

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

Mohammad Ulinnuha¹⁾ 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 : Radentulle@yahoo.com

ABSTRAK

Water energy can be utilized for generating electricity by exploiting the available potential energy (potential falls and the flow rate). Because energy future is a problem that has always been the concern of every nation, most countries, including Indonesia, the supply of energy is still rely on fossil fuels are limited and thinning, the potential of fossil energy sources in Indonesia and the world are expected to run out within a certain time due to the addition of consumption as well as industrial development increases. Based on data from national energy management 2005-2025 issued by the Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR) in 2005, reserves of oil, gas and coal in Indonesia will be depleted within a certain time. The aim in this research was to determine how many blades are used to determine how much power is generated at the prototype turbine pelton turbine. From these results it appears that the rate of rotation runners are more with the dominant in the use of blade 20 with the valve opening 90 resulting rotational speed reaches 412 rpm, and generates electric power of 10.66 Watts. while the value of the fluid flow rate (Q) generated as much as $8.4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. the number of blade 18 produces a flow rate of 107.01 m/s. As for the velocity of fluid flow at the valve opening 90 however generate a fluid flow value of $8.4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

Keywords: Prototype Pelton turbine, fluid flow rate, power out put, Rpm,

PENDAHULUAN

Penyediaan energi di masa depan merupakan permasalahan yang senantiasa menjadi perhatian semua bangsa, karena sebagian besar negara di dunia termasuk Indonesia, suplai energi listriknya masih mengandalkan bahan bakar fosil yang jumlahnya terbatas dan mulai menipis, untuk itu perlu dicarikan energi alternatif lain dan salah satunya adalah energi air. Potensi sumber energi fosil di Indonesia maupun di dunia diperkirakan akan habis dalam kurun waktu tertentu akibat adanya penambahan konsumsi serta perkembangan industri yang meningkat. Berdasarkan data blueprint pengelolaan energi nasional 2005-2025 yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM) pada tahun 2005, cadangan minyak bumi, gas dan batu bara di Indonesia akan habis dalam kurun waktu tertentu^[1].

Indonesia memiliki potensi sumber daya energi yang ramah lingkungan dan terbarukan. Salah satu energi terbarukan di Indonesia adalah tenaga air skala kecil atau sering disebut mikrohidro. Teknologi mikrohidro ini telah lama dikembangkan oleh masyarakat sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Persyaratan pokok pada

sebuah PLTMH adalah cukup tersedianya kapasitas aliran air (*Debit*) dan tinggi jatuh air (*Head*). Air dikondisikan dengan teknik tertentu kemudian dialirkan ke dalam turbin sebagai penggerak mula. Bagian turbin yang disebut sudu-sudu (*Blade*) akan menerima aliran atau tumbukan air sehingga akan memutar poros roda jalan (*Runner*) turbin. Putaran poros *runner* turbin inilah yang akan ditransmisikan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik^[2].

Kinerja dari suatu turbin pelton dipengaruhi oleh ketinggian, kecepatan aliran, sudut sudu, jumlah nosel, ukuran aliran dan jumlah sudu. Jumlah sudu turbin pelton adalah salah satu variabel yang sangat mempengaruhi putaran dan gaya tangensial dalam menentukan daya dan efisiensi sebuah turbin pelton. Penambahan jumlah sudu berarti menambah jumlah gaya tangensial sehingga hasilnya menjadi lebih besar, namun pertambahan jumlah sudu memungkinkan adanya pengurangan besar nilai dari masing-masing gaya tangensial tersebut secara individual tetapi resultan gayanya menjadi lebih besar, jadi dapat dikatakan bahwa dengan adanya pertambahan jumlah sudu akan menambah putaran dan gaya tangensial yang terjadi dan dengan sendirinya meningkatkan daya dan

efisiensi turbin pelton, untuk itu maka penelitian ini diarahkan untuk menentukan jumlah sudu yang ideal dengan kecepatan yang divariasikan dalam menghasilkan daya turbin yang maksimal^[1].

Landasan Teori

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^[2].

Turbin Pelton.

Turbin Pelton adalah turbin impuls yang dipakai untuk tinggi air jatuh yang besar. Aliran fluida terjadi dalam pipa yang keluar dengan kecepatan tinggi air jatuh (h) melalui nozzel. Tekanan air diubah menjadi kecepatan pancaran air dalam aksi mengenai bagian tengah-tengah sudu dan sesuai dengan perimbangan momentumnya air pancaran akan ada kemungkinan membalik air bisa diarahkan tegak lurus. Untuk itu penampang ember dan sudu-sudunya harus ditinjau, agar mendapatkan pemindah gaya yang sebaik-baiknya.



Gambar 1. Turbin Pelton

Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah-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. Untuk turbin dengan daya yang besar, sistem penyemprotan airnya dibagi lewat beberapa nozzle. Dengan demikian diameter pancaran air bisa diperkecil dan ember sudu lebih kecil.

Komponen-komponen Utama Turbin Pelton

1. stator

2. casing
3. sudu tetap
4. rotor
5. poros sudu
6. bantalan

Kinerja Turbin Pelton

a. Daya

Dari kapasitas air V dan tinggi air jatuh H tenaga yang didapat dari aliran air adalah

$$P = v \times \rho \times g \times h \times i \quad \text{Dimana}$$

P = Daya (watts)

V = Debit air (m^3/s)

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

h = Head (m).

b. Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds didapat dengan menggunakan persamaan

(4) dimana nilai dari Bilangan Reynolds (Re) dapat dihitung bila mempunyai nilai-nilai dari : kecepatan aliran (v), massa jenis (ρ), diameter dalam pipa (d), viskositas dinamik (μ)

$$\text{atau viskositas kinematik } (\nu) \quad \nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\nu d}{v}$$

c. Laju Aliran Fluida

Laju aliran volume disebut juga debit aliran (Q) yaitu jumlah volume aliran persatuan waktu. Debit aliran dapat dituliskan pada persamaan sebagai berikut: $Q = A \cdot v$

Dimana :

V = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas penampang pipa (m^2)

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)

Metodologi Penelitian

Metode penelitian dan pengujian dari jumlah sudu dan bukaan katup pada *prototype turbin pelton* dengan menggunakan 3 variasi jumlah sudu dan 3 kali bukaan katup. Pengujian ini bertujuan mengetahui seberapa besar

pengaruh variasi jumlah sudu dan bukaan katup terhadap daya yang dihasilkan pada *prototype turbin pelton*. Dalam pengujian ini meliputi sebagai berikut

- Pengujian dengan jumlah sudu 16., 18 dan 20 jumlah sudu.
- Dengan bukaan katup 30°, 60°, 90°.
- Dengan putaran pompa *konstan*.
- Dan dengan jarak 50 mm dan diameter *nozzle* 5 mm.
- Jumlah *nozzleyang* digunakan 3 *nozzle*.

Hasil dan Pembahasan

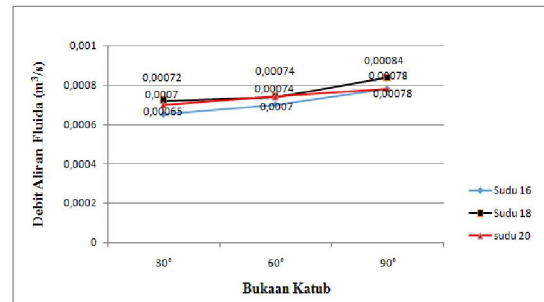
Untuk mengetahui parameter kinerja dari *prototype turbin pelton* maka diperlukan rumus perhitungan data pengujian. Dalam pengambilan data dilakukan 3 kali pengambilan sampel data dalam satu pengujian, guna untuk mencari nilai rata-rata dari pengujian tersebut. Dan berikut ini adalah rekapitulasi dari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

Gambar 5.1. Rekapitulasi data perhitungan aliran fluida beserta daya listrik yang dihasilkan pada *prototype Turbin Pelton*.

No.	Jumlah sudu	Bukaan katup	Q (m^3/s)	v (m/s)	m (kg/s)	Re	Rpm	P ($Watt$)
1	16	30°	0,00065	82,8	0,647	495215,4	315	9,775
		60°	0,0007	89,17	0,647	533313,4	319	10,725
		90°	0,00078	99,36	0,777	594258,4	321	10,775
2	18	30°	0,00072	91,71	0,717	548504,8	390	10,1796
		60°	0,00074	94,26	0,737	563755,9	392	10,2
		90°	0,00084	107,01	0,836	640011,9	382	10,2408
3	20	30°	0,0007	89,17	0,697	533313,4	407	10,4856
		60°	0,00074	94,26	0,737	563755,9	408	10,537
		90°	0,00078	99,36	0,777	594258,4	412	10,66

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

- Berikut adalah gambar diagram grafik debit aliran yang dihasilkan oleh *prototype Turbin Pelton*.



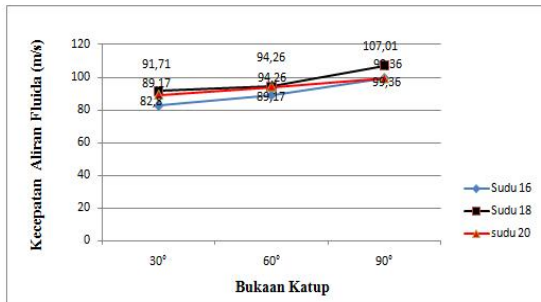
Gambar 5.2 Grafik hubungan antara jumlah sudu dan bukaan katup terhadap kecepatan aliran fluida yang dihasilkan *prototype turbin pelton*

Dari gambar hubungan grafik diatas, diperoleh debit fluida yang bervariasi dari tiga bukaan katup pada masing-masing jumlah sudu, bisa dilihat semakin besar bukaan katup, maka debit aliran fluida yang dihasilkan semakin banyak pula. Namun jumlah sudu tidak begitu berpengaruh terhadap debit yang dihasilkan.

Namun bila dilihat dari masing-masing bukaan katup yang divariasikan sudu dan bukaan katupnya, terlihat debit aliran fluida yang dihasilkan cenderung tidak akurat dikarenakan pada saat pengambilan data volume air kurang teliti, sehingga volume air yang di tampung pada gelas ukur otomatis juga mempengaruhi hasil data. Oleh karena itu, data yang dihasilkan pada saat pengambilan data berlangsung.

Nilai debit terbanyak terdapat pada pemakaian sudu 18 buah pada saat katup terbuka 90° yaitu menghasilkan nilai debit aliran fluida sebanyak $8,4 \times 10^{-4} m^3/s$, sedangkan yang terendah terdapat pada pemakaian sudu 16 buah pada saat katup terbuka 30° yaitu menghasilkan nilai debit aliran fluida hanya $6,5 \times 10^{-4} m^3/s$. Perhitungan nilai debit fluida sangat dipengaruhi oleh bukaan katup, namun pada jumlah sudu tidak begitu berpengaruh. Hal ini dibuktikan pada penurunan saat memakai sudu 20 buah debit semakin menurun pada saat pengambilan data juga mempengaruhi laju keluarnya aliran fluida yang di keluarkan dari setiap sudu.

- Berikut adalah gambar diagram grafik laju kecepatan aliran fluida yang dihasilkan oleh *prototype Turbin Pelton*.



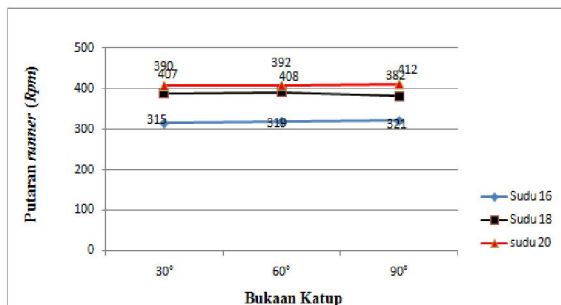
Gambar 5.3.

Grafik hubungan antara bukaankatup dan jumlah sudu yang digunakan terhadap kecepatan aliran fluida pada *prototype Turbin Pelton*

Dari gambar grafik hubungan diatas, diperoleh kecepatan aliran fluida yang bervariasi dari ketiga jumlah sudu dan bukaankatup, bisa dilihat semakin besar bukaankatup semakin meningkat pula kecepatan aliran fluida yang dihasilkan pada *prototype turbin pelton*. Kecepatan tertinggi terdapat pada penggunaan sudu 18 dengan bukaankatup 90° yang menghasilkan kecepatan aliran sebesar 107,01 m/s, sedangkan kecepatan aliran terendah terdapat pada penggunaan sudu 16 dengan bukaankatup 30° yang menghasilkan kecepatan aliran sebesar 82,8 m/s.

Kecepatan aliran fluida dipengaruhi oleh debit aliran yang dihitung melalui rumus yang menggunakan volume air, di mana pengambilan volume air kurang akurat. Faktor lain yang mempengaruhi laju kecepatan aliran fluida adalah *losses instalasi*.

3. Berikut adalah gambar diagram grafik putaran *runner* (Rpm) yang dihasilkan oleh *prototype Turbin Pelton*.



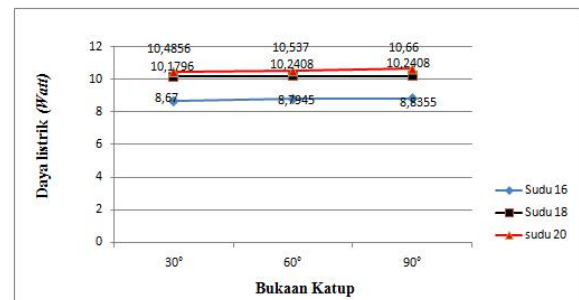
Gambar 5.4.

Grafik hubungan antara bukaankatup dan jumlah sudu yang digunakan terhadap laju putaran *runner prototype Turbin Pelton*

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan hubungan antara jumlah sudu terhadap putaran *pully runner* yang dihasilkan pada pengujian *prototype turbin pelton*, dimana semakin banyak sudu *runner* maka akan semakin cepat putaran *pully runner* yang dihasilkan pada saat pengujian pengambilan data.

Grafik nilai putaran *pully runner* tercepat didapat pada penggunaan sudu 20 dengan bukaankatup 90° dengan kecepatan putaran yang dihasilkan mencapai 412 rpm, sedangkan kecepatan yang paling rendah didapat pada penggunaan sudu 16 dengan bukaankatup 30° dengan kecepatan putar 315 rpm.

4. Berikut adalah gambar diagram grafik daya listrik (watt) yang dihasilkan oleh *prototype Turbin Pelton*.



Gambar 5.5.

Grafik hubungan antara bukaankatup dan jumlah sudu yang digunakan terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh *prototype Turbin Pelton*

Bisa dilihat dari grafik diatas, harga tertinggi daya listrik yang dihasilkan oleh *prototype Turbin Pelton* terjadi pada sudu 20 pada saat katup terbuka 90° yaitu menghasilkan harga daya listrik sebesar 10,66 Watt. Sedangkan pada saat pemakaian sudu 16 cenderung melemah yaitu hanya mendapatkan harga daya listrik sebesar 8,67 pada saat katup terbuka 90°.

Daya listrik yang dihasilkan pada *prototype Turbin Pelton* memiliki hubungan yang sangat erat dengan putaran *runner* yang dihasilkan, semakin cepat laju putaran *runner* yang dihasilkan, maka semakin besar pula daya listrik yang dihasilkan. Dan sebaliknya, semakin lemah laju putaran *runner* yang dihasilkan, semakin lemah pula daya listrik yang dihasilkan.

Namun putaran poros *alternator* berbanding 2:1 dengan putaran poros *runner*, sehingga untuk harga daya listrik yang

dihasilkan kemungkinan bisa berubah jika transmisi
sipenghubung antarapros runner

dan poros alternator di ubah dengan
perbandingan yang lebih besar seperti 5:1.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian pengaruh variasi jumlah sudu dan bukaan katup terhadap daya yang dihasilkan pada *prototype Turbin Pelton* dengan memvariasi jumlah sudu yang digunakan yaitu 16, 18 dan 20 sudu. Dan dengan bukaan katup 30°, 60°, 90°, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Jadi jumlah sudu mempengaruhi kinerja turbin *Pelton* terbukti bahwa jumlah sudu 20 lebih efektif menghasilkan daya listrik dibandingkan dengan jumlah sudu 16 dan 18 sudu.
2. Dari ketiga Jumlah sudu yang digunakan. Daya listrik yang paling efektif terjadi pada jumlah sudu 20 dan bukaan katup 90° pada putaran *runner* mencapai 412 rpm, dengan kecepatan aliran fluida 99,36 dan menghasilkan daya listrik sebesar 10,66 Watt.
3. Sedangkan untuk kecepatan aliran fluida lebih dominan pada jumlah sudu 18 saat bukaan katup 90° yaitu 107,01 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dwi irawan., 2012, "*prototype turbin pelton* sebagai energi alternatif mikrohidro di Lampung"
- [2]. Agus sugiri., 2011, pengaruh jumlah sudu roda jalan terhadap efisien turbin"
- [3]. Dietzel Fritz, 1988 "*Turbin Pompa dan Kompresor*". Erlangga, Jakarta
- [4]. Ceri at all., 2013, "Perencanaan turbin air mikrohidro jenis *pelton* untuk pembangkit listrik di desa kali kecamatan Pineleng dengan head 12 meter"
- [5]. M. White Frank, 1986. "*Mekanika Fluida Edisi kedua jilid 1*". Erlangga, Jakarta.
- [6]. Bono & Gatot. 2011, "variasi perbandingan lebar sudu dengan diameter *nozzle*"