

# ANALISIS KINERJA POMPA SEBAGAI TURBIN UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK

Muhammad Zulfikar Arisman<sup>1</sup>, D.L Zariatin<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

**ABSTRAK.** Pompa sebagai Turbin (PsT) atau Pump As Turbine (PAT) adalah salah satu jenis PLMTH dimana pompa sentrifugal dirubah menjadi turbin yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi kinetik melalui sebuah impeller yang berputar dalam rumah pompa. Sejak tahun 2016, telah dilakukan penelitian listrik Pompa Sebagai Turbin (PsT) di JTM-UP pada skala laboratorium.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa kinerja Pompa Sebagai Turbin dari uji operasi 72 jam dengan merujuk pada standar SNI 8277:2016. Jenis impeller yang digunakan untuk uji operasi 72 jam dengan merujuk pada standar SNI 8277:2016 adalah jenis impeller open dengan radius 1 mm.

Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pompa Sebagai Turbin berdasarkan standar SNI 8277:2016 menunjukkan daya rata-rata yang dihasilkan selama 72 jam adalah 10,954. Rata-rata temperatur bearing dan generator adalah 27,6 dan 27,14. Efisiensi yang didapatkan adalah sebesar 0,0120%.

**.Kata Kunci** - Pompa sebagai Turbin, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, SNI 8277:2016

## PENDAHULUAN

Pompa sebagai Turbin (PsT) atau Pump As Turbine (PAT) adalah salah satu jenis PLMTH dimana pompa sentrifugal dirubah menjadi turbin yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi kinetik melalui sebuah impeller yang berputar dalam rumah pompa. Sejak tahun 2016, telah dilakukan penelitian listrik Pompa sebagai Turbin (PsT) di JTM-UP pada skala laboratorium. Namun, pengujian kinerja dari Pompa sebagai Turbin (PsT) hanya dilakukan sesuai parameter yang dibutuhkan, belum mengikuti standar yang berlaku untuk pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

Penelitian yang dilakukan sebelumnya bertujuan untuk meningkatkan kinerja Pompa sebagai Turbin (PsT). Diantaranya adalah yang dilakukan oleh Muhammad Sumardi dengan mempelajari pengaruh modifikasi geometri rounding dan kekasaran permukaan impeller. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan daya tertinggi terdapat pada hasil geometri rounding dengan kekasaran permukaan impeller 0,16 $\mu$ m, kecepatan putar 1.557 rpm, dan yang dihasilkan adalah daya 114,2 Watt, efisiensinya sebesar 50,9 %.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Shanti Kumbarasari dengan memodifikasi impeller dengan proses pemesinan, berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, hasil daya tertinggi terdapat pada impeller dengan jumlah blade 6 dengan kecepatan putar 3.077 rpm, dan menghasilkan daya sebesar 27,14 Watt, serta mendapatkan peningkatan daya 148,99%. Sedangkan Danuriyanto dengan mengembangkan adjustable impeller, berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, hasil daya tertinggi terdapat pada adjustable impeller sudu radius 1mm, posisi masuk 14o dan sudu keluar 27o dengan kecepatan putar 1320 rpm dan menghasilkan daya sebesar 72,32 Watt.

Penelitian dilakukan oleh Risdianto yaitu peningkatan daya pembangkit listrik pompa sebagai turbin melalui modifikasi ketebalan sudu impeller. Berdasarkan percobaan yang sudah dilakukan terdapat 3 ketebalan sudu yaitu impeller dengan sudu 6mm, impeller dengan sudu 4 mm, dan impeller dengan sudu 2 mm. hasil daya tertinggi terdapat pada impeller sudu 2 mm dengan kecepatan putar 1387 rpm dan menghasilkan daya sebesar 67,65 Watt.

---

\* Corresponding author : [dedeliazariatin@univpancasila.ac.id](mailto:dedeliazariatin@univpancasila.ac.id)

Berdasarkan hasil percobaan eksperimental yang telah dilakukan mendapatkan hasil yang beragam, mulai dari kecepatan poros (rpm), daya (Watt) yang didapatkan dari berbagai jenis impeller yang digunakan. Namun pengujian eksperimental yang dilakukan hanya pada kondisi dan perbandingan optimasinya belum mengikuti standar. Maka pada penelitian ini akan dilakukan analisis eksperimental merujuk pada standar SNI 8277:2016.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 8277:2016 adalah suatu standar yang mengenai “Panduan komisioning pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) kapasitas hingga 100kW” disusun untuk memenuhi kebutuhan panduan komisioning instalasi pembangkit listrik tenaga hidro skala mikro dengan kapasitas daya listrik terbangkit hingga 100kW. PLTMH sampai 100kW menggunakan teknologi tepat guna dengan system control beban elektronik dan biasanya dioperasikan oleh masyarakat untuk pelistrikan desa di daerah terpencil.

Rumusan Masalah dari penelitian ini adalah bagaimanakah energi pompa sebagai turbin pada pembangkit listrik dioperasikan selama 72 jam dan bentuk perubahan daya dari impeller yang dihasilkan selama 72 jam ?

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja Pompa sebagai Turbin dari uji operasi 72 jam dengan merujuk pada standar SNI 8277:2016.

Untuk mengetahui nilai efisiensi pompa sebagai turbin dapat dilihat pada rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P}{1000 \cdot \gamma \cdot Q \cdot H} \times 100 \% \quad (1)$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi %

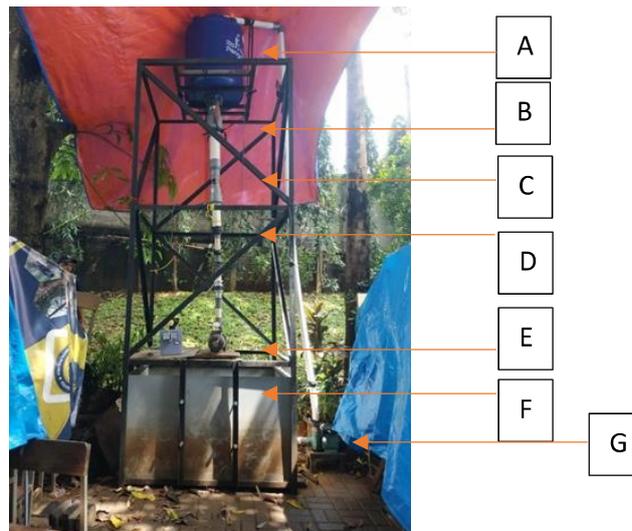
P = Tenaga listrik yang dihasilkan oleh fasilitas PAT (Watt)

$\gamma$  = Berat air tertentu pada suhu 30 ° C, yaitu 9,765 N / m<sup>2</sup>.

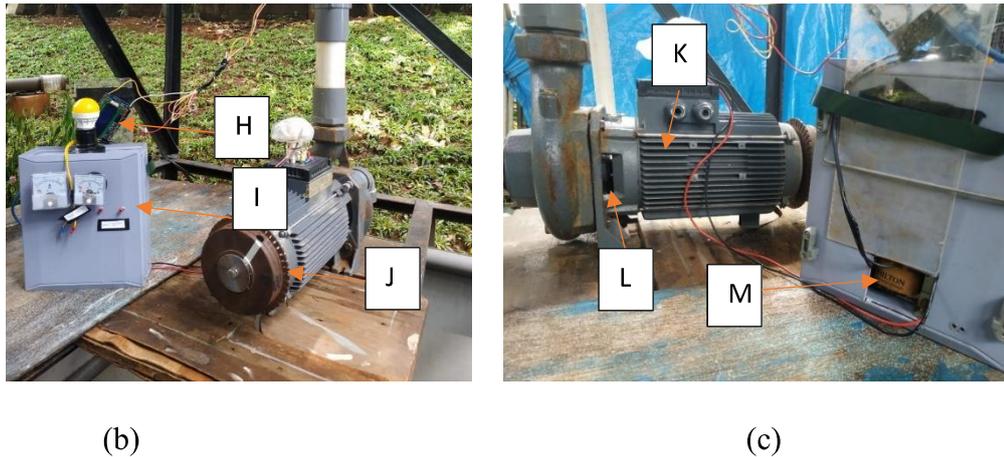
Q = Laju aliran air (l/s)

H = Head

## METODE PENELITIAN



(a)



Gambar 1 Instalasi Pompa sebagai Turbin (a) Instalasi keseluruhan, (b) panel dan generator, (c) generator, bearing dan ballast

Keterangan gambar :

- |                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| A. Bak penampungan atas  | H. Arduino DFRobot dan LCD shield |
| B. Stop valve            | I. Box panel kelistrikan          |
| C. Sensor tekanan        | J. Flywheel                       |
| D. Sensor debit          | K. Generator                      |
| E. Rumah impeller        | L. Bearing                        |
| F. Bak penampungan bawah | M. Ballast                        |
| G. Pompa air             |                                   |

Sebelum pengukuran dilakukan maka pertama harus mengisi bak penampungan bawah (G) dengan menggunakan selang. Kemudian air akan dihisap dengan pompa (F) untuk mengisi bak penampungan atas (A). Setelah bak penampungan atas penuh maka stop valve (B) dibuka 90°, air akan melewati sensor tekanan (C) lalu melewati sensor debit (D) maka signal akan diterima oleh board arduino dan akan terbaca pada LCD shield (H).

Setelah itu air akan masuk ke rumah impeller (E) dan akan menggerakkan poros rotor. Kemudian rotor akan berputar maka akan menghasilkan induksi elektromagnetik yang berupa listrik AC yang dapat diukur melalui stop kontak, kemudian akan masuk ke trafo untuk di stepup. Setelah di stepup tegangan akan naik. Arus listrik dan tegangan listrik dapat dibaca dengan melihat pada multimeter (Bandwidth 40-400Hz). Kemudian arus ballast juga diukur dengan menggunakan multimeter. Lalu Flywheel (J) akan berputar dan dibaca oleh tachometer. Akurasi  $\pm (0,05\% + 1 \text{ digit})$ . Pengukuran temperatur juga dilakukan pada bearing (K), generator (L), ballast (M), dengan menggunakan termometer tembak ( $1.5\%$  or  $\pm 1.5^\circ\text{C}$ ). Pengukuran suhu dilakukan untuk mengetahui seberapa panas dari bearing, generator, dan ballast dikarenakan kinerjanya selama 72 jam non-stop.

## HASIL

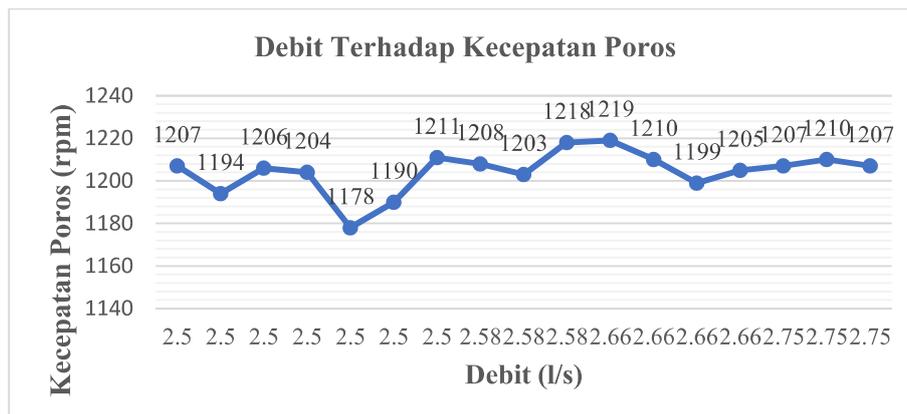
Dari pengamatan yang dilakukan pada pemanfaatan pompa sebagai turbin untuk pembangkit listrik pada skala laboratorium dengan menggunakan *impeller* radius 1 mm sudu masuk 14° sudu keluar 27° pada uji operasi 72 jam dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada uji operasi 72 jam pengamatan dilakukan dengan varian waktu, yaitu dengan setiap 1 jam selama 4 jam, lalu setiap 6 jam selama 66 jam dan setelah itu ditambah 2 jam. Pengamatan yang dilakukan dengan mengukur Debit, Tegangan, Kuat Arus, Putaran Poros, Frekuensi, Temperatur *Ballast*, Temperatur Generator, Temperatur *Bearing*, dan Arus Beban *Ballast*. Pada saat melakukan pengamatan hasil yang didapatkan lalu di catat pada tabel.

**Tabel 1** Hasil Pengamatan

Jam Ke	0	1	2	3	4	10	16	22	28	34	40	46	52	58	64	70	72	
Pukul	21.00	22.00	23.00	00.00	01.00	07.00	13.00	19.00	01.00	07.00	13.00	19.00	01.00	07.00	13.00	19.00	21.00	
Debit (l/s)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,58	2,58	2,58	2,66	2,66	2,66	2,66	2,75	2,75	2,75	
Tekanan	625,35	606,36	574,73	616,55	651,26	763,91	749,92	746,45	717,68	771,9	606,3	497,45	675,18	1138,38	1221,82	1220,9	1193,95	
Tegangan (V)	40,8	40,8	40,4	41,1	41,1	40,4	41,1	40,6	40,3	40,2	40,5	40,5	40,5	40,6	40,8	40,7	41,1	
Kuat Arus (A)	0,268	0,269	0,272	0,272	0,278	0,269	0,266	0,269	0,272	0,266	0,266	0,267	0,267	0,27	0,27	0,269	0,268	
Putaran Poros (rpm)	1207	1194	1206	1204	1178	1190	1211	1208	1203	1218	1219	1210	1199	1205	1207	1210	1207	
Frekuensi (Hz)	59,8	59,5	59,9	59,9	58,6	59,5	59,9	59,9	59,8	60,8	60,6	60,4	60	60,3	59,5	59,8	59,9	
Range Waktu Test	-	1 Jam	1 Jam	1 Jam	1 Jam	6 Jam	6 Jam	6 Jam	2 Jam									
Daya Hasil (W)	10,934	10,975	10,988	11,179	11,425	10,867	10,932	10,921	10,961	10,693	10,773	10,813	10,813	10,962	11,016	10,948	11,014	
Temperatur	Bearing [ C ]	27,5	28,8	28,9	28,5	28,7	27,6	27,8	28,4	27,3	26,9	28,3	27,3	26,8	25,8	26,8	26,9	26,9
	Generator [ C ]	27,3	26,6	27,8	28,0	27,2	27,0	27,0	27,9	27,4	26,1	29,1	27,6	26,1	25,6	26,8	27,0	26,9
	Ballast [ C ]	26,3	27,6	28,0	27,5	27,6	27,9	28,0	28,5	27,8	25,8	31,1	27,3	25,4	24,9	27,5	26,5	26,5
Arus Beban	Ballast [A]	0,266	0,27	0,269	0,272	0,274	0,266	0,266	0,271	0,269	0,267	0,267	0,269	0,269	0,269	0,27	0,27	0,268
	Konsumen [A]	0,073	0,073	0,074	0,072	0,072	0,074	0,072	0,073	0,073	0,074	0,074	0,074	0,074	0,073	0,073	0,073	0,072

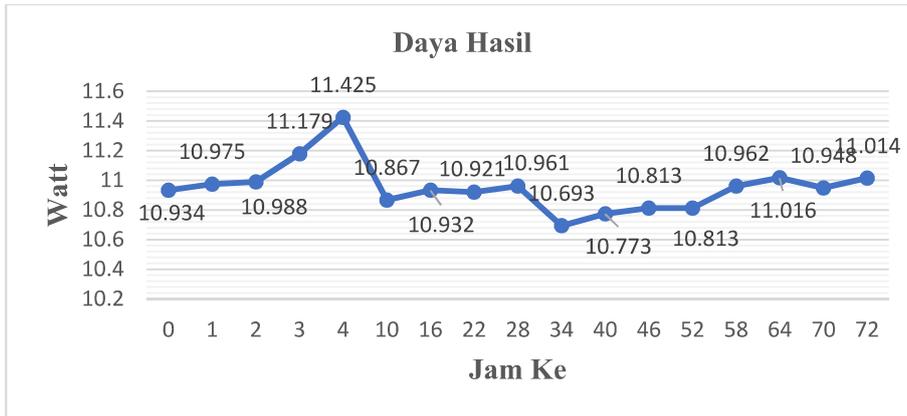
**Pengaruh Debit terhadap Kecepatan Poros**



**Gambar 1** Debit Terhadap Kecepatan Poros

Pada pengaruh debit terhadap kecepatan poros terjadi ketidakpastian hasil data yang didapat. . Dilihat dari Gambar 2 kecepatan poros tertinggi didapatkan dengan nilai 1219 rpm dengan debit 2,66 l/s pada jam ke 40. Dan kecepatan poros terendah didapatkan dengan nilai 1178 rpm dengan debit 2,5 l/s pada jam ke 4. Rata-rata debit yang didapatkan pada uji operasi 72 jam pada pemanfaatan pompa sebagai turbin untuk pembangkit listrik yaitu sebesar 2,595882 l/s. Dan rata-rata kecepatan poros yang didapatkan sebesar 1204,471 rpm.

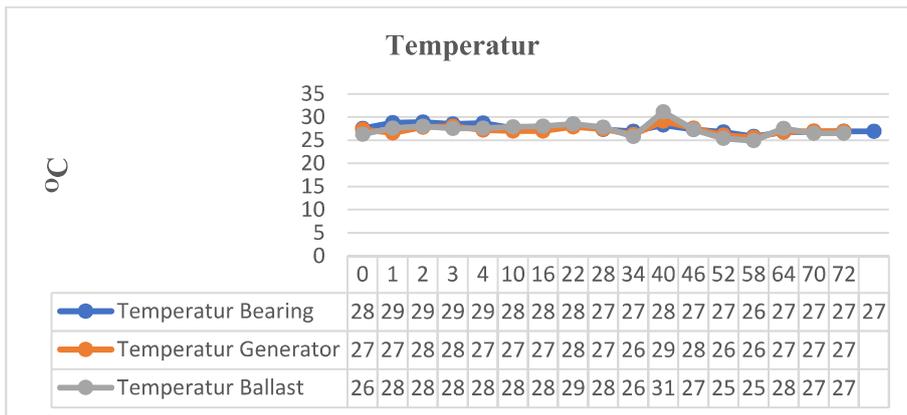
Daya Hasil



Gambar 2 Daya hasil

Pada daya hasil yang terjadi ketidakpastian hasil data yang didapat. Dilihat dari Gambar 3 Daya hasil tertinggi didapatkan dengan nilai 11,425 Watt yaitu pada jam ke 4. Dan daya hasil terendah didapatkan dengan nilai 10,693 Watt pada jam ke 34. Rata-rata daya hasil yang didapatkan pada uji operasi 72 jam pada pemanfaatan pompa sebagai turbin untuk pembangkit listrik yaitu sebesar 10,954 Watt.

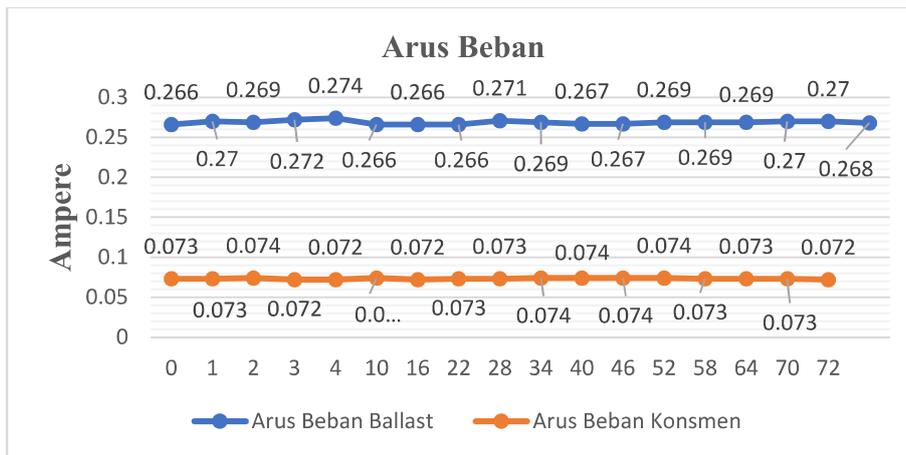
Temperatur



Gambar 3 Temperatur

Pada temperatur bearing terjadi ketidakpastian hasil data yang didapat. Dilihat dari Gambar 4 temperatur tertinggi didapatkan dengan nilai 28,9oC yaitu pada jam ke 2. Dan temperatur terendah didapatkan dengan nilai 25,8oC pada jam ke 58. Rata-rata temperatur bearing yang didapatkan sebesar 27,6oC. Pada temperatur generator terjadi ketidakpastian hasil data yang didapat temperatur tertinggi didapatkan dengan nilai 29,1oC yaitu pada jam ke 40. Dan temperatur terendah didapatkan dengan nilai 26,1oC pada jam ke34 dan jam ke 52. Rata-rata temperatur generator yang didapatkan yaitu sebesar 27,1oC. Pada temperatur bearing terjadi ketidakpastian hasil data yang didapat. temperatur tertinggi didapatkan dengan nilai 31,1oC yaitu pada jam ke 40. Dan temperatur terendah didapatkan dengan nilai 24,9oC pada jam ke 58. Rata-rata temperatur bearing yang didapatkan yaitu sebesar 27,3oC.

Arus Beban



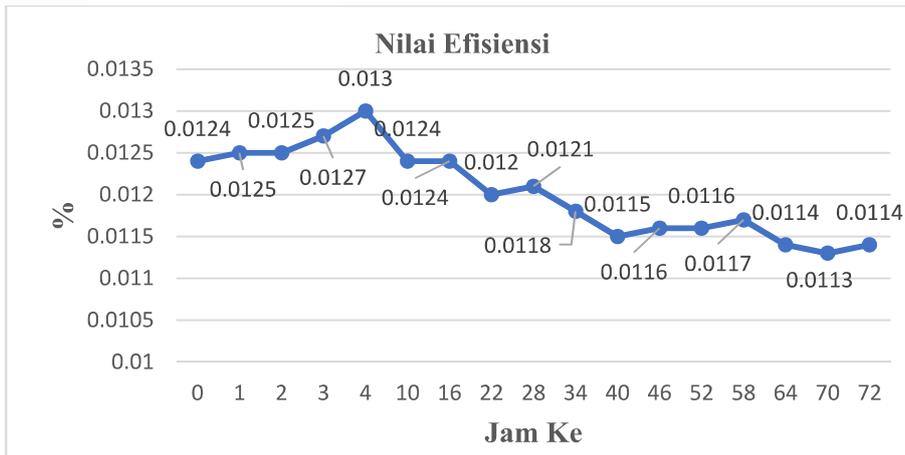
Gambar 4 Arus beban

Pada arus beban ballast terjadi ketidakpastian hasil data yang didapat. Dilihat dari Gambar 5 hasil tertinggi didapatkan dengan nilai 0,274 ampere yaitu pada jam ke 4. Dan hasil terendah didapatkan dengan nilai 0,266 ampere pada jam ke 0. Rata-rata arus beban ballast yang didapatkan yaitu sebesar 0,268 ampere. Pada arus beban konsumen terjadi ketidakpastian hasil data yang didapat. Hasil tertinggi didapatkan dengan nilai 0,074 ampere yaitu pada jam ke 2,10,34,40,46 dan 52. Dan hasil terendah didapatkan dengan nilai 0,072 ampere pada jam ke 3,4, dan 72. Rata-rata arus beban ballast yang didapatkan yaitu sebesar 0,073 ampere.

Hasil perhitungan dari efisiensi pemanfaatan pompa sebagai turbin untuk pembangkit listrik dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Hasil perhitungan

Hasil Perhitungan Efisiensi			
Jam Ke	Debit (l/s)	Daya (Watt)	Nilai Efisiensi (%)
0	2,5	10,934	0,0124
1	2,5	10,975	0,0125
2	2,5	10,988	0,0125
3	2,5	11,179	0,0127
4	2,5	11,425	0,0130
10	2,5	10,867	0,0124
16	2,5	10,932	0,0124
22	2,58	10,921	0,0120
28	2,58	10,961	0,0121
34	2,58	10,693	0,0118
40	2,66	10,773	0,0115
46	2,66	10,813	0,0116
52	2,66	10,813	0,0116
58	2,66	10,962	0,0117
64	2,75	11,016	0,0114
70	2,75	10,948	0,0113
72	2,75	11,014	0,0114



Gambar 5 Nilai efisiensi

Efisiensi yang didapatkan pada uji 72 jam Pompa sebagai Turbin terjadi ketidakpastian pada grafik. Pada awal pengujian didapatkan nilai efisiensi sebesar 0,0124% dan pada jam ke 72 turun menjadi 0,0114%. Nilai tertinggi yang didapatkan pada uji 72 jam yaitu pada jam ke 4 sebesar 0,013% dan nilai efisiensi terendah sebesar 0,0113%. Yaitu pada jam ke 70.

Efisiensi dapat disebabkan oleh daya. Karena daya yang besar maka didapatkan nilai efisiensi yang besar. Tetapi temperatur dapat mempengaruhi dari nilai daya tersebut. Ini dikarenakan jika suhu tinggi pada bearing dan generator di pompa, maka dapat mempengaruhi dari kinerja pemanfaatan pompa sebagai turbin yang digunakan untuk pembangkit listrik.

## KESIMPULAN

Pengujian kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pompa sebagai Turbin berdasarkan standar SNI 8277:2016 menunjukkan daya rata-rata yang dihasilkan selama 72 jam adalah 10,954 Watt. Rata-rata temperatur bearing dan generator adalah 27,6oC dan 27,14oC. Efisiensi yang didapatkan adalah sebesar 0,0120%. Nilai dari efisiensi yang didapatkan pada pengujian 72 jam masih sangat kecil ini dikarenakan dari head masih terlalu rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

1. M. Sumardi, "KAJIAN EKSPERIMENTAL MODIFIKASI GEOMETRI ROUNDING DAN KEKASARAN PERMUKAAN IMPELLER PUMP AS TURBINE PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO," J. Ilm. TEKNOBIZ, vol. 6, 2016.
2. D. . Zariatina, S. Kumbarasari, and D. Rahmalina, "The Performance of Pump as Turbine with Machined Impellers," MATEC Web Conf., vol. 159, p. 01051, 2018.
3. F. Danuriyanto, "ADJUSTABLE IMPELLER PADA PEMBANGKIT LISTRIK Diajukan untuk melengkapi sebagian Persyaratan menjadi Magister Teknik PROGRAM MAGISTER TEKNIK MESIN," Jakarta, 2018.
4. Risdianto, "PENINGKATAN DAYA PEMBANGKIT LISTRIK POMPA SEBAGAI TURBIN MELALUI MODIFIKASI KETEBALAN SUDU IMPELLER," Jakarta, 2018.