

Uji Fungsi Dan Karakterisasi Pompa Roda Gigi

Wismanto Setyadi, Asmawi, Masyhudi, Basori

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional Jakarta

Korespondensi: tmesin@yahoo.com

ABSTRAK. Pompa roda gigi merupakan pompa perpindahan positif yang tergolong dalam pompa rotari. Pompa roda gigi digunakan untuk memompa fluida dengan viskositas tinggi dan sering diaplikasikan pada sistem hidrolik. Pengujian pompa roda gigi bertujuan untuk Mendapatkan kesiapan fungsional dari komponen-komponen utama peralatan pengujian pompa roda gigi dan mendapatkan karakterisasi pompa roda gigi terbaik, yaitu mencari hubungan tinggi kenaikan (head), daya poros pompa (P) dan efisiensi pompa sebagai fungsi kapasitas (Q). Fluida yang digunakan untuk pengujian adalah oli dengan massa jenis 855 kg/m^3 , variasi kapasitas dilakukan dengan cara mengatur putaran pada control flow, kemudian kapasitas diukur menggunakan flow meter. Sehingga tekan hisap pompa (P_s) dan tekanan dorong pompa (P_d) pada pompa roda gigi dapat terukur pada vacum gauge dan pressure gauge. Motor listrik yang digunakan adalah tiga phasa dengan daya motor (P_{motor}) terpakai diukur dengan amperemeter dan voltmeter. Karakterisasi pompa roda gigi dilakukan dengan tiga pulley dengan kecepatan pulley satu 2000 rpm, pulley dua 1700 rpm dan pulley tiga 1100 rpm. Kesiapan uji fungsi komponen-komponen utama pada pengujian pompa roda gigi dapat berfungsi dengan baik. Meskipun ada sedikit kebocoran pada instalasi perpipaan yang masih dalam batas toleransi sebesar kurang dari 5 %. Efisiensi yang dihasilkan antara perbandingan daya fluida dengan daya poros pompa masing-masing diperoleh pada pulley satu pada putaran 2000 rpm sebesar 98,44 %, pulley dua pada putaran 1700 rpm sebesar 96,46 % dan pulley tiga pada putaran 1100 rpm sebesar 95,23 %.

Kata kunci : pompa roda gigi, uji fungsi, karakterisasi pompa, head, daya pompa, efisiensi.

PENDAHULUAN

Pada saat ini perkembangan industri sangat cepat. Banyak sekali ide-ide yang berkembang dan bermanfaat untuk masyarakat. Salah satunya adalah penggunaan pompa yang berfungsi sebagai mesin pemindah fluida dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi, atau dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang bertekanan lebih tinggi.

Pompa telah banyak digunakan orang sejak lama, mulai dari unit terkecil di rumah tangga sampai industri-industri besar. Penggunaan pompa yang semakin luas dari waktu ke waktu menyebabkan perkembangan pompa sangat pesat. Pada era sekarang ini berbagai macam bentuk pompa dengan berbagai keunggulannya telah banyak ditawarkan oleh perusahaan-perusahaan produsen pompa.

Sering kali suatu perusahaan membuat pompa tertentu yang hanya digunakan untuk aplikasi khusus. Mengingat banyaknya jenis pompa di pasaran, maka kejelian dalam memilih pompa menjadi syarat utama agar diperoleh kerja pompa yang optimum sesuai dengan sistem yang dilayani. Pada dasarnya saat pompa bergerak, mengalami dua fungsi utama yaitu, (1) Pompa menciptakan kondisi vakum pada saluran masuk pompa, kondisi vakum mendorong fluida dari tangki ke dalam pompa yang disebabkan oleh tekanan *atmosphere*, (2) Gerakan mekanik pompa mengisap fluida ke dalam rongga pemompaan dan mengalirkannya keluar melalui saluaran keluar pompa.

DASAR ANALISIS

Dari data pengujian pompa roda gigi pada tabel 1, tabel 2, tabel 3, maka untuk mendapatkan data yang lebih lengkap tentang karakteristik pompa roda gigi, data percobaan tersebut harus diolah lebih lanjut sehingga menjadi data yang dapat mewakili karakteristik pompa roda gigi. Variabel-variabel yang dihitung antara lain :

- Head total pompa

$$H = \frac{p_{out} - p_{in}}{\gamma}$$

Dimana: p_{out} : Tekanan pada sisi dorong pompa (N/m^2), p_{in} : Tekanan pada sisi hisap pompa (N/m^2), γ : Berat jenis fluida (855 kg/m^3)

- Daya motor

$$P_{motor} = V \cdot I$$

Dimana: V : Tegangan listrik aktual pada motor penggerak (Volt), I : Arus listrik aktual yang mengalir pada motor penggerak (Ampere).

- Daya efektif pompa

$$P_{ep} = \frac{\eta_{transmisi} \cdot P_{rotor}}{(1 + \alpha)}$$

Dimana : P_{rotor} : Daya rotor (watt), $\eta_{transmisi}$: Efisiensi transmisi, η : Faktor cadangan.

- Daya fluida

$$P_{fluida} = \gamma \cdot Q \cdot H \text{ (watt)}$$

γ : Berat jenis fluida (855 kg/m^3) atau ($8387,55 \text{ N/m}^3$), ρ : Massa jenis fluida (kg/m^3), g : Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$), Q : Debit fluida (m^3/s), H : *Head* total pompa (m)

- Efisiensi pompa

$$\eta = P_{fluida} / P_{ep} \times 100 \%$$

Dimana: η : Efisiensi pompa, P_{fluida} : Daya fluida (watt), P_{ep} : Daya efektif pompa (watt)

- Efisiensi Mekanik

$$\eta_{mekanik} = P_{poros} / P_{listrik} \times 100 \%$$

Dimana : η : Efisiensi, P_{poros} : Daya poros (watt), $P_{listrik}$: Daya listrik (watt)

- Efisiensi Hidraulik

$$\eta_{hidraulik} = P_{fluida} / P_{listrik} \times 100 \%$$

Dimana : η : Efisiensi, P_{fluida} : Daya poros (watt), $P_{listrik}$: Daya listrik (watt)

TABEL 1. Data pengujian pompa gear pada putaran pompa 2000 rpm.

No.	Q (m^3/s)	P_s (N/m^2)	P_d (N/m^2)	I (ampere)	v (volt)
1	0	0	980665	2,7	220
2	1,35	40636,656	784532	2,5	220
3	1,5	47409,432	392266	2,2	220
4	1,55	47409,432	372652,7	2	220
5	1,56	47409,432	372652,7	2	220
6	1,6	54182,208	353039,4	1,9	220

TABEL 2. pengujian pompa gear pada putaran pompa 1700 rpm

No.	Q (m ³ /s)	P _s (N/m ²)	P _d (N/m ²)	I (ampere)	v (volt)
1	0	3386,388	980665	2,7	220
2	1,37	40636,656	784532	2,6	220
3	1,46	44023,044	353039,4	2,2	220
4	1,47	44023,044	353039,4	2,2	220
5	1,5	44023,044	294199,5	2	220
6	1,53	47409,432	294199,5	2	220

TABEL 3. pengujian pompa gear pada putaran pompa 1100 rpm

No.	Q (m ³ /s)	P _s (N/m ²)	P _d (N/m ²)	I (ampere)	v (volt)
1	0	3386,388	980665	2,7	220
2	1,3	27091,104	725692,1	2,4	220
3	1,35	27091,104	490332,5	2,4	220
4	1,38	27091,104	196133	2,2	220
5	1,39	27091,104	156906,4	2,2	220
6	1,41	27091,104	156906,4	2,2	220

Hasil dan Pembahasan Uji Fungsi

TABEL 4. Head, Daya Pompa dan Efisiensi Pompa Roda Gigi Pada Kondisi Operasional.

Besaran Pompa	Data Spesifikasi	Data Aktual		
		Pulley 1 (2000 rpm)	Pulley 2 (1700 rpm)	Pulley 3 (1100 rpm)
Kapasitas (m ³ /s)	1,10	1,35	1,37	1,30
Head (m)	90	88,69	88,69	83,29
Daya Pompa (watt)	566	283,02	294,34	271,7
Efisiensi pompa (%)	80	98,4	96,4	95,2
Efisiensi mekanik (%)	-	51,45	51,45	51,45
Efisiensi hidrolik (%)	-	50,65	49,64	49,00

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan tabel 4. komponen-komponen utama pada pengujian pompa roda gigi yang harus diperhatikan adalah rancang bangun rangka alat pengujian pompa roda gigi. Pada perancangan rangka menggunakan besi dengan ketebalan 4 mm terlalu berlebihan (*over*). Tetapi dengan pemilihan ketebalan tersebut, mempermudah dalam tahap pengerjaan las dan menghasilkan konstruksi rangka lebih kuat, sehingga tidak terjadi lendutan pada rangka. Hasil uji fungsi menunjukkan bahwa rangka alat pengujian pompa roda gigi sesuai dengan target atau berfungsi dengan baik.

Pada instalasi perpipaan alat pengujian pompa roda gigi masih terjadi kebocoran pada beberapa titik seperti sambungan pipa dan *fitting* untuk *pressure gauge*. Kebocoran terjadi karena tekanan dari pompa yang terlalu besar dan kualitas perpipaan yang hanya menggunakan pipa PVC dan daya pengeleman yang kurang kuat. Namun kebocoran masih dalam batas toleransi di bawah 5 % dari target yang diinginkan. Instalasi kelistrikan berfungsi dan beroperasi dengan baik, namun berbanding terbalik oleh arus listrik yang tidak stabil, tetapi dengan arus listrik tersebut masih dapat untuk mengoperasikan motor listrik dan mengoperasikan pompa roda gigi. Pompa roda gigi dapat beroperasi dengan optimal sesuai dengan target yang diinginkan.

Jadi kesiapan fungsional dari hasil uji fungsi komponen-komponen utama alat pengujian pompa roda gigi sudah cukup baik, sehingga kurva karakteristik pompa roda gigi pada titik kerja optimal pompa dapat diperoleh. Sebelum melakukan pengujian pompa roda gigi, maka harus diperhatikan dahulu kesiapan fungsional dari komponen-komponen utama alat pengujian pompa roda gigi.

Berikut ini merupakan beberapa kesiapan fungsional komponen-komponen utama dari alat pengujian pompa roda gigi yang ditunjukkan pada tabel 5.

TABEL 5. Kesiapan fungsional komponen-komponen utama alat pengujian pompa.

No.	Parameter	Target	Hasil Uji fungsi	Keterangan
1	Rangka Alat Pengujian Pompa Roda Gigi	Pembebanan maksimum rangka 84,5 kg untuk beban statis	Rangka mampu menerima beban peralatan pengujian pompa dengan beban statis 84,5 kg	Rangka tidak mengalami lendutan
2	Instalasi Perpipaan	Tidak ada kebocoran pada instalasi perpipaan	Ada sedikit kebocoran (kurang dari 5%)	Kebocoran terjadi akibat tekanan yang terlalu tinggi pada pompa
3	Instalasi Kelistrikan	Lampu indikator dapat menyala sesuai dengan fungsinya	Lampu indikator dapat menyala sesuai dengan fungsinya	Instalasi baik
4	Motor Listrik	Daya Motor 1026 watt	Daya Motor aktual 672 watt	Motor mampu menggerakkan pompa roda gigi
5	Pompa Roda Gigi	Didapat kurva karakterisasi pada titik kerja optimal pada kapasitas 1,1 m ³ /jam, Daya 566 watt, Head 90 m dan efisiensi 80 %	Didapat kurva karakterisasi pada titik kerja optimal	Pompa bekerja optimal

Hasil dan Pembahasan Karakterisasi Pompa Roda Gigi

Setelah memasukan data pengujian pompa roda gigi yang berada pada tabel 1, tabel 2 dan tabel 3, ke persamaan (17), persamaan (18), persamaan (19), persamaan (20) dan persamaan (21), maka diperoleh hasil perhitungan yang menggambarkan karakterisasi pompa roda gigi, seperti tertera pada tabel 6, tabel 7 dan tabel 8 serta gambar 1, gambar 2 dan gambar 3.

TABEL 6. Hasil pengolahan data pengujian pompa *gear* pada putaran pompa 2000 rpm.

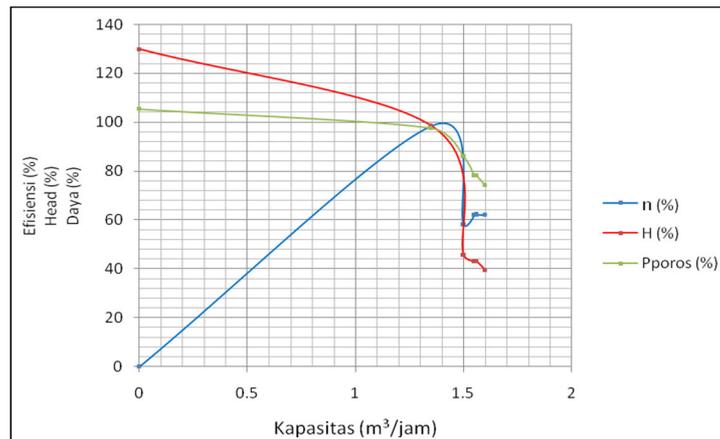
No	Q (m ³ /jam)	H (m)	Pporos (watt)	η_{pompa} (%)	$\eta_{mekanik}$ (%)	$\eta_{hidrolik}$ (%)
1	0	116,51	305,66	0	51,45	0
2	1,37	88,69	294,34	96,4	51,45	49,6
3	1,46	36,84	249,05	50,2	51,45	25,8
4	1,47	36,84	249,05	50,6	51,45	26,0
5	1,5	29,82	226,41	46,0	51,45	23,6
6	1,53	29,42	226,41	46,3	51,45	23,8

TABEL 7. Hasil pengolahan data pengujian pompa *gear* pada putaran pompa 1700 rpm.

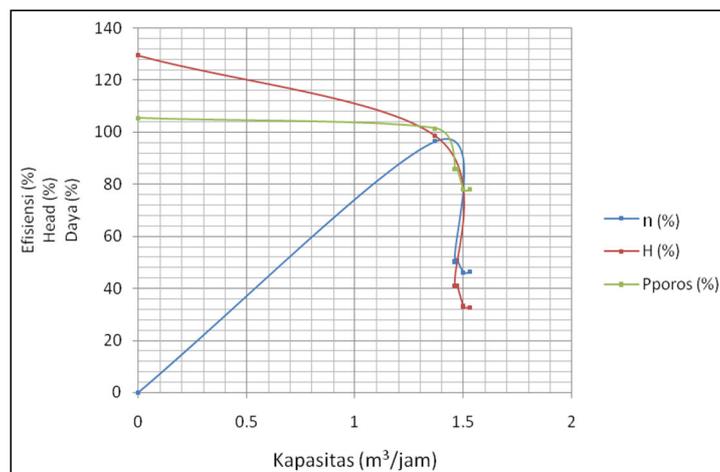
No	Q (m ³ /jam)	H (m)	Pporos (watt)	η_{pompa} (%)	$\eta_{mekanik}$ (%)	$\eta_{hidrolik}$ (%)
1	0	116,91	305,66	0	51,45	0
2	1,35	88,69	283,02	98,4	51,45	50,6
3	1,5	41,11	249,05	58,1	51,45	29,9
4	1,55	38,77	226,41	61,9	51,45	31,8
5	1,56	38,77	226,41	62,1	51,45	31,9
6	1,6	35,63	215,09	62,0	51,45	31,9

TABEL 8. Hasil pengolahan data pengujian pompa *gear* pada putaran pompa 1100 rpm.

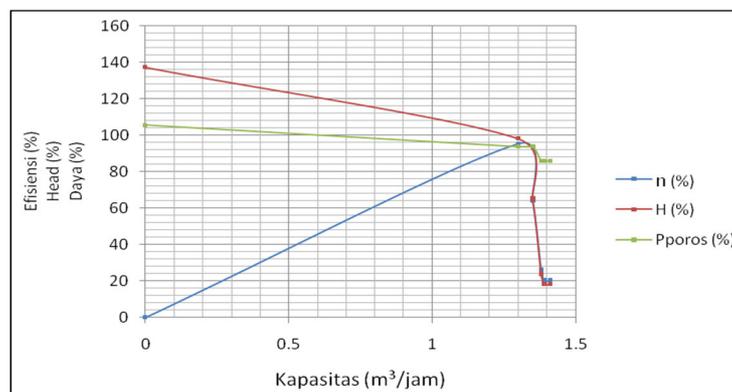
No	Q (m ³ /jam)	H (m)	Pporos (watt)	η_{pompa} (%)	$\eta_{mekanik}$ (%)	$\eta_{hidrolik}$ (%)
1	0	116,51	305,66	0	51,45	0
2	1,3	83,29	271,7	95,2	51,45	49,0
3	1,35	55,22	271,7	64,09	51,45	32,9
4	1,38	20,15	249,05	26,10	51,45	13,4
5	1,39	15,47	249,05	20,20	51,45	10,3
6	1,41	15,47	249,05	20,44	51,45	10,5



GAMBAR 1. Grafik antara efisiensi, daya pompa, head dengan kapasitas pompa pada putaran 2000 rpm.



GAMBAR 2. Grafik antara efisiensi, daya pompa, head dengan kapasitas pompa pada putaran 1700 rpm



GAMBAR 3. Grafik antara efisiensi, daya pompa, head dengan kapasitas pompa pada putaran 1100 rpm.

Kurva karakterisasi pompa diberikan dalam bentuk grafik *head*, daya pompa dan efisiensi sebagai fungsi kapasitas aliran. Harga *head*, daya pompa dan efisiensi unjuk kerja pompa masing-masing dibagi dengan harga nominal spesifikasi pada titik kerja optimal dan diberikan dalam satuan persen (%). Harga nominal spesifikasi teknik pompa roda gigi pada titik kerja operasionalnya diperlihatkan pada Gambar 1, saat putaran 2000 rpm (*pulley 1*) berada pada kapasitas 1,35 m³/jam dengan daya poros pompa 283,02 watt dan *head* sebesar 88,69 m. Pada gambar 2 saat putaran 1700 rpm (*pulley 2*) titik kerja operasional pompa berada pada kapasitas 1,37 m³/jam dengan daya poros pompa 294,34 watt dan *head* sebesar 88,6904 m. Sedangkan pada gambar 3 saat putaran 1100 rpm (*pulley 3*) titik kerja operasional pompa berada pada kapasitas 1,30 m³/jam dengan daya poros pompa 271,7 Watt dan *head* sebesar 83,29 m.

Dari ketiga Gambar kurva karakterisasi pompa diatas, didapat bahwa daya pompa mengalami penurunan karena terjadi slip antara pompa dengan motor pada sistem transmisi, getaran pada poros pompa dan panas pada pompa sehingga menimbulkan kerugian dalam operasi. Grafik *Head* mengalami penurunan karena semakin besar kapasitas pompa, tekanan pompa menjadi turun.

Untuk efisiensi hidrolik pada pompa roda gigi didapat bahwa semakin besar putaran pada poros pompa, maka efisiensi semakin meningkat. Efisiensi hidrolik untuk masing-masing putaran sebagai berikut untuk putaran 2000 rpm efisiensi hidrolik 50,65%, putaran 1700 rpm efisiensi hidrolik 49,64% dan putaran 1100 rpm efisiensi hidrolik 49,00 %.

Dari ketiga karakterisasi pompa diatas, didapat bahwa daya pompa mengalami penurunan karena terjadi slip antara pompa dengan motor pada sistem transmisi, getaran pada poros pompa dan panas pada pompa sehingga menimbulkan kerugian dalam operasi. Grafik *Head* mengalami penurunan karena semakin besar kapasitas pompa, tekanan pompa menjadi turun.

Nilai pompa roda gigi untuk *head* dan daya pompa adalah harga pada operasi nominal atau spesifikasi pompa roda gigi yang masing-masing adalah 90 m dan 1100 watt untuk kapasitas 1,1 m³/s. Pembahasan dari hasil karakterisasi pompa roda gigi pada dapat dilihat pada tabel 9.

TABEL 9. Head, Daya Pompa dan Efisiensi Pompa Roda Gigi Pada Kondisi Operasional.

Besaran Pompa	Data Spesifikasi	Data Aktual		
		Pulley 1 (2000 rpm)	Pulley 2 (1700 rpm)	Pulley 3 (1100 rpm)
Kapasitas (m ³ /s)	1,10	1,35	1,37	1,30
Head (m)	90	88,69	88,69	83,29
Daya Pompa (watt)	566	283,02	294,34	271,7
Efisiensi pompa (%)	80	98,4	96,4	95,2
Efisiensi mekanik (%)	-	51,45	51,45	51,45
Efisiensi hidrolik (%)	-	50,65	49,64	49,00

Untuk efisiensi hidrolik pada pompa roda gigi didapat bahwa semakin besar putaran pada poros pompa, maka efisiensi semakin meningkat. Efisiensi hidrolik untuk masing-masing putaran sebagai berikut untuk putaran 2000 rpm efisiensi hidrolik 50,65%, putaran 1700 rpm efisiensi hidrolik 49,64% dan putaran 1100 rpm efisiensi hidrolik 49,00 %.

KESIMPULAN

Dari hasil uji fungsi dan karakterisasi pompa roda gigi dapat diambil kesimpulan bahwa Komponen-komponen utama pada peralatan pengujian pompa roda gigi dapat berfungsi dengan baik. Meskipun ada sedikit kebocoran pada instalasi perpipaan tetapi masih dalam batas toleransi yaitu lebih rendah 5 %.

Efisiensi pompa semakin besar berbanding lurus dengan putaran pada pompa yaitu masing-masing, pada *pulley* 1 putaran 2000 rpm sebesar 98,44 %, *pulley* 2 putaran 1700 rpm sebesar 96,46 % dan *pulley* 3 putaran 1100 rpm sebesar 95,23 %. Peralatan pengujian pompa yang berhasil dibuat, dapat dipergunakan sebagai alat pengujian pompa, untuk memahami prinsip kerja dan mendapatkan karakteristik pompa roda gigi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anis, Samsudin dan Karnowo. *Dasar Pompa*. Universitas Negeri Semarang. 2008.
- [2] Berly, Jhon. *Tugas Akhir Studi Karakterisasi Pompa Roda Gigi*. Jakarta. 1997.
- [3] Hartono, Sugi. *Sistem Kontrol dan Pesawat Tenaga Hidrolik*. Tarsito : Bandung. 1988
- [4] Sularso dan Haruo Tahara. *Pompa dan Kompresor*. PT Pradnya Paramita : Jakarta. 2000.
- [5] Suroso. *Evaluasi Sistem Pendingin Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy*. BATAN. Jakarta. 2007.