turbin menghasilkan daya optimal sehingga gaya dorong mampu dirubah dengan maksimal oleh turbin menjadi daya dan efisiensi pun makin meningkat.

Untuk Inlet Notch yang digunakan pada penelitian selanjutnya lebih baik menggunakan sudut Inlet Notch 62,5° karena memiliki daya yang tinggi yaitu sebesar 4,673 Watt dan tahan terhadap pembebanan pada turbin, sehingga untuk membuat turbin berhenti berputar membutuhkan pembebanan yang besar.



Gambar 15. Arah daya pada aliran tampak samping yang menerpa turbin Pada Kapasitas 170°. (a). Tanpa Inlet Notch, (b). Inlet Notch 52,5°, (c). Inlet Notch 57,5°, (d). Inlet Notch 62,5°.



Gambar 16. Arah efisiensi pada aliran tampak samping yang menerpa turbin Pada Kapasitas 150°. (a). Tanpa Inlet Notch, (b). Inlet Notch 52,5°, (c). Inlet Notch 57,5°, (d). Inlet Notch 62,5°.

Dari data analisis diatas disimpulkan bahwa Inlet Notch 52,5 pada turbin reaksi crossflow menghasilkan nilai efisiensi tertinggi, dilanjutkan dengan Inlet Notch 57,5 dan efisiensi terendah dihasilkan oleh Inlet Notch 62,5. Ketika kapasitas aliran 9,855 L/s Inlet Notch 57,5 menghasilkan efisiensi tertinggi dibanding dengan Inlet Notch yang lain, pada waktu kapasitas air ditingkatkan menjadi 11,084 L/s Inlet Notch 57,5 masih memiliki efisiensi tertinggi dengan nilai efisiensi 65,05%, pada kapasitas aliran 14,320 L/s Inlet Notch 52,5 memiliki nilai efisiensi tertinggi dibanding dengan yang lain, saat kapasitas aliran air ditambah menjadi 16,150 L/s Inlet Notch 57,5 memiliki karakteristik efisiensi tertinggi dengan nilai efisiensi 40,04% lalu diikuti Inlet Notch 62,5. Pada 18,110 L/s kapasitas aliran tersebut dengan semakin lebar Inlet Notch maka rata-rata efisiensi yang dihasilkan cenderung naik sampai dimana titik paling maksimal dan setelah itu efisiensi turun. Turbin dengan Inlet Notch 57,5 menghasilkan karakteristik nilai efisiensi

paling tinggi yaitu 31,87%, dan turbin tanpa Inlet Notch (0°) memiliki karakteristik efisiensi yang paling rendah dengan efisiensi sebesar 7,90%. Hal ini terjadi karena semakin besar kapasitas aliran dan semakin besar sudut Inlet Notch, Maka aliran akan memenuhi sudu turbin dan berpengaruh terhadap nilai yang dihasilkan pada daya dan efisiensi turbin, sedangkan penurunan daya pada turbin disebabkan oleh pembebanan yang semakin tinggi sehingga turbin memerlukan gaya yang lebih besar agar turbin bisa bergerak.

Simpulan

Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Daya maksimum dihasilkan dari pengujian turbin dengan Inlet Notch $62,5^\circ$, lebih besar dibandingkan Inlet Notch $57,5^\circ$, $52,5^\circ$, dan 0° . Inlet Notch $62,5^\circ$ menghasilkan daya sebesar 4,67 Watt dengan beban yang diberikan 6500 gram pada kapasitas 18,110 L/s.
- Efisiensi paling optimum dihasilkan dari turbin dengan Inlet Notch $52,5^\circ$ lebih besar dibandingkan Inlet Notch $57,5^\circ$, 0° , dan $62,5^\circ$. Inlet Notch $52,5^\circ$ menghasilkan efisiensi sebesar 79,99 % dengan beban yang diberikan 4000 gram pada kapasitas 14,320 L/s.

Saran

Dari hasil penelitian atau pengujian yang sudah dilakukan terhadap pengaruh sudut Inlet Nocth terhadap kinerja turbin reaksi crossflow poros horizontal, memberi saran yaitu :

- Diperlukan penelitian selanjutnya dari Inlet Notch pada turbin dengan memvariasi bentuk sudu turbin yang berbeda.
- Diperlukan penelitian selanjutnya dari Inlet Notch pada turbin dengan memvariasi jumlah sudu turbin yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad K, Hudan. Adiwibowo, Prio Heru (2013). "Pengaruh Sudut Inlet Notch Pada Turbin Reaksi Aliran Vortex Terhadap Daya Dan Efisiensi".
- Dirtzel, Fritz. 1990. Turbin, Pompa, dan Kompresor. Jakarta: erlangga.
- Dwiyanto, V., Kusumastuti, D. I., & Tugiono, S. (2016). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) studi kasus. Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain.
- Hanggara, Ikrar. Irvani, H. (2017). Potensi Pltmh (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) Di Kecamatan Ngantang Kabupaten. 2(2), 149–155.
- Insanto, M. W., & Adiwibowo, P. H. (2017). EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI RASIO SUDU BERPENAMPANG DATAR TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN REAKSI CROSSFLOW POROS HORIZONTAL. Jurnal Teknik Mesin.
- Jasa, L. (2010). Mengatasi Krisis Energi Dengan Memanfaatkan Aliran Pangkung Sebagai Sumber Pembangkit Listrik Alternatif. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 9(2), 182–190.
- Khurmi, R S., J.K. Gupta. 2005. Machine Design. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Laksmiana, S. C., Fahrudin, A., & Akbar, A. (2018). Pengaruh Sudut Pengarah Aliran Pada Turbin Air Crossflow Tingkat Dua Terhadap Putaran dan Daya. R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v3i1.1591>
- Lexy, J Moleong. 2008. Metodologi Penelitian Kualitatif, Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Mafruddin, M., & Marsuki, M. (2017). Pengaruh Bukaian Guide Vane Terhadap Kinerja Turbin Piko Hidro Tipe Cross-Flow. Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 6(1), 31–37.
- Munson, Bruce, R., Young, Donald, F., Okiishi, Theodore, H., 2006. Fundamental of Fluid Mechanics Fifth Edition. New Jersey : Wiley.
- Nasir, B. A. (2014). Design considerations of micro-hydro-electric power plant. Energy Procedia, 50, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.003>
- Pratilastiarso, J., & Hamka, M. (2016). Rancang Bangun PLTMH Menggunakan Turbin Cross-Flow berkapasitas 1 Kw untuk Daerah Terpencil dengan Sumber Air yang Terbatas. 1–7.
- Pritchard, Philip J., Leylegian, Jhon C. 2011. Introduction to Fluid Mechanics Eighth Edition. Danver: Jhon Wiley & Sonc Inc.
- Suryo Setyo Putro, Yogi. Tri juwono, Pitojo. Hadi Wicaksono, Prima, (2014). Studi Perencanaan Pembangkit listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Atei Desa Tumbang Atei Kecamatan Sanamang Mantikai Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah
- Saleh, Z. (2014). ANALISIS PROFIL BLADE PADA MODEL TURBIN GORLOV. ISSN: 2339-028X.
- Sri Wulandari, C., & Arsana, I. M. (2019). ALAT INDUSTRI KIMIA (1st ed.). KUANTUM BUKU SEJAHTERA, 67.
- Sutrimo, D., & Adiwibowo, P. H. (2019). Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Berpenampang L Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Crossflow Poros Horizontal. JTM, 07, 95–102.
- Tim. 2014. Pedoman Penulisan Skripsi. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.