

ANALYSIS OF PELTON WATER TURBINE DESIGN RESULTS THROUGH VALVE VARIATIONS AND COMPARISON OF NUMBER OF BLADES

Oktavianus Andi Priyanto¹, Nereus Tugur Redationo², Bernardus Crisanto Putra Mbulu³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin-Fakultas Teknik-Universitas Widya Karya-Malang-Jawa Timur

Email: Andiikapriyanto27@gmail.com, tugur@widyakarya.ac.id, chris_bernardo666@widyakarya.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima:
29 Oktober 2024

Naskah Disetujui:
29 Oktober 2024

Naskah Diterbitkan:
31 Desember 2024

ABSTRACT

The Pelton turbine is an extension of the impulse turbine, the Pelton turbine operated with high pressure and changes in momentum received by the blades very large. In this research, the researcher wanted to analyze the effect of the number of blades against the momentum force that produces the turbine shaft rotation and generate electrical energy. The research used a mini Pelton type of water turbine, using blades with the number of blades 6, 12, and 18 blades. By using the valve opening ranging from 60o-720o, using an initial load of 150gr, arm length 15cm, then look for the unit conversion of discharge pressure (Pd), turbine head (HT), capacity water (Q), Water Horse Power (WHP), Brake Horse Power (BHP), and efficiency turbine. The number of blades that are more effective for use in mini-type water turbines Pelton valve opening variations are 18 blades, because of the efficiency and force values greater momentum so that the rotation of the turbine shaft produces a blade 18 with the results of the calculation of the 18 blades obtained a manometer of 215.74 N/m² turbine head 21.99 m, highest water capacity 0.012 m³/s, highest WHP 26,404 Watts, BHP the highest is 19,765 Watts, and the highest turbine efficiency is 75%.

Keywords: *Pelton turbine valve opening variation, blade/bucket.*

PENDAHULUAN

Menurut para ahli pembangkit listrik adalah bagian dari alat industri yang dipakai untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga. Bagian utama dari pembangkit listrik ini adalah generator, yakni mesin berputar yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip medan magnet dan penghantar listrik. Jenis pembangkit listrik tenaga air ini sering disebut *microhydro* atau sering juga disebut *picohydro* tergantung pengeluaran daya listrik yang dihasilkan. Teknologi ini terdiri dari komponen utama yaitu turbin air dan generator listrik [6].

Banyak sebagian orang memanfaatkan sumber energi yang berasal dari air, namun pemanfaatannya masih dalam skala kecil dan menggunakan teknologi yang masih sederhana dengan proses pembuatan yang ekonomis. Dimana banyak pemanfaatan menggunakan turbin air yaitu jenis turbin yang menggunakan media kerja air untuk menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros. Dengan banyaknya air terjun yang ada di setiap daerah

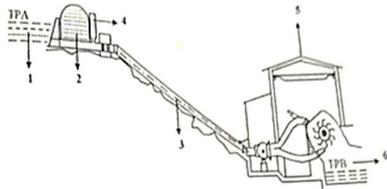
banyak yang menggunakan air terjun sebagai media dengan diatas ketinggian 300m [3].

Turbin Pelton merupakan pengembangan dari turbin implus, turbin Pelton dioperasikan dengan tekanan tinggi dan perubahan momentum yang diterima sudu-sudu sangat besar. Turbin jenis ini sangat cocok digunakan pada air terjun dengan ketinggian diatas 300m. Berdasarkan uraian diatas, dalam penelitian ini akan dilakukan pengaruh perbandingan jumlah sudu dan variasi bukaan katub, terhadap kinerja dan efisiensi turbin. Sehingga dapat mengetahui perbedaan kinerjanya dan dapat memanfaatkan aliran air yang mempunyai tinggi air jatuh (*head*) yang tinggi di atas 300m [1].

Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit listrik tenaga air adalah pembangkit yang mengandalkan energi potensial dan kinetik dari air untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan ini biasanya disebut hidroelektrik. Pembangkit listrik ini bekerja dengan cara merubah energi air yang mengalir (dari bendungan atau air terjun) menjadi energi mekanik (dengan bantuan turbin air) dan dari

energi mekanik menjadi energi listrik (dengan bantuan generator). Kemudian energi listrik tersebut dialirkan melalui jaringan-jaringan yang telah dibuat, hingga akhirnya energi listrik tersebut dapat dipakai oleh manusia untuk memenuhi kehidupan sehari-hari [6].

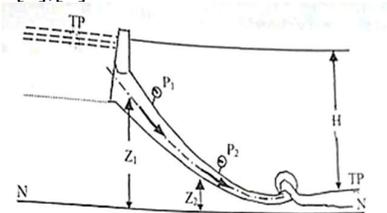


Gambar 1. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Keterangan [4]:

- Stronge Reservoir**
Merupakan suatu bendungan yang berfungsi sebagai tempat menampung air yang akan dimanfaatkan sebagai penggerak turbin air dengan melalui penstock, untuk menghasilkan tenaga listrik.
- Dam**
Suatu konstruksi berdiniding tebal yang digunakan untuk menahan air sehingga dapat menciptakan ketinggian.
- Water Way (Penstock)**
Saluran pipa untuk mengalirkan air dan bendungan yang digunakan untuk memutarakan sudu turbin, dimana dalam pipa tersebut energi potensial yang dimiliki oleh air akan diubah menjadi energi kinetik.
- Surge Tank**
Sebuah saluran pipa yang berfungsi sebagai pengamanan yang dipasang pada penstock untuk mencegah kembalinya air dalam pipa yang terhambat.
- Power House**
Sebuah bangunan yang didalamnya terdapat turbin, generator, tranfusi, dan lain sebagainya.
- Tail Race**
Tempat penampungan air yang sudah digunakan untuk memutar turbin.

Aliran air pada suatu ketinggian tertentu, (garis N-N) mempunyai bentuk-bentuk sebagai berikut [1],[4]:



Gambar 2. Bentuk Energi Pada Aliran Air

Energi Potensial/ Tempat (Ep)

$$E_p = m \cdot g \cdot z \text{ (Nm)} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- m = Massa air (kg)
- g = Percepatan gravitasi (m/s²)
- z = Beda ketinggian (m)

Energi Tekanan (Et)

$$E_t = m \cdot \frac{P}{\rho} \text{ (Nm)} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- P = Tekanan yang terjadi dari fluida (N/m²)
- ρ = Densitas air (kg/m³)

Energi Kecepatan (Ek)

$$E_k = m \cdot \frac{v^2}{2} \text{ (Nm)} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

Pada suatu aliran didalam pipa diambil suatu selisih ketinggian (z) antara ketinggian atas dan bawah, maka menurut Bernoulli besar energi aliran tersebut adalah:

$$W = m \cdot g \cdot z + m \cdot \frac{P}{\rho} + m \cdot \frac{v^2}{2} \text{ (Nm)} \dots\dots\dots(4)$$

Bila pada aliran diatas diambil suatu jumlah air tiap 1kg untuk diperhitungkan, hal ini dinamakan Spesifik Energi satuannya dalam Nm/kg.

Jika dibagi (m). Maka persamaan menjadi:

$$W_s = g \cdot z + \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} \text{ (Nm/kg)} \dots\dots\dots(5)$$

Jika persamaan diatas dibagi dengan percepatan gravitasi (g), maka salah satu ruas persamaan Bernoulli yang mempunyai arti ketinggian adalah:

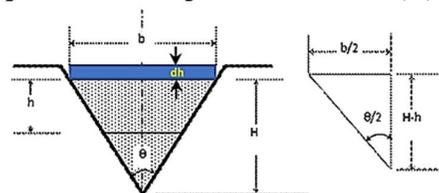
$$H = z + \frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} \text{ (m)} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana (z) adalah ketinggian dari suatu tempat yang dipakai standar (m)

$\frac{P}{\rho g}$ adalah tinggi tekanan (m)

$\frac{v^2}{2g}$ adalah tinggi kecepatan (m)

Kapasitas Air dengan V-Notch Weir (Q)



Gambar 3. V-Notch Weir

Karena kapasitas air melalui V-Notch Weir (ambang segitiga) perdetik berlainan dari atas kebawah, maka dapat dicari dengan jalan persamaan debit sebagai fungsi dan ketinggian

(H), luas celah (L) diambil dari suatu celah setinggi H, sehingga:

$$L = b \cdot dh$$

$$b = 2 (H-h) \operatorname{tg} \theta / 2$$

$$L = 2 (H-h) \operatorname{tg} \theta / 2 \cdot dh$$

Untuk debit / kapasitas (Q) melalui celah:

$$dQ = v \cdot L \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \dots\dots\dots (8)$$

$$dQ = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot L$$

$$dQ = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot 2 (H-h) \operatorname{tg} \theta / 2 \cdot dh$$

$$dQ = \sqrt{2 \cdot g} \cdot 2 (Hh^{1/2} - h^{3/2}) \operatorname{tg} \theta / 2 \cdot dh$$

Diintegrasikan dengan batas h = 0 sampai h = H maka didapatkan:

$$\int dQ = 2\sqrt{2 \cdot g} \cdot \operatorname{tg} \theta / 2 \int [(Hh^{1/2} - h^{3/2}) dh]$$

$$Q = 2\sqrt{2 \cdot g} \cdot \operatorname{tg} \theta / 2 \left[\frac{Hh^{3/2}}{3/2} - \frac{h^{5/2}}{5/2} \right]$$

$$Q = 2\sqrt{2 \cdot g} \cdot \operatorname{tg} \theta / 2 \left[\frac{2HH^{3/2}}{3/2} - \frac{H^{5/2}}{5/2} \right]$$

$$Q = 2\sqrt{2 \cdot g} \cdot \operatorname{tg} \theta / 2 \left[\frac{2H^{5/2}}{3} - \frac{2H^{5/2}}{5} \right]$$

$$Q = 2\sqrt{2 \cdot g} \cdot \operatorname{tg} \theta / 2 \left[\frac{10H^{5/2}}{15} - \frac{6H^{5/2}}{15} \right]$$

$$Q = 2\sqrt{2 \cdot g} \cdot \operatorname{tg} \theta / 2 \cdot \frac{4}{15} H^{5/2}$$

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \operatorname{tg} \theta / 2 \cdot H^{5/2}$$

Debit/ Kapasitas sebenarnya adalah:

$$Q = \frac{8}{15} \cdot c_d \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \operatorname{tg} \theta / 2 \cdot H^{5/2} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

Q = Debit/ kapasitas air yang dihasilkan (m³/dt)

c_d = Koefisien discharge (0,576)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)

θ = Sudut V – Notch Weir (60°)

H = Tinggi V – Notch Weir (m)

Persamaan Bernoulli ini hanya berlaku pada jenis aliran yang mempunyai batasan-batasan sebagai berikut:

- Aliran Steady
- Aliran tanpa gesekan
- Aliran sepanjang Streamline
- Aliran *Incompressible*

Prinsip Kerja Turbin Air

Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, energi mekanis akan diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi

mekanis [5]. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh nosel, sehingga akan menumbuk sudu-sudu turbin sehingga timbul gaya yang bekerja pada sudu yang disebut dengan gaya momentum. Putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik [1].

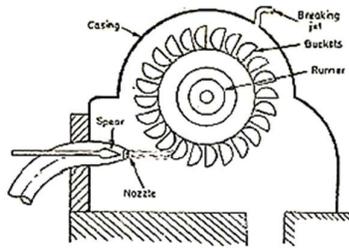
Turbin Pelton

Turbin Pelton termasuk jenis turbin impuls yang merubah seluruh energi air menjadi energi kecepatan sebelum memasuki runner turbin. Perubahan energi ini dilakukan didalam *nozzle* dimana air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi diubah menjadi energi kinetis. Pancaran air yang keluar dari *nozzle* akan menumbuk *bucket* yang dipasang tetap sekeliling runner dan garis pusat pancaran air menyinggung lingkaran dari pusat *bucket*. Kecepatan keliling dari *bucket* akibat tumbukan yang terjadi tergantung dari jumlah dan ukuran pancaran serta kecepatannya. Kecepatan pancaran tergantung dari tinggi air di atas *nozzlenya* serta effisiensinya [1].

Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan oleh *nozzle*. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi. Bentuk sudu turbin terdiri dari 2 bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping [4]. Turbin ini mempunyai empat komponen utama yaitu:

1. Nosel (*Guide Mechanism*)

Nosel merupakan mekanisme pengarah yang dilengkapi dengan jarum nosel yang berfungsi untuk mengarahkan aliran air supaya tepat mengenai *bucket*, dan juga untuk mengontrol kapasitas air yang ada didalamnya. Pergerakan dari jarum pengatur ini dapat dilakukan secara manual atau otomatis, dimana pemasangannya sangat dekat dengan sudu turbin untuk meminimalkan kerugian akibat tekanan angin disekitarnya. Pada poros mendarat dilengkapi satu atau dua nosel, sedang yang berporos tegak mempunyai sampai 6 buah nosel.



Gambar 4. komponen-komponen utama Turbin Pelton

2. Runner dan sudu-sudu gerak (bucket)

Roda jalan pada turbin berbentuk pelek (rim) dengan sejumlah sudu disekelilingnya. Pelek ini dihubungkan dengan poros dan seterusnya akan menggerakkan generator. Sudu turbin Pelton berbentuk elipsoidal atau disebut dengan bucket dan ditengahnya mempunyai pemisah air (splitter). Bahan yang digunakan biasanya dari besi cor untuk head yang rendah, sedangkan untuk head yang tinggi biasanya terbuat dari stainless steel pada paduan lain dan disini kami menggunakan alumunium sebagai bahan dasar pembuat sudu tersebut.



Gambar 5. Runner dan bucket turbin Pelton

3. Rumah turbin (casing)

Rumah turbin ini berfungsi sebagai tempat kedudukan roda jalan dan penahan air yang keluar dari sudu-sudu turbin. Agar runner tidak terendam, rumah turbin harus cukup tinggi diatas muka air. Konstruksinya harus cukup kuat untuk perlindungan seputar dari kemungkinan mangkok atau runner rusak dan terlempar saat turbin beroperasi. Rumah turbin juga dibutuhkan untuk melindungi sudu dan disc terhadap gangguan dari luar.

4. Rem jet

Guna menghentikan putaran dalam waktu yang singkat, sebuah nosel kecil dipasangkan berlawanan arah dengan putaran turbin agar roda jalan dapat berhenti. Nosel kecil ini disebut sebagai rem jet.

Persamaan yang Digunakan

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menganalisa pengujian instalasi turbin air mini jenis Pelton, untuk mengetahui besar daya turbin yang terjadi. Adapun persamaan-

persamaan lain yang mendukung diselesaikan oleh pembahasan lain, sehingga data-data yang digunakan diambil sesuai dengan apa yang dibutuhkan untuk menganalisa daya.

Persamaan-persamaan yang digunakan sebagai berikut [2].[5]:

a. Persamaan Tekanan Discharge (kg/cm^2)

$$P_d = (kg/cm^2) \Rightarrow (N/m^2) = (Pa)$$

$$1 kg/cm^2 = 0.9678 atm$$

$$1 atm = 1,01325.105 (N/m^2)$$

b. Persamaan Head Turbin (HT)

$$H_T = \frac{P_d}{\gamma} (m) \dots \dots \dots (10)$$

$$\gamma = \rho \cdot g (N/m^3)$$

Dimana:

$$H_T = \text{Head Turbin (m)}$$

$$P_d = \text{Tekanan discharge (N/m}^2\text{)}$$

$$\gamma = \text{Berat jenis air (N/m}^3\text{)}$$

c. Persamaan Efisiensi (η_T)

$$\eta_T = \frac{BHP}{WHP} \times 100 \dots \dots \dots (11)$$

Dimana:

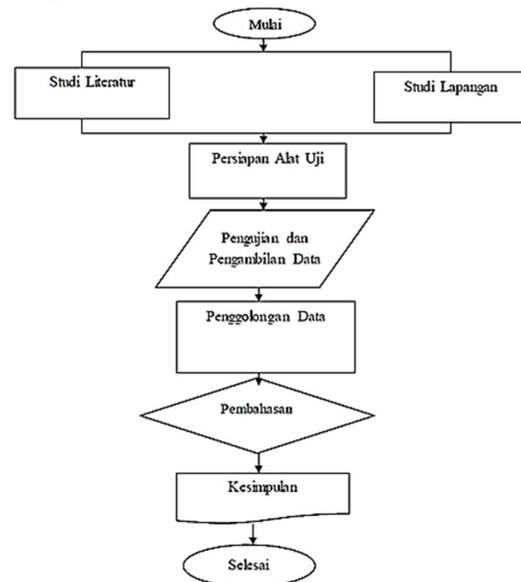
$$BHP = \text{Brake Horse Power (Watt)}$$

$$WHP = \text{Water Horse Power (Watt)}$$

METODOLOGI PENELITIAN

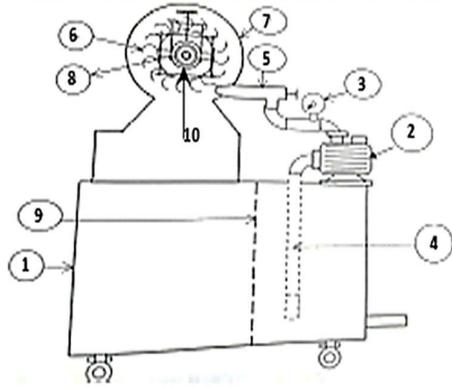
Adapun diagram alir penelitian ini, akan ditunjukkan pada Gambar 6. di bawah ini:

Diagram Alir Penelitian



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

Skema Penelitian



Gambar 7. Skema Penelitian

Keterangan:

1. Bak penampung air
2. Pompa air
3. Manometer
4. Pipa Hisap
5. Nosel
6. Bucket
7. Rumah Turbin
8. Rem Proni
9. V-Notch Weir
10. Disc Brake ($d = 0,05\text{cm}$)

Teknik Pengambilan Data

Dalam melakukan penelitian dan pengujian untuk memperoleh data yang diperlukan dari turbin mini jenis Pelton, melalui beberapa prosedur diantaranya yaitu:

Prosedur Pencatatan

Untuk setiap perbandingan jumlah sudu 6, 12, 18, dan variasi bukaan katup nosel dengan interval 30° dari posisi 0° sampai pada posisi bukaan katup 720° harus dilakukan pencatatan terhadap parameter-parameter penelitian yang diperlukan dalam perhitungan dan analisa data hasil pengujian guna pembahasan selanjutnya, yaitu:

- a. Pencatatan tekanan yang ditunjukkan pada manometer
- b. Catat tinggi air pada V-Notch weir.
- c. Catat putaran poros turbin sebelum pengereman dan sesudah pengereman yang ditunjukkan oleh jarum tachometer.
- d. Lakukan pencatatan beban pengereman pada saat putaran poros turbin di rem.

Variabel Penelitian

Penentuan variabel penelitian ini, terbagi atas:

1. Variabel Tetap
Bukaan Katup nosel $30^\circ - 270^\circ$
2. Variabel Bebas
Variasi jumlah sudu 6,12 dan 18.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Dari hasil pengujian didapatkan data yang tersaji pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian Sudu 6

No	Bukaan Katup Nosel ($^\circ$)	Putaran Poros (rpm)	Pembebanan Awal (gr)	Beban Pengereman (gr)	Tinggi V -Notch Weir (cm)	Tekanan Manometer		Volt (V)	Amper (A)	Panjang. engan (cm)	Kecepatan Setelah Pembebanan Awal (rpm)
						H_1 (cm.Hg)	H_2 (kg/cm 2)				
1	60	220	150	170	1,6	0,3	2,2	220	1,8	15	180
2	120	230	150	230	1,8	0,3	2,2	220	1,6	15	190
3	180	250	150	320	2,1	0,3	2,2	220	1,5	15	250
4	240	300	150	370	2,2	0,3	2,2	220	1,5	15	280
5	300	320	150	400	2,3	0,3	2,2	220	1,5	15	310
6	360	340	150	430	2,4	0,3	2,2	220	1,5	15	320
7	420	360	150	500	2,5	0,3	2,2	220	1,5	15	340
8	480	370	150	580	2,6	0,3	2,2	220	1,5	15	350
9	540	380	150	690	2,7	0,3	2,2	220	1,5	15	360
10	600	430	150	850	2,8	0,3	2,2	220	1,5	15	390
11	660	440	150	910	2,9	0,3	2,2	220	1,5	15	420
12	720	460	150	1050	3,0	0,3	2,2	220	1,5	15	440

Tabel 2. Hasil Pengujian Sudu 12

No	Bukaan Katup Nosel ($^\circ$)	Putaran Poros (rpm)	Pembebanan Awal (gr)	Beban Pengereman (gr)	Tinggi V -Notch Weir (cm)	Tekanan Manometer		Volt (V)	Amper (A)	Panjang. engan (cm)	Kecepatan Setelah Pembebanan Awal (rpm)
						H_1 (cm.Hg)	H_2 (kg/cm 2)				
1	60	250	150	250	1,6	0,3	2	220	1,8	15	190
2	120	270	150	320	1,8	0,3	2,1	220	1,6	15	220
3	180	320	150	410	2,1	0,3	2,2	220	1,5	15	250
4	240	355	150	440	2,2	0,3	2,2	220	1,5	15	270
5	300	380	150	680	2,3	0,3	2,2	220	1,5	15	285
6	360	400	150	730	2,4	0,3	2,2	220	1,5	15	310
7	420	420	150	790	2,5	0,3	2,2	220	1,5	15	330
8	480	435	150	860	2,6	0,3	2,2	220	1,5	15	360
9	540	450	150	920	2,7	0,3	2,2	220	1,5	15	375
10	600	475	150	1100	2,8	0,3	2,2	220	1,5	15	400
11	660	485	150	1180	2,9	0,3	2,2	220	1,5	15	420
12	720	500	150	1290	3,0	0,3	2,2	220	1,5	15	450

Tabel 3. Hasil Pengujian Sudu 18

No	Bukaan Katup Nosel ($^\circ$)	Putaran Poros (rpm)	Pembebanan Awal (gr)	Beban Pengereman (gr)	Tinggi V -Notch Weir (cm)	Tekanan Manometer		Volt (V)	Amper (A)	Panjang. engan (cm)	Kecepatan Setelah Pembebanan Awal (rpm)
						H_1 (cm.Hg)	H_2 (kg/cm 2)				
1	60	350	150	400	1,6	0,3	2,2	220	1,8	15	310
2	120	370	150	510	1,8	0,3	2,2	220	1,6	15	340
3	180	385	150	730	2,1	0,3	2,2	220	1,5	15	355
4	240	400	150	790	2,2	0,3	2,2	220	1,5	15	370
5	300	420	150	850	2,3	0,3	2,2	220	1,5	15	390
6	360	445	150	910	2,4	0,3	2,2	220	1,5	15	420
7	420	460	150	990	2,5	0,3	2,2	220	1,5	15	440
8	480	470	150	1100	2,6	0,3	2,2	220	1,5	15	455
9	540	485	150	1180	2,7	0,3	2,2	220	1,5	15	465
10	600	500	150	1280	2,8	0,3	2,2	220	1,5	15	485
11	660	520	150	1350	2,9	0,3	2,2	220	1,5	15	500
12	720	550	150	1400	3,0	0,3	2,2	220	1,5	15	530

Pembahasan

Data Hasil pengujian di atas selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (9 – 11), untuk mengetahui nilai efisiensi turbin. Selanjutnya data tersebut dimasukkan ke dalam grafik pembahasan, yang akan disajikan sebagai berikut:

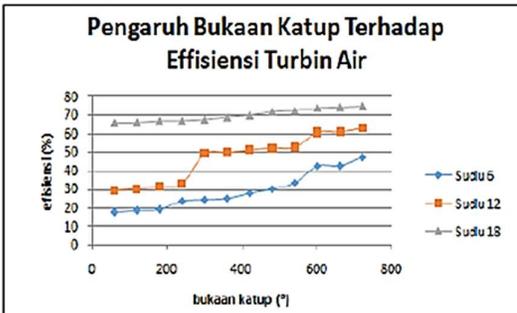
Pengaruh Bukaian Katup Terhadap Debit



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Debit dengan Bukaian Katup

Pada Gambar 8. di atas, terlihat bukaian katup (°) sudu 6, 12, dan 18 berpengaruh dengan debit air (Q). Dimana didapatkan bahwa hubungan bukaian katup yang cenderung naik dengan jumlah sudu yang semakin banyak, diikuti dengan naiknya debit air (Q). Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaian katup nosel dan jumlah sudu, maka akan mempengaruhi hasil debit yang semakin besar.

Pengaruh Bukaian Katup Terhadap Efisiensi Turbin Air

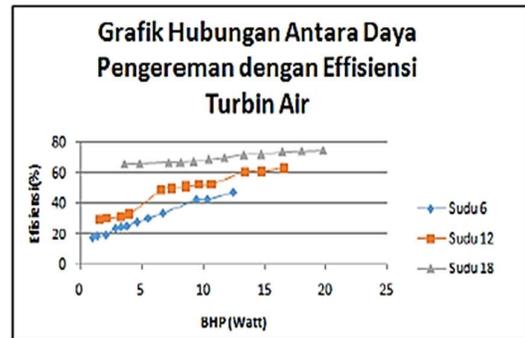


Gambar 9. Grafik Pengaruh Bukaian Katup Terhadap Efisiensi

Pada Gambar 9. di atas terlihat bahwa pengaruh bukaian katup dan jumlah sudu 6,12, 18 terhadap efisiensi turbin (η_T), didapatkan hubungan bukaian katup yang cenderung naik dan jumlah sudu yang berbeda, efisiensi turbin mengalami perubahan. Hal ini disebabkan karena tekanan fluida yang keluar dari nosel menyebabkan kenaikan putaran dengan jumlah sudu 6, 12, dan 18. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaian katup nosel maka putaran

dengan sudu 6, 12, dan 18 menghasilkan kenaikan terhadap efisiensi turbin.

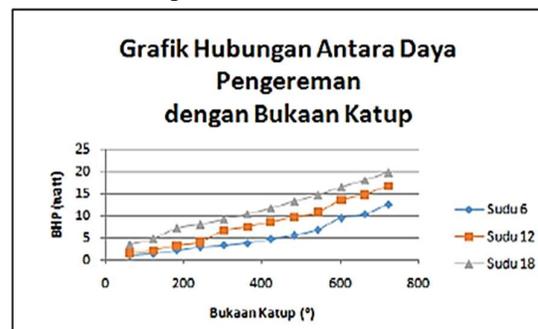
Hubungan Antara Daya Pengereman dengan Efisiensi Turbin Air



Gambar 10. Hubungan Antara Daya Pengereman dengan Efisiensi

Pada Gambar 10. di atas terlihat bahwa pengaruh antara daya pengereman dengan efisiensi, yaitu stabil atau naik secara bertahap, namun pada sudu 6 dan 12 terlihat naik secara signifikan. Hal ini disebabkan bahwa tekanan pada pengereman dengan jumlah sudu yang semakin banyak akan membuat beban pengereman lebih kuat tekanannya sehingga kenaikan efisiensi yang bertahap.

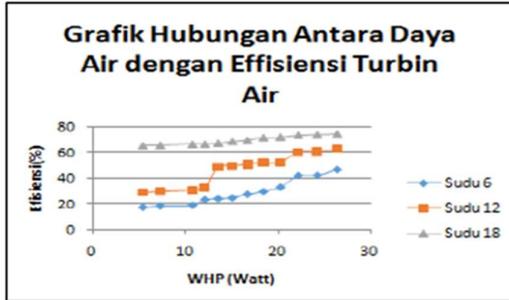
Hubungan Antara Daya Pengereman dengan Bukaian Katup



Gambar 11. Hubungan Antara Daya Pengereman dengan Bukaian Katup

Pada Gambar 11. Di atas terlihat bahwa pengaruh bukaian katup dan jumlah sudu 6,12, 18 terhadap BHP, didapatkan bahwa semakin besar bukaian katup dan jumlah sudunya maka proses pengereman atau BHP semakin besar. Hal ini disebabkan karena jika semakin besar bukaian katup dan semakin banyak sudunya, kecepatan putar akan semakin cepat yang dihasilkan, sehingga proses BHP atau pengereman pun akan semakin meningkat.

Hubungan Antara Daya Air dengan Efisiensi Turbin Air



Gambar 12. Hubungan Antara Daya Air dengan Effisiensi

Pada Gambar 12. di atas terlihat bahwa pengaruh WHP (*Water Horse Power*) dengan Efisiensi turbin cenderung akan semakin naik, hal ini dikarenakan semakin besar daya air yang dihasilkan dengan jumlah sudu 6, 12, 18 maka pengaruh terhadap efisiensi turbin (η_T) semakin meningkat bahwa hubungan bukaan katup dan jumlah sudu akan mempengaruhi daya air yang dihasilkan.

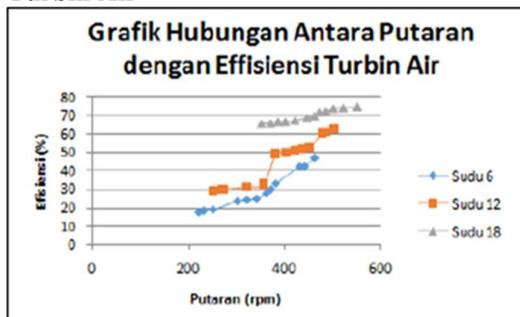
Pengaruh Bukaan Katup Terhadap Putaran



Gambar 13. Pengaruh Bukaan Katup Terhadap Putaran

Pada Gambar 13. di atas terlihat bahwa pengaruh bukaan katup dan jumlah sudu 6, 12, 18 terhadap putaran (rpm), didapatkan bahwa hubungan bukaan katup yang semakin besar dengan jumlah sudu yang berbeda, putaran turbin akan mengalami perubahan kecepatan yang terus meningkat.

Hubungan Antara Putaran dengan Efisiensi Turbin Air



Gambar 14. Hubungan Antara Putaran dengan Efisiensi

Pada Grafik 7. di atas terlihat bahwa pengaruh putaran (rpm) dan jumlah sudu 6, 12, 18 terhadap efisiensi (η_T), didapatkan bahwa hubungan putaran poros (rpm) mengalami peningkatan, hal ini dikarenakan bukaan katup dan jumlah sudu yang berbeda akan mempengaruhi kecepatan putaran sehingga efisiensi turbin pun mengalami perubahan.

Pengaruh Bukaan Katup Terhadap WHP



Gambar 14. Hubungan Antara Putaran dengan Efisiensi

Pada Gambar 14. di atas terlihat bahwa pengaruh bukaan katup dan jumlah sudu 6, 12, 18 terhadap WHP (*water horse power*) didapatkan bahwa daya air yang ada pada turbin stabil atau sama, hal ini dikarenakan daya air pada turbin mempunyai nilai yang sama meski bukaan katup mulai dari 60° - 720° dan dengan jumlah sudu yang berbeda.

PENUTUP

Dari hasil pengujian mesin turbin jenis Pelton menggunakan katup sebagai pengatur laju aliran keluar untuk memutar sudu/ *bucket* yang berbeda dengan posisi bukaan katup dalam kinerja turbin air mini jenis Pelton maka kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh jumlah sudu 6, 12, dan 18 terhadap kinerja turbin air Pelton yaitu, semakin banyak jumlah sudu dan besar bukaan katup pada turbin air mini Pelton akan menghasilkan kenaikan debit air (Q), dan menghasilkan energi listrik yang tinggi. Hal ini juga berpengaruh pada daya pengereman yang semakin besar pula, dengan semakin banyak jumlah sudu akan mengakibatkan perubahan kecepatan yang semakin meningkat.
2. Pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi kinerja turbin air mini jenis Pelton adalah sudu 6 dengan efisiensi terbesar 47%, sudu 12 dengan efisiensi terbesar 63%, dan sudu 18 dengan efisiensi terbesar 75%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agar D., dan Rasi, M.,2007, On the use of a laboratory-scale Pelton Whell Water Turbine in renewable energy education, Renewable Energy
- [2] Banga, T. R. 1984. Hydraulic Machines. New Delhi: Khanna Publishers.
- [3] Frank M. White. Mekanika Fluida. Edisi kedua jilid 1. Jakarta: Erlangga
- [4] Fritz Dietzel, F. 1993. Turbin, Pompa dan Kompresor. Jakarta: Erlangga
- [5] Khurmi, R. S. 1995, Fluid Machine. New Delhi: S. Chand & Company Ltd.
- [6] Marsudi, Djiteng. 2006. Pembangkit Energi Listrik. Jakarta: Erlangga
[http://www.antarnews.com/berita/307705/baru-25-persen-potensi-airtermanfaatkan.](http://www.antarnews.com/berita/307705/baru-25-persen-potensi-airtermanfaatkan)