

UNJUK KERJA TURBIN JENIS PELTON BERDASARKAN VARIASI BUKAAN KATUP UNTUK MENGATUR KELUARAN DEBIT ALIRAN DAN *HEAD*

HM Ma'ruf¹

Abstraksi

Instalasi turbin air jenis pelton ini disimulasi menggunakan pompa sentrifugal sebagai penggerak aliran (pengganti ketinggian air jatuh). Energi tekan yang dimiliki oleh air kemudian diubah menjadi energi kecepatan pada nosel, sehingga air yang keluar dari nosel dipancarkan dengan kecepatan yang tinggi. Air tersebut kemudian menumbuk sudu-sudu (*buckets*) yang terpasang pada roda turbin (*runner*), dimana runner tersebut terpasang pada poros turbin, sehingga poros turbin ikut berputar, air tersebut akan jatuh ke bak *V-notch weir* yang berfungsi untuk mengukur berapa besar debit air yang dialirkan. Dari bak *V-notch weir* air akan jatuh lagi ke bak penampung air, dan dari bak penampung ini air akan dihisap lagi oleh pompa untuk melakukan proses yang sama sehingga akan terjadi sirkulasi. Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data, dapat disimpulkan, bahwa karakteristik daya output (*EHP*) yang dihasilkan turbin yang terbaik sebesar 8,873 watt dan efisiensi turbin (η_t) sebesar 58,24 % pada bukaan katup nosel 720° , debit air (Q) sebesar $0,000058 \text{ m}^3/\text{s}$ dan *head manometrik* 27,01 m. Dengan demikian, turbin air jenis pelton ini dianjurkan beroperasi pada kondisi tersebut.

Kata Kunci : Bukaan Katup, Efisiensi, Turbin Pelton

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan energi listrik semakin meningkat, sehingga energi listrik merupakan suatu unsur yang sangat penting dalam perkembangan suatu negara atau suatu daerah. Oleh karena itu pemanfaatan sumber energi di bumi ini secara optimal merupakan suatu cara yang baik untuk mengantisipasi perkembangan zaman tersebut.

Sebagian besar negara kita masih mengandalkan pembangkit listrik berbahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara yang terbatas jumlahnya dan merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui (*non-renewable*) yang suatu saat akan habis, sementara kebutuhan listrik terus bertambah. Oleh karenanya pemanfaatan energi saat ini lebih mengarah pada penggunaan energi terbarukan yang tersedia di alam, salah satunya adalah energi air yang bisa di manfaatkan untuk seperti minyak

bumi, gas alam dan batu bara yang terbatas jumlahnya dan merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui (*non-renewable*) yang suatu saat akan habis menggerakkan suatu turbin untuk menghasilkan energi listrik.

Oleh karenanya pemanfaatan energi saat ini lebih mengarah pada penggunaan energi terbarukan yang tersedia di alam salah satunya adalah energi air yang bisa di manfaatkan untuk menggerakkan suatu turbin untuk menghasilkan energi listrik.

Laboratorium Prestasi Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang telah merancang turbin air mikro hydro jenis pelton dengan kapasitas aliran dan *head* yang relatif memadai untuk mendapatkan peningkatan output daya dan efisiensinya.

Permasalahan yang dianalisa dari topik tersebut diatas adalah seberapa besar daya output dan efisiensi yang mampu dihasilkan turbin air jenis pelton dengan variasi bukaan

¹ Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

katup untuk mengatur besarnya debit dan head yang dibutuhkan.

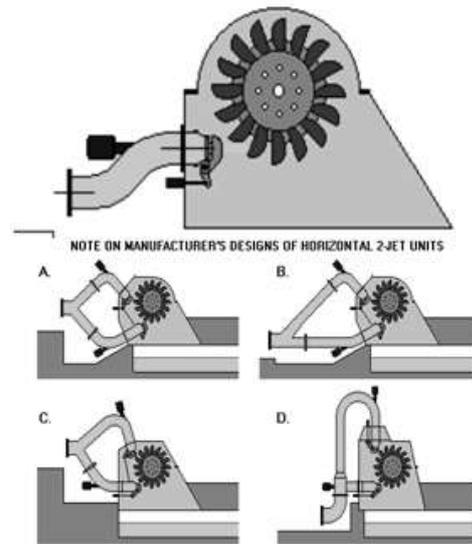
Penelitian bertujuan untuk mengetahui besar daya output dan efisiensi maksimum yang mampu dihasilkan turbin. Sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan kajian dalam penelitian dan pengembangan bagi mahasiswa

KAJIAN PUSTAKA

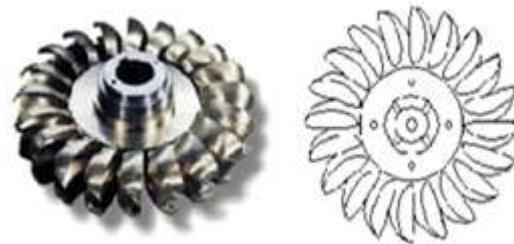
Turbin Pelton merupakan turbin impuls. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nosel. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien yang cocok digunakan untuk head tinggi dengan debit yang relatif rendah.

Pancaran air yang keluar dari nosel secara tangensial ditumbukkan ke sudu-sudu roda jalan (*runner*), sehingga terjadi perubahan energi dari energi kinetik air diubah menjadi energi mekanik oleh roda jalan turbin. Karena arah pancaran air menumbuk sudu tersebut dalam arah

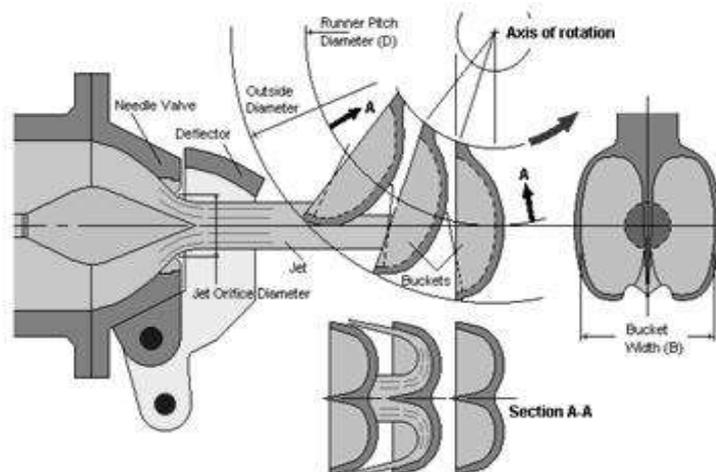
tangensial, sehingga turbin pelton sering juga disebut turbin tangensial.



Gambar 1. Jumlah Nosel Pada Turbin Pelton



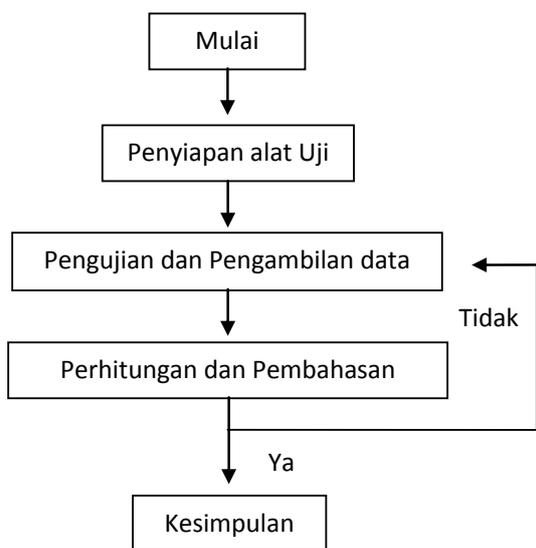
Gambar 2. Sudu Turbin



Gambar 3. Pancaran Air Saat Keluar Nosel Dan Menumbuk Sudu Turbin

METODOLOGI

Diagram alir Penelitian



Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium prestasi Mesin Unmer Malang.

Alat bantu

- Stop Watch
- Volt Meter
- Ampere Meter

Variabel pengujian

- Variabel kontrol : Sudut bukaan katup

- Variabel terikat : putaran turbin (*rpm*), ketinggian air pada *V-notch weir*, tekanan pada manometer (*kg/cm*), tegangan (*Volt*) dan arus (*Ampere*)



Gambar 4. Instalasi Turbin Air Jenis Pelton

HASIL DAN PEMBAHASAN

▪ **Data Pengujian**

Pengujian : Turbin Air Jenis Pelton
 Hari/Tgl : Senin / 02/6/2014
 Jam : 08..00 s/d 13.00
 Temperatur Air : 25° C
 Kelembaban : 59 %
 Temperatur ruang : 27° C

Tabel 1. Data Pengukuran Hasil Pengujian

No	Bukaan Katup (°)	Tinggi V-notch weir (m)	Putaran (rpm)	Ps (kg/cm ²)	Pd (kg/cm ²)	Tegangan (volt)	Arus (ampere)
1	90	0,015	210	-0,082	2,8	1,3	0,4
2	180	0,0155	245	-0,076	2,75	1,5	1,2
3	360	0,016	300	-0,071	2,7	1,8	2,8
4	540	0,017	360	-0,066	2,65	2	3,2
5	720	0,018	425	-0,061	2,63	2,3	4,8
6	900	0,0183	419	-0,063	2,6	2,1	4,5
7	1080	0,019	415	-0,061	2,62	2,1	4,2
8	1260	0,0198	410	-0,061	2,6	2,2	4,2
9	1440	0,0197	417	-0,062	2,6	2,1	4,3
10	1620	0,0199	413	-0,063	2,61	2,1	4
11	Penuh	0,02	418	-0,062	2,62	2	4,1

Perhitungan Data Hasil Pengujian

- Debit aliran pada V-notch (Q)

$$Q = 1,417 \times H^{5/2}$$

Dimana:

Q = Debit atau kapasitas aliran air (m³/s)

H = Tinggi air pada V-notch (m)

Catatan : rumus ini untuk perhitungan besarnya debit air, konstanta, termasuk harga koefisien discharge ($C_D = 0,6$ bahan dari baja ST 37), untuk sudut V sebesar 90° dan percepatan gravitasi 9,81 m/s

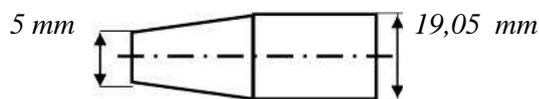
Maka;

$$Q = 1,417 \times (0,0194 \text{ m})^{5/2} = 0,000038 \\ = 0,000038 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

- Kecepatan masuk nosel (V₁)

$$Q = V \times A$$

$$V_1 = \frac{Q}{A_1}$$



Gambar 5. Nosel

Dimana

Q = kapasitas air pada V-notch Weir (m³/s)

V₁ = Kecepatan aliran air pada pipa (m/s)

A₁ = Luas penampang pipa (m²)

D₁ = 3/4 Inchi = 0,01905 (m)

Sehingga :

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times D_1^2 = \frac{\pi}{4} \times (0,01905 \text{ m})^2 \\ = 0,00028$$

Jadi;

$$V_1 = \frac{0,000038 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00028 \text{ m}^2} = 0,13 \text{ m/s}$$

- Kecepatan keluar nosel (V₂)

Kecepatan aliran air pada nosel dapat ditentukan dengan persamaan kontinuitas :

$$\rho_1 \times V_1 \times A_1 = \rho_2 \times V_2 \times A_2$$

karena fluida inkompresibel maka

$$\rho_1 = \rho_2 \rightarrow \text{konstan}$$

Sehingga :

$$V_2 = V_1 \times \left(\frac{A_1}{A_2} \right)$$

A₁ = Luas penampang nosel masuk (m²)

A₂ = Luas penampang Nosel keluar (m²)

D₂ = 5 mm = 0,005 (m)

Maka :

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \times D_2^2 = \frac{\pi}{4} \times (0,005 \text{ m})^2 \\ = 0,00002 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$V_2 = V_1 \times \left(\frac{A_1}{A_2} \right)$$

$$V_2 = 0,13 \times \left(\frac{0,00028 \text{ m}^2}{0,000019 \text{ m}^2} \right) = 1,9 \text{ m/s}$$

- Laju aliran massa Air (ḡ)

$$\dot{m} = \rho \times Q$$

dimana :

ḡ = Laju aliran massa (kg/s)

ρ = Massa jenis fluida air = 996,12 (kg/m³) → pada temperatur 25°C, (JP Holman, 1994)

Q = Besarnya kapasitas air (m³/s)

Maka :

$$\dot{m} = 996,12 \text{ kg/m}^3 \times 0,000038 \text{ m}^3/\text{s} \\ = 0,038 \text{ (kg/s)}$$

- **Head Manometrik Total (Hm_{total})**

$$Hm_{total} = \frac{Pd - Ps}{\rho \times g}$$

Dimana :

Hm_{total} = Head Manometrik Total (m)

Pd = Tekanan discharge (kg_f/cm^2)

Ps = Tekanan suction (kg_f/cm^2)

ρ = Massa jenis fluida air (kg/m^3)

Maka,

$$Hm_{total} = \frac{(2,81 - (-0,084)) \times 98100}{996,12 \times 9,81} = 29,05 \text{ m}$$

- **Daya Listrik (EHP)**

$$EHP = V \times I$$

Dimana :

EHP = Electric Horse Power (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

$\cos \varphi$ = Faktor Daya = 0,8

G = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

Sehingga :

$$EHP = 1,3 \text{ volt} \times 0,44 \text{ ampere} \times 0,8 = 0,458 \text{ Watt}$$

- **Besarnya Daya Air (WHP)**

$$WHP = \rho \times g \times Hm_{total} \times Q$$

Dimana :

WHP = Water Horse Power (watt)

ρ = Massa jenis fluida air (kg/m^3)

g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

Hm_{total} = Head total Pompa (m)

Q = Besarnya kapasitas air (m^3/s)

Maka :

$$WHP = 10,83 \text{ Watt}$$

- **Perhitungan Efisiensi Turbin (η_t)**

$$\eta_t = \frac{EHP}{WHP} \times 100 \%$$

Dimana :

η_t = Efisiensi Turbin (%)

EHP = Electric Horse Power (watt)

WHP = Water Horse Power (watt)

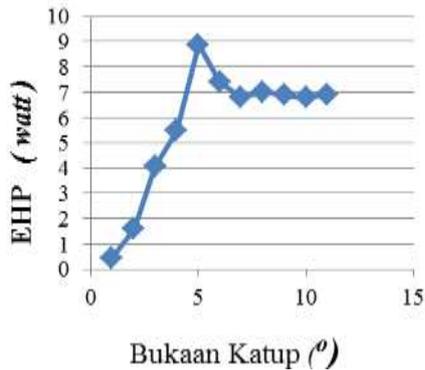
Maka :

$$\eta_t = \frac{0,572 \text{ watt}}{10,83 \text{ watt}} \times 100 \% = 5,28 \%$$

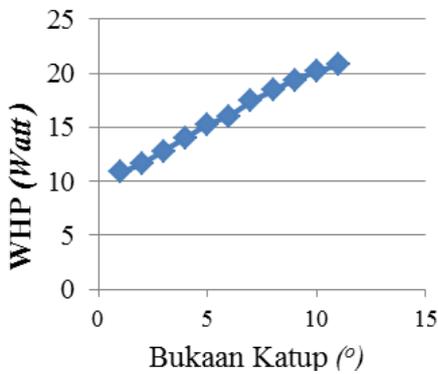
Tabel 1. Hasil Perhitungan

No	Bukaan Katup (°)	Tinggi V-notch weir (m)	Putaran (rpm)	Debit (m^3/s)	V_1 (m/s)	V_2 (m/s)	\dot{m} (kg/s)	Hm_{total} (m)	EHP (watt)	WHP (watt)	η_t (%)
1	90	0,0149	212	3,8E-05	0,13	1,9	3,8E-02	29,05	0,458	10,83	4,23
2	180	0,0155	247,6	4,2E-05	0,15	2,1	4,2E-02	28,20	1,593	11,60	13,73
3	360	0,0161	301	4,7E-05	0,16	2,3	4,7E-02	27,84	4,061	12,76	31,84
4	540	0,0170	372	5,3E-05	0,19	2,6	5,3E-02	26,99	5,491	14,00	39,22
5	720	0,0175	426,4	5,8E-05	0,20	2,8	5,8E-02	27,01	8,873	15,24	58,24
6	900	0,0179	416,4	6,1E-05	0,21	3,0	6,1E-02	26,81	7,430	16,00	46,43
7	1080	0,0185	416	6,6E-05	0,23	3,2	6,6E-02	27,07	6,789	17,40	39,02
8	1260	0,0190	413,2	7,0E-05	0,25	3,5	7,0E-02	26,83	7,021	18,44	38,08
9	1440	0,0193	413	7,4E-05	0,26	3,6	7,3E-02	26,94	6,889	19,35	35,60
10	1620	0,0197	415,2	7,7E-05	0,27	3,8	7,7E-02	26,81	6,787	20,17	33,65
11	Penuh	0,0199	413,6	7,9E-05	0,28	3,9	7,9E-02	26,86	6,922	20,78	33,31

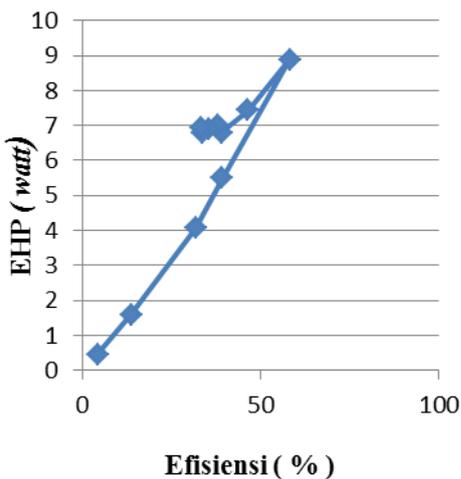
▪ **Grafik hasil perhitungan**



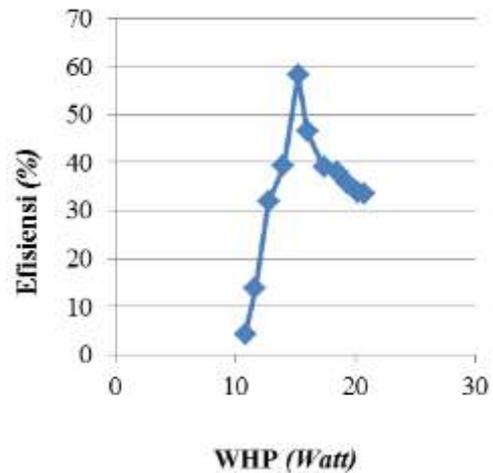
Grafik 1. Daya Listrik dan Variasi Bukaannya Katup



Grafik 2. Daya Air dan Variasi Bukaannya Katup



Grafik 3. Daya Listrik dan Efisiensi Turbin



Grafik 4. Efisiensi Turbin dan Daya Air

Dari data hasil perhitungan dan grafik diatas, maka dapat diambil suatu pembahasan sebagai berikut :

Pada **Grafik 1.** hubungan bukaan katup ($^{\circ}$) terhadap EHP (*Electric Hourse Power*) : daya output yang dihasilkan menunjukkan pada bukaan katup 90° sampai bukaan katup 270° kecepatan *runner* cenderung naik, sedangkan pada bukaan katup 90° sampai bukaan katup penuh kecepatan runner mulai menurun dan daya listrik yang dihasilkan juga ikut menurun. Hal ini disebabkan karena head air semakin rendah seiring dengan peningkatan debit, karena antara keduanya berbanding terbalik.

Pada **Grafik 2.** hubungan bukaan katup dengan WHP (*Water Horse Power*) atau daya air yang dipengaruhi oleh dua variable Power dapat dikatakan bahwa bila bukaan katup diperbesar akan diikuti kenaikan debit (Q) dan *Head* (H) akan menaikkan daya air yang dihasilkan, dengan demikian grafik ini dapat dikatakan berbanding lurus.

Pada **Grafik 3.** hubungan Daya Listrik (watt) dengan Efisiensi Turbin (%) menunjukkan

bahwa semakin besar daya listrik yang dihasilkan, efisiensi turbin semakin besar pula hal ini dipengaruhi oleh arus dan tegangan yang dihasilkan, dimana arus dan tegangan semakin besar maka daya listrik semakin besar dan efisiensi turbin ikut naik.

Pada **Grafik 4.** hubungan Efisiensi Turbin (%) dengan Daya Air (watt) menunjukkan bahwa besar daya air akan mempengaruhi efisiensi turbin hal ini disebabkan karena debit aliran yang semakin besar menghasilkan daya air yang semakin besar sehingga berpengaruh terhadap efisiensi turbin.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, dapat menarik suatu kesimpulan sebagai berikut :

- Daya output (*EHP*) yang dihasilkan dari instalasi turbin terbesar pada variasi bukaan katup 720° yaitu sebesar 8,873 watt, dengan debit air (*Q*) sebesar $0,000058 \text{ m}^3/\text{s}$ *head manometrik* 27,01 m.
- Efisiensi turbin (η_t) terbesar terjadi pada bukaan katup 720° sebesar 58,24 % dengan debit air (*Q*) sebesar $0,000058 \text{ m}^3/\text{s}$ dan pada *head manometrik* 27,01 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Banga, T. R. Sharma, S. C, 1984, *Hydraulic Machine With Fluid Power Engineering*, Khanna Publisher, Nai Sarak, Delhi.
- Frank M, White, **Mekanika Fluida**, Edisi kedua jilid 1, Jakarta, Erlangga
- Fritz Dietzel, 1993, **Turbin, Pompa dan Kompresor**, Jakarta, Erlangga
- J. P. Holman, 1994, **Perpindahan Kalor**, Jakarta, Erlangga
- R. S. Khurmi, 1981, *A Textbook of Hydraulics Fluid Mechanics and Hydraulic Machine*, New Delhi. S Chand & Company Ltd
- Sunyoto, Karnowo, S. M. Bondan Respati, 2008, **Teknik Mesin Industri Jilid 3 untuk SMK**, Jakarta, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- W Robert Fox, W. T McDonald Alan, J Phillip, Pritchard, 2003, *Introduction to Fluid Mechanic*, John Willey and Sons, New York.

