

Karakteristik Unjuk Kerja *Pump As Turbine* (PAT) Menggunakan Satu Pompa Hisap

Munawar Alfansury Siregar^{1*}, Wawan Septiawan Damanik², Amir Hamjah Harahap³

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Jl. Kapten Muchtar Basri No.3, Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara 20238

*Email: munawaralfansury@umsu.ac.id

ABSTRAK

Energi air hingga sekarang masih menjadi salah satu sumber energi utama yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik agar bisa digunakan secara luas. Walaupun masih memiliki kekurangan, tetapi dampak lingkungan yang diakibatkan oleh pembangkit tenaga air relatif lebih rendah risikonya dibandingkan dengan pembangkit tenaga diesel maupun pembangkit tenaga nuklir. *Pump as turbine* (PAT) cocok digunakan sebagai teknologi terapan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik terutama yang tinggal di daerah dengan banyak sungai. Penelitian pompa sebagai turbin ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik unjuk kerja pompa sebagai turbin. Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu: pompa sebagai turbin, pompa sumber, alternator, flow meter, pipa-pipa, alat-alat ukur, dan lain-lain. Penelitian dimulai dengan merancang dan merangkai pipa-pipa untuk mengalirkan air dari bak sirkulasi ke pompa sumber, kemudian masuk ke pompa sebagai turbin dan air yang keluar dari pompa sebagai turbin dialirkan ke bak. Setelah semua terpasang dilakukan percobaan awal, kemudian baru dilakukan tahap pelaksanaan dan pengambilan data. Dalam penelitian ini data yang diambil yaitu: putaran pada poros turbin, tegangan dan arus yang dihasilkan setiap pembebanan, dan debit air yang masuk melalui flow meter ke turbin per satuan waktu yang terukur. Dari hasil penelitian didapat efisiensi tertinggi sebesar 0,0075 % pada Debit = 0,000174 m³/detik, Head = 0,224 m dan N_q = 51,25 rpm dan menghasilkan daya keluaran sebesar 2,556 Watt.

Keywords: Efisiensi, kecepatan spesifik, head, debit.

PENDAHULUAN

Energi air hingga sekarang masih menjadi salah satu sumber energi utama yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik agar bisa digunakan secara luas. Walaupun masih memiliki kekurangan, tetapi dampak lingkungan yang diakibatkan oleh pembangkit tenaga air relatif lebih rendah risikonya dibandingkan dengan pembangkit tenaga diesel maupun pembangkit tenaga nuklir [1]. Tenaga air merupakan salah satu sumber energi yang dapat meminimalisir penggunaan dari produk-produk bahan bakar yang berasal dari fosil (Minyak Bumi, Batu Bara, Gas Alam, dan lain-lain)[2].

Prinsip dasar dari tenaga air, jika air dapat disalurkan dari ketinggian tertentu ke tingkat yang lebih rendah, maka head air yang dihasilkan dapat digunakan untuk menggerakkan pompa sebagai turbin [3]. Penggunaan tersebut dapat menggerakkan komponen mekanik menjadi energi putaran yang disalurkan pada poros untuk menggerakkan sebuah generator untuk membangkitkan listrik. Pemilihan turbin yang baik tergantung pada karakteristik pompa sebagai turbin [4].

Inovasi turbin terus berkembang dan salah satu alternatif adalah dengan memanfaatkan jatuhnya air untuk menggerakkan pompa beroperasi terbalik (turbin). Pompa adalah mesin yang relatif sederhana, mudah untuk mempertahankan dan banyak tersedia dipasaran. Penelitian menggunakan *pump as turbine* (PAT) dimulai sekitar tahun 1930 [5]. Dengan meningkatnya kebutuhan energi, maka akan lebih ekonomis untuk mengeksplorasi sumber energi tersebut. Percobaan telah menunjukkan bahwa di keluaran daya yang relatif rendah, pompa dengan standar teknologi tinggi dalam operasi

terbalik bisa bersaing dengan turbin konvensional sehubungan dengan maksimal efisiensi pompa sebagai turbin [6].

Beberapa tipe pompa air dapat diaplikasikan sebagai turbin air, biasanya pompa digerakkan oleh motor listrik untuk menaikkan sejumlah air sampai ketinggian tertentu. Pada aplikasi pompa sebagai turbin, prinsip kerja pompa dibalik yaitu diberi jatuhnya air dari ketinggian tertentu melalui saluran keluar untuk memutar impeler pompa dan mengeluarkan air dari saluran masuk pompa tersebut. Kemudian putaran impeler ini akan diteruskan untuk memutar alternator sehingga dihasilkan tenaga listrik. Tenaga listrik yang dihasilkan tergantung dari pada karakteristik unjuk kerja pompa sebagai turbin dimana yang mempengaruhi unjuk kerja tersebut adalah head, debit, kecepatan spesifik dan putaran spesifik. Pada bagian ini penulis akan membahas lebih lanjut tentang pompa yang dijadikan sebagai turbin dengan debit air masuk menggunakan satu pompa hisap untuk pembangkit listrik.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, Jln. Kapten Mukhtar Basri, No.3 Medan-20238 Telp. 061-6622400. Pompa yang digunakan untuk penelitian tugas akhir ini adalah pompa sentrifugal yang bermerek, Maxon MHF-5C, dan Yamamax Pro 08-401. Dan spesifikasi sebagai berikut.

	Spesifikasi <i>pump as turbine</i> :
	YAMAMAX PRO DB-401
	Daya pompa : 1,5 HP
	Kapasitas : 267 L/min
	daya hisap : 7 m
	Tinggi aliran : 18 m
	Spesifikasi pompa hisap :
	MAXON MHF-5C
	Daya pompa : 1 HP
	Kapasitas : 400 L/min
	H.max : 14 m

Gambar 1. Spesifikasi pompa turbin yang digunakan

Alat dan bahan yang digunakan yaitu, Pompa Sentrifugal berfungsi sebagai alat uji yaitu satu buah pompa sentrifugal berfungsi sebagai pompa hisap dan satu buah pompa sentrifugal sebagai turbin. Flow meter berfungsi sebagai alat ukur untuk mengetahui debit aliran dan volume air. Bak penampungan air berfungsi untuk menampung air pada instalasi pompa sebagai turbin. Pipa 1 ½ inci berfungsi sebagai instalasi pipa untuk mengalirkan air dari pipa hisap menuju pompa sebagai turbin. Magnet dan spul motor berfungsi sebagai penghasil arus listrik. Elbow berfungsi untuk menyambungkan pipa dengan arah melengkung, dengan kelengkungan 90°. Multi-Tester berfungsi untuk

mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan alternator. Tacho-Meter Berfungsi untuk mengukur kecepatan putaran (Rpm) pada poros turbin.

Tabel 1. Spesifikasi flow meter

Spesifikasi Flow Meter	
Ukuran	1 INCH (25MM)
KETEPATAN	2%
MAX.FLOW RATE Qmax (m3 h)	7
TINGKAT ARUS MINIMAL Qn (m3 jam)	3,5
TINGKAT ALIRAN MINIMUM Qmin (m3 jam)	0,28
TEKANAN KERJA (batangan)	10
MEMULAI TINGKAT ALIRAN	0,020
BACA MAX (m3)	99999,9999
MIN READING (m3)	0,0001

Tabel 2. Spesifikasi multi tester

Spesifikasi Multi Tester	
Tegangan	3 Volt Dc (2 Baterai AA 1,5V)
Digit	3-3/4 digit
Pengukuran DC Volt	400m/4/40/400/600V, resolusi 0,1mV
Pengukuran AC Volt	4/40/400/600V, resolusi 1mV
Pengukuran DC Ampere	40m/400mA, resolusi 0,01 mA
Pengukuran AC Ampere	40m/400mA, resolusi 0,01 mA
Pengukuran Tahanan	400/4k/40k/4M/40M ohm, resolusi 0,1 ohm
Pengukuran Kapasitas	50n/500n/5u/50u/100uF, resolusi 0,001nF
Pengukuran Frekuensi	5Hz-100kHz
Pengukuran Duty Cycle	Range 20%-80%
Pabrikasi	Japan

1. Model Matematika

Faktor yang mempengaruhi kinerja aliran fluida didalam pipa dapat meliputi, debit aliran, dan kecepatan aliran. Dari kedua faktor kinerja aliran tersebut didapat persamaan sebagai berikut.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Kecepatan aliran sebagai kinerja aliran fluida dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Sebelum menghitung kecepatan aliran, terlebih dahulu harus menghitung luas penampang pipa dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (3)$$

Dalam memilih suatu pompa untuk maksud tertentu, terlebih dahulu harus diketahui aliran serta head yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompa. Head pompa adalah energi persatuan berat yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai kondisi instalasi pompa atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang.

$$H = H_s + \Delta H_P + h_l + \frac{V_t^2}{2.g} \quad (4)$$

Head statis total dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut.

$$H_s = Z_t + Z_i \quad (5)$$

Aliran fluida memiliki beberapa tipe aliran yaitu aliran laminar, turbulen, dan transisi. Untuk mengetahui suatu jenis aliran tersebut maka dapat digunakan perhitungan bilangan reynold yaitu suatu bilangan yang tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran laminar, turbulen, dan transisi. Persaman bilangan Reynold sebagai berikut.

$$R_e = \frac{V.d}{\nu} \quad (6)$$

Untuk menghitung faktor gesekan antara dinding pipa dengan aliran fluida tanpa adanya perubahan luas penampang didalam pipa dapat dipakai rumus Darcy yang secara matematis ditulis sebagai berikut :

$$h_f = f \frac{LV^2}{d.2.g} \quad (7)$$



Gambar 2. Skema Alat Penelitian Pump As Turbine (PAT)

Penelitian ini dilaksanakan setelah semua rangkaian telah terpasang, maka pengujian pertama adalah mendapatkan putaran pompa sebagai turbin tanpa tersambung dengan alternator menggunakan tacho meter, langkah selanjutnya adalah sama seperti diatas tetapi poros turbin dipasangkan dengan kopling, kemudian dengan menggunakan kopling tersebut dihubungkan dengan alternator. Dari data yang didapat, kemudian menghitung arus yang keluar dari alternator dengan multi tester untuk diambil datanya dan dijadikan bahan analisa.

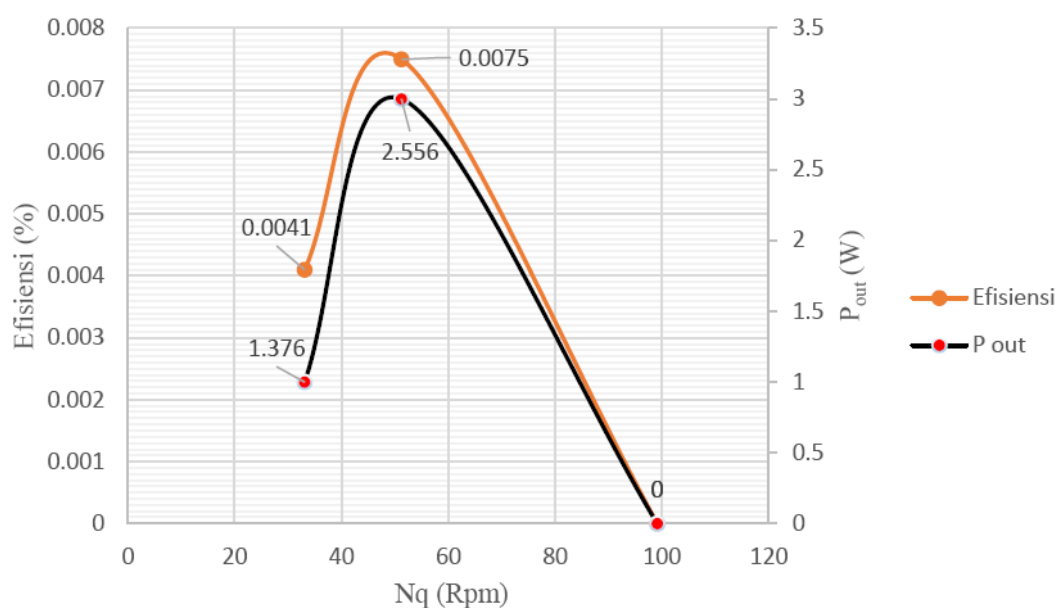
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian pompa sebagai turbin diambil dengan menggunakan alat ukur multi tester untuk mengetahui arus yang dihasilkan oleh putaran alternator, untuk mengetahui debit aliran dan volume air digunakan flow meter lalu diukur waktu dengan stop watch, kemudian untuk mengukur putaran pompa sebagai turbin digunakan tacho meter, dan untuk mengukur kuat arus digunakan alat ukur tang meter.

Tabel 1. Hasil data variasi dengan beban lampu

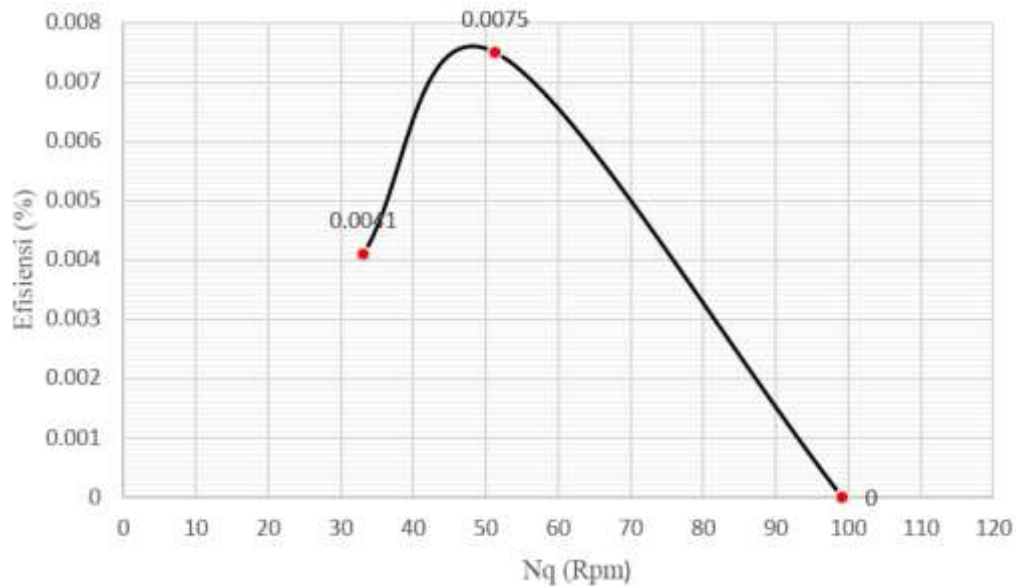
Beban (Watt)	Debit (m ³ /s)	n (rpm)	V (volt)	I (a)	H (m)	Pin (Watt)	Pout (Watt)	η (%)	nq (rpm)
0	0,000 149	619,1	12,65	0	0,22	284,45	0	0	99,13
5	0,000 174	296,2	4,26	0,6	0,224	338,18	2,556	0,007 5	51,25
10	0,000 169	194,1	1,72	0,8	0,226	331,45	1,376	0,004 1	33,10

Untuk melihat kurva tinggi rendahnya maka data tabel diatas di tunjukkan pada gambar berikut.



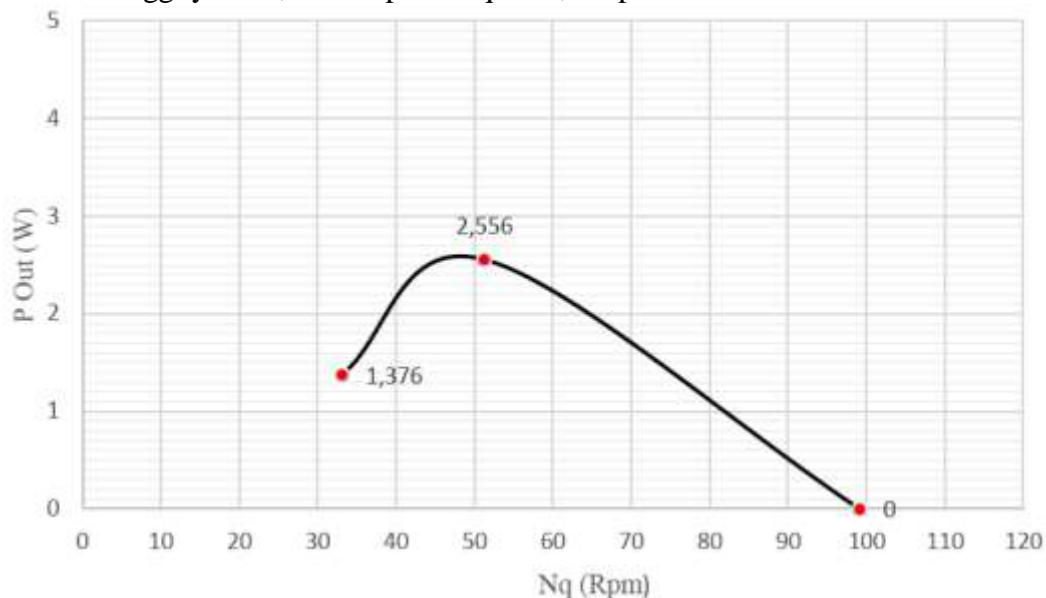
Gambar 3. Grafik Efisiensi, Nq, dan P_{out}

Pada gambar 3 grafik data variasi dengan beban lampu diketahui bahwa efesiensi tertinggi 0,0075% pada Debit = $0.000174 \text{ m}^3/\text{detik}$, Head = 0,224 m dan $N_q = 51,25$ rpm dan menghasilkan daya keluaran sebesar 2,556 Watt. Pada nilai efisiensi tertinggi dihasilkan daya yang rendah dan pada nilai efisiensi terendah dihasilkan daya tinggi.



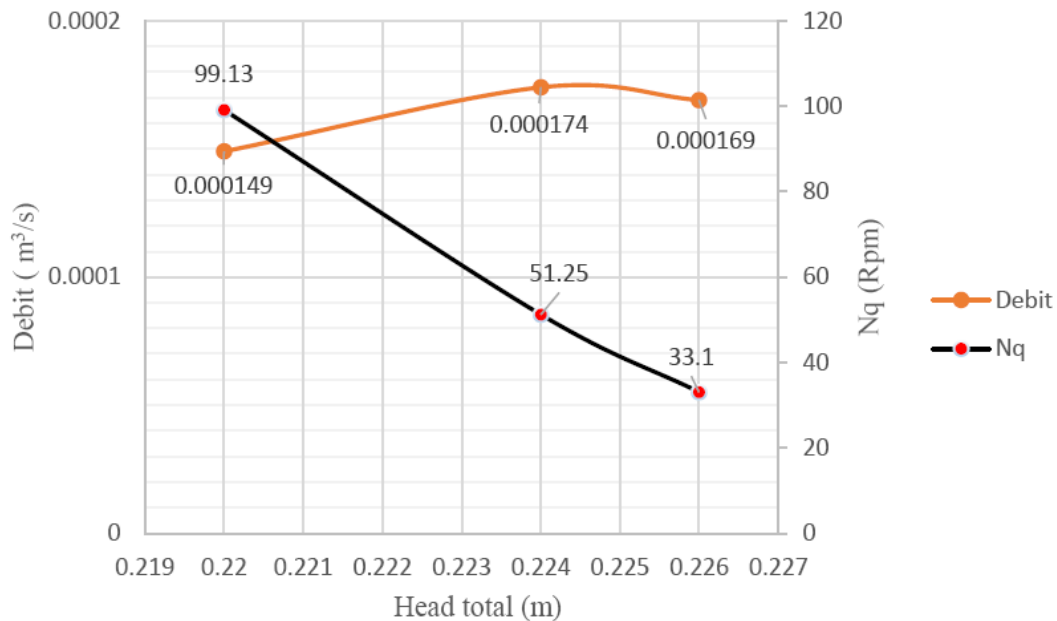
Gambar 4. Grafik Efisiensi vs Nq

Dari gambar 4 grafik Efisiensi vs Nq dari seluruh pembebanan, dapat dilihat nilai efisiensi tertinggi yaitu 0,0075% pada $N_q = 51,25$ rpm.



Gambar 5. Grafik Pout vs Nq

Pada gambar 5 grafik Pout vs Nq dari seluruh pembebanan, dapat nilai Pout tertinggi yaitu 2,556 Watt pada $N_q = 51,25$ rpm. Karakteristik pompa sebagai turbin yang diuji untuk mendapat nilai karakteristik yang dihasilkan saat pompa di uji menggunakan beban dan tanpa beban.



Gambar 6. Grafik Debit, Head dan Nq

Dari gambar 6 grafik Debit, Head dan Nq, dapat dilihat bahwa Nq tertinggi = 99,13 rpm pada Head = 0,22 m dan debit terbesar yaitu 0,000174 m³/detik pada Head = 0,224 m.

KESIMPULAN

Dari hasil yang didapat pada penelitian pompa sebagai turbin (PAT), dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Dari hasil data variasi beban lampu, efisiensi tertinggi yaitu 0,0075% pada debit = 0,000174 m³/detik, Head = 0,224 m dan Nq = 51,25 rpm dan menghasilkan daya keluaran sebesar 2,556 Watt.
2. Dari hasil data variasi beban lampu, daya terbesar yang dapat dihasilkan yaitu 2,556 Watt pada debit = 0,000174 m³/detik, Nq = 51,25 rpm.

SARAN

Beberapa saran yang penting untuk peneliti yang ingin melanjutkan penelitian tentang pompa sebagai turbin ini atau yang ingin mengembangkan penelitian ini :

1. Melakukan penelitian dengan jenis spesifikasi pompa yang berbeda.
2. Melakukan penelitian dengan impeler yang berbeda agar dapat dilihat perbandingan efisiensi serta putaran spesifiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] JM Chapallaz, P. Einchenberger, G. Fischer, Manual Pompa digunakan sebagai Turbines, Vieweg, Braunschweig, 1992.
- [2] Made Suarda, Nengah Suarnadwipa dan Wayan Bandem Adnyana, Experimental Work on Modification of Impeller Tips of Centrifugal Pump as a Turbine, Udayana University Denpasar, Bali.
- [3] Sularso, Haruo Tahara. Pompa & Kompresor, pemilihan, pemakaian, dan pemeliharaan, cetakan ketujuh, jakarta. Pradnya Paramita, 2000.
- [4] Surya Agus Pratama,. Analisa Kinerja Aliran Fluida Pada Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Panjang Sudu Impeller. Jurnal Teknik Mesin, Medan: Program Studi Teknik Mesin, UMSU, 2017.

- [5] Teli Handayani, (2007). Prestasi Pompa Sentrifugal Dengan Impeller Tertutup Sebagai Turbin Air, Laporan Tugas Akhir, Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- [6] Yuliani, Analisa Perbandingan Kinerja Pompa Sentrifugal Dengan Pengaturan Buka-katup, Jurnal Sainstek STT Pekanbaru, Vol 5, No 2, 2017.