



KARAKTERISTIK UNJUK KERJA *PUMP AS TURBINE* (PAT) MENGUNAKAN SATU POMPA HISAP UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK

Sudirman Lubis¹⁾ Munawar Alfansury Siregar²⁾
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
sudirmanlubis@umsu.ac.id

ABSTRACT

Water energy is still one of the main energy sources used to generate electrical energy so that it can be widely used. Although it still has shortcomings, the environmental impact caused by hydropower is relatively lower in risk compared to diesel power plants or nuclear power plants. Pump as turbine (PAT) is suitable for use as an applied technology to meet the needs of electrical energy, especially those who live in areas with many rivers. This research on pump as a turbine aims to determine the performance characteristics of the pump as a turbine. The tools used in this research are: pump as a turbine, source pump, alternator, flow meter, pipes, measuring instruments, and others. The research begins by designing and assembling pipes to drain water from the circulation bath to the source pump, then enter the pump as a turbine and the water that comes out of the pump as a turbine is flowed into the basin. After everything is installed, the initial experiment is carried out, then the implementation stage and data collection are carried out. In this study, the data taken are: rotation on the turbine shaft, the voltage and current generated by each loading, and the flow of water entering through the flow meter to the turbine per measured unit of time. From the research results, the highest efficiency is 0.0075% at discharge = $0.000174 \text{ m}^3 / \text{sec}$, Head = 0.224 m and $N_q = 51.25 \text{ rpm}$ and produces an output power of 2.556 Watts.

Keywords : efficiency, specific speed, head, debit

PENDAHULUAN

Pump As Turbines (PAT) merupakan inovasi tepat guna yang dapat mengubah pompa sentrifugal menjadi turbin yang menghasilkan energi listrik. Prinsip kerja dasar dari *Pump As Turbines* (PAT) adalah kebalikan dari kerja pompa yang biasanya pompa digunakan untuk mengalirkan air dari dataran rendah ke dataran tinggi sedangkan di *Pump As Turbines* (PAT) air dari dataran tinggi masuk ke *output* pompa dan keluar dari *input* pompa sehingga pompa menghasilkan putaran untuk menggerakkan generator, yang selanjutnya dapat dijadikan suatu alternatif yang dapat dikembangkan untuk menghasilkan listrik. *Pump As Turbines* (PAT) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti sumber air atau saluran air dengan cara memanfaatkan ketinggian air (*head*) dan jumlah debit air (*Q*). Pada *Pump As Turbines* (PAT) prinsip kerja pompa dibalik menjadi mesin tenaga yang mengkonversikan energi potensial menjadi energi kinetik, karena pompa digunakan sebagai pengganti turbin air. Inovasi turbin terus berkembang dan salah satu alternatif adalah dengan memanfaatkan jatuhnya air untuk menggerakkan pompa beroperasi terbalik (turbin).

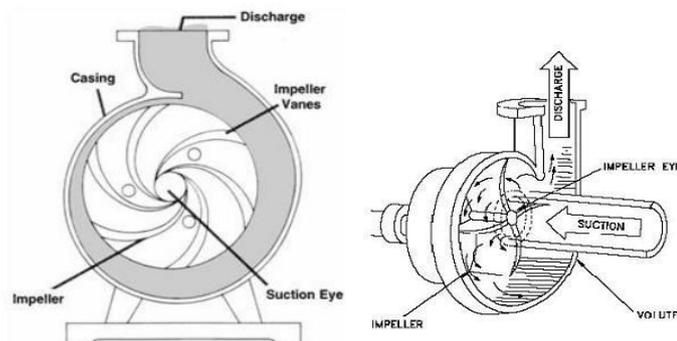
Pompa adalah mesin yang relatif sederhana, mudah untuk mempertahankan dan banyak tersedia dipasaran. Penelitian menggunakan *pump as turbine* (PAT) dimulai sekitar tahun 1930. Dengan meningkatnya kebutuhan energi, maka akan lebih ekonomis untuk mengeksploitasi sumber energi tersebut. Percobaan telah 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

TINJAUAN PUSTAKA

Pompa adalah salah satu mesin fluida yang termasuk dalam golongan mesin kerja. Pompa berfungsi untuk mengalirkan fluida dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi atau dari tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan lebih tinggi. Disamping itu juga pompa digunakan untuk memindahkan fluida dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah, misalnya pada sistem pemipaan yang panjang dan berkelok-kelok. Dengan memasang pompa, fluida cair akan mampu dialirkan dari tempat berdataran rendah menuju tempat yang relatif lebih tinggi. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada di sepanjang pengaliran.

Pompa sentrifugal mempunyai sebuah *impeller* (balung-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan pada poros pompa untuk memutar *impeller* di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam *impeller* oleh dorongan sudu-sudu dapat berputar. Karena timbul gaya sentrifugal, maka zat cair mengalir dari tengah *impeller* keluar melalui saluran di antara sudu-sudu. Disini *head* tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian juga *head* kecepatannya menjadi lebih tinggi karena mengalami percepatan. Zat cair yang keluar melalui *impeller* akan ditampung oleh saluran berbentuk *volute* (spiral) dikelilingi *impeller* dan disalurkan keluar pompa melalui *nozle* (*outlet/discharge*). Di dalam *nozle* ini sebagian *head* kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekanan. Jadi *impeller*. pompa berfungsi memberikan kerja pada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi lebih besar. Selisih energi per satuan berat atau *head* total zat cair antara *flange* (*flens*) isap dan *flange* (*flens*) keluar disebut *head* total pompa.

Dari uraian di atas, jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang mengakibatkan perubahan *head* tekanan, *head* kecepatan dan *head* potensial pada zat cair yang mengalir secara kontinu.



Gambar 1. Aliran fluida dalam pompa sentrifugal

Menurut proses perpindahan energi dan benda cair sebagai bahan aliran maka pompa sentrifugal termasuk mesin aliran fluida hidraulik. Rumus utama *Euler* untuk mesin aliran fluida juga berlaku untuk pompa ini. Tinggi kenaikan dari pompa sentrifugal adalah sama dengan perbandingan kwadrat dari kecepatan putar pompa. Karakteristik pompa sentrifugal ditentukan oleh besaran-besaran sebagai berikut:

1. Volume fluida yang dipompa (V)
2. Tinggi kenaikan (H)
3. Sifat atau keadaan disisi bagian isap

4. Daya yang dibutuhkan untuk memutar pompa

Pompa sentrifugal mempunyai daerah penggunaan yang sangat luas, seperti pada pemakaian dalam masalah ekonomi air, mesin tenaga dan instalasi pemanas, kimia maupun petro kimia, perkapalan dan pompa yang dipakai di tambang tambang. Lingkup penggunaan pompa sangat luas dengan berbagai kebutuhan terhadap kapasitas dan tinggi kenaikan yang berbeda. Fluida merupakan zat cair yang dapat berubah bentuk secara terus menerus jika terkena tegangan geser meskipun tegangan geser tersebut kecil. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mengalami hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan.

Energi fluida untuk melakukan kerja yang dinyatakan dalam *feet* (kaki), tinggi tekan (*head*) merupakan ketinggian dimana kolom fluida harus naik untuk memperoleh jumlah energi yang mana sama dengan jumlah fluida yang dikandung pada kondisi yang sama *Head* pompa adalah energi persatuan berat yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah zat cair atau fluida yang ditentukan sesuai dengan kondisi instalasi pompa. *Head* ada dalam tiga bentuk yang dapat saling berubah antara lain:

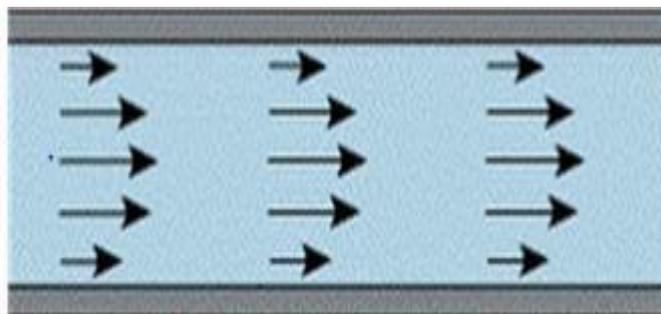
1. *Head* potensial /*Head* aktual

Didasarkan pada ketinggian fluida diatas bidang datar. Jadi, suatu kolam air setinggi dua kaki atau feet mengandung jumlah energi yang disebabkan oleh posisinya dan dikatakan fluida tersebut mempunyai head sebesar dua feet kolam air.

2. *Head* kinetik/*Head* kecepatan

Head kinetik atau *head* aktual adalah suatu ukuran energi kinetik yang dikandung satu-satuan bobot fluida yang disebabkan oleh kecepatan dan dinyatakan persamaan yang biasa dipakai untuk energi kinetik ($V^2/2g$), energi ini dapat dihitung dengan tabung pitot yang diletakan dalam aliran dibawah kaki kedua dari manometer dihubungkan dengan pipa aliran secara tegak lurus dari manometer dihubungkan dengan pipa aliran untuk menyatakan tekanan yang ada pada pipa aliran titik ini.

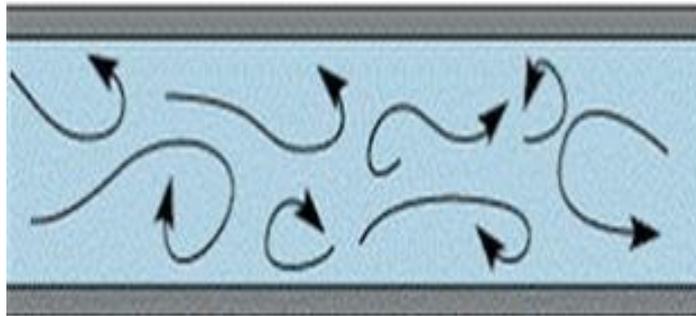
Didalam aliran laminar partikel-partikel zat cair bergerak teratur mengikuti lintasan yang saling sejajar. Aliran laminar lebih mudah terjadi bila aliran relatif kecil sedangkan viskositas cairan besar dan pengaruh kekentalan cukup dominan dibandingkan dengan kecepatan aliran, sehingga partikel-partikel zat cair akan bergerak teratur mengikuti lintasan lurus.



Gambar 2. Aliran laminar

Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah gerakan partikel zat cair yang tidak teratur antara satu dengan yang lain dan sembarang dalam waktu dan ruang. Turbulensi ditimbulkan oleh gaya-gaya viskos dan gerak lapis zat cair yang berdampingan pada kecepatan berbeda. Karakteristik aliran turbulen ditunjukkan oleh terbentuknya pusaran-pusaran dalam aliran yang menghasilkan percampuran partikel-partikel secara terus menerus antara partikel-partikel cairan didalam seluruh penampang aliran



Gambar 3. Aliran turbulen

Turbin impuls

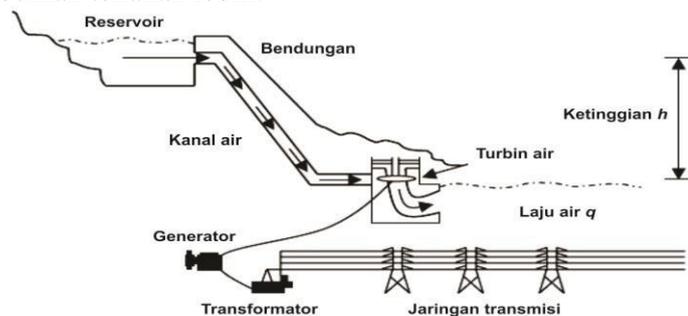
Turbin impuls disebut juga turbin tekanan sama atau turbin pancaran bebas karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer disekitarnya. Yang dimaksud turbin implus adalah turbin air yang cara bekerjanya dengan merubah semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan menjadi energi kecepatan dari pancaran.air. Pancaran air akan membentur roda jalan turbin yang kemudian membalikkan arus air, sehingga menghasilkan perubahan pada daya dorongan yang disebabkan oleh roda jalan turbin. Pada roda jalan turbin tidak terjadi perubahan tekanan. Sebelum pancaran air membentur roda jalan turbin, tekanan air (energi potensial) dikonversi ke tenaga gerak (energi kinetik) oleh nossel dan dipusatkan pada roda jalan turbin. Jumlah nosel tergantung pada besarnya kapasitas air, tiap roda turbin bisa dilengkapi dengan 1 sampai 6 *nosel*. Bentuk sudu turbin ini terdiri dari 2 bagian yang simetris, maksudnya agar bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping. Turbin impuls sering digunakan pada aplikasi turbin yang membutuhkan *head* yang sangat tinggi. Yang termasuk turbin impuls antara lain :

- Turbin Pelton

Turbin ini terdiri dari roda jalan yang diputar oleh pancaran air yang keluar dari *nosel*. Roda jalan turbin Pelton menyarupai roda jalan pada kincir air.

- Turbin Crossflow

Turbin ini juga disebut Michell-Banki turbin. Cara kerja turbin ini adalah seperti turbin Pelton, yaitu hanya sebagian sudu-sudu saja yang bekerja membalikkan aliran air. Turbin ini mempunyai alat pengarah sehingga dengan demikian celah bebas dengan sudu-sudu di sekeliling roda hanya sedikit. Karena itu pada keadaan pembebanan penuh putarannya roda terjadi sedikit kemacetan yang sedikit menimbulkan tekanan lebih.



Gambar 4. Bentuk energi pada aliran air

METODE PENELITIAN

Pompa yang digunakan untuk penelitian *Pump As Turbine* ini adalah pompa sentrifugal dengan daya pompa: 1.5 Hp, Kapasitas : 267 L/min. daya hisap : 7 m, tinggi aliran 18 m. Penelitian fokus untuk menghitung unjuk kerja *pump as turbine* (PAT) dan mendapatkan karakteristik *pump as turbine* (PAT) menggunakan beban lampu 5 watt dan beban lampu 10 watt yang di tunjukan

dengan kontur grafik. Pompa sentrifugal ini sebagai turbin, pompa ini di uji di laboratorium Teknik Mesin UMSU.

Alat yang digunakan dalam pengujian untuk mengetahui debit aliran dan volume air menggunakan flow meter, sementara untuk mengalirkan air dari pipa hisap menuju pompa sebagai turbin menggunakan pipa yang berukuran $1\frac{1}{2}$. untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan alternator menggunakan multi tester. Tacho meter untuk mengetahui kecepatan putaran rpm pada poros turbinparagraf. Paragraf harus teratur. Semua paragraf harus ditulis menggunakan aligment justified, yaitu rata kiri kanan.

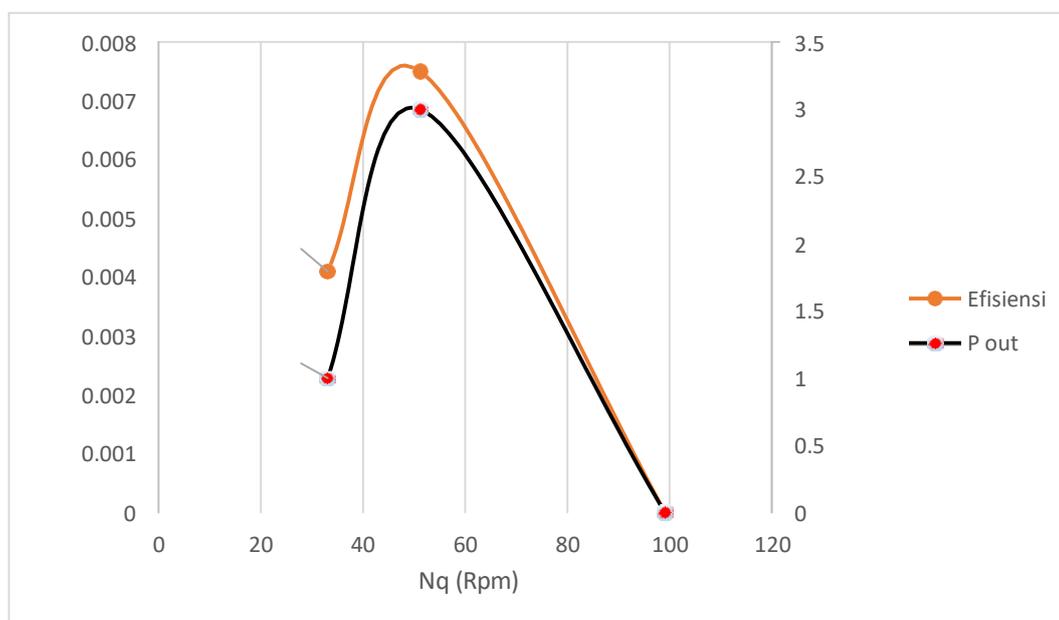
HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Hasil Penelitian

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)	P_{in} (Watt)	P_{out} (Watt)	η (%)	nq (rpm)
0	0,000149	619,1	12,65	0	0,22	284,45	0	0	99,13
5	0,000174	296,2	4,26	0,6	0,224	338,18	2,556	0,0075	51,25
10	0,000169	194,1	1,72	0,8	0,226	331,45	1,376	0,0041	33,10



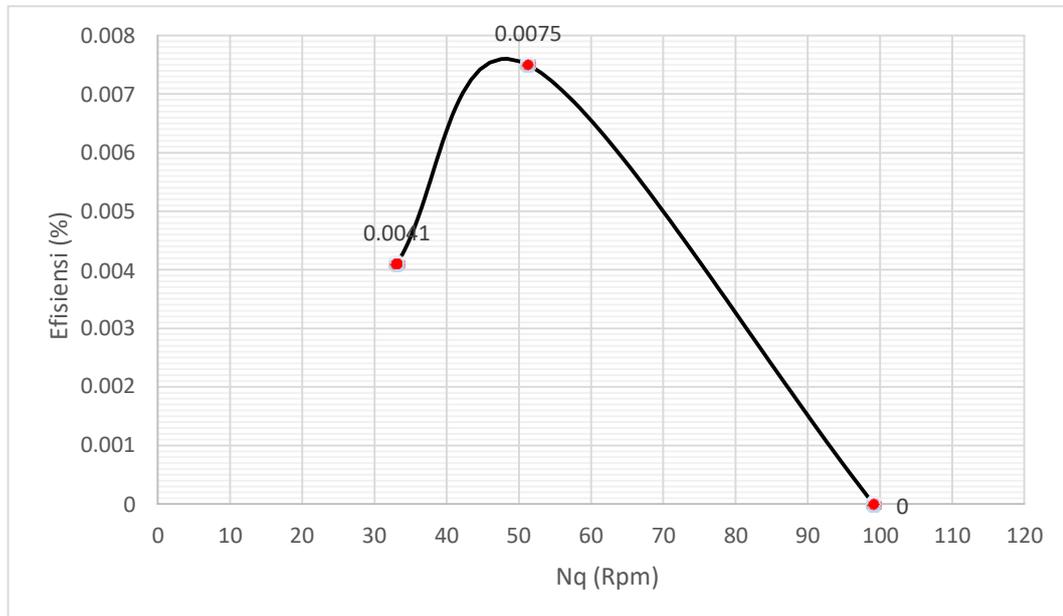
Gambar 5. Grafik Efisiensi, Nq, dan Pout

Pada gambar 5. grafik data variasi dengan beban lampu diketahui bahwa efesiensi



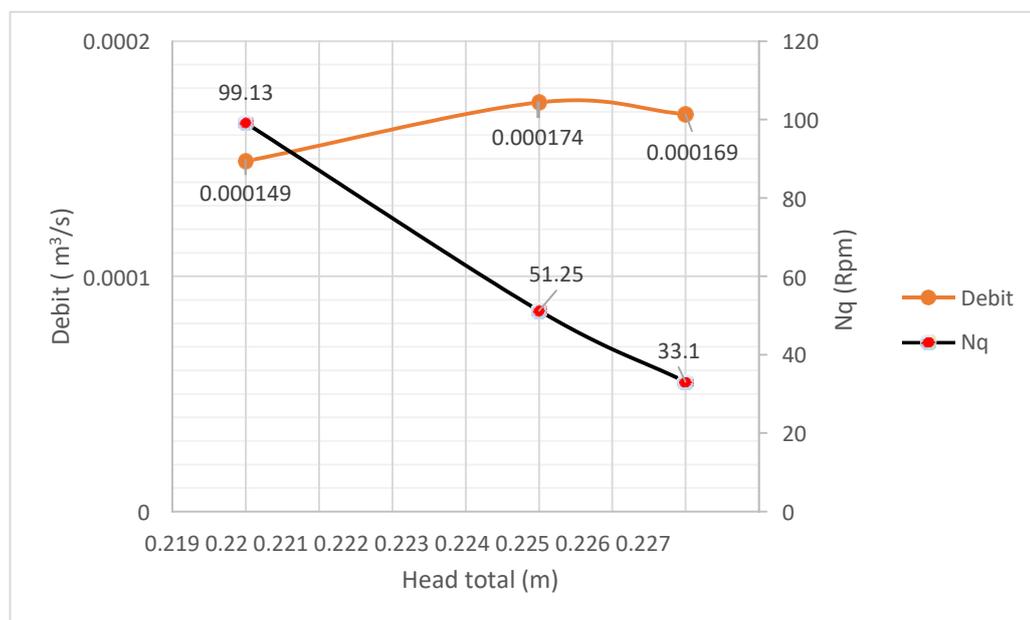
tertinggi 0,0075% pada Debit = 0.000174 m³/detik, *Head* = 0,224 m dan *Nq* = 51,25 rpm dan menghasilkan daya keluaran sebesar 2,556 Watt. Pada nilai efisiensi tertinggi dihasilkan daya yang rendah dan pada nilai efisiensi terendah dihasilkan daya tinggi.

Efisiensi pompa sebagai turbin



Gambar 6. Grafik Efisiensi vs *Nq*

Karakteristik pompa sebagai turbin yang diuji



Gambar 7. Grafik debit, head, *Nq*

Dari gambar 7 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), data variasi beban lampu, efisiensi tertinggi yaitu 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. Dari hasil data variasi beban lampu, daya terbesar yang dapat dihasilkan yaitu 2,556 Watt pada debit = $0,000174$ m³/detik, $N_q = 51,25$ rpm

REFERENSI

- Altenator, The Free Encyclopedia, <https://simple.m.wikipedia.org/wiki/Alternator> Chris Greace, *Project report-Huai Kra Thing Micro-Hydro project*, 2006
- Annisa, S., Lubis, Z., & Aryza, S. (2019). Metode Baru Untuk Pintu Loker Dengan Sistem Keamanan Wajah Menggunakan Algoritma Backpropagation. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 4(1), 9-13.
- Digilib.polban.ac.id/files/disk1/71/jbptppolban-gdlaseparifnu-Pump As Turbine. (Diakses 12 November 2019)
- Fritz Dietzel, *Turbin Pompa dan Kompresor*, cetakan ke-5, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996
- Hamdani, H., Tharo, Z., Anisah, S., & Lubis, S. A. (2020). Rancang Bangun Inverter Gelombang Sinus Termodifikasi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Rumah Tinggal. In *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU (Vol. 3, No. 1, pp. 156-162)*.
- Himsar Ambarita, (2011). *Kajian Eksperimental Performansi Pompa Dengan Kapasitas 1,25 m³/menit Head 12 m Jika Dioperasikan Sebagai Turbin*, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik USU, Medan, Sumatera Utara.
- JM Chapallaz, P. Einchenberger, G. Fischer, *Manual Pompa digunakan sebagai Turbines*, Vieweg, Braunschweig, 1992.
- 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
- Micro Hydropower Basics, <http://www.microhydropower.net/intro.html> P.Maher, *Micro Hydro Centre*, The Nottingham Trent University, 2000
- Sularso, Haruo Tahara, (2000). *Pompa & Kompresor, pemilihan, pemakaian, dan pemeliharaan*, cetakan ketujuh, jakarta. Pradnya Paramita.
- Surya Agus Pratama, (2017). *Analisa Kinerja Aliran Fluida Pada Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Panjang Sudu Impeller*. *Jurnal Teknik Mesin*, Medan: Program Studi Teknik Mesin, UMSU.
- Tarigan, A. P. (2020). Perancangan Pembangkit Gelombang Ultrasonic Variabel Menggunakan Mikrokontroler Atmega 16. In *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Ke-7 (Vol. 1, No. 1, pp. 327-333)*.
- Teli Handayani, (2007). *Prestasi Pompa Sentrifugal Dengan Impeller Tertutup Sebagai Turbin Air*, Laporan Tugas Akhir, Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Yuliani, (2017). *Analisa Perbandingan Kinerja Pompa Sentrifugal Dengan Pengaturan Buka-katup*, *Jurnal Sainstek STT Pekan baru*, Vol 5, No 2