

Analisa Turbin Pelton Berskala Mikro Pada Pembuatan Instalasi Uji Laboratorium

Cokorda Prapti, ST., MEng^{*)}, Sunyoto, ST., MT^{*)}, Rahmat^{**)}

E-mail : www.j_mink@yahoo.com

^{*)} Dosen Teknik Mesin Universitas Gunadarma

^{**)} Alumni Teknik Mesin Universitas Gunadarma

Abstraksi

Turbin Pelton adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar roda turbin. Dari prinsip kerjanya, turbin dapat dikatakan sebagai mesin yang digerakkan oleh fluida yang *berdensity konstan*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan *head loss* dan karakteristik turbin pelton. Dari hasil pengujian tersebut maka dapat diperoleh gambaran mekanika fluida yang digambarkan dalam grafik $H_t=f(n)$ untuk *nozel* yang berdiameter keluaran 5mm dengan *head* turbin, yaitu 20,84 m, sedangkan untuk *nozel* 3mm dengan *head* turbin, yaitu 30,65 m. Dari grafik $\eta=f(n)$ didapatkan efisiensi tertinggi dengan diameter keluaran nozel 5mm dengan putaran turbin 1240rpm pada bukaan 90° yaitu 50,42 %. Dari grafik $\eta=f(\text{BHP})$ didapatkan BHP tertinggi pada putaran turbin 1240 dari bukaan 90°, yaitu 0,0294 hp.

I. Pendahuluan

Pemakaian turbin sangat luas baik di dunia industri maupun kehidupan sehari-hari. Suatu turbin didesain dan disesuaikan dengan instalasi serta keadaan di lapangan, sehingga untuk mendesain turbinnya pada kondisi tertentu sehingga pemanfaatannya lebih fleksibel dan lebih luas. Turbin air merupakan suatu peralatan konversi energi fluida kerja air, dan proses yang terjadi adalah perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanis yang berupa putaran poros. Turbin air mengalami kemajuan dan perkembangan yang sangat pesat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dalam berbagai bentuk dan model turbin telah diciptakan oleh

manusia dengan prinsip yang sama yakni memanfaatkan energi potensial air.

II Landasan Teori

2.1 Prinsip Kerja Turbin

Turbin adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar roda turbin. Turbin dapat bergerak apabila ada energi dari fluida yang menggerakannya. Dari prinsip kerjanya, turbin dapat dikatakan sebagai mesin yang digerakkan oleh fluida yang *ber-density konstan*. Aliran fluida yang terjadi pada turbin adalah aliran *incompressible*, yaitu aliran dengan Mach number $M \leq 0,3$. Turbin air dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu :

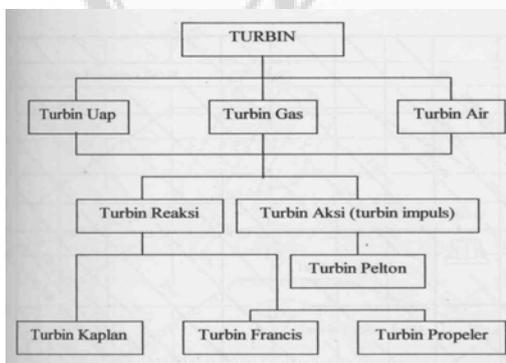
1. Turbin aksi (turbin impuls), contoh : turbin pelton
2. Turbin reaksi, contoh : turbin francis (tipe radial) dan turbin kaplan (tipe aksial)

Perbedaan antara turbin aksi dan reaksi adalah bahwa pada turbin aksi, perubahan momentum atau ekspansi dari fluida terjadi pada nozzle atau diluar roda sudu, sedang pada turbin reaksi terjadi pada permukaan lengkung sudunya.^[3]

2.2 Pengelompokkan Turbin

Turbin dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu Turbin Air, Turbin Uap Air, dan Turbin Gas dapat digunakan sebagai fluida kerja turbin. Maka turbin diberi namasesuai dengan jenis fluida kerjanya. Dengan demikian, turbin uap, turbin gas dan turbin air berturut-turut adalah turbin dengan uap, gas, dan air sebagai fluida kerja.^[3]

Oleh karena karakteristik uap, gas, dan air tidak sama, maka kondisi operasi dan karakteristik turbin uap, turbin gas, dan turbin air juga berbeda, masing-masing mempunyai ciri, keuntungan, kerugian serta kegunaan yang khas.



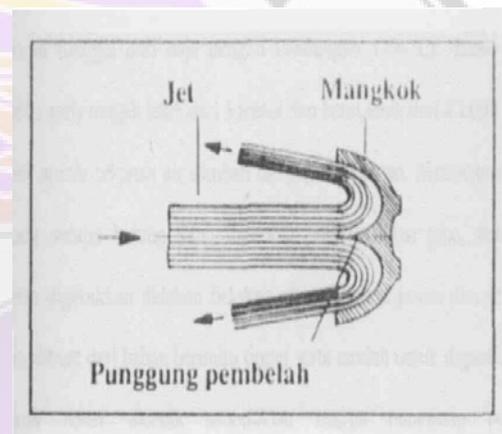
Gambar 2.1 Bagan Klasifikasi Turbin

2.3 Turbin Pelton

2.3.1 Pengenalan Turbin Pelton

Dalam sub bab ini meliputi sejarah dan pengembangan terakhir turbin pelton. Bersama turbin Turgo dan turbin aliran silang (TAS), turbin pelton termasuk dalam turbin Impuls. Karakteristik umumnya adalah memasukan sebagian aliran air kedalam *raner* pada tekanan atmosfer.

Pada turbin Pelton puntiran terjadi akibat pembelokan pancaran air pada mangkok ganda raner (lihat gambar 2.6), oleh karenanya turbin Pelton juga disebut turbin Pancaran Bebas.



Gambar 2.6 Pembelokan Pancaran^[2]

Turbin ini ditemukan sekitar tahun 1880 oleh seorang Amerika yang namanya dikenal sebagai nama turbin ini. Penyempurnaan terbesar yang dilakukan Pelton yakni dengan menerapkan mangkok ganda simetris. Bentuk ini hingga sekarang pada dasarnya tetap berlaku. Punggung pembelah membagi jet menjadi dua paruh yang sama, yang dibelokkan menyamping

2.3.2 Prinsip Dasar Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan turbin impuls, yang prinsip kerjanya mengubah energi

potensial air menjadi energi kinetik dalam bentuk pancaran air. Pancaran air yang keluar dari mulut nozzle diterima oleh sudu-sudu pada roda jalan sehingga roda jalan berputar. Dari putaran inilah menghasilkan energi mekanik yang memutar poros generator sehingga menghasilkan energi listrik. [4]

2.3.3 Komponen-komponen Utama Turbin

Pelton

Turbin Pelton mempunyai tiga komponen utama yaitu :

1. Sudu turbin.

Sudu turbin ini berbentuk mangkok, yang dipasang disekeliling roda jalan (*raner*). Setiap pemotongan pancaran air oleh mangkok pada umumnya gangguan atas pancaran tersebut. Mendadak dan tanpa diinginkan sebagian aliran membentur dan terbelokkan. Untuk menambah panjangnya usia raner, digunakan bahan mangkok yang lebih baik mutunya, misalnya baja tahan karat.

2. Nozzle.

Nozzle ini berfungsi untuk mengarahkan pancaran air ke sudu-sudu turbin dan mengatur kapasitas air yang masuk ke turbin. Pada turbin pelton mungkin dikonstruksikan dengan *nozzle* lebih dari satu buah. Pada poros mendatar dilengkapi satu atau dua *nozzle*, sedang yang berporos tegak mempunyai sampai 6 buah.

3. Rumah Turbin.

Rumah Turbin ini berfungsi sebagai tempat kedudukan roda jalan dan penahan air yang keluar dari sudu-sudu turbin. Agar raner tidak terendam, rumah turbin harus cukup tinggi diatas muka air pacu-buri. Konstruksinya harus cukup kuat untuk perlindungan seputar dari

kemungkinan mangkok atau raner rusak dan terlempar saat turbin beroperasi.

2.3.4 Pemilihan Jenis Turbin

Faktor penting yang harus dipikirkan dalam pemilihan jenis turbin ini adalah :

1. Tinggi jatuh air (H).

Tinggi jatuh air total diambil dari selisih tinggi permukaan air di kolam tando dengan tinggi air dipembuangan. Pengaruh tinggi jatuh air (H) terhadap parameter lain turbin pelton adalah :

- Berbanding lurus dengan daya teoritis (Pt).
- Berbanding lurus dengan daya efektif (Pe).
- Hampir tidak berpengaruh terhadap efisiensi.

2. Debit aliran (Q).

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir melalui turbin dalam m^3/det .

- Berbanding lurus dengan daya teoritis (Pt).
- Berbanding lurus dengan daya efektif (Pe).
- Mempengaruhi efisiensi dalam bentuk hubungan parabola.

3. Kecepatan putar (n).

Kecepatan poros turbin (dalam rpm) harus disesuaikan dengan kecepatan generator yang akan dibangkitkannya. Pengaruh putaran (n) terhadap parameter lain turbin pelton adalah :

- Tidak berpengaruh terhadap daya teoritis (Pt).
- Mempengaruhi daya efektif (Pe) dalam bentuk parabola samapai mencapai harga nol.

c. Mempengaruhi efisiensi total (η_t)

d. Tidak mempengaruhi terhadap debit aliran (Q).

4. Daya (P).

Besar daya yang akan dibangkitkan juga menentukan jenis turbin yang digunakan, dimana 1 KW = 1,36 HP. Faktor-faktor diatas dapat dirumuskan dalam suatu persamaan yang disebut kecepatan spesifik yang dapat digunakan untuk pemilihan turbin.

Kecepatan Spesifik ;

$$N_s = \frac{n \cdot \sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

Dimana P dalam satuan HP

Untuk satuan SI, maka daya P dikali dengan 1,36

$$N_s = \frac{n \sqrt{1,36 \cdot P}}{H^{5/4}}$$

Untuk menentukan jenis turbin dapat digunakan tabel 2.1 [4]

Tabel 2.1 Pemilihan Jenis Turbin Berdasarkan Kecepatan Speifik [4]

Ns (rpm)	Jenis Turbin
4 – 35	Turbin Pelton dengan 1 nozzle
17 – 50	Tubin Pelton dengan 2 nozzle
24 – 70	Turbin Pelton dengan 3 nozzle
80 – 120	Turbin Francis dengan putaran rendah
120 – 220	Putaran Francis dengan putaran normal
220 – 350	Turbin Francis dengan

	putaran tinggi
350 – 430	Turbin Francis dengan putaran ekspres
300 – 1000	Turbin Propeller dan Turbin Kaplan

2.3.5 Karakteristik Turbin Pelton

Suatu mesin selalu di disain untuk bekerja dibawah kondisi kerja yang diizinkan. Suatu turbin mungkin di disain untuk beberapa faktor penting seperti head (H), debit aliran (Q), putaran (n) dan daya (P), tetapi dalam prakteknya mungkin harus bekerja pada kondisi yang berbeda dari kondisi disainnya. Oleh sebab unjuk kerja pada kondisi-kondisi yang bervariasi perlu diketahui, dengan melakukan pengujian terhadap model turbin di laboratorium. Grafik yang ditampilkan dalam bentuk kurva-kurva disebut Karakteristik Turbin.

2.4 Kerugian Gesekan (Head Loss) Pada Turbin Pelton

2.4.1 Head Losses Pada Turbin Pelton

Head losses merupakan rugi-rugi energi yang terjadi pada instalasi turbin air sehingga energi output turbin berkurang.

2.4.2 Kerugian Mayor (Head Loss Mayor)

(h_L) :

Kerugian mayor adalah kerugian gesekan sepanjang aliran (pipa).

Besarnya faktor gesekan tergantung pada :

- Kecepatan aliran fluida dalam pipa (V).
- Diameter pipa (D).
- Massa density (ρ).
- Viskositas kinematik (v).

e. Faktor kekasaran suatu bahan (ϵ).

Pada besaran-besaran yang disusun dalam satu cara untuk membuatnya tanpa dimensi diantaranya :

1. Bilangan Reynold ($V \cdot D / \nu$).
2. Faktor kekasaran (ϵ / D).

Untuk mengetahui faktor gesekan pada aliran laminar, dapat digunakan rumus :

$$F = \frac{64}{Re}$$

2.4.3 Kerugian Minor (Head Loss Minor)

(h_{Lm}):

Kerugian minor adalah kerugian gesekan yang disebabkan oleh::

- a. Katup
- b. Belokan.
- c. Pembesaran mendadak.
- d. Pengecilan mendadak.
- e. Pembesaran perlahan.
- f. Pembesaran tiba-tiba.

2.4.4 Perhitungan Daya Fluida / Air (WHP)

Water Horse Power (WHP) adalah daya indikatif yang diberikan oleh fluida kepada sudu-sudu turbin. WHP merupakan energi yang dimiliki oleh air dalam bentuk *velocity head* (head turbin) yang nantinya akan diubah menjadi energi poros.

$$N_{th,fluida} = \gamma \cdot Q \cdot H_{th} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{th} = m \cdot g \cdot H_{th}$$

(Watt)

$$WHP = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{act} \cdot H_t}{746} \quad (\text{hp})$$

2.4.5 Perhitungan Daya Poros (BHP)

Brake Horse Power (BHP) adalah merupakan daya efektif yang diterima oleh poros turbin dari fluida yang melalui sudu-sudu turbin. BHP

diukur dari rem prony dengan cara mengukur torsi pada poros.

Putaran poros akan menimbulkan torsi yang diukur melalui gaya yang dihasilkan pada titik terluar poros. Gaya ini terbaca sebagai beban (load). [5]

2.4.6 Perhitungan Efisiensi Turbin (η_t)

Efisiensi turbin adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan pada poros turbin (N_{shaft}) dengan daya yang diberikan oleh fluida (N_{fluida}). Efisiensi turbin menyatakan kemampuan turbin untuk mengubah energi fluida menjadi energi yang berguna pada poros turbin. Dirumuskan [5]

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

BAB III INSTALASI TURBIN PELTON

3.1 Proses Instalasi

Dalam bab ini menjelaskan tentang proses instalasi turbin pelton berskala mikro pada pembuatan instalasi uji laboratorium, dimana proses dari awal sampai turbin dapat berputar dimulai dari bekerjanya pompa yang menghasilkan daya putar yang kemudian menghisap air dari bak penampungan yang dialirkan melalui pipa-pipa sehingga air tersebut menyemprotkan kearah turbin sehingga turbin dapat berputar. Untuk mendapatkan putaran rpm pada turbin yang berbeda dapat diatur melalui tegangan regulator dimana tegangannya adalah 200,220,240 volt.



Gambar 3.1 Instalasi Turbin Pelton

3.2 Perencanaan

Dalam proses perencanaan dimaksudkan untuk membandingkan seberapa besar penyimpangan-penyimpangan yang terjadi pada turbin dari data-data rancangan yang telah dibuat. Pada proses perencanaan terdapat 2 langkah yang harus dilakukan yaitu perencanaan dengan menggambar berikut dimensinya dan perencanaan dengan matematis

3.3 Proses Pengaliran Air

Pada proses instalasi pembuatan uji laboratorium, dimana untuk mengalirkan air sangat membutuhkan suatu alat yang mampu mengalirkan air dimana alat tersebut adalah pompa sentrifugal. Pompa tersebut digunakan untuk menghisap atau memompakan air dari bak penampung dengan temperature 25°C , selanjutnya air yang telah di pompa akan mengalir melalui pipa menuju nozel yang kemudian nozel tersebut menyembrotkan air ke turbin sehingga turbin tersebut berputar dan airnya kembali ke bak penampungan.

3.4 Metode Pengujian

Metode pengujian dibuat untuk mempermudah dalam melakukan pengujian pada instalasi turbin Pelton. Pengujian yang dilakukan termasuk pengujian eksperimen karena alat uji yang dirancang dan dibuat sendiri dengan membandingkan dimensi komponen yang sudah ada. Didalam metode pengujian terdapat beberapa prosedur yang harus diperhatikan, prosedur tersebut yaitu :

- a. Prosedur persiapan alat uji dan alat ukur.
- b. Prosedur pelaksanaan pengujian.
- c. Prosedur selesai pengujian.

3.4.1 Prosedur Persiapan Alat uji Dan Alat ukur

Prosedur persiapan alat uji dan alat ukur dilakukan dengan beberapa langkah, antara lain yaitu :

1. Persiapan alat uji, yaitu instalasi turbin pelton.
2. Persiapan alat ukur, seperti : regulator, manometer, tachometer, neraca untuk mengukur beban dan air untuk mengisi reservoir. Spesifikasi alat ukur adalah sebagai berikut :

a. Pompa

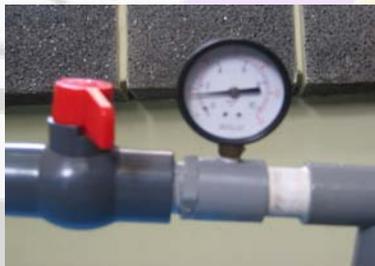
Untuk menganalisa saya menggunakan dua pompa sentrifugal yang berbeda dan dengan spesifikasi yang berbeda pula, adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Pompa Sentrifugal

b. Pressure Gauge

Pressure Gauge yang digunakan adalah *pressure gauge* air, yaitu yang berguna untuk mengukur tekanan pada *discharge* pompa. Tipe alat ini adalah Union. Dimana terdapat dua satuan, yaitu dalam skala Kg/cm² yang berkisar antara 0 – 10 dan psi berkisar antara 0 -150.



Gambar 3.4 Pressure Gauge

c. Regulator

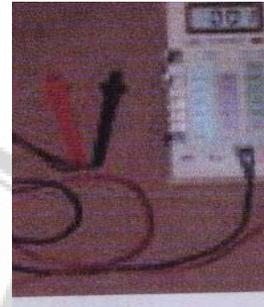
Regulator yang digunakan adalah sebuah regulator TD GC₂ - 0,5 kVA *Voltage-Regulator*. Besar tegangan yang dapat diatur antara 0 – 300 Volt pada tegangan AC. Dengan alat ini kita dapat mengatur besarnya tegangan, arus serta putaran motor pompa sentrifugal.



Gambar 3.5 Regulator

d. Multimeter

Multimeter digunakan untuk menampilkan arus (I) yang mengalir, besarnya Voltage (V) serta hambatan (Ω).



Gambar 3.6 Multimeter

e. Tachometer

Tachometer adalah suatu alat yang digunakan sebagai alat untuk mengukur putaran motor pada pompa.



Gambar 3.7 Tachometer

f. Nozel

Nozel digunakan untuk memutarakan turbin. Dimana nozel tersebut terbuat dari resin dan hardener yang dicetak dimana sebagai media cetaknya adalah besi yang dibubut berbentuk tirus dengan dua diameter yang berbeda yaitu ujung nozel yang berdiameter 3 mm dan 5 mm. ampungan.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

DATA

4.1 Pembahasan

Dalam parameter-parameter yang diukur dan dihitung dalam pengujian ini adalah *Debit (Q)*, *putaran turbin (n)*, *Head Turbin (Ht)*, *Water Horse Power (WHP)*, *Brake Horse Power (BHP)*, dan *Efisiensi (η)*.

Dimana untuk membangkitkan tinggi terjun dan debit aliran dipakai sebuah pompa sentrifugal yang digerakan dengan motor listrik dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Kapasitas aliran = 45 L/min
2. *Suction head* = 9 m
3. Total head max = 30 m
4. Putaran = 2800 rpm
5. Daya = 200 watt

Pada pengujian ini dilakukan dengan memvariasikan putaran turbin (n), Head dan bukaan nozzle yang berbeda-beda yaitu 90°, 60° dan 45°. Bukaan nozzle hanya 3 variasi karena untuk mendapatkan keluaran fluida yang tidak menyebar sehingga mendapatkan putaran sudu yang maksimal.

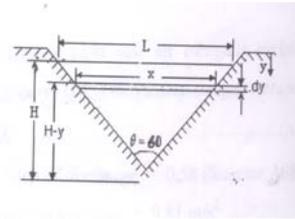
4.2 Perhitungan Data Pengujian

Untuk menghitung data yang sudah ada digunakan rumus yang telah dikembangkan dalam subbab 2.4.1 Pengolahan data berikut ini adalah pada bukaan 45° dengan sudu nozzle 3mm dengan putaran turbin 900 rpm diperoleh data sebagai berikut :

- a. *Discharge Pressure*, Untuk nozzle berdiameter 3mm, $p_d = 3,0 \text{ kg/cm}^2 = 30 \text{ mka}$ sedangkan untuk nozzle berdiameter 5mm, $p_d = 2,0 \text{ kg/cm}^2 = 20 \text{ mka}$.
- b. Indikator Kapasitas, $h = 0,04 \text{ m}$

c. *Load* (beban), $P = 0,23 \text{ kg}$

d.



Hubungan antara x dan y adalah :

$$\frac{L}{H} = \frac{x}{(H - y)} \quad \text{atau dapat}$$

$$\text{ditulis : } x = \frac{L(H - y)}{H}$$

maka luas penampang dengan pendekatan diferensial diatas adalah:

$$dA = xdy \quad \text{atau dapat ditulis:}$$

$$dA = \frac{L(H - y)}{H} dy$$

Kapasitas teoritis (Q_t) dirumuskan sebagai :

$$dQ_t = VdA$$

Kecepatan V diperoleh dari persamaan energi untuk *control volume* diatas:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

Asumsi-asumsi: $V_1 \approx 0$ (kecepatan penurunan permukaan reservoir dianggap kecil sekali)

$$p_1 = p_2 = p_{atm}$$

sehingga didapat :

$$V_2 = \sqrt{2g(z_2 - z_1)} = \sqrt{2gy}$$

$$dQ_t = VdA = (2gy)^{1/2} \cdot \frac{L(H-y)}{H} dy$$

$$Q = \int_0^H (2g)^{1/2} \frac{L(H-y)}{H} dy = (2g)^{1/2} \frac{L}{H} \int_0^H y^{1/2} (H-y) dy$$

$$Q = \sqrt{2g} \frac{L}{H} \left[\frac{2}{3} H^{3/2} - \frac{2}{5} H^{5/2} \right] = \frac{4}{15} \sqrt{2g} LH^{3/2}$$

Dari hubungan geometris V-notch weir didapat :

$$\tan\left(\frac{1}{2}\theta\right) = \tan 45^\circ = \frac{L}{2H}, \text{ maka :}$$

$$L = 2H$$

$$Q_t = \frac{4}{15} \sqrt{2g} (2H) H^{3/2}$$

jadi :

$$Q_t = \frac{8}{15} \sqrt{2g} H^{5/2} \cdot (m^3 / s)$$

$$Q_{act} = Cd \cdot Q_t \quad Cd = \text{Koefisien of discharge} = 0,58 \text{ (Street, 1983)}$$

$$Q_{act} = 0,58 \times \frac{8}{15} \sqrt{2 \times 9,81} = 1,37$$

1. Kapasitas actual (Q_{act})

$$\begin{aligned} (Q_{act}) &= 1,37 \text{ (h) exp } 2,5 \\ &= 1,37 (0,04) \text{ exp } 2,5 \\ &= 0,000213 \text{ m}^3 / \text{s} \end{aligned}$$

2. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{\rho \cdot \bar{V} \cdot D}{\mu}$$

=

$$\frac{999 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,10 \text{ m} / \text{det} \cdot 0,0254 \text{ m}}{8,93 \cdot 10^{-4} \text{ s/m}^2}$$

$$= 284,15 \text{ (laminer)}$$

3. Faktor Gesekan (f)

Untuk mengetahui faktor gesekan pada suatu pipa, maka berdasarkan jenis aliran yang dihasilkan pada bilangan Reynold adalah jenis aliran laminar sehingga digunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f &= \frac{64}{Re} \\ &= \frac{64}{284,15} \\ &= 0,22 \end{aligned}$$

4. Head Dinamik ($V^2/2g$)

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{4 \cdot Q_{act}}{2 \cdot \pi \cdot g \cdot D_{pipa}} = \frac{4 \cdot (0,000213 \text{ m}^3 / \text{s})}{2 \cdot 3,14 \cdot 9,81 \cdot 0,0254} = 0,021 \text{ m}$$

5. Head Loss Pada Pipa (hl_{pipa})

$$\begin{aligned} hl_{pipa} &= f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \\ &= 0,22 \cdot \frac{0,75}{0,0254} \cdot \frac{0,021}{2 \cdot 9,81} \end{aligned}$$

6. Head Loss Pada Elbow/Belokan

$$(hl_{elbow})$$

$$hl_{elbow} = f \cdot \frac{Le}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

,dimana Le/D yaitu panjangekivalen = 30 (standart elbow 90°, Fox and Mc Donald, 5th Ed, 1998)^[5]

$$= 0,22 \cdot (30) \cdot \frac{(0,021)^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 3$$

$$= 0,000445 \text{ m}, n = 3 \text{ (Jumlah elbow)}$$

- Head Loss Total (hl_t)

$$hl_{total} = hl_{pipa} + hl_{elb}$$

$$= 0,032 + 0,000445$$

$$= 0,0324 \text{ m}$$

7. Head Ketinggian

$$\Delta z = z^2 - z^1$$

$$= 75 \text{ cm} - 8,5 \text{ cm}$$

$$= 665 \text{ cm} = 0,665 \text{ m}$$

8. Head Turbin

$$Ht = Pd + V_1^2 / 2g - (hl_{pipa} + hl_{elb})$$

$$= 20 \text{ mka} + 0,021 \text{ m} - (0,032 \text{ m} + 0,000445 \text{ m})$$

$$= 20,84 \text{ m}$$

9. Water Horse Power (WHP)

$$WHP = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{act} \cdot Ht}{746}$$

$$= \frac{999 \text{ kg/m}^3 \cdot (9,8 \text{ m/s}) \cdot (0,000213 \text{ m}^3/\text{s}) \cdot (20,84 \text{ m})}{746}$$

$$= 999 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 9800,19 \text{ kg/m}^2 \text{ s}^2$$

$$= 0,000213 \text{ m}^3 \cdot \text{s} \cdot 20,84 \text{ m} = 0,0044389 \text{ m}^4 / \text{s}$$

$$= \frac{9800,19 \text{ kg/m}^2 \text{ s}^2 \cdot 0,0044389 \text{ m}^4 / \text{s}}{746} = \frac{43,50 \text{ kgm}^2 / \text{s}^3}{746}$$

$$= \frac{43,50 \text{ N.m/s}}{746} = \frac{43,50 \text{ J/s}}{746} = \frac{43,50 \text{ Watt}}{746}$$

$$= 0,0583 \text{ HP}$$

10. Brake Horse Power (BHP)

$$BHP = \frac{P \cdot g \cdot l \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 746} \quad L = 0,075 \text{ m}$$

=

$$\frac{0,23 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,075 \text{ m} \cdot 2,3 \cdot 14,1240}{60 \cdot 746}$$

$$= 0,23 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 2,2563 \text{ kg.m/s}^2$$

$$= 0,075 \text{ m} \cdot 2,3 \cdot 14,1240 \text{ pm} = 584,04 \text{ m/mnt}$$

$$= \frac{2,2563 \text{ kg.m/s}^2 \cdot 584,04 \text{ m/mnt}}{60 \cdot 746}$$

$$= \frac{2,2563 \text{ N} \cdot 584,04 \text{ m/s}}{746}$$

$$= \frac{1317,76 \text{ N.m/s}}{746} = \frac{1317,76 \text{ J/s}}{746}$$

$$= \frac{1317,76 \text{ Watt}}{746}$$

$$= 0,0294 \text{ HP}$$

11. Efisiensi Turbin (η)

$$\eta = \frac{BHP}{WHP} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0294}{0,0583} \times 100\% = 50,42\%$$

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah menganalisa dan mengumpulkan data-data dari pengukuran yang kemudian diteruskan dengan pembahasan dan perhitungan dari data-data hasil pengukuran maka penguji mendapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

- Hasil perhitungan dari analisa turbin pelton yang jauh dibawah dari yang direncanakan. Ada beberapa kemungkinan yang menyebabkan hasil perhitungan tidak sesuai dengan

yang direncanakan pada penelitian yang meliputi :

1. Spesifikasi pompa sentrifugal yang digunakan untuk membangkitkan tinggi terjun dan debit aliran ternyata tidak mencukupi untuk tinggi terjun dan debit yang dibutuhkan pada instalasi turbin pelton.
2. Rendahnya keakuratan dalam pembacaan alat ukur.
3. Nilai-nilai kerugian sepanjang aliran fluida cukup besar. Kerugian-kerugian tersebut terjadi pada pipa, belokan, dan nozel sehingga head turbin yang dihasilkan tidak maksimal.

Sesuai dari hasil kesimpulan yang didapat maka dapat disadari bahwa hasil penelitian instalasi turbin pelton ini belum dapat digunakan sebagai standar kinerja dari turbin pelton, oleh karena itu memerlukan perbaikan-perbaikan dalam pembuatan dan penelitian lanjutan sehingga kinerja turbin pelton menjadi lebih baik dan lebih akurat untuk mendapatkan nilai sesuai dengan standar yang ada.