

Implementasi PID Dalam Mengendalikan Motor Menggunakan Metode PID dan Mikrokontroler Atmega

Jago Pane, Ade Surya P, Siska Novita, Romy Mazmur P, Solly Aryza, Hamdani, Rizky, Ahmad

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia
Jalan Gatot Subroto Km 4,5 Medan, Sumatera Utara, Medan, Indonesia
Email: jonlicandrasitumorang17@gmail.com

Abstrak

Motor Direct Current (DC) sering digunakan di berbagai bidang, dari bidang industri; lokal peralatan akan menjadi mainan anak. Motor Direct Current (DC) yang umum digunakan baik dalam kecepatan sistem kontrol atau sistem kendali posisi. Teknologi mikrokontroler dan PWM diaktifkan untuk membuat berbagai kontrol digital dengan kapasitas komputasi besar tetapi konsumsi kekuatannya rendah. Kemampuan mengejar set point dan menjaga kecepatan motor ketika beban diubah adalah parameter kinerja kualitas kecepatan kontrol. Penting untuk membuat sistem kontrol untuk motor dc. Didalam paper ini membahas mengenai sistem pengendali yang paling terkenal sistem derivatif integral proporsional (PID = *Proportional Integral Derivative*) dan banyak digunakan dalam bidang industri. Sistem kontrol ini memiliki respon cepat, tidak ada offset dan tidak ada osilasi dan sangat cocok untuk tanaman dengan gangguan rendah. Ada banyak aplikasi mikrokontroler dalam sistem kontrol. ATmega 8535 adalah mikrokontroler yang memiliki modulasi lebar pulsa terintegrasi (PWM = *Pulse Width Modulation*) untuk mengendalikan tanaman. Algoritma PID akan disuntikkan ke memori mikrokontroler ini. Dengan metode kontrol PID, motor dc diharapkan mencapai kestabilan dan menjaga kecepatan motor ketika beban diubah parameter kinerja kualitas kontrol kecepatan.

Kata Kunci: Pengaturan PID, Motor DC, Mikrokontroler Atmega

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini bermula dari banyaknya penggunaan motor direct current (DC) diberbagai bidang, mulai dari perangkat industri sampai peralatan rumah tangga bahkan alat permainan anak - anak. Contoh penggunaannya seperti pada mesin pemintal benang, mesin bubut, mobil – mobilan , mesin penggerak antena penerima satelit dan lain sebagainya. Perkembangan teknologi elektronika modern menjadikan perangkat pengendali untuk motor direct current tersebut dengan ukuran yang kecil, akan tetapi memiliki kemampuan komputasi, kecepatan dan kinerja yang tinggi seperti dengan menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler merupakan suatu chip yang telah dilengkapi fasilitas - fasilitas tambahan seperti ADC, memori, port paralel atau port serial, dan lain - lain.

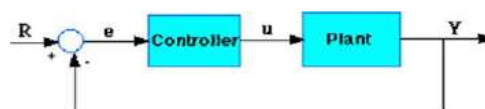
Kesanggupan menjaga kecepatan agar tetap sesuai dengan *set point* ketika diberi beban maupun kesanggupan sistem untuk mengejar kecepatan agar mencapai *set point* ketika motor mulai berputar menjadi faktor yang sangat penting sebagai ukuran kinerja pengendali kecepatan motor. Oleh karena itu, banyak penelitian untuk meningkatkan kinerja motor tersebut. Berdasarkan peninjauan, 97% otomasi industri yang bergerak dibidang proses, memakai PID sebagai komponen utama dalam pengontrolannya (sumber: Honeywell, 2000).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Sistem Kendali PID

Sistem kendali mempunyai peranan penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi yang meliputi peranan dalam bidang kehidupan. Dalam peralatan, misalnya peluru kendali, proses pada industri pesawat terbang, pesawat ruang angkasa, dan lain-lain. Tujuan utama sistem kendali merupakan mendapatkan optimasi yang diperoleh dari fungsi sistem kendali itu sendiri, yaitu: pencatatan, membandingkan, pengukuran dan perhitungan serta perbaikan.

Pengendali PID sangat banyak digunakan karena mudah dipelajari dan sederhana. Pengendali PID termasuk gabungan dari pengendali proportional (P), integral (I), dan derivative (D). Berikut ini merupakan blok diagram dari sistem pengendali dengan untai tertutup (*closed loop*).



Gambar 1. Diagram Blok Closed Loop

Dimana:

Plant : sistem yang akan dikendalikan.

Controller : Pengendali yang memberikan respon untuk memperbaiki respon.

E : error = R - pengukuran dari sensor.

Variabel yang nilai ukurannya dapat diatur disebut *Manipulated variable* (MV) biasanya sama dengan keluaran dari pengendali ($u(t)$). Keluaran pengendali PID akan mengubah respon mengikuti perubahan yang ada pada hasil pengukuran sensor dan set point yang ditetapkan. Pembuat dan pengembang pengontrol PID memakai nama untuk mengidentifikasi ketiga mode pada pengendali yaitu:

P (K_p) = Konstanta Proportional.

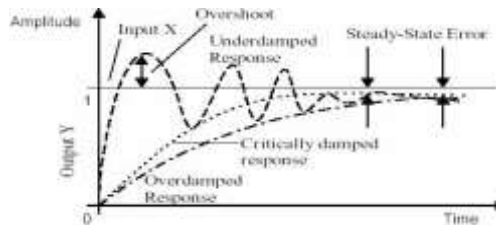
$$I (Ki) = \int = \frac{1}{T_i s} = Ki/s = \text{Konstanta Integral.}$$

$$D (Kd) = T_d \frac{d e(t)}{dt} = \text{Konstanta Derivative.}$$

Atau persamaannya adalah sebagai berikut :

$$K_p + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \frac{d e(t)}{dt} = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{d e(t)}{dt} \right]$$

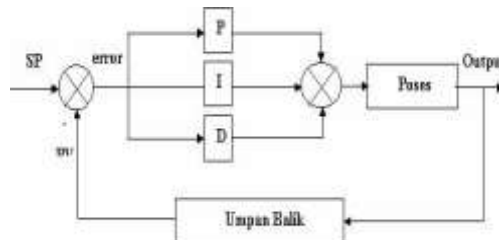
Sebelum membahas tentang karakteristik pengendali PID maka perlu dipahami bentuk respon keluaran yang akan menjadi target perubahan yaitu :



Gambar 2. Grafik Karakteristik kendali

2.2 Metode Tuning PID Ziegler Nichols

Metode penentuan parameter pengontrol PID *Ziegler Nichols* mempunyai kelebihan dibandingkan dengan metode klasik. Salah satu kelebihannya yaitu tidak ada penekanan penurunan model matematik komponen yang akan diatur (plant). Perhitungan parameter - parameter pengontrol proporsional, integral dan diferensial PID hanya dibuat untuk menentukan *ultimate period* T_u dan *ultimate gain* K_u dari respon step sebuah plant.



Gambar 3. Blok diagram kontroler PID

Proses parameter controller PID selalu berdasarkan atas peninjauan terhadap karakteristik yang diatur (*Plant*). Dengan demikian bagaimanapun rumitnya suatu plant, perilaku plant tersebut harus diketahui lebih dahulu sebelum proses penentuan parameter PID itu dikerjakan. Karena pembentukan model matematik plant rumit, maka dikembangkan... (2) suatu metode eksperimental. Metode ini berdasarkan pada reaksi plant yang dikenai suatu perubahan. Dengan memakai metode ini model matematik perilaku plant tidak dibutuhkan, karena dengan memakai data yang termasuk kurva keluaran, proses kontroler PID dapat dikerjakan. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan kinerja sistem sesuai spesifikasi perancangan. Ogata menyatakan hal itu sebagai alat control (*controller tuning*) (Ogata, 1997, 168, Jilid 2).

Metode *Ziegler-Nichols* pertama kali mengenalkan metodenya pada tahun 1942. Metode ini mempunyai dua cara, yaitu kurva reaksi dan metode osilasi. Kedua metode ini digunakan untuk menghasilkan respon sistem dengan lonjakan maksimum sebesar 25%. Gambar 4 menunjukkan kurva dengan lonjakan 25%.

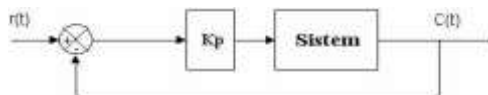


Gambar 4. Kurva respons menunjukkan 25% lonjakan maksimum

2.3 Metode Osilasi

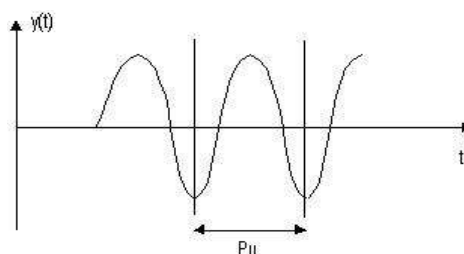
Metode ini berdasarkan pada reaksi sistem untaian tertutup. Plant disusun serial dengan controller PID. Sebelumnya parameter integrator diatur tak berhingga dan parameter diferensial diatur nol ($T_i = \infty$; $T_d = 0$). Parameter proporsional

selanjutnya dinaikkan bertahap. Mulai dari nol sampai mencapai nilai yang mengakibatkan reaksi sistem berosilasi. Reaksi sistem harus berosilasi dengan magnitud tetap (*Sustain oscillation*) (Guterus, 1994, 9-9). Gambar berikut memperlihatkan suatu rangkaian untaian tertutup dengan cara osilasi.



Gambar 5. Sistem untaian tertutup dengan alat kontrol proporsional

Nilai penguatan proportional pada saat sistem mencapai kondisi sustain oscillation disebut *ultimate gain Ku*. Periode dari sustained oscillation disebut *ultimate period Tu* (Perdikaris, 1991, 433).

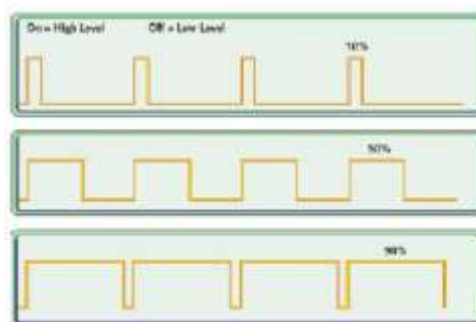


Gambar 6. Kurva respon sustain oscillation

Proses parameter PID selalu berdasarkan terhadap kedua konstanta hasil eksperimen, K_u dan P_u . Ziegler dan Nichols mengusulkan pengesettan nilai parameter K_p , T_i , dan T_d berdasarkan rumus.

2.4 Pulsa With Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam pengaturan kecepatan motor direct current (DC) dengan menggunakan mikrokontroler. Kecepatan motor listrik tergantung dari daya yang diberikan (atau sebanding dengan tegangan supply ketika arus konstan). Makin besar tegangan, maka semakin cepat putaran suatu motor listrik. PWM termasuk suatu teknik yang baik untuk mengendalikan rangkaian analog dengan keluaran digital suatu mikroprosesor.



Gambar 7. Duty cycle

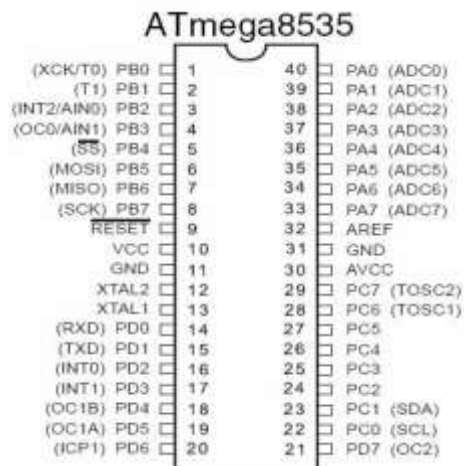
Dari gambar diatas jika menggunakan tegangan sumber (Vs) mencapai 12V, maka pada duty cycle 10% keluaran PWM ini bernilai 1,2 V, pada duty cycle 50% keluaran PWM bernilai 6V, dan pada duty cycle 90% keluaran PWM bernilai 10,8V. Dengan demikian memakai keluaran mikrokontroler sebesar 5V, rangkaian analog yang memerlukan sumber tegangan lebih dari 5V dapat dikendalikan dengan menggunakan prinsip PWM ini.

Penggunaan PWM ini dapat dipakai dalam mengendalikan putaran motor yaitu melalui perubahan duty cycle PWM atau lebar pulsa PWM. Ketika duty cycle 0%, maka motor akan berhenti total karena tidak terdapat beda tegangan. Ketika duty cycle 100%, maka motor berputar penuh karena keluaran dari PWM 12V terus menerus. Pada saat PWM dalam kondisi 50% maka motor berputar dengan kecepatan setengah kecepatan maksimalnya karena tegangan rata-rata yang dikirimkan setengah dari tegangan penuh.

2.5 Mikrokontroler Atmega 8535

Mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's Risc processor) memiliki arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit, dimana seluruh instruksi disatukan dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga AT90Sxx, keluarga ATtiny, AT86RFxx, dan keluarga ATmega. Pada dasarnya yang membedakan setiap kelas adalah peripheral, memori, dan fungsinya. Sedangkan dari segi instruksi dan arsitektur yang dipakai, keempat keluarga atmega hampir sama.

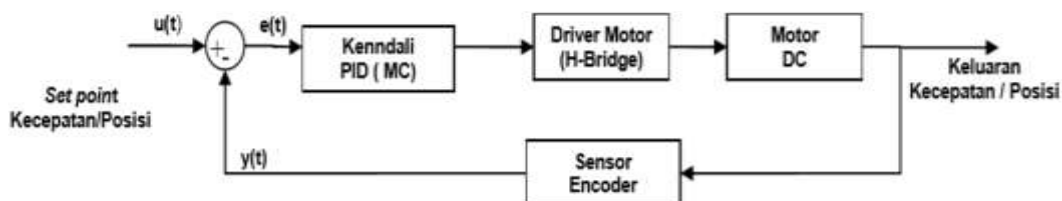
ATmega 8535 mempunyai 40 pin. Sebagian besar pin - pin ATmega ini (32 pin) terbagi dalam 4 port untuk input/output (I/O), yaitu port A, port B, port C, dan port D. Setiap pin mempunyai fungsi sebagai general digital bidirectional input/output dan mempunyai internal pull-up resistor. Untuk mengontrol fungsi port I/O sebagai masukan ataupun keluaran, perlu dibuat setting pada DDR dan port. Port I/O sebagai keluaran hanya mengirimkan arus sourcing sebesar 20 mA sehingga untuk menjalankan motor atau kendali alat elektronik lain, perlu dikirimkan penguat tambahan. Namun selain bisa dipakai untuk I/O port, sebagian besar dari pin - pin ini juga mempunyai option fungsi khusus, seperti yang diperlihatkan pada gambar 8. Port I/O pada mikrokontroler ATmega8535 dapat digunakan sebagai masukan ataupun keluaran dengan keluaran high atau low.



Gambar 8. Mikrokontroler AVR ATmega 8535

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada perancangan sistem kendali motor direct current (DC), terlebih dahulu harus dianalisa hardware yang akan dibutuhkan dalam pengaturan motor direct current (DC) setelah itu dibuat perancangan software. Posisi motor direct current (DC) dan pengatur kecepatan memakai mikrokontroler ATmega8535 dengan kontrol PID metode tuning *Ziegler-Nichols*, diagram blok kontrolnya bisa dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 9. Diagram blok kendali motor DC



Gambar 10. Set Up Motor DC yang Dikontrol

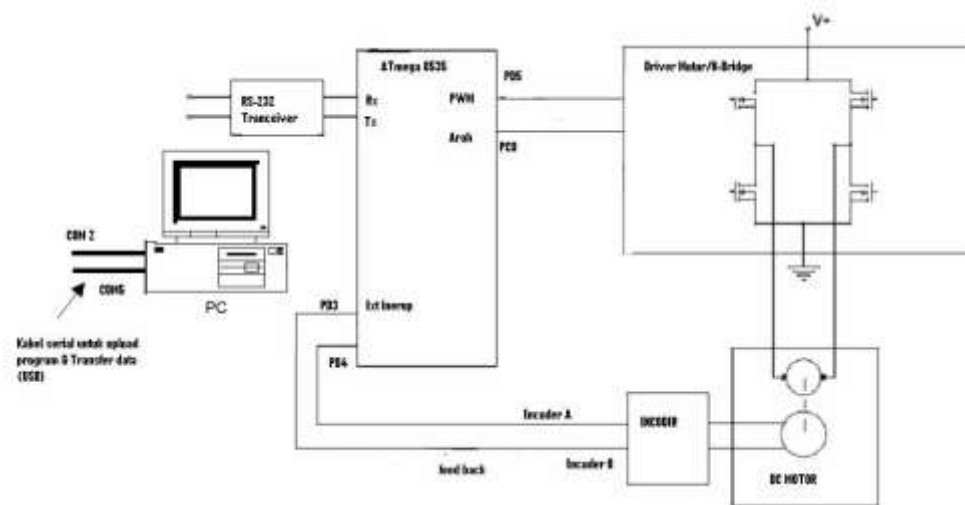
Dari blok diagram diatas menunjukkan bahwa sistem control motor bekerja dengan mengumpukan balikan kecepatan atau posisi motor yang terbaca oleh sensor dan membandingkan dengan *set poin* motor yang diperlukan. Berdasarkan *error* antara kecepatan atau posisi motor yang terdeteksi oleh sensor dengan *set point* yang diperlukan control PID melalui mikrokontroler ATmega8535 akan membuat perhitungan untuk meminimalkan nilai *error* sehingga memperoleh nilai *set point*.

Sebagai komponen pendukung kendali motor direct current (DC) dengan mikrokontroler digunakan driver motor DC, PC, komunikasi data serial dan sensor encoder. PC berfungsi untuk akusisi data. Driver motor berguna sebagai pengatur suplai daya. Sensor encoder berguna sebagai umpan balik kendali. Sedangkan USART berguna untuk komunikasi data serial antara PC dan mikrokontroler. Tegangan PWM yang dihasilkan mikrokontroler tidak bisa untuk menjalankan motor dengan

spesifikasi tegangan di atas 5V, karena itu diperlukan H-Bridge atau driver yang berfungsi sebagai penguat daya untuk menyalurkan arus pada motor sehingga motor bisa berputar semestinya. Rangkaian H-Bridge juga dipakai untuk memberikan kekuatan pada mikrokontroler untuk memutar motor secara bolak-balik (dua arah).

3.1 Pembahasan

Tahap implementasi ini terdiri dari pengujian hasil rancangan dan menganalisa tingkat keberhasilan dari hasil rancangan yang telah dibuat. *Set up* perangkat keras (hardware) pengatur motor direct current (DC) secara keseluruhan adalah sebagai berikut:



Gambar 11. Set up perangkat keras (hardware) kontrol motor DC

Pengujian perhitungan pulsa dibuat berdasarkan jumlah pulsa yang terdeteksi oleh encoder selama motor berputar. Pada mikrokontroler menu *external IRQ* diaktifkan interupsi eksternal0 dengan mode yang dipilih *rising edge* sehingga saat terjadi kondisi dari *low* ke *high* pada kaki PD2 harga pulsa akan bertambah 1 atau register TCNT0 akan bertambah 1. Piringan encoder yang dipakai memiliki celah 22 buah, jadi untuk 1 putaran atau 360° encoder akan mengirimkan 22 pulsa. Pengujian arah putaran motor bisa dikerjakan dengan mendeteksi keadaan kaki PD2 dan PD3. Setiap kali interupsi di kaki PD2 (perubahan dari *low* ke *high*). Kedua sinyal memiliki beda fasa 90° yang diperlihatkan pada gambar 11.

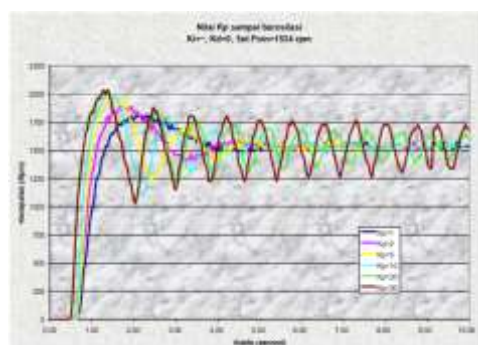
Berdasarkan gambar 11 bisa dipahami bahwa untuk arah putaran berlawanan jarum jam (CCW), saat terjadi interupsi di kaki PD2 maka kaki PD3 selalu dalam keadaan *low*. Untuk arah searah jarum jam (CW) saat terjadi interupsi di kaki PD2 maka kaki PD3 selalu dalam keadaan *high*. Jadi, arah putaran motor setiap saat dapat diketahui.



Gambar 12. Sinyal dengan beda fasa 90°

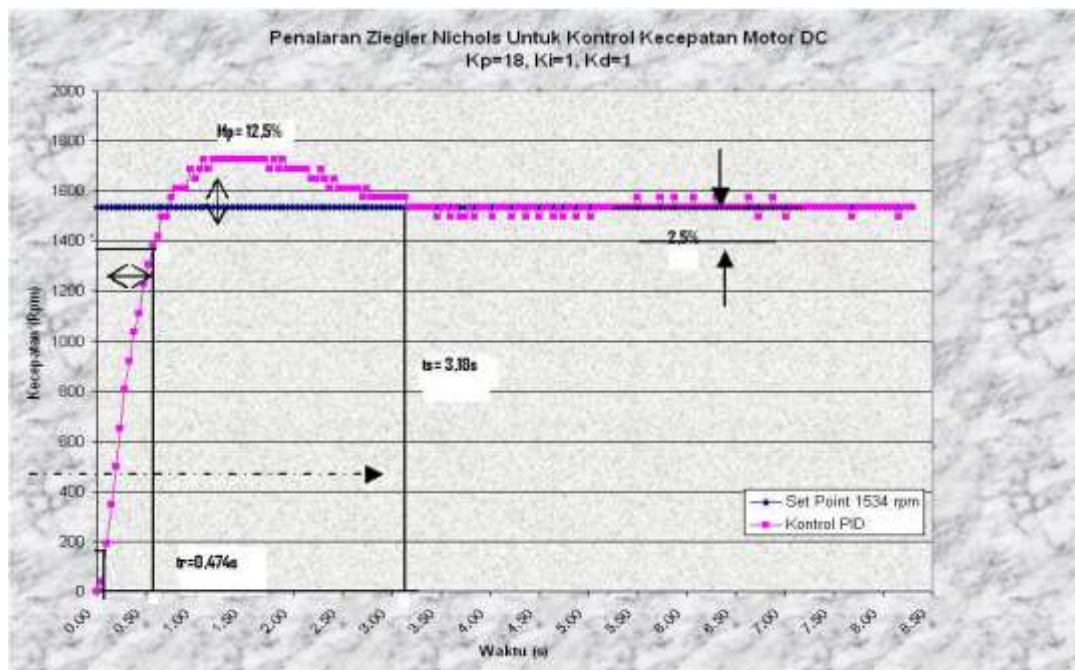
Penalaran Kontrol Kecepatan

Pengujian terhadap kontrol kecepatan untuk mencapai nilai K_u dan P_u yaitu dengan mengatur $K_i = \sim$ dan $K_d = 0$. Nilai K_p ditambah bertahap sampai akhirnya beresilasi terus. Jadi, dari pengujian didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 13. Grafik penalaran Ziegler Nichols untuk kontrol kecepatan

Sistem beresilasi terus-menerus pada harga $K_p=30$ jadi didapat harga $K_u=30$. Nilai P_u adalah 1,2s sehingga didapat nilai kontrol untuk masing-masing tipe kontrol. Untuk Kontrol PID diatur menjadi bilangan bulat ke atas sehingga nilai konstanta menjadi $K_p=18$, $K_i=1$ dan $K_d=1$. Implementasi kontrol PID menghasilkan grafik sebagai berikut:



Gambar 14. Grafik kontrol PID kecepatan motor DC

Berdasarkan hasil pengujian PID diperoleh karakteristik kontrol kecepatan motor direct current sebagai berikut:

Waktu naik (*rise time*), $t_r = 0,474$ s

Waktu puncak (*peak time*), $t_p = 1,09$ s

Lewatan maksimum (*overshoot*), $M_p = 12,5\%$

Waktu penetapan (*settling time*), $t_s = 3,18$ s

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi kontrol kecepatan motor direct current memakai logika PID maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penalaran memakai *Ziegler-Nichols* untuk kontrol kecepatan memperoleh tanggapan yang bagus terhadap mode PID.
2. Nilai karakteristik kontrol PID dengan penalaran *Ziegler-Nichols* untuk kontrol kecepatan pada motor direct current yang dipakai adalah sebagai berikut: overshoot 12,5%, rise time 0,474s, Peak time 1,09s, steady state error 0,4% dan settling time 3,1s.

REFERENCES

- [1] Astrom, K.J. , & H.agglund. *TPID controllers: Theory, design and tuning* (2nd ed). NorthCarolina, USA: Instrument Society of America. 1995.
- [2] B, Tomas. *Ziegler Nichols Method*. Michigan University, <http://www.chem.mtu.edu/~tbco/cm416/zn.html>, 14 Juni 2007, 6.30 WIB. 2004.
- [3] Barr, Michael. *Pulse Width Modulation*. Embedded Systems Programming. 2001.
- [4] Durda, Frank. *Serial and UART Tutorial*. http://www.freebsd.org/doc/en_US.ISO8859-1/articles/serial-uart/index.html, 11 juni 2007, 02.50 WIB. 2004.
- [5] Electus Distribution. *Optocouplers: When and how to use them*. http://www.electusdistribution.com.au/images_uploaded/optocoup.pdf. 2001.
- [6] Hartono, Puji. *Tesis Analisis Pengendali Kecepatan Motor Dc Menggunakan Metoda Logika Fuzzy Dengan Pencatudayaan PWM*. Teknik Elektro Institut Teknologi Padang. 2008.
- [7] Heryanto, Hari. *Pemrograman Bahasa C Untuk Mikrokontroler Atmega8535*. Penerbit Andi Publisher. 2008.