

PERANCANGAN PENGENDALI KECEPATAN MOTOR ARUS SEARAH 1 HP 220 VOLT DENGAN METODE PID BERBASIS MIKROKONTROLER

Tjahja Odianto¹, Bambang Suprijono dan Winda Andrianta Widya Natasari
Jurusan Teknik Elektro - ITATS, Jl. Arief Rahman Hakim No.100 Surabaya
Email¹ : tjahjaodynanto@yahoo.com

ABSTRACT

Direct Current (DC) motor is a means of propulsion as a load and speed regulator. Best Control and performance of DC machine will increase the number of DC machine uses and will continually develop in the future. To improve the performance of DC machine system in order to control the desired speed by using PID controlled and a closed circuit control system with an optical encoder as a feedback of speed signal to the controller. Adjustment technique of DC machine speed using Pulse Width Modulation (PWM) technique, is a microcontroller generated signal. Microcontroller acts as Proportional Integral Derivative (PID) control with ($K_p = 2$, $K_i = 0,005$ and $K_d = 0,012$) control in this research. PWM signal will be sent to the driving machine to adjust the supply voltage in the machine in order to maintain a constant speed. Delphi 7 program as a Graphic user interface (GUI) is developed to incorporate the desired speed on the computer and final result shows the machine speed graphic against the time to easily monitor the performance of the system.

Keywords : PID control, DC machine speed

ABSTRAK

Motor arus searah (DC) merupakan alat penggerak sebagai pengatur beban dan pengatur kecepatan. Kontrol dan unjuk kerja yang sangat baik dari motor DC akan menambahkan jumlah menggunakan motor DC dan akan terus berkembang di masa mendatang. Untuk memperbaiki performa sistem motor DC agar dapat mengendalikan kecepatan yang diinginkan dengan menggunakan kendali-PID dan merupakan sistem kontrol rangkaian tertutup dengan *encoder* optik sebagai umpan balik sinyal kecepatan ke kontroler. Teknik pengaturan kecepatan motor dc menggunakan teknik *Pulse Width Modulation (PWM)* , merupakan sinyal dihasilkan mikrokontroler. Mikrokontroler bertindak sebagai kontrol Proporsional Integral Derivative (PID) dengan kontrol ($K_p=2$, $K_i=0.005$, dan $K_d = 0.012$) dalam penelitian ini. Sinyal PWM dikirim dalam penggerak motor untuk mengatur tegangan suplai pada motor untuk menjaga kecepatan agar konstan. Sebuah program Delphi 7 sebagai *Grafik user interface (GUI)* dikembangkan untuk memasukkan kecepatan yang diinginkan pada komputer dan hasil akhir menunjukkan grafik kecepatan motor terhadap waktu untuk memantau kinerja sistem dengan mudah.

Kata kunci: Kontrol PID, Kecepatan Motor DC

PENDAHULUAN

Motor arus searah (*Direct Current Motor*) yaitu motor yang banyak digunakan di dunia industri, sebagai penggerak *belt conveyor*, dan sebagai pesawat angkat. Keunggulan motor DC adalah torsi awal besar dan tingkat pengontrolan putaran yang sederhana.

Agar sistem pengendalian kecepatan motor DC lebih baik maka diperlukan kendali yang dapat mengendalikan sistem tersebut, dan dapat mereduksi sinyal kesalahan, yaitu perbedaan antara sinyal *set point* (sinyal yang diatur) dan sinyal aktual atau *process variable* yang dibandingkan melalui umpan balik.

Kendali yang digunakan untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan menggunakan *controller PID*. Karakteristik umum yang digunakan dalam pengontrolan suatu sistem antara lain meliputi stabilitas, akurasi, kecepatan respon dan sensitivitas.

Pada penelitian ini, dirancang kendali kecepatan motor arus searah dengan teknik digital berbasis mikrokontroler dengan menggunakan metode kendali PID, dengan harapan unjuk kerja alat pengendali dapat menghasilkan pengaturan kecepatan yang diharapkan, pengaturan beban terkontrol, penghematan daya listrik dan arus mula gerak yang diserap motor kecil.

TINJAUAN PUSTAKA

Kendali Kecepatan Motor DC

Pengendalian *fluksi* medan atau Mengatur tahanan geser medan yang dihubungkan secara *seri* dengan medan *shunt*. Dengan menaikkan tahanan dalam rangkaian medan akan menyebabkan *fluksi* medan mengecil (menurun) sehingga kecepatan bertambah. Biasanya digunakan untuk motor *shunt* atau motor kompon. Pengendalian tahanan resistansi jangkar yang dihubungkan *seri* dengan jangkar. Dengan tahanan *seri* dinaikkan, tegangan pada jangkar motor berkurang dan kecepatan motor turun. Biasanya digunakan untuk motor *seri*. Pengendalian tegangan terminal, dengan memberikan tegangan variabel yang pada rangkaian jangkar, akan menyebabkan kecepatan pada motor berubah-ubah. Biasanya memakai metode *Ward Leonard* [1].

Kendali PID

Sistem kendali adalah susunan komponen fisik yang dihubungkan sedemikian rupa untuk mengatur suatu kondisi agar mencapai kondisi yang diharapkan. Sistem kendali ini secara umum terdiri dari tiga bagian yaitu input, proses dan output. Sistem kendali ini dibagi menjadi dua yaitu bersifat terbuka (*open loop*) dan tertutup (*close loop*) [2].

Sistem kendali adalah proses pengaturan ataupun pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (*variabel, parameter*) sehingga berada pada suatu harga atau dalam suatu rangkuman harga (*range*) tertentu. Di dalam dunia industri, dituntut suatu proses kerja yang aman dan berefisiensi tinggi untuk menghasilkan produk dengan kualitas dan kuantitas yang baik serta dengan waktu yang telah ditentukan. Otomatisasi sangat membantu dalam hal kelancaran operasional, keamanan (investasi, lingkungan), ekonomi (biaya produksi), mutu produk, dll [3].

Sistem kendali dapat dikatakan sebagai hubungan antara komponen yang membentuk sebuah konfigurasi sistem, yang akan menghasilkan tanggapan sistem yang diharapkan. Jadi harus ada yang dikendalikan, yang merupakan suatu sistem fisis, yang biasa disebut dengan kendalian (*plant*). Masukan dan keluaran merupakan variabel atau besaran fisis. Keluaran merupakan hal yang dihasilkan oleh kendalian, artinya yang dikendalikan; sedangkan masukan adalah yang mempengaruhi kendalian, yang mengatur keluaran. Kedua dimensi masukan dan keluaran tidak harus sama [2].

Pengontrol PID adalah jenis pengontrol yang banyak diaplikasikan dalam kontrol proses industri karena kesederhanaan strukturnya, lebih tahan terhadap gangguan luar serta dapat diterapkan dalam kondisi operasi yang bervariasi [2].

Pengontrol PID perlu ditala secara benar yaitu menentukan harga konstanta pengontrol proporsional, integral dan derivatif yang mengoptimalkan kinerja sistem [3].

P controller dapat mengurangi rise time, menambah *overshoot*, dan mengurangi *steady state error*, *I controller* dapat mengurangi rise time, menambah *overshoot*, dan mengeliminasi *steady state error* dan *D controller* dapat mengurangi *overshoots* dan mengurangi *setting time* [3][4].

Kendali *Proporsional*, keluaran dari sistem kendali selalu sebanding dengan masukannya. Sinyal keluaran merupakan penguatan dari sinyal kesalahan dengan faktor tertentu, faktor penguatan ini merupakan konstanta *proporsional* dari sistem, yang dinyatakan dengan *Kp*, dengan *Kp* ini mempunyai tanggapan sistem yang tinggi atau cepat [4].

Kendali *Integral*, keluaran dari *controller* ini selalu berubah selama terjadi penyimpangan, dan kecepatan perubahan keluaran tersebut sebanding dengan penyimpangan, konstanta dinyatakan dengan *Ki*, dengan *Ki* ini mempunyai sensitivitas yang tinggi, yaitu dengan cara mereduksi kesalahan (*error*) yang dihasilkan dari sinyal umpan-balik (*feedback*). Makin besar nilai *Ki* maka sensitivitas akan semakin tinggi, tetapi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kestabilan lebih cepat, demikian pula sebaliknya. Kendali *Differential* (turunan) bekerja berdasarkan laju perubahan simpangan, sehingga jenis kontroler ini selalu digunakan bersama-sama dengan *controller proporsional* dan *integral*, konstantanya dinyatakan dengan *Kd*, dengan *Kd* ini mempengaruhi kestabilan dari sistem, karena aksi kendali ini dapat mereduksi kesalahan (*error*) [5].

Kendali PID Loop Tertutup Motor DC

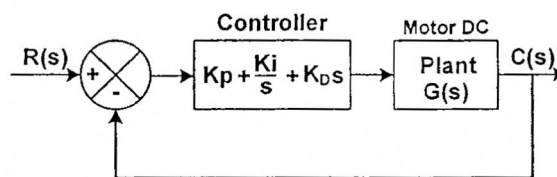
Secara matematis dapat dinyatakan

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt} \tag{1}$$

dan Fungsi alihnya dalam transformasi *Laplace* adalah

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + T_d s + \frac{1}{T_i s} \right) \tag{2}$$

Pada gambar 1, menunjukkan Blok diagram Kontrol PID loop tertutup motor DC



Gambar 1. Diagram kontrol PID *loop*-tertutup motor DC.

Mikrokontroler AVR ATMEGA 16

Teknik pengontrolan saklar elektronik dengan komponen *Triac* menjadi cerdas, maka harus ada sebuah sensor yang mampu membaca arus yang mengalir dan memberitahukan kepada sistem kontrol utama untuk mengambil tindakan memberi tegangan kepada kaki Gerbang (input sinyal penyulutan) agar membuka saklar elektronik tersebut. Sistem kontrol utama dirancang berasal dari mikrokontroler AVR Atmel [6].

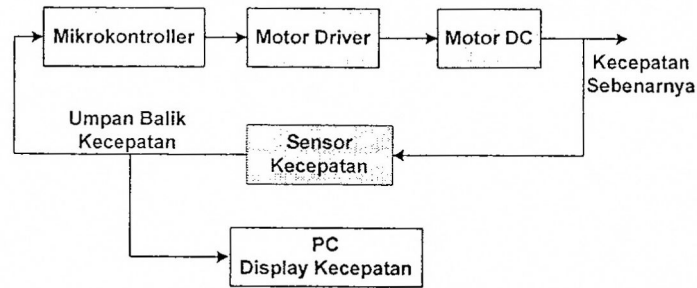
Mikrokontroler yaitu teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang yang kecil, dapat digunakan untuk membuat suatu aplikasi. Pada Mikrokontroler, program kontrol disimpan dalam ROM yang ukurannya relatif lebih besar, sementara RAM digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara; termasuk register-register yang digunakan pada Mikrokontroler yang bersangkutan. Salah satu keluarga dari mikrokontroler 8 bit AVR adalah Mikrokontroler ATMEGA 16. Dan mempunyai 3 jenis memori Memori program, Memori data, dan Memori EEPROM [7].

Teknik pengontrolan yang dilakukan untuk mempermudah pengaturan sudut penyulutan *thyristor* menggunakan mikrokontroler AVR Atmel-ATMEGA 8 [8].

Menurut *Sidik Nurcahyo* (2013), teknik pemrograman berorientasi objek menggunakan C++ untuk mempermudah pengaturan sudut penyulutan *Transistor secara real time* menggunakan mikrokontroler AVR Atmel ATMEGA 8 sebagai penggerak motor DC [8][9].

METODE

Dalam perancangan system kendali motor DC, terlebih dahulu harus dianalisa perangkat keras yang akan diperlukan dalam pengontrolan motor DC setelah itu dilakukan perancangan perangkat lunak. Kendali kecepatan dan posisi motor DC menggunakan mikrokontroler ATMEGA-16 dengan control PID metode tuning *Ziegler-Nichols*, diagram blok kontrolnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Blok diagram kontrol kecepatan motor DC.

HASIL & PEMBAHASAN

Analisa

Dalam analisa berikut menggunakan nilai parameter motor DC yang ketentuannya tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter dinamik motor DC dengan kendali PID.

R_a (ohm)	L_a (ohm)	K_a	T_p (detik)	T_i (detik)	T_d (detik)
2	25	0.05	0.05	0.01	0.0004

Penalaran Kontrol Kecepatan

Pengujian terhadap kontrol kecepatan Motor DC untuk mendapatkan nilai kontroller P, I, dan D hingga respon dinamik motor DC mencapai stabil seperti ditabelkan pada tabel 2 berikut

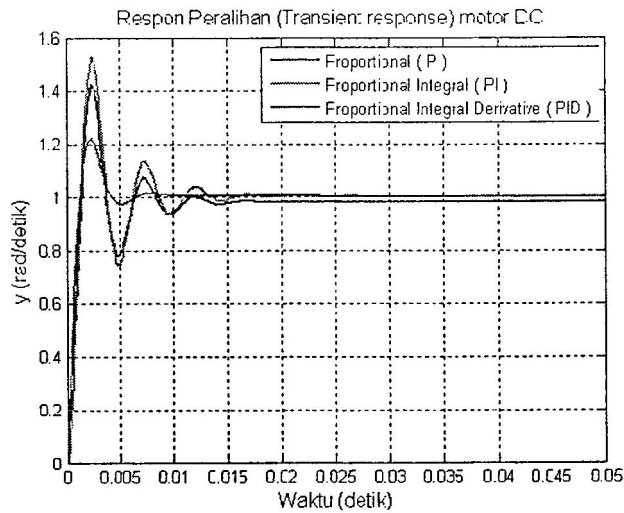
Tabel 2. Hasil pengujian dengan kendali P, I, dan D.

Tipe Kontrol	K_p	T_i	T_d
P	1		
PI	1	0.15	
PID	1	0.15	0.01

Tabel 3, menunjukkan hasil simulasi dinamik motor DC berdasarkan nilai P, I, dan D yang stabil yang tertera pada tabel 2.

Tabel 3. Untuk kerja dinamik Motor DC dengan Kendali P, I, dan D.

Kontrol	Rise Time (t_r)	Peak Time (t_p)	Overshoot (M_p)	Settling Time (t_s)
P	0.000937	0.0024	0.454	0.0104
PI	0.000914	0.0024	0.525	0.0129
PID	0.000999	0.0022	0.222	0.0056

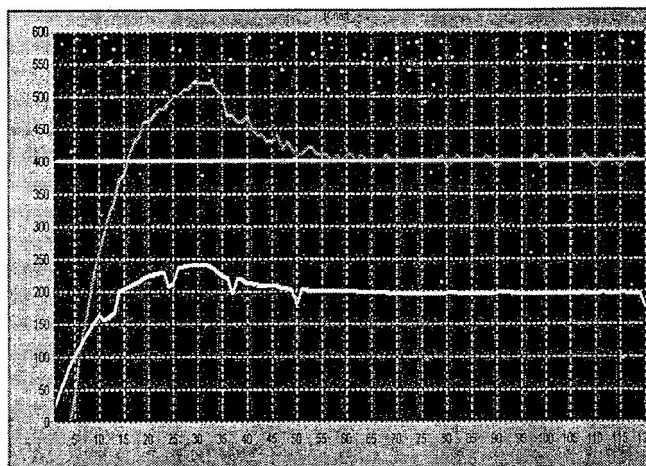


Gambar 3. Respon Dinamik Motor DC dengan Kendali P, PI, dan PID.

Tuning PID untuk Set Point 400 RPM

Tabel.4. Simulasi kecepatan motor DC dengan set point 400 rpm.

Set Point	KP	KI	KD	Rise Time (mili-detik)	Overshoot (rpm)
400 rpm	2	0.005	0.012	1400	0.12
		0.05	0.12	4800	0.12
		0.5	1.2	5300	0.12



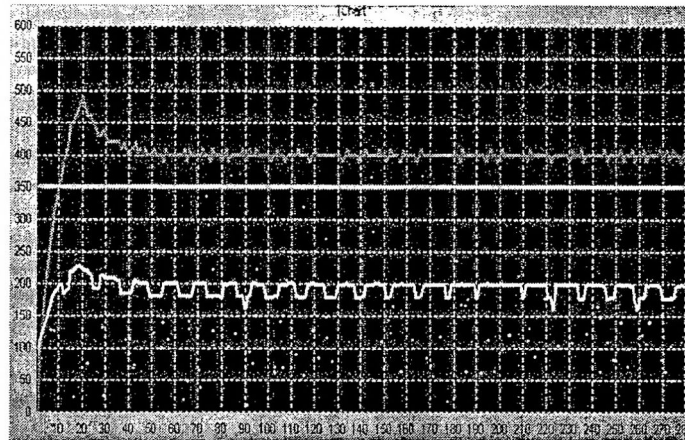
Gambar 4. Grafik Kecepatan Motor Dengan $K_p = 2$ dan $K_i = 0.005$.

Tuning PID Untuk Set Point 350 RPM

Tabel 5. Simulasi Kecepatan Motor DC dengan set point 350 rpm.

Set Point	KP	KI	KD	Rise Time (mdetik)	Overshoot (rpm)
350 rpm	2	0.005	0.012	Tak terhingga	0.12
		0.05	0.12	1000	0.12

0.5	1.2	1300	0.12
-----	-----	------	------



Gambar 4. Grafik Kecepatan Motor Dengan $K_p = 2$ dan $K_i = 0.005$.

Pengukuran Kecepatan Motor DC dengan Kendali PID

Tabel berikut adalah tabel pengukuran dengan nilai parameter kendali P, I, dan D bervariasi dan nilai tersebut hasil pengukuran yang menyatakan paling stabil.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Kendali PID pada Motor DC dengan setting bervariasi.

No	P (Proportional)	I (Integral)	D (Derivatif)	V (Volt)	I (mA)	PWM	RPM
1				2.5	13.6	0.205	350
2				2.8	12.8	0.220	400
3	1	0.15	0.01	2.9	11.6	0.224	425
4				3.0	12.3	0.233	450
5				3.1	12.8	0.240	500
6				3.1	12.7	0.246	550

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi kontrol kecepatan motor DC menggunakan logika PID maka ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan kendali PID, kontrol kecepatan motor DC menghasilkan tanggapan sistem stabil (baik), dengan nilai parameter kontrol *Proporsional Integral Derivative* (PID) dengan kontrol ($K_p = 2$, $K_i = 0.005$, dan $K_d = 0.012$)
2. Nilai karakteristik kontrol PID untuk kontrol kecepatan motor DC yang digunakan sebagai berikut : Waktu naik (*rise time*), $t_r = 0.000999$ detik, Waktu puncak (*peak time*), $t_p = 1.22$ detik, lewatan maksimum (*overshoot*) = 2.22 %, waktu penetapan(*setting time*), $t_s = 0.00562$ detik dan keadaan mantap (*steady State error*) = 1%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Rashid, M.H. 2004. *Power Electronics Circuits, Devices and Applications 3rd edition*. United States of America: Prentice Hall.

- [2]. Gene, F.F., Powell, J.D. & Naeini, AE. 2008. *Feedback Control of Dynamic Systems 4th*. Addison-Wesley.
- [3]. Nurcahyo, S. 2003. *AVR Atmel Object*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [4]. Kuo, C.B. 2005. *Automatic Control Systems 7th*, Prentice Hall.
- [5]. Nise, N.S. 2010. *Control Systems Engineering 2nd Edition*. Redwood City, California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.
- [6]. Xue., D, Chen Y.Q. & Atherton D.P. 2010. *Linear Feedback Control Analysis and Design with MATLAB*, Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia.
- [7]. Rangkuti, S. 2011. *Mikrokontroler Atmel AVR Simulasi dan Praktek menggunakan ISIS Proteus dan Code Vision AVR*, Informatika.
- [8]. Syahrul. 2012. *Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535 Prinsip, Antarmuka dan Aplikasi Mikrokontroler dengan Bahasa Rakitan*, Informatika.
- [9]. *Oriented Programming Using C++*, Andi Offset. Jakarta.