

## ANALISA PENGARUH SUDUT SUDU DAN VARIASI DEBIT AIR TERHADAP PERFORMA TURBIN PELTON MIKROHIDRO

Mochammad Saddam Amiruddin<sup>1)</sup>, Supardi<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Mesin dan Universitas 17 Agustus 1945

Surabaya<sup>1,2</sup>

\*Email : saddamamir23@gmail.com<sup>1)</sup>, supardis@gmail.com<sup>2)</sup>

### ABSTRAK

Energi adalah suatu sarana untuk manusia melakukan aktivitas pada kehidupan sehari hari. Pada era global saat ini energi tidak hanya diperlukan untuk kebutuhan pokok, namun juga diperlukan untuk rangkaian teknologi dan industri yang cepat akan mendorong kenaikan daya. Daya yang sangat banyak pemanfaatannya ialah daya listrik. Maka dari itu persediaan energi dewasa ini menjadi tantangan yang dihadapi. Karena itu seiring berjalananya perkembang zaman yang sangat pesat produk mesin ini dapat menjadi alternatif dalam mengembangkan energi alam salahsatunya turbin pelton. Dengan adanya mesin tersebut kebutuhan energi listrik dengan memanfaatkan energi alam akan menjadi solusi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi sudut sudu dengan diameter  $150^\circ$ ,  $160^\circ$ , dan  $170^\circ$ . Dengan parameter variasi debit air dengan bukaan katup  $\frac{1}{2}$   $\frac{3}{4}$  dan bukaan full, maka penelitian tersebut dapat di simpulkan bahwa hasil daya generator dan efisiensi turbin terbesar ada pada sudut sudu  $150^\circ$  dan debit air  $0,00035 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan nilai daya generator  $8,508 \text{ watt}$  dan nilai efisiensi turbin  $42,428\%$ . Untuk Efisiensi generator terbesar ada pada sudut sudu  $150^\circ$  dan debit air  $0,00030 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan nilai  $86,815\%$ . Dari pengujian yang sudah dilaksanakan, bisa disimpulkan jika total aliran air memiliki pengaruh pada kecepatan putaran turbin yang mengakibatkan peningkatan nilai daya pembangkit dan efisiensi turbin seiring dengan peningkatan jumlah aliran air. Selain itu, sudut sudu bisa mempengaruhi dari nilai dan performa turbin. Sudut sudu mempunyai performa yang baik yaitu sudut sudu  $150^\circ$  yang memiliki efisiensi terbaik seperti dengan rumus perencangan sudut sudu.

Kata kunci: teknologi, industri, energi terbarukan, turbin pelton,sudu.

### ABSTRACT

Energy is a means for humans to carry out activities in daily life. In today's global era, energy is not only needed for basic needs, but also needed for a series of technologies and industries that will quickly drive power increases. Very much utilization of power is electrical power. Therefore, the supply of energy today is a challenge faced. Therefore, as the development of a very rapid age this machine product can be an alternative in developing natural energy one of the pelton turbines. With the existence of these machines, the need for electrical energy by utilizing natural energy will be a solution.

This study aims to examine the influence of variations in the angle of the blade with a diameter of  $150^\circ$ ,  $160^\circ$ , and  $170^\circ$ . With the parameters of variation of water discharge with valve opening  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$  and full opening, the study can be concluded that the results of the generator power and the largest turbine efficiency is at a blade angle of  $150^\circ$  and  $0.00035 \text{ m}^3/\text{s}$  water discharge with a generator power value of  $8.508 \text{ Watts}$  and turbine efficiency value of  $42.428\%$ . For the largest generator efficiency is at a blade angle of  $150^\circ$  and a water discharge of  $0.00030 \text{ m}^3/\text{s}$  with a value of  $86.815\%$ . Based on the tests that have been carried out, it can be concluded that the amount of water discharge has an effect on the turbine rotation rate which makes the generator power value and turbine efficiency increase along with the increase in water discharge. The blade angle also has an influence on the value and performance of the turbine. The angle of the blade that has a good performance is the angle of the blade  $150^\circ$  which has the best efficiency as with the blade angle inhibition formula.

Keywords: technology, industry, renewable energy, Pelton turbine, blades

## Pendahuluan

Persediaan energi dewasa saat ini menjadi tantangan yang dihadapi bersama.

Jika kebutuhan meningkat persediaan sumber energi fosil akan sangat menipis. Banyak dilakukan penelitian menuju Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Diantara energi terbarukan yang mempunyai potensi yang cukup tinggi adalah air. Dengan potensi tenaga air di Indonesia yang mencapai 75 MW (Megawat), namun dalam pemanfaatanya yang masih 10% dari total potensi yang ada. Turbin Pelton tersusun dari roda maupun sudu (bucket) turbin, ada minimal satu injektor dengan fungsi membuat hasil semprotan (jet) air dengan kecepatan yang semakin tinggi dengan melewati nozzle. Pindahnya suatu energi ke semprotan air kecepatannya akan semakin tinggi dan roda Turbin Pelton yang bisa melewati interaksi jet maupun buckets turbin yang dapat terjadi perputaran (Zhang, 2016). Konsep dasar yang ada pada gambar rancangan Turbin Pelton ialah memastikan jumlah sedikitnya bucket yang tidak terdapat pada aliran air dari nozzle akan terkesampingkan sehingga tidak bisa menyentuh sudu turbin. Akan tetapi suatu aliran air yang menyentuh sudu ialah sumber energi penggerak akan dikonversikan ke daya listrik. Ketetapan dalam melakukan penentuan total paling kecil bucket ialah dengan turbin bekerja dibawah laju aliran dalam keadaan normal. Ini akan menjelaskan bahwa dengan begitu jumlah bucket tidak diperbolehkan memilih ukuran yang besar. Karena total pada bucket juga dipengaruhi oleh efisiensi turbin, namun tidak berdampak dalam nilai kecepatan optimal pada runner. Dengan begitu akan berjalan sesuai dengan apa yang dikemukakan oleh Zhang (2016) dan juga jumlah bucket juga berpengaruh pada koefisien kecepatan periferal maupun kecepatan yang spesifik pada roda turbin. Pada total bucket yang maksimal dari Turbin Pelton akan dilakukan pemilihan yang efisiensinya maksimum, bisa jadi berkaitan dengan banyaknya parameter lain. Menurut Khalifah, dkk (2017) dalam studi Performance of Pelton Turbine for Hydroelectric Generation in Varying Design Parameters mengemukakan bahwa head air maupun dari diameter nozzle juga dapat berpengaruh signifikan pada daya yang ditimbulkan dari Turbin Pelton. Bahkan jika tinggi head air dan jika daya yang ditumbulkan dari semakin tinggi dapat meningkatkan daya ditemukan seiring dengan meningkatnya diameter nozzle. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi sudut sudu dengan diameter  $150^\circ$ ,  $160^\circ$ , dan  $170^\circ$ . Dengan parameter variasi debit air dengan bukaan kmut  $\frac{1}{2}$   $\frac{3}{4}$  dan bukaan full. Dari hal tersebut penulis melaksanakan penelitian dengan tujuan untuk diketahuinya hasil dari pengujian yang terdapat pada variasi sudu maupun debit aliran air.

## Metode

### Proses Penelitian

Proses Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen. Metode yang digunakan adalah dilakukannya uji terhadap variasi sudut sudu dan debit aliran air sebagai parameter untuk mengetahui besaran yang dihasilkan dari torsi dan putaran.

### Variabel

Dalam penelitian ini digunakan beberapa variasi yaitu sudut sudu ( $150^\circ$ ,  $160^\circ$ ,  $170^\circ$ ) dan debit aliran air ( $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  dan full ) dengan pembebanan generator menggunakan lampu.

### Proses Pembuatan Turbin Air Pembuatan

Proses pembuatan sudu dilakukan dengan cara memotong baja ringan sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan dengan menggunakan gerinda. Kemudian untuk membentuk sudut sudu  $150^\circ$ ,  $160^\circ$  dan  $170^\circ$  menggunakan cetakan 3D printing. Pembuatan runner menggunakan material aluminuim yang sudah diukur dan dipotong sesuai kebutuhan lalu diberikan lubang sebagai tempat perekat terhadap sudu, kemudian untuk pembuatan nosel menggunakan bahan plastik padat yang kemudian dibentuk menggunakan mesin bubut untuk membuat ukuran dari lubang air sesuai yang sudah ditentukan. Poros terbuat dari bahan besi yang kemudian diberi bentuk dengan diameter 10 mm,

setelah itu di bubut pada bagian ujung poros untuk menyatukan poros dengan bearing dan coupling, kemudian dari coupling mengarah pada generator. Flow meter terbuat dari akrilik tebal dan transparan agar volume debit air dapat terlihat dari flow meter. Bak Reservoir terbuat dari kaca untuk proses penampungan air pada saat pengujian. Motor 1 phase untuk membantu proses awal putaran pada turbin air. Pipa sebagai tempat jalannya air dari bak reservoir mengarah ke turbin.

#### *Proses perakitan*

Proses pertama yaitu penggabungan antara sudut sudu dengan runner menggunakan baut sebagai pengunci yang kemudian di mur baut ditempat pada lubang yang dibuat di sudut sudu. Pada bagian pipa disambungkan dengan nosel sebagai pengatur pancaran debit air, untuk pada bagian kran bawah yang menyambung dari pipa mengarah pada motor sebagai daya pendorong laju air dan mengatur bukaan katur debit aliran air. Setelah semua terpasang kemudian memasukan poros pada bagian tengah runner kemudian tersambung pada coupling dan generator, setelah itu diberikan sambungan yang mengarah pada lampu sebagai pembeban.

#### *Pengujian dan Pengambilan data*

Langkah – Langkah pengujian dilakukan di Laboratorium Fluida Untag Surabaya yang meliputi perencanaan penelitian, perancangan penelitian, pembuatan, pengujian / pengambilan data dan pengolahan data. Dalam melakukan pengujian / pengambilan data dilakukan 3 kali yaitu pengujian pada sudut sudu ( $150^\circ$ ,  $160^\circ$ ,  $170^\circ$ ) dan pada debit aliran air dengan bukaan katup ( $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  dan full). Pengujian mencari efisiensi hasil dari voltase dan ampere yang dihasilkan generator menggunakan avo meter.

### **Hasil dan Pembahasan**

Hasil dan pembahasan ini dapat ditunjukkan sebagian analisa data dan pembahasan yang dapat mempengaruhi sudut sudu dan debit aliran air akan performa Turbin Pelton. Pada percobaan dilaksanakan 3 kali percobaan di setiap variasi. Dengan begitu diperoleh data hasil pengujian pada tiap variasi yang dipakai, menggunakan perhitungan rerata yang akan dipakai dalam melakukan perhitungan performa Turbin Pelton pada setiap variasi:

Tabel 1.1 Data Hasil Pengujian

Sudut Sudu	Bukaan Katup	Nilai			
		Debit Air (lpm)	Putaran (rpm)	Tegangan Listrik (Volt)	Arus Listrik (Ampere)
$150^\circ$	$\frac{1}{2}$	18	341,87	7,31	0,34
	$\frac{3}{4}$	20	351,87	7,41	0,35
	Full	21	408,00	7,79	0,41
$160^\circ$	$\frac{1}{2}$	18	362,83	7,06	0,33
	$\frac{3}{4}$	20	369,00	7,33	0,34
	Full	21	410,20	7,83	0,43
$170^\circ$	$\frac{1}{2}$	18	442,83	7,45	0,44
	$\frac{3}{4}$	20	445,27	8,07	0,54
	Full	21	463,60	8,13	0,58

*Hasil Perhitungan Kapasitas Aliran*

Selanjutnya data hasil percobaan yang telah dirata-rata, kemudian melakukan rekapitulasi pada performa Turbin Pelton agar diketahuinya bagaimana efek dari sudut sudu dan debit air. Kemudian ini ialah hasil rekapitulasi jumlah aliran Turbin Pelton yang terdiri dari luas permukaan pipa maupun kecepatan pencaran air.

Tabel 1.2 Hasil Perhitungan Kapasitas Aliran

Variasi	Debit Air		Luas	Kecepatan
Bukaan Katup	Q (lpm)	Q (m <sup>2</sup> /s)	Permukaan Pipa (m)	Pancaran Air (m/s)
½	18	0,00030		4,718
¾	20	0,00033		5,242
Full	21	0,00035	0,000636	5,504

*Hasil Perhitungan Kecepatan anguler*

Dibawah ini ialah hasil rekapitulasi torsi maupun kecepatan anguler Turbin Pelton yang mencakup kecepatan keliling maupun gaya tengsial.

Tabel 1.3 Perhitungan Kecepatan Anguler

Variasi	Kecepatan	Gaya	Torsi	Kecepatan
Sudut Sudu	Keliling (m/s)	Tangensial (N)	Turbin (Nm)	Anguler (rad/s)
150°	1.950	1.550	0.084	35.782
160°	0,00030	2.070	1.483	37.977
170°		2.526	1.305	46.350
150°		2.007	2.012	36.829
160°	0,00033	2.105	1.951	38.622
170°		2.540	1.787	46.605
150°		2.327	2.075	42.704
160°	0,00035	2.340	2.067	42.934
170°		2.645	1.986	48.523

*Hasil Perhitungan Head Pompa*

Berikut ini adalah hasil dari rekapitulasi head pompa Turbin Pelton yang terdapat angka koefisien gesek, reynold maupun head loss.

Tabel 1.4 Perhitungan Head Pompa

Variasi	Reybold	Koefisien Gesek	Pipa	Pipa
			Hlisap	Dorong
Debit Air (m <sup>2</sup> /s)			Head Loss	Head Loss (mka)

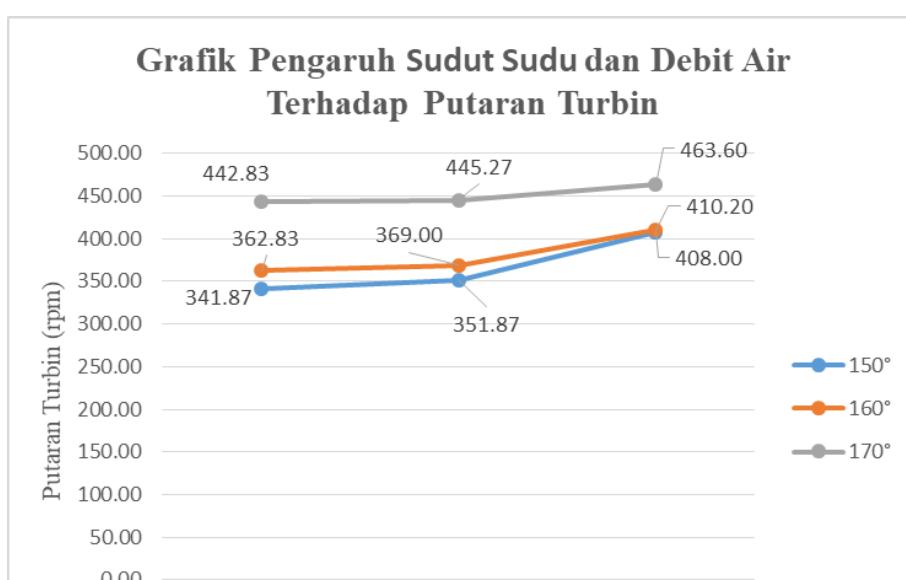
### *Hasil Perhitungan Performa Turbin*

Berikut ialah nilai dari tabel hasil rekapitulasi performa Turbin Pelton yang terdiri dari daya hidrolis, daya turbin, daya listrik maupun efisiensi turbin.

Tabel 1.5 Perhitungan Performa Turbin

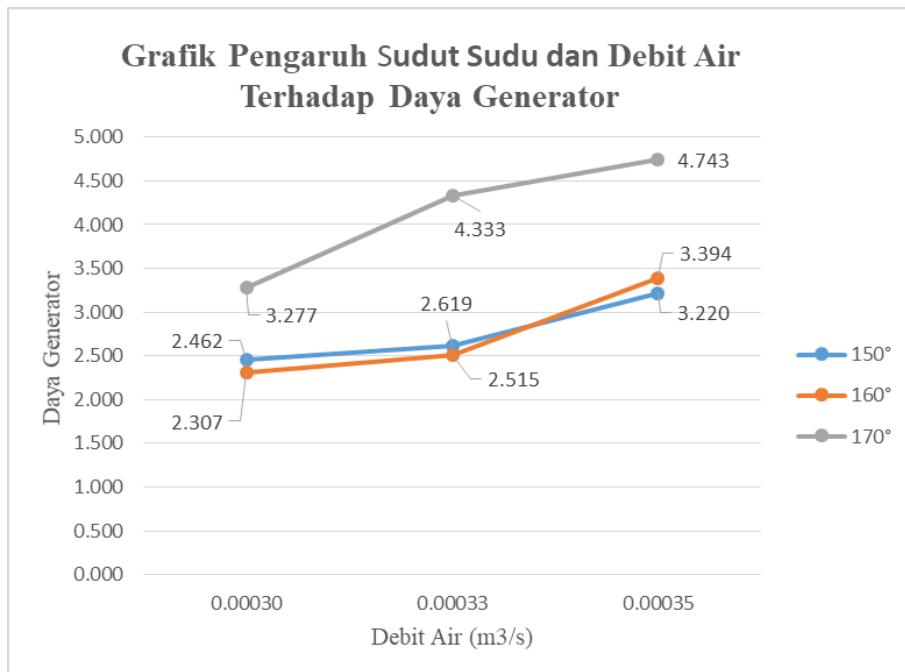
Sudut Sudut	Variasi		Performa Turbin		
	Debit Air (m³/s)	Daya Hidrolis (Watt)	Daya Turbin (Watt)	Daya Listrik (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
130°	0.000130	19.809	3.022	2.462	15.255%
	0.00033	26.642	4.039	2.619	15.161%
	0.00035	30.590	4.829	3.220	15.787%
140°	0.000130	19.809	3.068	2.307	15.491%
	0.00033	26.642	4.108	2.515	15.418%
	0.00035	30.590	4.836	3.394	15.809%
150°	0.00030	19.809	3.296	3.277	16.638%
	0.00033	26.642	4.539	4.333	17.038%
	0.00035	30.590	5.252	4.743	17.168%

Berdasarkan tabel hasil rekapitulasi performa turbin, kemudian dibentuk gafik dampak dari sudut sudut dan debit air didasarkan apda nilai performa turbin yang ada.



Gambar 1. Grafik dari pengaruh sudut sudu dan debit air terhadap putaran turbin

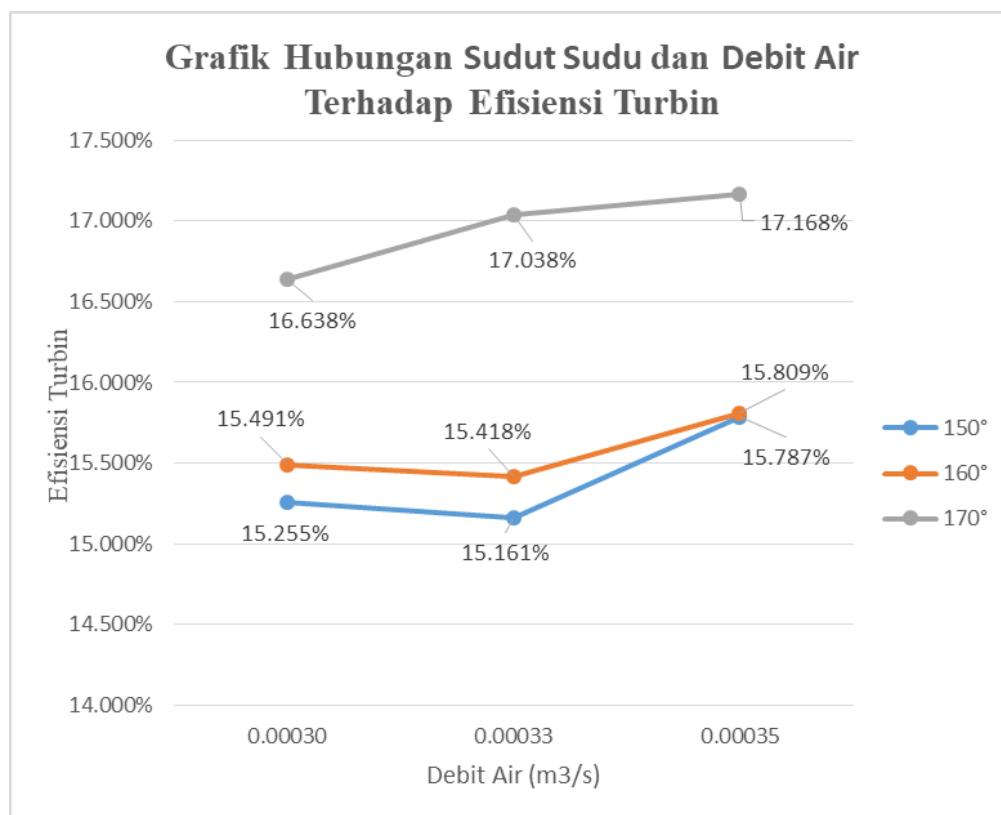
Pusaran Turbin adalah kecepatan putaran yang menunjukkan jumlah perputaran poros dari suatu turbin dalam satuan waktu dan diberikan dalam putaran permenit (RPM). Dari gambar 1 grafik hubungan pengaruh sudut sudu dan debit air atas pusaran turbin. Dapat dijelaskan pada grafik nilai terbaik ada pada variasi sudut sudu  $170^\circ$  dengan bukaan katub air full yang meperoleh putaran turbin 463,60 RPM, dengan begitu nilai terendah diperoleh pada variasi sudut sudu  $150^\circ$  dengan bukaan katub  $\frac{1}{2}$  yang menghasilkan putaran turbin 341,87 RPM. Ini menunjukan bahwa semakin lebar sudut sudu dan semakin besar bukaan katub pada debit air maka semakin tinggi (RPM) yang dihasilkan. Sebaliknya semakin kecil sudut sudu dan semakin kecil bukaan katub pada debit air maka semakin rendah putaran turbin yang dihasilkan. Sedangkan untuk putaran turbin tertinggi ada pada sudut sudu  $170^\circ$  dan bukaan debit air pada bukaan katub full.



Gambar 2. Grafik pengaruh sudut sudu dan debit air terhadap daya generator

Daya Generator ialah daya yang diperoleh dari berputarnya poros turbin yang akan disalurkan ke poros generator. Melewati putaran yang dihasilkan dari generator, daya bisa diciptakan dari tegangan maupun dari kuat arus yang berasal dari putaran rotor maupun stator jika dibandingkan generator. Pada gambar 4.1 grafik keterkaitan dari dampak sudut sudu maupun pengaruh debit air kepada daya generator. Bisa dilihat yang teradapat pada grafik nilai paling tinggi didapatkan oleh variasi sudut sudu  $170^\circ$  dengan debit air  $0,00035$  m $^3$ /s dengan menghasilkan daya generator 4,743 Watt, kemudian nilai terendah ada pada variasi sudut sudu  $160^\circ$  dengan debit air  $0,00030$  m $^3$ /s yang menghasilkan

daya generator 2,307 Watt. Ini menunjukan bahwa dengan lekukan sudut sudu dan meningkatnya debit air, maka akan makin tinggi juga nilai daya generator yang didapatkan. Akan tetapi kebalikannya, jika semakin kecil lekukan pada sudut sudu dan semakin kecil juga nilai debit air yang akan berdampak pada makin rendah daya pada generator yang dikeluarkan. Sedangkan untuk sudut sudu yang menghasilkan daya generator tertinggi ada pada sudut  $170^\circ$ , dan daya generator yang memiliki nilai terendah ada pada sudut  $160^\circ$ .



Gambar 7. Grafik pengaruh sudut sudu dan debit air terhadap efisiensi turbin

Efisiensi turbin ialah kesetaraan daya input adalah daya hidrolis daya output adalah daya turbin. Pada gambar 4.3 grafik keterkaitan dari dampak sudut sudu dan debit air akan efisiensi turbin. Dapat dilihat bahwa efisiensi turbin terbesar diperoleh dari variasi sudut sudu  $170^\circ$  dan debit air 0,00035 m<sup>3</sup>/s. Efisiensi turbin mengalami penurunan pada variasi sudut sudu  $150^\circ$  dan sudut  $160^\circ$ .

### Kesimpulan

Dari hasil percobaan yang berjudul “Analisa Pengaruh Sudut Sudu dan Variasi Debit Air akan Performa Turbin Pelton Mikrohidro” maka dapat disimpulkan:

1. Daya generator tertinggi dihasilkan oleh sudut sudu  $170^\circ$  karena dengan sudut sudu yang sedikit melebar akan dapat menampung pancaran air yang dilakukan oleh nosel. Dengan begitu daya generator akan menjadi lebih besar seiring dengan bertambahnya debit air yang bekerja pada turbin. Pada sudut  $170^\circ$  mampu menghasilkan daya generator terbesar lebih tinggi daripada variasi sudut sudu  $160^\circ$  dan  $150^\circ$ . Daya generator terbesar ada pada sudut  $170^\circ$  dan debit air  $0,00035 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan nilai 4,743 Watt.
2. Efisiensi turbin ialah perbedaan dari daya input (daya hidrolis) terhadap daya output (daya turbin). Pada sudut  $170^\circ$  memiliki efisiensi turbin lebih tinggi daripada variasi sudut  $160^\circ$  dan  $150^\circ$ . Efisiensi turbin terbesar ada pada sudut sudu  $170^\circ$  dan debit air  $0,00035 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan nilai 17,168%.
3. Putaran Turbin adalah kecepatan putaran yang menunjukkan jumlah perputaran poros dari suatu turbin dalam satuan waktu dan diberikan dalam putaran permenit (RPM). Ini menunjukkan bahwa semakin lebar sudur sudu dan semakin besar bukaan katub pada debit air maka semakin tinggi (RPM) yang dihasilkan. Sebaliknya semakin kecil sudut sudu dan semakin kecil bukaan katub pada debit air maka akan makin rendah putaran turbin yang didapatkan.
4. Sebagian besar debit air dapat berpengaruh pada kecepatan putaran yang ada pada turbin sehingga membuat nilai daya generator, putaran turbin dan efisiensi turbin bertambah sejalan kepada peningkatan dari debit air.
5. Sudut sudu yang dipakai bisa berpengaruh terhadap nilai dan performa turbin. Sudut sudu yang mempunyai performa terbaik ialah sudut sudu  $170^\circ$  yang sesuai terhadap rumus pada perencanaan sudut sudu.

Agar penelitian selanjutnya lebih baik lagi mengenai dampak debit air maupun sudut sudu pada performa turbin pelton, maka penulis menyarankan.

1. Generator yang digunakan sebaiknya mampu beroprasi dengan baik dan memiliki efisiensi yang tinggi, kemudian bisa menimbulkan daya listrik yang lebih baik.
2. Saat melakukan pengeboran pada sudu, sebaiknya dilakukan dengan mesin bor yang lebih presisi. Karena dengan menggunakan mesin bor manual mengakibatkan sudu menjadi miring saat terpasang.
3. Pada saat melakukan pencetakan sudu menggunakan bahan resin dan dengan media cetakan silicon, usahakan pada sisi atas diberikan lubang buang. Karena pada saat proses penuangan resin akan keluar melalui lubang buang, sehingga tidak akan meluber pada sela-sela lubang cetakan silicon.

### Daftar Pustaka

- Aida, S., Sahrul, Lety, T., & Tahdid. (2019). Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Pelton Kapasitas 300 Watt Kajian Debit Dan Arah Aliran Pada Alat. SENIATI 2018 - Institut Teknologi Nasional Malang, 122–126.
- Diamond, R. (2012). An Introduction to water turbines and water wheels (Revised Edition:2016). Orange Apple
- Dietzel, F., & Sriyono, D. (1996). Turbin, Pompa dan Kompressor. Erlangga.
- Eisenring, M. (1991). Micro Pelton Turbines (M. Eisenring, Ed.). SKAT, Swiss Center for Appropriate Technology, St.Gallen, Switzerland and GATE, German Appropriate Technology Exchange, Eschborn, Germany.
- Kholifah, N., Setyawan, A. C., Wijayanto, D. S., Widiastuti, I., & Saputro, H. (2018). Performance of Pelton Turbine for Hydroelectric Generation in Varying Design Parameters. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 288(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/288/1/012108>

- Kurniawan, Y., Erlanda, A. P., & Ismail. (2017). Pengaruh Jarak dan Posisi Nozle Terhadap Daya Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Pertanian*, 5(3), 275–282. <https://doi.org/10.19025/jtep.05.3.275-282>
- Mubarok, A. S., Djeli, Y., & Mugisidi, D. (2017). Pengaruh Berat Bucket Terhadap Putaran dan Torsi Pada Turbin Pelton. 2.
- Pandey, B., & Karki, A. (2017). *Hydroelectric Energy: Renewable Energy and the Environment*. CRC Press.
- Paryatmo, W. (2007). Turbin Air. Graha Ilmu.
- Saputra, I. M. A. T., Jasa, L., & Wijaya, I. W. A. (2020). PENGARUH TEKANAN AIR DAN SUDUT NOZZLE TERHADAP KARAKTERISTIK OUTPUT PADA PROTOTYPE PLTMH DENGAN TURBIN PELTON. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(4), 17–26.
- Zhang, Z. (2016). *Pelton Turbines*. Springer.