

Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Melalui Inverter Altivar 18 Berdasarkan Kendali Fuzi Berbasis PLC

Sigit Budhi Santoso, Aris Rakhmadi

Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Abstrak

Dengan adanya inverter Altivar 18, putaran motor induksi dapat diatur dalam jangkauan yang lebar. Banyak aplikasi yang bukan saja membutuhkan jangkauan putaran yang lebar tetapi juga kestabilan putarannya terhadap nilai acuan yang diinginkan. Untuk menjawab kebutuhan ini, maka harus dipasang suatu sistem pengendalian. Sistem pengendalian yang digunakan adalah sistem pengendali logika fuzi.

Pengendali logika fuzi yang dibangun, berdasarkan pada pengendali PI konvensional. Aktivitas pengendali fuzi ini dilakukan oleh programmable logic controller (PLC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendali logika fuzi mempunyai unjuk kerja yang lebih baik daripada pengendali PI konvensional.

Kata Kunci: Altivar 18, Pengendalian, Kendali Fuzi.

1. Pendahuluan

Motor AC, terutama motor induksi sangkar tupai, lebih banyak digunakan daripada motor DC (Petruszella, 2001). Hal ini dikarenakan keunggulan yang dimiliki oleh motor AC tersebut, dalam hal harga, ukuran, berat, konstruksi, perawatan, dan efisiensi. Selain mempunyai kelebihan motor induksi juga mempunyai kekurangan dalam hal torsi dan pengaturan kecepatannya. Namun setelah ditemukannya inverter, kecepatan motor induksi dapat diatur dalam jangkauan yang sangat lebar (Widjaya, 2001).

Ada banyak aplikasi yang bukan hanya membutuhkan jangkauan kecepatan yang lebar, tetapi juga kestabilan putarannya terhadap nilai acuan (*set point*) yang diinginkan, seperti untuk pompa pencampur bahan kimia, kecepatan aliran, tekanan, dan sebagainya (Hosea *et al.*, 1997). Sehingga diperlukan sebuah sistem pengendalian. Salah satunya adalah sistem pengendali logika fuzi. Pengendali logika fuzi yang dibangun, berdasarkan pada pengendali PI konvensional (Misir *et al.* 1996). Aktivitas pengendali fuzi ini dilakukan oleh *programmable logic controller* (PLC).

2. Dasar Teori

2.1. Motor Induksi

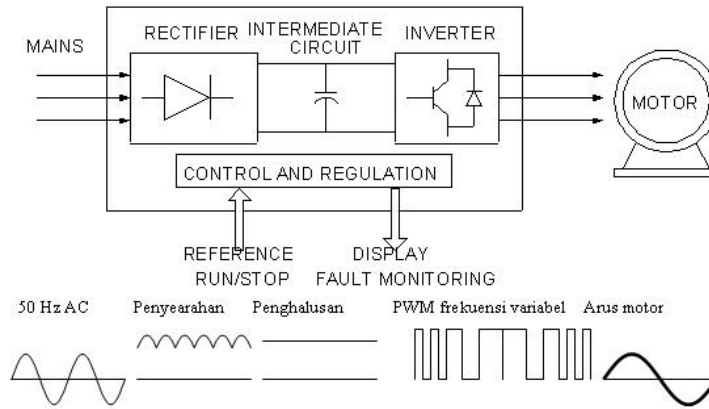
Motor induksi adalah jenis motor penggerak yang paling banyak digunakan di industri. Hal ini karena motor induksi mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan motor listrik lainnya, khususnya jenis rotor sangkar tupai (Hosea *et al.*, 1997).

Motor induksi terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian yang tidak bergerak, terdiri dari lapisan-lapisan besi dengan alur-alur berisi kumparan-kumparan. Kumparan-kumparan ini dihubungkan dengan sumber daya 3 fasa, sehingga didapatkan sebuah medan magnet putar. Kecepatan medan magnet putar tergantung pada jumlah kutub stator dan frekuensi sumber dayanya. Kecepatan ini disebut kecepatan sinkron, yang ditentukan dengan rumus:

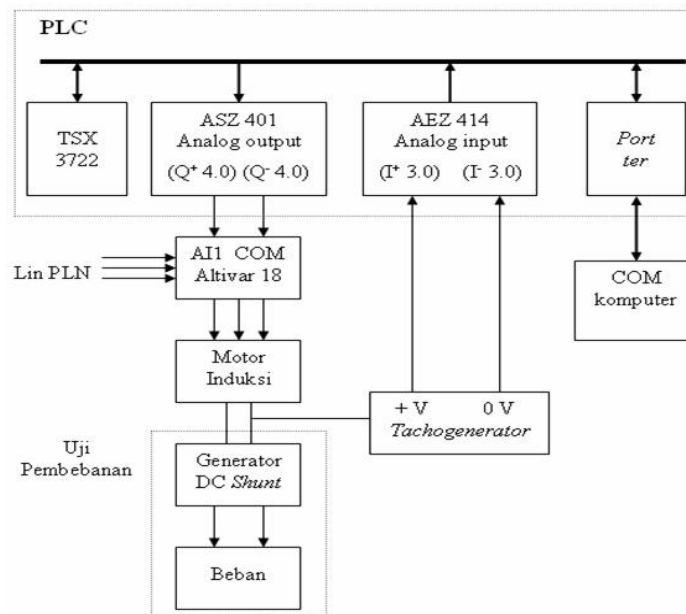
$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad 1$$

dengan N_s adalah kecepatan sinkron (rpm), f adalah frekuensi sumber daya (Hz), dan P adalah jumlah kutub stator.

Rotor dari motor induksi ada dua macam, yaitu rotor sangkar tupai (*squirrel cage rotor*) dan rotor lilit (*wound rotor*). Pada jenis rotor sangkar tupai, rotornya terdiri dari besi yang dikelilingi oleh konduktor-konduktor yang terhubung singkat. Sedangkan pada



Gambar 1. Prinsip Dasar Inverter.



Gambar 2. Instalasi hubungan model simulasi plant yang dikendalikan.

rotor lilit, rotornya terdiri dari kumparan kawat yang umumnya terhubung bintang dan ujung yang lain dihubungkan keluar melalui slip ring dan dihubungkan dengan tahanan luar atau dihubungkan singkat.

Rotor motor induksi tidak berputar pada kecepatan sinkron tetapi sedikit ketinggalan (Petruzella, 2001). Ketinggalan tersebut biasanya dinyatakan sebagai persentase kecepatan sinkron yang disebut slip, dan dirumuskan dengan:

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \cdot 100\% \quad 2$$

dengan s adalah slip, N_s adalah kecepatan sinkron (rpm), dan N_r adalah kecepatan putar (rpm).

2.2. Inverter

Inverter merupakan suatu peralatan yang dapat digunakan untuk mengkonversikan sumber daya 3 fasa menjadi tegangan DC yang kemudian dikonversikan lagi menjadi sumber daya 3 fasa dengan frekuensi yang sesuai. Cara ini bisa dipakai

karena diketahui bahwa kecepatan sinkron motor induksi berbanding lurus dengan frekuensi sumber dayanya, seperti terlihat pada persamaan (1).

Sumber daya dari PLN mempunyai frekuensi yang konstan, yaitu 50 Hz. Salah satu cara yang efektif untuk menghasilkan tegangan dengan frekuensi yang bisa diatur yaitu dengan jalan membangkitkannya sendiri. Untuk itu diperlukan suatu sumber daya DC. Sumber daya ini diperoleh dari sumber daya PLN yang disearahkan dengan *rectifier*. Selanjutnya sumber daya ini ditapis dengan *filter* DC untuk mendapatkan sumber daya DC yang lebih rata.

Kemudian dengan melalui suatu rangkaian *switch* (disebut sebagai jembatan inverter) yang bisa dikendalikan sedemikian rupa, sumber daya itu bisa diubah menjadi sumber daya 3 fasa pada ujung beban. Dengan cara mengontrol waktu pensaklaran dari *switch-switch* tersebut dengan menggunakan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) seperti terlihat pada gambar 1 (Hosea *et al.*, 1997).

Dengan menggunakan inverter, maka akan banyak diperoleh keuntungan secara teknis bila dibandingkan dengan cara lain. Beberapa keuntungan tersebut antara lain: mempunyai jangkauan kecepatan yang lebih lebar, mempunyai beberapa pola untuk hubungan tegangan dan frekuensi, mempunyai fasilitas penunjukan meter, mempunyai lereng akselerasi dan deselerasi yang dapat diatur secara independen, kompak, serta sistem lebih aman (Chapman, 1991).

3. Metode Penelitian

3.1. Alat

1. Komputer.
2. PLC Micro TSX 3722.
3. Inverter Altivar 18.
4. Motor induksi 3 phasa sangkar tupai.
5. *Tachogenerator*.
6. *Tachometer*.
7. Generator DC *shunt*.
8. 4 buah lampu pijar 100 Watt 220 V.

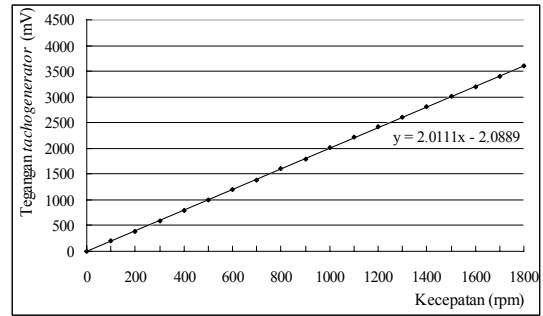
Semua alat di atas kemudian dirangkai seperti pada gambar 2.

3.2. Pengukuran Sensor Tachogenerator

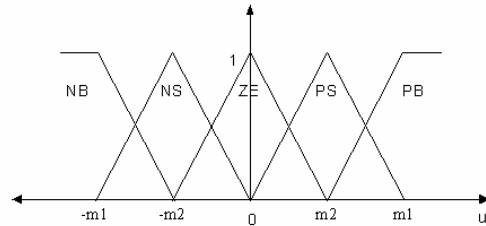
Sebelum dilakukan pengujian terhadap model simulasi *plant*, terlebih dahulu dilakukan pengukuran terhadap *tachogenerator*. Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, diperoleh grafik hubungan antara tegangan *tachogenerator* dengan kecepatan putar motor induksi seperti tampak pada gambar 3. Hubungan antara tegangan *tachogenerator* dan kecepatan putar motor induksi tersebut mengikuti persamaan:

$$V = 2,0111 \cdot \omega_r - 2,0899 \quad (3)$$

dengan V adalah tegangan *tachogenerator* (mV) dan ω_r adalah kecepatan putar motor induksi (rpm).



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Kecepatan Putar Motor Induksi dengan Tegangan yang Dihasilkan oleh *Tachogenerator*.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Masukan e, de dan Keluaran Δu .

Tabel 1. Memori Asosiatif Fuzi (MAF) dari dua buah masukan (e dan de) dengan masing-masing 5 buah fungsi keanggotaan.

		Error				
		NB	NS	ZE	PS	PB
Delta Error	NB	NB	NS	ZE	PS	PB
	NS	NB	NS	ZE	PS	PB
	ZE	NB	NS	ZE	PS	PB
	PS	NB	NS	ZE	PS	PB
	PB	NB	NS	ZE	PS	PB

4. Fuzifikasi, Aturan Kendali Fuzi, dan Defuzifikasi

4.1. Fuzifikasi

Pengendali logika fuzi menggunakan dua buah masukan, yaitu sinyal kesalahan (e) dan perubahan sinyal kesalahan (de) dan sebuah keluaran kendali *incremental* (Δu). Fungsi keanggotaan masukan dan keluaran ini tampak seperti pada gambar 4. Di mana nilai m1 dan m2 masing-masing adalah 550 dan 220 untuk e, 260 dan 130 untuk de, serta 568 dan 284 untuk Δu .

4.2. Aturan Kendali Fuzi

Dari 5 buah masukan e dan 5 buah masukan de saling berinteraksi sehingga menghasilkan 25 buah aturan kendali fuzi. Ke-25 aturan tersebut dapat diringkas dalam sebuah tabel memori asosiatif fuzi seperti tampak pada tabel 1.

4.3. Defuzifikasi

Dalam langkah defuzifikasi digunakan formula rata-rata maksimum (*Mean of Maximum/MOM*), yang dibangun untuk mendefuzifikasikan aksi kendali

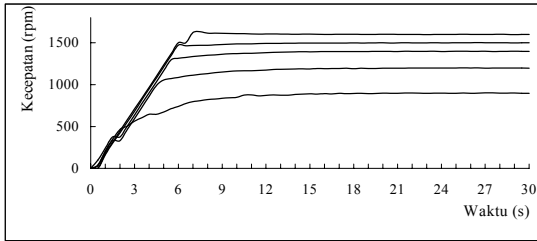
incremental dari hukum kendali fuzi. Formula ini dirumuskan dengan:

$$\Delta u(k) = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot H_i \cdot W_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot H_i} \quad 4$$

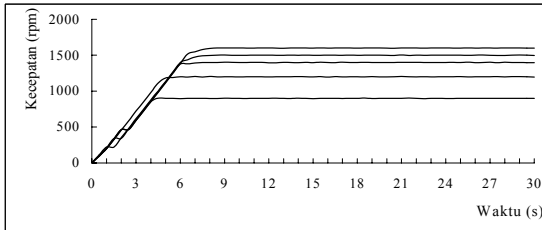
dengan n adalah jumlah aturan, α_i kuat penyulutan aturan ke-i, H_i adalah tinggi maksimum fungsi keanggotaan himpunan fuzi untuk keluaran kendali pada aturan ke-i, dan W_i adalah nilai kendali *crisp* sepanjang semesta pembicaraan keluaran.

Seperti disebutkan di atas, bahwa hasil defuzifikasi ini merupakan aksi kendali *incremental*, artinya bahwa aksi kendali pada saat ini merupakan hasil penjumlahan aksi kendali sebelumnya dengan aksi kendali dari hasil defuzifikasi pada saat ini.

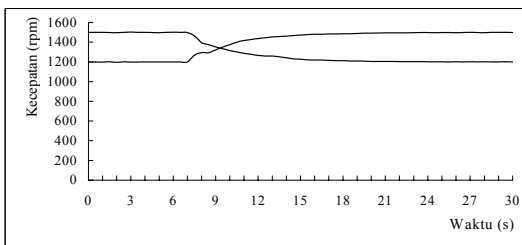
5. Hasil dan Pembahasan



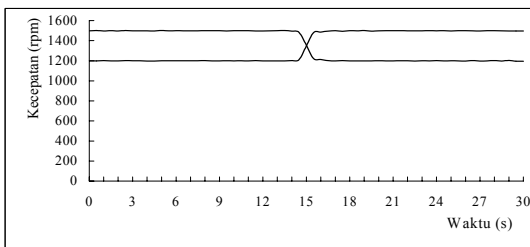
Gambar 5. Grafik hubungan antara kecepatan motor induksi terhadap waktu dengan pengendali PI.



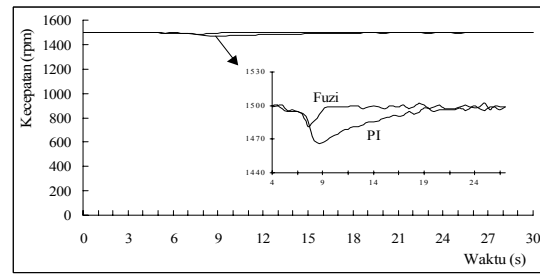
Gambar 6. Grafik hubungan antara kecepatan motor induksi terhadap waktu dengan pengendali fuzi.



Gambar 7. Grafik perubahan kecepatan motor induksi menggunakan pengendali PI.



Gambar 8. Grafik perubahan kecepatan motor induksi menggunakan pengendali fuzi



Gambar 9. Grafik kecepatan motor induksi ketika diberi dengan menggunakan pengendali PI dan pengendali fuzi.

Dari percobaan yang dilakukan, diperoleh hasil berupa sinyal kesalahan yang merupakan selisih antara nilai acuan dengan nilai sebenarnya yang diperoleh dari *tachogenerator*. Kemudian dengan menggunakan persamaan (3), maka dapat dibuat grafik hubungan kecepatan motor induksi terhadap waktu seperti tampak pada gambar 5, 6, 7, 8, dan 9.

Dari gambar-gambar tersebut, dapat diketahui bahwa pengendali logika fuzi yang digunakan lebih baik bila dibandingkan dengan pengendali PI konvensional, terutama dalam hal waktu turun, *overshoot*, kemampuan dalam mengatasi perubahan nilai acuan, dan pembebanan. Pengendali fuzi yang digunakan mempunyai kesalahan keadaan tunak yang lebih besar daripada pengendali PI, walaupun demikian kesalahan keadaan tunak ini relatif kecil dan masih di bawah batas toleransi 2%. Hal ini bisa terjadi karena ketidakidealan sensor *tachogenerator* yang digunakan, di mana masih terdapat tegangan *ripple* meskipun kecil (kurang dari 1%).

6. Kesimpulan

Dari model simulasi *plant* yang dibuat beserta pengujiannya, maka dapat ditarik kesimpulan, antara lain:

1. Pengaturan kecepatan motor induksi dengan menggunakan inverter mempunyai jangkauan pengaturan kecepatan yang lebar.
2. Pengendali logika fuzi yang diterapkan pada Altivar 18 mempunyai kesalahan keadaan tunak yang lebih besar bila dibandingkan dengan pengendali PI.
3. Pengendali fuzi yang diterapkan pada Altivar 18, secara umum, mempunyai unjuk kerja yang lebih baik bila dibandingkan dengan pengendali PI.

Daftar Pustaka

- [1] Chapman, S. J. 1991. *Electric Machinery Fundamentals*. McGraw-Hill, Inc. Singapore.
- [2] Groupe Schneider. 1996. *PL7 Micro/Junior: Reference Manual, Version V1.2*. Schneider Automation S.A. Sophia Antipolis. France.
- [3] Groupe Schneider. 1996. *TSX Micro PLCs TSX 37-10/21/22: User's Manual*. AEG Schneider Automation GmbH. Seligenstadt. Germany.
- [4] Groupe Schneider. 1997. *Altivar® 18, Adjustable Speed Driver Controllers for Asynchronous Motors: User's Manual*. Schneider S.A. Raleigh. USA.
- [5] Hosea, E., A. Ongkodjojo, dan Samudra. 1997. Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Melalui *Sysdrive Inverter* Berdasarkan Kontrol PID dengan Bantuan IBM PC. *Dimensi edisi Jurusan Teknik Elektro, Teknik Mesin, Teknik dan Manajemen Industri*. 27.

- [6] Misir, D., H. A. Malki, and Guanrong C. 1996. Design and Analysis of a Fuzzy Proportional-Integral-Derivative Controller. *Fuzzy Sets and Systems*. 79.
- [7] Petruzella, F. D. 2001. *Industrial Electronics* (Elektronik Industri, alih bahasa oleh Sumanto). Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [8] Vas, P. 1992. *Electrical Machines and Drives: A Space-Vector Theory Approach*. Oxford University Press. Oxford. Great Britain.
- [9] Wijaya, M. 2001. *Dasar-dasar Mesin Listrik*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- [10] Yan, J., M. Ryan, and J. Power. 1994. *Using Fuzzy Logic: Towards Intelligent Systems*. Prentice Hall International Ltd. Cambridge. United Kingdom.