

Pengaruh Sudu Contra Rotating Small Hydro Turbine Dengan Variasi Sudut Blade Pada Eksperimen Prototype Turbin Air

Moh. Arif Batutah^{1*}, Abdul Kowi², Muhammad Tohari³

^{1,2,3} Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jalan Sutorejo No. 59 Surabaya 60113

*Email corresponding author : arifbatutah@ft.um-surabaya.ac.id

Diterima (Juli, 2021), direvisi (Agustus, 2021), diterbitkan (Oktober, 2021)

Abstrak

Ketersediaan energi yang tidak dapat diperbarui belakangan ini semakin menipis, sehingga berdampak pada energi listrik. Salah satu usaha pemanfaatan *renewable energy* dengan memanfaatkan energi kinetik dari air. Energi air dapat ditransfer kedalam bentuk energi lain semisal mekanik atau listrik menggunakan turbin air. Turbin tipe Contra Rotating cocok diterapkan dengan memanfaatkan debit air yang kecil. Penelitian ini merupakan pengembangan sebelumnya dengan mengubah kemiringan sudut blade pada turbin. Hasil penelitian menunjukkan tinggi dan rendahnya nilai putaran turbin contra rotating karena pengaruh kemiringan sudut blade mempengaruhi seberapa efisienya turbin menangkap daya dari aliran air. Pada sudut blade yang paling rendah yaitu 15° derajat didapatkan kecepatan putar tertinggi 240,3 rpm. Daya terbesar juga didapatkan oleh turbin dengan sudut blade 15° yaitu dengan nilai 0,5176 watt, dan dari perhitungan efisiensi performa turbin contra rotating dengan sudut blade 15° memperoleh nilai tertinggi 0,598%, sehingga dapat di tarik kesimpulan sudut blade mempengaruhi performa contra rotating small hydro turbine.

Abstract

The availability of non-renewable energy has recently been running low, which has an impact on electrical energy. One of the efforts to utilize renewable energy is by utilizing the kinetic energy of water. Water energy can be transferred into other forms of energy such as mechanical or electrical using a water turbine. The Contra Rotating type turbine is suitable for use by utilizing a small water flow rate. This research is a previous development by changing the slope of the blade angle on the turbine. The results showed the high and low values of the contra rotating turbine rotation due to the influence of the tilt of the blade angle affect how efficiently the turbine captures power from the water flow. At the lowest blade angle, which is 15° degrees, the highest rotational speed is 240.3 rpm. The greatest power is also obtained by a turbine with a blade angle of 15° with a value of 0.5176 watts, and from the calculation of the performance efficiency of a contra rotating turbine with a blade angle of 15° , the highest value is 0.598%, so it can be concluded that the blade angle affects the performance of the contra rotating small hydro turbine.

Keywords: *energy conversion; water turbine; contra rotating; hydro turbine*

1. PENDAHULUAN

Energi yang tidak dapat diperbarui semakin lama semakin menipis seiring berjalannya waktu. Seiring perkembangan zaman, maka semakin banyak pula inovasi teknologi untuk menunjang kehidupan sehari-hari seperti inovasi turbin. Turbin air dapat menghasilkan daya listrik di suatu daerah yang mempunyai sumber air didaerahnya. Haryudo, (2020) mengatkan bahwa Indonesia memiliki daerah perairan yang cukup luas disertai curah hujan tinggi, pemanfaatan energi kinetik air dapat di aplikasikan dengan turbin air [1]. Energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis dan menghasilkan gerakan untuk memutar roda turbin dan di transfer untuk memutar generator. Rancangan *microhydro* memerlukan ketinggian air yang lebih rendah dan debit air kecil. Ketinggian jatuh air sangat berperan untuk meningkatkan daya dan efisiensi turbin. Semakin tinggi ketinggian air yang menggerakkan turbin, semakin tinggi energi potensial untuk memutar turbin. Hal ini membuat turbin dengan ketinggian jatuh air yang tinggi dan debit air sedang, kurang sesuai untuk diaplikasikan pada ketinggian jatuh air yang rendah dan debit air lebih kecil.

Beberapa peneliti terdahulu diantaranya Laksmana dkk., (2018), melakukan penelitian pada pengaruh sudut turbin air *crossflow* tingkat 2 terhadap putaran daya, pengaplikasian turbin air *crossflow* dapat mempengaruhi aliran turbin tingkat 1 sudut 40° menghasilkan putaran paling tinggi dan daya yang besar [2]. Suropto dkk., (2020) melakukan optimasi perancangan turbin *crossflow* terhadap sudut masuk *blade runner* untuk *microhydro power plant* dengan analisis CFD. Untuk efisiensi maksimum maka sudut masuk turbin harus dirubah pada sudut 30° menghasilkan daya sebesar 45,3 kW [3]. Nadhief. dkk., (2019) melakukan eksperimen pengaruh variasi sudut *blade arc* terhadap performa *savonius horizontal axis water turbine* tipe L. Sudut *blade arc* 135° memiliki daya paling besar lalu akan menurun ketika turbin dengan sudut *blade arc* 120° dan *blade arc* 150° dikarenakan putaran turbin menurun [4]. Karim. dkk., (2021) melakukan studi kemiringan sudut *blade* dan *head* turbin *archimedes screw* terhadap daya pada generator AC 1 *phase* 3 kw. Turbin *archimedes screw* paling efisien menggunakan sudut 28° sedangkan untuk kemiringan *head* paling efisien pada 40° [5]. Suyanta. dkk., (2018), melakukan riset potensi dan pemanfaatan debit air sungai untuk PLTMH menggunakan turbin sudu bersirip, kincir air yang bersirip mempunyai putaran dua kali lebih cepat dibanding turbin air yang bersirip tetap [6].

Pada penelitian ini kami bereksperimen menggunakan *contra-rotating small hydro turbine*, penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan perubahan variasi besar sudut *angle of attack* yang berbeda-beda pada sudu turbin, dari perumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut *blade* terhadap kecepatan putaran (rpm) *contra-rotating small hydro*, daya, torsi yang dihasilkan *contra-rotatingsmall hydro* dan efisiensi *small hydro turbine*.

2. MATERI DAN METODE

Prinsip teori dasar yang berkaitan dengan *contra rotating small hydro turbine*. (Ding Nan, 2018) yaitu desain konsep, rancang bangun *prototype* turbin, variasi ferajat sudut *blade* turbin, perhitungan dan olah data [7]. Pengambilan data dilakukan pada beberapa variasi derajat sudu dari turbin *contra rotating* dan dilakukannya setelah melakukan pengujian dan dikaji kembali melalui berbagai perhitungan dan pengolahan data. Setelah memperoleh data yang dibutuhkan maka dilakukannya analisa agar dapat memperoleh kesimpulan [8]. Data yang dibutuhkan di olah kembali dengan dipadukan dasar teori yang terkait dengan *contra rotating* turbin. Proses analisa turbin persamaan - persamaan yang berkaitan dengan penelitian ini sebagaimana penelitian-penelitian yang lain dengan persamaan sebagai berikut :

Debit adalah volume air yang mengalir dalam satuan waktu tertentu, dalam sistem satuan SI (satuan Internasional) besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/s).

$$Q = V \cdot A \quad (1)$$

$$A = \pi r^2 \quad (2)$$

dimana :

$$Q = \text{Debit (m}^3/\text{s)}$$

$$V = \text{Velocity (m/s)}$$

$$A = \text{Luas Penampang (m}^2\text{)}$$

Massa Jenis atau densitas atau rapatan adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda, semakin tinggi massa jenis suatu benda, semakin besar pula massa volumenya.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3)$$

dimana :

$$\rho = \text{massa jenis (kg/m}^3\text{)}$$

$$m = \text{m assa (kg)}$$

$$v = \text{volume (m}^3\text{)}$$

Laju Aliran Massa adalah massa suatu substansi yang mengalir per satuan waktu, dalam fisika dan rekayasa satuan SInya yaitu kilogram per secon.

$$\dot{m} = \frac{m}{s} \quad (4)$$

dimana :

$$\dot{m} = \text{Laju Aliran Massa (Kg/s)}$$

$$m = \text{Massa (Kg)}$$

$$s = \text{Waktu (s)}$$

Daya Turbin, adalah tenaga yang dihasilkan dari turbin yang memiliki fungsi

sebagai pembangkit listrik, dimana turbin kinetik ini memanfaatkan kecepatan laju aliran massa air.

$$P = \tau \cdot \omega \quad (5)$$

$$\tau = F \cdot g \cdot b \quad (6)$$

dimana :

$$P = \text{Daya Turbin (Kwatt)} \quad \tau = \text{Torsi (N.m)}$$

$$\omega = \text{Omega (rad/s}^2\text{)} \quad F = \text{Gaya Pembebanan (kg)}$$

$$g = \text{Gravitasi (m/s}^2\text{)} \quad b = \text{Panjang Lengan (m)}$$

Daya Generator adalah tenaga untuk menggerakkan generator listrik untuk menghasilkan energi listrik dari sumber energi mekanik dari daya turbin

$$P_g = v \cdot i \quad (7)$$

dimana :

$$P_g = \text{Daya Generator (Kilowatt)}$$

$$v = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$i = \text{Kuat Arus (Ampere)}$$

Efisiensi Turbin, secara umum yang dimaksud efisiensi turbin adalah kemampuan turbin untuk merubah energi panas uap menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator.

$$\eta = \frac{P_g}{P_t} \cdot 100\% \quad (8)$$

dimana :

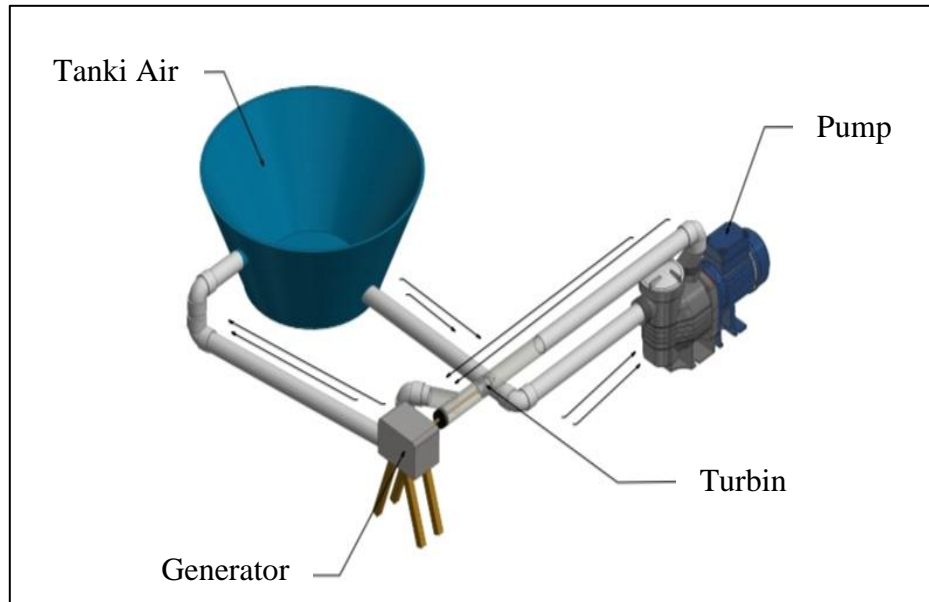
$$\eta = \text{Efisiensi (\%)}$$

$$P_g = \text{Daya Generator (watt)}$$

$$P_t = \text{Daya Turbin (watt)}$$

Prinsip kerja *contra rotating small hydro turbine, contra rotating turbine* adalah sebuah turbin yang memiliki sudu dibagian depan dan belakang atau termasuk sebagai sudu 2 *stage*. Arah dari kedua sudu turbin ini memusat satu sama lain dimana maksud dari memusat ini adalah bertemu pada titik tengah turbin. Turbin ini termasuk jenis turbin reaksi namun turbin ini masih banyak melalui perkembangan dikarenakan memiliki bentuk turbin yang lain dari turbin reaksi pada umumnya [9]. Prinsip kerja *contra rotating* ini sama halnya dengan turbin reaksi lainnya namun perbedaannya terletak pada terkenanya tekanan aliran *fluida* pada turbin. Skema kerja alat ini hanya berpacu pada pipa yang disambung dari penampung air menuju ke penampung air. Terbukanya katup alat ini akan meneruskan air menuju sisi *suction* pompa di mana pompa akan meneruskan *fluida* dari *suction* untuk dikeluarkan melalui sisi *discharge* dan meneruskan *fluida* menuju tempat *test* unit. Setelah adanya *fluida* yang masuk pada pipa sisi *test* unit *fluida* akan memberikan gaya angkat ke samping untuk menggerakkan

turbin pada *test* unit. Pergerakan turbin mengakibatkan berputarnya poros pada elbow sisi *test* unit dan memutar dinamo DC [10]. Perputaran poros menggerakkan dinamo DC dan mengakibatkan terjadinya konversi energi di mana berputarnya dinamo DC menghasilkan energi listrik



Gambar 1. Skema kerja pada eksperimen prototype turbin air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini didapatkan data dengan perubahan sudut pada turbin dengan model sudut *contra rotating* dengan data tersebut didapatkan melalui perhitungan maupun secara pengukuran dengan alat ukur.

1. Pengaruh Variasi Sudu Terhadap Kecepatan Putar dan Torsi.

Pengambilan data kecepatan putar diambil dengan menggunakan alat ukur Tachometer dengan variasi sudut yang berbeda-beda dan pengambilan hasil torsi dapat diperoleh dengan sistem pengereman, dimana pengereman dilakukan dengan cara pembebanan pada poros turbin.

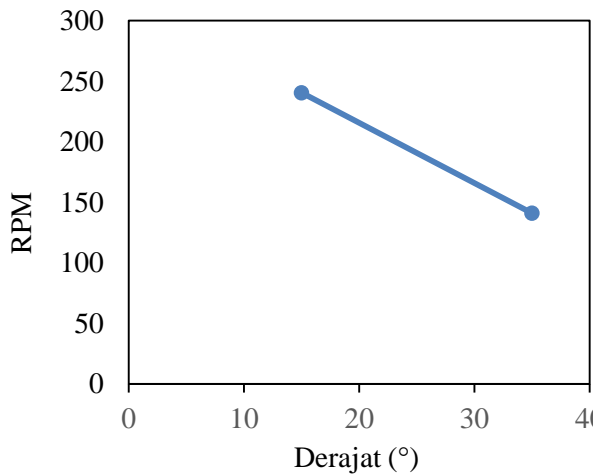
Tabel 1. Pengaruh variasi sudut terhadap kecepatan putar

Variasi Sudu (°)	Debit Air (L/s)	Kecepatan (RPM)
15	14	240,3
35	14	140,8

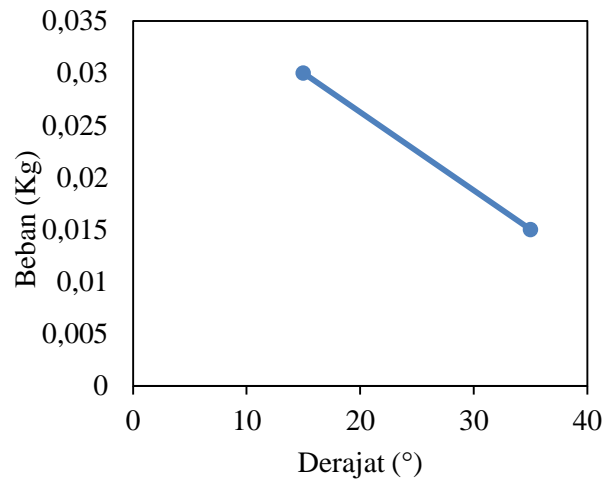
Tabel 2. Pengaruh derajat sudut terhadap torsi

Variasi Sudu (°)	Beban (kg)	Torsi (N.m)
15	0,030	0,02058
35	0,015	0,01029

Tabel 1 dan Tabel 2 diatas didapatkan grafik pengaruh variasi sudut terhadap kecepatan putar dan pengaruh derajat sudut turbin terhadap torsi didapatkan grafik sebagai berikut.



Gambar 2. Grafik Variasi Sudu Terhadap Kecepatan Putar



Gambar 3. Grafik Variasi Sudu Terhadap Torsi

Gambar 2 dan 3 menunjukkan kecepatan putar pada poros turbin *contra-rotating* dan torsi juga menurun, hal ini dikarenakan tinggi nilai derajat kemiringan sudu turbin mempengaruhi pada banyaknya aliran di sela-sela sudu, sehingga semakin besar derajat sudu turbin semakin besar cela yang dialiri *fluida*, artinya semakin banyak fluida yang tidak menabrak permukaan sudu mengakibatkan energi yang terbawa oleh air tidak dimanfaatkan secara optimal.

2. Pengaruh Variasi Sudu Terhadap Daya Turbin dan Daya Generator

Hasil perhitungan daya turbin dan daya generator menggunakan persamaan 5 dan persamaan 7 sebagaimana ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

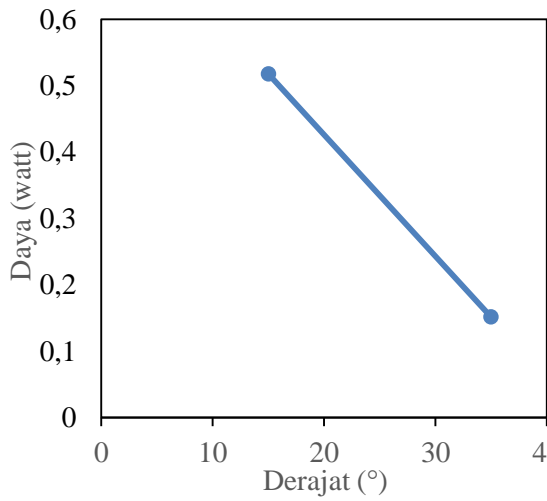
Tabel 3. Pengaruh Derajat Sudu Terhadap Daya Turbin

Variasi Derajat (°)	Daya Turbin (watt)
15	0,5176
35	0,1516

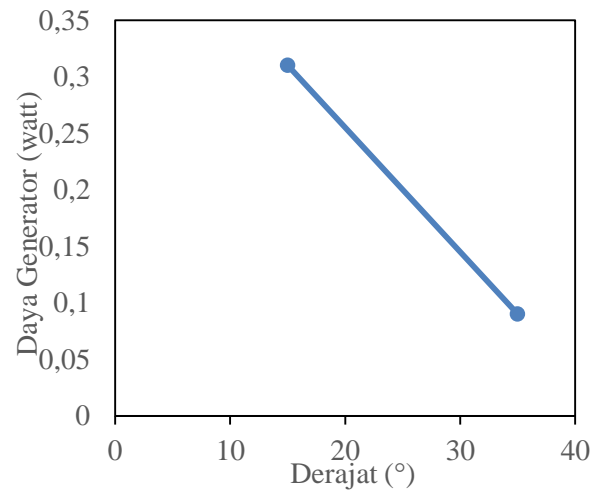
Tabel 4. Pengaruh Sudu Turbin Terhadap Daya Generator

Variasi Derajat (°)	Daya Generator (watt)
15	0,31
35	0,09

Dari Tabel 3 dan Tabel 4 dapat diketahui bahwa pengaruh derajat sudu turbin mempengaruhi daya turbin, semakin tinggi derajat sudu turbin semakin kecil pula torsi, kecepatan putar dan semakin kecil pula daya generator sebagaimana yang terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 sebagai berikut :

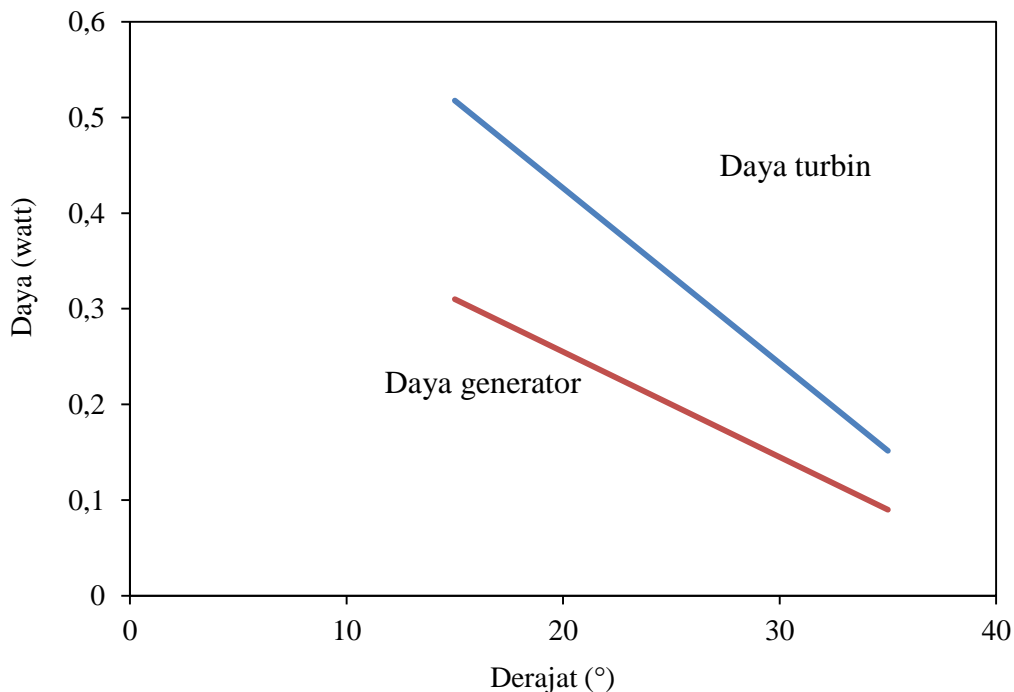


Gambar 4. Grafik Pengaruh Variasi Sudu Terhadap Daya Turbin



Gambar 5. Grafik Pengaruh Variasi Sudu Turbin Terhadap Daya Generator

Dari hasil pengamatan didapatkan, bahwa pengukuran daya generator menggunakan AVO-meter [11], variasi sudu turbin menunjukkan daya generator lebih kecil dibanding daya turbin sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 6 sebagai berikut.



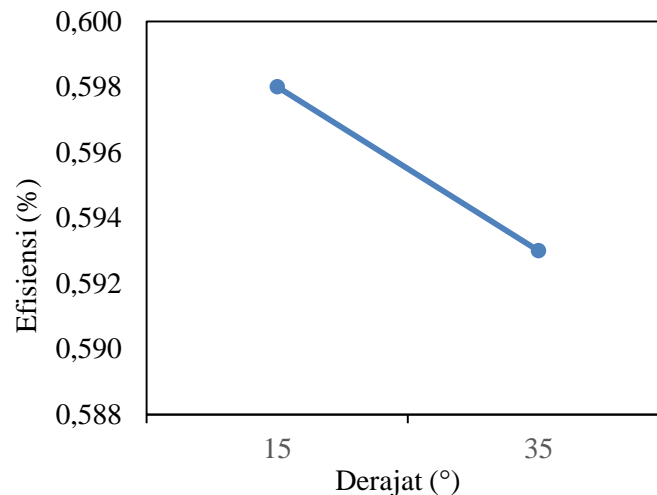
Gambar 6. Grafik Perbandingan Daya Turbin Dengan Daya Generator

3. Pengaruh Perubahan Sudut Blade Terhadap Efisiensi Turbin

Variasi sudut blade terhadap efisiensi turbin, dimana efisiensi turbin pada alat uji eksperimen ini berpengaruh karena perubahan sudut blade, dari Tabel 5 dan Gambar 7 menunjukkan semakin tinggi derajat sudu berpengaruh pada efisiensi turbin sebagaimana berikut :

Tabel 5. Pengaruh Sudu Turbin Terhadap Efisiensi Turbin

Variasi Derajat (°)	Efisiensi Turbin (%)
15	0,598
35	0,593



Gambar 7. Grafik Pengaruh Sudu Turbin Terhadap Efisiensi Turbin

4. KESIMPULAN

$$P(N_{ij} = n_{ij}) = P(n_{ij}) = \frac{\exp(-t_{ij}) t_{ij}^{n_{ij}}}{n_{ij}!}$$

Dari hasil pengambilan data dimana variasi

sudu 15 derajat menghasilkan kecepatan putar 240,3 rpm dan sedangkan variasi sudu 35 derajat adalah menghasilkan 140,3 rpm. Maka, tinggi rendahnya putaran turbin berpengaruh terhadap kemiringan derajat pada sudu *small contra-rotating turbine* dikarenakan putaran yang dihasilkan turbin semakin menurun sebab dari *desaign* kemiringan derajat mempengaruhi kecepatan putar turbin.

Pengaruh derajat sudu turbin terhadap torsi di variasi sudu 15 derajat beban torsinya 0,02058 Nm sedangkan divariasi sudu 35 derajat 0,01029 N.m. maka, variasi sudu 15 derajat dan 35 derajat turbin dengan diameter sama mempengaruhi torsi yang bisa dicapai oleh kekuatan putar turbin *small contra-rotating* dikarenakan kemiringan tersebut semakin membuka celah bagi *fluida* untuk lewat. Dan pada hasilnya kekuatan gaya angkat turbin semakin menurun pula pengaruh terhadap daya semakin menurun akibat torsi yang semakin kecil. Variasi sudut pada *small contra-rotating turbine* berpengaruh terhadap efisiensi dimana efisiensi pada turbin untuk variasi sudu 15 derajat adalah 0,598 % sedangkan pada variasi sudu 35 derajat yaitu 0,593 %. semakin besar derajat sudu turbin semakin menurunkan efisiensi pada turbin.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haryudo, Agus Nurdianto, dan Subuh Isnur. (2020). *Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius*. Jurnal Teknik Elektro, No. 09 : 171.
- [2] Laksmana, Satria Candra, A'rasy Fahrudin, dan Ali Akbar. (2018). *Pengaruh Sudut Pengarah Aliran pada Turbin Air Crossflow tingkat Dua Terhadap Putaran dan Daya*. R.E.M.(Rekayasa Energi Manufaktur): Vol 3. No 1.
- [3] Suripto, Heri, Saiful Anwar, dan Aprizal. (2020). *Optimasi Perancangan Turbin Crossflow Terhadap Sudut Masuk Blade Runner untuk Micro Hydro Power Plant dengan Analisis CFD*. ROTASI, Vol. 22. No 1. Hal. 48-54
- [4] Nadhief, Muhammad Ilham, Syamsul Hadi, dan Dominicius Danardono Dwi Prija Tjahjana. (2019). *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Blade ARC Terhadap Performa Savonius Horizontal Axis Water Turbine Tipe L Pada Aliran Dalam Pipa*. Majalah Ilmiah Mekanika (Mekanika), Vol. 18. No 2. 35-38.
- [5] Karim, Muhammad Wildan Nur, Mahendra Widyartono, Aditya Chandra Hermawan, dan Subuh Isnur Haryudo. (2021). *Kajian Kemiringan Blade Dan Head Turbin Archimedes Screw Terhadap Daya Keluaran Generator AC 1 Phase 3 Kw*. Jurnal Teknik Elektro, Vol 10. No 21 : 219-228.
- [6] Suyanta, Etik Puspitasari, dan Maskuri. (2018). *Studi Potensi Dan Pemanfaatan Aliran Air Sungai Untuk PLTMH Menggunakan Kincir Sudu Bersirip*. Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana, No. 12 : 32-39.
- [7] Nan, Ding, Toru Shigemitsu, dan Shengdun Zhao. (2018). *Investigation and Analysis of Attack Angle and Rear Flow Condition of Contra-Rotating Small Hydro-Turbine*. Energies : Vol. 11 (7), 1806
- [8] Gandhini, Karunia Sari (2021) *Studi Eksperimen Kinerja Turbin Angin Savonius Yang Terintegrasi Dengan Gedung "Studi Kasus Untuk Sudu Advancing Dekat Dinding Gedung Pada Jarak $G/D = 1,4558$ Dan Dengan Kecepatan Angin 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 (m/s)"*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] Lillahulhaq, Zainal, dan Vadil Saputra Djanali. (2019). "Unsteady Simulations of Savonius And Icewind Turbine Blade Design Using Fluid-Structure Interaction Method." *AIPConference Proceedings*. Vol 2228, Issue 1.10.1063/5.0000898
- [10] Saputra, Odi Angga. (2018). *Analisa Pengaruh Diameter Sudu Pengarah Dan Debit Aliran Air Terhadap Performa Turbin Kaplan*. Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- [11] Yani. (2017). *Rancang Bangun Alat Praktikum Turbin Air Dengan Pengujian Bentuk Sudu Terhadap Torsi Dan Daya Turbin Yang Dihasilkan*. Jurnal Program Studi TeknikMesin (Turbo) Vol 6, No 1.