

PENGARUH PUTARAN *RUNNER* TERHADAP DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN DENGAN MEMVARIASI UKURAN *NOZZLE* PADA *PROTOTYPE* TURBIN PELTON

M. Syamsul Arif ¹⁾ Margianto ²⁾ Ena Marlina ³⁾

Program Strata Satu Teknik Mesin Universitas Islam Malang ¹⁾,
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang ^{2,3)},

Jl. MT Haryono 193 Malang 65145

E-mail :Avanholls@yahoo.com

ABSTRAK

The development model of the turbine at this time began to do, especially in hydropower (Hydroelectric), along with the times and is also influenced by the needs of the energy needed by humans, it is impossible to rely on energy will be exhausted and difficult updated later that we use today, for example, such as: coal, fossil, gas, and petroleum. At this time, a lot of literature that says researchers began to look at the energy of water back to its usefulness in use now and in the future. Utilization of water energy that was developed at the moment is the use of water-based micro-hydro energy ranging from small to large sizes, depending on how high fall of water needed and also depends on how much the speed of the water flow in order to gain significant power. In this case, the analysis uses centrifugal pump types as the engineering of H falling water to help produce water in order to speed the pace of play Pelton turbine runner of the prototype. From the analysis of data retrieval from Pelton turbine prototype obtain the following results rate of rotation runner Pelton turbine prototype more domonan on the size of the nozzle diameter of 4 mm 90° when the valve opening of the nozzle of 3 mm, and 5 mm, which resulted in the rate of rotation of 258 runners Rpm and also generate electric power of 0.835 Watt, while the value of the fluid flow rate (Q) generated as much as $3.92 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. As for the fluid flow velocity more dominant in a 3 mm diameter nozzle when the valve opening is 14,154m/s 45°. However, only produce mass flow rate value amounted to 0.295 kg/s and $3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ to the acquisition value of debits (Q). The highest result of the mass flow rate of fluid that is in the nozzle 5 mm while the valve opening 65° obtain fluid mass flow rate of 0.458 kg/s and produce a flow rate (Q) of $4.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, but produces a fluid flow velocity 7,813m/s. Meanwhile, the greater the velocity of fluid flow and the diameter of the nozzle, the flow is likely to produce a turbulent flow. And evident from the analysis results of each experiment data retrieval, all the flow required to rotate the turbine prototype Pelton runner manifold turbulent flow.

Keywords: *Prototype Pelton turbine, fluid flow rate, the rate of fluid velocity, mass flow rate, Reynolds Number, rpm, power output*

PENDAHULUAN

Pengembangan model turbin pada saat ini mulai dilakukan khususnya pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), seiring dengan perkembangan zaman dan juga dipengaruhi oleh faktor kebutuhan energi yang diperlukan oleh manusia, tidak mungkin hanya mengandalkan energi yang akan habis dan sulit diperbaharui nantinya yang kita pergunakan saat ini, contohnya seperti : batu bara, fosil, gas, dan minyak bumi. Pada saat ini, banyak literatur yang mengatakan peneliti mulai melirik energi air kembali untuk di manfaatkan kegunaannya mulai sekarang dan dimasa yang akan datang. Pemanfaatan energi air yang mulai dikembangkan saat ini adalah pemanfaatan energi air yang berbasis *mikrohidro* mulai dari ukuran kecil sampai ukuran yang besar, tergantung berapa tinggi jatuh air yang diperlukan dan juga tergantung

berapa kecepatan aliran air guna untuk mendapatkan daya listrik yang signifikan.

Hidrodinamika

Air yang mengalir mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar roda turbin, karena itu pusat-pusat tenaga air dibangun disungai-sungai dan dipegunungan-pegunungan. Pusat tenaga air tersebut dapat dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu pusat tenaga air tekanan tinggi dan pusat tenaga air tekanan rendah.⁽¹⁾ Tenaga air merupakan sumber daya terpenting setelah tenaga uap atau panas. Hampir 30% dari seluruh kebutuhan tenaga didunia dipenuhi oleh pusat-pusat listrik tenaga air. Banyak Negara yang hampir seluruh produksi tenaganya berasal dari tenaga air. Seperti misalnya, Norwegia, dengan 99% dari jumlah seluruh kapasitas terpasang berasal dari tenaga air. Disamping itu masih banyak Negara-negara

dengan potensi tenaga air yang luar biasa tetapi masih belum dimanfaatkan.⁽²⁾

Turbin adalah mesin penggerak dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar roda turbin, pada turbin bagian yang berputar dinamakan rotor atau roda turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan stator atau rumah turbin. Sedangkan turbin air itu sendiri yaitu suatu mesin yang dipergunakan untuk mengambil tenaga air sebagai fluida, air mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah, dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran dalam pipa energi potensial tersebut berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Didalam turbin energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis untuk diubah menjadi tenaga listrik dimana air memutar roda turbin, jadi disini hanya berfungsi untuk mengubah tenaga air menjadi tenaga mekanis, sedang tenaga mekanis ini diubah menjadi tenaga listrik oleh generator.⁽³⁾

Turbin Pelton adalah turbin untuk air terjun yang tinggi, yaitu diatas 300 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada *runner* air turbin dilakukan melalui proses *impuls* sehingga turbin Pelton juga disebut sebagai *turbin impuls*.

Teori mekanika Fluida

Fluida adalah zat-zat yang mampu mengalir dan yang menyesuaikan diri dengan bentuk wadah tempatnya.⁽⁴⁾ Sementara mekanika fluida adalah pemahaman tentang fluida yang bergerak atau diam dan akibat yang ditimbulkan oleh fluida tersebut pada batasnya. Batasnya itu dapat berupa permukaan yang padat atau fluida lain.⁽⁵⁾

Ada dua jenis aliran mantap dari fluida-fluida nyata, dan harus dipahami dan diselidiki. Aliran-aliran itu disebut aliran *laminer* dan aliran *turbulen*. Kedua jenis aliran tersebut diatur oleh hukum-hukum yang berbeda. Salah satunya adalah bilangan *Reynolds*,⁽⁴⁾ yang mempunyai rumus sebagai berikut :

$$Re = \frac{Vd\rho}{\mu} = \frac{Vd}{\nu} = \frac{V(2r_s)}{\nu} \quad \dots\dots 1$$

Di mana : V = kecepatan rata-rata dalam *dtk*

d = garis tengah pipa dalam *m*, r_s = jari-jari pipa dalam *m*

ν = kekentalan kinematik fluida dalam *m²/dtk*

ρ = kerapatan massa fluida dalam *kg/m³*

μ = kekentalan mutlak dalam *Pa dtk*

Didalam suatu aliran fluida terdapat debit aliran yang harus di analisis terlebih dahulu guna untuk mengetahui laju kecepatan aliran dan massa suatu fluida, untuk mencari debit suatu aliran kita bisa menggunakan rumus,

$$Q = \frac{V}{t} \quad \dots\dots\dots 2$$

Dimana : Q = Debit *m³/dtk*

V = Volume fluida *m³*

t = Waktu *s*

Bilamana debit aliran suatu fluida sudah diketahui, untuk selanjutnya barulah bisa menghitung laju kecepatan aliran fluidanya dengan persamaan rumus,

$$V_{av} = \frac{Q}{A} = \frac{\int_S V_n dA}{\int_S dA} \quad \dots\dots\dots 3$$

Dimana : V = laju aliran fluida *m/s*

Q = debit aliran fluida *m³/s*

A = luas penampang pipa bagian dalam *m²*

Sesudah laju kecepatan aliran fluida ditemukan harganya, untuk selanjutnya bisa menghitung laju aliran massa guna untuk mengetahui harga aliran massa yang di hasilkan dari kecepatan aliran tersebut yaitu dengan menggunakan bantuan rumus

$$\rho_1 A_1 V_1 + \rho_2 A_2 V_2 + \rho_3 A_3 V_3 = \rho_4 A_4 V_4 \quad \dots\dots\dots 4$$

Besaran ρAV disebut aliran *massam* yang melalui penampang satu-dimensi dan mempunyai satuan konsisten *kilogramper sekon* (atau *slug per sekon*) bila menggunakan satuan SI.⁽⁶⁾

Konversi Energi Elektromekanik

Salah satu aspek penting dalam sistem tenaga adalah yang menyangkut konversi energi *elektromekanik*, yaitu konversi energi dari bentuk mekanik ke listrik dan dari bentuk listrik ke mekanik. Konversi energi tersebut berlangsung pada sistem tenaga melalui peralatan *elektromagnetik* yang disebut generator dan motor seperti diperlihatkan pada diagram blok Gambar 1.2.



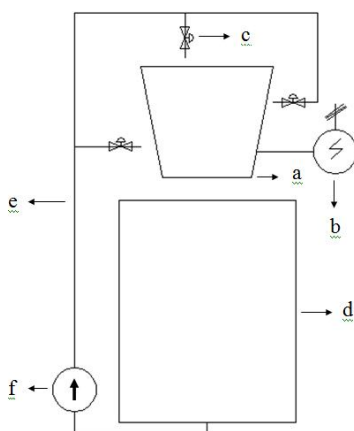
Gambar 1.1. Diagram blok *Elektromekanik* (Zuhal, 1995)

Metodologi Penelitian dan Pengujian

Dalam bab ini dibahas metodologi penelitian dan pengujian dari *prototype Turbin Pelton* dengan menggunakan 3 jenis ukuran *nozzle* dengan bukaan katup yang bervariasi. Pada dasarnya pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar laju putaran dari *runner Prototype Turbin Pelton* dan daya listrik yang dihasilkan, dimana dalam pengujian alat ini meliputi sebagai berikut :

- Pengujian menggunakan ukuran *nozzle* berdiameter 3 mm, 4 mm, 5 mm dengan bukaan katup (*valve/stop kran*) 45°, 65°, dan 90°.
- Antara *nozzle* dengan *runner* turbin berjarak 60 mm.
- Pengambilan data selama kurun waktu 5 detik.

Berikut adalah sekema gambar dari *prototype Turbin Pelton*



Gambar 2.1. Sekema *prototype Turbin Pelton*:

Pada gambar 1.1, menggambarkan sistem pembangkit. Melalui generator sinkron tiga fasa yang menerima kopel dari poros turbin, sistem ini berperan untuk mengubah bentuk energi mekanik menjadi energi listrik.

Daya rata-rata sesaat didefinisikan sebagai hasil perkalian tegangan dan arus sesaat, Harga rata-rata dari harga sinusoid yang berubah terdapat waktu untuk satu periode adalah sama dengan nol, sehingga dari persamaan $p(t)$ hanya terdapat bentuk $\frac{1}{2} I_m V_m \cos \phi$ yang tidak tergantung terhadap waktu, maka bentuk yang ada:⁽⁶⁾

$$P = VI \cos \phi = VI \text{ (W)} \quad \dots\dots\dots 5$$

- prototype Turbin Pelton*, b). *alternator*, c).katup(*valve*), d). bak air, e). instalasi pipa, f). pompa

Hasil dan Pembahasan

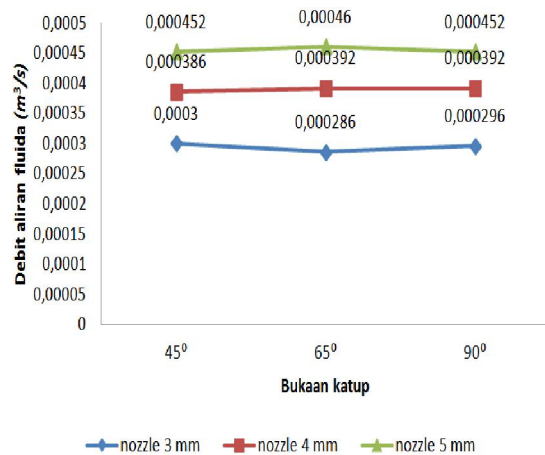
Untuk mengetahui parameter kinerja dari *prototype Turbin Pelton* maka diperlukan rumusan perhitungan dari data pengujian. Dalam pengambilan data pengujian, per bukaan katup diambil 3 sampel data dan dihitung untuk mencari rata-rata dari pengujian tersebut. Berikut adalah rekapitulasi dari perhitungan data *prototype Turbin Pelton*.

Tabel 3.1 Rekapitulasi data perhitungan aliran fluida beserta daya listrik yang dihasilkan pada *prototype Turbin Pelton*

No	Ukuran Nozzle	Bukaan Katup	Q (m³/s)	v (m/s)	m (kg/s)	Re	Rpm	P (Watt)
		45°	3×10^{-4}	14,154	0,298	149163,9	238,6	0,7614
1.	3 mm	65°	$2,86 \times 10^{-4}$	13,493	0,285	142197,8	233,6	0,768
		90°	$2,96 \times 10^{-4}$	13,965	0,294	147172,1	238,6	0,6786
		45°	$3,86 \times 10^{-4}$	10,244	0,384	145304,9	249,3	0,7874
2.	4 mm	65°	$3,92 \times 10^{-4}$	10,403	0,390	149325,3	243,3	0,774
		90°	$3,92 \times 10^{-4}$	10,403	0,390	147560,2	258	0,835
		45°	$4,52 \times 10^{-4}$	7,677	0,450	137745,2	174,6	0,098
3.	5 mm	65°	$4,6 \times 10^{-4}$	7,813	0,458	138528,3	166,6	0,086
		90°	$4,52 \times 10^{-4}$	7,677	0,450	131156	148,6	0,070

Dari tabel rekapitulasi perhitungan data pada setiap *nozzle* dan bukaan katup diatas, untuk selanjutnya bisa digambarkan diagram alir guna untuk mengetahui pengaruh perbedaan laju aliran fluida pada masing-masing *nozzle* dan bukaan katup terhadap laju putaran *runner* dan daya listrik yang dihasilkan pada *prototype Turbin Pelton*.

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

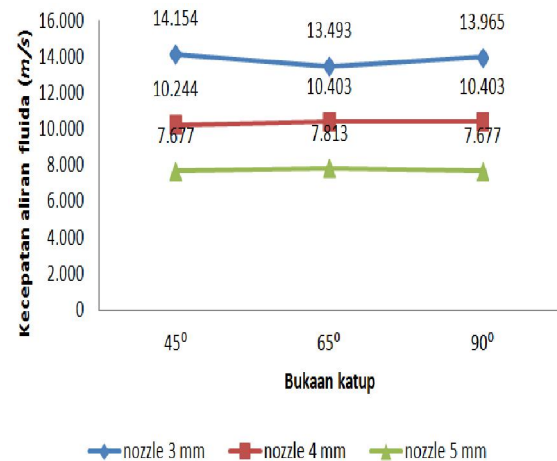


Gambar 3.1. Grafik hubungan antara bukaan katup dan ukuran *nozzle* yang digunakan terhadap debit aliran fluida yang dihasilkan pada *prototype Turbin Pelton*

Dari gambar hubungan grafik diatas, diperoleh debit fluida yang bervariasi dari ketiga bukaan katup pada masing-masing ukuran *nozzle*, bisa dilihat semakin besar ukuran lubang diameter *nozzle* yang digunakan, maka debit aliran fluida yang dihasilkan akan semakin banyak pula.

Nilai debit terbanyak terdapat pada pemakaian *nozzle* berdiameter 5 mm pada saat katup terbuka 65° yaitu menghasilkan nilai debit aliran fluida sebanyak $4,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, sedangkan yang terendah terdapat pada pemakaian *nozzle* berdiameter 3 mm pada saat katup terbuka 65° yaitu menghasilkan nilai debit aliran fluida hanya $2,86 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Perhitungan nilai debit fluida juga dipengaruhi oleh bukaan katup dan volume fluida yang diambil dalam kurun waktu tertentu yang ditampung pada gelas ukur, dimana semakin lamanya waktu yang digunakan pada saat melakukan pengambilan data volume fluida, maka semakin banyak pula volume fluida yang didapatkan, tidak itu saja, penyempitan dan pelonggaran bukaan katup pada saat fluida mengalir didalam pipa berukuran 3/4" dan tentunya juga terjadi akibat penyusutan aliran fluida yang terjadi pada masing-masing *nozzle* yang digunakan pada saat pengambilan data juga mempengaruhi laju keluarnya aliran fluida yang di keluarkan dari setiap diameter lubang *nozzle* yang digunakan.

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



Gambar 3.2. Grafik hubungan antara bukaan katup dan ukuran *nozzle* yang digunakan terhadap kecepatan aliran fluida pada *prototype Turbin Pelton*

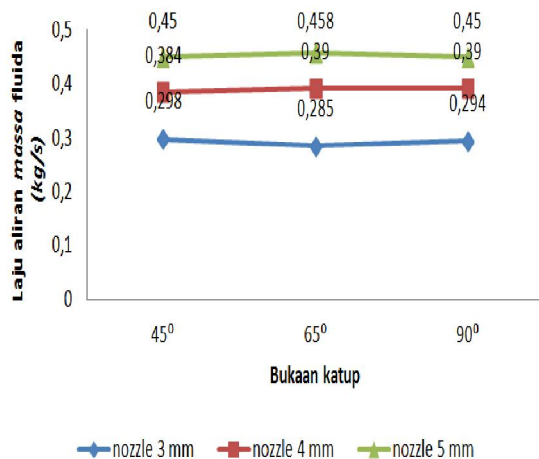
Hasil perhitungan laju kecepatan aliran fluida dipengaruhi oleh perolehan debit aliran fluida yang didapat dari perhitungan dan juga luas penampang pipa *nozzle* bagian dalam, semakin kecil ukuran luas penampang pada pipa *nozzle*, semakin cepat pula laju kecepatan aliran fluida yang di hasilkan. Dan juga sebaliknya, semakin besar ukuran luas penampang pada *nozzle*, maka semakin lambat laju kecepatan aliran fluida yang dihasilkan. Tidak itu saja, faktor lain yang mempengaruhi laju kecepatan aliran fluida adalah faktor pendukung untuk mengalirkan suatu aliran fluida dari satu tempat ketempat lain. Didalam pengambilan data, faktor pendukung yang digunakan adalah berupa pompa sentrifugal jenis pompa dangkal. Sehingga kecepatan aliran yang berada didalam pipa tergantung pula pada kapasitas *head* pompa yang dihasilkan.

Kehilangan energi akibat perubahan penampang dan aksesoris (kehilangan energi sekunder) lainnya juga ikut mempengaruhi laju kecepatan aliran fluida yang dihasilkan, misalnya terjadi pada pembesaran penampang, atau pengecilan penampang, belokan atau tikungan. Kehilangan energi skunder ini akan mengakibatkan adanya tumbukan antara partikel zat cair dan meningkatnya gesekan karena turbulensi serta tidak seragamnya distribusi kecepatan pada suatu penampang pipa. Adanya lapisan batas terpis dari dinding pipa juga mempengaruhi sehingga mengakibatkan terjadinya pusaran air, adanya pusaran air ini akan mengganggu pola aliran laminar sehingga akan menaikkan tingkat turbulensi.^[7]

Dari setiap pemakaian variasi ukuran diameter *nozzle* yang digunakan dan juga

bukaan katup yaitu 45° , 65° , dan 90° , yang menghasilkan nilai kecepatan aliran fluida yang tertinggi yaitu $14,154 \text{ m/s}$ dengan debit aliran fluida sebanyak $3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ pada saat katup terbuka 45° , sedangkan yang terendah terdapat pada pemakaian *nozzle* berdiameter 5 mm pada saat bukaan katup 45° , dan 90° yaitu menghasilkan nilai kecepatan aliran fluida masing-masing $7,677 \text{ m/s}$ dengan debit aliran fluida sebanyak $4,52 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

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



Gambar 3.3. Grafik hubungan antara bukaan katup dan ukuran *nozzle* yang digunakan terhadap laju aliran *massa* fluida pada *prototype Turbin Pelton*

Dalam hal laju aliran *massa* fluida berbanding terbalik dengan laju kecepatan fluida, yaitu semakin besar luas penampang diameter *nozzle* yang digunakan dan debit aliran fluida yang dihasilkan, maka semakin besar pula laju aliran *massa* fluida yang diperoleh. Hal ini dikarenakan setiap fluida mempunyai kerapatan *massa* jenis fluida (*density*) yang berbeda-beda, sedangkan untuk kerapatan *massa* jenis fluida dipengaruhi oleh suhu temperatur fluida itu sendiri. Semakin tinggi temperatur fluida, maka semakin rendah harga kerapatan *massa* jenis fluida yang didapatkan.

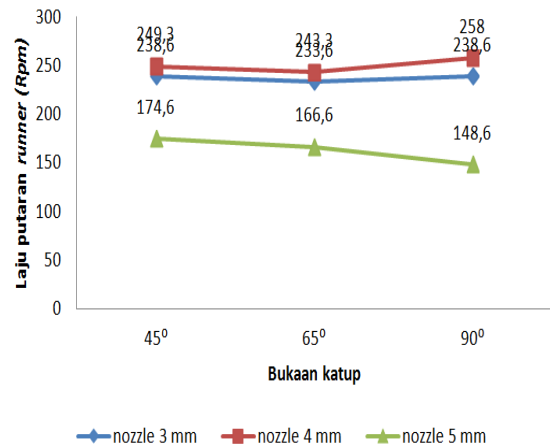
Sedangkan untuk temperatur fluida itu sendiri dipengaruhi oleh berbagai macam, diantaranya adalah :

- Suhu ruangan
- Terjadi gesekan pada benda
- Adanya kavitasi pada aliran

Bisa dilihat pada gambar diagram diatas, Hasil tertinggi dari laju aliran *massa* fluida yaitu pada diameter lubang *nozzle* 5 mm saat bukaan katup 65° memperoleh laju aliran *massa* fluida sebesar $0,458 \text{ kg/s}$ dan menghasilkan debit aliran (*Q*) sebanyak $4,6 \times$

$10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, namun menghasilkan kecepatan aliran fluida sebesar $23,43 \text{ m/s}$.

Berikut adalah gambar diagram grafik laju kecepatan putaran *runner* yang dihasilkan oleh *prototype Turbin Pelton*.



Gambar 3.4. Grafik hubungan antara bukaan katup dan ukuran *nozzle* yang digunakan terhadap laju putaran *runner prototype Turbin Pelton*

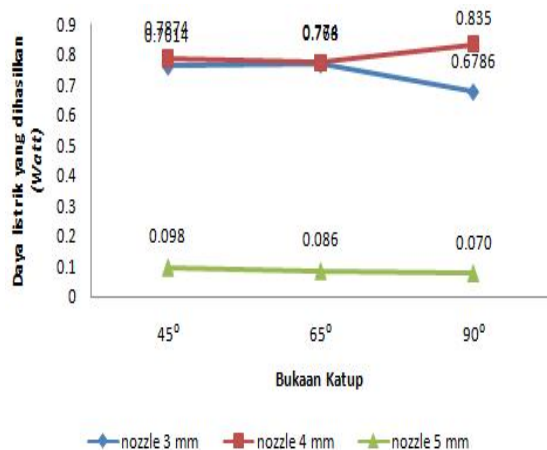
Dalam hal yang sebenarnya, pengaruh kecepatan dari *Turbin Pelton* dipengaruhi oleh instalasi *Head* pipa pesat, ukuran diameter dari *runner* turbin itu sendiri, dan juga tentunya jumlah *nozzle* beserta ukuran diameter lubang *nozzle* yang dipergunakan, semakin tinggi harga instalasi *Head* pipa pesat dan semakin sedikit pula pembagian jumlah *nozzle* maka semakin tinggi harga kecepatan aliran fluida yang dihasilkan untuk memutar *runner* itu sendiri.

Pada proses pengamatan pengujian *prototype Turbin Pelton* yang telah dibuat, untuk *Head* fluida direkayasa dengan menggunakan bantuan pompa, jadi *Head* laju aliran dipengaruhi oleh harga kapasitas pompa yang disediakan. Namun dibalik kecepatan aliran fluida yang dihasilkan, prinsip *Bernoulli* yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Selain itu terdapat juga harga laju aliran *massa* yang dibutuhkan untuk mendorong daun-daun sudu tersebut. Tetapi semua itu harus terukur secara signifikan, bilamana kecepatan laju aliran fluida mempunyai harga tinggi sedangkan untuk harga laju aliran *massa* tidak signifikan, maka beban yang diterima oleh daun sudu cenderung melemah sehingga mempengaruhi laju putar dari *runner* tersebut.

Gambaran tersebut ditampilkan pada grafik hubungan yang saling menghubungkan antara, laju kecepatan fluida, laju aliran *massa* fluida, dan juga laju putaran *runner* yang dihasilkan. Bisa dilihat, pada pemakaian

diameter ukuran lubang *nozzle* 3 mm cenderung melemah laju putaran *runner* yang dihasilkan dikarenakan laju kecepatan aliran fluida dan laju aliran *massa* fluida tidak signifikan harganya. Sedangkan untuk penggunaan ukuran diameter lubang *nozzle* 4 mm, bertambah tinggi untuk harga laju putaran *runner* yang dihasilkan, itu dikarenakan laju kecepatan fluida dan laju aliran *massa* fluida sangat signifikan harganya.

Berikut adalah gambar diagram grafik daya listrik yang dihasilkan oleh *prototype Turbin Pelton*.



Gambar 3.5. Grafik hubungan antara bukaan katup dan ukuran *nozzle* yang digunakan terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh *prototype Turbin Pelton*

Harga dari daya listrik yang dihasilkan pada *prototype Turbin Pelton* tergantung pada seberapa cepat laju putaran *runner* yang dihasilkan, semakin cepat laju putaran *runner* yang dihasilkan, maka semakin besar pula harga daya listrik yang dihasilkan. Dan sebaliknya, semakin lemah laju putaran yang dihasilkan oleh *runner* semakin lemah pula harga daya listrik yang dihasilkan.

Bisa dilihat dari diagram diatas, harga tertinggi daya listrik yang dihasilkan oleh *prototype Turbin Pelton* terjadi pada pemakaian diameter lubang *nozzle* berukuran 4 mm pada saat katup terbuka 90° yaitu menghasilkan harga daya listrik sebesar 0,835 Watt. Sedangkan pada saat pemakaian diameter lubang *nozzle* 5 mm cenderung melemah yaitu hanya mendapatkan harga daya listrik sebesar 0,070 Watt pada saat katup terbuka 90°.

Namun putaran poros *alternator* berbanding 2:1 dengan putaran poros *runner*, sehingga untuk harga daya listrik yang dihasilkan kemungkinan bisa berubah jika transmisi penghubung antara poros *runner*

dan poros *alternator* memakai perbandingan 1:1.

Kesimpulan dan saran

Dari hasil pengujian pengaruh putaran *runner* pada *prototype Turbin Pelton* terhadap daya listrik yang dihasilkan dengan memvariasi ukuran diameter lubang *nozzle* yaitu 3 mm, 4 mm, 5 mm serta bukaan katup yaitu 45°, 65° dan 90°, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Perolehan laju putaran *runner prototype Turbin Pelton* yang paling tinggi terdapat pada pemakaian *nozzle* berdiameter 4 mm saat bukaan katup 90° dari pada pemakaian *nozzle* berukuran 3 mm, dan 5 mm. Yaitu menghasilkan laju putaran *runner* sebesar 258 Rpm dan juga menghasilkan daya listrik sebesar 0,835 Watt, sementara untuk nilai debit aliran fluida (Q) yang dihasilkan sebanyak $3,92 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Sedangkan untuk kecepatan aliran fluida perolehan harga yang lebih tinggi terdapat pada pemakaian *nozzle* berdiameter 3 mm saat bukaan katup 45° yaitu 14,154 m/s. Tetapi menghasilkan nilai laju aliran *massa* sebesar 0,295 kg/s dan $3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ untuk perolehan nilai debitnya (Q).
3. Hasil tertinggi dari laju aliran *massa* fluida yaitu pada *nozzle* 5 mm saat bukaan katup 65° memperoleh laju aliran *massa* fluida sebesar 0,458 kg/s dan menghasilkan debit aliran (Q) sebanyak $4,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, namun menghasilkan kecepatan aliran fluida sebesar 7,813 m/s
4. Pada nilai bilangan reynold yang telah dihasilkan dari setiap percobaan, hal yang mempengaruhi besar kecilnya bilangan Reynold adalah dari kecepatan fluida dan diameter ukuran *nozzle*. Semakin besar kecepatan aliran fluida & diameter *nozzle*, maka alirannya cenderung menghasilkan aliran *Turbulen*. Dan terbukti dari hasil analisa dari setiap pengambilan data percobaan, semua aliran yang dibutuhkan untuk memutar *runner prototype Turbin Pelton* berjenis aliran *Turbulen*.

Untuk pengembangan pengujian *prototype Turbin Pelton* berikutnya, tentunya dapat memperhatikan saran sebagai berikut,

1. Untuk bentuk *nozzle*, sekiranya lebih disempurnakan lagi karena bentuk *nozzle* yang digunakan adalah berupa baut 24 mm yang dilubangi di bagian tengahnya. Sehingga untuk *head loss* yang dikarenakan pada saat air masuk ke

nozzle sangatlah besar pengaruhnya bagi laju kecepatan aliran Fluida.

2. Apabila untuk pengembangan pengujian yang selanjutnya ingin menaikkan laju putaran *runner prototype Turbin Pelton*, cabalah untuk mengganti pompa. Karna setiap jenis pompa pasti berbeda dan mempengaruhi laju kecepatan aliran fluida terhadap laju kecepatan putaran *runner prototype Turbin Pelton*.
3. Pengisian air dalam bak penampungan (*reservoir*) haruslah dalam keadaan penuh, karna itu sangat mempengaruhi tekanan air pada saat air dihisap dan di dorong oleh pompa.
4. Pada saat pengambilan data *prototype Turbin Pelton* diharapkan kekompakannya, karna jikalau terjadi kelebihan waktu pada saat proses pengambilan data berlangsung, akan

menyebabkan kelebihan nominal harga data yang tidak diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dietzel Fritz, 1988 "*Turbin Pompa dan Kompresor*". Erlangga, Jakarta
- [2]. Dandekar, M.M. & Sharma, K.N, 1991. "*Pembangkit listrik Tenaga Air*". UIP
- [3]. Drs. Daryanto, Februari 1999. "*Teknik Pesawat Tenaga*". Bumi Aksara.
- [4]. V. Giles, Ranald, 1996. "*Mekanika Fluida dan Hidraulika Edisi kedua (SI Metrik)*". Erlangga, Jakarta
- [5]. M. White Frank, 1986. "*Mekanika Fluida Edisi kedua jilid 1*". Erlangga, Jakarta.
- [6]. Zuhail, 1995 "*Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*". PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [7]. Triatmodjo, Bambang, CES., DEA. 1995. "*Hidrolika I*". Beta Offset. Yogyakarta.