



PROGRAM MAGISTER DAN DOKTOR
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA



memberikan sertifikat kepada

Silvy D. Boedi

sebagai PEMAKALAH pada

Seminar Nasional ke-1 tahun 2010

REKAYASA KETEKNIKAN:

Perkembangan Teori dan Aplikasinya untuk Membangun Kualitas Bangsa

Malang, 8 Desember 2010

Mengetahui,
Ketua Program Magister dan Doktor
Program Magister dan Doktor
Teknik
Universitas Brawijaya Malang



Prof. Dr. ING Wardana M.Eng, Ph.D

Ketua Panitia Seminar Nasional



Nasrul Ilminnafik, S.T, M.T

Pengaruh Variasi Sudut Datang Pipa Pancar dan Debit Air Terhadap Unjuk Kerja Turbin Arus Lintang Tingkat Pertama

Silvy Dollorossa Boedi¹⁾ **Rudy Soenoko**²⁾ **Slamet Wahyudi**³⁾

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang^{1,2,3)}

Jl. MT Haryono Malang

Telepon (0341) 895287

E-mail : silvyboedi@gmail.com¹⁾

Abstrak

Sesuai data potensi energi terbarukan tahun 2009, pemanfaatan energi mikrohidro baru 17,22 % atau 86 MW dari 500 MW potensi yang tersedia. Salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi untuk dikembangkan adalah pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Keunggulan PLTMH terletak pada biaya pembangkitan energi listrik yang kompetitif dan teknologi yang sederhana sehingga dapat dikelola dan dioperasikan oleh masyarakat setempat. Dari permasalahan diatas, perlu dipikirkan upaya untuk meningkatkan unjuk kerja dari turbin arus lintang dengan variasi sudut pipa pancar dan debit air. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi sudut datang pipa pancar dan variasi debit air terhadap unjuk kerja turbin arus lintang tingkat pertama. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dan dibuat dalam skala laboratorium. Turbin yang diuji dibatasi pada turbin tingkat pertama dengan spesifikasi jumlah sudu 20 buah, luas penampang pipa pancar (nosel) $2 \times 2 \text{ cm}^2$, diameter lingkaran luar runner 20 cm dan diameter lingkaran dalam runner 11 cm, tebal runner 3 mm, sudut pipa pancar yang digunakan adalah 30° dan debit yang digunakan adalah 0,223 L/det. Turbin akan bekerja pada putaran yang lebih stabil dan kestabilan putaran ini dibutuhkan untuk menghasilkan kualitas listrik yang jauh lebih baik.

Dari hasil pengamatan akan didapatkan bahwa besar sudut masuk pipa pancar ke dalam turbin tingkat pertama akan mempengaruhi unjuk kerja (torsi, daya, efisiensi) turbin arus lintang.

Kata Kunci : Energi terbarukan, Mikrohidro, Turbin arus lintang

Pendahuluan

Indonesia memiliki potensi besar cadangan energi baru dan terbarukan yang sangat besar namun pemanfaatannya masih belum maksimal. Pembangkit listrik tenaga air baru mencapai 4200 MegaWatt (MW) atau sekitar 5,5 persen dari potensi yang ada. Pada daerah-daerah terpencil dan jauh dari lokasi jaringan transmisi, diperlukan pasokan dari pembangkit-pembangkit listrik berkapasitas kecil, terutama yang memanfaatkan potensi energi setempat yang bersifat terbarukan (*renewable*). Salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi untuk dikembangkan adalah pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Keunggulan PLTMH terletak pada biaya

pembangkitan energi listrik yang kompetitif dan teknologi yang sederhana sehingga dapat dikelola dan dioperasikan oleh masyarakat setempat.

Propinsi Sulawesi Utara memiliki empat wilayah sungai, yaitu wilayah sungai Sangihe Talaud, Tondano Likupang, Dumoga Sangkup dan Poigar Ranoyapo tetapi pemanfaatan listrik di Sulawesi Utara belum memaksimalkan potensi listrik tenaga air yang ada.

Pada dasarnya suatu pembangkit listrik tenaga air berfungsi untuk mengubah potensi tenaga air yang berupa aliran air sungai yang mempunyai debit dan tinggi jatuh (*head*) untuk menghasilkan energi listrik. Hayati, O. (1998), melakukan investigasi mengenai beberapa parameter geometrik *runner* dan nosel turbin arus lintang seperti diameter

ratio dan rasio lebar nosel terhadap efisiensi turbin. Dari penelitian ini didapatkan bahwa ada pengaruh atau ada perbedaan unjuk kerja, apabila parameter turbin diubah. Salah satu hasil penelitian Hayati adalah grafik hubungan antara *reduced speed* dan *efficiency* menunjukkan bahwa adanya penurunan putaran (*speed*) akan menurunkan efisiensi yang cukup besar.

Philip Leigh et al. (2007), secara tidak langsung meneliti tentang efisiensi pembangkit listrik mikrohidro. Dalam penelitian ini yang diamati adalah rendahnya listrik yang dihasilkan sebuah PLTM. Kajian rendahnya produksi listrik ini adalah berdasarkan rumus $P = Q H \gamma \eta$ (kW), seharusnya dari head (H) dan kapasitas (Q) yang tertentu akan menghasilkan daya (P) tertentu, ternyata dari sekian banyak PLTM yang dipasang rata-rata mempunyai efisiensi (η) yang rendah. Menurut pendapat peneliti ini, PLTM sangat prospektif, tetapi harus dilakukan penelitian lanjut, agar PLTM ini menjadi tumpuan utama penghasil listrik untuk suatu daerah tertentu. Karena PLTM merupakan pembangkit yang bersih (tidak polutif) dan sifatnya *renewable*.

Dari beberapa penelitian sebelumnya selalu dilakukan penelitian untuk mendapatkan unjuk kerja turbin arus lintang yang lebih baik, dalam hal ini adalah keinginan menaikkan efisiensi turbin. Tetapi penelitian yang dilakukan adalah selalu melakukan pengamatan dan modifikasi pada bagian mekanis turbin seperti misalnya penelitian air masuk turbin dengan melakukan modifikasi pipa pancar turbin. Penelitian yang lain adalah mengenai modifikasi radius sudu. Juga ada penelitian tentang jumlah sudu yang mendapatkan semburan awal nosel, dan masih banyak bentuk penelitian baik dengan cara eksperimental murni maupun simulasi.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi sudut datang pipa pancar dan variasi debit air terhadap unjuk kerja turbin arus lintang tingkat pertama.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental. Dalam hal ini

perangkat penelitian dibuat dalam skala laboratorium. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga macam yaitu:

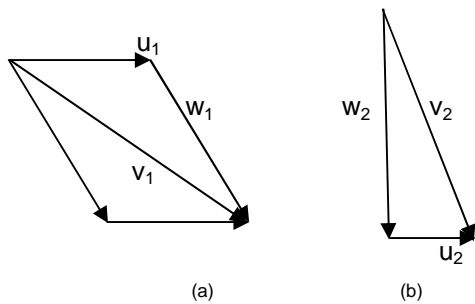
1. Variabel bebas (*independent variabel*). Variabel bebas adalah variabel yang bebas ditentukan nilainya oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah debit air 0,197 Lit/det, 0,218 Lit/det, 0,222 Lit/det, 0,223 Lit/det.
2. Variabel terikat (*dependent variabel*). Variabel terikat adalah variabel hasil yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti, nilai dari variabel ini tergantung pada nilai dari variabel bebasnya. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah efisiensi.
3. Variabel terkontrol. Variabel terkontrol adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti, dan nilainya dikondisikan konstan. Variabel yang dikontrol dalam penelitian ini adalah sudut pipa pancar diatur pada 30°.

Turbin Arus Lintang (Cross Flow)

Turbin arus lintang bekerja dimana pancaran air (jet) berpenampang empat persegi panjang menumbuk sudu yang dipasang sekeliling rotor yang berbentuk silinder. Energi diberikan kepada sudu pada rotor dalam dua tahap, pertama adalah pada saat air melewati rotor dari sisi luar, dan kedua adalah pada saat air tersebut akan meninggalkan rotor. Air memasuki runner, mengalir dari bagian luar ke bagian tengah runner dan memberikan 70-80 % dari energinya (Inversin, A.R. 1986). Setelah melalui bagian dalam runner maka air akan menumbuk sudu dari bagian dalam dan dalam aliran sentrifugal akan memberikan 20-30 % energi yang tersisa.

Segitiga Kecepatan

Dalam segitiga kecepatan ada tiga buah komponen kecepatan. Yang pertama adalah kecepatan tangensial u , yaitu kecepatan keliling rotor. Kedua ialah kecepatan aliran air atau kecepatan absolut v dan yang ketiga adalah kecepatan relatif terhadap sudu atau yang disebut kecepatan relatif w . Alasan peninjauan segitiga kecepatan turbin ini adalah ada kemungkinan garis alir air yang memasuki turbin, baik pada waktu masuk tingkat pertama maupun tingkat kedua tidak seideal yang digambarkan pada segitiga kecepatannya.



Gambar 1 Segitiga kecepatan pada
(a) sisi masuk dan (b) sisi keluar



Gambar 3 Pipa Pancar

Peralatan Penelitian

1. *Runner* turbin arus lintang. *Runner* meliputi 3 bagian utama, yaitu poros turbin, cakram turbin berdiameter luar 20 cm, diameter dalam 11 cm dengan bahan plat baja setebal 3 mm, dan sudu yang berjumlah 20 buah, dengan bahan plat baja dipasang sekeliling cakram. Sedangkan plat penutup sudu terbuat dari akrilik yang transparan, setebal 3 mm.



Gambar 2 *Runner*

2. Nosel / Pipa Pancar. Nosel yang dipakai mempunyai ukuran penampang 2 cm x 2 cm, terbuat dari akrilik setebal 1 mm.
3. Rumah turbin. Rumah turbin dibutuhkan untuk melindungi pancaran air yang dihasilkan putaran *runner*.
4. Pompa digunakan untuk mengalirkan air dari dalam reservoir menuju nosel.
5. Katup pengatur aliran. Katup ini berfungsi untuk mengatur aliran, terutama pada saat penelitian berlangsung, dibutuhkan penyesuaian kecepatan aliran untuk mendapatkan putaran *runner* yang diinginkan

6. Handel pengatur sudut nosel. Handel pengatur ini dilengkapi dengan skala busur derajat, yang bermanfaat untuk mengatur dan mengetahui posisi sudut pipa pancar (α) terhadap arah kecepatan putar *runner*.

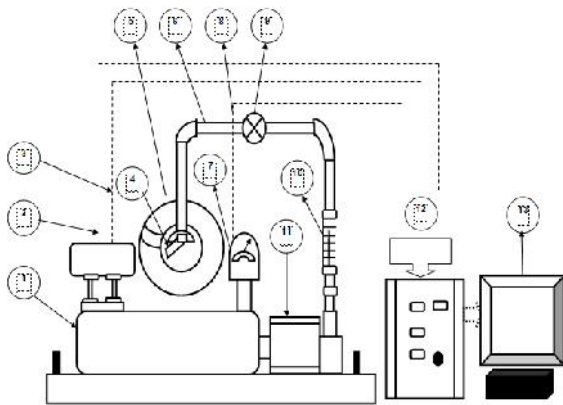


Gambar 4 Rumah Turbin

7. Rotameter digital. Rotameter berfungsi sebagai pengukur kecepatan aliran. Penelitian ini akan menggunakan sebuah rotameter yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran air memasuki nosel.
8. ADC. ADC berfungsi untuk mengubah sinyal yang masih analog menjadi sinyal digital. ADC dibutuhkan karena semua sensor yang dipakai dalam penelitian ini

masih bersifat analog. Sedangkan peraga atau penerima sinyal adalah sebuah komputer yang sifatnya adalah digital.

9. Komputer. Besaran kecepatan aliran, putaran turbin dan torsi yang dihasilkan akan direkam oleh komputer. Selanjutnya data hasil penelitian ini akan diolah dan dihasilkan beberapa diagram atau grafik untuk melihat fenomena yang terjadi pada penelitian ini.



Gambar 5 Instalasi Penelitian

Metode Pengujian Unjuk Kerja Turbin Arus Lintang.

Unjuk kerja merupakan sifat yang ditunjukkan pada alat yang melibatkan variabel bebas (indikator operasional) dan variabel terikat (indikator kinerja). Pada penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah debit air dan variabel terikatnya adalah efisiensi. Unjuk kerja meliputi daya dan efisiensi. Rumusan dari unjuk kerja adalah :

1. Brake Horse Power (BHP)

$$BHP = \frac{2 \cdot n \cdot T}{60} \text{ (Watt)}$$

dengan : n = Kecepatan putar turbin (rpm)
T = Torsi (N.m)

2. Water Horse Power (WHP)

$$WHP = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{3600} \text{ (Watt)}$$

dengan : V = Volume (m³)
t = Waktu (s)
ρ = Massa jenis air (kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)
Q = Debit air (m³/s)
H = Head drop turbin (m)

3. Efisiensi

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

Persamaan Bernoulli Untuk Fluida Ideal

Persamaan Bernoulli untuk fluida ideal menyatakan hukum kekekalan energi pada fluida. Dalam mendapatkan persamaan *Bernoulli* terdapat asumsi- asumsi yang harus diperhatikan antara lain fluida dengan aliran *steady*, tidak memiliki viskositas (*frictionless flow*), massa jenis fluida (ρ) konstan (*incompressible*), sehingga tidak ada kehilangan energi selama fluida mengalir.

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2\rho} + z = \text{Total head (H)} = \text{konstan} \quad [3]$$

dengan : P = Tekanan statis fluida (N/m²)

V = Kecepatan fluida (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

z = Elevasi terhadap datum yang sama (m)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)

Persamaan Kontinuitas

Merupakan suatu persamaan matematis mengenai jumlah netto massa fluida mengalir dalam permukaan terbatas sama dengan massa dalam permukaan itu. Volume fluida masuk adalah sama dengan volume fluida pada aliran keluar.

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot V_2 \quad [3]$$

dengan : ṁ = Massa alir (kg/s)

ρ = Massa jenis (kg/m³)

A = Luas penampang (m²)

V = Kecepatan rata-rata pada penampang (m/s)

Hasil dan Pembahasan

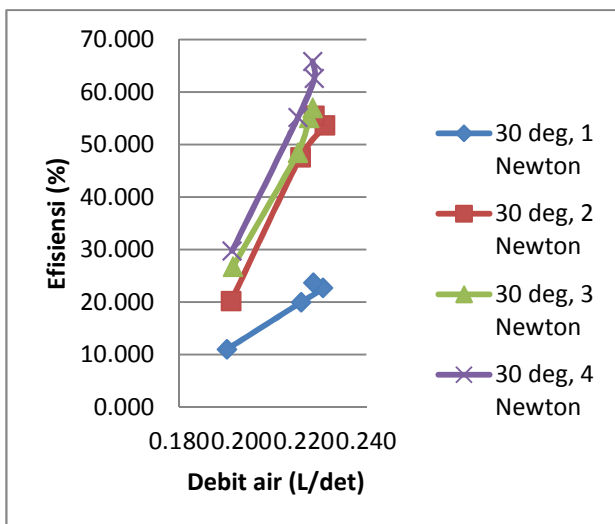
Data hasil pengujian pengaruh variasi sudut datang pipa pancar dan debit air terhadap unjuk kerja turbin arus lintang pada tingkat pertama dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 Hasil perhitungan pada beban 4 Newton

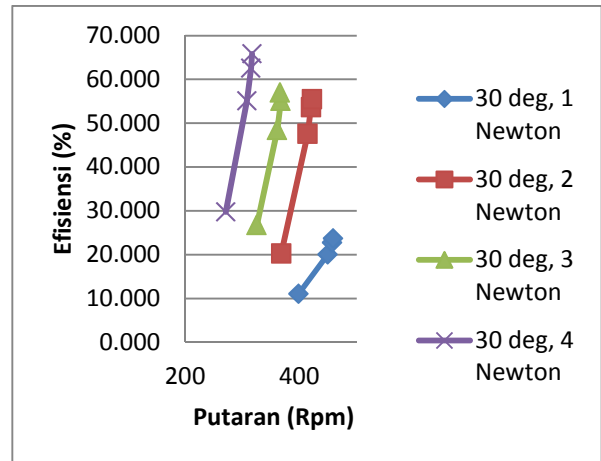
Sudut	Debit, Q (Lit/det)	Putaran, n (Rpm)	Efisiensi (%)
30°	0.197	271	29.7
	0.218	308	55.1
	0.222	315	62.5
	0.223	317	65.8

Dari hasil pengamatan akan didapatkan sudut masuk pipa pancar tingkat pertama turbin yang paling maksimum. Dengan sudut pipa pancar semakin kecil maka momentum akan bertambah yang menyebabkan torsi meningkat, sehingga efisiensi turbin juga akan meningkat.

Hasil pengolahan data pada pengujian pengaruh variasi sudut datang pipa pancar dan debit air terhadap unjuk kerja turbin arus lintang tingkat pertama menunjukkan bahwa pada sudut nosel 30° menghasilkan efisiensi tertinggi. Hal ini disebabkan energi kecepatan air masuk sudu runner lebih banyak dimanfaatkan karena air menumbuk tepat bagian depan sudu.



Gambar 6 Grafik hubungan debit air terhadap efisiensi pada sudut nosel 30°



Gambar 7 Grafik hubungan putaran terhadap efisiensi pada sudut nosel 30°

Grafik pada gambar 6 menunjukkan bahwa debit air pada setiap penambahan beban relatif stabil sedangkan pada gambar 7 menunjukkan putaran turbin akan turun pada setiap beban dinaikkan.

Kesimpulan

Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa besar sudut pipa pancar mempengaruhi unjuk kerja (torsi, daya dan efisiensi) turbin arus lintang. Pada pengujian sudut pipa pancar 30° pada pembebanan 4 Newton menghasilkan efisiensi yang paling tinggi. Dari hasil penelitian ini dapat dilanjutkan dengan variasi sudut datang pipa pancar dan debit air dengan variable yang lain.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc dan Dr. Slamet Wahyudi, ST.MT selaku pembimbing yang selalu memberi motivasi dan arahan dalam membahas hasil penelitian tesis ini.

Daftar Pustaka

1. Arismunandar, 2004: Penggerak Mula Turbin; Edisi Ketiga Cetakan Kesatu Bandung Penerbit ITB.
2. Barglazan, M; 2005: About Design Optimization of Cross-Flow Hydraulic Turbines; The Politechnica University of Timisoara, New York.
3. Çengel, Yunus A. & Turner, Robert H; 2001: Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences; mcgraw-Hill Companies Inc, New York.
4. Yong-Do Choi, Jae-Ik LIM, You-Tak KIM, Young-Ho Lee; 2008: Performance and Internal Flow Characteristics of a Cross-Flow Hydro Turbine by the Shapes of Nozzle and Runner Blade; Jurnal of Fluid Science and Technology, Korea Maritime University.
5. Hayati, Olgun; 1998: Investigation of The Performance of A Cross Flow Turbine; Mechanical Engineering Department, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey