

UNJUK KERJA POMPA AIR SHIMIZU TYPE PS-128 BIT YANG DIFUNGSIKAN SEBAGAI TURBIN AIR

Harison B. Situmorang¹⁾, Gerrits D. Soplanit²⁾, I Nyoman Gede³⁾.
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi

ABSTRACT

Utilization of water pump Shimizu Type PS-128 Bit which functioned as a water turbine for Micro Hydro Power Plant (MHPP) is an effort in the search for alternative energy in a simple and easy in term of manufacturing and assembling. Principally, the water pump is used to suck the water from a lower surface and raise it to a certain height. The basic of working of a pump is the opposite of a water turbine, and therefore can function as reaction water turbine, in which water from a certain height rotate the pump impeller.

Testing the water pump Shimizu Type PS-128 Bit as a water turbine is carried out in the Laboratory of Mechanical Engineering University of Sam Ratulangi. The "reaction turbine" is driven by four water pumps which connected in series and parallel. It aims to get different heights (head) and flow rate (Q).

Flow rate and the load on the dynamometer (W_1) has been determined, as the lowest round "reaction turbine" that is charged with the force (N) certain turbine cannot rotate. So that initial water discharge is determined by $Q = 31$ liters/minute. Based on the research that has been done that the power generated depends on the rotation, H and Q . The maximum power generated $P_m = 12$ watt is at $Q = 37$ liters/minute, $H = 18$ m, and $n = 1080$ rpm.

Keywords: Pump, Reaction Turbine, Head, Flow rate.

ABSTRAK

Pemanfaatan pompa air Shimizu Type PS-128 Bit yang difungsikan sebagai turbin air untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan suatu upaya dalam mencari energi alternatif secara sederhana dan mudah dalam perakitannya. Secara umum, pompa air digunakan untuk menghisap air dari daerah yang rendah dan menaikannya pada ketinggian tertentu. Prinsip dasar kerja pompa juga merupakan kebalikan dari kerja turbin air, dan dapat difungsikan sebagai turbin air jenis reaksi, dimana air dari ketinggian tertentu akan menggerakkan pompa, sehingga impeler pompadapat berputar.

Pengujian pompa air Shimizu Type PS-128 Bit sebagai turbin air ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. Turbin reaksi ini digerakkan dengan 4 buah pompa yang dirangkai secara seri dan paralel. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan berbagai ketinggian (*head*) dan debit (Q).

Debit air dan beban pada dinamometer (W_1) telah ditentukan, karena pada putaran terendah turbin reaksi yang dibebankan dengan gaya (N) tertentu turbin tidak dapat berputar. Sehingga debit air awal ditentukan sebesar $Q = 31$ liter/menit. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa daya yang dihasilkan bergantung pada putaran, H dan Q . Daya maksimum yang dihasilkan $P_m = 12$ watt berada pada $Q = 37$ liter/menit, $H = 18$ m, dan $n = 1080$ rpm.

Kata kunci : Pompa, Turbin reaksi, Head, Debit.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan pokok dalam berbagai segi kehidupan manusia. Kebutuhan akan energi listrik yang semakin meningkat karena penggunaan yang sangat besar. Diketahui pada masa sekarang ketersediaan bahan bakar fosil telah menipis dan tidaklah mungkin bahan bakar fosil diperbaharui hanya dalam waktu yang singkat. Oleh karena itu diperlukan energi alternatif dari sumber energi terbarukan untuk menggantikan penggunaan energi dari cadangan bahan bakar fosil tersebut.

Salah satu energi terbarukan dengan potensi yang besar di Indonesia adalah mikro hidro. Indonesia memiliki potensi besar untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. Hal ini disebabkan kondisi topografi Indonesia bergunung dan berbukit serta dialiri oleh banyak sungai. Juga ada daerah-daerah tertentu mempunyai danau/waduk yang cukup potensial sebagai sumber energi air.

Namun pembuatan mangkok turbin yang merupakan peralatan vital dalam pembangkit listrik tenaga air cukup rumit dan mahal. Oleh karena itu, perlu dimanfaatkan teknologi lain yang lebih praktis dan murah yang dapat diterapkan untuk menghasilkan energi listrik dari

tenaga air, khususnya mikro hidro. Pemanfaatan pompa sentrifugal sebagai turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan alternatif yang bijak untuk mengatasi krisis energi listrik ke pedesaan.

Prinsip dasar kerja pompa merupakan kebalikan dari kerja turbin air. Pompa sentrifugal difungsikan sebagai turbin air dengan cara membalik putarannya yaitu memasukkan air dari saluran keluar dan mengeluarkan air dari saluran masuk pompa tersebut.

II. LANDASAN TEORI

2. 1. Turbin

Turbin adalah sebuah mesin yang berputar, yang mengambil energi dari aliran fluida yang digunakan langsung untuk memutar roda turbin. Bagian roda turbin yang berputar dinamakan rotor (*runner*) atau roda turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan *stator* atau rumah turbin. Roda turbin terletak di dalam rumah turbin dan roda turbin memutar poros yang menggerakkan bebannya seperti generator listrik, pompa, kompresor, baling-baling atau mesin lainnya. Roda turbin dapat berputar karena adanya gaya yang bekerja pada sudu. Gaya tersebut timbul karena terjadi momentum dari pancaran fluida

kerja yang keluar dari nosel (turbin impuls) atau aliran air mengalir di antara sudu, sehingga akan terjadi perubahan tekanan di antara sudu. Fluida kerja tersebut mengalami proses penurunan tekanan dan mengalir secara kontinu. Fluida kerja itu dapat berupa aliran air, uap air, atau gas.

Bila dibandingkan dengan dengan penggunaan berbagai jenis mesin pembangkit tenaga yang lain, maka penggunaan turbin mempunyai keuntungan-keuntungan antara lain:

- Konstruksinya relatif sederhana, perawatannya mudah dan murah.
- Waktu operasi relatif lama, biaya operasi murah sehingga menguntungkan untuk pemakain yang lama.
- Tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.

Sedangkan kekurangan-kekurangan pada penggunaan turbin air adalah:

- Biaya investasi awal relatif mahal, karena menggunakan sarana pembantu antara lain: bangunan, waduk, sistem pengaturan, dan sebagainya.
- Hanya dapat digunakan pada daerah yang mempunyai potensi sumber tenaga air.

2.2 Pengertian Turbin Air

Turbin air adalah turbin dengan fluida kerja air. Air mengalir dari tempat yang tinggi menuju tempat yang lebih rendah. Dalam hal ini air tersebut memiliki energi potensial. Energi potensial ini berangsur-angsur diubah di dalam pipa menjadi energi kinetik, dan energi kinetik diubah di dalam turbin menjadi energi mekanis, dimana air memutar roda turbin.

Turbin air merupakan pengembangan dari kincir air yang dipergunakan orang berabad-abad yang lampau. Penggunaan turbin air yang paling umum adalah sebagai mesin penggerak untuk pembangkit tenaga listrik, dimana dalam hal ini poros turbin dihubungkan dengan generator untuk menghasilkan daya listrik.

Turbin menempati posisi kunci dalam bidang *hidroelektrik* dan membentuk suatu bagian besar dari seluruh jumlah biaya proyek. Menurut sejarahnya turbin hidrolik sekarang ini berasal dari kincir air pada zaman pertengahan yang dipakai untuk memecah batu bara dan keperluan pabrik gandum. Turbin-turbin modern saat ini merupakan hasil dari kemajuan teknologi dari cabang-cabang bidang teknik seperti mekanika air zat cair, ilmu logam, dan mekanika teknik.

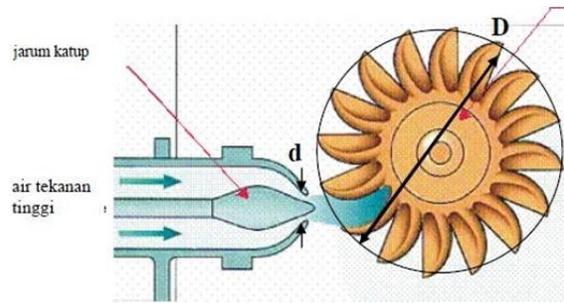
2.3 Penggolongan Turbin Air

Turbin air diklasifikasikan berdasarkan beberapa hal antara lain sebagai berikut:

2.3.1 Berdasarkan prinsip kerja turbin (perubahan momentum fluida kerja)

a) Turbin Impuls (aksi)

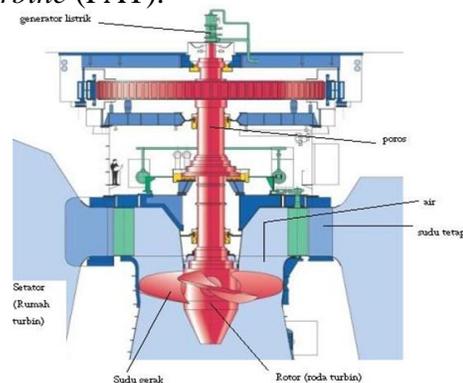
Turbin impuls (aksi) adalah turbin yang dibuat sedemikian sehingga *runner* bekerja karena aliran air, dalam hal ini beda tinggi diubah menjadi kecepatan pada nosel karena adanya perbedaan tinggi. Pada prinsipnya, energi yang tersimpan dalam tekanan air pertama-tama dikonversi dalam sebuah nosel menjadi energi kinetik dalam bentuk pancaran air kecepatan tinggi, kemudian menumbuk sudu dan terjadi putaran *runner* saat menyentuh sudu-sudu *runner* melalui perubahan arah aliran air dan perubahan momentum gerak aliran air. Turbin jenis impuls biasanya dapat bekerja di udara terbuka tanpa membenamkan turbin ke dalam air dan hanya memerlukan *casing* untuk menghalangi pancaran air dan pelindung dari kecelakaan kerja. Termasuk dalam jenis turbin impuls adalah turbin Pelton, turbin *Crossflow*, dan turbin Turgo



Gambar 2.1 Turbin Impuls

b) Turbin Reaksi

Turbin reaksi bekerja karena adanya tekanan aliran air yang menimbulkan gaya tekan pada permukaan sudu-sudu *runner*. Tekanan aliran air akan mengalami penurunan saat melewati sudu-sudu *runner* sehingga menyebabkan *runner* dapat berputar. Pada turbin reaksi, posisi *runner* sepenuhnya dibenamkan didalam air sehingga memerlukan *casing* dengan jarak antara *runner* dengan *casing* sangat kecil, hal ini dimaksud agar tidak banyak tekanan aliran air yang hilang. Kelompok turbin reaksi adalah turbin Francis, turbin Propeler, turbin Kaplan, dan *Pump-As-Turbine* (PAT).



Gambar 2.2 Turbin Reaksi

2.3.2 Berdasarkan tinggi air jatuh (*head*) dan debit

Head atau tinggi air jatuh adalah jarak vertikal yang diukur dari tinggi permukaan air atas sampai tinggi permukaan air bawah yang akan menggerakkan turbin, sedangkan debit adalah jumlah kapasitas air yang melalui penampang saluran air pada satu satuan waktu.

Tabel 2.1 Klasifikasi turbin air berdasarkan tinggi jatuh air

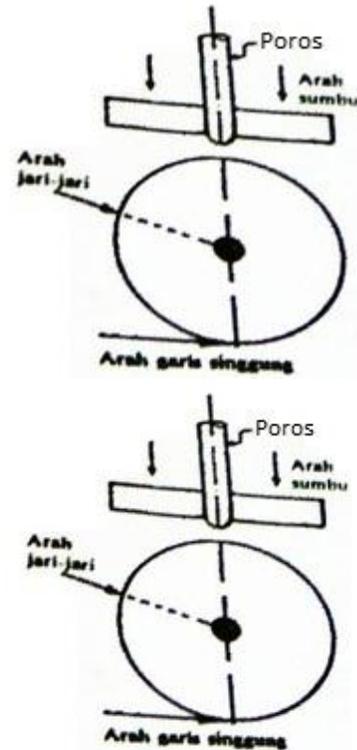
<i>H</i> (meter)	Jenis Turbin
Kurang dari 30 meter	Turbin dengan <i>H</i> rendah
30 – 300 meter	Turbin dengan <i>H</i> sedang
Lebih dari 300 meter	Turbin dengan <i>H</i> tinggi

2.3.3 Berdasarkan Arah Aliran

Ketiga arah aliran ortogonal pada aliran dalam turbin dapat diuraikan sebagai aliran radial, aksial dan tangensial, berkenaan dengan roda. Poros dari corong menyatakan arah aksial.

Skema kemiringan dari turbin memperlihatkan (tanda panah) aliran aksial, sementara perencanaan menghasilkan arah radial dan tangensial (Gambar 2.4). Kadang-kadang aliran dapat berubah antara pintu pemasukan dan pengeluaran, hal tersebut dapat berupa aliran radial pada

pintu pemasukan dan aliran aksial pada pintu pengeluaran. Suatu aliran seperti itu dapat dipandang sebagai aliran campuran.



Gambar 2.3 Arah Aliran dalam Turbin

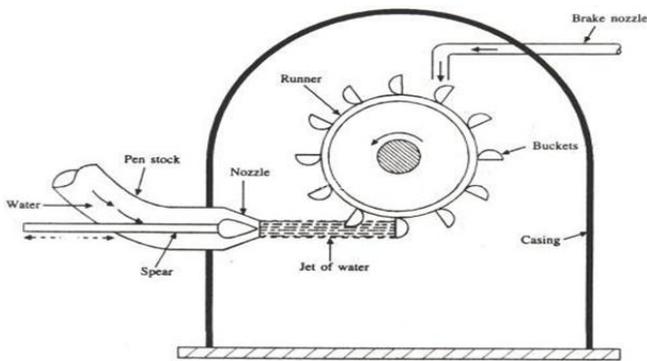
Apabila aliran tidak ada yang sejajar maupun tegak lurus poros, aliran tersebut dapat disebut aliran diagonal. Tabel 2.2 adalah ringkasan dari arah aliran yang umumnya terjadi pada turbin yang bisa dipergunakan.

Tabel 2.2 Penggolongan turbin air berdasarkan arah aliran

Jenis Turbin	Arah Aliran
Francis	Radial /

	gabungan
Pelton	Tangensial
Baling-baling / Kaplan	Aksial

Berikut ini adalah gambar-gambar dari penggolongan turbin air berdasarkan arah aliran.



Gambar 2.5 Turbin Pelton

III. METODOLOGI PENELITIAN

3. 1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Dasar Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi, dengan menggunakan pompa air *Shimizu type ps-128 bit* yang difungsikan sebagai turbin air dan dibantu dengan 4 buah pompa yang dirangkai secara seri dan paralel untuk mengalirkan air ke turbin. Pengambilan data dilakukan selama satu bulan.

3. 2. Bahan dan Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Turbin
2. Pompa
3. *Tachometer*
4. Mistar
5. *Stopwatch*
6. *Dinamometer*
7. *Flowmeter*

3.2.1 Turbin

Sebuah pompa air type *Shimizu type ps-128 bit* yang dialihfungsikan sebagai turbin air ini sudah tidak memiliki motor listrik (rotor). Sebuah puli dipasang pada poros pompa untuk dihubungkan ke dinamometer dengan menggunakan sabuk rem sebagai penghubung, untuk mengukur berbagai beban (pengereman) pada puli.

Spesifikasi :

- Tinggi isap : 9 m
- *Head* : 20-10 m
- Debit : 10-18 liter/menit
- Ukuran pipa : 1"

3.2.2 Pompa

Pompa ini berfungsi untuk menaikkan air yang berada di drum penampungan bawah menuju ke drum penampungan atas. Pompa yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 4 buah, yang dihubungkan secara seri dan paralel.

Spesifikasi :

- Daya input motor : 300 Watt
- Daya output motor : 125 Watt
- Tegangan listrik pompa : 220 Volt
- Debit : 35 liter/menit
- Total *head* : 47 m

3.2.3 Tachometer

Alat ini berfungsi untuk mengetahui besarnya kecepatan/putaran pada poros turbin.

3.2.4 Mistar

Alat ini digunakan untuk mengukur diameter lingkaran puli pada turbin.

3.2.5 Dinamometer

Alat ini berfungsi untuk mengetahui gaya (Newton) yang terjadi pada putaran turbin. Dinamometer yang dipakai dalam penelitian ini adalah *type* Madyland 0-20 Newton.

3.2.6 Flowmeter

Alat ini berfungsi untuk mengetahui banyaknya jumlah debit aliran air yang berasal dari drum penampungan atas menuju turbin. *Flowmeter* yang digunakan adalah KDG 2000 dengan kapasitas 10-100 liter/menit.

3.2.7 Stopwatch

Alat ini digunakan untuk menghitung waktu kerja turbin sesaat sebelum pengambilan data dilakukan, yakni ditetapkan selama 2 menit. Tujuannya agar turbin yang sedang beroperasi tersebut

sudah dalam keadaan yang stabil sehingga mempermudah penulis dalam pengambilan data.

3.3 Prosedur Penelitian

Pengambilan data dilakukan berulang-ulang kali dengan tujuan untuk memperoleh semua data yang diperlukan, dimana pada pengambilan data turbin dibantu dengan 4 buah pompa dihubungkan secara seri dan paralel.

Langkah-langkah yang dilakukan saat pengambilan data :

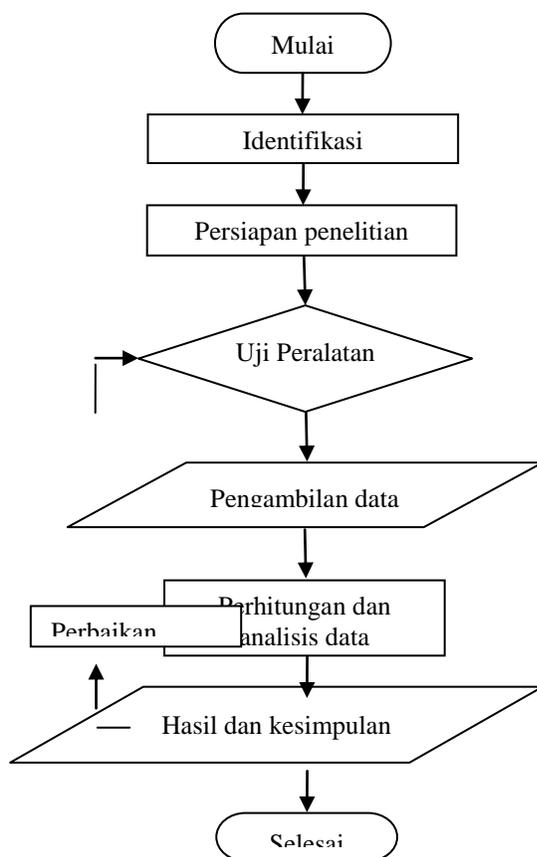
1. Merangkai alat yang digunakan dalam penelitian.
2. Memeriksa keadaan tangki drum penampungan untuk memastikan tidak ada kebocoran dan kondisi pompa dalam keadaan baik.
3. Sebelum menghidupkan pompa, periksa katup dan pipa penghubung.
4. Atur beban pada dinamometer miniatur turbin diawali dengan tanpa beban ($W_1 = 0 \text{ N}$).
5. Hidupkan pompa.
6. Catat beban (W_2) pada dinamometer, debit air (Q) yang ditunjukkan melalui *flowmeter*, tekanan masuk dan keluar pompa (P) pada *manometer*, dan putaran pada poros turbin (n) melalui *tachometer*.
7. Matikan pompa.

8. Ulangi prosedur 5-8 untuk beban yang berbeda.

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Beban yang terbaca pada dinamometer (N)
- Kapasitas air yang terbaca oleh *flowmeter* (m^3/s)
- Putaran turbin (rpm)
- Tekanan masuk dan keluar pompa (psi)

3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4. 1 Hasil Pengolahan Data

Dari percobaan yang dilakukan peneliti selama satu bulan di Laboratorium Dasar Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi maka data dan pengolahan datanya sebagai berikut :

Data Hasil Pengamatan

Data yang diperoleh dari penelitian ini disajikan dalam Tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1 Hasil Pengamatan

Q (l/menit)	W_1 (N)	W_2 (N)	N (rpm)	P_s (kPa)	P_d (kPa)
31	0	1,2	1010	1,49	180,6
	0,2	2,3	750	1,49	180,6
	0,4	3,2	610	1,49	180,6
32	0	1,4	1065	1,49	179,2
	0,2	2,8	805	1,49	179,2
	0,4	3,6	660	1,49	179,2
33	0	1,5	1100	1,49	177,8
	0,2	2,6	840	1,49	177,8
	0,4	3,6	770	1,49	177,8
34	0	1,6	1160	1,49	175,8
	0,2	2,5	895	1,49	175,8
	0,4	3,4	875	1,49	175,8
35	0	1,6	1215	1,49	172,3
	0,2	2,4	1010	1,49	172,3
	0,4	3,4	925	1,49	172,3
36	0	1,6	1260	1,49	168,9
	0,2	2,4	1060	1,49	168,9

	0,4	3,4	970	1,49	168,9
37	0	1,5	1370	1,49	166,8
	0,2	2,4	1140	1,49	166,8
	0,4	3,2	1080	1,49	166,8
38	0	1,5	1420	1,49	165,4
	0,2	2,4	1190	1,49	165,4
	0,4	3,4	1150	1,49	165,4
39	0	1,6	1460	1,49	162,1
	0,2	2,4	1230	1,49	162,1
	0,4	3,8	1170	1,49	162,1
40	0	1,8	1510	1,49	151,6
	0,2	2,2	1410	1,49	151,6
	0,4	3,6	1290	1,49	151,6

4.1.2 Perhitungan Data Pengamatan

Berdasarkan data yang telah diketahui melalui hasil pengamatan maka perhitungan dapat dilakukan.

1. Tekanan Statis

Dengan menggunakan Persamaan (2.12a) dan (2.12b)

$$P_1 = P_s + \rho g z_s$$

$$P_1 = -0,217 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} + 1,94 \frac{\text{slug}}{\text{ft}^3} \times 32,2$$

$$\frac{\text{ft}}{\text{s}^2} \times 0,66 \text{ ft} \times \frac{\text{lbf} \cdot \text{s}^2}{\text{slug} \cdot \text{ft}} \times \frac{\text{ft}^2}{144 \text{ in}^2}$$

$$P_1 = 0,069 \text{ psi}$$

dan

$$P_2 = P_d + \rho g z_d$$

$$P_2 = 26,2 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} + 1,94 \frac{\text{slug}}{\text{ft}^3} \times 32,2 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$$

$$\times 3,61 \text{ ft} \times \frac{\text{lbf} \cdot \text{s}^2}{\text{slug} \cdot \text{ft}} \times \frac{\text{ft}^2}{144 \text{ in}^2}$$

$$P_2 = 27,7 \text{ psi}$$

2. Head Pump

Dengan menggunakan Persamaan

(2.11)

$$H_p = (P_2 - P_1) / \rho g$$

$$H_p = [27,7 - 0,069] \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} + \frac{\text{ft}^3}{1,94 \text{ slug}}$$

$$\times \frac{\text{s}^2}{32,2 \text{ ft}} \times 144 \frac{\text{in}^2}{\text{ft}} \times \frac{\text{slug} \cdot \text{ft}}{\text{lbf} \cdot \text{s}^2}$$

$$H_p = 63,6 \text{ ft} \approx 19,39 \text{ m}$$

3. Kecepatan tangensial turbin

Untuk menentukan kecepatan tangensial turbin dengan menggunakan persamaan (2.15) nilai n diambil dari salah satu isi dari Tabel 4.2.

Maka,

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

$$v = \frac{3,14 \times 59 \times 1010}{60 \times 1000}$$

$$v = 3,1185 \text{ m/s}$$

4. Head turbin

Untuk menentukan head turbin digunakan Persamaan 2.14 dan sebagai contoh diambil nilai Q dari Tabel 4.2.

$$H_t = \frac{60 \cdot P}{9,81 \cdot Q}$$

$$H_t = \frac{60 \cdot 3,74}{9,81 \cdot 31}$$

$$H_t = 0,73 \text{ m}$$

5. Kecepatan Sudut

Untuk menentukan kecepatan sudut digunakan Persamaan 2.16 sehingga diperoleh:

$$\omega = 2\pi \left(\frac{n}{60} \right)$$

$$\omega = 2 \times 3,14 \left(\frac{1010}{60} \right)$$

$$\omega = 105,766 \text{ (rad/sec)}$$

6. Puntiran (Torsi)

Untuk menghitung puntiran pada turbin menggunakan Persamaan 2.17

$$T = (W_2 - W_1) \cdot r$$

$$T = (1,2 - 0) \text{ N} \cdot 0,0295 \text{ m}$$

$$T = 0,0354 \text{ (Nm)}$$

7. Daya Mekanik Turbin

Untuk menghitung daya mekanik turbin digunakan Persamaan 2.18 sehingga diperoleh.

$$P_m = T \cdot \omega$$

$$P_m = 0,0354 \times 105,766$$

$$P_m = 3,74 \text{ Watt}$$

8. Daya air

Untuk menghitung daya aktual turbin digunakan Persamaan 2.19.

$$P_w = \rho \cdot g \cdot H \cdot p \cdot Q$$

$$P_w = 1000 \cdot 9,81 \cdot 19,39 \cdot 0,00051$$

$$P_w = 97,1 \text{ Watt}$$

9. Efisiensi

Untuk menghitung efisiensi efektif turbin digunakan persamaan 2.20

$$\eta = \frac{P_m}{P_w} \cdot 100\%$$

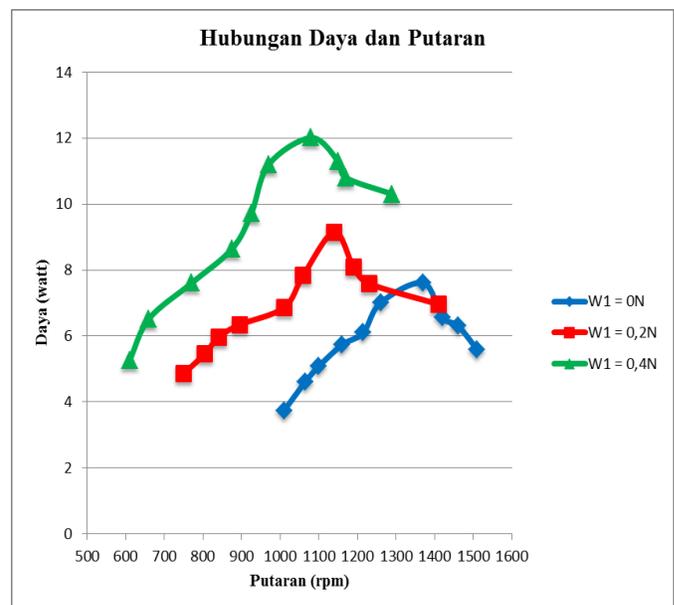
$$\eta = \frac{3,74 \text{ watt}}{97,1 \text{ watt}} \cdot 100\%$$

$$\eta = 3,85 \%$$

4.2 Pembahasan

4.2.1 Hubungan Daya terhadap Putaran

Berdasarkan pengamatan dan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya maka diperoleh hasil seperti pada gambar berikut.



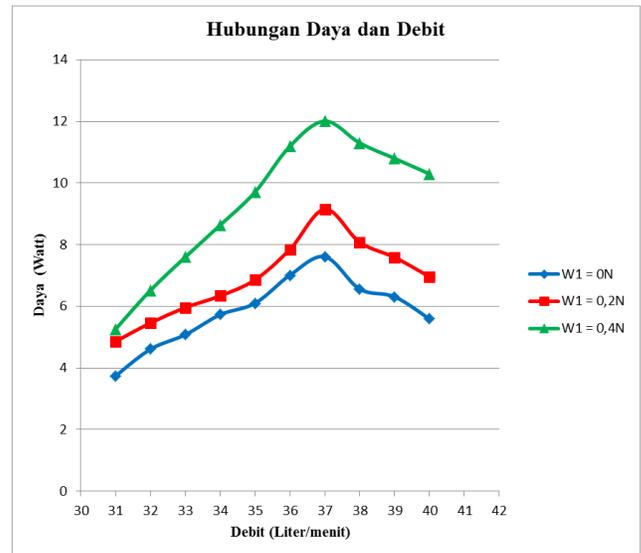
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Daya terhadap Putaran

Hubungan daya terhadap putaran diperlihatkan pada grafik dalam Gambar 4.1. Kurva tersebut menunjukkan berbagai putaran dengan daya yang dihasilkan, sehingga bisa diperoleh daya dengan putaran yang bervariasi mulai dari putaran terendah hingga putaran maksimum. Terlihat bahwa pada putaran kecil menghasilkan daya yang kecil, akan tetapi tidak selamanya pada putaran yang tinggi akan menghasilkan daya yang besar. Hal ini dapat dibuktikan melalui Gambar 4.1 di atas dimana pada grafik tersebut diperlihatkan bahwa hubungan antara daya dengan putaran bergerak dimulai dari yang paling rendah yaitu 610 rpm hingga pada suatu saat mencapai pada titik putaran maksimum yaitu 1080 rpm dengan daya maksimum yaitu 12 Watt pada tipikal III untuk beban $W_1 = 0,4$ N. Di sisi lain, pada putaran paling tinggi yaitu 1510 rpm terjadi penurunan daya hingga menjadi 5,59 Watt pada tipikal I untuk beban $W_1 = 0$ N. Tipikal I yaitu yang berwarna biru ialah untuk beban $W_1 = 0$ N, tipikal II berwarna merah untuk beban $W_1 = 0,2$ N, dan tipikal III yang berwarna hijau untuk beban $W_1 = 0,4$ N.

4.2.2 Hubungan Daya terhadap Debit

Berdasarkan pengamatan dan pengolahan data yang telah dilakukan

sebelumnya maka diperoleh hasil seperti pada grafik berikut ini.



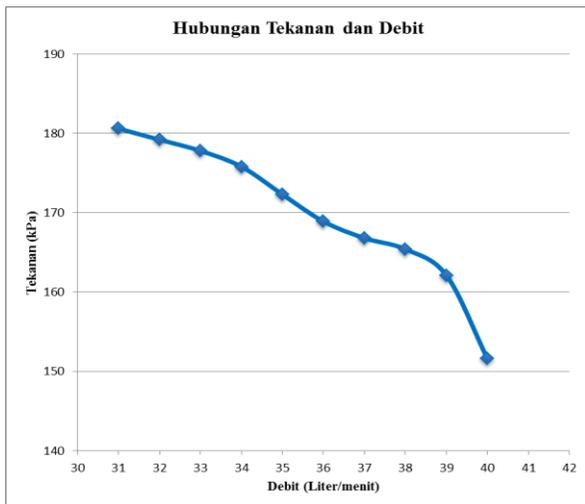
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Daya terhadap Debit

Pada Gambar 4.2 terdapat tiga buah kurva tipikal, yang umumnya menggambarkan sebuah performansi turbin. Tipikal I yaitu yang berwarna biru ialah untuk beban $W_1 = 0$ N, tipikal II berwarna merah untuk beban $W_1 = 0,2$ N, dan untuk tipikal III berwarna hijau untuk beban $W_1 = 0,4$ N. Ketika air dijalankan pada berbagai Q maka pada $Q = 37$ liter/menit menghasilkan daya pada titik maksimum $P_m = 7,61$ Watt pada tipikal I, daya $P_m = 9,15$ Watt pada tipikal II, dan daya $P_m = 12$ Watt untuk tipikal III.

Pada Gambar 4.2 tersebut, dimana dapat dilihat pada daya maksimum berada pada $Q = 37$ liter/menit dan daya tidak lagi naik pada debit yang lebih tinggi, bahkan daya sebaliknya menurun.

4.2.3 Hubungan Tekanan dan Debit

Berdasarkan pengamatan dan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya maka diperoleh hasil seperti pada grafik berikut ini.



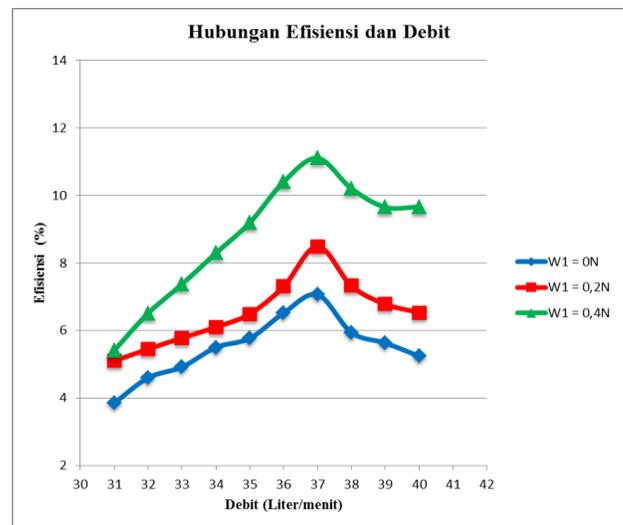
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tekanan dan Debit

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa tekanan maksimum berada pada debit awal $Q = 31$ liter/menit sebesar 180,6 kPa. Seiring dengan bertambahnya jumlah debit, maka tekanan terus menurun hingga pada titik terendah sebesar 151,6 kPa. Hal ini sesuai dengan prinsip Hukum Bernoulli yang menyatakan bahwa pada suatu aliran

fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut, dan sebaliknya.

4.2.4 Hubungan Efisiensi dan Debit

Berdasarkan pengamatan dan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya maka diperoleh hasil seperti pada grafik berikut ini.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Efisiensi dan Debit

Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa berdasarkan hasil kerja turbin nilai efisiensi maksimum yang didapat adalah 7,06 % pada tipikal I; 8,49 % pada tipikal II; dan 11,1 % pada tipikal III. dengan Debit maksimum pada 37 liter/menit. Efisiensi yang dihasilkan turbin tersebut rendah, karena kisaran efisiensi yang baik berada antara 50-80%. Hal ini disebabkan pengaruh dari diameter sudu turbin yang kecil.

Hasil pengamatan dan pengolahan data menunjukkan bahwa dengan menggunakan 4 buah pompa untuk mengetahui unjuk kerja turbin maka daya maksimum yang diperoleh sebesar 12 Watt pada putaran 1080 rpm dengan *head* efektif mencapai 1,98 m, dengan efisiensi 11,1 %. Hal ini dikarenakan bahwa momen puntir yang terjadi pada putaran sebesar 1080 rpm lebih besar dari pada putaran yang lain. Faktor yang mempengaruhi adalah besarnya beban yang diberikan dari dinamometer.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Dengan variasi pembebanan yang diberikan pada turbin maka putaran terendah yaitu 610 rpm dapat menghasilkan daya turbin 5,26 Watt, dan pada putaran tinggi yaitu 1080 rpm, daya maksimum yang dihasilkan bisa mencapai 12 Watt. Namun setelah turbin menghasilkan daya maksimum, pada putaran yang lebih tinggi yaitu 1290 rpm, daya turbin yang dihasilkan akan mengalami penurunan menjadi 10,3 Watt.

2. Pada putaran tinggi yaitu 1080 rpm, torsi maksimum yang dihasilkan sebesar $T = 0,1062$ Nm.
3. Berdasarkan hasil seluruh kerja turbin dengan pengolahan data yang telah dilakukan maka efisiensi maksimum turbin sebesar 11,1 % pada debit $Q = 37$ liter/menit.

5.2 Saran

1. Lakukan tes awal peralatan berulang-ulang kali sebelum pengambilan data untuk memastikan alat-alat tersebut tidak mengalami kerusakan. Hal ini dilakukan agar pengukuran dapat bekerja dengan maksimal.
2. Untuk penelitian selanjutnya, pompa jenis (Jet Pump) digunakan agar daya potensial yang dihasilkan lebih besar, sehingga dapat digunakan *alternator (dinamo strom)* yang dihubungkan dengan turbin, supaya bisa menghasilkan arus listrik.
3. Kepada peneliti selanjutnya diharapkan lebih memperhatikan ketelitian dalam pengambilan data, dan sebaiknya dilakukan secara berulang-ulang agar hasil yang diperoleh bisa maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim.
<http://www.sinohydropower.com/hydro-power-knowledge.html>. Diakses pada hari jumat 21 Februari 2014
- [2] Anonim.
<http://www.powerfromthelandscape.co.uk/how-to-develop-a-micro-hydro-scheme/equipment-and-installers>.
Diakses pada hari jumat 21 Februari 2014.
- [3] Anonim.
<http://www.sswm.info/category/implementation-tools/water-use/hardware/water-energy/hydropower-large-scale>.
Diakses pada hari senin 24 Februari 2014.
- [4] Arismunandar, W. 1997. *Penggerak Mula Turbin, Edisi Kedua*. Bandung: ITB
- [5] B. S. Anwir. 1994. *Pompa edisi kesatu*. Jakarta: Penerbit BHRATARA.
- [6] Dandekar M.M dan K.N Sharma, 1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air, terjemahan Setyadi, Bambang dan Sutjiningsih*. Jakarta: UI
- [7] Department of Energy. 2003. *Study on Rural Energy Supply with Utilization of Renewable Energy in Rural Areas in the Republic of Indonesia, Manual for Micro-hydro power Development*. Japan International Cooperation Agency, Chapter 6, Annex 2.
- [8] Einsering, M. 1994. *Turbin Pelton Mikro, terjemahan Sunanto, Edy. M*. Yogyakarta: Andi offset
- [9] Fritz Dietzel, 1980. *Turbin Pompa dan Kompresor, terjemahan Dakso Sriyono*. Erlangga, Jakarta.
- [10] Harvey A, et al, 2006. *Mikro Hidro Design Manual*. ITDG publishing Warwickshire UK.
- [11] Patty O. F, 1995. *Tenaga Air*. Jakarta: Erlangga
- [12] Ramadhani, Adi. 2013. *Performansi Pompa Air DAB Type DB-125B Yang Difungsikan Sebagai Turbin Air - Skripsi Jurusan Teknik Mesin Unsrat, Manado*
- [13] Robert W. Fox. 2003. *Introduction to Fluid Mechanics, Sixth Edition*.
- [14] Soplanit.G. 2007, *Penuntun Praktikum Turbin Pelton Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsrat. Manado*