

RANCANG BANGUN MODEL TURBIN PELTON MINI SEBAGAI MEDIA SIMULASI/PRAKTIKUM MATA KULIAH KONVERSI ENERGI DAN MEKANIKA FLUIDA

Hadimi, Supandi dan Agus Rohermanto

Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak
Jl. Akhmad Yani Pontianak 78124, P.O BOX 1286
Tel: (0561) 736180; Fax: (0561) 740143

ABSTRACT

This Research is conducted in Pontianak state Polytechnic using test-drive method based on literature. The step are scheme/ turbine design, making and repairing in order to get a better pelton turbine. The main objective of this research is to provide facility for energy conversion and fluid mechanism practice which is limited in Mechanical Engineering Department so that it is hoped that it will contribute positive effects on students ability in that field. The construction and specification of pelton turbine model resulted of this research as follows; (1) Type Pump: Jet propulsion Pump, with the energy input 500 Watt, head pump 55 m, and debit 30 L / minute. (2) Generator energy 500 VA and Rpm 1500 rpm, 50 Hz. (3) Runner specification: The sum of buckets / sudu is 8 (single and double), runner diameter 17 cm, out side diameter 44 cm, the width of bucket 6 cm, the length is 14 cm, and pitch pelton wheel diameter is 30 cm. (4) Nozzle diameter is 20 mm. The result of research on this pelton turbine model shows of water kinetic energy into electrical energy resulted by pelton turbine, and the bucket type design as well as the sum influence the rpm and voltage gained.

Keyword: Model, turbin pelton, bucket, runner, nozel, rpm dan tegangan listrik

PENDAHULUAN

Dalam penelitian ini, masalah utama yang dibahas adalah: (1) Bagaimana desain Turbin Pelton mini yang dapat dipergunakan untuk mahasiswa praktikum sekaligus melihat fenomena konversi energi yang terjadi. (2) Pada turbin Pelton ini diharapkan terjadinya perubahan energi potensial air menjadi energi listrik. Disamping itu rancang bangun ini dilengkapi dengan pengujian gesekan aliran fluida. (3) Bagaimana proses pembuatan Turbin Pelton mini sebagai model untuk simulasi/praktikum pada mata kuliah Konversi Energi dan Mekanika Fluida. (4) Pembuatan yang mengacu pada hasil rancangan dengan literatur yang ada dan

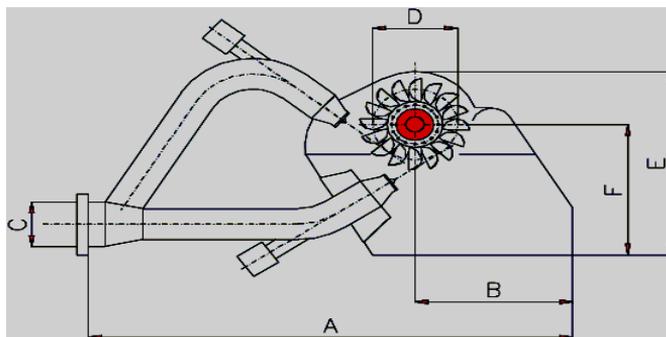
dilakukan beberapa uji coba sehingga diperoleh hasil yang diharapkan. (5) Perhitungan dan analisis kapasitas listrik yang dihasilkan oleh Turbin Pelton mini ini.

Air maupun energi air dapat dimanfaatkan sebagai penggerak mula yang ekonomis pada suatu pembangkit listrik. Pembangkit listrik jenis ini dapat digolongkan atas; 1. *Hidro electric power* (PLTA), 2. *Thermal Power* (PLTU) dan 3. *Atomic Power* (PLTN). PLTU dan PLTN memanfaatkan tenaga uap air untuk menggerakkan mesin penggerak mula suatu pembangkit, sedangkan PLTA memanfaatkan energi potensial atau energi kinetik air. Untuk merubah energi potensial maupun kinetik air dibutuhkan peralatan misalnya turbin Pelton. Energi Potensial air dipengaruhi oleh ketinggiannya, sedangkan energi kinetik dipengaruhi oleh kecepatan air tersebut.

Turbin Pelton merupakan turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air. Semprotan (jet) air yang berkecepatan tinggi mengenai bucket runner dan setelah menggerakkan runner air keluar pada kecepatan rendah, yang berarti sebagian energinya tidak diserap oleh *runner*. Tekanan air masuk dan keluar sudu adalah tekanan atmosfer.

Turbin pelton adalah merupakan contoh terbaik dari turbin impuls. Turbin tersebut dioperasikan oleh satu atau lebih jet (nozzle) air yang masuk ke *center bucket* pada sekeliling parameter dari *runner*. Tenaga berasal dari gaya air dari tekanan tinggi yang menumbuk *buckets* sehingga dinamai impuls turbin.

Salah satu contoh turbin pelton adalah turbin pelton type h-2 seperti pada gambar berikut:



Gambar 1. Turbin Pelton type h-2

Komponen utama turbin Pelton adalah sebagai berikut: (1) *Nozzle*. (2) *Runner*. (3) *Casing* atau selubung, dan (4) *Braking jet* atau penyempromat pengereman.

Nozzle merupakan mekanisme untuk menggerakkan jet atau semprotan air dan juga untuk mengatur jumlah aliran air.

Runner terdiri dari roda atau piringan yang terpasang pada poros *horizontal* dan *bucket* yang terpasang disekelilingnya.

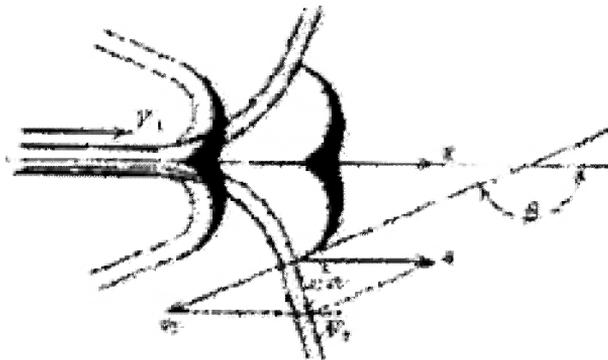


Gambar 2. Runner (*wheel*) pelton

Casing sebetulnya tidak mempunyai fungsi hidrolis bagi turbin, akan tetapi peralatan ini dibutuhkan untuk keamanan, terhindar dari percikan air, dan sebagai jalan untuk pembuangan air.

Bracking jet digunakan untuk menghentikan turbin. Jika turbin akan dihentikan, *nozzle* harus ditutup rapat, tetapi karena adanya momen inersia dari *runner* dan peralatan lain yang terhubung padanya, biasanya *runner* tetap berputar untuk waktu tertentu. Untuk menghindarkan hal tersebut digunakan *bracking jet* yang menyemprot *runner* pada arah yang berlawanan.

Secara teknik, bagaimana turbin pelton bekerja dapat dilihat dari vector diagram yang terjadi pada bucket berikut:



Gambar 3. Diagram vektor pada roda turbin pelton

v_1 = kecepatan air jet, v_2 = kecepatan relative air meninggalkan bucket, β = sudut antara v_2 sumbu jet dan V_2 = kecepatan absolute air meninggalkan bucket (jumlah dari v_2 dan u)

Kecepatan air awal berubah dari v_1 ke $v_2 \cos \alpha$.

Gaya momentum yang dihasilkan adalah; $P = m' (v_1 - v_2 \cos \alpha)$

Komponen gaya ini menyebabkan putaran konstan.

M_1 = laju aliran massa (kg/s)

Total gaya yang dihasilkan bucket adalah; $P_x = Q \cdot w/g \cdot (v_1 - v_2 \cos \alpha)$

Dimana ; $Q = A \cdot v_1$ dan $w = \rho \cdot G$

Pemilihan jenis turbin air tergantung pada beda ketinggian sumber air dan kecepatan spesifik (specific speed/ N_s)

$$N_s = N \cdot \sqrt[5]{\frac{P}{H}} \quad \text{dimana ; } N_s = \text{kecepatan spesifik turbin, } N = \text{Kecepatan aktual turbin, } H = \text{Beda tinggi air, dan } P = \text{Daya}$$

Daya yang dibangkitkan dapat dihitung dengan rumus;

$$P = \frac{\rho g Q H_n \eta}{1000} \quad \text{dimana; } \eta = \text{efisiensi turbin} = 80\text{-}95\%, \quad g = \text{Percepatan gravitasi} = 9,81(\text{m}/\text{det}^2) \quad \rho = \text{Rapat jenis air} = 1000(\text{kg}/\text{m}^3), \quad H_n = \text{Tinggi terjun bersih}(\text{m}), \quad \text{dan } Q = \text{Debit air}(\text{m}^3/\text{det}).$$

Perhitungan kecepatan mutlak pancaran air (c_1);

$$c_1 = k_c (2gH_n)^{\frac{1}{2}} \quad \text{dimana } k_c = \text{koefisien nosel} = 0,96 - 0,98$$

Perhitungan diameter jet (d); $d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi c_1}}$

Perhitungan Bucket: Jumlah bucket (Z) = $5,4 \sqrt{\frac{D}{d}}$

Kedalaman bucket = $1 - 2 d$

Penelitian ini bertujuan: (1) Memberikan nilai tambah pengembangan dan penerapan IPTEK yaitu diciptakannya suatu model Turbin Pelton mini yang dapat mempermudah pemahaman dan pembelajaran mata kuliah Konversi Energi serta Mekanika Fluida khususnya pada jurusan Teknik Mesin. (2) Mengatasi kekurangan peralatan praktikum untuk mahasiswa Polnep khususnya, dan mahasiswa pada universitas lainnya di Kalbar. (3) Dapat dijadikan bahan penelitian untuk melihat tingkat efisiensi listrik yang dihasilkan, serta fenomena fisik yang terjadi pada saat pengoperasian turbin Pelton. (4) Diperoleh pengetahuan praktis bagaimana merencanakan serta membuat Turbin Pelton mini yang memenuhi syarat teknis dan memiliki nilai ekonomis serta dapat dipergunakan sebagai bahan pembelajaran khususnya mata kuliah konversi energi dan mekanika fluida. (5) Menumbuh

kembangkan kreatifitas peneliti serta teknisi dalam merencanakan serta modifikasi alat-teknologi tepat guna

Penelitian ini dapat memberikan manfaat antara lain: (1) Memberikan dampak yang positif pada Jurusan Teknik mesin khususnya dan POLNEP pada umumnya, karena akan tersedianya (dirancang dan buat) peralatan untuk praktikum mahasiswa khususnya alat yang dapat menjelaskan penomena Pembangkitan tenaga listrik, gesekan aliran fluida dan perubahan energi air menjadi energi mekanik melalui turbin pelton mini ini yang saat ini masih belum tersedia di Jurusan Teknik Mesin. (2) Memudahkan mahasiswa menerima dan memahami materi perkuliahan dan menambah minat mahasiswa terhadap materi sehingga akan meningkatkan indeks prestasinya (IP). (3) Dapat dijadikan bahan penelitian dan studi lanjut untuk pengembangan turbin pada skala besar baik oleh PLN maupun pemerintah daerah khususnya untuk mengantisipasi kekurangan energi listrik dimasa mendatang. (4) Menumbuh kembangkan kreativitas Dosen (Peneliti) dan teknisi terhadap kemampuan merancang dan membuat suatu peralatan yang berdaya guna.

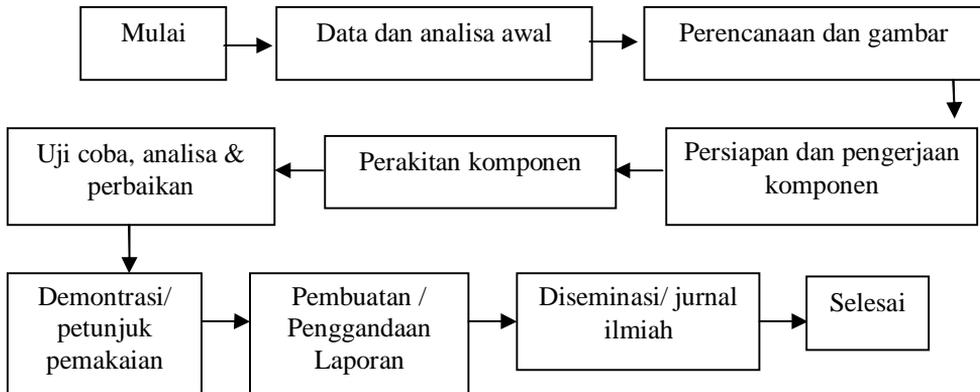
METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengamatan dan pengambilan data pendukung dilokasi serta untuk memperoleh data masukan lainnya yang dibutuhkan, studi literatur serta melakukan desain rancangan dan pembuatan, selanjutnya dilakukan percobaan terhadap turbin pelton hasil penelitian untuk melihat kapasitasnya.

Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel dan Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak. Tempat penelitian ini di pilih karena obyek penelitiannya adalah untuk jurusan dan peralatan yang mendukung proses pelaksanaan penelitian tersedia dijurusan Teknik Mesin.

Adapun cara/tahapan proses peneliti tersebut adalah sebagai berikut: (1) Membuat perencanaan dan desain Gambar perencanaan Turbin Pelton Mini berdasarkan perhitungan dan analisa. (2) Membuat komponen Turbin sesuai perhitungan dan pemilihan komponen berdasarkan tabel dan sebagainya. (3) Perakitan Turbin Pelton mini dan perangkat simulasinya. (4) Melakukan beberapa kali pengujian dan perbaikan pada Turbin Pelton mini ini terhadap kekurangan-kekurangan yang mungkin terjadi, sehingga kondisinya lebih baik dan sesuai dengan harapan (bermanfaat untuk praktikum mahasiswa). (5) Pembuatan dan penggandaan laporan akhir penelitian sebagai dokumentasi. (6) Diseminasi serta pemuatan pada jurnal ilmiah sebagai sarana publikasi untuk penyebaran ilmu pengetahuan serta wujud tanggung jawab tim Peneliti dan dosen Polnep.

Adapun diagram alir prosesnya adalah sebagai berikut;



ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perencanaan dan pembuatan serta beberapakali perbaikan yang dilakukan diperoleh sebuah model turbin pelton mini seperti Gambar berikut:



Gambar 4. Model turbin hasil penelitian

Spesifikasi model turbin pelton hasil penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Type Pompa Jet Pump, dengan input daya 500 Watt, head pump 55 m, dan debit 30 L/menit. (2) Daya generator 500 VA dengan Rpm 1500 rpm, 50 Hz. (3) Spesifikasi runner dengan jumlah buckets/sudu adalah 8 buah (single dan double), diameter runner 17 cm, out side diameter 44 cm, lebar bucket 6 cm, panjang 14 cm, dan diameter pitch pelton wheel 30 cm. (4) Nozel dengan diameter 20 mm.

Konstruksi runner dan nosel dapat dibongkar pasang serta diganti-ganti sehingga memungkinkan untuk dilakukan variasi serta pemahaman pada saat pembelajaran kepada mahasiswa.

Hasil pengujian dan pengambilan data yang dilakukan diperlihatkan pada tabel dibawah ini:

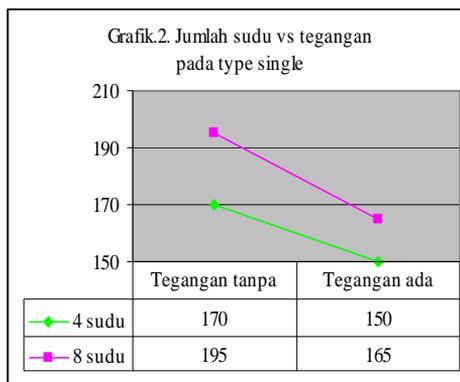
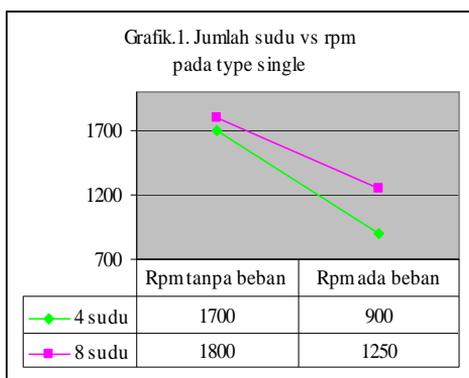
Tabel 1. Data pengujian tanpa beban:

No	Type Sudu	Jumlah Sudu	RPM	Tegangan (Volt)
1	Single	4	1700	170
2	Single	8	1800	195
3	Double	4	1500	140
4	Double	8	2000	210

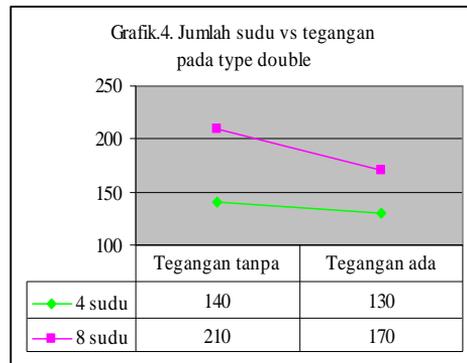
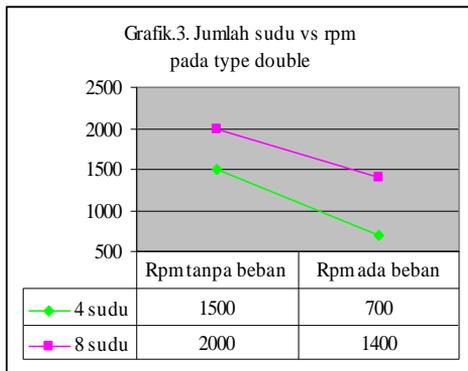
Tabel 2. Data pengujian dengan beban:

No	Type Sudu	Jumlah Sudu	RPM	Beban (watt)	Tegangan (Volt)
1	Single	4	900	120	150
2	Single	8	1250	120	165
3	Double	4	700	120	130
4	Double	8	1400	120	170

Hubungan jumlah sudut dengan rpm serta tegangan pada type sudu single ditunjukkan pada Grafik 1 dan 2 berikut:



Sedangkan Hubungan jumlah sudu dengan rpm serta tegangan pada type double ditunjukkan pada Grafik 3 dan 4 berikut:



Berdasarkan hasil penelitian diatas diketahui bahwa: (1) Terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi listrik yang dihasilkan oleh turbin pelton. (2) Sistem rangkaian pembangkit listrik pada generator tidak dilengkapi AVR sehingga tidak maksimal ($V = 210$ Volt). (3) Terjadi penurunan rpm dan tegangan setelah diberikan beban sebesar 120 watt. (4) Rpm dan tegangan tertinggi yaitu pada jenis *double bucket* dengan jumlah sudu 8 buah (1400 rpm, dan 170 volt) sedangkan yang terendah pada jenis *double bucket* dengan jumlah sudu 4 buah (700 rpm dan 130 volt). Hal ini menunjukkan bahwa desain type *bucket* dan jumlah sudu sangat mempengaruhi rpm dan tegangan yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Konstruksi dan spesifikasi model turbin pelton hasil penelitian ini adalah sebagai berikut
 - a. Type Pompa : Jet Pump, dengan input daya 500 Watt, head pump 55 m, dan debit 30 L/menit.
 - b. Daya generator 500 VA dan Rpm 1500 rpm, 50 Hz.
 - c. Spesifikasi runner: Jumlah buckets/sudu adalah 8 buah (single dan double), diameter runner 17 cm, out side diameter 44 cm, lebar bucket 6 cm, panjang 14 cm, dan diameter pitch pelton wheel 30 cm.
 - d. Diameter nozel 20 mm.
2. Adanya perubahan energi kinetik air menjadi energi listrik yang dihasilkan oleh turbin pelton.
3. Desain type bucket dan jumlah sudu sangat mempengaruhi rpm dan tegangan listrik yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- J.P. Holman, E. Jasjfi, 1984, Metode Pengukuran Teknik, Jakarta: Erlangga
- Rachmad Imbang, 1984.” Mesin Kalor dan Mesin Fluida” Bandung: PEDC Bandung.
- Sunarto. Edi dan Eisenring.M, 2000, Turbin Pelton Mikro Seri MHPG, buku 9 “
Memanfaatkan Tenaga Air dalam Skala Kecil”Yogyakarta: Andi Offset
- Wiranto Arismunandar, 1997, “Penggerak mula Turbin” Bandung: ITB
- <http://home.carolina.rr.com/microhydro/turbin.html>.
- <http://www.comenius-store.com/common/article-imprim.php>
- <http://www.cink-turbiny.cz/englich/vyrobky/peltonh2.htm>