

ANALISA KINCIR AIR UNDERSOT MENGGUNAKAN SUDU SETENGAH SILINDER DENGAN JUMLAH SUDU 5, 7 DAN 9

Erwin Aditia¹, A. Kurniawan²

Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Raya Karanglo KM 2, Tasik Madu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang.

65143 Telp : (0341)4176363, Fax : (0341) 4176363

Email : yohanes@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Turbin Air merupakan jenis mesin konversi yang memanfaatkan laju aliran air menjadi energi mekanik berupa gerak kincir air yang di teruskan pada sebuah proses dan menghasilkan gerak putar dan untuk di trasnmisikan dengan menggunakan gear bok agar mendapatkan torsi yang maksimal agar dapat memutar turbin sesuai dengan rps yang di butuhkan agar dapat menghasilkan sebuah aliran listrik. Turbin air sendiri memiliki banyak jenis salah satunya yaitu turbin air jenis undershot yang dimana turbin ini bekerja apabila air yang mengalir menghantam dinding bawah sudu yang terletak pada bagian bawah Turbin Air. Kemudian setelah pengolahan data maka dilakukan pembahasan data untuk mengetahui hasil Analisa sudu turbin air undershot. Berdasarkan hasil penelitian maka Hasil data dari karakteristik turbin air jenis undershot turbin air yang paling optimal di dapatkan pada turbin dengan menggunakan jumlah sudu yaitu 9 dengan nilai putaran yang dihasilkan putaran poros sebesar 21,689 rpm, lalu daya yang dihasilkan sebesar 1,808 Hp, torsi yang dihasilkan sebesar 1,0589 Nm dan daya turbin sebesar 0,367 Hp lalu efisiensi yang dihasilkan yaitu sebesar 12,613. Besar nilai dari kincir air undershot dengan menggunakan 9 sudu dipengaruhi oleh laju aliran air yang dimana laju dari aliran air lebih sering menabrak dinding dari sudu sehingga putaran dari rotor semakin cepat ini berhubungan dengan semakin cepat rotor berputar maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh kincir air undershot.

Kata Kunci : Variasi Jumlah Sudu, Efisiensi, Turbin Air

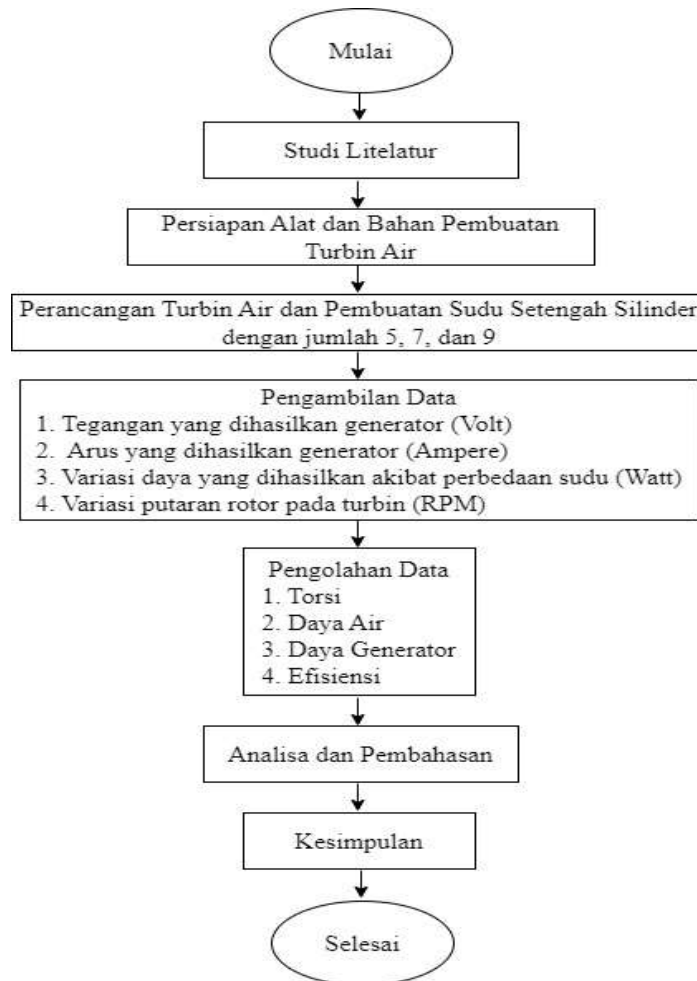
I. PENDAHULUAN

Industry hampir sepenuhnya bergantung pada bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi dan sedang dilakukan untuk mengeksplorasi penggunaan sumber daya energi terbarukan bila diizinkan Ketika bahan bakar fosil digunakan untuk menghasilkan energi, rumah tangga dan industry menghadapi masalah besar dalam memulihkan tagihan konsumsi energi.

Turbin Air merupakan jenis mesin konversi yang memanfaatkan laju aliran air menjadi energi mekanik berupa gerak kincir air yang di teruskan pada sebuah proses dan menghasilkan gerak putar dan untuk di trasnmisikan dengan menggunakan gear bok agar mendapatkan torsi yang maksimal agar dapat memutar turbin sesuai dengan rps yang di butuhkan agar dapat menghasilkan sebuah aliran listrik.

II. METODE PENELITIAN

❖ Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian
Sumber : Erwin Aditia, 2023.

Metode penelitian ini yang dilakukan adalah metode ekspremental nyata (true expremental research). Eksprimen dilakukan melalui sebuah proses pembuatan Turbin air model undershot dengan Analisa dua arah, dengan variabel Bebas, Terikat,dan Terkontrol.

Variabel Bebas

1. Variabel bebas adalah variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Besar dari variabel bebas dapat di kita tentukan, variabel bebas dalam penelitian ini adalah bentuk sudu setengah silinder dengan jumlah sudu 5, 7 dan 9.

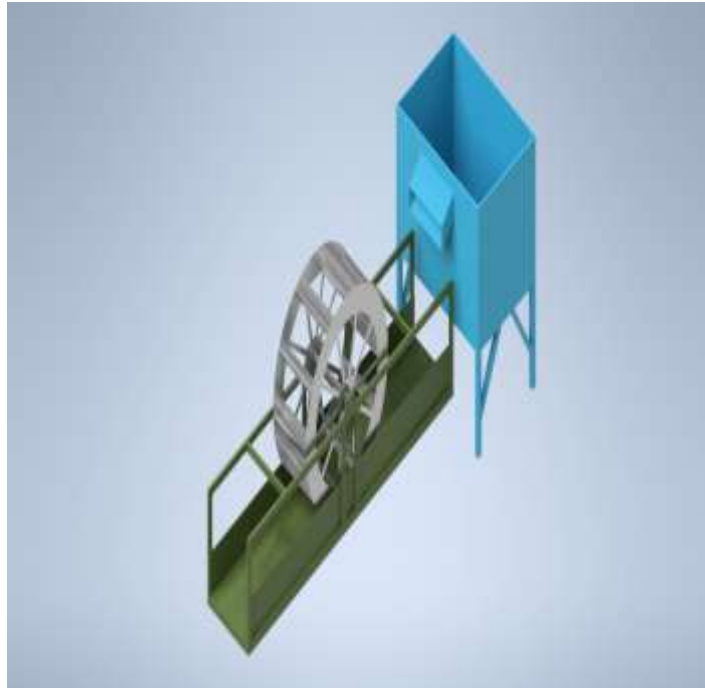
2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel dengan besar nilai tergantung dari nilai variabel terikat, variabel terikat diketahui setelah penelitian dilakukan. Penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah debit air, rpm Turbin air, dan daya listrik yang di hasilkan.

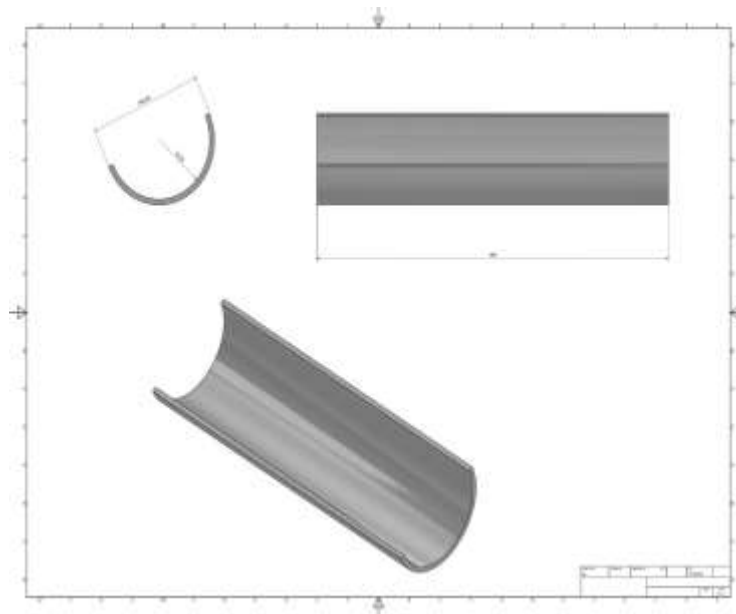
3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah sebuah variabel yang besarnya dapat diketahui atau di tentukan sebelum melaksanakan penelitian dan nilainya dijaga tetap selama pengujian berlangsung.

ANALISA TURBIN AIR UNDERSHOT MENGGUNAKAN SUDU SETENGAH SILINDER DENGAN JUMLAH SUDU 5, 7, DAN 9



Gambar 2. Desain Turbin Air Undershot
Sumber : Erwin Aditia, 2023.



Gambar 3. Desain Sudu Setengah Silinder
Sumber : Erwin Aditia, 2023.

❖ Alat dan Bahan

1. Alat
 - Mesin Las
 - Prony Break
 - Generator
 - Meteran
 - Gerinda
 - Flowmeter

- Avometer
- Mesin Bor Tangan
- Pompa Air
- Tachometer
- Kunci pas, ring dan obeng
- Selang Sepiral

2. Bahan

- Pelat Galvanis
- Baja Siku
- Poros
- Bearing
- Baut, Ring dan Mur
- Pulley
- Belt
- Pelat Besi
- Akrilik
- Sealant

Rumus Yang Digunakan

1. Kecepatan Air

$$v = \frac{s}{t} (m/s)$$

Dimana:

v = kecepatan air

s = jarak (meter)

t = waktu (detik)

(Wiludjeng, 2017)

2. Debit Air

$$Q = v \times a \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

Dimana :

Q = Debit air (m^3/s)

V = kecepatan air (m/s)

A = luas penampang aliran air (m^2)

(Wibowo, 2007)

ANALISA TURBIN AIR UNDERSHOT MENGGUNAKAN SUDU SETENGAH SILINDER DENGAN JUMLAH SUDU 5, 7, DAN 9

3. Kecepatan Putar

$$n = \frac{60v}{\pi d} \text{ (rpm)}$$

Dimana :

v = kecepatan air yang mengalir (m/s)

d = diameter Turbin air (m)

4. Torsi

$$T = F \times r$$

Dimana :

T = Torsi Turbin (Nm)

F = gaya (n)

r = Jari-jari Turbin (m)

5. Daya Air

$$P_{\text{air}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

Dimana :

ρ = densitas air (Kg/m^3)

A = Luas (m^2)

6. Daya Turbin

$$P_{\text{Turbin}} = T \times \left(\frac{\pi n}{30}\right) \text{ (watt)}$$

T = Torsi

n = Putaran Turbin (rpm)

7. Daya Listrik

$$P_e = v \times I \text{ (watt)}$$

Dimana :

P_e = Daya listrik (watt)

V = tegangan (V)

I = Arus (A)

8. Efisiensi

$$n = \frac{P_{\text{kincir}}}{P_{\text{air}}} \cdot 100\%$$

Dimana :

n = Efisiensi (%)

P_{Turbin} = Daya Turbin (Watt)

P_{air} = Daya air (Watt)

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Data Pengujian Turbin Undershot Menggunakan Jumlah Sudu 5

NO	Flowrate (L/min)	Rotary Speed (rpm)	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
1	0	0	0	0	0
2	7.65	12.08	2.92	0.19	0.54
3	11.75	13.69	3.51	0.11	0.39
4	12.83	14.03	3.44	0.26	0.89
5	14.58	14.75	3.76	0.11	0.42
6	14.06	14.55	3.37	0.11	0.37
7	19.03	14.63	3.59	0.11	0.34
8	18.12	14.71	3.54	0.11	0.39
9	18.66	15.02	2.99	0.11	0.33
10	18.14	15.35	3.12	0.11	0.35
Rata- Rata	13.482	12.881	3.024	0.122	0.402

Sumber : Erwin Aditia, 2023

Pada table diatas menjelaskan bahwa karakteristik dari banyaknya sudu yang digunakan dapat berpengaruh terhadap putaran poros pada Turbin air, Turbin air yang menggunakan 5 sudu rata-rata rpm 12,881, serta daya yang dihasilkan sebesar 0,402, diuji 10 kali dengan waktu 10 menit dengan pembebanan di dapat nilai sebesar 2,605 kg. Alat pengukur menggunakan alat ukur yang sudah sediakan dalam bentuk alat monitoring yang sudah terhubung ke berbagai alat ukur seperti tachometer untuk mengukur RPM, Flowmeter dan juga alat ini mengukur Volt, Ampere, dan Watt yang nilainya di tampilkan dalam LCD pada alat Monitoring.

Bila melihat dari penelitian terdahulu seperti Benyamin, 2018 tentang pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin akan adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai daya, rpm, voltage, current/ampere. Lalu dalam pengujian penelitian ini sudu dengan jumlah 5 paling kecil dari jumlah 7, dan 9 jadi bisa disimpulkan pada penelitian ini sudah sesuai dengan mendapat nilai power sebesar 0,402 Hp, Putaran Poros dengan nilai 14,312 rpm, voltage dengan nilai 3,024 V, Curret 0,122 A ini lebih kecil dibandingkan dengan jumlah sudu 7, dan 9.

Untuk nilai flowrate disini mendpaat nilai rata-rata yang lebih besar daripada jumlah sudu 7, dan 9 dengan niali 13,483 dikarenakan dalam pengujian flowrate yang di pasang sudah stabil tanpa adanya gangguan.

ANALISA TURBIN AIR UNDERSHOT MENGGUNAKAN SUDU SETENGAH SILINDER DENGAN JUMLAH SUDU 5, 7, DAN 9

Tabel 2. Hasil Data Pengujian Turbin Undershot Menggunakan Jumlah Sudu 7

NO	Flowrate (L/min)	Rotary Speed (rpm)	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
1	0	0	0	0	0
2	15.16	14.21	3.17	0.04	0.12
3	13.19	14.67	3.39	0.04	0.13
4	13.8	17.12	4.06	0.19	0.75
5	13.16	16.47	3.74	0.11	0.42
6	12.87	15.05	3.66	0.19	0.68
7	13.01	17.32	3.64	0.26	0.94
8	14.05	17.11	3.84	0.11	0.43
9	14.53	17.48	4.19	0.26	1.09
10	14.08	17.79	3.84	0.19	0.71
Rata - Rata	12.385	14.722	3.353	0.139	0.527

Sumber : Erwin Aditia, 2023

Pada table diatas menjelaskan bahwa karakteristik dari banyaknya sudu yang digunakan dapat berpengaruh terhadap putaran poros pada Turbin air, Turbin air yang menggunakan 9 sudu rata-rata rpm 21,689 serta daya yang dihasilkan sebesar 1,808, diuji 10 kali dengan waktu 10 menit dengan pembebanan di dapat nilai sebesar 1,665 kg dengan Tinggi H 50cm. Alat pengukur menggunakan alat ukur yang sudah sediakan dalam bentuk alat monitoring yang sudah terhubung ke berbagai alat ukur seperti tachometer untuk mengukur RPM, Flowmeter dan juga alat ini mengukur Volt, Ampere, dan Watt yang nilainya di tampilkan dalam LCD pada alat monitoring.

Bila melihat dari penelitian terdahulu seperti Benyamin, 2018 tentang pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin akan adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai daya, rpm, voltage, current/ampere. Lalu dalam pengujian penelitian ini sudu dengan jumlah 7 mendapat nilai lebih dari jumlah sudu 5, jadi bisa disimpulkan pada penelitian ini sudah sesuai dengan mendapat nilai power sebesar 0,527 Hp, Putaran Poros dengan nilai 14,722 rpm, voltage dengan nilai 3,353 V, Curret 0,139 A ini lebih besar dibandingkan dengan jumlah sudu 5.

Untuk nilai flowrate disini mulai terjadi penurunan dibandingkan dengan menggunakan sudu 5 mendapat nilai rata-rata yang lebih besar dengan nilai 12,385 dikarenakan dalam pengujian flowrate yang di pasang terjadi pergeseran dari sebelumnya dan volume dari air penampungan adanya kebocoran mengakibatkan tekanan dari pompa berkurang.

Table 3 Hasil Data Pengujian Turbin Undershot Menggunakan Jumlah Sudu 9

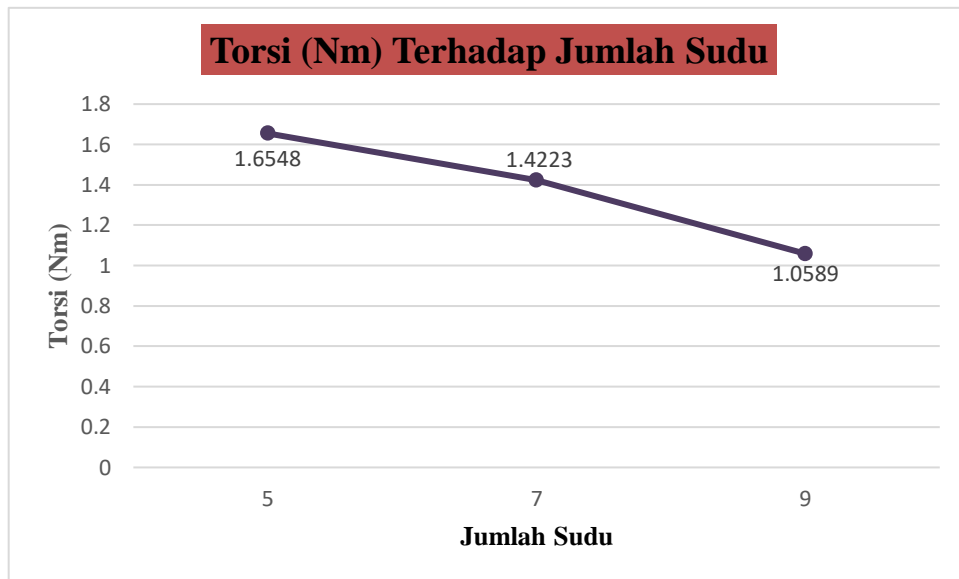
NO	Flowrate (L/min)	Rotary Speed (rpm)	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
1	0	0	0	0	0
2	14.67	24.46	4.44	0.41	1.81
3	14.06	20.73	3.74	0.33	1.25
4	8.49	24.55	4.44	0.41	1.81
5	20.19	22.51	4.91	0.33	1.64
6	17.43	23.45	4.39	0.48	2.11
7	13.44	24.39	5.38	0.41	2.19
8	11.89	25.78	5.81	0.63	3.66
9	11.14	25.54	5.53	0.26	1.43
10	14.82	25.48	5.36	0.41	2.18
Rata - Rata	12.613	21.689	4.4	0.367	1.808

Sumber : Erwin Aditia, 2023

Pada table diatas menjelaskan bahwa karakteristik dari banyaknya sudu yang digunakan dapat berpengaruh terhadap putaran poros pada Turbin air, Turbin air yang menggunakan 9 sudu rata-rata rpm 21,689 serta daya yang dihasilkan sebesar 1,808, diuji 10 kali dengan waktu 10 menit dengan pembebanan di dapat nilai sebesar 1,665 kg dengan Tinggi H 50cm. Alat pengukur menggunakan alat ukur yang sudah sediakan dalam bentuk alat monitoring yang sudah terhubung ke berbagai alat ukur seperti tachometer untuk mengukur RPM, Flowmeter dan juga alat ini mengukur Volt, Ampere, dan Watt yang nilainya di tampilkan dalam LCD pada alat monitoring.

Bila melihat dari penelitian terdahulu seperti Benyamin, 2018 tentang pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin akan adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai daya, rpm, voltage, current/ampere. Lalu dalam pengujian penelitian ini sudu dengan jumlah 5 paling kecil dari jumlah 7, dan 9 jadi bisa disimpulkan pada penelitian ini sudah sesuai dengan mendapat nilai power sebesar 0,402 Hp, Putaran Poros dengan nilai 14,312 rpm, voltage dengan nilai 3,024 V, Curret 0,122 A ini lebih kecil dibandingkan dengan jumlah sudu 7, dan 9.

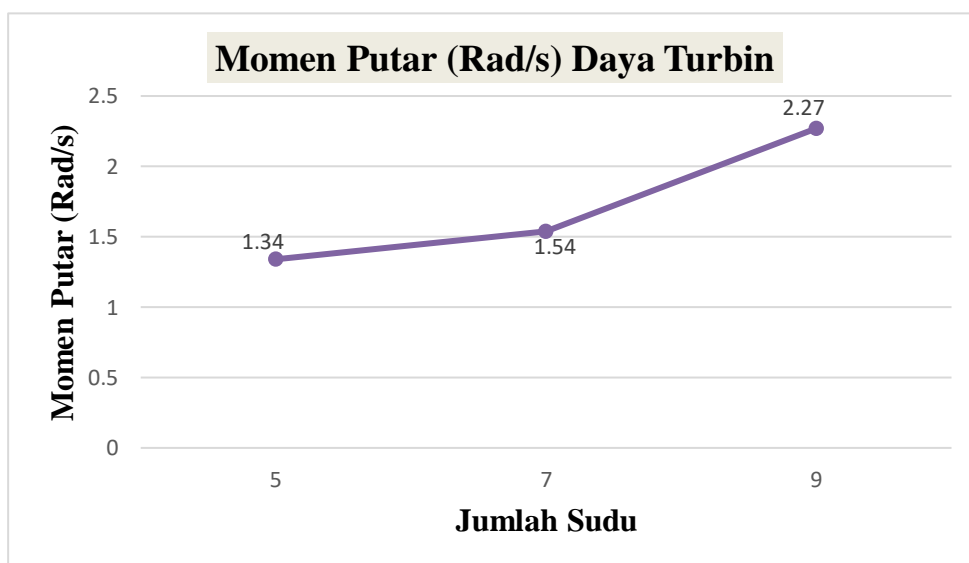
Untuk nilai flowrate disini mendapat nilai rata-rata yang lebih besar daripada jumlah sudu 7, dan 9 dengan niali 13,483 dikarenakan dalam pengujian flowrate yang di pasang sudah stabil tanpa adanya gangguan.



Gambar 4. Grafik Hubungan Pengaruh Torsi Terhadap Jumlah Sudu
Sumber : Erwin Aditia

Dari grafik diatas kita bisa melihat pengaruh dari Torsi (Nm) dengan variasi jumlah sudu yang digunakan yaitu sudu 5 mempunyai nilai paling besar dengan nilai 1,6548 Nm dan untuk jumlah sudu 7 1,4223 Nm sedangkan jumlah sudu menggunakan 9 mempunyai nilai 1,0589 Nm.

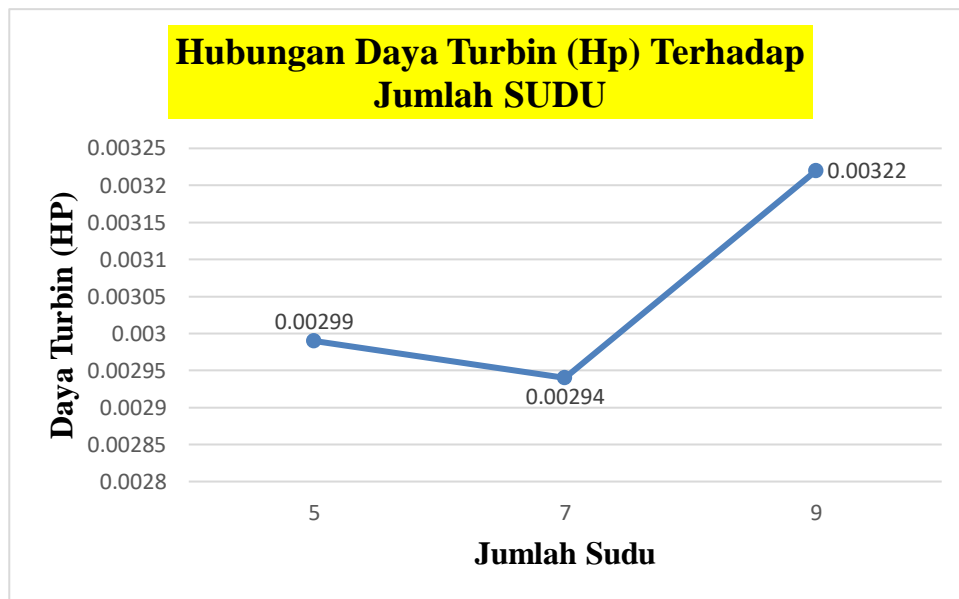
Yang artinya variasi jumlah sudu yang berbeda dapat mempengaruhi Torsi (Nm) yang dihasilkan turbin karena pengaruh dari nilai pembebanan yang di dapatkan dari prony break. Semakin besar nilai prony break maka semakin besar nilai torsi yang didapatkan. Dalam pengujian ini nilai pembebanan dengan menggunakan prony break berpengaruh karena kecilnya jumlah sudu maka besar nilai prony break yang di dapatkan.



Gambar 5. Grafik Hubungan Pengaruh Momen Putar (Rad/s) Terhadap Jumlah Sudu
Sumber : Erwin Aditia, 2023

Pada grafik ini di dapatkan bahwa pengaruh dari variasi sudu terhadap momen putar dengan sudu 5 memiliki hasil momen putar (rad/s) sebesar 1,497 rad/s, untuk sudu 7 memiliki hasil momen putar sebesar 1,540 rad/s dan terakhir pada jumlah sudu 9 memiliki hasil momen putar 2,270 rad/s.

Yang artinya semakin banyak jumlah sudu semakin besar nilai momen putar yang dihasilkan, di karenakan pada momen putar di pengaruhi oleh besar nilai putaran poros (Rpm) yang dihasilkan turbin. Semakin besar nilai putaran poros (Rpm) maka semakin besar nilai momen putar (rad/s) yang dihasilkan.

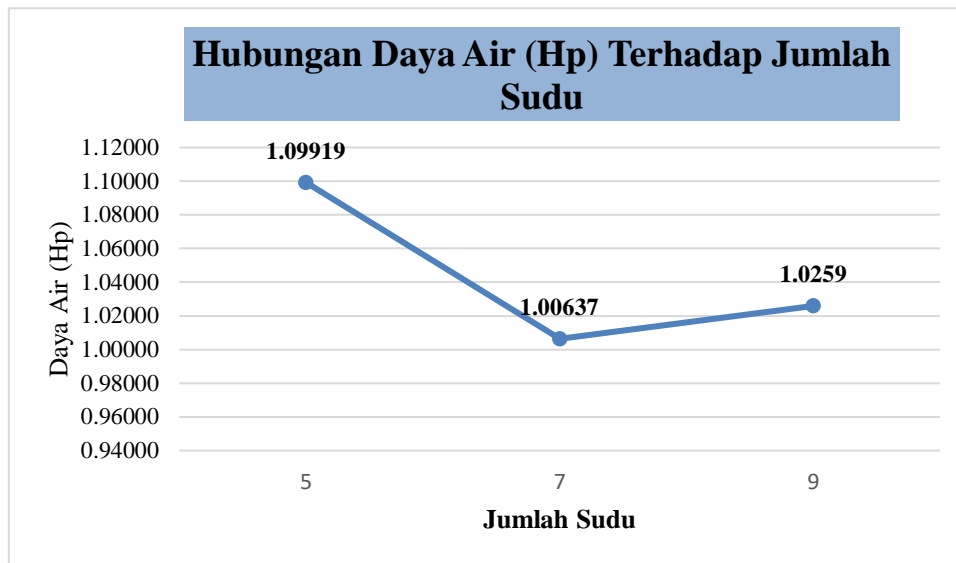


Gambar 6. Grafik hubungan pengaruh daya Turbin (HP) Terhadap Jumlah Sudu

Sumber : Erwin Aditia

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa jumlah sudu mempengaruhi daya turbin yang dihasilkan, bisa dilihat dengan jumlah sudu 5 dengan nilai 0,00332 Hp, untuk jumlah sudu 7 menghasilkan daya turbin dengan nilai 0,00294 Hp, sedangkan pada jumlah sudu 9 menghasilkan daya turbin 0,00322 Hp.

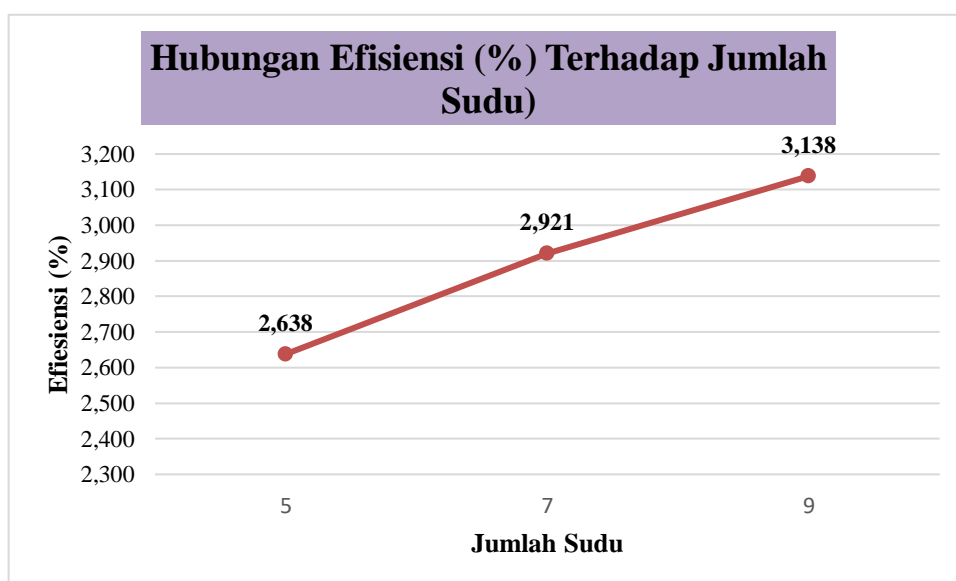
Berdasarkan Teori Benyamin Tangaran, 2019 semakin banyak jumlah sudu maka semakin besar pula daya turbin yang dihasilkan, akan tetapi dalam pengujian ini ada beberapa faktor jumlah sudu 7 nilai menurun dikarenakan melihat dari nilai pembebanan , torsi dan momen putar yang berpengaruh dalam menghasilkan Daya turbin.



Gambar 7. Grafik Hubungan Daya Air (HP) Terhadap Jumlah Sudu
Sumber : Erwin Aditia, 2023

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa variasi jumlah sudu dengan daya air (hp) dapat diketahui turbin air dengan variasi jumlah sudu yang berbeda dapat mempengaruhi daya air yang di dihasilkan, seperti sudu dengan jumlah 5 menghasilkan daya air sebesar 1,09919 Hp, lalu pada sudu dengan jumlah 7 menghasilkan daya air sebesar 1,00637 Hp, Sedangkan pada sudu dengan jumlah 9 menghasilkan daya air sebesar 1,0259 Hp.

Bila melihat teori Sri Widodo, 2018 Semakin banyak jumlah sudu maka semakin besar nilai daya air yang dihasilkan karena jumlah sudu mempengaruhi kinerja turbin air. Dalam pengujian penelitian ini tidak sesuai dikarenakan beberapa faktor yang menyebabkan daya air yang dihasilkan di antaranya terjadinya suatu aliran portek.



Gambar 8. Hubungan Pengaruh Efisiensi (%) Terhadap Jumlah Sudu
Sumber : Erwin Aditia, 2023

Di lihat dari grafik diatas bahwa pengaruh variasi jumlah sudu dapat mempengaruhi efisiensi yang di

hasilkan, seperti pada jumlah sudu 5 menghasilkan 2,638 %, untuk jumlah sudu 7 efisiensi menurun yang menghasilkan nilai efisiensi 2,921% sedangkan pada jumlah sudu 9 efisiensi yang dihasilkan dengan nilai 3, 138%.

Yang berarti jumlah sudu mempengaruhi nilai efisiensi, karena pengaruh dari Daya Air (Pa) dan pengaruh dari nilai daya turbin (Pt). Jika melihat dari teori peneliti terdahulu seperti Mafrudin, 2014 jumlah sudu mempengaruhi nilai efisiensi, semakin banyak jumlah sudu maka semakin besar nilai efisiensi yang dihasilkan. Akan tetapi dalam pengujian penelitian ini ada penurunan pada jumlah sudu 7 yang diakibatkan

IV. Kesimpulan

1. Hasil data dari karakteristik turbin air jenis undershot turbin air yang paling optimal di dapatkan pada turbin dengan menggunakan jumlah sudu yaitu 9 dengan nilai putaran yang dihasilkan putaran poros sebesar 21,689 rpm, lalu daya yang dihasilkan sebesar 1,808 Hp, torsi yang dihasilkan sebesar 1,0589 Nm dan daya turbin sebesar 0,367 Hp lalu efisiensi yang dihasilkan yaitu sebesar 12,613
2. Besar nilai dari Turbin air undershot dengan menggunakan 9 sudu dipengaruhi oleh laju aliran air yang dimana dari laju aliran air lebih sering menabrak dinding dari sudu sehingga putaran dari rotor semakin cepat ini berhubungan dengan semakin cepat rotor berputar maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh Turbin air undershot.
3. Hasil data perhitungan karakteristik dipengaruhi oleh data hasil dari putaran poros dimana semakin besar data yang dihasilkan atau didapatkan maka semakin besar pula data hasil dari putaran poros, ini berhubungan dengan karakteristik turbin air undershot.

Saran

1. Pada proses pengujian Turbin air undershot yang dilakukan untuk sensor flowmeter di buat kan suatu saringan sehingga tidak terjadi penyumbatan kotoran pada flow meter sehingga penelitian dapat dilakukan dengan maksimal tanpa adanya suatu kendala.
2. diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat berguna bagi perkembangan energi alternatif di masa yang akan datang.
3. Setelah adanya penelitian Turbin air undershot dengan menggunakan sudu setengah silinder ini penulis menyampaikan saran kepada peneliti selanjutnya untuk lebih di tingkatkan mengenai ilmu pengembangan pada analisa sudu setengah silinder.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, Wiranto. 2014. Penggerak Mula Turbin. ITB Bandung.
- [2] Arismunandar, Wiranto. (2002). Pengantar Turbin Gas dan Motor propulsi.
- [3] Arismunandar, Wiranto. (2002). Pengantar Turbin Gas dan Motor propulsi.
Bandung : Institut Teknologi Bandung
- [5] Ahmad, R. Y. (2014) ‘Optimalisasi Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Air Berskala Pico Hydro’,
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu
- [6] Bustami, Abdul M. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Pikohidro 1000 VA Dengan Memanfaatkan Pembuangan Air Limbah Pada Gedung Pakarti Center. p- ISSN : 2407 – 1846
- [7] Dietzel, F., Sriyono, Dakso. 1993 Turbin Pompa dan Kompresor. Erlangga. Jakarta.
- [8] Pietersz. R., Soenoko. R., Wahyudi. S., 2013. Pengaruh jumlah sudu terhadap optimalisasi kinerja turbin kinetik roda tunggal.
- [9] Prasetio. B., Chrismianto. D., Iqbal. M. 2015. Analisis pengaruh geometri dan jumlah sudu terhadap performansi wells turbine.
- [10] Ihfazh, N. E. N, Waluyo, dan Syahrial (2013) ‘Penerapan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro dengan Turbin Propeller Open Flume TC 60 dan Generator Sinkron Satu Fasa 100 VA di UPI Bandung’, Jurnal Reka Elkomika, Vol.1 No.4, ISSN 2337-439X.
- [11] R. Fernando. Asral. Kaji Eksperimental Turbin Air Tipe Undershot Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air Dipasang Secara Seri Pada Saluran Irigasi. Jom FTEKNIK Volume 4 No. 2 Oktober 2017.
- [12] Widodo, S., Suharno, K., Mujiarto, S., & Rasyidi, N. R. (2018). Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Terhadap Daya Yang Dihasilkan. Journal of Mechanical Engineering, 2(2).
- [13] Buku, A., Tangaran, B., Calvin, H., & Tiyow. (2019). Analisis Variasi Jumlah Sudu Pada Kincir Air Arus Bawah Sebagai Tenaga Irigasi Skala Laboraturium. Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat, 2019, 204–209.
- [14] Kristanto, B. (2016). Analisa pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin kinetik tipe poros vertikal. Artikel Skripsi Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- [15] Muliawan, A., & Yani, A. (2017). Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner. Sainstek: Jurnal Sains Dan Teknologi, 8(1).
- [16] Haryanto, Agus. 2017. Energi Terbarukan. Penerbit Innosain.

- [17] Efruit. A. Z, Ali K. Perancangan Turbin Cross Flow Sudu Bambu Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro Kapasitas 200 Watt. Jurnal ilmiah ISBN : 978-602-98569-1-0