

PENGARUH VARIASI JUMLAH NOZZLE TERHADAP DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN PADA PROTOTYPE TURBIN PELTON

Sufyan Assauri¹⁾ Ir. Margianto, M.T²⁾ Ena Marlina, S.T, M.T³⁾
Program Strata Satu Teknik Mesin Universitas Islam Malang¹⁾
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang^{2,3)}
Jl. MT Haryono 193 Malang 65145
E-mail : sufyan_a46@yahoo.com

ABSTRAK

Water energy is one renewable energy that are now widely developed in Indonesia to meet the needs of electrical energy increases, estimated in 2020 the electric energy needs of Indonesia increased rapidly up to three times. In addition, the power plant used in Indonesia to meet its electrical energy needs, mostly mesar a fossil-fueled power plants, such as oil, natural gas, and coal. Reserve source of energy derived from fossil expected to last 40 years for petroleum, 60 years for natural gas, and 200 years for coal, the limitations amid the increasing demand for electricity and the demands to tackle environmental pollution to be a challenge for Indonesia to develop energy sources are renewable, such as nuclear power, wind, water, solar, geothermal, and bio-energy. Water energy harnessed through the potential energy of water into mechanical energy weeks to turn a turbine and then converted into electricity by a generator. By varying the use of the number of nozzles used is 1 nozzle, two nozzle, 3 to determine how much influence °, 90 °, 60 °nozzle and valve openings 30 the reactor nozzle consumption amount of electricity generated in this pelton turbine prototype. The highest electric power generated in the use of 3 nozzle valve openings produce 0.00072 m³ / s flow rate, 91.71 m / s flow rate, invitation 90 411 rpm rotation pulleys runner, and the electric power generated by 10.5357 watts. Can be deduced that the number of nozzle use can meningkatkan electric power generated pelton turbine prototype.

Keywords : Prototype Pelton turbine, fluid flow, rpm, power output.

PENDAHULUAN

Sejalan dengan pertumbuhan infrastruktur dan ekonomi, kebutuhan energi listrik Indonesia pada tahun 2020 diperkirakan akan meningkat dengan pesat hingga mencapai tiga kali lipat^[1]. Selain itu, pembangkit listrik yang digunakan Indonesia saat ini untuk memenuhi kebutuhan energi listriknya, sebagian besar juga merupakan pembangkit listrik yang berbahan bakar fosil, seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara. Apabila Indonesia terus bergantung dengan sumber energi ini, tentu saja hal ini bukan pilihan yang bijaksana karena hanya akan menimbulkan permasalahan dikemudian hari akibat persediaan bahan bakar fosil di dunia ini terbatas. Cadangan sumber energi yang berasal dari fosil diperkirakan hanya akan bertahan sampai 40 tahun untuk minyak bumi, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara. Kondisi keterbatasan sumber energi di tengah semakin meningkatnya kebutuhan energi dunia dari tahun ketahun, serta tuntutan untuk melindungi bumi dari pemanasan global/global warming akibat dari berbagai pencemaran lingkungan, menjadikan

tantangan bagi Indonesia untuk segera menguasai teknologi baru sumber energi yang terbarukan^[1].

Indonesia memiliki sumber energi baru terbarukan yang luar biasa seperti panas bumi, air, angin, matahari, biomassa dan sebagainya. Menurut (Ikeda, 2011) cara untuk mengatasi masalah penyediaan energi di Indonesia adalah memanfaatkan secara penuh (*full scaled*) potensi energi terbarukan. Bila penyediaan energi rumah tangga di setiap pedesaan dapat terpenuhi secara mandiri maka hasil tersebut akan memberikan kontribusi yang sangat signifikan terhadap penyediaan energi secara nasional^[2].

Energi potensial air dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga potensial yang tersedia (potensi air terjun dan kecepatan aliran). Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah salah satu teknologi yang sudah terbukti tidak merusak lingkungan, menunjang diversifikasi energi sebagai pemanfaatan energi terbarukan, menunjang program pengurangan penggunaan BBM, dan sebagian besar konstruksinya menggunakan material local.

Penggunaan turbin air, khususnya turbin pelton banyak digunakan. Turbin jenis ini bekerja dengan memanfaatkan air jatuh / ketinggian (head)^[3].

Landasan Teori

a. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah suatu system pembangkit listrik yang biasanya terintegrasi dalam bendungan dengan memanfaatkan energi mekanis aliran air untuk memutar turbin yang kemudian akan diubah menjadi tenaga listrik oleh generator^[3].

b. Turbin Air

Turbin air adalah merupakan mesin penggerak yang merubah energi potensial menjadi energi mekanik dengan air sebagai fluida kerjanya. Menurut sejarahnya turbin hidrolik sekarang berasal dari kincir-kincir air pada jaman abad pertengahan yang dipakai untuk memecah batu bara dan keperluan pabrik gandum. Salah satu kincir air tersebut dapat dilihat di Aungrabad (India) yang telah berumur 400 tahun-an^[4].

c. Turbin Pelton

Turbin Pelton adalah turbin impuls yang dipakai untuk tinggi air jatuh yang besar. Aliran fluida kerja dalam pipa akan keluar dengan kecepatan tinggi air jatuh (h) melalui nosel. Tekanan air diubah menjadi kecepatan, pancaran air dalam akan mengenai bagian tengah-tengah sudu dan sesuai dengan perimbangan tempatnya air pancar akan belok dan ada kemungkinan membaliknya air bisa diarahkan tegak lurus. Untuk itu penampang ember dan sudu-sudunya harus ditinjau, agar mendapatkan pemindahan gaya yang sebaik baiknya. Turbin Pelton adalah turbin dengan kecepatan spesifik yang relative rendah dan dengan menggunakan tinggi air jatuh yang sangat besar serta kapasitas air yang kecil dibandingkan dengan turbin jenis yang lain^[3].

d. Komponen Utama turbin pelton

1. Rumah turbin
2. Runner
3. Bucket
4. Piringan
5. Poros
6. Bantalan
7. Nozzle
8. Puli & V balt
9. Alternator

e. Perhitungan Turbin pelton Daya listrik

Dari kapasitas air V dan tinggi air jatuh H dapat diperoleh daya yang dihasilkan turbin.

$$P = V \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_t$$

Dimana: P = Daya dihasilkan turbin (W)

V = Debit air (m^3/s)

ρ = masa jenis air (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

H = tinggi air jatuh (m)

Karena tidak adanya beda fase antara arus dengan tegangan pada tahanan, maka sudut $\phi = 0^\circ$

$$P = VI$$

Aliran Fluida

Laju aliran volume disebut juga debit aliran (Q) yaitu jumlah volume aliran per satuan waktu. Debit aliran dapat dituliskan pada persamaan sebagai berikut :

$$Q = A \cdot v$$

Dimana :

v = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas penampang pipa (m)

Q = Debit aliran (m^3/s)

Selain persamaan di atas dapat juga menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = V/t$$

Dimana :

V = Volume aliran (m^3)

Q = Debit aliran (m^3/s)

t = waktu aliran (s)

$$v = Q/A$$

Dimana :

v = Kecepatan atau laju aliran (m/s)

Q = Debit aliran (m^3/s)

A = Luas penampang (m^2)

Untuk mencari luas penampang sebuah pipa bagian dalam, kita bisa menggunakan rumus,

$$A = \pi r^2$$

Aliran keluar = aliran masuk

$$\rho_2 A_2 V_2 + \rho_3 A_3 V_3 + \rho_5 A_5 V_5 = \rho_1 A_1 V_1 + \rho_4 A_4 V_4$$

Besaran ρAV disebut aliran massa m yang melalui penampang satu-dimensi dan mempunyai satuan konsisten kilogram per sekon (atau slug per sekon) bila menggunakan satuan SI.

Bilangan Reynold

Bilangan reynold dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$R_E = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

Dimana : R_E = bilangan reynold

V = laju aliran fluida

d = jari-jari pipa dalam (m)

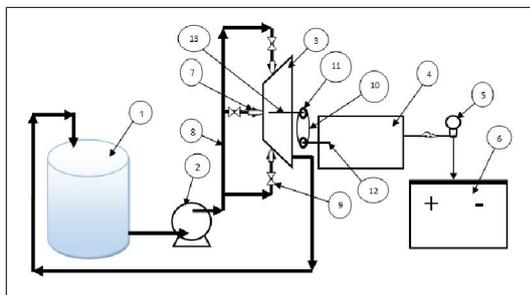
ν = kekentalan kinematik fluida ($m^2/detik$)

Metodologi Penelitian

Metode penelitian dan pengujian dari jumlah *nozzle* dan bukaan katub pada *prototype turbin pelton* dengan menggunakan 3 variasi jumlah *nozzle* dan 3 kali bukaan katub. Pada dasarnya pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi jumlah *nozzle* dan bukaan katub terhadap daya listrik yang dihasilkan pada *prototype turbin pelton*. dimana dalam pengujian ini meliputi sebagai berikut:

1. Pengujian dengan 1 *nozzle*, 2 *nozzle*, dan 3 *nozzle*.
2. Dengan bukaan katub 30°, 60°, 90°.
3. Putaran pompa konstan.
4. Diameter *nozzle* 5 mm dengan jarak 50 mm.
5. *Runner* dengan sudu sebanyak 20 buah.

Berikut adalah instalasi *prototype turbin pelton* yang digunakan untuk penelian, sebagai berikut:



Gambar 3.1 instalasi penelitian

No	Nama	No	Nama
1	Bak Penampung Air	8	Pipa Saluran Air
2	Pompa	9	Valve/Stop Kran
3	Turbin	10	V'bell
4	Alternator	11	Puly
5	Lampu LED Pengisian	12	Poros Alternator
6	Acumulator	13	Poros Turbin
7	Nozzle	14	

Hasil Dan Pembahasan

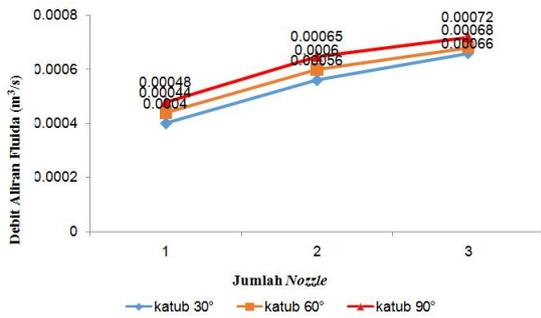
Untuk mengetahui parameter kinerja dari *prototype turbin pelton* maka diperlukan rumus perhitunga dari data pegujian. Dalam pengambilan data dilakukan 3 kali pengambilan sampel data dalam satu pengujian, guna untuk mencari rata-rata dari pengujian tersebut. Berikut adalah rekapitulasi dari perhitungan unjuk kerja *prototype turbin pelton*.

Table 4.1 Rekapitulasi data perhitungan aliran fluida, daya listrik beserta yang dihasilkan pada *prototype Turbin Pelton*

No	Bukaan Katub	Jumlah Nozzle	Q (m ³ /s)	V (m/s)	M (Kg/s)	Re	Rpm	P (Watt)
1	30°	1	0,0004	50,95	0,398	304724,9	302	8,3022
		2	0,00056	71,33	0,558	426614,8	357	9,6222
		3	0,00066	84,07	0,657	502811	407	10,3428
2	60°	1	0,00044	56,05	0,438	335227,3	303	8,3839
		2	0,0006	76,43	0,598	457117,2	364	9,7308
		3	0,00068	86,62	0,677	518062,2	408	10,4951
3	90°	1	0,00048	61,14	0,478	365669,8	313	8,6072
		2	0,00065	82,80	0,647	495215,3	367	9,7512
		3	0,00072	91,71	0,717	548504,8	411	10,5357

Dari table rekapitulasi perhitungan data pada setiap jumlah *nozzle* dan bukaan katub diatas, selanjutnya dapat digambarkan dalam diagram alir guna mengetahui pengaruh jumlah *nozzle* dan bukaan katub yg digunakan terhadap aliran fluida, dan daya listrik yang dihasilkan pada *prototype turbin pelton*.

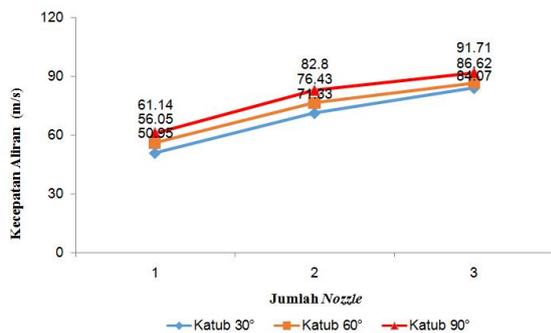
1. Debit aliran fluida yang dihasilkan oleh unjuk kerja *prototype turbin pelton*



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara jumlah *nozzle* dan bukaan katub terhadap debit aliran fluida yang dihasilkan *prototype turbin pelton*

Dari gambar grafik hubungan diatas, diperoleh debit aliran fluida yang bervariasi dari ketiga penggunaan *nozzle* dan bukaan katub, bisa dilihat semakin banyak *nozzle* yang digunakan semakin besar pula debit yang dihasilkan pada *prototype turbin pelton*. Debit tertinggi terdapat pada penggunaan 3 *nozzle* pada bukaan katub 90° yang menghasilkan debit aliran sebesar $7,2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, sedangkan debit aliran terendah terdapat pada penggunaan 1 *nozzle* dengan bukaan katub 30° yang menghasilkan debit aliran sebesar $4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Semakin banyak penggunaan *nozzle* debit aliran akan semakin meningkat karna pancaran air dari *nozzle* akan bertambah banyak.

2. Kecepatan aliran fluida yang dihasilkan oleh unjuk kerja *prototype turbin pelton*



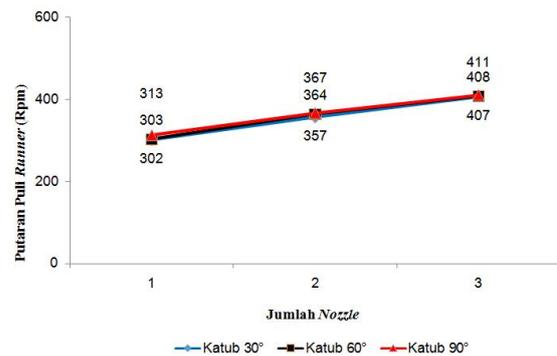
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara jumlah *nozzle* dan bukaan katub terhadap kecepatan aliran fluida yang dihasilkan *prototype turbin pelton*

Dari gambar grafik hubungan diatas, diperoleh kecepatan aliran fluida yang bervariasi dari ketiga penggunaan *nozzle* dan bukaan katub, bisa dilihat semakin banyak *nozzle* yang digunakan semakin meningkat pula kecepatan aliran fluida yang dihasilkan dan begitu pula dengan semakin besarnya

bukaan katub maka semakin meningkat juga kecepatan aliran fluida yang dihasilkan pada *prototype turbin pelton*. Kecepatan tertinggi terdapat pada penggunaan 3 *nozzle* dengan bukaan katub 90° yang menghasilkan kecepatan aliran sebesar $91,71 \text{ m/s}$, sedangkan kecepatan aliran terendah terdapat pada penggunaan 1 *nozzle* dengan bukaan katub 30° yang menghasilkan kecepatan aliran sebesar $50,95 \text{ m/s}$.

Kecepatan aliran fluida dipengaruhi oleh debit aliran yang dihitung melalui rumus yang menggunakan volume air. Faktor yang mempengaruhi laju kecepatan aliran fluida adalah kerugian pada instalasi saluran pipa yang mengalirkan air dari pompa ke semua *nozzle*, misalnya kerugian pada pengecilan penampang, belokan/tikungan, dan aksesoris pendukung lainnya mengakibatkan berkurangnya kecepatan aliran fluida.

3. Putaran puli *runner* yang dihasilkan oleh unjuk kerja *prototype turbin pelton*

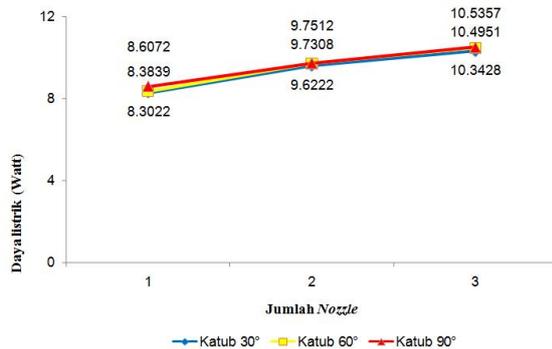


Gambar 4.1 Grafik hubungan antara jumlah *nozzle* dan bukaan katub terhadap putaran puli *runner* yang dihasilkan *prototype turbin pelton*

Grafik diatas menggambarkan hubungan antara kecepatan aliran fluida terhadap putaran puli *runner* yang dihasilkan pada pengujian *prototype turbin pelton*, yang mana semakin tinggi kecepatan aliran fluida maka akan semakin cepat putaran puli *runner* yang di hasilkan pada saat pengujian.

Berdasarkan grafik nilai putaran puli *runner* tercepat didapat pada penggunaan 3 *nozzle* dengan bukaan katub 90° dengan kecepatan putar 411 rpm, sedangkan kecepatan terendah didapat pada penggunaan 1 *nozzle* dengan bukaan katub 30° dengan kecepatan putar 302 rpm.

4. Daya listrik yang dihasilkan oleh unjuk kerja *prototype turbin pelton*



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara jumlah *nozzle* dan bukaan katub terhadap daya listrik yang dihasilkan *prototype turbin pelton*

Nilai daya listrik yang di hasilkan akan semakin besar dengan semakin banyaknya penggunaan *nozzle*. Karen semakin banyaknya penggunaan *nozzle* akan menambah tekanan yang akan memutar *runner* turbin, secara tidak langsung kecepatan semprot *nozzle* memiliki hubungan terhadap daya listrik yang akan dihasilkan oleh *prototype turbin pelton*. bisa kita lihat dari grafik diatas, nilai tertinggi daya listrik yg dihasilkan sebesar 10,5357 watt dengan 3 *nozzle* pada bukaan katub 90°, sedangkan nilai terendah didapat pada saat penggunaan 1 *nozzle* dengan katub terbuka 30° yang menghasilkan daya listrik sebesar 8,3022 watt. Kami menggunakan perbandingan puli 2-1, dimana puli yang berdiameter lebih besar kita pasang pada poros *runner* yang satunya kita pasang pada alternator. puli ini juga mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan jika perbandingan puli di rubah menjadi 1-1 atau 3-1 maka berubah pula daya daya listrik yang dihasilkan.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian pengaruh variasi jumlah *nozzle* dan bukaan katub terhadap daya listrik yang dihasilkan *prototype turbin pelton* dengan memvariasi jumlah *nozzle* yang digunakan yaitu 1 *nozzle*, 2 *nozzle*, dan 3 *nozzle*, serta bukaan katub 30°, 60°, dan 90°, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Jadi banyaknya *nozzle* yang digunakan mempengaruhi kinerja *prototype turbin Pelton*, terbukti pada penggunaan 3 *nozzle* menghasilkan daya listrik yang paling efektif dibanding penggunaan 1 *nozzle*, 2 *nozzle*.

2. Dari ketiga variasi jumlah *nozzle* yang digunakan. daya listrik yang paling efektif yaitu pada penggunaan 3 *nozzle* dan bukaan katub 90° dengan kecepatan aliran fluida 91,71 m/s, dan 411 rpm putaran puli *runner* menghasilkan daya listrik sbesar 10,5357 Watt.
3. Banyaknya *nozzle* yang digunakan, dan bukaan katub mempengaruhi debit aliran air dan kecepatan aliran, semakin banyak penggunaan *nozzle* dan semakin besar bukaan katub maka semakin besar pula debit dan kecepatan aliran yg di hasilkan.

Daftar Pustaka

- [1] Kadek F. S., 2011, "Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Alternatif Energi Masa Depan Indonesia".
- [2] Samsul K., Prajidno, 2013, "Evaluasi Unjuk Kerja Turbin Air Pelton Terbuat Dari Kayu Dan Banbu Sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan Untuk Pedesaan".
- [3] Dwi I., 2012, "Prototype Turbin pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung".
- [4] Anjar S., Lukman H., 2003. "Perancangan Turbin Pelton"
- [5] Dietzel Fritz, 1988 "Turbin Pompa dan Kompresor". Erlangga, Jakarta
- [6] M. White Frank, 1986."Mekanika Fluida Edisi kedua jilid 1". Erlangga, Jakarta.
- [7] Ir. Pudjanarso Astu, MT & Prof. Ir. Nursuhud Djati, MSME, 2008."Mesin Konversi Energi Edisi II" Andi, Yogyakarta.