

Analisa Turbin Air Tipe Undershot Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Variasi Sudut Sudu $45^{\circ}, 50^{\circ}, 55^{\circ}, 60^{\circ}$

Nugroho Dicky Wahyu A^{1,*}, Djoko Hari P¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Sudut Sudu
Turbin Undershot
Pikohidro

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro merupakan pembangkit listrik yang mana memanfaatkan energi potensial dari Air (sumber energi) menjadi energi kinetik (melalui generator) dan kemudian menghasilkan listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro sendiri dapat memanfaatkan potensi perubahan tenaga air (*low-head*) dengan ketinggian dan debit tertentu agar menjadi listrik dengan menggunakan turbin dan generator. Turbin air adalah benda berbentuk lingkaran seperti roda sepeda yang berfungsi mengubah aliran air menjadi tenaga gerak putar. Dimana pada aliran air terdapat dua energi yaitu energi potensial (air dari ketinggian) dan energi kinetik. Energi dari aliran air ini akan mendorong sudu-sudu turbin sehingga alat ini berputar pada porosnya. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dapat dipakai untuk menguji hasil dari kemiringan sudut sudu akan digunakan dalam percobaan sebagai perbandingan hasil daya listrik maupun efisiensi turbin undershot. Turbin air tipe *undershot* dengan variasi sudut 45 memiliki daya listrik yang paling besar dengan nilai 4,15 Watt sedangkan paling rendah dengan variasi 60 memiliki daya listrik sebesar 1,84 Watt, lalu pada variasi sudut sudu 50 dan 55 memiliki daya listrik sebesar 3,55 Watt dan 2,45 Watt. Turbin air tipe *undershot* dengan variasi sudut 45 memiliki efisiensi yang paling besar dengan nilai 9,06 % sedangkan paling rendah dengan variasi 60 memiliki efisiensi sebesar 2,58 % , lalu pada variasi sudut sudu 50 dan 55 memiliki efisiensi sebesar 7 % dan 5,97 %.

Nugroho Dicky Wahyu Anggara (email: dickyanggara952@gmail.com)

Diterima: 12 Februari 2024

Disetujui: 25 Oktober 2024

Dipublikasikan: 31 Oktober 2024

1 Pendahuluan

Energi air adalah energi yang telah dimanfaatkan secara luas di Indonesia yang dalam skala besar telah digunakan sebagai pembangkit listrik. Beberapa perusahaan di bidang pertanian bahkan juga memiliki pembangkit listrik sendiri yang bersumber dari energi air. Di masa mendatang untuk pembangunan pedesaan termasuk industri kecil yang jauh dari jaringan listrik nasional, energi yang dibangkitkan melalui sistem mikrohidro dimungkinkanakan tumbuh secara pesat. Turbin air sendiri memiliki banyak jenis salah satunya yaitu turbin air jenis *undershot* yang dimana turbin ini bekerja apabila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah Turbinair. Jenis ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. [1]

Roda air dibuat dengan berbagai bentuk plat. Bentuk plat mangkok (setengah bola) memiliki salah satu nilai koefisien drag tertinggi (1,42), terutama dibandingkan dengan plat lengkung (koefisien drag 0,47). Semakin besar nilai koefisien drag, maka semakin besar kemampuannya untuk memanfaatkan tenaga air yang menghantamnya. [2]

Berdasarkan pengujian sebelumnya, kemiringan sudu turbin sangat mempengaruhi daya dan performa Turbin air undershot bahwa pada kemiringan sudu 20° daya terbesar adalah 19 watt dan efektivitas paling ekstrem berada pada kemiringan sudu 90° dengan nilai tertinggi 51%. Kecepatan aliran air mempengaruhi daya dan performa turbin undershot yang pada kemiringan sudu 40° nilai selanjutnya lebih kecil karena aliran air yang menyebabkan luapan pada saluran air sehingga daya dorong air menjadi rendah, daya yang dihasilkan sebesar

11,6 watt dari hasil percobaan dan pengujian dengan variasi kemiringan sudu 20, 40, dan 90 derajat menghasilkan daya terbesar 19,68 watt pada kemiringan sudu 20 derajat pada kecepatan aliran 1,84 m/s, debit aliran 0,0437 m³ s / dengan efisiensi sebesar 30 % efektivitas poros 24.60 rpm. dengan beban 20 kg sedangkan efektifitas Turbinair terbesar terdapat pada kemiringan sudu 90° dengan nilai efisiensi 51% pada beban 14 kg dengan putaran poros 24.06 rpm [3]

Namun penelitian pembangkitan yang dibangun di alam bebas lebih susah dilakukan karena adanya beberapa faktor yang menghambat seperti faktor alam, faktor lingkungan, faktor ekonomi maupun faktor adat istiadat. Maka dari itu peneliti tertarik untuk membuat Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hydro dengan turbin undershot berskala laboratorium guna mengembangkan PLTPH dengan turbin undershot dan kepentingan tugas akhir. Turbin undershot memiliki beberapa keunggulan diantara turbin-turbin air yang lainnya seperti dapat dioperasikan pada *head* rendah [4]

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut sudu pada turbin air *undershot* terhadap daya listrik, efisiensi energy yang dihasilkan.

2 Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitan dilakukan di Laboratorium Konversi Energy dan pembuatan turbin air undershot ini dilakukan di Bengkel Kreativitas Himpunan Mahasiswa Mesin ITN Malang yang dimulai pada tanggal 26 September 2023, pengujian yang dilakukan uji Debit Air, Daya Turbin, Daya Listrik, Dan Efisiensi Energy .

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi plat besi, baja siku, poros, bearing, baut dan mur, pulley, belt, akrilik, sealant. Untuk alat yang digunakan diantaranya mesin las, prony break, generator, meteran, gerinda, flowmeter, mesin bor tangan, pompa air, tachometer, selang sepiral, kunci pas dan obeng.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini penulis mendapatkan data hasil uji pada control modul dan ditransferkan ke computer untuk mengetahui data yang muncul seperti debit air, RPM, tekanan, kuat arus, daya dengan beban masing-masing setiap variasi kemiringan sudut 65°, 75°, 85° dengan melakukan 5 kali pengambilan data dalam 25 menit. Data yang diperoleh lalu membuat perhitungan dan selanjutnya dilakukan pemaparan data untuk analisis pada grafik hasil penelitian.

Prosedur penelitian ini yaitu dengan proses pengumpulan referensi terkait topik melibatkan pencarian berbagai sumber di perpustakaan Institut Teknologi Nasional Malang, perpustakaan online, dan buku yang berkaitan dengan material komposit. Langkah ini dianggap wajib karena berperan sebagai dasar pijakan untuk memperoleh dan membangun landasan teoritis, serta membentuk asumsi awal. Hal ini penting agar dapat mengklasifikasikan, mengorganisasi, dan menggunakan literatur-literatur yang relevan dalam bidangnya.

3 Hasil dan Pembahasan

Dari 5 data yang sudah didapatkan hasil dari pengujian turbin air undershot dengan variasi sudut sudu 45°, 50°, 55°, 60° memiliki rata-rata sebagai berikut :

Table 1. Data Hasil Pengujian Turbin Undershot Variasi Sudu Sudu

Variasi Sudu Sudu	Debit Air (L/menit)	RPM	Tegangan (V)	Ampere (A)	Daya (Watt)
45°	20,468	17,2	4,286	0,97	4,298
50°	19,188	16,6	4,156	0,856	3,982
55°	16,78	15,8	3,696	0,664	2,7
60°	15,486	13,8	3,18	0,58	2,568

Dari hasil pengujian turbin undershot menggunakan control modul terhadap variasi sudut sudu, diperoleh sebuah data dalam table yang mana dalam pengujian ini diperoleh nilai putaran poros sudut 45 o memiliki rpm tertinggi dengan nilai sebesar 17,2 rpm, tegangan sebesar 4,286 volt, kuat arus sebesar 0,97 ampere dan daya sebesar 4,298 sedangkan pada variasi 50 o memiliki rpm sedikit menurun dengan nilai sebesar 16,6 rpm , tegangan sebesar 4,156 volt, kuat arus sebesar 0,856 ampere, dan daya sebesar 3,982. Selanjutnya pada variasi sudut 55 o terus menurun dengan nilai rpm sebesar 15,8 , tegangan sebesar 3,696 volt, kuat arus sebesar 0,664,

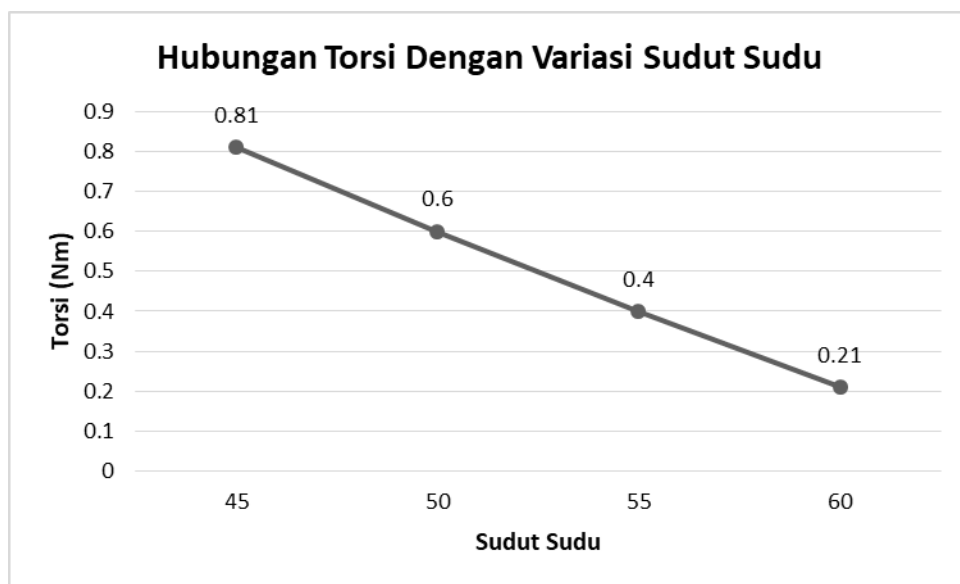
dan daya sebesar 2,7 watt, lalu pada variasi sudut sudu 60 o memiliki nilai terendah sebesar 13,8 rpm, tegangan sebesar 3,18 volt, kuat arus sebesar 0,58, dan daya sebesar 2,568 watt.

Penelitian ini berbanding lurus dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan [4] dengan menggunakan variasi kemiringan sudu 30, 45, 60 didapatkan data hasil pengujian bahwa semakin kecil sudut pada sudu maka akan semakin cepat perputaran poros sudu tersebut dikarenakan sudu akan langsung berputar tanpa menunggu air mencapai ujung atas sudu untuk mendorong sudu tersebut.

Maka penelitian ini bisa disimpulkan bahwa setiap variasi sudut penyempitan energy dari daya potensi air yang semakin besar menyebabkan daya yang didapatkan oleh sudu lebih banyak dan menghasilkan putaran poros turbin mengalami kenaikan dengan lebih kecilnya variasi sudut sudu yang digunakan.

Tabel 2. Data Hasil Daya Turbin Undershot Variasi Sudut Sudu

Sudut Sudu	Debit Air (L/menit)	Daya Air (Watt)	RPM Turbin	Beban 1 (kg)	Beban 2 (kg)	Torsi Turbin	Daya Turbin (Watt)
45°	20,468	0,16	17,2	0	2,0	0,81	1,45
50°	19,188	0,15	16,6	0	1,5	0,60	1,05
55°	16,78	0,13	15,8	0	1,0	0,40	0,66
60°	15,486	0,12	13,8	0	0,5	0,21	0,31



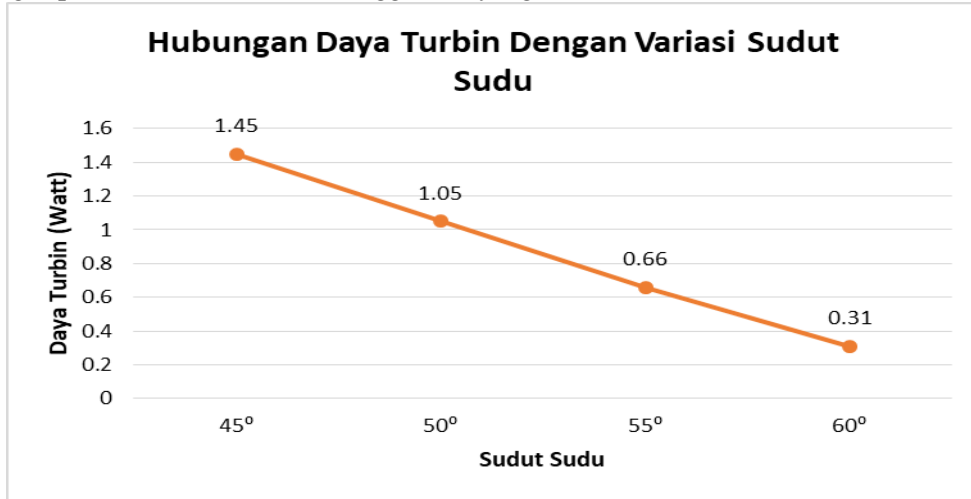
Gambar 1. Grafik hubungan Torsi dengan dengan variasi sudut sudu turbin undershot

Berdasarkan pengolahan data penelitian melalui perhitungan secara matematis dan berupa grafik yaitu hubungan antara sudut sudu dan nilai torsi turbin undershot dengan variasi sudut sudu 45°, 50°, 55°, 60° yaitu menunjukkan bahwa semakin tinggi sudut sudu, maka akan mengalami penurunan, dan diketahui bahwa nilai torsi pada sudut sudu 45° lebih tinggi dibandingkan dengan sudut sudu 60°

Dari grafik diatas dihasilkan untuk variasi sudut sudu 45° memiliki nilai torsi tertinggi sebesar 0,81 Nm, selanjutnya sudut sudu 50° mengalami penurunan dari sebelumnya dengan nilai sebesar 0,6 Nm, lalu pada sudut sudu 55° terus mengalami penurunan dengan nilai 0,4 Nm, sedangkan sudut sudu 60° memiliki nilai terendah dengan nilai torsi 0,21 Nm.

Dari hasil yang didapatkan bahwa hubungan antara sudut sudu dengan nilai torsi berbanding lurus dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan [5] tentang penyempitan sudu akan mempengaruhi besar atau kecilnya nilai torsi yang dihasilkan, dikarenakan terjadinya besarnya gaya pada sudu (pembebanan), semakin tinggi sudut sudu maka pembebanannya yang diperlukan akan terus menurun, sehingga setiap variasi sudut sudu semakin besar gaya pada sudu akan terus menurun dan menyebabkan besarnya torsi mengalami penurunan.

Pada penelitian ini dapat disimpulkan juga bahwa torsi berbanding lurus dengan beban, semakin besar pembebanan yang diperlukan maka semakin tinggi torsi yang dihasilkan.



Gambar 2. Grafik hubungan Daya Turbin dengan dengan variasi sudut sudu turbin undershot

Berdasarkan pengolahan data penelitian melalui perhitungan secara matematis dan berupa grafik yaitu hubungan antara sudut sudu dan nilai daya turbin undershot dengan variasi sudut sudu 45°, 50°, 55°, 60° yaitu menunjukkan bahwa semakin tinggi sudut sudu, maka daya efektif turbin akan mengalami penurunan, dan diketahui bahwa nilai daya turbin pada sudut sudu 45° lebih tinggi dibandingkan dengan sudut sudu 60°.

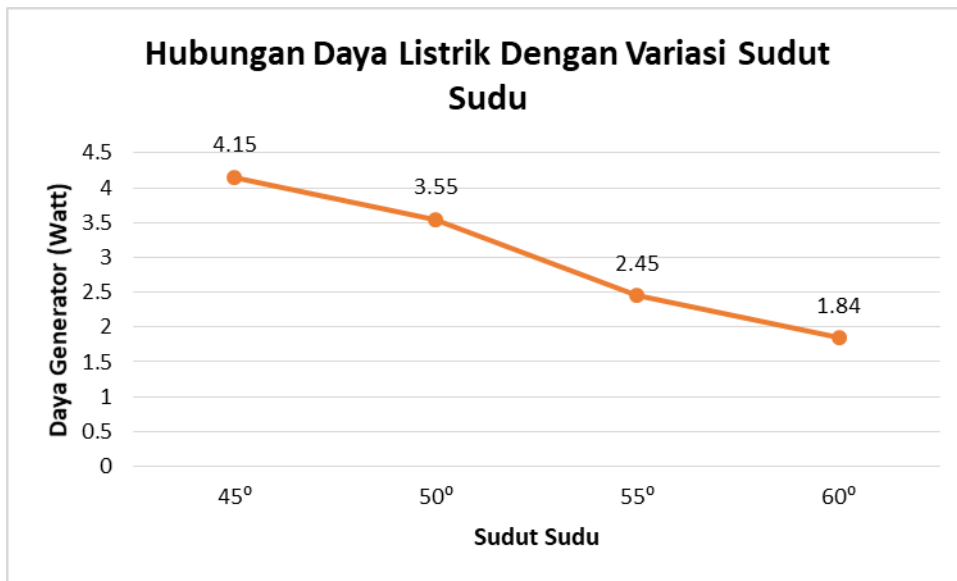
Dari grafik diatas dihasilkan untuk variasi sudut sudu 45° memiliki nilai daya turbin tertinggi sebesar 1,45 Watt, selanjutnya sudut sudu 50° mengalami penurunan dari sebelumnya dengan nilai sebesar 1,05 Watt, lalu pada sudut sudu 55° terus mengalami penurunan dengan nilai 0,66 Watt, sedangkan sudut sudu 60° memiliki nilai terendah dengan nilai torsi 0,31 Watt.

Dari hasil yang didapatkan bahwa hubungan antara sudut sudu dengan nilai daya turbin berbanding lurus dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [6] tentang penyempitan sudu akan mempengaruhi besar atau kecilnya nilai daya turbin yang dihasilkan, Hal ini terjadi sesuai dengan teori persamaan daya turbin bahwa factor yang mempengaruhi besarnya daya turbin adalah besarnya nilai torsi dan putaran poros. Dikarenakan semakin tinggi sudut sudu maka nilai torsi yang dihasilkan akan terus menurun, sehingga setiap variasi sudut sudu semakin tinggi maka daya turbin akan terus mengalami penurunan.

Pada penelitian ini dapat disimpulkan juga bahwa daya turbin berpengaruh pada torsi dan putaran poros. Maka semakin kecil sudut sudu pada turbin semakin besar daya turbin yang dihasilkan, dan resiko slip terhadap pulley ke belt masih terjadi karena semakin cepat putaran turbin semakin besar resiko slip terhadap belt.

Tabel 3. Data Hasil Daya Listrik Turbin Undershot Variasi Kemiringan Sudut Sudu

Sudut Sudu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
45°	4,286	0,97	4,298
50°	4,156	0,856	3,982
55°	3,696	0,664	2,7
60°	3,18	0,58	2,568



Gambar 3. Grafik Hubungan Daya Listrik dengan variasi sudut sudu turbin air undershot

Berdasarkan pengolahan data penelitian melalui perhitungan secara matematis dan berupa grafik yaitu hubungan antara sudut sudu dan nilai daya listrik turbin undershot dengan variasi sudut sudu 45°, 50°, 55°, 60° yaitu menunjukkan bahwa semakin tinggi sudut sudu, maka daya listrik turbin yang dihasilkan akan mengalami penurunan, dan diketahui bahwa nilai daya listrik pada sudut sudu 45° lebih tinggi dibandingkan dengan sudut sudu 60°.

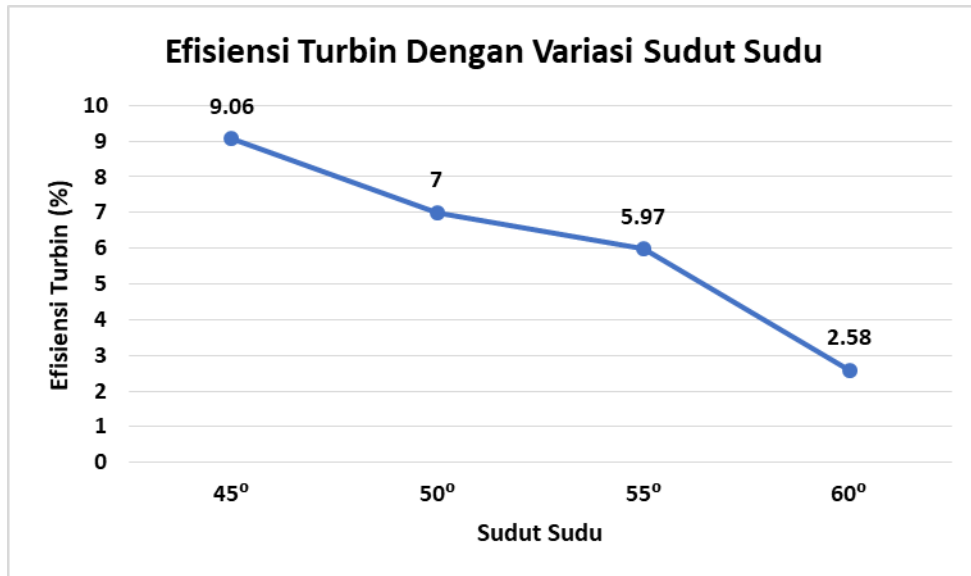
Dari grafik diatas dihasilkan untuk variasi sudut sudu 45° memiliki nilai daya listrik tertinggi sebesar 4,15 Watt, selanjutnya sudut sudu 50° mengalami penurunan dari sebelumnya dengan nilai sebesar 3,55 Watt, lalu pada sudut sudu 55° terus mengalami penurunan dengan nilai 2,45 Watt, sedangkan sudut sudu 60° memiliki nilai terendah dengan nilai torsi 1,84 Watt.

Dari hasil yang didapatkan bahwa hubungan antara sudut sudu dengan nilai daya turbin berbanding lurus dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan [7] tentang penyempitan sudu akan mempengaruhi besar atau kecilnya nilai daya listrik yang dihasilkan, Hal ini terjadi sesuai dengan teori persamaan daya turbin bahwa factor yang mempengaruhi besarnya daya listrik adalah besarnya nilai tegangan dan kuat arus. Dikarenakan semakin tinggi sudut sudu maka nilai tegangan dan kuat arus yang dihasilkan akan terus menurun, sehingga setiap variasi sudut sudu semakin tinggi maka daya listrik akan terus mengalami penurunan.

Pada penelitian ini dapat disimpulkan juga bahwa daya listrik berpengaruh pada tegangan dan kuat arus. Dikarenakan sudu akan langsung berputar tanpa menunggu air mencapai ujung atas sudu untuk mendorong sudu tersebut.

Tabel 4. Data Hasil Penelitian Efisiensi Variasi Kemiringan Sudut Sudu

Sudut Sudu	Daya Air (Watt)	Daya Turbin (Watt)	Daya Generator (Watt)	Efisiensi Turbin (%)	Efisiensi Generator (%)	Efisiensi Energi (%)
45°	0,16	1,45	4,15	9,06	2,96	3,85
50°	0,15	1,05	3,55	7	3,79	4,22
55°	0,13	0,66	2,45	5,07	4,09	5,30
60°	0,12	0,31	1,85	2,58	8,28	6,48



Gambar 4. Grafik Hubungan Efisiensi dengan variasi sudut sudu turbin air undershot

Berdasarkan pengolahan data penelitian melalui perhitungan secara matematis dan berupa grafik yaitu hubungan antara sudut sudu dan efisiensi turbin undershot dengan variasi sudut sudu 45°, 50°, 55°, 60° yaitu menunjukkan bahwa semakin tinggi sudut sudu, maka akan mengalami penurunan efisiensi turbin, dan diketahui bahwa nilai efisiensi turbin pada sudut sudu 45° lebih tinggi dibandingkan dengan sudut sudu 60°

Dari grafik diatas dihasilkan untuk variasi sudut sudu 45° memiliki nilai efisiensi tertinggi sebesar 9,06 %, selanjutnya sudut sudu 50° mengalami penurunan efisiensi dari sebelumnya dengan nilai sebesar 7 %, lalu pada sudut sudu 55° terus mengalami penurunan dengan nilai 5,97% , sedangkan sudut sudu 60° memiliki nilai efisiensi terendah dengan nilai torsi 2,58 %.

Dari hasil yang didapatkan bahwa hubungan antara sudut sudu dengan efisiensi turbin berbanding lurus dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [8] tentang penyempitan sudu akan mempengaruhi besar atau kecilnya nilai efisiensi yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan teori persamaan efisiensi bahwa factor yang mempengaruhi besarnya efisiensi adalah besarnya daya turbin dan daya potensi air .pada penelitian ini nilai daya turbin mengalami perbedaan pada setiap kenaikan besar variasi sudut sudu sehingga bisa disimpulkan bahwa efisiensi akan naik jika besarnya kenaikan daya turbin lebih besar dari pada besarnya kenaikan daya potensi air.

4 Kesimpulan

Dengan hasil data pengujian turbin air undershot dengan variasi sudut sudu dan penentuan nilai-nilai menggunakan rumus perhitungan matematis maka bisa disimpulkan sebagai berikut :

1. Turbin air tipe underhot dengan variasi sudut 45 memiliki daya listrik yang paling besar dengan nilai 4,15 Watt sedangkan paling rendah dengan variasi 60 memiliki daya listrik sebesar 1,84 Watt, lalu pada variasi sudut sudu 50 dan 55 memiliki daya listrik sebesar 3,55 Watt dan 2,45 Watt.
2. Turbin air tipe underhot dengan variasi sudut 45 memiliki efisiensi yang paling besar dengan nilai 9,06 % sedangkan paling rendah dengan variasi 60 memiliki efisiensi sebesar 2,58 % , lalu pada variasi sudut sudu 50 dan 55 memiliki efisiensi sebesar 7 % dan 5,97 %.

5 Referensi

- [1] Mulqi, R. T. M., PERMANA, M. S., & Supriyono, T. (2019). PENGUJIAN TURBIN AIR (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Unpas).
- [2] Efriyasika, D, (2021)., Tingkat Kekasaran Permukaan Sudu Dan Sudut Input Air Terhadap Unjuk Kerja Turbin Vortex, Jurnal Of Science And Technology, 183- 194

- [3] Fachruddin, F., Syuriadi, A., Nidhar, A., Ramdhan, F., & Candra, R. A. (2015). Pengujian Variasi Jumlah Dan Sudut Bilah Turbin Air Tipe Breastshot. *Jurnal Poli-Teknologi*, 14(3).
- [4] Rizky, M. (2021). Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro (Doctoral dissertation).
- [5] Novrianto, N., Syafriyudin, S., & Pambudi, P. E. (2019). EFISIENSI TURBIN AIR TIPE BREASTSHOT PADA PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO. *Jurnal Elektrikal*, 6(1), 26-34.
- [6] Simamora, B. H. (2022). Analisis Kinerja Turbin Air Tipe Undershot (Vitruvian) Bahan Aluminium dengan Jumlah 10 Sudu pada Sudut (Θ) 200 (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- [7] Su'udy, A. H., Priyoatmojo, S., & Sumarno, F. G. (2021, December). RANCANG BANGUN TURBIN AIR TIPE UNDERSHOT DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU DATAR. In *Prosiding Seminar Nasional NCIET* (Vol. 2, No. 1, pp. 64-72).
- [8] Hartadi, R. (2018)., Pengaruh Gerak Bebas Sudu Pada Rotor Savonius Modifikasi Untuk Turbin Air, *Jurnal Teknik Mesin Uniska*, 70-73
- [9] Harwan Ahyadi, D. A. (2022)., Analisa Rancang Bangun Turbin Cross-Flow Saluran Terbuka Dengan Debit Air 14 Liter/Menit Skala Laboratorium, Program Studi Mesin, Fakultas Teknologi Industri, 1-10
- [10] Idris, M., Hermawan, I., & Simamora, B. H. (2022). Analisis Kinerja Turbin Air Tipe Undershot Bahan Aluminium Dengan Jumlah 10 Sudu dan Sudut 20°. *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 1(3), 37-43.
- [11] Khurmi, R. S. (1980). "Fluid Mechanics". Ram Nagar, New Delhi: S, Chand & Company Ltd.
- [12] Kurniawan Hudan, Achmad. (2017). " Pengaruh Sudut Inlet Notch Pada Turbin Reaksi Aliran Vortex Terhadap Daya dan Efisiensi ". Surabaya: Unesa.
- [13] Mahendra, B., Priyo Heru, A. (2017). " Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Basin Cone Terhadap Kinerja Turbin Air Aliran Vortex. Surabaya: Unesa
- [14] Nikita, R. A., Priyo, H, A. (2017). " Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex dengan Sudu Berpenampang Plat Datar. Surabaya: Unesa.
- [15] Prasetyo, Wahyu Didik. (2018). " Rancang Bangun Turbin Vortex Skala Kecil dan Pengujian Pengaruh Bentuk Penampang Sudu Terhadap Daya". Yogyakarta: UII.