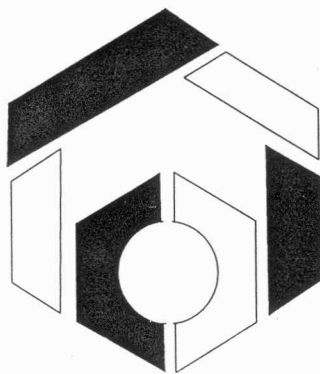


09/002

**PENGONTROLAN KECEPATAN MOTOR DC
MAGNET PERMANEN BERBASIS
MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535 DENGAN
MENGUNAKAN PENGENDALI KONVENSIONAL**

Hasil Penelitian / Pemikiran yang tidak dipublikasikan
Disusun sebagai salah satu syarat untuk
Kenaikan Angka Kredit Jabatan Fungsional Lektor

Oleh
Pipit Anggraeni
197908242005012001



JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR
DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANDUNG BANDUNG
2009

Pengontrolan Kecepatan Motor DC Magnet Permanen Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535 Dengan Menggunakan Pengendali Konvensional

Pipit Anggraeni

Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika POLMAN Bandung
Jl. Kanayakan 21 – Bandung 40135

Abstrak

Pengendalian sebuah robot beroda (autonomous) tidak akan lepas dari motor yang digunakan sebagai penggerak (actuator). Pengontrolan kecepatan motor merupakan bagian yang sangat penting dalam pergerakan sebuah robot.

Metode yang dilakukan adalah membuat pemodelan sistem yang kemudian disimulasikan dalam perangkat lunak MATLAB. Pengendali yang digunakan dalam mengontrol kecepatan motor ini adalah dengan menggunakan metoda konvensional yaitu pengontrol Proporsional, Integral, Derivatif (PID). Kemudian respon hasil simulasi diamati dan melakukan pemilihan nilai parameter pengendali yang menghasilkan respon yang baik dibandingkan dengan nilai parameter pengendali yang lain. Lalu hasil simulasi dibandingkan dengan hasil percobaan. Percobaan dilakukan dengan mengontrol kecepatan motor DC magnet permanen menggunakan mikrokontroler ATmega8535. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa pemrograman C.

Dari metoda yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil bahwa pengendali yang cocok untuk mengontrol kecepatan motor DC magnet permanen adalah pengendali Proporsional – Integral (PI). Dengan menggunakan pengendali tersebut, respon yang dihasilkan mencapai keadaan tunak dalam waktu 0,2 detik tanpa mengalami kondisi overshoot ataupun offset.

Abstract

Control on the wheeled vehicle robot would not be separated from the motor as an actuator. Motor Speed Control is an important part on the robot movement.

We use a method to make system model which will be simulated on the software of MATLAB. The control we use to controlling motor speed is using a conventional method which are Proporsional, Integral and Derivatif Control (PID). Furthermore, the result of simulation report will be observed and select controller parameter value that result in good response compare to the other controller parameters. Then result of simlation compared to the result of experiment. Experiment was done by controlling permanent magnet DC Motor using microcontroller ATmega8535. I use C Programming software as programming language.

On the methodes we used, we obtain results that the most appropriate controller to controlling speed of Permanent Magnet DC Motor is Proporsional-Integral Controller. By using that controller, the response result to the steady state condition is in the 0.2 second without experiencing the overshoot or offset.

1. Pendahuluan

Dalam dunia industri manufaktur saat-saat ini, perkembangan aplikasi sistem kendali mengalami kemajuan yang sangat pesat. Itu semua dapat dilihat dari mesin-mesin industri yang sebagian besar sudah menggunakan aplikasi sistem kendali, sehingga saat mesin dioperasikan, tidak terlalu membutuhkan tenaga dari operator lebih banyak karena mesin sudah berbasis sistem otomatisasi.

Aplikasi sistem kendali yang diterapkan dalam mesin-mesin industri terdapat pada perangkat elemen kendalinya, dimana dapat

berupa perangkat keras (*hardware*) ataupun perangkat lunak (*software*).

Apabila elemen kendali yang digunakan adalah perangkat keras (*hardware*) maka elemen akan terdiri dari komponen-komponen elektronika. Namun, jika elemen kendali yang digunakan berbasis perangkat lunak (*software*) maka elemen tersebut dapat dilakukan oleh PC (*Personal Computer*), *Microprocessor*, *Microcontroller*, *PLC* dan sebagainya.

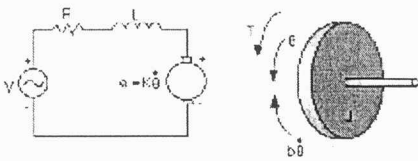
Salah satu contoh aplikasi sistem kendali adalah kendali kecepatan motor. Hal ini berlaku pada sebagian mesin-mesin manufaktur. Selain itu

sebagian besar digunakan pada robot yang menggunakan motor dengan tingkat kecerdasan yang tinggi.

Kendali kecepatan motor pada robot saat ini, menggunakan software sebagai media pengendalinya. Dengan bervariasinya metoda pengontrol motor pada robot, maka perlu difokuskan pembahasan yang akan dituliskan. Pengendalian yang difokuskan pada karya tulis ini adalah untuk sistem kendali kecepatan motor dc berbasis mikrokontroler *ATMEGA 8535* dengan metode konvensional, yang memiliki acuan dari *setpoint* dan *output sensor* kecepatan motor.

2. Landasan Teori

2.1. Motor DC Magnet Permanen



Gambar 1. Motor DC Magnet Permanen

Dengan persamaan :

$$Va = ea + ia.Ra + La. \frac{dia}{dt}$$

$$ea = ke . \omega m$$

2.2. Kontrol proporsional integral (PI)

Kontrol PI merupakan gabungan dari dua kontrol yaitu kontrol proporsional dan integral. Aksi kontrol PI didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$u(k) = Kp e(k) + \frac{Kp}{Ti} \int_0^k e(k) dt$$

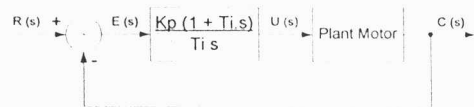
$$Ki = \frac{Kp}{Ti}$$

Atau fungsi alih kontroler adalah

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \left(1 + \frac{1}{Tis} \right)$$

Dimana Kp merupakan kepekaan proporsional atau penguat, dan Ti menyatakan waktu integral. Baik Kp maupun Ti dapat di atur. Waktu integral (Ti) mengatur aksi kontrol integral, sedangkan Kp mempengaruhi bagian

proporsional maupun bagian integral dari aksi kontrol.

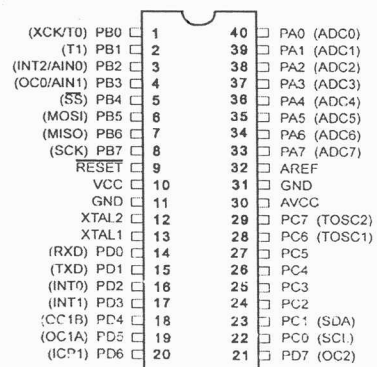


Gambar 2. Diagram Blok Fungsi

2.3. Mikrokontroler ATMEGA 8535

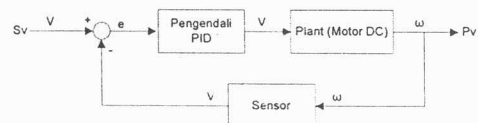
Mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's RISC) memiliki arsitektur RISC 8 bit, di mana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (*16 bits word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock*. AVR berteknologi RISC (*Reduction Instruction Set Computing*), Secara umum, AVR dapat dikelompokkan dalam 4 kelas, yaitu keluarga Attiny, AT90Sxx, ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, periperhal dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama.

Oleh karena itu, dipergunakan salah satu AVR produk Atmel, yaitu ATmega8535, pemrograman pada chip ini dapat menggunakan simulasi yang terdapat pada *software* AVR Studio4 atau langsung ke *hardware*. Selain mudah didapat dan murah, ATmega8535 juga memiliki fasilitas yang lengkap yang berguna dalam pembuatan robot, diantaranya ADC internal.



Gambar 3. Mikrokontroller

3. Metoda Eksperimental (2.11)



Gambar 4. Pemodelan Sistem

3.1. Pemodelan motor DC magnet permanen

Dengan persamaan :

$$V_a = e_a + i_a R_a + L_a \frac{di_a}{dt} \quad (3.9)$$

Dan kemudian dari data sheet motor DC magnet permanen yang digunakan dalam sistem, maka diketahui

- *moment of inertia of the rotor (J)*
- *damping ratio of the mechanical system (b)*
- *electromotive force constant (K=K_e=K_t)*
- *electric resistance (R)*
- *electric inductance (L)*

Kemudian dengan hubungan persamaan-persamaan di bawah ini :

$$T = K_t i$$

$$e = K_e \dot{\theta}$$

K_t (armature constant) = K_e (motor constant).

Dari persamaan di atas, maka dapat muncul disederhanakan berdasarkan hukum Newton dan Kirchhoff :

$$J \ddot{\theta} + b \dot{\theta} = K i$$

$$L \frac{di}{dt} + Ri = V - K \dot{\theta}$$

Dan dengan transformasi Laplace, maka dapat diturunkan fungsi transfer motor sebagai berikut :

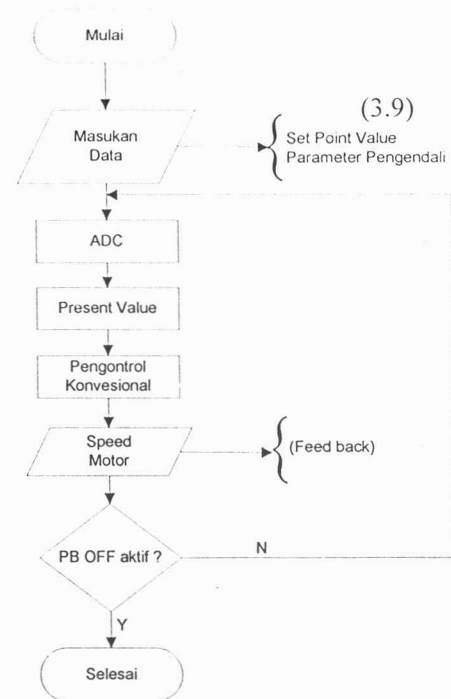
$$s(Js + b)\Theta(s) = KI(s)$$

$$(Ls + R)I(s) = V - Ks\Theta(s)$$

Eliminasi I(s) ...

$$\frac{\Theta}{V} = \frac{K}{(Js + b)(Ls + R) + K^2}$$

3.2. Flowchart Program



Gambar 5. Diagram Alir Sistem

4. Hasil

4.1. Plant (Motor DC magnet permanen)

Dari datasheet *plant* diperoleh keterangan sebagai berikut :

- V_a nominal = 24 V
- I_a nominal = 2 A
- n nominal = 2000 rpm
- Momen inersia = 0,075 Nm
- Damping ratio = 0,1 Nms

Persamaan motor magnet permanen diketahui :

$$V_a = e_a + R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt}$$

$$e_a = k_e \cdot \omega_m$$

Berdasarkan pembahasan motor DC magnet sebelumnya di BAB III, maka nilai parameter yang perlu dicari untuk memperoleh fungsi alih motor DC :

- Resistansi (R_a) [ohm]
- Konstanta elektrik / mekanik motor (K_e/K_t/K)
- Induktansi (L) [H]

4.1.1. Mencari resistansi (Ra) ...

Adapun langkah-langkah mencari nilai resistansi motor DC magnet permanen adalah sebagai berikut :

1. Beri suplai tegangan motor sebesar 1 V
2. Poros motor ditahan
3. Ukur arus
4. Hitung hambatan

Sehingga diperoleh...

$$V = I \cdot R$$

$$R_a = V / I$$

$$= 1,016 / 0,1 \rightarrow 10 \Omega$$

4.1.2. Mencari konstanta elektrik (ke) ...

Berdasarkan persamaan 4.1 dan 4.2 maka :

$$K_e = (n_{nom} - I_{a,nom} \cdot R_a) / \omega_m$$

$$= 9,47 \text{ Nm/Amp}$$

4.1.3. Mencari induktansi (La)

Plot output dengan memberi R ukur pada motor sebesar $R_a/10$ ohm...

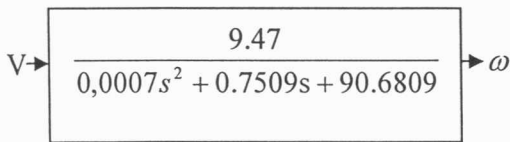
Sehingga didapat :

$$\Gamma = R_a / L$$

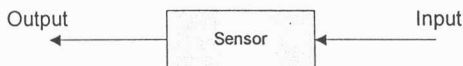
$$L = R_a \cdot \Gamma$$

$$= 10 \cdot 0,9 \text{ ms}$$

$$= 9 \text{ mH}$$

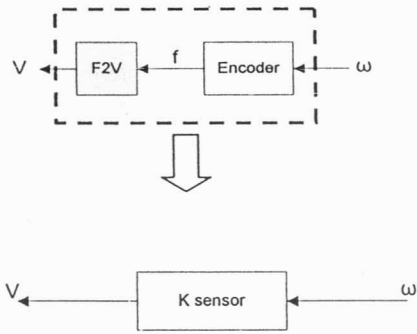


4.2. Pemodelan Sensor



Gambar 6. Diagram Blok Sensor

Dalam sistem, sensor yang digunakan berupa encoder dan *frequency to voltage* (F2V) converter. Dengan karakteristik sensor yang mengkonversi frekuensi putaran menjadi tegangan yang dianggap linear (ideal) dalam sistem, maka fungsi alih sensor dapat dinyatakan sebagai fungsi penguatan (*gain*).



Gambar 6. Blok Fungsi Alih Sensor

Dengan perhitungan K sensor adalah :

$$K_{sensor} = \frac{V}{\omega} = \frac{V}{f} \langle F2V \rangle \times \frac{f}{\omega} \langle Encoder \rangle$$

Karakteristik F2V berlaku :

- Linear maka berupa fungsi proporsional
- Saat keluaran 5V maka frekuensi sebesar 1,265KHz.,

Karakteristik encoder berlaku :

- saat diberi set point 5V maka frekuensi output encoder 1,265KHz.,
- $n \langle rpm \rangle = \frac{freq.out}{resolution} \times 60$

maka :

$$n = (1.265KHz / 100) \times 60 = 759.4 \text{ rpm}$$

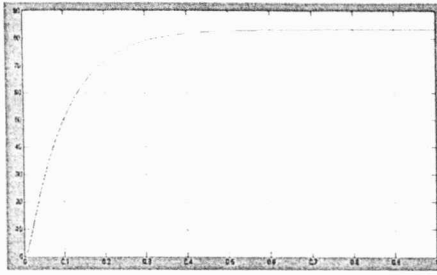
$$\omega = (n \cdot 2\pi) / 60 = (795.4 \cdot 2.3,14) / 60 = 83.3 \text{ rad/s}$$

Berdasarkan persamaan maka,

$$K_{sensor} = \frac{5}{1,265K} \times \frac{1,265K}{74,73} = 0,06$$

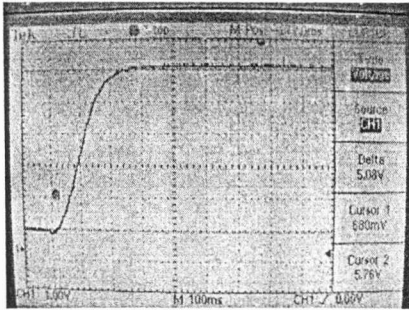
Setelah diketahui fungsi alih plant dan sensor maka disimulasikan dalam software MATLAB dengan pengendali PI.

Dan diperoleh hasil simulasi dengan parameter $K_p = 1$ dan $K_i = 1000$



Gambar 7. Hasil Simulasi Matlab

4.3. Data Pengukuran



Gambar 8. Data Pengukuran

Dari kedua hasil di atas, maka dapat di analisa bahwa hasil simulasi tidak sama dengan hasil percobaan. Hal ini dikarenakan karena :

- Pada simulasi output mempunyai satuan kecepatan sudut (ω) sedangkan pada percobaan mempunyai satuan tegangan (V).

Namun dengan membandingkan hasil simulasi dan percobaan dapat disimpulkan hasil percobaan proporsional dengan hasil simulasi.

Program

Pada dasarnya dalam pemrograman pengendali konvensional ini, harus terpenuhi beberapa tahapan, yaitu :

- Penentuan nilai *setpoint* atau (Sv);
- Pembacaan nilai *feedback* motor sehingga sebagai variabel Pv;
- Penggabungan perhitungan pengendali untuk mengendalikan kecepatan motor.

Kesimpulan

Implementasi sistem kendali kecepatan motor berbasis mikrokontroler ATMEGA8535 dengan menggunakan pengendali konvensional ini, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem mendapatkan respon yang baik saat diberikan pengendali PI dengan nilai-nilai parameter pengendali yaitu Kp dan Ki sehingga respon sistem dapat mencapai waktu steady state tercepat dengan waktu 0,2 detik tanpa melalui fase overshoot sama sekali.

Daftar Pustaka

- Erdani, Yuliadi . (1996). *Sistem kontrol 1* . Bandung : Polman Bandung.
- Erdani, Yuliadi . (1996). *Sistem kontrol 2* . Bandung : Polman Bandung.
- Munir, Rinaldi (2004). *Algoritma dan Pemrograman*. Bandung : Penerbit Informatika.
- Ogata, Katshuhiko, (1984). *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Pitowarno, Endra. (2006). *Robotika. Disain. Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta : Penerbit : Erlangga.
- Wardhana, Lingga. (2006). *Belajar Sendiri : Mikrokontroler AVR ATMEGA8535, Simulasi Hardware, dan Aplikasi*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Joelianto, Endra. (2005). *PID Controller : Tuning and Autotuning Control Loops*, Bandung : ITB.