



Analisa Pengaruh Sudut Sudu dan Variasi Debit Air Terhadap Performa Turbin Pelton Mikrohidro

Mochamaad Saddam Amiruddin (Mahasiswa), Ir.Supardi,M.Sc (Dosen Pembimbing)

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: saddamamir23@gmail.com

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 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°, 160°, dan 170°. 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° dan debit air 0,00035 m^3/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 m^3/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 perancangan 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 $0.00035 \text{ m}^3/\text{s}$ 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 $0.00030 \text{ m}^3/\text{s}$ 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° 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 kekecepatannya 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 dikonfersikan 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 berkitan 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 pad avariasi sut sudu maupun debit aliran air.

PROSEDUR EKSPERIMEN

Proses perencanaan turbin pelton

Dalam perencanaan Turbin Pelton ada 3 parameter yang perlu diperhatikan untuk menentukan daya yaitu: Daya Air (P), Debit Aliran Air (Q), dan Head (H) memakai rumus dibawah ini.

$$P = Q.H. g.p.\eta$$

Dimana :

P = Daya air (Watt)

Q = Debit aliran air (m³/s)

H = Head (m)

g = Percepatan gravitasi (9,81m/s²)

p = Massa jenis air (1000 kg/m³)

η = Efisiensi (%)

Nosel juga mempunyai kegunaan, yaitu dapat membuat aliran jet berkecepatan tinggi, dan menempatkannya mengarah pada sudu turbin. Menurut Zhang (dalam Kurniawan, dkk 2017) skala dan besaran nosel dapat berpengaruh terhadap daya listrik yang ciptakan. Membuat skala diameter nosel menjadi kecil dan menambahkan jumlah nosel dapat menambah energi listrik yang diciptakan. Meningkatnya energi listrik disebabkan karena adanya arus air yang bergerak menuju sudu semakin cepat, dengan begitu dapat menciptakan gaya benturan sejalan dengan perubahan gaya terhadap setiap putaran poros turbin.

Agar diketahuinya ukuran diameter dari nosel, wajib dihitung terlebih dahulu kecepatan pancaran air

$$c_1 = k_c \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (2)$$

Ukuran diameter nosel dilakukan perhitungan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot c_1}} \quad (3)$$

Dimana :

C₁ = Kecepatan pancaran air (m/s)

K_c = Koefisien nosel (0,96–0,98)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

H = Head (m)

d = Diameter optimal jet atau nosel (m)

Q = Debit aliran air (m³/s)

Sudu juga bagian dari elemen yang dirangkai pada runner atau roda turbin. Akan tetapi wujud sudu yang terdapat Turbin Pelton ialah 2 bagian mangkuk yang dijadikan satu, lalu pada bagian tengah mempunyai pemisah air. Bucket turbin pelton bisa diciptakan dari bermacam bahan. Saat ini, bucket turbin Pelton diciptakan yang berasal baja tuang dengan krom. Namun ada yang menggunakan bahan material misalnya pada baja tuang, krom atau yang lain. Pemanfaatan material berdasarkan juga dari kemampuan yang ada pada material. Material bisa juga pada bobot bucket yang dipakai pada turbin Pelton.

Ukuran yang terdapat pada sudu bisa dilakukan perhitungan memakai persamaan dibawah ini.

Besarnya lebar sudu

$$b = (2,5 \dots 3,2) \cdot d \quad (5)$$

Kedalaman sudu

$$t = 0,9 \cdot d \quad (6)$$

Panjang sudu

$$h = (2,1 \dots 2,7) \cdot d \quad (7)$$

Jarak bukaan sudu

$$h_1 = (0 \dots 0,35) \cdot d \quad (8)$$

Lebar bukaan sudu

$$a = 1,2 \cdot d \quad (9)$$

Jumlah sudu

$$z = \left(\frac{D \cdot \pi}{d \cdot 2} \right) \quad (10)$$

Dimana :

b = Lebar sudu (m)

d = Diameter optimal jet atau nosel (m)

t = Kedalaman sudu (m)

h = Panjang sudu (m)

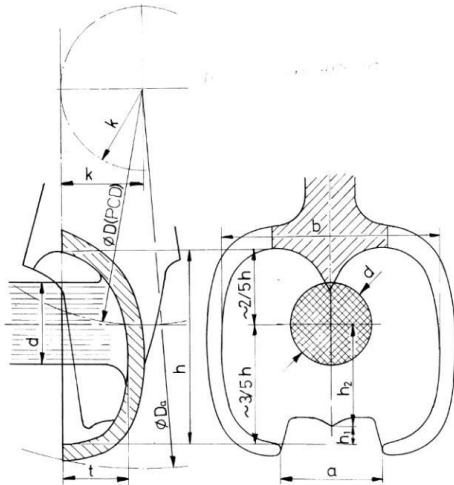
h₁ = Jarak bukaan sudu (m)

a = Lebar bukaan sudu (m)

z = Jumlah sudu

D = Diameter runner / PCD(m)

Berikut ini ialah ilustrasi dari dimensi sudu turbin pelton.



Gambar 1. Dimensi sudu turbin pelton (Eisenring 1991)

Runner ataupun yang bisa disebut juga roda turbin tersusun tersusun dari piringan ataupun disk yang berjumlah sama yang terdapat sudu atau bucket yang terdapat pada sekitarnya. Penempatan sudu pada runner juga dapat menggunakan baut atau pin. Agar memudahkan pada saat pemasangan bucket yang dapat dilubangi dengan bor.

Agar mendapatkan ukuran diameter runner, diharuskan melakukan perhitungan kecepatan putar yang terdapat di runner.

$$h_1 = k_u \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (10)$$

Ukuran penampang pada runner bisa dilakukan perhitungan dengan memakai persamaan berikut.

$$D = \frac{60 \cdot u_1}{\pi \cdot n_o} \quad (11)$$

Dimana :

u_1 = Kecepatan putar pada runner (m/s)

k_u = Koefisien (0,45...0,49)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

H = Head (m)

D = Diameter runner (m)

n_o = Kecepatan putaran mesin atau generator (rpm)

d_a = Diameter luar runner (m)

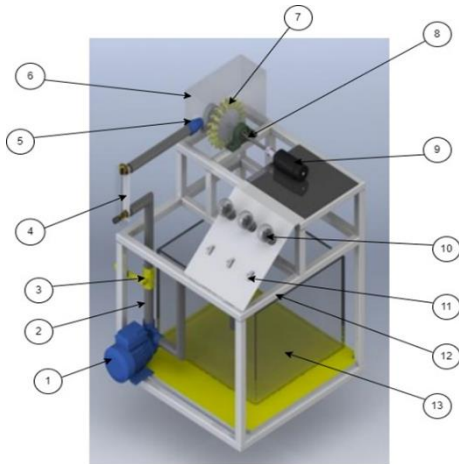
h = Panjang sudu (m)

Berdasarkan perhitungan yang terdapat pada perencanaan Turbin Pelton Mikrohidro, diperoleh seperti dibawah ini:

- Kapasitas (Q) : 361/m
- Head efektif (H) : 5 m
- Putaran turbin (n_o) : 850 rpm
- Efisiensi turbin (η) : 70%
- Diameter nosel (d) : 9 mm
- Lebar sudu (b) : 41,5 mm
- Kedalaman sudut (t) : 15,3 mm
- Panjang sudu (h) : 53 mm
- Sudut sudu (z) : 150°
- Diameter runner (D) : 109 mm
- Jarak pusat pancaran air : 115 mm
- Lebar sudu (b) : 38,3 mm
- Kedalaman sudut (t) : 14,3 mm
- Panjang sudu (h) : 53 mm
- Sudut sudu (z) : 160°
- Lebar sudu (b) : 36,5 mm
- Kedalaman sudut (t) : 13,2 mm
- Panjang sudu (h) : 52,9 mm
- Sudut sudu (z) : 170°

Pembuatan Alat Uji

Proses pembuatan alat uji dapat dijalankan jika gambar, alat maupun material yang dapat terpenuhi dalam pembentukan alat uji. Dibawah ini ialah desain pemasangan dari alat uji Turbin Pelton.



Gambar 2. Instalasi alat uji turbin pelton

Keterangan gambar instalasi alat uji:

1. Pompa Air
2. Perpipaian (Diameter 1")
3. Katup Air (Ball Valve)
4. Flow Meter (maks. 70 lpm)
5. Nosel
6. Rumah Turbin
7. Sudu dan Runner
8. Bearing
9. Generator
10. Lampu
11. Saklar
12. Rangka
13. Reservoir

Langkah Pengujian

Berikut ialah proses pada saat melaksanakan pengujian yang terdapat prototipe Turbin Pelton.

1. Menyiapkan alat yang dibutuhkan.
2. Memasukan air pada bak reservoir yang berjumlah sebanyak 40 liter.
3. Rangkai turbin meliputi banyaknya sudu yang disesuaikan variasi percobaan yang dilaksanakan.
4. Nyalakan pompa air dengan mengubah posisi saklar menjadi ON.
5. Buka katup air lalu posisikan katup kran air sesuai dengan variasi percobaan yang dilaksanakan.

6. Pengumpulan data percobaan yang dilakukan meliputi:
 - a. Jumlah air pada notch weir (m^3/s).
 - b. Pusaran turbin (Rpm Tegangan energi listrik (V)
 - c. Arus pada listrik (A)
 - e. Pembebanan memakai lampu.
7. Sesudah melakukan pengambilan data, kran air ditutup.
8. Kemudian matikan pompa air dengan mengubah posisi saklar menjadi OFF.
9. Percobaan selesai.

Perhitungan Performa Turbin

Ukuran arus ialah banyaknya luas pancaran air terhadap percepatan arus. Ukuran arus dapat dihitung memakai persamaan seperti dibawah ini.

$$Q = A.v \quad (12)$$

Dimana:

- Q = Debit aliran air (m^3/s)
 A = Luas pancaran air (m)
 v = Kecepatan aliran (m/s)

Menghitung torsi turbin dapat memakai persamaan seperti dibawah ini.

$$T = F.r \quad (13)$$

Dimana:

- T = Torsi turbin (Nm)
 F = Gaya Tengsial (N)
 r = Jari-jari runner (m)

Jika ingin memahami dimensi head pompa, bisa merujuk prinsip Bernoulli dengan mempertimbangkan kehilangan pada aliran pipa. Berikut ialah persamaan agar diketahuinya dimensi pada head pompa.

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} - \frac{V_2^2 - V_1^2}{2.g} + (z_d - z_s) + h_{ls} \quad (14)$$

Dimana

H_p = Head Pompa (m)

P_1 = Tekanan suction (N/m^2)

P_2 = Tekanan discharge (N/m^2)

V_2 = Kecepatan aliran hisap (m/s)

g = Percepatan gravitasi ($9,81m/s^2$)

z_d = Jarak di sisi dorong terhadap pompa (m)

z_s = Jarak di sisi hisap terhadap pompa (m)

h_{ls} = Head losses (m)

$$\eta_s = \frac{P_t}{P_h} \times 100\% \quad (17)$$

Dimana:

η_s = Efisiensi sistem turbin (%)

P_t = Daya turbin (Watt)

P_h = Daya hidrolis (Watt)

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. Data hasil pengujian

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

Untuk menemukan besaran daya hidrolis memakai persamaan dibawah ini.

$$p_h = p \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (15)$$

Dimana

p_h = Daya hidrolis (Watt)

p = Massa jenis air (1000 kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi ($9,81m/s^2$)

Q = Debit aliran air (m^3/s)

H = Head (m)

Agar diketahuinya besar daya turbin memakai persamaan berikut.

$$p_t = T \cdot \omega$$

Dimana:

p_t = Daya turbin (Watt)

T = Torsi turbin (Nm)

ω = Kecepatan angular (rad/s)

Agar diketahuinya besar daya generator memakai persamaan berikut.

$$p_g = V \cdot I \quad (16)$$

Dimana :

p_g = Daya generator (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

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 2. Hasil perhitungan kapasitas aliran

Variasi	Debit Air		Luas Permukaan Pipa (m)	Kecepatan Pancaran Air (m/s)
	Q (lpm)	Q (m^3/s)		
1/2	18	0,00030	0,000636	4,718
3/4	20	0,00033		5,242
Full	21	0,00035		5,504

Agar diketahuinya efisiensi sistem turbin memakai persamaan berikut.

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

Tabel 3. Hasil dari rekapitulasi torsi dan kecepatan anguler

Variasi		Kecepatan Keliling (m/s)	Gaya Tangensial (N)	Torsi Turbin (Nm)	Kecepatan Anguler (rad/s)
Sudut Sudu	Debit Air (m ³ /s)				
150°		1.950	1.550	0.084	35.782
160°	0,00030	2.070	1.483	0.081	37.977
170°		2.526	1.305	0.071	46.350
150°		2.007	2.012	0.110	36.829
160°	0,00033	2.105	1.951	0.106	38.622
170°		2.540	1.787	0.097	46.605
150°		2.327	2.075	0.113	42.704
160°	0,00035	2.340	2.067	0.113	42.934
170°		2.645	1.986	0.108	48.523

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

Tabel 4. Hasil dari rekapitulasi head pompa

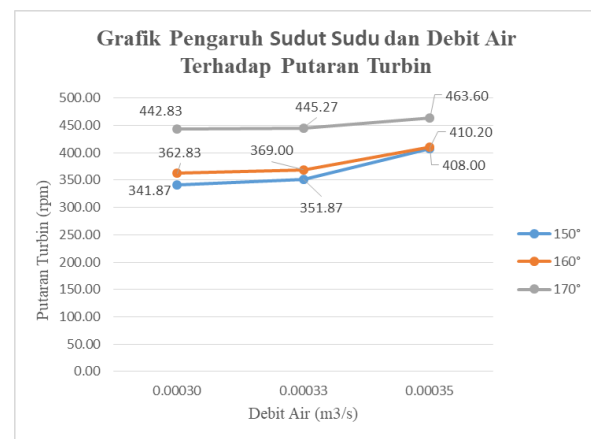
Variasi		Reynold	Koefisien Gesek	Pipa Hisap	Pipa Dorong	Head (mka)
Debit Air (m ² /s)	Head Loss			Head Loss		
0,00030	$139,38 \times 10^{-3}$	0,0164	2,249	3,025	6,738	
0,00033	$154,87 \times 10^{-3}$	0,0159	2,511	3,710	8,156	
0,00035	$162,61 \times 10^{-3}$	0,0158	2,762	4,077	8,918	

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

Tabel 5. Hasil dari rekapitulasi performa turbin

Sudut Sudu	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%

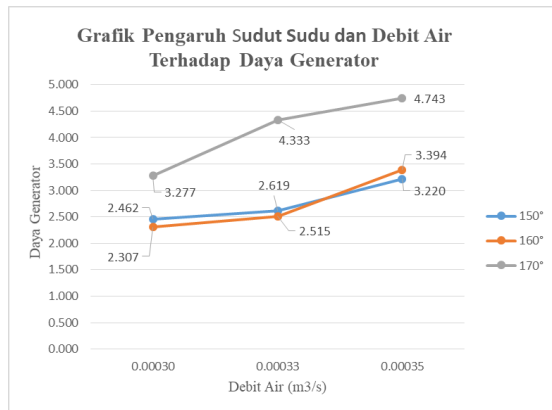
Berdasarkan tabel hasil rekapitulasi performa turbin, kemudian dibentuk grafik dampak dari sudut sudu dan debit air didasarkan apda nilai performa turbin yang ada.



Gambar 5. 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 4.2 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 ½ yang menghasilkan putaran turbin 341,87 RPM. Ini menunjukkan bahwa semakin lebar sudur sudu dan semakin besar bukaan katub pada debit air maka

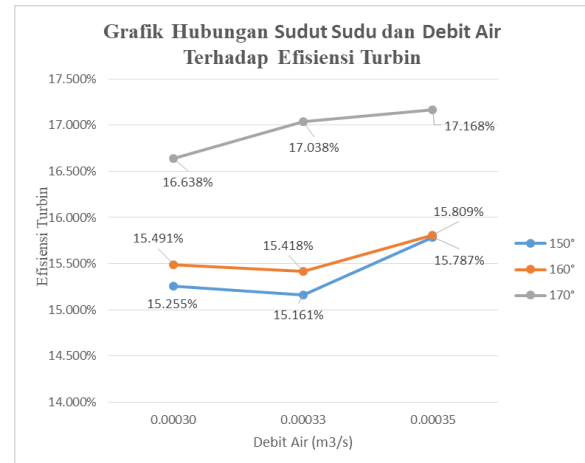
semakin tinggi (RPM) yang dihasilkan. Sebaliknya semakin kecil sudut sudu dan semakin kecil bukaan katub pada debit air maka semakin rendah putaran turbin yang dihasilkan. Sedangkan untuk putaran turbin tertinggi ada pada sudut sudu 170° dan bukaan debit air pada bukaan katub full.



Gambar 6. 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 $0,00035 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan menghasilkan daya generator 4,743 Watt, kemudian nilai terendah ada pada variasi sudut sudu 160° dengan debit air $0,00030 \text{ m}^3/\text{s}$ 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 DAN SARAN

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.

REFERENSI

- 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.