

Karakterisasi Pompa Axial Sebagai Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Anak Agung Adhi Suryawan, Made Suarda, I Nengah Suweden

Fakultas Teknik - Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Badung 80361, Bali - Indonesia
E-mail : Jaka_ngr@me.unud.ac.id

Abstrak

Mengingat secara prinsip dasar kerja turbin air adalah kebalikan dari pompa air, maka alternatif solusi yang bisa dikembangkan adalah dengan memanfaatkan pompa (dengan membalik arah alirannya) sebagai turbin, yang dikenal dengan nama pump as turbine (PAT). Karena alasan menjadi objek pariwisata sehingga air terjun sulit dimanfaatkan sebagai pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), maka perlu dimanfaatkan sumber aliran air pada sungai atau saluran irigasi yang mempunyai debit aliran cukup besar namun pada head yang rendah yang potensial untuk dimanfaatkan sebagai Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. Mengingat pompa axial mempunyai karakteristik operasi pada debit yang besar dan head yang rendah, maka sangat relevan untuk dimanfaatkan sebagai turbin PLTMH. Untuk itu perlu diketahui karakteristik pompa axial tersebut jika dimanfaatkan sebagai turbin PLTMH, yaitu dengan melakukan pengujian pompa axial sebagai turbin.

Secara umum efisiensi pompa axial sebagai turbin yang telah diuji menghasilkan efisiensi yang rendah yaitu sekitar 28,84%, jauh dibawah efisiensi ideal 100%, dan setengahnya jika dibandingkan dengan efisiensi pompanya sendiri sekitar 57,8% yang didapat dari karakteristik brosure pompanya pada efisiensi terbaiknya. Pompa sebagai turbin akan memberikan efisiensi maksimumnya pada head maksimum karakteristik pompanya sendiri. Pompa axial yang diuji memberikan efisiensi maksimum pada head sekitar 7 meter sesuai dengan head maksimum karakteristik pompanya yaitu 7 meter. Putaran poros yang dihasilkan dari pengujian pompa axial sebagai turbin, yaitu sebesar 784 rpm pada efisiensi maksimumnya, lebih rendah dari kebutuhan putaran generator listrik (1.500 rpm) sehingga pompa axial sebagai turbin ini tidak bisa dikopel langsung dengan suatu generator listrik melainkan harus dilengkapi dengan mekanisme *pulley-belt*.

Keywords: PLTMH, pompa axial, turbin air, pompa sebagai turbin

Pendahuluan

Latar Belakang

Salah satu sumber energi yang bisa diperbaharui dan lebih ramah lingkungan adalah energi yang bersumber dari aliran air, salah satunya adalah potensi air terjun atau aliran air pada suatu aliran sungai atau parit. Beberapa sumber energi air yang belum dimanfaatkan adalah bendungan Palasari di Kabupaten Jembrana, bendungan Telaga Tunjung di Kabupaten Tabanan dan sumber-sumber aliran air terjun lainnya. Guna menjamin ketersediaan energi primer untuk pembangkitan tenaga listrik, diprioritaskan penggunaan sumber energi setempat dengan kewajiban mengutamakan pemanfaatan sumber energi terbarukan. Penyediaan tenaga listrik perlu senantiasa memperhatikan kelestarian fungsi lingkungan hidup.

Hydropower memberikan solusi praktis terhadap lingkungan dan masalah renewable energi. Sehingga

kita harus membangun turbin air skala kecil untuk domestik dan lokasi pedesaan yang jauh. Namun, kendala utama dalam pembuatan pembangkit tenaga air adalah kompleksnya pembuatan desain turbin airnya dan fabrikasinya, dan belum tersedianya unit turbin air di pasaran. Hal ini pula yang menyebabkan kurang bergairahnya pemanfaatan sumber-sumber aliran air untuk menghasilkan hydropower.

Mengingat secara prinsip dasar kerja turbin air adalah kebalikan dari pompa air, maka alternatif solusi yang bisa dikembangkan adalah dengan memanfaatkan pompa (dengan membalik arah alirannya) sebagai turbin, yang dikenal dengan nama pump as turbine (PAT). Hal ini didukung oleh tersedianya pompa air secara luas di pasaran dalam berbagai tipe dan ukuran, dan pompa sudah diproduksi masal sehingga harganya pun relatif murah. Disamping itu didukung oleh hasil penelitian tentang karakterisasi pompa radial sebagai turbin yang telah dilakukan oleh Suarda (2004), bahwa pompa sebagai turbin

mempunyai efisiensi yang sama baiknya dengan efisiensi pompa itu sendiri namun pada karakteristik yang berbeda. Akan tetapi implementasi pompa radial sebagai turbin PLTMH, sesuai dengan karakteristik pompa radial yang beroperasi pada head yang tinggi, membutuhkan air terjun yang mempunyai ketinggian sesuai dengan head maksimum pompa radial tersebut. Kendala lainnya adalah, khususnya di Bali, bahwa sulit untuk mendapatkan ijin pemanfaatan air terjun karena masyarakat lebih memilih memanfaatkan sebagai objek wisata.

Hydropower memberikan solusi praktis terhadap lingkungan dan masalah renewable energi. Dalam konversi energi aliran air tersebut digunakan turbin air. Krisis minyak mengakibatkan permasalahan biaya energi di massa depan, sehingga perlu dibangun turbin air skala kecil untuk domestik dan lokasi pedesaan yang jauh. Namun, kendala utama dalam pembuatan pembangkit tenaga air adalah kompleksnya pembuatan desain turbin airnya dan fabrikasinya, dan belum tersedianya unit turbin air di pasaran [Evans, 2003]. Hal ini pula yang menyebabkan kurang bergairahnya pemanfaatan sumber-sumber aliran air untuk menghasilkan *hydropower*.

Salah satu contoh, di desa Pakisan kecamatan Kubutambahan kabupaten Buleleng provinsi Bali, masyarakat telah memanfaatkan potensi sumber air yang ada di desa tersebut untuk membangkitkan energi listrik untuk kebutuhan sehari-harinya. Masyarakat menggunakan kincir air sederhana, seperti pada Gambar 1, sehingga performansi PLTMH seperti putaran, dan efisiensinya sangat rendah.



Gambar 1. Kincir air pada sistem PLTMH masyarakat desa Pakisan

Mengingat selain air terjun, terdapat banyak sumber aliran air pada sungai atau saluran irigasi yang mempunyai debit aliran cukup besar namun pada head yang rendah yang potensial untuk dimanfaatkan sebagai Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Mengingat pompa axial, seperti pada Gambar 2, mempunyai karakteristik operasi pada debit yang besar dan head yang rendah, maka sangat relevan untuk dimanfaatkan sebagai turbin PLTMH. Untuk itu perlu diketahui karakteristik pompa axial tersebut jika dimanfaatkan

sebagai turbin PLTMH, yaitu dengan melakukan pengujian pompa axial sebagai turbin.



Gambar 2. Pompa axial

Perumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimakah unjuk kerja pompa axial yang diuji sebagai turbin head rendah ?. Unjuk kerja yang diuji adalah daya (yang terdiri dari torsi dan putaran) dan efisiensinya pada berbagai variasi debit dan head. Unjuk kerja turbin akan diplot pada kurve debit vs head mengingat kemungkinan variasi debit dan head aliran air dari sumbernya.
2. Berdasarkan hasil pengujian pompa axial sebagai turbin tersebut bagaimakah cara untuk menentukan dimensi pompa yang dibutuhkan untuk aplikasi pada suatu sumber aliran air tertentu.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Menentukan unjuk kerja pompa axial sebagai turbin PLTMH.
2. Memberikan contoh yang mudah dan cepat dalam menentukan dimensi pompa axial yang akan dipilih untuk aplikasi PLTMH.

Tujuan khusus penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran aspek teknis dan ekonomis pemanfaatan pompa axial sebagai turbin Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro pada saluran air yang mempunyai head yang rendah, sehingga dapat mengembangkan potensi PLTMH oleh pemerintah dan masyarakat dengan mudah dan murah.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan memberi manfaat sebagai berikut :

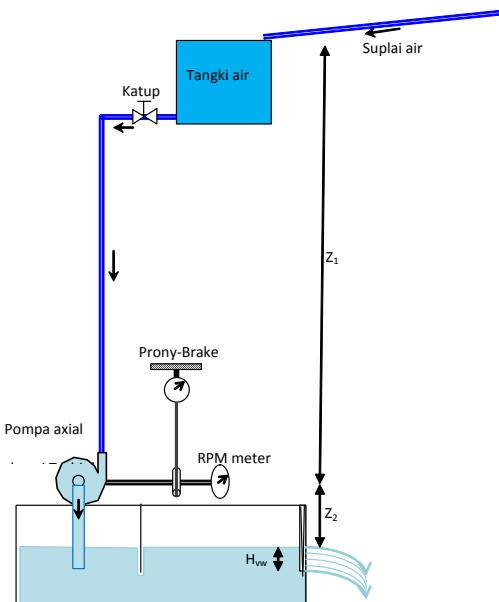
1. Merangsang pemanfaatan energi aliran air yang ada oleh masyarakat pada umumnya, terutama pada daerah-daerah yang tersedia sumber aliran air baik skala kecil maupun skala besar. Serta mendukung upaya pemerintah dalam usaha mendorong otonomi pembangkitan tenaga oleh daerah, swasta atau perseorangan.

2. Mengatasi/mengurangi krisis energi yang terutama saat ini tergantung pada sumber energi konvensional yaitu bahan bakar minyak. Mengatasi kendala yang dihadapi dalam mendesain dan fabrikasi turbin air yang rumit dan mahal menjadi mudah dan murah.

Metode Penelitian

Rancangan Penelitian

Adapun skema pengujian pompa axial sebagai turbin adalah seperti pada Gambar 3, sedangkan rangkaian alat uji yang telah dibuat dan dilakukan pengujian adalah seperti pada Gambar 4.



Gambar 3. Skema rancangan pengujian pompa sebagai turbin

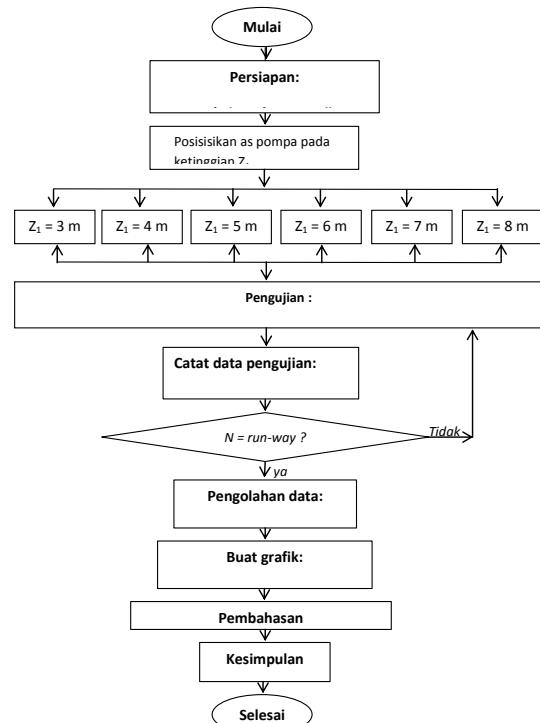


Gambar 4. Alat uji pompa axial sebagai turbin

Prosedur Penelitian

- Persiapkan peralatan seperti pada rancangan percobaan Gambar 4.

- Isi tangki air dengan menyalurkan air dari sumbernya
- Posisikan as pompa (sebagai turbin) pada beda ketinggian (Z_1) 3 meter
- Buka katup untuk mengalirkan air ke dalam pompa (sebagai turbin).
- Setelah putaran pompa (sebagai turbin) stabil, kencangkan belt/sabuk pada pulley Prony-brake sampai poros tidak berputar.
- Catat tinggi air pada V-Notch Weir (H_{vw}), massa pada timbangan prony-brake (M_1 dan M_2), dan putaran poros (n). Tulis/ tabulasikan data-data tersebut seperti pada tabel.
- Ulangi langkah 5 sampai dengan 6 dengan mengurangi kekencangan belt/sabuk pada pulley Prony-brake.
- Tutup katup untuk menghentikan aliran air ke dalam pompa (sebagai turbin)
- Ulangi langkah 3 sampai dengan 7 dengan merubah beda ketinggian (Z_1) 4, 5, 6, 7, dan 8 meter
- Hitung daya aliran air sumber (P_a) dengan pers. (1).
- Hitung daya output turbin (P_t) dengan pers. (2).
- Hitung efisiensi turbin (η_t) dengan pers. (3).
- Buat grafik P_a , P_t , dan η_t pada berbagai variasi head (H)



Gambar 5. Diagram alir penelitian

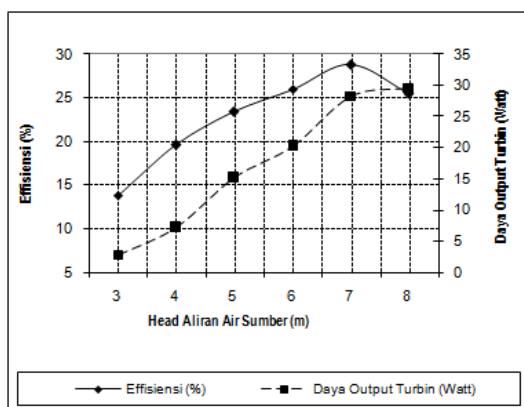
Hasil Dan Pembahasan

Hasil Pengujian

Adapun data hasil pengujian pompa axial sebagai turbin adalah seperti ditampilkan pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 9.

Pembahasan

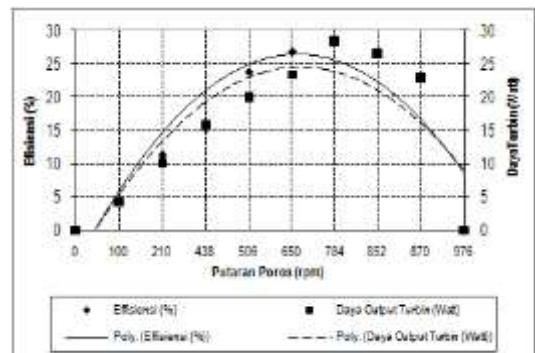
Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin tinggi head aliran air sumber penggerak daya output turbin yang dibangkitkan semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan prinsip moment of momentum bahwa daya turbin proporsional dengan laju aliran massa fluida penggeraknya [Dietzel dan Sriyono, 1990].



Gambar 6. Performansi pompa axial yang diuji sebagai turbin air

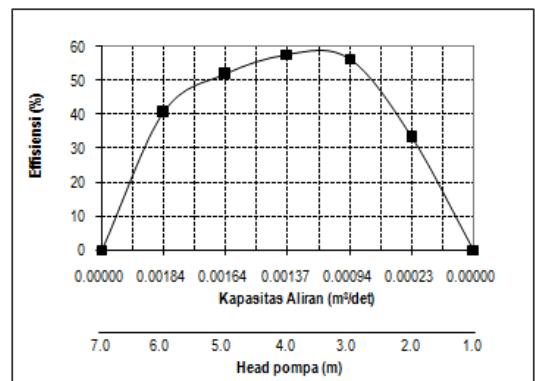
Sedangkan efisiensi maksimum pompa axial sebagai turbin air (28,84%) terjadi pada kapasitas aliran 0,00143 m³/det (dimana sesuai spesifikasi, kapasitas maksimum pompa yaitu 4,92 m³/jam atau 0,00137 m³/det) yaitu pada head aliran sekitar 4 meter (Gambar 8) yaitu sesuai pada efisiensi maksimum spesifikasi pompa.

Unjuk kerja pompa axial sebagai turbin air pada kondisi dimana efisiensi maksimum tercapai yaitu pada head sekitar 7 meter yang tidak lain adalah merupakan head maksimum pompa berdasarkan spesifikasi tekniknya.

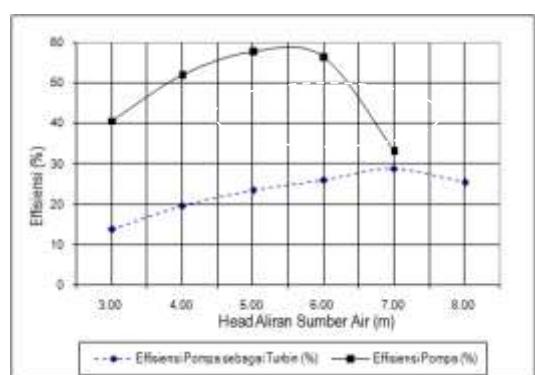


Gambar 7. Performansi pompa axial sebagai turbin, H=7m, pada variasi pembebangan

Gambar 7, yang menunjukkan bahwa efisiensi maksimum pompa ini sebagai turbin (28,84%) dicapai pada putaran sekitar 784 rpm. Putaran ini agak rendah (setengahnya) bila dibandingkan dengan putaran-sedang generator listrik yang umumnya dikoppel pada turbin PLTMH yaitu 1.500 rpm. Untuk itu dibutuhkan mekanisme pulley-belt untuk meningkatkan putaran poros turbin tersebut sehingga sesuai dengan putaran generatator listriknya.



Gambar 8. Efisiensi pompa axial SP 5A-1



Gambar 9. Perbandingan efisiensi pompa dan pompa sebagai turbin

Efisiensi maksimum pompa axial ini sebagai turbin masih sangat rendah. Jadi efisiensi maksimum pompa axial ini sebagai turbin (28,84%) jauh lebih kecil dengan efisiensi maksimum pompa itu sendiri (57,80%), seperti pada Gambar 9. Hal ini disebabkan

karena adanya kehilangan energi pada sudu pengarah (guide-vane) pada pompa axial dan kehilangan energi pada gesekan antara pulley dan belt pada prony-brake, alat pengukur torsi yang digunakan dalam pengujian.

Jadi adapun kekurangan pompa axial ini jika digunakan sebagai turbin air adalah disamping efisiensinya rendah dibandingkan dengan karakteristik pompanya, juga tipe putaran poros yang dihasilkan lebih rendah dari kebutuhan putaran generator listrik pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro yaitu 1.500 rpm. Sehingga tidak memungkinkan untuk dikopel langsung dengan generator listrik (1.500 rpm) jika dipakai sebagai pembangkit listrik, namun dibutuhkan mekanisme pulley-belt untuk menyesuaikan putarannya.

Kesimpulan

Dari pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara umum efisiensi pompa axial sebagai turbin yang telah diuji menghasilkan efisiensi yang rendah yaitu sekitar 28,84%, jauh dibawah efisiensi ideal 100%, dan setengahnya jika dibandingkan dengan efisiensi maksimum pompanya sendiri yaitu sekitar 57,8% yang didapat dari karakteristik brusure pompanya pada efisiensi terbaiknya.
2. Pompa sebagai turbin akan memberikan efisiensi maksimumnya pada head maksimum karakteristik pompanya sendiri. Pompa axial yang diuji memberikan efisiensi maksimum pada head sekitar 7 meter sesuai dengan head maksimum karakteristik pompanya yaitu 7 meter.
3. Putaran poros yang dihasilkan dari pengujian pompa axial sebagai turbin, yaitu sebesar 784 rpm pada efisiensi maksimumnya, lebih rendah dari kebutuhan putaran generator listrik (1.500 rpm) sehingga pompa axial sebagai turbin ini tidak bisa dikopel langsung dengan suatu generator listrik melainkan harus dilengkapi dengan mekanisme pulley-belt.

Saran-Saran

Dalam memilih pompa sebagai turbin air disarankan bahwa head maksimum pompa harus (hampir) sama dengan head sumber aliran air yang tersedia, demikian pula kapasitas air sumbernya harus dalam range performa pompanya.

Ucapan Terima kasih

Terimakasih disampaikan kepada Universitas Udayana. Paper ini diseminarkan sebagai pertanggungjawaban pelaksanaan penelitian Dana

BOPTN Universitas Udayana tahun 2013 untuk skim Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi.

Daftar Pustaka

- Cunningham, P., and Atkinson, B. (1998) Micro Hydro Power in The Nineties, [Online, accessed: 7-4-2004], URL: <http://www.elements.nb.ca/theme/energy/micro/micro.htm>.
- Dietzel, F., dan Sriyono, D. (1990) *Turbin, Pompa dan Kompresor*, Erlangga, Jakarta
- Ekanayake J.B. (2002) Induction Generators for Small Hydro Schemes, *Power Engineering Journal*, April 2002
- Greacen, C. (2006) Project Report – *Huai Kra Thing Micro-hydro Project*, 19 February 2006, [Online, accessed: 12-4-2003], URL: <http://www.microhydro.com>.
- Greacen C., and Kerins M. (2004) *A Guide to Pump as Turbine Pico Hydropower Systems*
- Guthrie, B., 1970, *Hydro Electric Engineering Practice*, Blackie and Son Limited, Glasgow, London.
- Ketjoy, P.L.N., and Rakwichian, W. (2006) *Pico Hydro Power Generation Demonstration: Case Study of Stand Alone, Hybrid and Grid Connected System, ENETT49-043*, Thailand
- Klunne, W. (2000) Micro Hydropower Basics, [Online, accessed: 12-4-2003], URL: <http://www.microhydro.com>.
- Maher P. and Smith N., 2001, *Pico Hydro For Village Power: A Practical Manual for Schemes up to 5 kW in Hilly Areas*, 2ed.
- Natural Resources Canada (2004) *Micro-Hydropower Systems: A Buyer's Guide*, Her Majesty the Queen in Right of Canada.
- Paish, O., Evans, R.A., Saini, R., Singh, D., and Kedia, D. (1997) *The Development of Traditional Himalayan Watermills for Sustainable Village-Scale Micro-Hydropower*, 1st International Conference : Renewable Energy – Small Hydro, 3-7 Feb 1997, Hyderabad, India.
- Steindorf, S., and Regan, T. (2001) New Turbine Can

Extract Energy From Flowing Water, *The Christian Science Monitor*, [Online, accessed: 25-1-2004],
URL:<http://www.law.cornell.edu/uscode/17/107.shtml>.

Stelzer R.S., and Walter R.N. (1997) Estimating Reversible Pump-Turbine Characteristics, *a Water Resources Technical Publication, Engineering Monograph No. 39, USA*

Suarda M. (2004) Pengujian Performansi Pompa ‘Diffuser’ dan Pompa ‘Volute’ Sebagai Pembangkit Hydropower, *Proceeding of Research Grant Seminar of PSDP Project*, Surabaya.

Suarda M. (2006) Experimental Work on Modification of Impeller Tips of a Centrifugal Pump as a Turbine, *Proceeding of The 2nd Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE2006)”, Bangkok-Thailand*.

Suarda M. (2008) Potensi Sumber Energi Terbarukan di Bali, *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VII*, 4-6 Nopember 2008, Menado.

Suarda M. (2009) Assessment Performance of Pumps as Hydro-Turbines, *Jurnal Cakram*.