

## KARAKTERISTIK POMPA SENTRIFUGAL ALIRAN CAMPUR DENGAN VARIABLE FREQUENCY DRIVE

Sri Utami Handayani

PSD III Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Kampus Program Diploma III Fakultas Teknik UNDIP  
Jl. Pedalangan, Tembalang, Semarang  
Email: handayani@undip.ac.id

### ABSTRACT

*In an industry that uses large centrifugal pumps continuously, pump speed setting can reduce energy consumption significantly. By changing the speed of a centrifugal pump, capacity, head, and pump power required will change according to pump affinity laws. Speed of a centrifugal pump can be changed by variable frequency drive. This study aimed to investigate the characteristics of mixed flow centrifugal pumps with variable frequency drive. The results showed that 10% of maximum speed reduction can decrease power consumption until 50%, while the increase in the efficiency is maximum 7.2%. The power reduction is different for different speed reduction. In a dynamic head dominated system the efficiency will remain constant during speed reduction while in static head dominated system will change.*

**Keywords:** *centrifugal pump, mixed flow pump, pump characteristic, variable frequency drive, variable speed pump*

### Notasi

D	: diameter impeller, m
f	: frekuensi, Hz
g	: gaya gravitasi, $m/s^2$
$H_{tot}$	: head total pompa, m
n	: putaran pompa, rpm
p	: jumlah pasang kutub
pd	: tekanan keluar, Pa
ps	: tekanan isap, Pa
Pm	: daya motor, W
Pw	: daya hidrolis pompa, W
Q	: kapasitas aliran, $m^3/s$
$\rho$	: densitas air, $kg/m^3$

### 1. PENDAHULUAN

Sistem pemompaan mengkonsumsi sekitar 20% kebutuhan energi dan 25-50% dari kebutuhan listrik total di industry [1]. Konsumsi energy ini dapat dikurangi dengan pemilihan pompa dan pengoperasian pompa secara tepat, Pemilihan ukuran pompa biasanya didasarkan pada beban (head dan kapasitas) terbesar yang harus dipenuhi. Pompa sentrifugal dapat dipergunakan beban yang lebih rendah dari spesifikasinya dengan melakukan beberapa metode pengaturan antara lain throttling, pengurangan diameter impeller, bypass, serta pengaturan putaran pompa. Pengaturan dengan cara throttling adalah dengan cara memasang katup pengatur pada sisi tekan pompa yang digunakan untuk mengatur kapasitas pompa. Cara ini cukup murah dan mudah dilakukan. Kerugian metode ini adalah konsumsi dayanya tidak berkurang pada saat kapasitas pompa rendah dan pengoperasian pompa pada beban rendah secara terus menerus dapat menyebabkan kerusakan pompa. Pengurangan diameter impeller kurang fleksibel karena kapasitas pompa tidak bisa diubah-ubah setiap saat. Pemasangan bypass antara sisi keluar dan sisi isap pompa untuk mengatur kapasitas pompa juga tidak efisien karena konsumsi dayanya masih besar.

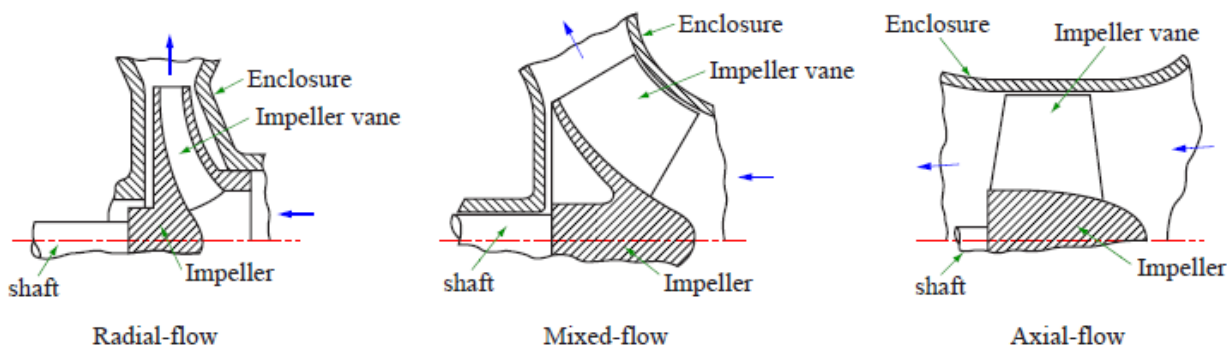
Pada pompa-pompa sentrifugal berukuran besar yang digunakan secara kontinyu pengaturan putaran pompa dapat mengurangi konsumsi energy secara signifikan [4,7,9,10]. Putaran pompa sentrifugal dapat diatur dengan mengatur putaran motor penggerak pompa, salah satunya dengan mengubah-ubah frekuensinya. Dengan mengubah putaran pompa sentrifugal maka kapasitas, head, dan daya yang diperlukan pompa akan berubah mengikuti hukum afinitas pompa [5]. Pengaturan putaran pompa sentrifugal bermanfaat tidak hanya sebagai salah satu cara pengaturan kapasitas tetapi juga akan menurunkan konsumsi energi. Selain itu pengoperasian pompa pada putaran yang lebih rendah juga akan mengurangi beban bantalan, defleksi poros dan mengurangi biaya perawatan [4]. Salah satu cara pengaturan pompa adalah dengan mengatur putaran pompa melalui perubahan frekuensi. Perubahan putaran pompa

akan menyebabkan perubahan kapasitas, head dan daya yang dikonsumsi pompa mengikuti hukum afinitas pompa. Untuk mengetahui perubahan karakteristik pompa pada saat putarannya berubah-ubah diperlukan penelitian, sehingga diketahui titik dimana efisiensinya menjadi maksimum.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pompa sentrifugal aliran campur pada berbagai putaran, agar dapat menjadi acuan dalam pengaturan kerja pompa.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengaruh Salah satu jenis pompa kerja dinamis yang banyak dipergunakan adalah pompa sentrifugal jenis aliran campur (*mixed flow pump*). Pada pompa aliran campur arah aliran fluida merupakan kombinasi antara aliran radial dan aksial dan keluar dari impeller pada sudut antara 0-90 dari arah aksial (Gambar 1). Pompa ini biasanya memiliki tekanan yang lebih besar daripada pompa aksial dan kapasitas lebih besar daripada pompa aliran radial.



**Gambar 1.** Arah aliran pada pompa radial, aksial dan aliran campur [2]

Pompa sentrifugal merupakan pompa kerja dinamis yang menghasilkan head melalui putaran impeller, sehingga ada hubungan antara kecepatan keliling impeller dan head yang dibangkitkan. Pada diameter impeller yang konstan, kecepatan keliling impeller secara langsung berkaitan dengan putaran pompa. Perubahan putaran pompa akan mempengaruhi unjuk kerja pompa. Persamaan yang menunjukkan hubungan antara putaran pompa dengan kapasitas, head dan daya poros pompa dinyatakan hukum kesebangunan pompa (*affinity laws*) seperti terdapat pada persamaan berikut [5]:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1 D_1^3}{n_2 D_2^3} \quad 1)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2 D_1^2}{n_2^2 D_2^2} \quad 2)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1^3 D_1^5}{n_2^3 D_2^5} \quad 3)$$

Bila unjuk kerja pompa pada putaran normal telah diketahui, hukum kesebangunan pompa tersebut dapat dipergunakan untuk memperkirakan unjuk kerja pompa apabila dioperasikan pada putaran yang berbeda [5]. Head akan berubah cukup signifikan bila putarannya berubah karena sebanding dengan kuadrat putarannya. Sedangkan penurunan daya pompa akan lebih besar bila pompa dioperasikan pada putaran yang lebih kecil karena sebanding dengan pangkat tiga dari putaran normal.

Penggerak pompa yang banyak dipergunakan adalah motor listrik, karena karakteristiknya yang praktis dan murah bila dibandingkan dengan penggerak yang lain. Kebanyakan motor listrik dipergunakan pada kecepatan konstan serta memberikan output yang konstan. *Variable speed drive (VSD)* adalah peralatan yang mengatur kecepatan atau torsi peralatan mekanis. VSD akan menaikkan efisiensi karena motor dapat bekerja pada putaran yang ideal sesuai dengan bebannya. Pada beberapa aplikasi VSD dapat menurunkan kebutuhan listrik pada motor hingga 30-60% [1]. Pemanfaatan VSD pada pompa, fan, kompresor dll dapat meningkatkan meningkatkan efisiensi energy, menaikkan power factor, starting lebih halus dan mengurangi losis akibat gesekan pada sistem transmisi [1].

Perubahan putaran dapat dilakukan dengan cara mengatur putaran motor induksi dapat dilakukan dengan cara mengatur slip motor atau mengatur frekuensinya. Pengaturan frekuensi (*variable frequency drive*) lebih banyak

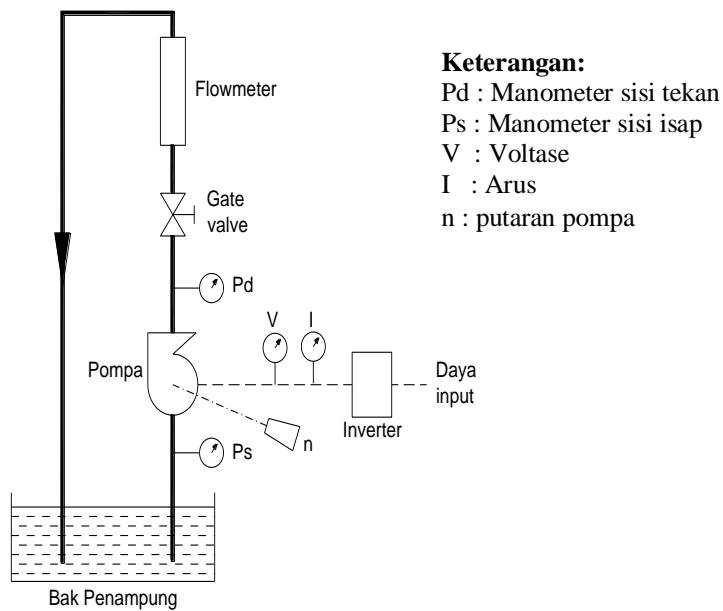
digunakan karena lebih praktis [3,4]. Hubungan antara frekuensi dengan putaran motor dapat dinyatakan dengan persamaan berikut [6]:

$$n = \frac{60 \times f}{p} \quad 4)$$

Studi tentang pengaturan kapasitas pompa dengan VSD telah dilakukan [11] yang meneliti tentang perbandingan antara pengaturan kapasitas pompa dengan control valve dan VSD. Diperoleh hasil bahwa pengaturan kapasitas dengan VSD memberikan keuntungan yang lebih besar dibandingkan dengan pengaturan dengan control valve, yaitu konsumsi energy menurun dan umur pakai komponen pompa akan meningkat

### 3. MATERIAL DAN METODOLOGI

Fluida yang dipergunakan dalam pengujian ini adalah air. Sedangkan peralatan yang dipergunakan adalah instalasi pompa aliran campur dengan skema seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Skema peralatan pengujian pompa sentrifugal aliran campur

Head pompa dapat dihitung berdasarkan tekanan pada sisi isap dan sisi tekan pompa dengan persamaan [8]:

$$H_{tot} = \frac{p_d - p_s}{\rho \times g} \quad 5)$$

Daya hidrolis pompa dapat dihitung dengan persamaan [5] :

$$P_w = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad 6)$$

Daya motor yang diperlukan pompa dapat dihitung dengan persamaan:

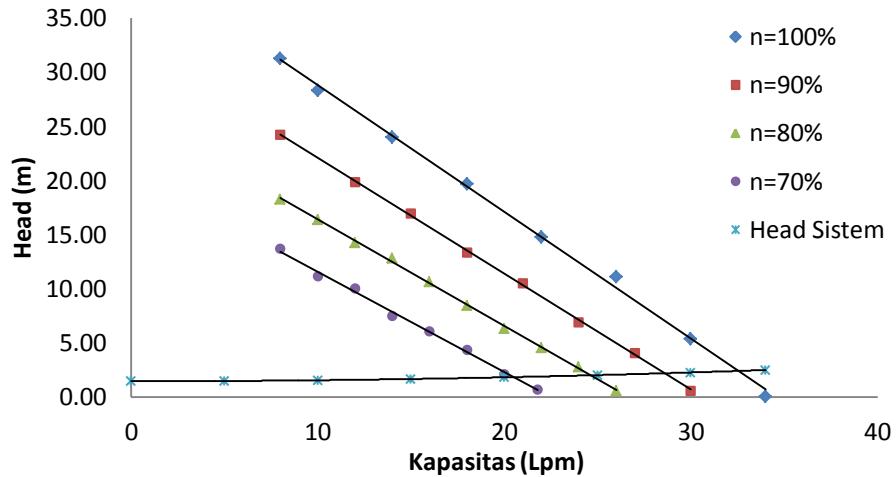
$$P_m = \frac{V \times I}{\cos \phi} \quad 7)$$

Sehingga efisiensi pompa dapat dihitung sebagai berikut:

$$\eta_p = \frac{P_w}{P_m} \quad 8)$$

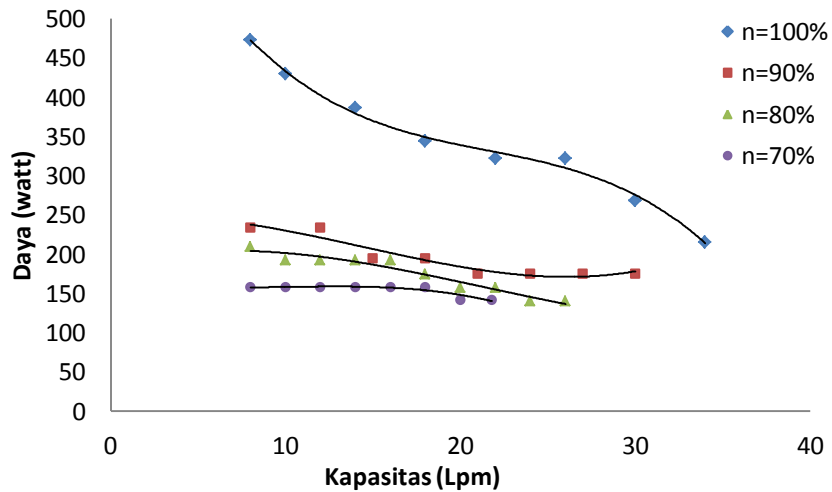
**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk mengetahui kinerja pompa dapat dilakukan dengan melihat kurva karakteristik pompa. Kurva karakteristik pompa merupakan kurva yang menggambarkan hubungan antara kapasitas aliran dengan head, kapasitas dengan daya dan kapasitas dengan efisiensi pompa. Dari beberapa putaran yang diuji, hubungan antara kapasitas dengan head pompa dapat digambarkan pada gambar berikut:



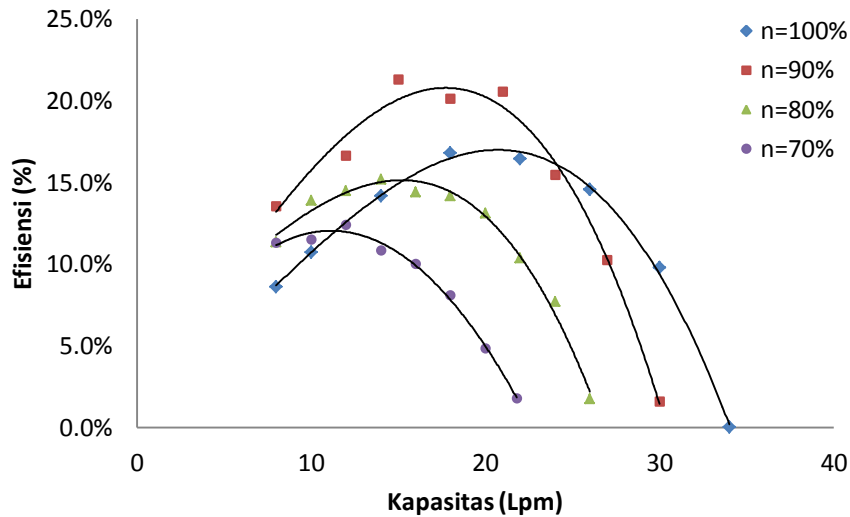
**Gambar 3.** Kurva karakteristik pompa aliran campur, H-Q

Pada pompa aliran campur kurva hubungan head dan kapasitas pompa hampir linier, seperti yang terlihat pada Gambar 3. Apabila putaran pompa diturunkan, maka head pompa juga akan turun sebanding dengan kuadrat putaran pompa, sesuai dengan hukum kesebangunan pompa. Hal ini harus menjadi pertimbangan ketika akan menurunkan putaran untuk mengatur kapasitas pompa. Head yang diperlukan harus terpenuhi ketika putaran pompa diturunkan.



**Gambar 4.** Kurva karakteristik pompa aliran campur, P - Q

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara daya dengan kapasitas pada pompa aliran campur. Dari kurva tersebut terlihat bahwa penurunan daya pompa berbeda-beda untuk setiap penurunan putaran. Penurunan daya pompa yang paling besar ketika putaran pompa diturunkan sebesar 10%, yaitu sebesar maksimum 50%.



Gambar 5. Kurva karakteristik pompa aliran campur,  $\eta - Q$

Efisiensi energi pompa diperoleh dengan membagi antara daya hidrolis pompa dengan daya motor. Efisiensi paling tinggi diperoleh pada saat putaran pompa diturunkan sebesar 10%. Hal ini dapat menjadi pertimbangan ketika menentukan kondisi operasi pompa agar diperoleh efisiensi yang paling tinggi. Pada instalasi yang dipergunakan, head sistem pompa terdiri dari head statis dan head dinamis dengan perbandingan yang hampir sama. Bila head sistem hanya terdiri dari head dinamis saja, maka efisiensi pompa akan relatif konstan bila putaran diturunkan. Sedangkan pada sistem dengan head statis, efisiensi akan berubah bila putaran diturunkan[3].

## 5. KESIMPULAN

Pengaturan kapasitas pompa dengan *variable frequency drive* dapat mengurangi konsumsi energi pompa. Besarnya pengurangan konsumsi energi berbeda beda untuk setiap penurunan putaran. Pada penelitian ini pengurangan konsumsi energi sebesar 50% dicapai pada saat putaran pompa diturunkan sebesar 10%. Efisiensi pompa juga akan berubah apabila putaran diturunkan. Perubahan efisiensi tergantung head sistem instalasi, bila head dinamisnya dominan, maka efisiensi akan konstan. Namun bila head statisnya besar, maka efisiensi pompa akan berubah bila putarannya diturunkan.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Jahrul Aulia, Hikmahnul ArRoyan, Shandy Arrysenna, dan Agus Yuli Setiawan yang telah membantu dalam pembuatan alat untuk penelitian ini.

## 7. REFERENSI

- [1] Saidur, R., Mekhilef, Ali, M.B., Safari, A., Mohammed, H.A., 2012, Application of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16:543-550.
- [2] Engineering Science Data Unit, 2007, *Radial, mixed and axial flow pumps*, The Institution mechanical Engineers & The Institution of Chemical Engineers.
- [3] Europump and Hydraulic Institute, 2004, *Variable Speed Pumping, A Guide to Successful Application*, Elsevier Advance Technology, UK
- [4] Hydraulic Institute, 2010, Adjustable Speed pumping Applications, *World pumps*, February 2010:40-41
- [5] Sularso, Tahara, H., 2006, *Pompa dan Kompresor*, PT Pradnya Paramita.
- [6] Dietzel, F., 1990, *Turbin, Pompa dan Kompresor*,
- [7] Pemberton, M., 2005, Variable Speed Pumping, Myths and legends, *World pumps*, January 2005: 22-24
- [8] Yurianto, 2011, Karakteristik pompa sentrifugal dengan sudu impeller streamline, *Jurnal Rotasi* volume 3 nomor 2 April 2011: 32-35
- [9] Wang, W., Liu, J., Zeng, D., Lin, Z., Cui, C., Variable speed technology used in powerplant for better plant economics and grid sustainability, *Energy* 45:588-594
- [10] Nesbitt, B., 2001, Variable speed pumping-are they worth the money, *World Pump* July 2001: 26-29
- [11] Garibotti, 2008, Energy saving and better performance through variable speed drive application in desalination plant brine blowdown pump service, *Desalination* 220:296-501