

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

Mochammad Saddam Amiruddin¹⁾, Supardi²⁾
Program Studi Teknik Mesin dan Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya^{1,2}

*Email : saddamamir23@gmail.com¹⁾, supardis@gmail.com²⁾

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 berjalannya perkembangan zaman yang sangat pesat produk mesin ini dapat menjadi alternatif dalam mengembangkan energi alam salah satunya 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°, 160°, dan 170°. Dengan parameter variasi debit air dengan bukaan katup $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ dan bukaan full, maka penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil daya generator dan efisiensi turbin terbesar ada pada sudut sudu 150° dan debit air 0,00035 m³/s dengan nilai daya generator 8,508 watt dan nilai efisiensi turbin 42,428%. Untuk Efisiensi generator terbesar ada pada sudut sudu 150° dan debit air 0,00030 m³/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° yang memiliki efisiensi terbaik seperti dengan rumus perencanaan 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°, 160°, and 170°. 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° and 0.00035 m³/s water discharge with a generator power value of 8.508 Watts and turbine efficiency value of 42.428%. For the largest generator efficiency is at a blade angle of 150° and a water discharge of 0.00030 m³/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° 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 pemanfaatannya yang masih 10% dari total potensi yang ada. Turbin Pelton tersusun dari roda maupun sudu (bucket) turbin, ada minimal satu injektor dengan fungsi membuah hasil semprotan (jet) air dengan kecepatan yang semakin tinggi dengan melewati nozzle. Pindahannya 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 periferil 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 Kholifah, 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 ditimbulkan dari semakin tinggi dapat meningkatkan daya ditemukan seiring dengan meningkatnya diameter nozzle. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi sudut sudu dengan diameter 150°, 160°, dan 170°. Dengan parameter variasi debit air dengan bukaan katup $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ dan bukaan full. Dari hal tersebut penulis melaksanakan penelitian dengan tujuan untuk diketahuinya hasil dari pengujian yang terdapat pada variasi sudut 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°, 160°, 170°) 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°, 160° dan 170° menggunakan cetakan 3D printing. Pembuatan runner menggunakan material aluminium 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 cupling 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 Labratorium 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° , 160° , 170°) 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

Variasi		Nilai			
Sudut Sudu	Bukaan Katup	Debit Air (lpm)	Putaran (rpm)	Tegangan Listrik (Volt)	Arus Listrik (Ampere)
150°	$\frac{1}{2}$	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°	$\frac{1}{2}$	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°	$\frac{1}{2}$	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 pancaran air.

Tabel 1.2 Hasil Perhitungan Kapasitas Aliran

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

Hasil Perhitungan Kecepatan angular

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

Tabel 1.3 Perhitungan Kecepatan Angular

Variasi		Kecepatan	Gaya	Torsi	Kecepatan
Sudut Sudu	Debit Air (m ² /s)	Keliling (m/s)	Tangensial (N)	Turbin (Nm)	Angular (rad/s)
150°	0,00030	1.950	1.550	0.084	35.782
160°		2.070	1.483	0.081	37.977
170°		2.526	1.305	0.071	46.350
150°	0,00033	2.007	2.012	0.110	36.829
160°		2.105	1.951	0.106	38.622
170°		2.540	1.787	0.097	46.605
150°	0,00035	2.327	2.075	0.113	42.704
160°		2.340	2.067	0.113	42.934
170°		2.645	1.986	0.108	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	Reynold	Koefisien Gesek	Pipa Hisap	Pipa Dorong	Head (mka)
Debit Air			Head	Head	
(m ² /s)			Loss	Loss	

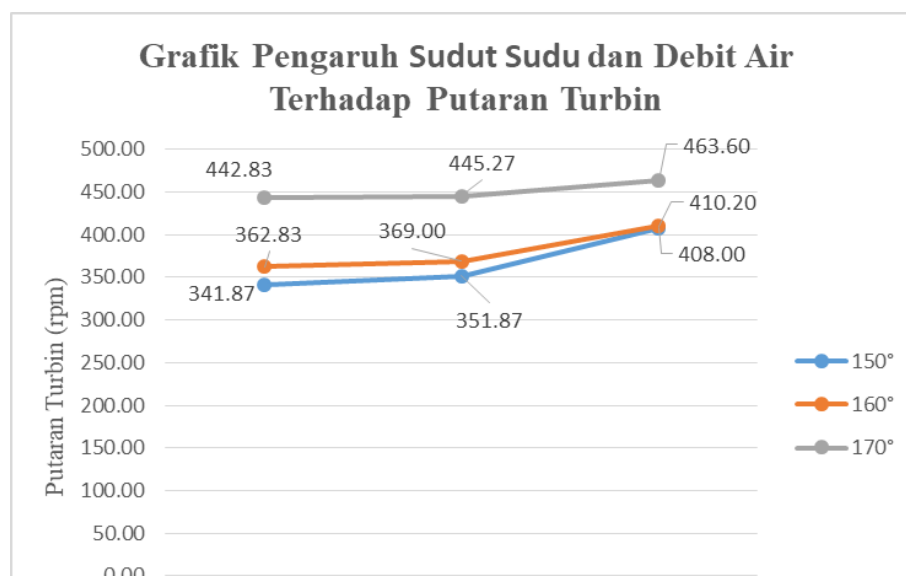
Hasil Perhitungan Performa Turbin

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

Tabel 1.5 Perhitungan Performa Turbin

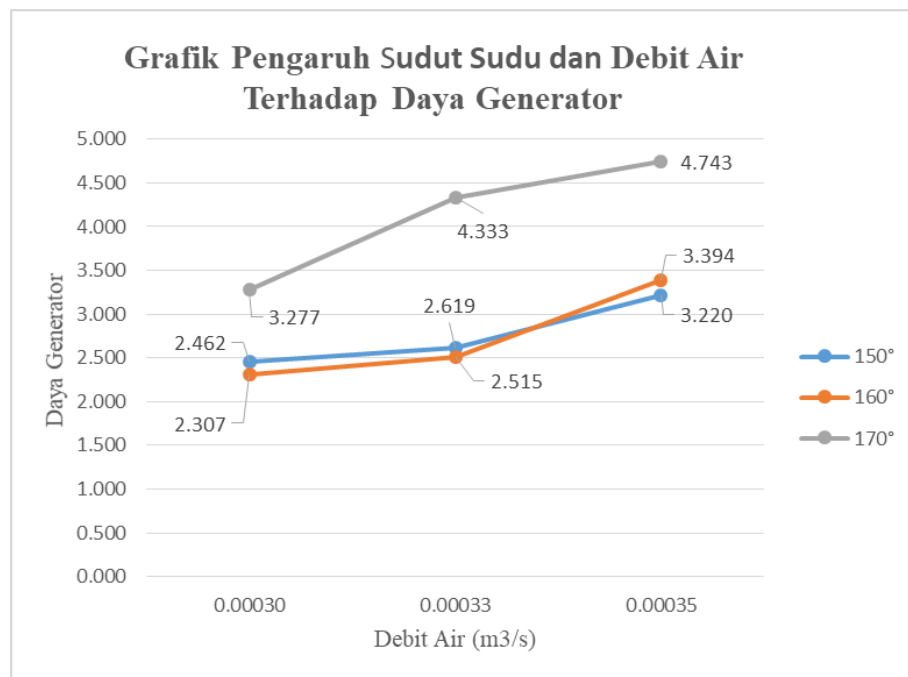
Variasi	Performa Turbin				
	Debit Air (m ³ /s)	Daya Hidrolis (Watt)	Daya Turbin (Watt)	Daya Listrik (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
150°	0.00030	19.809	3.022	2.462	15.255%
	0.00033	26.642	4.039	2.619	15.161%
	0.00035	30.590	4.829	3.220	15.787%
160°	0.00030	19.809	3.068	2.307	15.491%
	0.00033	26.642	4.108	2.515	15.418%
	0.00035	30.590	4.836	3.394	15.809%
170°	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 grafik dampak dari sudut sudu dan debit air didasarkan pada nilai performa turbin yang ada.



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

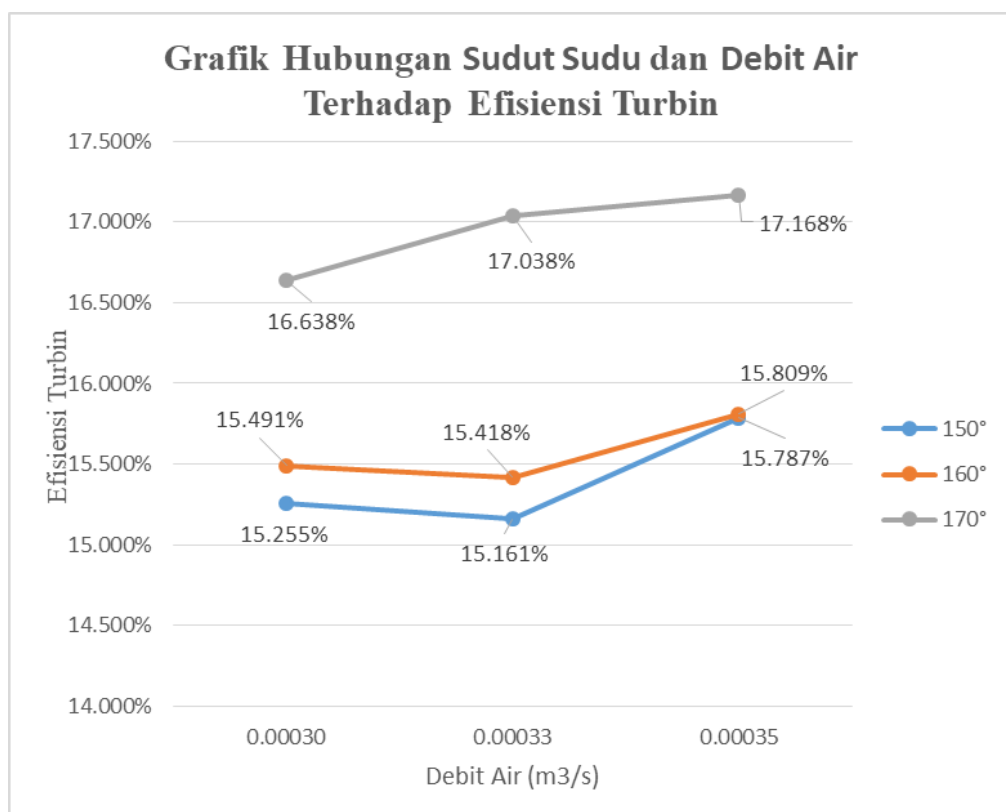
Pusaran Turbin adalah kecepatan putaran yang menunjukkan jumlah perpuatan poros dari suatu turbin dalam satuan waktu dan diberikan dalam putaran permenit (RPM). Dari gambar 1 grafik hubungan pengaruh sudut sudu dan debit air atas pusaran turbin. Dapat dijelaskan pada grafik nilai terbaik ada pada variasi sudut sudu 170° dengan bukaan katub air full yang meperoleh putaran turbin 463,60 RPM, dengan begitu nilai terendah diperoleh pada variasi sudut sudu 150° dengan bukaan katub $\frac{1}{2}$ yang menghasilkan putaran turbin 341,87 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 semakin rendah putaran turbin yang dihasilkan. Sedangkan untuk putaran turbin tertinggi ada pada sudut sudu 170° 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° dengan debit air 0,00035 m³/s dengan menghasilkan daya generator 4,743 Watt, kemudian nilai terendah ada pada variasi sudut sudu 160° dengan debit air 0,00030 m³/s yang menghasilkan

daya generator 2,307 Watt. Ini menunjukkan 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° , dan daya generator yang memiliki nilai terendah ada pada sudut 160° .



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° dan debit air $0,00035 \text{ m}^3/\text{s}$. Efisiensi turbin mengalami penurunan pada variasi sudut sudu 150° dan sudut 160° .

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° karena dengan sudut sudu yang sedikit melebar akan dapat menampung pancaran air yang di lakukan oleh nosel. Dengan begitu daya generator akan menjadi lebih besar seiring dengan bertambahnya debit air yang bekerja pada turbin. Pada sudut 170° mampu menghasilkan daya generator terbesar lebih tinggi daripada variasi sudut sudu 160° dan 150° . Daya generator terbesar ada pada sudut 170° dan debit air $0,00035 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan nilai $4,743 \text{ Watt}$.
2. Efisiensi turbin ialah perbedaan dari daya input (daya hidrolis) terhadap daya output (daya turbin). Pada sudut 170° memiliki efisiensi turbin lebih tinggi daripada variasi sudut 160° dan 150° . Efisiensi turbin terbesar ada pada sudut sudu 170° 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 sudu 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° 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 beroperasi 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 Kompresor. 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.