

PERANCANGAN ALAT UJI PRESTASI TURBIN PELTON

Muhammad Saleh Simamora,
Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian
E-mail : salehsimamora@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang semakin maju saat ini, banyak ditemukan peralatan–peralatan yang inovatif serta tepat guna,. Metodologi yang digunakan , (1) menghitung rugi mayor dan minor, (ii) dimensi turbin, (iii) daya dan putaran turbin, (iv) daya pengereman, (v) rangka. Hasil yang didapatkan adalah daya actual turbin (P) = 0,0276 kW, N_s = 13,66 rpm, c_1 = 8,74 m/s, u_1 = 4,101 m/s, Diameter lingkaran tusuk, D = 156 mm, Diameter jet optimal, d = 11 mm, z = 20 buah, b = 27,55 mm, h = 23,1 mm, a = 13,2 mm, t = 9,9 mm, k = 15,6 mm, D_0 = 183,72 mm, d_s = 11 mm, Reaksi rem, Q_r = 51,12 kg

Kata Kunci: Alat uji, dimensi turbin, dan turbin pelton

BAB I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara yang terletak digaris khatulistiwa, Keberadaan wilayah Indonesia yang begitu beragamnya sumber energy alternatif yang dapat dimanfaatkan, merupakan tantangan bagi kita untuk melakukan penelitian/ kajian agar memperoleh sumber energy alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Salah satu sumber energy alternatif yang dapat dikembangkan adalah Turbin air.

Perkembangan teknologi yang semakin maju saat ini, banyak diciptakan peralatan–peralatan yang inovatif serta tepat guna. Dalam bidang teknik mesin terutama pada konsentrasi konversi energy diperlukan pengetahuan tentang bagaimana menghasilkan suatu sumber energi yang nantinya akan berguna untuk masyarakat luas, Khususnya dalam proses belajar mengajar bagi pelajar dan mahasiswa. Oleh sebab itu untuk meningkatkan sarana belajar praktikum dilaboratorium Teknik Mesin Universitas Pasir Pengaraian maka dirancanglah alat uji prestasi turbin pelton ini.

BAB II

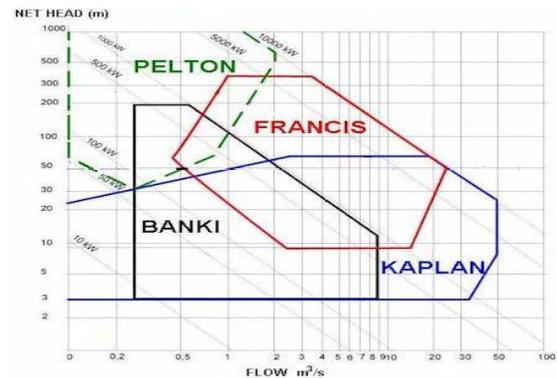
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian dasar tentang turbin air

Sistem mikrohidro telah dikembangkan di beberapa negara untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah pedalaman antara lain *Peltric Set* di Nepal, *Columbian Alternator System* di Kolombia, dan *Pico Power Pack* di Amerika. Ketiga sistem tersebut menggunakan turbin impuls sebagai penggerak (Maher and Smith, 2001).

Kwalitas aliran jet yang dihasilkan oleh nosel dapat mempengaruhi kinerja turbin. Penelitian tentang hal ini dilakukan oleh Kvicinsky dkk (2002), dimana analisis aliran jet pada permukaan sudu turbin dilakukan secara numerik maupun eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas aliran jet berpengaruh pada distribusi tekanan dan medan kecepatan pada permukaan sudu sehingga daya dan efisiensi turbin akan berubah.

Staubli dan Hauser (2004) memvisualisasikan aliran jet keluar nosel berpenampang lingkaran dalam berbagai bentuk divergensi dengan cara memodifikasi dalam berbagai sudut jarum governor pada nosel. Divergensi jet ternyata berpengaruh terhadap karakteristik jet pada permukaan sudu. Hasil modifikasi menunjukkan peningkatan kinerja turbin, yang berarti modifikasi geometri nosel dapat menambah kualitas aliran jet yang dihasilkan nosel.



Gambar 2.1

Perbandingan karakteristik Turbin.

2.2. Turbin pelton

Turbin pelton merupakan pengembangan dari turbin *impuls* yang ditemukan oleh S.N.Knight tahun 1872 dan N.J. Colena tahun 1873 dengan pasang mangkok-mangkok pada roda turbin. Setelah itu turbin impuls dikembangkan oleh orang amerika Lester G. Pelton (1880) yang melakukan perbaikan dengan penerapan mangkok ganda simetris, punggung membelah membagi jet menjadi dua paruh yang sama yang dibalikan menyamping.

Jenis Turbin ini memiliki satu atau beberapa jet penyemprot air untuk memutar piringan. Tak seperti turbin jenis reaksi, turbin ini tidak memerlukan tabung diffuser. Ketinggian air (*head*) = 200 s.d 2000 meter. Debit air = 4 s.d 15 m³/s. Turbin pelton digolongkan ke dalam jenis turbin impuls atau tekanan sama. Karena selama mengalir di sepanjang sudu-sudu turbin tidak terjadi penurunan tekanan, sedangkan perubahan seluruhnya terjadi pada bagian pengarah pancaran atau

nozzel. Energi yang masuk ke roda jalan dalam bentuk energi kinetik.

Turbin Pelton yang bekerja dengan prinsip *impuls*, semua energi tinggi dan tekanan ketika masuk ke mangkok jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Pancaran air tersebut yang akan menjadi gaya *tangensial* F yang bekerja pada mangkok roda jalan. Turbin pelton beroperasi pada tinggi jatuh yang besar . Tinggi air jatuh dihitung mulai dari permukaan atas sampai tengah tengah pancaran air.

Bentuk mangkok terbelah menjadi dua bagian yang simetris, dengan maksud adalah agar dapat membalikan pancaran air dengan baik dan membebaskan mangkok dari gaya-gaya samping. Dalam perancangan turbin pelton telah ada suatu ketentuan yang mengatur dari *desain /* rancangan turbin pelton secara baku. Intinya kita tinggal menggunakan beberapa parameter utama untuk menghasilkan dimensi lain Turbin jenis ini biasanya digunakan untuk menghasilkan listrik berkapasitas besar pada pusat tenaga air tekanan tinggi. Turbin pelton dilengkapi dengan empat sampai dengan enam *nozzle*.

1. Kelebihan Turbin Pelton :

- a. Daya yang dihasilkan besar
- b. Konstruksi yang sederhana

- c. Mudah dalam perawatan dan Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

2. Kelemahan Turbin Pelton :

Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya *reservoir* air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak. Menurut penelitian dari Pamungkas Irawan tentang efisiensi dari bentuk sudu mangkok dengan bentuk *silinder* tertutup dibelah dua dapat disimpulkan sebagai berikut:

“ Besarnya daya yang dihasilkan oleh system dipengaruhi oleh head (H), debit (Q), percepatan gravitasi (g) dan pembebanan generator pada tegangan yang konstan.”

2.3 Prinsip dasar dan cara kerja turbin pelton

2.3.1 Prinsip dasar

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 *nozel* diterima oleh mangkok-mangkok pada roda jalan sehingga roda jalan berputar. Dari putaran inilah menghasilkan energi mekanik yang memutar poros generator sehingga menghasilkan energi listrik.

Perancangan turbin pelton dimulai dengan melakukan penegenal dan identifikasi, pertimbangan dan melihat

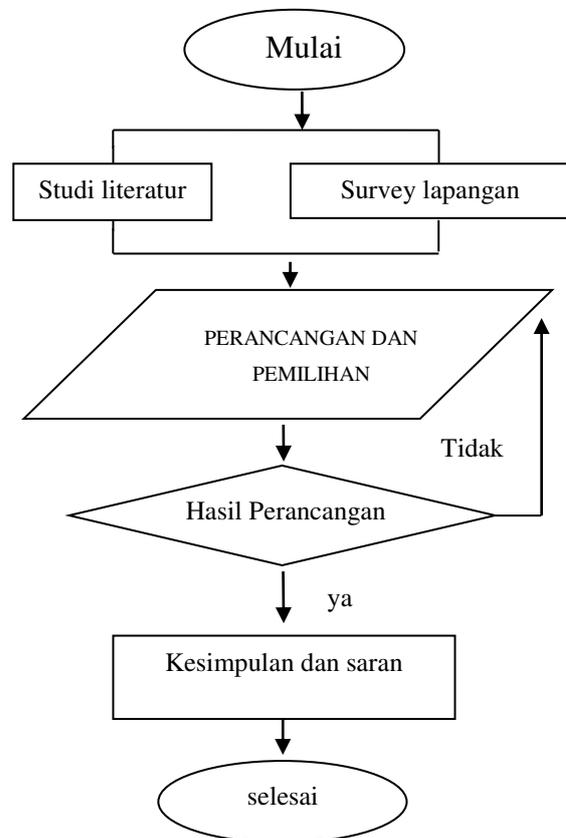
faktor keamanannya untuk dapat menyajikan hasil rancangan dengan baik begitu juga dengan material yang akan digunakan dalam perancangan turbin pelton. Dalam perancangan di butuhkan massa jenis atau *density* (ρ) untuk dapat menentukan berat jenisnya, massa jenis merupakan massa suatu benda per satuan *volume*. Sedangkan berat jenis benda adalah berat suatu benda dalam satuan volume, berat mempunyai arah, berat suatu benda dipengaruhi oleh massa benda dan gravitasi.

2.3.2. Cara kerja turbin pelton

Adapun cara kerja turbin pelton ini adalah Tahap pertama yang dilakukan adalah menghidupkan saklar motor pompa yang terdapat pada panel listrik yang bertujuan agar pompa berputar dan menghisap air yang berada pada bak penampung, lalu air mengalir melalui pipa menuju ke *nozzle* penyemprot. Sebelum sampai ke *nozzle* air terlebih dahulu melewati kran dan juga alat ukur *flow meter*. Dan dari *nozzle* lalu air disemprotkan ke sudu turbin yang menyebabkan turbin serta As turbin berputar sehingga kita bisa mengukur prestasi turbin. Dan air yang disemprotkan oleh *nozzle* ke sudu itu jatuh kembali pada bak penampungan air.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram alir penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Keterangan :

a. Studi literatur

Studi *literatur* yang dilakukan meliputi pencarian *referensi* yang digunakan seperti buku-buku dan jurnal-jurnal serta artikel yang berkaitan dengan perancangan alat uji prestasi turbin pelton.

b. *Survey* Lapangan

Survey lapangan dilakukan untuk pengamatan dari sistem yang sudah ada hal ini penulis *survey* didaerah sungai bongo kabupaten rokan hulu. Jenis turbin yang terdapat disana adalah jenis cross flow. Dan juga melakukan *survey* serta perbandingan melalui media yang sudah tersedia di youtube, sehingga memperkaya *refrensi* penelitian yang dilakukan.

c. Perancangan dan Pemilihan Alat

Perancangan dimulai dengan mendata terlebih dahulu alat dan bahan yang sudah ada lalu kemudian dilakukan perhitungan terhadap skala utama turbin pelton Jika sudah berhasil dan sesuai dengan standar yang direncanakan kemudian dilakukan *survey* ketersediaan bahan dipasaran untuk menyesuaikan kebutuhan dari hasil perhitungan yang didapatkan setelah itu dilanjutkan pada pembuatan desain turbin peltonnya namun bila tidak sesuai kembali lagi pada perancangan awal

d. Hasil

Membuat gambar jadi dari perancangan Turbin Pelton mulai dari

mangkok, nozel, poros serta rangka dari hasil perhitungan yang didapatkan

e. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berupa hasil dari keseluruhan perancangan yang telah didapatkan.

Saran berupa kritikan/masukan untuk perancangan yang lebih baik lagi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter data sekunder

Perolehan data dari spek pompa :

1. $H_{gross} = 5$ m (ditentukan dari spesifikasi pompa yang sudah ada ; 5-21 m)
2. $Q = 50$ L/min atau 0.05 m³/menit = $0,00083$ m³/s (debit pompa)
3. Diameter Pipa = 1 inchi = 0.0254 mm
4. $N_g = 500$ rpm (hipotesa)

Perolehan data dari spek pipa

1. *Elbow* = 2 buah
2. *Valve* = 1 buah
3. L_{pipa} (panjang) = 2,7 m

4.2 Perhitungan rugi-rugi aliran

➤ Luas penampang (m²)

$$A = \frac{\pi}{4} (D)^2 \dots\dots\dots(\text{pers 2.1})$$

$$A = \frac{3,14}{4} (0,0254)^2 = 0,0005064 \text{ m}^2$$

➤ Laju aliran volume

$$V = Q/A \dots\dots\dots(\text{pers 2.2})$$

$$V = 0.05 \text{ m}^3/\text{menit} / 0,0005064 \text{ m}^2 = 98,73 \text{ m}/\text{menit}$$

=1,645 m/s

4.2.2 Rugi Minor

- Rugi akibat katup = 0,033 m
 - Rugi *head* akibat *elbow* = 0,413 m
 - Total Head Loss = $H_f + H_v + H_{el}$
- = 0,32 + 0,033 + 0,413
= 0,76 m

➤ $H_{net} = H_g - H_{loss}$
= 5 - 0,766 = 4,234 m

4.3 Perhitungan dimensi utama turbin pelton

- Kecepatan mutlak jet (c_1) dapat dihitung dengan persamaan (Einsering, M, 1994):

$c_1 = K_c \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_n}$(pers 2.12)
 $c_1 = 0,96 \sqrt{2 \times 9,81 \times 4,234}$
= 8,74 m/s

Dimana:

C_1 = kecepatan mutlak jet (m/s)
 K_c = koefisien jet (0.96- 0.98)
 g = gravitasi

H_n = head net (m)

- Diameter jet optimal (d)

$d = \frac{\sqrt{4 \cdot Q}}{\pi \cdot c_1}$(pers 2.13)
 $d = \frac{\sqrt{4 \times 0.000833}}{3,14 \times 8,74} = 0,011 \text{ m} = 11 \text{ mm}$

dimana:

Q = debit
 C_1 = kecepatan mutlak jet (m/s)
 Q = Debit aliran (m^3/m)

- Kecepatan keliling optimal (U_1) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Einsering, M, 1994) :

$U_1 = k_u \sqrt{2 \cdot g \cdot H_n}$ m/s.....(pers 2.14)
 $U_1 = 0.45 \sqrt{2 \times 9,81 \times 4,234} = 4,101 \text{ m/s}$

Dimana;

U_1 = kecepatan keliling optimal (m/s)
 K_u = koefisien keliling optimal (0,45-0,49)
 H_n = head net (m)

- Diameter lingkaran tusuk, D_{lt} (mm)

$D_{lt} = \frac{60 \cdot U_1 \cdot i}{\pi \cdot n_g}$(pers 2.15)
 $D_{lt} = \frac{60 \times 4,101 \times 1}{3,14 \times 500} = 0,156 \text{ m} = 156 \text{ mm}$

Dimana;

D_{lt} = diameter lingkaran tusuk (mm)
 U_1 = kecepatan keliling optimal (m/s)
 N_g = putaran generator (rpm)
 i = angka perbandingan putaran

- Jumlah mangkok (z)

$z = 5,4 \frac{\sqrt{D_{lt}}}{d}$(pers 2.16)
 $z = 5,4 \frac{\sqrt{156}}{11d} = 20.33 = 20 \text{ buah}$

dimana:

z = Jumlah mangkok
 D_{lt} = diameter lingkaran tusuk (mm)
 d = diameter jet optimal (mm)

- Lebar mangkok, b (mm)

$b = 2,5 \cdot d$(pers 2.17)
= 2,5 x 11 = 27,55 mm

dimana:

b = Lebar mangkok (mm)

Jurnal perancangan alat uji prestasi turbin pelton

d = diameter jet optimal (mm)

➤ Tinggi mangkok, h (mm)

$$h = 2,1 \cdot d \dots \dots \dots (\text{pers 2.18})$$

$$= 2,1 \times 11 = 23,1 \text{ mm}$$

dimana:

h = Tinggi mangkok (mm)

d = diameter jet optimal (mm)

➤ Lebar bukaan mangkok, a (mm)

$$a = 1,2 \cdot d \dots \dots \dots (\text{pers 2.19})$$

$$= 1,2 \times 11 = 13,2 \text{ mm}$$

dimana:

a = Lebar bukaan mangkok (mm)

d = diameter jet optimal (mm)

➤ Kedalaman mangkok, t (mm)

$$t = 0,9 \cdot d \dots \dots \dots (\text{pers 2.20})$$

$$= 0,9 \times 11 = 9,9 \text{ mm}$$

dimana:

t = Kedalaman mangkok (mm)

d = diameter jet optimal (mm)

➤ Kelonggaran cetakan, k (mm)

$$k = 0,1 \cdot D_{lt} \dots \dots \dots (\text{pers 2.21})$$

$$0,1 \times 156 = 15,6 \text{ mm}$$

dimana:

k = Kelonggaran cetakan (mm)

D_{lt} = diameter lingkaran tusuk (mm)

➤ Diameter luar Runner (D₀)

$$D_0 = D_{lt} + 1,2 \cdot h \text{ (mm)} \dots \dots \dots (\text{pers 2.22})$$

$$D_0 = 156 + 1,2 \times 23,1 = 183,72 \text{ mm}$$

dimana:

D₀ = Diameter luar Runner (mm)

D_{lt} = diameter lingkaran tusuk (mm)

h = Tinggi mangkok (mm)

BAB V

PENUTUP

5.1. Hasil

Dari hasil perancangan yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

➤ Perolehan data dari spek pompa :

a. H_{gross} = 5 m (ditentukan dari spesifikasi pompa yang sudah ada ; 5-21 m)

b. Q = 50 L/min atau 0.05 m³/menit = 0,00083 m³/s (debit pompa)

c. Diameter Pipa = 1 inchi = 0.0254 m

d. N = 500 rpm

➤ Perolehan data dari hasil rugi-rugi aliran:

1. Luas penampang, A = 0,0005064 m²

2. Laju aliran volume, V = 1,645 m/s

3. Head Loss = 0,76 m

4. H_{net} = 4,234 m

Jurnal perancangan alat uji prestasi turbin pelton

➤ Perolehan data dari perhitungan daya

1. Daya actual turbin, $P = 0,0276 \text{ kw}$
2. Putaran spesifik, $N_s = 13,66 \text{ rpm}$

➤ Perolehan data dari perhitungan dimensi utama

1. Kecepatan mutlak jet, $c_1 = 8,74 \text{ m/s}$
2. Kecepatan keliling optimal, $u_1 = 4,101 \text{ m/s}$
3. Diameter lingkaran tusuk, $D_{lt} = 156 \text{ mm}$
4. Diameter jet optimal, $d = 11 \text{ mm}$
5. Jumlah mangkok, $z = 20 \text{ buah}$
6. Lebar mangkok, $b = 27,55 \text{ mm}$
7. Tinggi mangkok, $h = 23,1 \text{ mm}$
8. Lebar bukaan mangkok, $a = 13,2 \text{ mm}$
9. Kedalaman mangkok, $t = 9,9 \text{ mm}$
10. Kelonggaran cetakan, $k = 15,6 \text{ mm}$
11. Diameter luar Runner (D_0) = $183,72 \text{ mm}$

➤ Perolehan data dari perhitungan poros

1. Daya rencana $P_d = 0,0276 \text{ kw}$
2. berat runner, $W = 39,73 \text{ N}$
3. Diameter poros $d_s = 11 \text{ mm}$

➤ Perolehan data dari perhitungan bantalan

1. $l \approx 5(\text{mm})$
2. $l/d_s = 0,45$
3. $p = 0,72 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

➤ Perolehan data dari perhitungan rem

1. Daya rem, $P = 0,0276 \text{ (kW)}$
2. Putaran drum rem, $N = 500 \text{ (rpm)}$
3. Reaksi rem, $Q_r = 51,12 \text{ kg}$
4. Panjang tuas rem, $L_1 = 200 \text{ mm}$
5. Diameter drum rem, $D_r = 76,2 \text{ (mm)}$

5.2. Saran

Adapun saran dalam perancangan alat uji prestasi turbin pelton skala laboratorium sebagai berikut:

- Untuk perancangan turbin pelton skala utama, dimensi yang hasil perancangannya disesuaikan dengan kondisi aktual

DAFTAR PUSTAKA

- Atthanayake, I. U: "Analytical study on flow through a Pelton turbine bucket using boundary layer theory", *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, Vol.9, No. 9, pp. 241-245, 2009.
- Bilal Abdullah Nasir, 2013, "Design Of High Efficiency Pelton Turbine For Microhydro power Plant" Hawijah Technical Institute, Kirkuk, Iraq.
- Dandekar M.M dan K.N Sharma, 1991. Pembangkit Listrik Tenaga Air, terjemahan Setyadi, Bambang dan Dwita Sutjningsih. Jakarta. UI.
- Dietzel F. 1993. "Turbin Pompa Dan Kompresor", Jakarta: Erlangga.
- Eisenring , M. 1994. Turbin Pelton Mikro, terjemahan Sunarto, Edy. M. Jakarta.
- Finnemore and Franzini, ten Edition, " *Fluid Mechanics With Engineering Application*" Mc Graw Hill, Singapura..
- Harvey A, et al, 2006. *Micro Hydro Desain Manual*, ITDG publishing WarwickshireUK.
- Kvicinsky S, JL Kueny, F Avellan, E Parkinson. 2002. Experimental and Numerical Analysis of Free surface flows in A Rotating Bucket. Proceedings of the xxist IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems. Lausanne
- Maher, P, Smith, N., 2001, Pico Hydro for Village Power, Practical Manual for Schemes Up To 5 kW in Hilly Areas
- Matthew Gass, 2002, Modification Of Nozzles For The Improvement Of Efficiency Of Pelton Type Turbines, Hetch Hetchy Water and Power, Moccasin Ca USA.
- M. EdySunarto, Markus Eisenring. 1994. "Turbin Pelton Mikro", Yogyakarta: MHPG ANDI OFFSET.
- Niemann G. 1986. "Elemen mesin Jilid 1", Jakarta: Erlangga.
- Sularso. Suga 1993. "Dasar Pemilihan dan Perencanaan Elemen Mesin". Jakarta: PradnyaParamita.
- Sasongko, Gjoko. 1996. Teknik Sumber Daya Air. Jakarta: Erlangga.
- Sato GT. 1993. "Menggambar Mesin Menurut Standar I.S.O". Jakarta: Pradnya Paramita.
- Seith S.M , Modi P.P. 1991 " *Hydraulic Fluid Mechanics*", delhi, Dempat dan Sons.
- Sunarto. Edi dan Eisenring.M, 2000, Turbin Pelton Mikro Seri MHPG, buku 9 " Memanfaatkan Tenaga Air dalam Skala Kecil" Yogyakarta: Andi Offset.
- Staubli T, and HP Hauser. 2004. Flow Visualization-Adiagnosis Tool for Pelton turbines. IGHEM2004. Lucerne
- Streerter, Viktor L. 1988. " *Mekanika Fluid*". Jakarta: Erlangga.
- Wiranto Aris munandar, 1997, "Penggerak mula Turbin" Bandung: ITB
- <http://home.carolina.rr.com/microhydro/turbin.html>.
- <http://www.cink-turbiny.cz/englich/vyrobky/peltonh2.html>
- <https://www.google.co.id/search?q=diagram+m+moody&tbnm.html>