

Kajian Eksperimental Performansi Pompa dengan Kapasitas 1,25 m³/menit Head 12 m jika Dioperasikan Sebagai Turbin

Himsar Ambarita

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik USU
Jl. Almamater , Kampus Padang Bulan, 20155 Medan, Sumatera Utara

Abstract

Pump as Turbine or PAT is a promising application for harvesting small scale hydro power. In comparison with a turbine. pump is cheap, easy to install, and available in market with various sizes. Since so PAT is suitable for micro hydropower and for rural areas a typical off-grid villages in Indonesia. However, a pump is originally designed efficiently to convert power into fluid energy, not reverse, for converting fluid energy into power. Thus, experiments are extremely needed in order to search the best operation point of a PAT. This paper deals with experimental study on pump operated as a turbine. A local produced pump with capacity 1.25 m³/minute and head 12 m is tested in the laboratory with falling water from 5.18 m and 9.29 m. The pump is coupled with a generator and the electricity produced is used to light five lamps with 100W each. The results show that the best efficiency is 31,39% at 10,38 L/minute and head 5,18 m. The maximum output power is 400W which is sufficient to generate electricity for small house. The experimental results agree well with the teoretical ones. However, the graphs plotted reveal that the present PAT is still far from its best efficiency point. This is due to limitation of the experimental apparatus. Further modification or using smaller pumps are suggested to explore the best efficiency point of PAT.

Keywords: hydropower, PAT, renewable energy.

I. Pendahuluan

Dengan semakin berkembangnya masalah yang diakibatkan oleh pemanasan global, kebijakan energi berkelanjutan (*sustainable energy*) semakin mendapat perhatian yang luas. Kebijakan ini mempunyai dua kata kunci, yaitu peningkatan efisiensi energi dan usaha-usaha mencari sumber-sumber energi baru dan terbarukan. Menurut data tahun 2008 [1], konsumsi energi dunia yang sekitar 474 Exa joule, hanya 13,6% yang berasal dari sumber energi terbarukan dan energi nuklir, yang bukan energi fosil. Sementara dari sumber energi terbarukan, bagian yang terbanyak disumbang oleh energi air

(*hidropower*) sebanyak 66,5% [2]. Hidropower dapat dibedakan atas yang kapasitas besar (*large hidropower*) dan yang kecil (*small hidropower*).

Komposisi penggunaan energi di Indonesia juga masih sangat didominasi energi yang berasal dari fosil, yaitu sebanyak 95%. Dan energi air (*hydropower*) masih hanya menyumbang 3,4%. Sementara potensi energi air di Indonesia cukup besar. Energi air kapasitas besar memiliki potensi 75,67GW sementara yang sudah dimanfaatkan sebesar 4,2 GW atau hanya 5,55 %. Energi air kapasitas kecil mempunyai potensi 458,75 MW, sementara yang sudah dimanfaatkan 86 MW atau hanya 17,22% [3]. Fakta ini

menunjukkan bahwa sangat diperlukan teknologi pemanfaatan energi air baik yang kapasitas besar ataupun kapasitas kecil.

Pada umumnya pemanfaatan energi air, memerlukan biaya investasi yang sangat besar. Untuk yang berkapasitas besar, hal ini (umumnya) tidak menjadi masalah. Sementara untuk yang berkapasitas kecil, biaya investasi ini menjadi masalah. Salah satu bagian yang akan menghabiskan biaya investasi yang cukup besar adalah pengadaan turbin air. Biasanya, turbin air harus dirancang khusus karena tidak tersedia dipasaran. Proses inilah yang diyakini akan menghambat pemanfaatan sumber energi air kapasitas kecil. Untuk mengatasi kesulitan ini, maka diusulkan menggunakan pompa sebagai turbin dengan membalik proses operasinya. Bidang ilmu ini dikenal dengan istilah *Pump as Turbine* (PAT). Keunggulan menggunakan PAT adalah lebih murah, mudah menginstalnya, dan rendah biaya perawatan. Disamping itu, pompa tersedia di pasar dalam jumlah banyak dan berbagai ukuran. Fakta-fakta ini sangat mendukung aplikasi pompa untuk mempercepat pemanfaatan energi air kapasitas kecil.

Tetapi disamping keunggulan PAT dibanding turbin, masih ada tantangan yang harus dihadapi agar dapat menggunakan pompa secara efisien jika dioperasikan sebagai turbin. Karena sebagai mesin fluida, pompa dirancang untuk menggunakan energi mekanik menjadi energi aliran air secara efisien. Dengan kata lain tidak dirancang untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Maka diperlukan pengujian lanjutan untuk mencari kondisi operasi terbaik dari sebuah pompa jika dioperasikan sebagai turbin.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap sebuah pompa yang dibuat dan tersedia di pasar domestik di Indonesia. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah memperoleh titik operasi terbaik (*best efficiency point*, BEP) dari pompa tersebut jika dioperasikan sebagai turbin. Dengan mengetahui titik ini maka akan dihasilkan rekomendasi, sebagai turbin

pada kondisi yang bagaimana sebaiknya pompa tersebut dioperasikan.

II. Studi Literatur

Bidang PAT bukanlah sesuatu hal yang baru dalam pemanfaatan energi air menjadi energi mekanik. Penelitian tentang PAT sudah mulai sejak tahun 1930 [4]. Sejak saat itu beberapa penelitian telah dilakukan dan dilaporkan pada beberapa jurnal.

Pada umumnya pompa yang tersedia dipasaran tidak disertai dengan kurva karakteristik jika beroperasi sebagai turbin. Derakhshan dan Nourbakhsh [5] melakukan studi eksperimental untuk menentukan kurva karakteristik pompa sentrifugal jika dioperasikan sebagai turbin. Beberapa pompa sentrifugal untuk industri yang mempunyai putaran spesifik lebih kecil dari 60 ($N_s < 60$ [m,m³/s]) dioperasikan sebagai turbin dan diuji efisiensinya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan instalasi dengan sistem tertutup. Dengan menggunakan data hasil eksperimen, beberapa persamaan diajukan untuk mencari titik efisiensi terbaik (*best efficiency point*). Mereka juga mengajukan dua persamaan untuk memprediksi karakteristik pompa sentrifugal jika dioperasikan sebagai turbin.

Singh dan Nestmann [6] melakukan eksperimen untuk memvalidasi *optimization routine* pengoperasian pompa sentrifugal sebagai pompa. Tiga buah pompa dengan putaran spesifik 18,2 rpm, 19,7 rpm, dan 44,7 rpm diuji secara eksperimen. Pada kesimpulannya, mereka merekomendasikan menggunakan routine yang mereka ajukan pada aplikasi micro hidro dan penggunaan pompa sebagai turbin karena diklaim mempunyai akurasi yang tinggi.

Meskipun PAT telah sukses diuji oleh beberapa peneliti, tetapi PAT tetap mempunyai efisien yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan efisiensi turbin konvensional. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam

pengoperasia PAT untuk kapasitas yang lebih besar. Dengan latar belakang ini Derakhshan dkk. [7,8] melakukan penelitian untuk meningkatkan efisiensi pompa sentrifugal jika dioperasikan sebagai turbin. Dengan menggunakan metode optimisasi gradien dan metode *incomplete-sensitivities* yang digabung dengan perangkat lunak penyelesaian persamaan Navier Stokes 3D, mereka fokus pada modifikasi bentuk sudu dari impeler pompa. Hasil yang didapat secara numerik menunjukkan akan terjadi peningkatan efisiensi jika dilakukan modifikasi dengan membuat profil blade lebih bulat pada sisi masuk dan di daerah *hub/shroud*. Hasil optimasi menunjukkan peningkatan torsi, head, dan efisiensi hidrolis masing-masing sebesar 4,25%, 1,97%, dan 2,2%. Pada penelitian mereka dilakukan juga optimasi tahap kedua dengan hasil efisiensi torsi, head, dan hidrolis masing-masing 2,27%, 1,08%, dan 1,17%.

Arriaga [9] melaporkan pemasangan pompa sebagai turbin di sebuah pedesaan di negara Demokratik Laos. Di desa tersebut dipasang sebuah PAT dengan daya output 2 kW. Pemasangan, operasi, dan perawatan dilakukan oleh penduduk setempat. Perhitungan biaya dan pemilihan komponen-komponen utama sistem secara keseluruhan juga dilaporkan. Ramos dan Borga [10] melakukan analisis teori pengoperasian pompa sebagai turbin. Pada laporan mereka hanya menyelesaikan persamaan-persamaan matematik untuk mendapatkan potensi penggunaan pompa sebagai turbin.

Ketika pompa dioperasikan sebagai turbin, sifat hidrodinamiknya akan berubah. Beberapa peneliti telah mengajukan beberapa metode untuk mengestimasi titik operasi terbaik dari sebuah pompa jika dioperasikan sebagai turbin. Tetapi validasi antara metode yang diajukan dan hasil yang didapat secara eksperimen masih menunjukkan beberapa penyimpangan. Derakhshan dan Nourbakhsh [11] melakukan study numerik dan eksperimental terhadap sifat hidrodinamik pompa jika dioperasikan sebagai turbin. Dengan menggunakan perangkat lunak CFD

FineTurbo V.7 mereka menganalisis secara numerik sifat hidrodinamik PAT. Hasil yang didapatkan secara numerik kemudian divalidasi dengan melakukan eksperimen. Pada penelitian mereka, hasil analisis numerik CFD dan hasil eksperimen untuk sebuah pompa sentrifugal dengan putaran spesifik $N_s = 23,5$ (m,m³/s) terdapat perbedaan.

Nautiyal dan Kumar [12] melakukan review penelitian tentang PAT yang dipublikasi. Lebih kurang 43 laporan penelitian tentang PAT, baik yang dipublikasikan melalui jurnal maupun melalui konferensi ilmiah dijadikan referensi untuk direview. Topik-topik penelitian PAT tersebut dibagi atas beberapa kategori, yaitu: penelitian PAT secara analitik, penelitian PAT secara eksperimen, penelitian PAT dengan menggunakan perangkat lunak CFD, modifikasi impeler pada PAT, dan beberapa aplikasi PAT. Kesimpulan yang mereka dapatkan antara lain: PAT sangat cocok diaplikasikan antara lain untuk pembangkit tenaga pada daerah terpencil, sebagai penggerak osmosis terbalik (RO), dan sebagai penggerak distribusi air. Belum ada metode yang berlaku umum dalam melakukan prediksi efisiensi terbaik PAT. Penelitian dalam memodifikasi bentuk impeler belum banyak dilakukan. Penggunaan CFD dalam mengeksplorasi PAT juga masih sedikit dan diharapkan memberikan kontribusi yang lebih besar dimasa yang akan datang.

Dari semua literatur yang telah direview pada tulisan ini ada hal-hal yang turut menjadi latar belakang penelitian ini. Meskipun telah banyak dilakukan pada bidang PAT ini, tetapi masih diperlukan penelitian yang lebih banyak lagi demi terjadinya peningkatan penggunaan PAT yang lebih efisien. Kemudian untuk negara Indonesia belum dijumpai peneliti yang melaporkan penelitian tentang PAT ini. Kedua hal inilah yang menjadi tambahan latar belakang penelitian ini.

III. Teori Analysis

Pada bagian ini akan ditampilkan teori analysis penentuan BEP dari sebuah PAT. Parameter performasi sebuah PAT biasanya dinyatakan dengan putaran spesifik. Sebagai pompa, persamaannya adalah:

$$N_{sp} = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{0.75}} \quad (1)$$

Sebagai turbin persamaan mencari putaran spesifiknya adalah:

$$N_{st} = \frac{n\sqrt{P}}{H^{1.25}} \quad (2)$$

Dimana n [rps] adalah putaran pompa, Q [m³/s] debit aliran, H [m] adalah head, dan P [W] adalah daya.

Efisiensi turbin dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$\eta_t = \frac{P_m}{\gamma Q_t H_t} \quad (3)$$

Dimana γ [N/m³] adalah berat spesifik air dan P_m adalah daya total PAT. Dengan memperhitungkan semua loses, daya total ini dirumuskan dengan:

$$P_m = \gamma Q_t H_t - P - P_{li} - P_{ei} - P_{ii} \quad (4)$$

Subscrip l , e , dan i adalah masing-masing menyatakan loses karena/pada kebocoran, energi kinetik, dan impeler. Dengan melakukan pengukuran pada percobaan yang dilakukan, efisiensi pada persamaan (3) akan dapat dihitung.

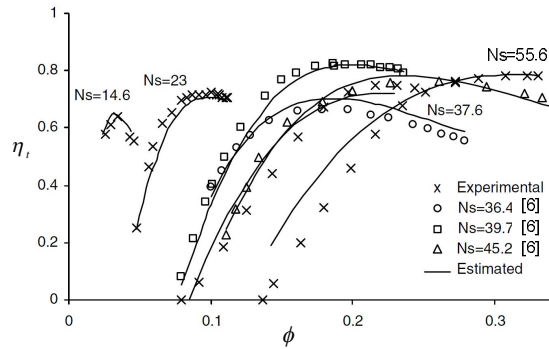
Grafik karakteristik sebuah PAT biasanya dinyatakan dengan bilangan tanpa dimensi berikut ini.

$$\psi = \frac{gH}{n^2 D^2} \quad (5)$$

$$\phi = \frac{Q}{nD^3} \quad (6)$$

$$\pi = \frac{P}{\rho n^3 D^5} \quad (7)$$

Dimana ψ adalah bilangan head tanpa dimensi, ϕ adalah bilangan debit tanpa dimensi, dan π adalah bilangan daya tanpa dimensi. Dengan menggunakan parameter-parameter ini, maka kurvakarakteristik PAT akan dapat ditentukan dan digambarkan. Pada Gambar 1 ditampilkan bentuk kurva karakteristik beberapa pompa yang dioperasikan sebagai turbin [5].



Gambar 1 Kurva karakteristik beberapa PAT

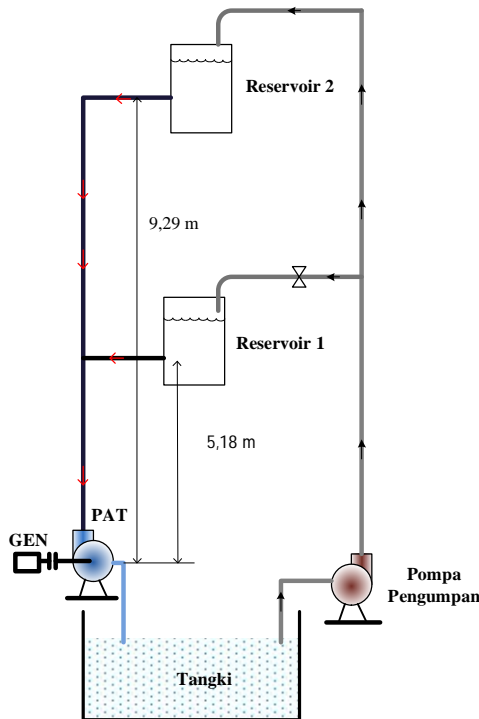
IV. Peralatan untuk Eksperimen

Pada penelitian ini dilakukan pengujian performansi dari sebuah pompa sentrifugal produk lokal dengan spesifikasi sebagai berikut: kapasitasnya 1,25 m³/menit dengan head 12 m dan putaran 1750 rpm pada daya motor 5kW. Sebagai turbin, pompa ini diuji pada Laboratorium Mesin Fluida, Departemen Teknik Mesin USU. Ketinggian air yang digunakan ada dua jenis yaitu 5,18 m dan 9,29 m. Putaran spesifik pompa ini dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Putaran spesifik pompa yang diuji ini adalah 0,65 dan masih dalam kategori sangat kecil karena $N_s < 60$. Diagram alat pengujian yang digunakan untuk melakukan pengujian ditunjukkan pada Gambar 2.

Alat ukur yang digunakan selama pengujian ini antara lain: *Hand tachometer* untuk mengukur putaran dengan merek dagang Krisbow KW606-303. Ketelitian alat ini $\pm 0,05\%$, range: *autorange*, dan *sampling time* 0,8s (over 60 rpm). Untuk mengukur kuat arus dan tegangan yang dihasilkan, masing-masing digunakan *Clamp Meter Krisbow KW06-286* dan multimeter digital model DT-830B. Energi yang dihasilkan dari PAT dihubungkan ke Generator dengan menggunakan *pulley* dan *belt*. Spesifikasi generator yang digunakan adalah putaran 1500 rpm, dan daya 3 kW. Listrik yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menghidupkan 10

lampu (5 lampu 100W dan 5 lampu 200W) yang dirangkai secara paralel. Pembebanan akan dilakukan dengan mengkombinasikan jumlah lampu yang dihidupkan. Sebagai catatan rangkaian lampu ini dilengkapi dengan MCB (*mini circuit breaker*) yang berfungsi untuk menghindari putusnya bola lampu bila daya yang dihasilkan berlebih.

Air yang telah dijatuhkan akan ditampung dalam tanki penampungan dan akan dinaikkan kembali ke reservoir di bagian atas dengan menggunakan pompa lain sebagai pengumpan. Spesifikasi pompa pengumpan adalah jenis pompa sentrifugal dengan diameter impeler 6 inchi dan daya motor 5,5 kW pada putaran 1440 rpm.



Gambar 2 Diagram instalasi pengujian pompa sebagai turbin

Dalam bentuk foto, peralatan pengujian ditampilkan pada Gambar 3. Pada pengujian ini, digunakan dua jenis reservoir, yaitu pada lantai 2 dan lantai 3. Pada masing-masing lantai digunakan 4 buah drum, untuk menjamin tersedianya cukup air yang akan digunakan untuk memutar PAT. Dengan instalasi yang

telah dikembangkan ini dapat dilihat sesuai dengan kondisi sebenarnya yang ada di lapangan nantinya.



Gambar 3 Foto instalasi pengujian pompa sebagai turbin

Pada Gambar 3 ditunjukkan sebuah pompa yang sedang diuji sebagai turbin. Seperti yang ditunjukkan gambar pompa tersebut dirangkai dengan menggunakan pulley untuk memutar generator.



Gambar 4 Rangkaian Generator dan Pompa yang sedang diuji sebagai turbin

Parameter yang diukur selama pengujian adalah voltase dan arus listrik yang dihasilkan, putaran PAT yang terjadi dan debit aliran air jatuh. Prosedur pengujian adalah sebagai berikut: katup pada pipa buangan dibuka pada bukaan yang diinginkan (50%, 70%, dan 100%). Pompa pengumpan dihidupkan dan ketinggian air di reservoir atas dijaga konstan. Generator dibebani dengan menghidupkan lampu. Setelah terjadi kondisi steady dilakukan pengukuran voltase, arus, putaran. Untuk mengetahui debit aliran air, pada akhir pengujian pompa pengumpan dihentikan dan penurunan ketinggian air pada reservoir atas dicatat. Pengujian ini diulang sebanyak lima kali untuk setiap kasus yang diinginkan.

V. Hasil dan Pembahasan

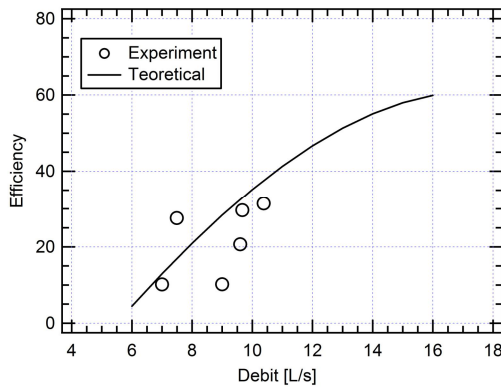
Pada Tabel 1 ditampilkan hasil pengujian, total pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah 9×5 kali percobaan masing-masing. Yang ditampilkan pada Tabel ini adalah nilai rata-rata dari 5 kali pengambilan sampel. Adanya penambahan head pada tabel ini adalah dengan memperhitungkan ketinggian air pada reservoir, untuk mendapatkan variasi head dan debit yang lebih banyak. Pada reservoir yang ada di Lantai 2 masih mungkin dilakukan variasi ketinggian air pada reservoir, yaitu adanya penambahan 0,5 m dan 0,7 m. Tetapi pada reservoir di lantai 3, tidak dapat lagi dilakukan variasi dan hanya dapat diambil satu data yaitu penambahan 0,5 m.

Tabel 1 Hasil pengujian

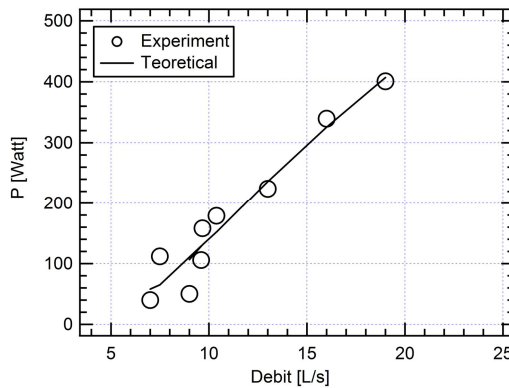
Head (m)	Bukaan katup	Q [L/s]	η_i [-]	P [Watt]
5,18+0,5	50%	7,262	10,15	40,03
5,18+0,5	75%	7,49	27,55	111,875
5,18+0,5	100%	9,6	20,68	105,86
5,18+0,7	50%	8,855	10,21	50,31
5,18+0,7	75%	9,67	29,62	158,24
5,18+0,7	100%	10,38	31,39	178,875
9,29+0,5	50%	13,264	18,55	224,31
9,29+0,5	75%	16,449	23,34	339,53
9,29+0,5	100%	19,448	24,05	400,9

Pada tabel dapat dilihat dengan jelas bahwa bertambahnya head akan menambah daya output dari PAT. Demikian juga bertambahnya debit akan menambah daya output PAT. Hal ini sesuai dengan yang diharapkan bahwa penambahan energi potensial air akan menambah daya keluaran PAT. Secara umum efisiensi hasil pengujian ini masih cukup rendah. Umumnya masih di bawah 50%, yang tertinggi adalah pada head (5,18+0,7) m dengan bukaan katup 100%, mempunyai efisiensi (hanya) 31,39%. Sementara yang terendah sekitar 10,5%. Dari data ini dapat diambil kesimpulan bahwa PAT ini masih beroperasi jauh dibawah efisiensi ideal sebuah pompa. Hal ini diyakini karena debit aliran air yang masuk pompa terbatas karena pipa yang digunakan pada pengujian ini cukup kecil yaitu 4 inchi. Diyakini pompa ini masih mampu mengubah energi air dengan lebih efisien jika menggunakan pipa dengan diameter yang lebih besar.

Kurva karakteristik PAT ini ditampilkan pada grafik di Gambar 5. Pada grafik yang ditampilkan, sebagai parameter di sumbu-x adalah debit aliran dalam L/menit dan sumbu vertikal adalah efisiensi. Hasil prediksi secara teori seperti yang dihitung oleh Derakhshan dan Nourbakhsh [5] juga ditampilkan. Fakta-fakta berikut dapat dilihat dari grafik tersebut. Pertama pada pengujian ini, PAT dioperasikan masih jauh dari debit yang menghasilkan efisiensi terbaik yang seharusnya. Sebagai akibatnya efisiensi PAT masih cukup rendah. Kedua, adanya kecocokan antara hasil penelitian ini dengan perhitungan teori, meskipun hanya pada bagian yang terbatas. Ketiga PAT ini masih jauh dari efisiensi terbaiknya.



Gambar 5 Kurva karakteristik PAT yang diuji



Gambar 6 Hubungan daya dan debit PAT yang sedang diuji

Untuk mengestimasi peningkatan daya jika dilakukan penambahan debit, maka pada Gambar 6 ditampilkan hubungan antara debit dan daya PAT. Secara teori hubungan daya dan debit akan naik secara linier pada debit yang masih rendah, kemudian saat mendekati titik maksimum akan terjadi penurunan kemiringan atau tidak linier lagi. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini masih linier. Hal ini turut membuktikan bahwa, PAT ini masih beroperasi jauh dibawah kondisi optimumnya.

VI. Kesimpulan dan saran

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian sebuah pompa sentrifugal produk lokal yang mempunyai spesifikasi: kapasitas 1,25 m³/menit

head 12 m dengan mengoperasikannya sebagai turbin pada head 5,18m dan 9,29 m. Pompa ini tergolong pompa dengan spesifikasi kecil. Tanpa melakukan modifikasi apapun pada pompa tersebut, hasil yang didapatkan pada instalasi yang tersedia adalah daya output maksimum yang dihasilkan adalah 400 Watt pada efisiensi 24%. Dengan membandingkan dengan efisiensi dan daya teoritis, sebagai PAT pompa ini beroperasi masih jauh dibawah efisiensi operasi terbaik. Hal ini diyakini karena keterbatasan instalasi yang ada sehingga debit aliran air yang dihasilkan masih jauh dibawah yang optimum. Grafik hubungan antara daya dan debit aliran juga menunjukkan fenomena yang sama. Penelitian lanjutan diperlukan untuk dapat mencari efisiensi terbaik dari pompa tersebut. Penelitian ini juga membuktikan adalah mungkin menghasilkan daya listrik kapasitas kecil secara sederhana hanya dengan menggunakan pompa yang ada di pasaran sebagai pengganti turbin.

Referensi

- [1] Statistical Review of World Energy 2009, British Petroleum.
- [2] REN21, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, www.rent21.net
- [3] Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025, Kementerian ESDM Indonesia.
- [4] Tamm A, Braten A, Stoffel B, dan Ludwig G., *Analysis of a standard pump in reverseoperation using CFD*, Pada 20th IAHR-symposium (2000) Paper No. PD-05.
- [5] Derakhshan, S. dan Nourbakhsh, A., *Experimental study on characteristic curve of centrifugal pumps working as turbines in different specific speeds*, Experimental Thermal and Fluid Science 32 (2008) 800-807.
- [6] Singh, P. dan Nestmann, F., *An optimization routine on a prediction and selection model for the turbine operation of centrifugal pumps*, Experimental Thermal and Fluid Science 34 (2010) 152-164.

- [7] Derakhshan, S., Mohammadi, B., dan Noubakhsh, A., *Efficiency improvement of Centrifugal Reverse Pumps*, ASME Journal of Fluids Engineering 131 (2009), DOI: 10.1115/1.3059700.
- [8] Derakhshan S, Mohammadi, B., dan Noubakhsh, A., *Incomplete sensitivities for 3D radial turbomachinery blade optimization*, Computational Fluids 37 (2008) 1354–1363.
- [9] Arriaga, M., *Pump as turbine – A pico-hydro alternative in Lao People's Democratic Republic*, Renewable Energy 35 (2010) 109-1115.
- [10] Ramos, H. dan Borga, A., *Pumps as turbine: an unconventional solution to energy production*, Urban Water 1 (1999) 261-263.
- [11] Derakhshan, S. dan Noubakhsh, A., *Theoretical, numerical and experimental investigation of centrifugal pumps in reverse operation*, Experimental Thermal and Fluid Science 32 (2008) 1620-1627.
- [12] Nautiyal, H., Varun, dan Kumar, A., *Reverse running pumps analytical, experimental and computational study: A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 2059-2067.

Saat ini tercatat sebagai pengajar di Departemen Teknik Mesin USU, dengan matakuliah utama: Perpindahan Panas, Computational Fluid Dynamics (CFD), Teknik Pendingin, Termodinamika, dan Solar Surya. Tema penelitian yang saat ini sedang dilakukan adalah fokus pada sustainable energy. Antara lain: pengembangan mesin pendingin tenaga surya, pengembangan ORC sebagai heat recovery, pengembangan mesin pengering kontiniu kombinasi energi surya dan energi kimia, dan metode perhitungan perpindahan panas dan massa sekaligus untuk memodelkan pengeringan. Dan masih banyak topik lainnya yang berhubungan dengan Energi, Fluida, dan Thermal.

Biografi Singkat Penulis



Nama : Dr. Eng Himsar Ambarita

Email :

himsar@gmail.com

Lahir di Simalungun 10 Juni 1972, menyelesaikan S1 di Teknik Mesin USU pada tahun 1997 dengan tema tugas akhir Pendingin Ruangan. Melanjutkan pendidikan ke jenjang S2 di Teknik Mesin ITB dengan tema thesis analysis siklus kompresi uap hibrid dengan refrigeran hidrokarbon dan selesai tahun 2001. Pendidikan S3 diselesaikan pada tahun 2007 di Jepang dengan tema disertasi: modifikasi konveksi natural ruang tertutup untuk bahan dinding yang memindahkan panas ke satu arah saja.