

UJI MODEL TURBIN JENIS PELTON UNTUK MENENTUKAN DAYA HEAD DAN KAPASITAS PROTOTIPE TURBIN PELTON PADA DESA BERAIR TERJUN PINARAS DI MINAHASA

Gerrits D. Soplanit, Benny L Maluegga, Tertius V. Y. Ulaan

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi, Manado

ABSTRAK

Masalah krisis energi telah melanda kehidupan manusia sehingga perlu diupayakan pemanfaatan energi alternatif, yang terbarukan. Salah satunya bersumber pada pemanfaatan energi yang terkandung pada sumber air terjun yang dapat dikonversikan pada turbin Jenis Pelton untuk menghasilkan energi listrik dalam rangka mengatasi masalah energi tersebut, terutama energi listrik. Di Minahasa terdapat banyak air terjun salah satunya desa Pinaras. Penempatan sebuah prototipe turbin pada sitenya diperlukan pengujian model agar tidak terjadi penyimpangan yang signifikan.

Pengujian yang telah dilakukan terhadap model turbin jenis Pelton dengan menggunakan pompa sebagai sumber air pada debit $Q = 0,00004 \text{ m}^3/\text{detik}$, head $H_e = 3,36 \text{ m}$ dan juga dengan menggunakan Tandon sebagai sumber air terjun dengan tinggi head efektif $H_e = 2,92 \text{ m}$ serta debitnya $Q = 0,00025 \text{ m}^3/\text{detik}$. Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa besar daya turbin bergantung pada nilai debit Q dan variasi putaran turbin. Pada saat putaran turbin rendah, maka daya yang dicapai rendah, namun dengan mengatur pasokan beban maka putaranpun akan naik sampai pada kondisi dimana daya turbin maksimum dan setelah itu, walaupun putaran di perbesar tetapi daya turbin akan berangsur turun lagi. Nilai H , Q dan putaran n pada daya maksimum dari uji model akan digunakan untuk memprediksi ukuran yang sesuai yaitu D , Head dan Q serta putaran dari prototipe, turbin, yang akan ditempatkan pada sitenya. Daya maksimum yang dicapai model turbin, 8 Watt pada $Q = 0,0004 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan $H_e = 3,36 \text{ m}$ sedangkan pada $Q = 0,00025 \text{ m}^3/\text{detik}$, $H_e = 2,92 \text{ m}$ daya yang dicapai 2,3 Watt. Dengan menggunakan *analisis dimensional* maka diperoleh ukuran dari prototipe turbin sebagai berikut: $D_{prot} = 0,334 \text{ m}$ ($\approx D_{desain} = 0,348 \text{ m}$), $H_{eprot} = 37,64 \text{ m}$, $Q_{prot} = 0,11 \text{ m}^3/\text{det}$, $n_{prot} = 730 \text{ rpm}$, dan $P_{prot} = 20,31 \text{ kW}$, $P_{desain} = 22,10 \text{ kW}$.

Kata kunci: head, daya dan diameter turbin

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi saat ini merupakan masalah aktual dimana menjadi pembicaraan dunia karena keberadaannya semakin berkurang dan bahkan dari penelitian beberapa pakar ditemukan bahwa sumber energy berupa bahan bakar minyak akan habis dalam waktu dekat ini. Dari seminar energi termal pada tahun 1993 di IPB, Bogor dikatakan dalam kurun waktu 20 tahun lagi energi fosil akan habis.

Kenyataan juga di seluruh kota besar khususnya di Indonesia diakhir akhir ini, terjadi pemakaian bahan bakar minyak secara besar-besaran oleh dan dengan pengadaan, penggunaan kendaraan bermotor, baik beroda dua maupun beroda empat dan lain-lain, alhasilnya terjadi kelangkaan bahan bakar minyak di mana-mana karena produksi makin berkurang sedangkan disisi lain pemakaian makin bertambah.

Bila ditinjau dari penggunaan bahan bakar untuk penerangan, Perusahaan Listrik Negara sering juga mengadakan pemadaman listrik, dan masyarakat beralih ke motor listrik portabel yang muaranya adalah pemakaian bahan bakar minyak juga. Dan dapat dibayangkan bila bahan bakar minyak ini habis maka manusia akan kembali ke zaman purba.

Bahan bakar alternatif merupakan salah satu solusi yang dipelajari dan dikembangkan pada era sekarang ini karena posisinya sebagai energi terbarukan misalnya dengan dibuatkan biogas, biodiesel dan bioetanol. Namun kapasitasnya masih terbatas, apalagi dikaitkan dengan kebutuhan pangan. Maka perlu pula dimanfaatkan energy terbarukan lain yaitu sumber daya alam, misalnya tenaga surya, tenaga gelombang, pasang surut, air dan angin.

Di Sulawesi Utara, khususnya daerah Minahasa banyak terdapat air terjun dengan ketinggian dan debit aliran airnya masing-masing. Air terjun dapat dikonversikan sebagai sumber energi yaitu energi listrik yang dibutuhkan masyarakat modern.

Turbin air merupakan alat, dikenal sebagai mesin konversi energi atau mesin fluida dapat merubah energi yang terkandung di dalam air terjun menjadi energi listrik, salah satunya turbin air jenis Pelton. Daya turbin air bergantung pada ketinggian air terjun (*head*), kapasitas aliran air dan putaran turbin. Dari Informasi ini sudah dapat dibuat suatu rancangan turbin yang dibutuhkan, tetapi kadang-kadang menyimpang ketika dibangun di areahnya.

Karena itu diperlukan pengujian model turbin jenis Pelton untuk menentukan daya, head, kapasitas aliran air serta putaran *runner* bagi turbin

(*prototype*) yang akan ditempatkan pada desa yang memiliki air terjun, di Minahasa.

1.2 Rumusan Masalah

Berapakah besar daya, head, kapasitas aliran air, putaran turbin jenis Pelton dan diameter *runner* yang akan di tempatkan pada areahnya melalui uji model di laboratorium.

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk memperoleh dimensi turbin yang cocok untuk dibangun pada areahnya, desa berair terjun.

1.4 Metode Penelitian

1. Melakukan studi literatur, obsevasi lapangan dan mengambil data di desa yang memiliki air terjun.
2. Melaksanakan uji model di laboratorium mengambil data dari uji model dan menganalisis dengan analisis dimensional.
3. Melaporkan hasil penelitian.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Masyarakat desa dapat memanfaatkan sumber daya alamnya untuk kebutuhan energy listrik dengan mudah dan murah.
2. Masyarakat terdorong untuk melertarikan hutan yang menjadi sumber air bagi pasokan energi listrik. Airnya setelah menggerakkan turbin masih dapat dipergunakan untuk kebutuhan air di desa.
3. Terjaganya lingkungan hidup.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Turbin

Turbin merupakan mesin penggerak, dimana fluida yang digunakan langsung untuk memutar roda turbin. Bagian roda turbin yang berputar dinamakan *runner (rotor, turbines)* atau roda turbin. Poros diikat pada roda turbin, yang dimanfaatkan untuk memutar generator untuk menghasilkan energi listrik. Roda Turbin dapat berputar karena adanya gaya yang bekerja pada sudu atau mangkuk sebagai akibat momentum dari fluida yang menerpa mangkuk pada pada roda turbin (turbin impuls) atau ketika aliran fluida mengalir diantara sudu-sudu dimana ada perbedaan tekanan sehingga sudupun berputar melalau poros (turbin reaksi). Fluida yang dimaksudkan dapat berupa air, uap air dan gas. Kalau fluida yang digunakan adalah air mak disebut turbin air.

Turbin air merupakan pengembangan dari kincir air yang telah digunakan sejak dahulu kala.

2.2 Peneliti Terdahulu

Robert Simpspon dan Arthur Williams (2000) melakukan penelitian tentang “*The Design of Cost-effective Pico-propeller Turbines for Developing Countries*” dari hasil penelitian mereka diperoleh dinamika perhitungan fluida yang dugunakan pada rancangan *casing spiral* dan *rotor blades* dan menghasilkan tampilan data turbin secara keseluruhan dengan efisiensi turbin mencapai 50 % pada putaran 600 rpm, Head 4 meter dengan kecepatan aliran 284 m eter/ det dan daya *ouput* mencapai 5,8 K W.

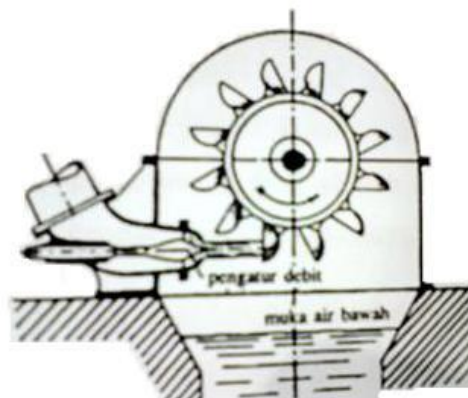
Recky Faisal (2008) melakukan penelitian tentang “ Perancangan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton Untuk Pembangkit Listrik di Desa Pinaras Kecamatan Tomohon Selatan” diperoleh hasil dengan parameter awal yang digunakan: Head efektif 37,64 meter dan debit air 0,1 m³/det dapat menghasilkan daya aktual 22,10 kW, dengan dimensi-dimensi utama turbin:

Diameter Lingkaran Tusuk (DLT) = 0,348 m

Diameter Jet = 0,048 m

Jumlah mangkuk = 26 buah

2.3 Turbin Pelton



Gambar 2.1 Turbin Pelton

(Sumber : Dandekar dan Sharma, 1991)

Turbin pelton termasuk dalam kelompok jenis turbin impuls. Karakteristik umumnya adalah pemasukan sebagian aliran air kedalam *runner* pada tekanan atmosfer. Pada turbin Pelton, puntiran terjadi akibat pembelokan pancaran air pada mangkuk ganda *runner*. Oleh karena itu turbin Pelton juga disebut turbin pancaran bebas.

Turbin ini ditemukan sekitar tahun 1880 oleh seorang Amerika yang namanya melekat sebagai nama turbin ini yaitu *Lester A. Pelton*. Penyempurnaan terbesar yang dilakukan Pelton yakni dengan menerapkan mangkuk ganda simetris. Bentuk ini hingga sekarang pada dasarnya masih berlaku. Punggung pembelahan membagi jet menjadi dua paruh yang sama, yang dibelokkan menyamping. Kemudian berlangsung berbagai

penyempurnaan berarti dengan daya keluaran yang ditingkatkan.

Turbin pancaran bebas diterapkan untuk tinggi terjun sampai 2000 meter. Dibawah 250 meter, pemakaian turbin Francis kebanyakan lebih disukai. Dewasa ini daya maksimumnya sekitar 200 MW.

Tergantung pada debit, tinggi terjun dan mutu air, turbin Pelton dipasang dengan sumbu mendatar, 1 atau 2 buah jet setiap *runner* sebagai turbin tunggal atau ganda, atau dipasang tegak dengan jumlah pancaran sampai 6. Umumnya generator listrik disambungkan langsung seporos. Bisa pula digunakan pemercepat dengan transmisi sabuk atau roda gigi.

2.4 Komponen Utama Turbin Pelton

Komponen utama dari turbin Pelton terdiri atas:

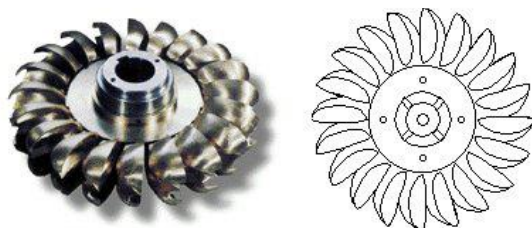
1. Rumah Turbin.

Rumah turbin selain sebagai tempat turbin terpasang juga berfungsi menangkap dan membelokkan percikan aliran air keluar mangkuk sedemikian hingga baik *runner* maupun pancaran tidak terganggu. Agar *runner* tidak terendam maka rumah turbin harus cukup tinggi diatas permukaan air, konstruksinya harus cukup kuat untuk perlindungan dari kemungkinan mangkuk atau *runner* rusak dan terlontar saat turbin beroperasi.

2. Runner

Runner turbin Pelton pada dasarnya terdiri atas cakera dan sejumlah mangkuk terpasang di sekelilingnya, cakera dipasang ke poros dengan sambungan pasak. *Runner* biasanya diikat ke poros dengan pasak. Dengan konstruksi demikian maka kepekaan takik harus dipertimbangkan pada turbin modern kapasitas kecil dan menengah.

Runner kebanyakan merupakan coran tunggal dari baja dengan kandungan 13% Cr. *Runner* Pelton terbesar memiliki garis tengah lebih dari 5 meter dan berat lebih dari 40.000 kg.



Gambar 2.2 *Runner* Turbin Pelton
(www.Jfccivilengineer.com)

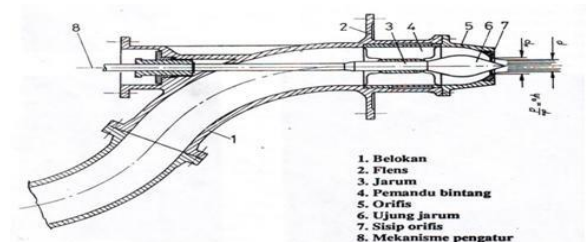
3. Nosel

Di dalam nosel, tekanan air dirubah menjadi kecepatan. Nosel terdiri atas bagian selubung serupa hidung tang dipasang pada belokan pipa, dan jarum nosel digerakkan didalam belokan pipa. Turbin Pelton mungkin di konstruksi dengan nosel

lebih dari sebuah. Kerucut jarum dan selubung yang cepat aus, dibuat dari bahan bermutu tinggi serta mudah untuk diganti. Nosel perlu dirancang sedemikian hingga kerugian tekanan sekecil mungkin dengan demikian berarti koefisien meningkat.

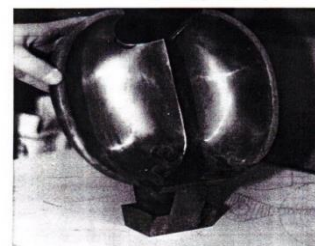
Peningkatan kecepatan aliran pada nosel berarti menambah besar kerugian tekanan. Karenanya, bagian nosel tempat air yang mengalir dengan kecepatan tinggi harus sependek mungkin, dan untuk menekan kerugian gesek dan turbulensi pancaran, hendaknya belokan nosel berjari-jari yang sebesar mungkin.

Ketidakteraturan permukaan ujung jarum dan orifis menyebabkan gangguan terhadap aliran pancaran. Kavitas atau pengikisan dengan keausan yang meningkat cepat dapat merusakkan bagian ini. Kerusakan akibat kikisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi turbin. Hal ini disebabkan sebagian pancaran air akan tidak lagi mengenai mangkuk, atau jika mengenai namun dengan kecepatan yang menyusut. Untuk itu sisip orifis dan ujung jarum nosel dirancang agar mudah diganti.



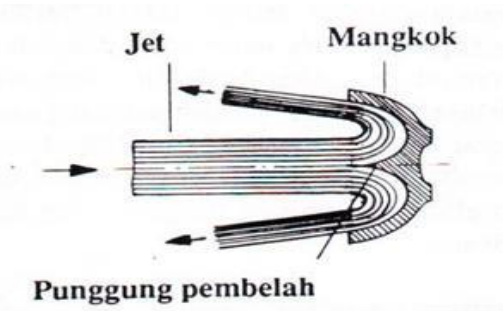
Gambar 2.3 Penampang Nosel (Eisenring.M, 1994)

4. Mangkuk



Gambar 2.5 Mangkuk Turbin Pelton
Eisenring.M, 1994)

Mangkuk *runner* dicetak sedemikian hingga punggung pembelah di tengahnya membagi jet menjadi dua bagian sama yang dibalikkan hampir 180° (lihat gambar 2.6). Dengan pembalikkan ini hampir keseluruhan energi kinetis dirubah menjadi gaya impuls di diameter luar *runner*. Karena simetrisnya aliran maka tidak terjadi gaya aksial.



Gambar 2.6 Pembelokan Pancaran
(Eisenring.M, 1994)

Masing-masing bagian pancaran air melintasi mangkuk pada alur yang berlainan dalam hal ini adalah bagian jet yang mengenai mangkuk di awal dan akhir alur memintas *runner*.

Setiap pemotongan pancaran air oleh mangkuk pada umumnya berarti gangguan atas pancaran tersebut. Mendadak dan tanpa diinginkan sebagian aliran membentur dan terbelokkan. Hal ini memberikan alasan mengapa jumlah mangkuk sebaiknya tidak dipilih terlalu banyak. Namun sebaliknya bila mangkuk terlalu sedikit menyebabkan air tidak semuanya mengenai mangkuk. Jumlah mangkuk juga sangat mempengaruhi efisiensi turbin, namun tidak berpengaruh terhadap putaran *runner* optimal. Adapun persamaan yang diperlukan dalam menghitung jumlah mangkuk optimal adalah (Eisenring. M, 1994)

$$z = \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot d} \quad (2.10)$$

Dimana, z = jumlah mangkuk (buah)

D = Diameter lingkaran tusuk (m)

d = diameter jet optimal (m)

2.5 Kisaran Pemakaian Turbin Pelton Mikro

Instalasi turbin Pelton tersaji berikut ini berkapasitas jauh lebih kecil dari pada yang telah diketengahkan terdahulu. Turbin-turbin ini bisa dibuat setempat dengan hasil yang baik. Beragam cara dan aneka bahan dilibatkan untuk membuat mangkuk atau *runner* maupun susunan nosel dan mekanisme pengatur yang berlain-lainan.

Berbagai kendala membatasi kisaran pemakaian turbin Pelton buatan setempat. Misalnya tinggi terjun yang besar menyatakan secara tidak langsung kecepatan putar akan tinggi yang menyebabkan persoalan bagi *runner* akibat gaya sentrifugal dalam kaitannya dengan gaya dinamis. Untuk nilai debit yang besar umumnya dibuat *runner* yang besar, sehingga diperlukan nosel dan mangkuk yang besar pula.

Kisaran dalam pemakaian hendaknya berada dalam batasan-batasan pada tabel 2.5. Batasan-batasan ini tidaklah wajib namun hendaknya digunakan sebagai pemandu, dengan mempertimbangkan keadaan setempat untuk pembuatan, seperti misalnya ketersediaan bahan-bahan peralatan uji dan sebagainya.

Tabel. 2.5 Batas Kisaran Penerapan Turbin Pelton Mikro

Parameter Desain	Nilai	Faktor Pembatas
Tinggi terjun	maks. 200 - 300 m	- Gaya-gaya dinamis dan hidrolis pada mangkuk - Puntiran pada poros - Debit dan daya kecil - Dimensi <i>runner</i> besar - Kecepatan putar kecil
	min. 10 m	
Debit	min. 0,5 liter/detik	- Ukuran mangkuk
Daya keluaran	maks. 50 kW	- Dimensi turbin besar - Desain
	min. 0,1 kW	- Pemakaian daya terbatas
Diameter jet	maks. 0,08 m	- Ukuran mangkuk besar - Ukuran mangkuk kecil
	min. 0,04 m	- Sulit memusatkan jet.

2.6 Parameter

Pada penelitian ini, parameter yang dihitung dalam menentukan daya dari suatu turbin pelton adalah persamaan kontinuitas :

$$Q = V \cdot A \quad (2.11)$$

dimana $A = \frac{\pi}{4} d^2$ dan $V = C_v \sqrt{2gh}$

Maka

$$Q = C_v \sqrt{2gh} \left(\frac{\pi}{4} d^2 \right) \quad 2.12$$

2.6.1 Head

Pada penelitian yang pertama pengambilan data dilakukan berdasarkan kerja dari pompa untuk itu untuk menentukan nilai *head* diperlukan rumus sebagai berikut: (Dietzel & Friez, 1993)

$$Q = C_V \sqrt{2gh} \left(\frac{\pi}{4} d^2 \right)$$

$$\left(\frac{Q}{C_V \frac{\pi}{4} d^2} \right)^2 = (\sqrt{2gh})^2$$

$$\frac{16Q^2}{C_V \pi^2 d^4} = 2gh$$

Sehingga diperoleh:

$$H_e = \frac{16Q^2}{2gC_V \pi^2 d^4} \quad (2.12)$$

dimana,

Q = debit aliran (m^3/s)
 A = luasan penampang (m^2)
 d = diameter nosel (0,01 m)
 V = kecepatan pancaran (m/s)
 C_V = koefisien nosel 0,7
 g = percepatan gravitasi ($9,81 m/s^2$)
 H = *head* (m)

2.6.2. Kecepatan Sudut

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (2.13)$$

dimana,

ω = kecepatan sudut roda turbin (rad/s)
 n = kecepatan putar roda turbin (rpm)

2.6.3 Puntiran (Torsi)

$$T = (W_2 - W_1) \cdot r \quad (2.14)$$

dimana,

T = torsi (Nm)
 W = beban yang terbaca oleh dinamometer (N)
 r = jari-jari tromol = 30×10^{-3} m

2.6.4. Daya Mekanik Turbin

$$P_m = T \cdot \omega \quad (2.15)$$

dimana,

P_m = daya mekanik turbin (Watt)
 T = torsi (Nm)
 ω = kecepatan sudut (rad/s)

2.6.5. Daya Air

$$P_w = \rho \cdot g \cdot H \quad (2.16)$$

dimana,

P_w = daya air (Watt)
 ρ = kerapatan air = 1000 kg/m^3
 H = *head* (m)

2.6.6. Efisiensi Turbin

$$\eta = \frac{P_m}{P_w} \cdot 100 \% \quad (2.17)$$

dimana,

η = efisiensi turbin (%)
 P_m = daya mekanik turbin (Watt)
 P_w = daya air (Watt)

2.6.7. Kecepatan Tangensial Turbin

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (2.18)$$

dimana,

u = kecepatan tangensial (m/s)
 D = diameter lingkaran tusuk (DLT) = 0,0942 m
 n = putaran turbin (rpm)

2.7 Non Dimensialisasi

Dalam hal ini akan membandingkan data percobaan dengan teori serta keadaan sebenarnya di lapangan. Hingga kini telah diperoleh data secara langsung dari penelitian. Bagaimanapun juga, dapat pula bekerja dengan harga/nilai tanpa dimensi (faktor skala) yang memungkinkan untuk memperoleh hasil secara umum bagi semua jenis turbin yang sama, namun ukuran bisa berbeda.

Transformasi parameter n , Q , M dan N_m sesuai dengan hukum similaritas:

$$n^* = \frac{n D_d}{\sqrt{g H_a}} \quad (2.19)$$

$$M_m^* = \frac{M_m}{\rho g H_a D_d^3} \quad (2.20)$$

$$Q^* = \frac{Q}{D_d^2 \sqrt{g H_a}} \quad (2.21)$$

$$N_m^* = \frac{N_m}{\rho D_d^2 (g H_a)^{3/2}} \quad (2.22)$$

Dan apabila daerah efisiensi maksimum dipelajari, maka diperoleh pendekatan:

$$n^* = \text{cte}, Q^* = \text{CTE}, M_m^* = \text{cte}, N_m^* = \text{cte}.$$

dan sebagai akibatnya:

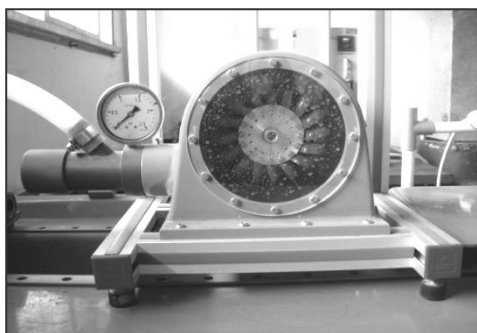
$$\frac{\omega \sqrt{Q}}{(g H_a)^{3/4}} = \text{Cte} = n_o \quad (2.23)$$

Dimana n_o merupakan putaran spesifik tidak berdimensi turbin dan merupakan parameter yang mengkarakterkan tipe *runner* dengan sempurna.

Dari persamaan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa untuk sebuah turbin dengan ukuran yang ditetapkan daya yang dibangkitkan bervariasi secara proporsional dengan $H_e^{1/2}$, puntiran berubah terhadap ketinggian *netto* H_e dan aliran dengan $H_e^{1/2}$.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi dengan membuat pemodelan air terjun dengan ketinggian yang digunakan untuk masing-masing pemodelan antara 1 meter dan 5 meter. Itu dimaksudkan untuk mensimulasikan air jatuh pada ketinggian tertentu hingga mendapatkan ukuran tinggi air jatuh, debit air dan daya. Menggunakan turbin miniatur model Pelton yang merupakan turbin yang biasa digunakan untuk praktikum mesin konversi energi oleh mahasiswa dan terdapat di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin.



Gambar 3.1 Model Turbin Jenis Pelton (Lab. KE Tek. Mesin)

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dilaksanakan penelitian yaitu untuk ketinggian Head dari pompa, dilakukan di dalam Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi dan untuk ketinggian 4 meter dilaksanakan di halaman belakang Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

Waktu pelaksanaan uji laboratorium yaitu pada sekitar bulan November 2015 sampai Januari 2016.

3.2 Alat Ukur yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan beberapa alat ukur, diantaranya adalah :

1. *Tachometer*, digunakan untuk mengetahui jumlah kecepatan/putaran poros turbin.
2. Meteran (*Measuring Tip*), digunakan untuk mengukur tinggi jatuh air.
Kisar ukur : 0 – 700 mm
Skala terkecil : 1 mm
3. *Flow meter* sebagai alat untuk mengetahui laju aliran air (debit) dari penampungan ke turbin.
4. Manometer pada miniatur turbin Pelton, digunakan untuk mengetahui besar tekanan yang terjadi pada saat aliran air dialirkan dari penampungan ke turbin.
5. Dinamometer pada miniatur turbin Pelton, digunakan untuk mengatur jumlah beban yang diberikan pada poros turbin serta untuk

mengetahui besarnya perpindahan beban yang terjadi pada poros setelah mendapatkan momentum dari jet air pada nosel.

6. *Stopwatch*, digunakan untuk menghitung waktu.
7. Mistar Sorong (*Sigmat*), digunakan untuk mengukur diameter nosel.

Selain alat ukur, ada juga peralatan lain yang digunakan untuk uji laboratorium ini yaitu ada drum sebagai tempat untuk menampung air dan pipa dengan ukuran 1 inci sebagai tempat air dialirkan. Drumnya sendiri memiliki kapasitas atau daya tampung ± 215 Liter dengan tinggi drum sekitar 5 meter dan diletakan pada suatu kerangka besi yang sudah ada, tersedia di Laboratorium Konversi Energi dan dipakai pada saat melakukan praktikum dengan topik turbin. Kegunaan lain dari kerangka besi itu sendiri selain untuk menopang drum tempat penampungan air juga dirancang agar bisa menopang pompa dan rangkaian pipa yang menjadi penghubung antara drum sebagai tempat penampungan air dengan pompa sebagai sumber pengalir air menuju ke drum tempat penampungan air. Terdapat pula bak penampungan air dengan ukuran $\frac{1}{2}$ dari drum penampungan air yang memiliki fungsi sebagai tempat pertukaran air dari drum ke pompa guna menjaga kestabilan volume air pada tandon penampungan air.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan pertama pada bulan November 2015 minggu keempat selama 1 minggu berturut-turut untuk ketinggian yang diperoleh dengan menggunakan daya pompa langsung dengan pencatatan hasil pengukuran untuk beban, putaran poros turbin, dan debit air. Hal yang sama juga diterapkan pada ketinggian 4 meter yang dilakukan pada minggu pertama bulan Januari 2016. Pengukuran meliputi beban, putaran poros turbin, dan debit air yang nantinya nilai yang didapat dari pengambilan data, menjadi parameter dalam menentukan daya turbin jenis pelton sesuai dengan yang diinginkan.

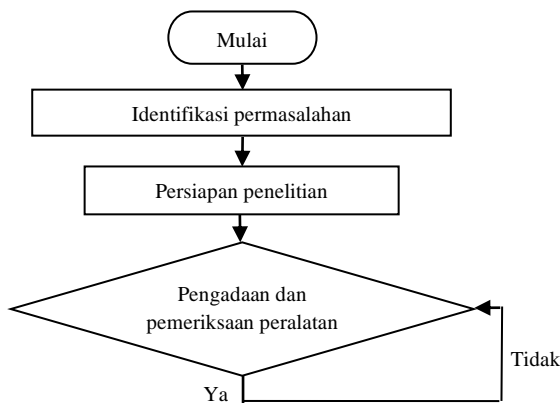
Adapun langkah-langkah yang kami lakukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Siapkan peralatan dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian
2. Periksa dahulu seluruh bagian-bagian dalam hal ini kondisi tangki/ drum serta pompa apakah dalam keadaan baik dan lengkap.
3. Isi tangki air dengan air bersih ± 215 liter.
4. Sebelum menghidupkan pompa, periksa katup dan pipa penghubung.
5. Siapkan pula alat – alat pengukuran seperti *tachometer* untuk menghitung jumlah putaran, *stopwatch* untuk menghitung waktu.
6. Atur beban pada dinamometer miniatur turbin sesuai dengan data yang telah ditentukan. Diawali dengan beban ($W_1 = 0$ N) dan tekanan tetap $p = 0,2$ Bar.

7. Setelah semua dipastikan siap, hidupkan pompa. Jika pompa tidak hidup, periksa kembali kondisi dari pompa.
8. Selanjutnya catat waktu, debit air, jumlah putaran, perubahan beban.
9. Setelah mendapatkan data yang diinginkan, matikan pompa.
10. Atur kembali beban pada dinamometer miniatur turbin untuk pengambilan data selanjutnya.
11. Lakukan prosedur 5 – 10 sampai pada data terakhir yang telah ditentukan.

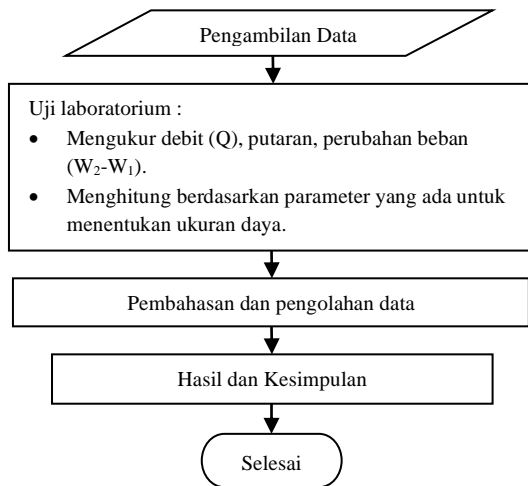
3.3 Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini, berpatokan pada diagram alir berikut :



3.4 Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan terhadap pengujian model turbin jenis Pelton dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. Pengujian dilakukan dengan mengukur,



dimeter runner model turbin, Debit Q dan putaran turbin n serta head yang ditetapkan yaitu Head pompa dan head dari ketinggian drum atau tendon, dari ketinggian tersebut dihitung head efektif, H_e .

Tabel 3.1. Pengamatan pada $H_e = 3,36$ m, head pompa

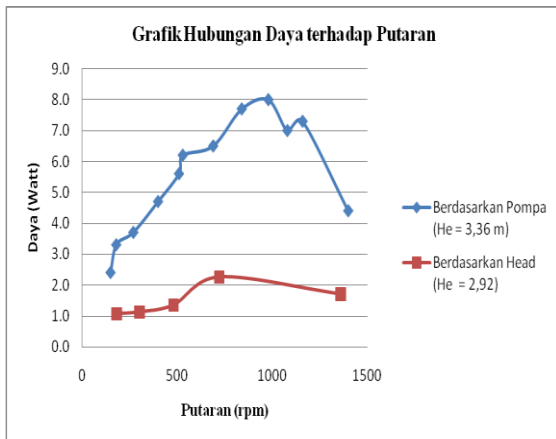
W_1 (N)	W_2 (N)	Q (m ³ /s)	n (rpm)
1	2,4	0,0004	1430
1,5	2,5	0,0004	1400
2	4	0,0004	1160
2,5	4,8	0,0004	1080
3	5,6	0,0004	980
3,5	6,4	0,0004	840
4	7	0,0004	690
4,5	8,2	0,0004	530
5	8,5	0,0004	510
5,5	9,2	0,0004	400
6	10,4	0,0004	270
6,5	11,2	0,0004	180
7	12	0,0004	150

Keterangan: head pompa

Tabel 3.2 Pengamatan pada $H_e=2,92$ m adalah Head pada ketinggian permukaan air pada tandon

H_e (m)	T (det)	W_1 (N)	Beban W_2 (N)					Putaran (rpm)					Debit $\left(\frac{m^3}{det}\right) \times 10^{-4}$				
			I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
2,92	300	0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1250	1310	1360	1280	1330	1,5	1,67	1,67	1,33	1,5
		1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	570	600	720	510	630	1,83	2,0	1,83	1,83	1,83
		1,5	2,6	2,4	2,4	2,6	2,6	400	530	480	400	500	2,0	2,17	2,0	2,0	2,0
		2,0	3,2	3,2	3,2	3,4	3,4	300	260	300	250	250	2,17	2,33	2,33	2,17	2,17
		2,5	4,4	4,0	4,4	4,6	4,0	160	150	180	130	210	2,50	2,5	2,5	2,33	2,50

Data dari hasil pengamatan tersebut divisualisasi dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 3.1 dimana sumbu vertical adalah daya turbin sedangkan absisnya adalah putaran turbin.



Gambar 3.1 Daya sebagai fungsi putaran n dengan Q .

Hubungan daya, atau beban yang diberikan kepada turbin bergantung pada putaran runner seperti yang diperlihatkan

pada Gambar 3.1. Dapat dijelaskan bahwa pada debit Q yang konstan yaitu $0,0004 \text{ m}^3/\text{det}$ maka akan diperoleh daya dengan berbagai variasi putaran mulai dari putaran terendah sampai pada putaran maksimum namun tidak berarti bila putaran maksimum, lalu daya akan maksimum pula seperti yang diperlihatkan pada gambar. Mulai dari putaran yang paling rendah yaitu $n = 150 \text{ rpm}$ meningkat sampai pada putaran $n = 980 \text{ rpm}$ maka capaian daya maksimum yaitu 8 Watt. Setelah mencapai daya maksimum walaupun putaran masih bertambah, diperbesar, namun daya turbin menurun lagi sampai mendekati 4,5 Watt, putaran $n = 1450 \text{ rpm}$. Berdasarkan gambar 3.1 atau grafik yang dihasilkan sebagai tampilan kerja model turbin maka nilai-nilai maksimum akan dipakai untuk menentukan dimensi dari prototipe turbin yang akan ditempatkan pada sitanya, sudah tentu dengan menggunakan analisis non dimensional. Dengan menggunakan pompa sebagai sumber air dengan

head pada pompa, putaran maksimum terdapat pada putaran $n = 980 \text{ rpm}$ dengan capaian daya turbin 8 Watt, pada head efektif $H_e = 3,36 \text{ m}$. Menggunakan tandon sebagai sumber air dan head yang ditetapkan maka daya maksimumnya 2,3 Watt pada putaran $n = 720 \text{ rpm}$, head efektifnya $H_e = 2,92 \text{ m}$. Dengan nilai-nilai yang diperoleh dengan menggunakan analisis tanpa dimensi untuk menetapkan ukuran pokok dari prototipe turbin maka diperoleh $H_{prot} = 37,64 \text{ m}$, $Q_{prot} = 0,11 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $P_{prot} = 20,31 \text{ kW}$, dengan diameter runner turbinnya $D_{prot} = 0,334 \text{ m}$. Membandingkan ukuran diameter runner dari ukuran-ukuran yang diperoleh peneliti sebelumnya maka dapat dikatakan perbedaannya:

$$\frac{0,348 - 0,334}{0,348} \cdot 100\% = 4,02\%$$

Perbedaannya tidak signifikan dan miniatur turbin jenis pelton dapat dipakai sebagai model turbin.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada debit konstan $Q = 0,0004 \text{ m}^3/\text{det}$, dengan $H_e = 3,36 \text{ m}$, turbin dapat dibebankan dengan berbagai daya dan menghasilkan berbagai putaran sesuai dengan beban yang diberikan pada turbin. Daya maksimum yang dihasilkan model turbin $P_{maxmodl} = 8 \text{ Watt}$, pada putaran $n = 980 \text{ rpm}$.
2. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada pengujian model dan dengan metode analisis non dimensional maka diperoleh variabel pokok turbin prototype: head efektif $H_e = 37,64 \text{ m}$, debit air $Q_{prot} = 0,11 \text{ m}^3/\text{det}$, $n_{prot} = 730 \text{ rpm}$, daya turbin prototype $P_{prot} = 20,31 \text{ kW}$, dengan diameter runner turbinnya $D_{prot} = 0,334 \text{ m}$.
3. Miniatur turbin jenis Pelton yang digunakan dapat dipakai sebagai model turbin untuk memprediksi variabel turbin actual yang akan ditempatkan pada sitanya. Membandingkan hasil yang diperoleh dari dari pengujian model dengan peneliti sebelumnya, perbedaannya hanya 4,02%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W. 1988. *Penggerak Mula Turbin*. Edisi Kedua Cetakan Kesatu. Bandung: Penerbit ITB
- Dietzel and Friez. 1993. *Pompa dan Kompresor*. Terjemahan Sriyono, D. Jakarta: Erlangga.
- Einsenring M. 1991. *Micro Pelton Turbines*. Terjemahan M. Edy Sunarto, Penerbit ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- Fox W. R., Mc Donsld T. A, Pritchard J.P. 2003. *Fluid Mechanics*. John Wiley & Sons. Inc: Unitet State of America.
- Munson R. B, Young F. D, Okiishi H. T, 1940. *Fundamental of Fluid Mechanics*. 2nd ed. John Wiley & Sons.
- Soplanit G. D. 2007. *Penuntun Praktikum Turbin Pelton*. Jurusan teknik Mesin Fakultas Teknik Unsrat. Manado.
- Faisal R. 2008. *Perencanaan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton untuk Pembangkit Listrik di Desa Pinaras Kecamatan Tomohon Selatan*. Skripsi Jurusan Tknik Mesin FT Unsrat. Manado.