

Sistem Otomatisasi Distribusi Air Menggunakan Speed Drive Inverter

Felix Pasila, Limboto, Fandy Mardany

Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra

e-mail: felix@petra.ac.id, limboto@petra.ac.id, Fandy@john.petra.ac.id

Abstrak

Kebutuhan harian akan air adalah mutlak. Karena itu dibutuhkan peralatan bantu yang mampu menyuplai air sesuai dengan kapasitas kebutuhan. Untuk aplikasi suplai air di Hotel, semakin banyak pemakaian air membutuhkan semakin besar kinerja Pompa air untuk memindahkan air dari permukaan rendah ke permukaan lebih tinggi. Namun seringkali pemakaian pompa tidak sebanding dengan kapasitas kebutuhan dan pompa seringkali dioperasikan terus menerus sehingga ada daya listrik dan air terbuang percuma. Pada paper ini, pemakaian pompa air akan dikontrol oleh Speed Drive Inverter motor penggerak pompa bisa diatur sehingga debit output pompa sesuai dengan beban pemakaian air. Pengaturan putaran motor dilakukan oleh Inverter dengan merubah frekuensi, sedangkan otomasiasinya dikendalikan oleh PLC dengan Limit Switch sebagai sensor ketinggian di tandon dan sebagai input variasi frekuensi pada inverter, juga digunakan Pressure Switch sebagai On-off otomatis pompa dengan prinsip tekanan. Pada pengujian performansi alat, ternyata menunjukkan bahwa efisiensi total sistem tidak terlalu besar. Untuk pengaturan frekuensi 35-50 Hz, efisiensi totalnya hanya mencapai 14 %.

Kata kunci: Otomasi Pompa, limit switch, PLC, Speed Drive Inverter

Abstract

Our daily need about water is absolutely essential. Therefore we need some equipments which can support to supply the water accordance with our needed. For example, to supply the water in hotel, the greater the amount of using the water then we need performance of water pump more and more to move the water from low surface to the higher. However, often using of pump is not comparable with our needed and the pump is often operated continually so there are some electrical power and some water that neglected. In this paper, the using of water pump will be controlled by speed drive inverter. Motor pump can be arranged so output rate flow of the pump that become accordance with load of using of the water. The controlling of motor is done by inverter by change the frequency, but automation is controlled by PLC by using limit switch as sensor of elevated at reservoir and as varian frequency input on inverter, also we use pressure switch as automation on-off pump with pressure method. On testing of performance of the equipments, obviously it shows total of efficiency of system is not very big. For arranging 35-50 Hz, total efficiency reaches only 14 %.

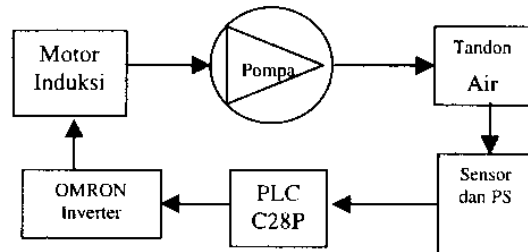
Keywords: Pump Automation, limit switch, PLC, Speed Drive Inverter

Pendahuluan

Sistem *plumbing* merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari instalasi bangunan maupun industri dimana penyediaan air bersih merupakan syarat mutlak, karena itu dibutuhkan perencanaan yang tepat untuk memenuhi kebutuhan bangunan maupun industri. Pompa air jenis sentrifugal merupakan jawaban kebutuhan *plumbing* sebagai alat pembantu menaikkan air dari tandon bawah menuju ke alat *plumbing*.

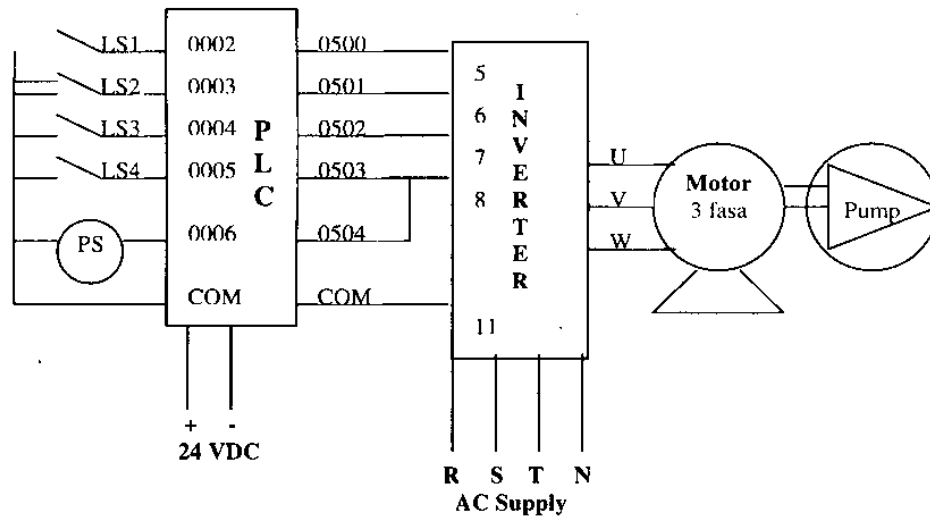
Dalam perancangannya terkadang pompa air tidak bekerja efisien contohnya perbandingan debit air output pompa dengan kebutuhan air

saat itu tidak sesuai, terkadang pompa bekerja terlalu berat atau ringan yang berpengaruh terhadap umur pompa. Karena itu dibutuhkan kontrol pemakaian pompa air, dalam hal ini putaran motor pompa yang berpengaruh terhadap output debit air.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Januari 2002. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Elektro volume 2 nomor 1 Maret 2002



Gambar 2 Diagram Rangkaian Otomatisasi Pompa

Inverter merupakan jawaban dari kontrol pompa air 3 fasa karena alat ini dapat men-drive kecepatan putaran motor AC 3 fasa pompa dengan merubah frekuensi melalui panel Digital Inverter dan menggunakan metoda Pulse Width Modulation(PWM).

Inverter yang dipakai dalam simulasi ini adalah OMRON Sysdrive 3G3IV dengan daya maksimal 1.5 kW. Sedangkan penggunaan PLC sebagai otomatisasi melalui sensor Limit Switch(LS) ketinggian level tandon kebutuhan harian dari sistem, output PLC dapat dihubungkan ke inverter melalui jalur contact eksternal inverter nomor 5, 6, dan 7 untuk input 3 bit multi step speed dan pin nomor 8 sebagai pin Eksternal Stop sehingga melalui PLC ini kecepatan motor pompa air juga dapat diatur untuk beberapa variasi kecepatan. PLC yang dipakai adalah OMRON Sysmac C28P Programmable Controller.

di mana :

- P : Daya motor (kW)
- V_{L-L} : Daya line 3 fasa (Volt)
- $\cos \phi$: faktor daya
- η : Efisiensi

sedangkan :

- P_{output} : Daya output inverter (kW)
- P_{input} : Daya input inverter (kW)

Dasar Teori

Sistem Otomatisasi pompa membutuhkan sebuah motor induksi, 1 inverter, 4 limit switch, 1 pressure switch, PLC Omron dan beberapa peralatan pendukung seperti 2 tangki air untuk supply dan demand, keran, pipa dan pelampung.

a. Motor induksi

$$n = \frac{f \cdot 60}{p}$$

dimana :

- n : putaran motor (rpm)
- f : frekuensi input (Hz)
- p : jumlah pasang pole motor

Motor induksi menggunakan daya 2 pk dengan 2 pasang pole. Frekuensi maksimal adalah 50 Hz dengan kecepatan 1500 rpm.

$$P_{inputmotor} = \sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot I_{input} \cdot \cos \phi \quad (1)$$

$$P_{outputmotor} = \eta_{motor} \cdot P_{inputmotor} \quad (2)$$

b. Inverter

Untuk mengetahui efisiensi inverter :

$$\eta_{inverter} = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\eta_{pompa} = \frac{P_e}{P_{sh}} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana :

Pe : Daya efektif pompa (kW)

Psh : Daya poros pompa

Q : Debit pompa (m³/detik)

He : Ketinggian air efektif (m)

γ : massa jenis air = 1000 kg/m³

c. Pompa air; dengan persamaan daya :

$$Pe = \frac{\gamma \cdot Q_r \cdot He}{102} \quad (5)$$

d. Efisiensi total

$$\eta_{total} = \eta_{motor} \cdot \eta_{inverter} \cdot \eta_{pompa} \quad (6)$$

Eksperimen

Parameter Inverter

Ada beberapa konstanta yang perlu dirubah melalui *Digital Panel Operator* supaya system multi step speed ini dapat berjalan, yaitu :

a. Konstanta Fungsi Sn

- o Sn-02 = 05 : 50 Hz torsi beban variable karena beban pompa memerlukan torsi variable dan motor yang digunakan menggunakan frekuensi kerja 50 Hz.

o Sn-04

Prosedur Start/stop :

Sn-04 = xx 00

- 0: Frekuensi eksternal
- 1: Frekuensi operator
- 0: Start/stop terminal ekst
- 1: Start/stop dari operator

Sn-04 = 00 xx

- 00 : Stop perlahan
- 01 : Stop cepat
- 10 : Stop range besar
- 11 : Stop dengan timer

Sn-04 diset 0111

Tabel 1. Konfigurasi Pin konfigurasi

Pin 7	Pin 6	Pin 5	Frekuensi
0	0	0	An-01
0	0	1	-
0	1	0	-
0	1	1	-
1	0	0	An-05
1	0	1	-
1	1	0	An-07
1	1	1	An-08

Omron PLC C28P

PLC yang digunakan mempunyai spesifikasi :

- o 16 input, 24VDC
- o 12 relay output

PLC memerlukan instruksi *Ladder Diagram* untuk menjalankan keperluan aplikasi kita. Untuk PLC Omron Sysmac C28P, dapat digunakan Programming Console jenis PRO 15 dimana setiap instruksi dasar Ladder dalam bentuk text sudah tersedia melalui tombol-tombol yang mudah digunakan dan hasilnya bisa kita lihat di layar LCD konsol.

Prinsip kerja PLC dalam desain :

1. Signal Input

Proses dimana PLC mendapat input data dari sensor posisi. Input data ini akan dimasukkan ke *address memory* PLC.

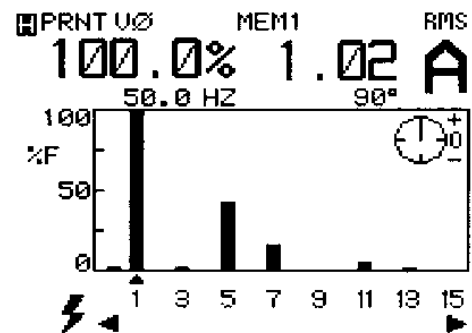
2. Data Processing

Pemrosesan data input di CPU yang menentukan jenis output yang harus diberikan ke inverter sesuai dengan program *LADDER* yang telah.

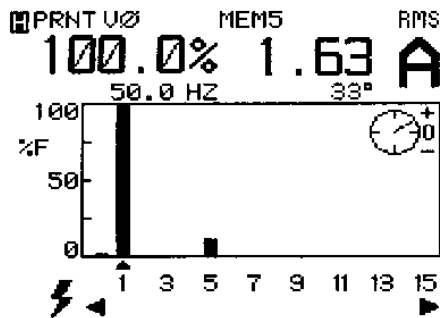
3. Signal Output

Proses dimana PLC mengeluarkan output berupa sinyal menggerakkan relay pada inverter untuk menggerakkan motor pompa.

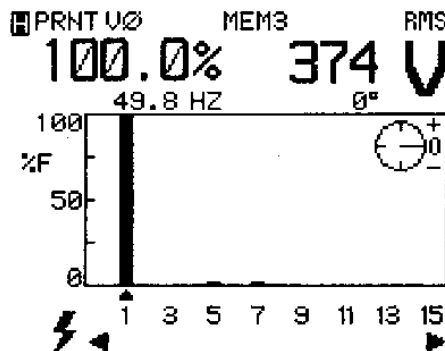
Gambar 2 menunjukkan Blok sistem dari sistem otomatisasi suplai air. Dibutuhkan 4 limit switch, 1 Pressure switch, sebuah PLC Omron 4 input (dari sensor) dan 4 output varian kecepatan ke inverter. Motor akan mendapatkan variasi kecepatan dari inverter dengan range frekuensi 35-50 Hz.



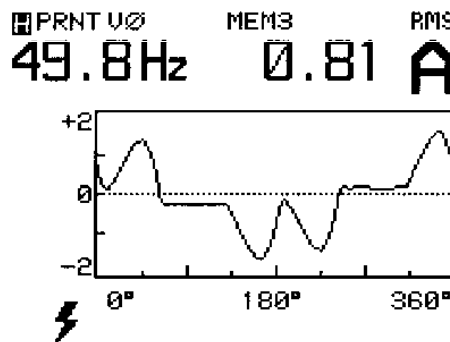
Gambar 3. Harmonisa arus pada input motor



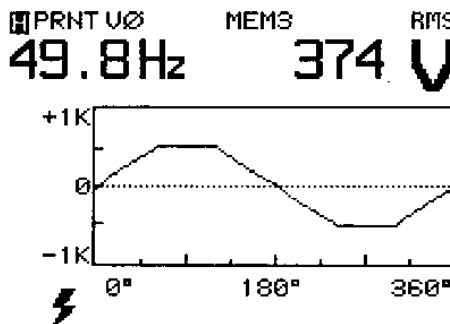
Gambar 4. Harmonisa Arus pada output motor



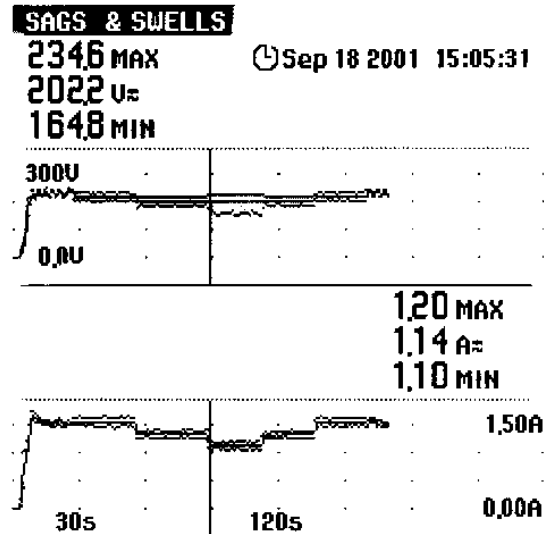
Gambar 5. Harmonisa tegangan pada motor



Gambar 6. Bentuk Arus pada motor frekuensi 40 Hz



Gambar 7. Bentuk Tegangan pada motor frekuensi 40 Hz

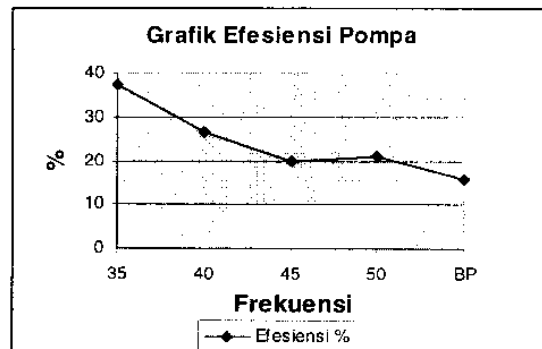


Gambar 8. Respon Kecepatan dengan perubahan Beban Berbeda

Tabel 2. Efisiensi Pompa

Frek Hz	Psh kW	Qr Lt/s	Pe kW	Efisiensi %
35	0.01	0.18	0.003	37.5
40	0.02	0.30	0.005	26.5
45	0.03	0.38	0.007	19.7
50	0.04	0.44	0.008	21.1
BP	0.05	0.44	0.008	15.6

Dari gambar 3 dan 4 terlihat bahwa harmonisa arus terlihat cukup besar pada jalur input suplai dari jala-jala listrik ke inverter, sebaliknya pada jalur output beban motor harmonisa terlihat cukup kecil. Berarti pemakaian inverter menimbulkan kerugian daya pada konsumen di daya input suplai saja.



Gambar 9. Grafik Efisiensi Pompa

Efisiensi total terdiri dari efisiensi motor, inverter dan pompa. Dari grafik terlihat bahwa Efisiensi pompa rata-rata = 24 %. Efisiensi yang cukup kecil terlihat disebabkan oleh rugi-rugi pada kopling antara motor-pompa dan rugi-rugi impeller secara teknis operasional.

Efisiensi total dari sistem terdiri dari efisiensi motor (74 %), inverter (80 %) dan pompa (24%). Total efisiensi menjadi 14 %. Hal ini karena pompa tidak memberi efisiensi yang baik. (biasanya sekitar 50 - 60 %)

Kesimpulan

Dengan merubah putaran motor induksi penggerak pompa melalui variasi frekuensi output inverter 35-50 Hz, maka kita dapat memperoleh variasi debit output pompa 0.18 – 0.44 liter/detik mengikuti kenaikan frekuensi. PLC melakukan kontrol terhadap besar kebutuhan air yang diketahui melalui sensor ketinggian air pada beban kapasitas pemakaian air dan memberi output ke inverter supaya kondisi tersebut direspon.

Dari hasil pengujian alat ukur dan perhitungan maka diperoleh bahwa efisiensi sistem kecil, rata-rata 14%, hal ini disebabkan oleh rugi-rugi daya pada hubungan antar poros pompa yang dihubungkan ke poros motor penggerak melalui V-belt sehingga daya input pada poros pompa kecil, 0.008-0.050 kW dibanding daya output motor 0.30-0.74 kW. Akibatnya daya output pompa juga kecil, sekitar 0.003-0.0078 kW saja. Selain itu juga disebabkan rugi-rugi pada impeller pompa yang bisa menyebabkan debit output mengecil yang berpengaruh pada efisiensi pompa.

Referensi

- [1] Dufour, John W. dan Nelson, William E. Centrifugal Pump Sourcebook. USA: McGraw-Hill, Inc., 1993.
- [2] I Made Arya Djoni. Pompa dan Compressor. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin ITS.
- [3] Mitsubishi, Fatec, Panduan Inverter.
- [4] OMRON, Sysdrive 3G3IV High Performance/Low Noise General Purpose Inverter.
- [5] OMRON, Sysmac H Series Programmable Controller.
- [6] Sularso dan Taharo, Haruo. Pompa dan Kompresor. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1983.
- [7] Hosea, Emmy dan Hok Sing, Lie. Panduan Praktikum Inverter. Surabaya: Laboratorium STL Jurusan Elektro Universitas Kristen Petra.