

APLIKASI LOGIKA KABUR UNTUK MENGENDALIKAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN PENGENDALI LOGIKA TERPROGRAM

Oyas Wahyungoro ¹⁾

ABSTRACT

This research tries to develop a fuzzy control software for the speed control of loaded dc motor using programmable logic controller. The first step is to get the output characteristics of dc motor. The next step is to control the speed of dc motor using Ziegler Nichols tuned proportional controller. Based on the motor characteristics, the membership functions and rules of fuzzy logic controller can be established, followed by computer programming. The performance of the fuzzy logic controller is then compared with the performance of proportional controller.

If we look at the transient characteristics, the system controlled by fuzzy logic controller has shorter raise time than that one controlled by proportional controller. From the experiment, the system controlled by fuzzy logic controller has no overshoot and oscillation for some variations of setpoint. The fuzzy logic controller is just also tuned once for some variations of setpoint. A bit difficulty of this research is, the PLC does not recognize real numbers. Consequently, a number is represented by a thousand number, and its accuracy is limited.

PENGANTAR

1. Latar Belakang Penelitian

Sistem kendali analog sampai saat ini masih sering digunakan. Pengendali analog yang terkenal adalah tipe PID (Proporsional, Derivatif, dan Integral). Untuk sistem orde satu, pengaturan konstanta-konstanta PID cukup mudah untuk dilakukan; Namun, untuk sistem orde dua dan di atasnya, pengaturan konstanta-konstanta PID sangat sulit dan memerlukan tenaga ahli atau berpengalaman dalam melakukannya.

Untuk mengatasi kelemahan tersebut, dikembangkan sistem kendali digital dengan memanfaatkan perangkat lunak untuk mengatur watak pengendalinya. Contoh pengendali digital yang pernah dipakai adalah pengendali logika kabur.

2. Tinjauan Pustaka

Logika kabur merupakan pengembangan dari logika primitif yang hanya mengenal dua keadaan, yaitu "ya" atau "tidak". Dengan adanya logika kabur, dapat mengenal peu-

¹⁾ Staf Pengajar Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Sekarang sedang menempuh studi S2 di Pascasarjana UGM Jurusan Ilmu-ilmu Teknik Program Studi Teknik

bah-peubah lingusitik seperti agak besar, besar, sangat besar, dan sebagainya. Dengan demikian, aplikasi logika kabur akan menyebabkan sistem lebih adaptif (Wang, 1997).

Logika Kabur dapat digunakan dengan berbagai cara : perangkat lunak logika kabur dihubungkan dengan *standard low-end microcontroller* dapat menangani aplikasi waktu nyata dan mengendalikan kecepatan motor dengan cara pengaturan tegangan motor (Kosc, 1992).

Untuk mempertahankan kecepatan motor dengan beban bervariasi, tegangan yang diberikan ke motor dapat diatur dengan teknik modulasi sudut fase atau modulasi lebar pulsa (Guillemin, 1996).

Sejak tahun 1960-an, pengendali logika terprogram telah dipakai untuk melengkapi fungsi kendali dengan mengatur *relay-relay*. Cara ini dilakukan untuk mengatur apakah motor perlu dihidupkan atau dimatikan (pengendali on/off). Motor di sini tidak berperan sebagai sistem, melainkan sebagai aktuator sistem kendali (Kissell, 1990).

CARA PENELITIAN

1. Bahan Penelitian

Sebagai bahan (objek) penelitian adalah motor dc.

2. Alat Penelitian

Alat penelitian terdiri atas :

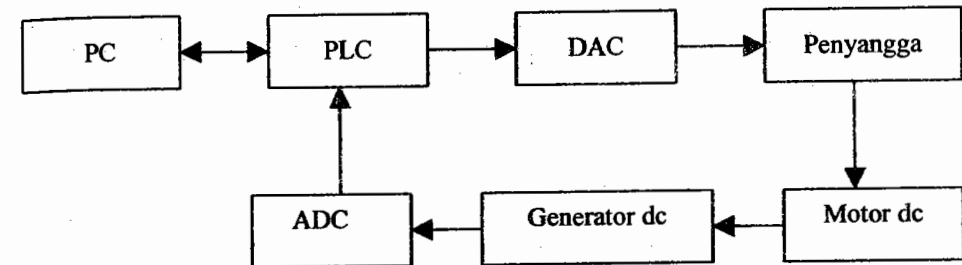
- 1) satu set komputer PC lengkap dengan saluran serial,
- 2) kabel serial untuk menghubungkan antara PC dan PLC,
- 3) satu perangkat PLC,
- 4) satu set ADC dan DAC,
- 5) untai penyangga, dan
- 6) detektor transduser kecepatan

Ketujuh alat tersebut dapat dirangkai secara bagan kotak seperti terlihat pada Gambar 1.

3. Jalan Penelitian

1. Sebuah motor dc sebagai sistem berikut generatormya sebagai detektor transduser diberi catu daya sesuai dengan spesifikasi.
2. Keluaran tegangan generator diukur yang merepresentasikan putaran motor.
3. Dibuat untai kalang terbuka untuk mengetahui watak sistem dengan PLC sebagai aktuator, DAC sebagai untai perantara, penyangga (*buffer*) sebagai untai perantara, motor dc sebagai sistem, generator dc sebagai detektor transduser, dan ADC sebagai untai perantara. Panyangga diperlukan untuk menghindari jatuh tegangan keluaran DAC.
4. Dibuat untai kendali kalang tertutup dengan PLC sebagai pengendali dan aktuator, dan komponen-komponen lain seperti pada langkah 3

5. Dibuat perangkat lunak pengendali proporsional, kemudian dilakukan *tuning* terhadap konstanta proporsionalnya pada *setpoint* 5 volt menggunakan aturan Ziegler-Nichols. Kemudian diuji watak keluarannya pada beberapa variasi *setpoint*.
6. Dibuat perangkat lunak pengendali logika kabur menggunakan dua masukan-satu keluaran, 15 aturan, pengaburan *singleton*, inferensi *Mamdani Product*, dan penegasan rerata pusat. Kemudian diuji watak keluarannya pada beberapa variasi *setpoint*.



KETERANGAN

PC = *Personal Computer* : Pusat pembuatan program

PLC = *Programmable Logic Controller* : Aktuator pengendalian berdasar program

DAC = *Digital to Analog Converter* : Pengubah isyarat digital ke analog

Penyangga : Pembatas arus pembebanan

Motor dc : *Plant*

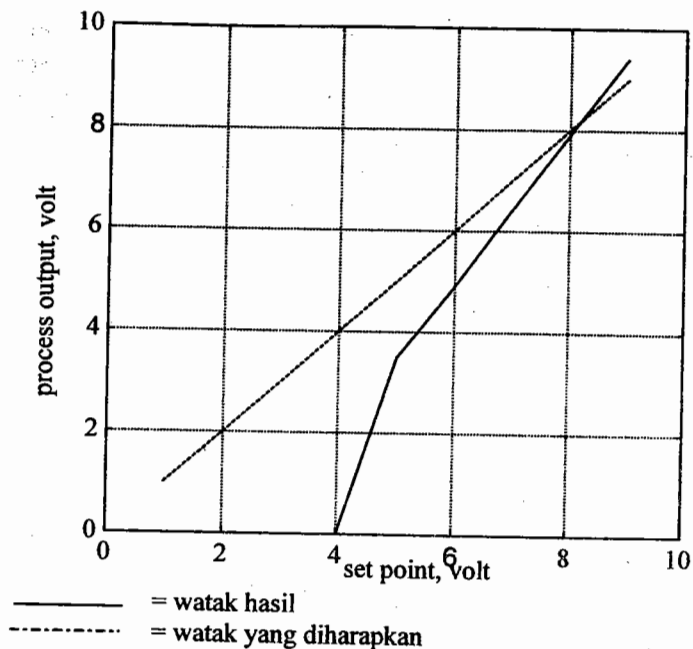
Generator dc : Sensor kecepatan motor

ADC = *Analog to Digital Converter* : Pengubah isyarat analog ke digital

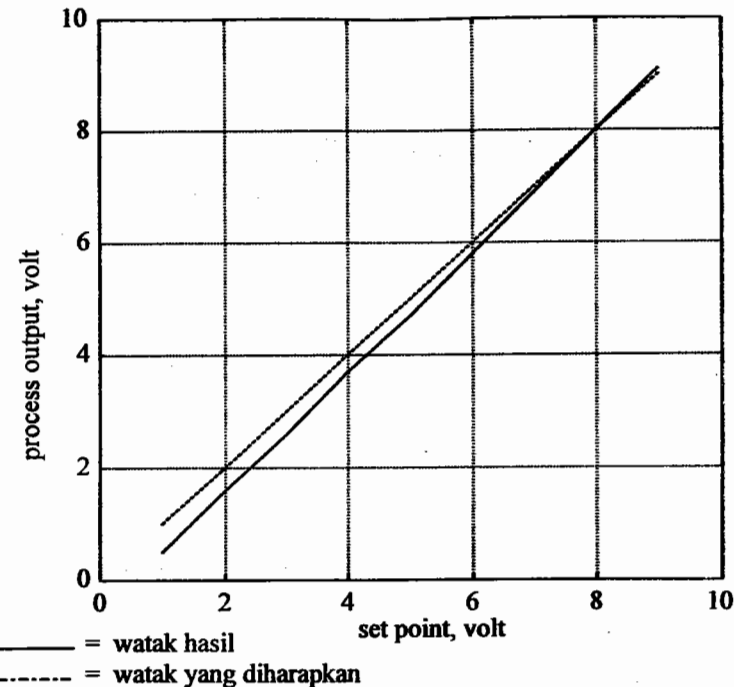
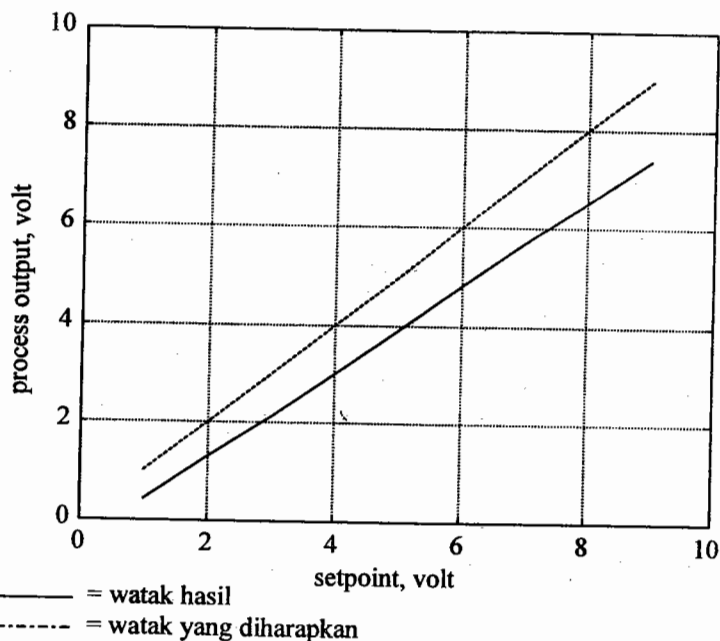
Gambar 1. Bagan kotak sistem pengendalian kecepatan motor dc.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada percobaan ini ada dua macam pengujian, yakni pengujian saat *transient* dan pengujian saat *steady state*. Sistem yang diuji meliputi: watak motor dc (tanpa kendali kecepatan), motor dc terkendali proporsional, dan motor dc terkendali logika kabur. Hasil-hasil pengamatan saat *steady state* dapat dilihat di gambar 2.



Gambar 2a. Akurasi watak sistem



Gambar 2c. Akurasi sistem terkendali logika kabur

Hasil-hasil pengamatan saat *transient* meliputi osilasi/*overshoot* dan waktu bangkit (*raise time*) dan dapat dilihat di tabel 1 dan gambar 3.

Tabel 1a. Hasil pengamatan saat *transient* untuk watak sistem

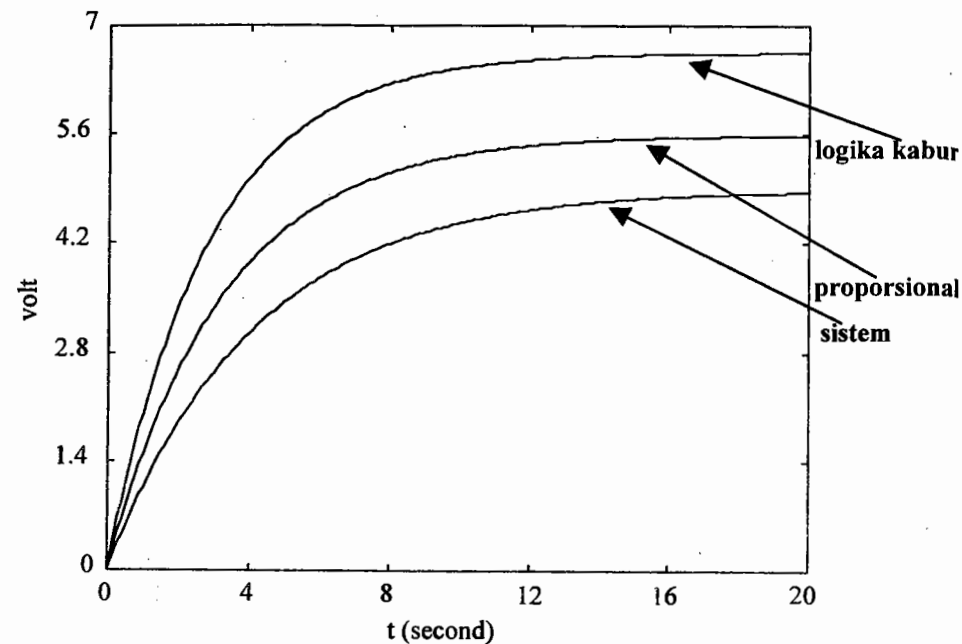
Setpoint	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Waktu Bangkit	-	-	-	-	14,9"	17,3"	19,1"	25,1"	18,4"
Osilasi/ <i>Overhoot</i>	-	-	-	-	tdk	tdk	tdk	tdk	tdk

Tabel 1b. Hasil pengamatan saat *transient* untuk sistem terkendali proporsional

Setpoint	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Waktu Bangkit	6,88"	5,09"	9,61"	5,04"	5,79"	8,38"	15,01	21,99	7,82"
Osilasi/ <i>Overhoot</i>	teredam tanpa Ov.	tdk	tdk	tdk	tdk	teredam tanpa Ov.	tdk	tdk	tdk

Tabel 1c. Hasil pengamatan saat *transient* untuk sistem terkendali logika kabur

Setpoint	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Waktu Bangkit	4,2"	4,5"	4,9"	4,2"	5,3"	6,5"	12,9"	7,6"	9,1"



Gambar 3. Grafik watak *transient* pada *setpoint* 7 volt.

Gambar 2a menunjukkan perbandingan antara tegangan keluaran generator yang diputar oleh motor dan tegangan masukan yang diberikan ke motor dc pemutar generator tersebut. Pada percobaan ini yang diperhatikan adalah tegangan masukan dan keluaran, bukan kecepatan secara langsung. Rentang masukan yang diberikan adalah dari 1 volt, 2 volt, dan seterusnya sampai dengan 9 volt. Akurasi yang berhubungan dengan *steady state error* merupakan selisih antara tegangan masukan yang diberikan ke motor dc dan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh generator dc terputar oleh motor tersebut. Akurasi dikatakan baik apabila *steady state error* kecil, dan sebaliknya. Sedangkan kecepatan sebenarnya yang dihasilkan oleh motor berkenaan dengan tegangan yang dihasilkan oleh generator memiliki hubungan 0,003 volt per rpm. Jadi, apabila tegangan yang dihasilkan oleh generator adalah 3 volt berarti kecepatan motor adalah 1.000 rpm.

Dari gambar 2a terlihat bahwa apabila motor tidak dikendalikan maka pada saat tegangan masukan 4 volt ke bawah, motor tidak dapat berputar. Hal ini disebabkan oleh beban pada motor tersebut akibat generator yang diputarnya. Selanjutnya semakin besar tegangan masukan yang diberikan, akurasi semakin baik, namun pada saat tegangan masukan di atas 8 volt, tegangan keluaran melebihi tegangan masukan, sehingga dapat disebut sebagai *negative steady state error*. Keadaan ini cukup menarik untuk dibuat pengendali umpan balik agar *steady state error* minimum atau hilang sama sekali. Pengendali umpan balik yang sering digunakan adalah PID, sehingga pada penelitian ini dicoba menggunakan pengendali lain, yaitu logika kabur.

Pengendali logika kabur di sini menggunakan pengaburan tipe *singleton*, mesin mengambil keputusan tipe perkalian (*product inference*)

pusat. Setelah dilakukan uji coba, maka pengendali logika kabur di sini menggunakan dua masukan, 15 aturan, dan satu keluaran yang fungsi aturannya dapat dilihat tabel 2. Sebagai pembandingan kinerja adalah pengendali proporsional yang parameter-parameternya telah dilakukan *tuning* menggunakan aturan Ziegler-Nichols.

Gambar 2b menunjukkan *steady state error* pada motor dc yang dikendalikan secara umpan balik menggunakan pengendali proporsional. Dari gambar terlihat bahwa untuk semua tegangan masukan, motor tetap dapat berputar, namun semakin besar tegangan masukan yang diberikan, *steady state error* semakin besar atau akurasi semakin jelek. Disamping itu pada *setpoint* tertentu terjadi sedikit osilasi tanpa *overshoot* walaupun sedikit dan sebentar (cepat teredam).

Gambar 2c menunjukkan *steady state error* pada motor dc yang dikendalikan secara umpan balik menggunakan pengendali logika kabur. Dari gambar terlihat bahwa akurasi pengendali logika kabur lebih baik dari pengendali proporsional, namun pada percobaan ini tidak dapat mencapai 0 %. Hal ini disebabkan oleh sistem kendali logika kabur yang dibuat menggunakan basis proporsional. Jika ditinjau dari fungsi keanggotaannya, maka *steady state error* pada pengendali logika kabur tidak akan melebihi 10 % terhadap skala penuh, kecuali apabila aktuaternya tidak mampu untuk mengendalikan. Hal ini juga telah terbukti dari hasil percobaan.

Tabel 1a menunjukkan hasil pengamatan saat *transient* pada motor dc tanpa kendali kecepatan. Pengamatan dilakukan terhadap waktu bangkit dan osilasi/*overshoot*. Dari tabel terlihat bahwa watak motor dc yang dicoba memiliki waktu bangkit yang cukup lama, tetapi tidak terjadi osilasi maupun *overshoot* pada semua masukan.

Tabel 1b menunjukkan watak *transient* motor dc terkendali secara umpan balik menggunakan pengendali proporsional. Dari tabel terlihat bahwa pengendali proporsional dapat mempercepat waktu bangkit, tetapi pada masukan tertentu terjadi osilasi walaupun tanpa *overshoot*. Hal ini menunjukkan bahwa pada pengendali proporsional kadangkala diperlukan *tuning* ulang untuk perubahan nilai *setpoint*.

Tabel 1c menunjukkan watak *transient* motor dc terkendali secara umpan balik menggunakan pengendali logika kabur. Dari hasil terlihat bahwa dengan pengendali logika kabur maka waktu bangkitnya rata-rata paling kecil dibandingkan dengan watak sistem maupun terkendali proporsional, dan untuk semua masukan tidak terjadi osilasi maupun *overshoot*. Hal ini menunjukkan bahwa pengendali logika kabur lebih adaptif dari proporsional yang nilai-nilai keluaran pengendali berdasar pada pengalaman seseorang dalam melakukan pengendalian.

Tabel 2. Aturan logika kabur

e \ de	NB	NK	NL	PK	PB
N	NB	NK	NK	PK	PB
NL	NB	NK	NL	PK	PB
P	NB	NK	PK	PK	PB

N=Negatif; NB=Negatif Besar; NK=Negatif Kecil; NL=Noi; P=Positif; PK=Positif Kecil; PB=Positif Besar

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Bp. Ir. A Rida Ismu Windiyarto, Bp. Ir. Samiadji Herdjunto, M.Sc., Bp. Ir. Bambang Sutopo, M.Phil., dan Bp. Dr. Ir. Thomas Sriwidodo, DEA.

KESIMPULAN

1. Pengendali logika kabur dapat memperbaiki watak *transient* dan *steady state* sistem terkendali umpan balik dengan pengendali proporsional.
2. Pengendali logika kabur lebih adaptif dari proporsional karena hanya memerlukan sekali *tuning* untuk beberapa variasi *setpoint*.
3. PLC yang dapat dipakai sebagai pengendali proporsional maupun PID dapat pula dipakai sebagai pengendali logika kabur.
4. Akurasi hasil penelitian ini terbatas pada 4 *significant figure* karena PLC tidak mengenal bilangan riil yang kemudian mengkompensasinya menggunakan angka ribuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Guillemin, Pierre. 1996. *Fuzzy Logic Applied to Motor Control*. IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. 32, No.1, pp. 51-56.
- Kissell, Thomas E. 1990. *Modern Industrial/Electrical Motor Controls*. pp. 331-347. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kosc, P. & Profumo, F. 1992. *Adaptive Fuzzy Logic Control for DC Motor Speed Loop*. Electrical Drives and Power Electronics, Sept.
- Wang, Li-Xin. 1997. *A Course in Fuzzy Systems and Control*. International Edition. pp 20-118. Prentice-Hall, Inc. United States of America.

IMPROVING RECOVERY PERCENTAGE OF RESIDUAL OIL IN SIMULATED RESERVOIR USING PETROLEUM AND NON-PETROLEUM BASE SURFACTANTS

Suryo Purwono, Bardi Murachman¹⁾
Agus Wiyono, Sumadi²⁾

ABSTRACT

Development and finding chemicals and physical/chemical processes have been done for optimizing sweep efficiencies and reducing interfacial tension to minimize residual oil in the reservoir so that oil production can be improved.

A laboratory experiment had been carried out to simulate the process. The porous media used in the oil displacement process was prepared from stainless steel cylinder and contain fine crushed core. It is proposed to be an artificial reservoir with dimension about 3.75 cm ID x 10.8 cm L. The procedure of operation is as follows: initially the reservoir model was filled with brine (1 to 3 % salt concentration) until 100 % saturation. Then oil was injected into the medium to represent oil migration until water saturation become minimum (S_{wc}), which is about 30 % (measured by electrical method). After this, the reservoir was flooded by the same brine until S_{or} was reached, which is about 10 %. The oil remaining in the reservoir after this water flood was then subjected to various injection of different chemicals for further oil recoveries.

The results show that several chemicals found in Indonesian market and developed in the laboratory can improve oil recovery up to 95 % from remaining oil or up to 30 % from the original oil in place. Further experiments show that type of crude oil, chemicals and chemical concentration, influence the oil recovery. It turns that the mathematical models proposed were in a good agreement with the experimental data.

INTRODUCTION

1. Background

Finding new oil fields is getting more and more difficult. However, the potential oil reserve in Indonesia is estimated at 48 billion barrel. After primary and secondary recovery, an average of 50 to 70 percent of the original oil in place is thought to have remained in the reservoirs. The residual oil can theoretically be recovered by enhanced oil recovery which is indeed a very promising tool in the future. Currently, various research in EOR technology is underway with intensity.

¹⁾ Staf pengajar Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UGM