

ANALISIS RESPON OUTPUT DARI PEMODELAN KONTROL PROPORSIONAL PADA AKTUATOR MOTOR DC

M Denny Surindra¹⁾

1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Polines
Jl.Prof. H. Sudartha, SH, Semarang
E-mail: dennysurindra@yahoo.com.sg

Motor DC (direct current) adalah peralatan elektromekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Untuk mengendalikan motor DC tersebut dapat diaplikasikan Kontroller Proportional yang merupakan salah satu controller konvensional yang mampu mengendalikan motor DC. Paper ini bertujuan membuat pemodelan control proportional untuk mengendalikan motor DC dan hasil respon output dianalisis untuk mengetahui bagaimana respon system dalam mengendalikan motor DC. Parameter motor DC diasumsikan agar memungkinkan untuk membangkitkan torque dari motor DC. Nilai K_p yang diaplikasikan sangat mempengaruhi besarnya nilai error yang muncul. Dimana semakin besar nilai K_p membuat nilai offset semakin kecil, walaupun ada harga K_p maksimum.

Kata kunci : Respon output, control proportional, Motor DC

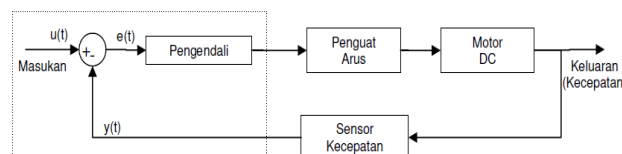
1. PENDAHULUAN

Salah satu aktuator dasar yang sering digunakan sebagai penghasil gerakan adalah motor DC. Motor DC (*direct current*) adalah peralatan elektromekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang disain awalnya diperkenalkan oleh Michael Faraday lebih dari seabad yang lalu.



Gambar 1. Motor DC

Pada pengendalian kecepatan motor DC dengan metode umpan balik, masukan dari sistem adalah kecepatan. Masukan ini kemudian dibandingkan dengan kecepatan motor DC yang sebenarnya. Selisih dari masukan dan kecepatan sebenarnya menghasilkan kesalahan (*error*). Kesalahan inilah yang akan dikompensasi oleh pengendali. Blok diagram sistem pengendali kecepatan motor DC ditunjukkan pada Gambar berikut:



Gambar 2. Diagram Pengendalian Motor DC

Untuk mengetahui kecepatan motor DC yang sebenarnya, perlu ditambahkan sensor kecepatan. Sensor ini dapat berupa *rotary encoder* yang menghasilkan pulsa-pulsa yang frekuensinya sebanding dengan kecepatan putar motor DC.

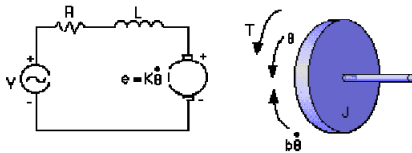
Dalam pengoperasiannya, motor listrik membutuhkan arus yang cukup besar. Sedangkan pengendali hanya dapat menyediakan arus yang tidak terlalu besar. Oleh karena itu dibutuhkan piranti penguat arus yang akan menguatkan sinyal keluaran pengendali. Jadi pengendali hanya menghasilkan variasi tegangan dengan arus kecil yang kemudian akan dikuatkan oleh penguat arus. Keluaran dari penguat arus inilah yang akan masuk untuk memutar motor DC. Pengendali akan mempertahankan kecepatan putar motor DC agar sesuai dengan masukan kecepatan yang diberikan.

Telah banyak peneliti memanfaatkan controller untuk mempermudah pekerjaan sehari-hari contohnya Rachmawati (2005) yang telah merancang dan membangun controller PID untuk mengendalikan motor DC yang berperan sebagai penggerak ayunan

bayi. Hasil dari penelitiannya membuat bayi lebih nyaman dengan bukti intensitas menangnya semakin berkurang. Ferdinando (2007) mendesign controller PID dengan menggunakan program Matlab sehingga dapat mensimulasikan aplikasi controller dengan hasil berbagai respon output. Tujuan paper ini adalah membuat pemodelan control proportional dengan menentukan nilai parameter yang memungkinkan untuk membangkitkan torque dari motor DC, kemudian hasil respon output dianalisa untuk mengetahui bagaimana respon system dalam mengendalikan motor DC.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Rangkaian ekivalen dari sebuah motor DC magnet permanent dapat ditunjukkan seperti gambar berikut ini.



Gambar 3. Rangkaian Motor DC

Jika ditentukan komponen parameter :

- 1. Momen inertia (J) = $1 \times 10^{-3} \text{ Kg.m}^2/\text{s}^2$
- 2. Damping ratio of the mechanical system (b) = 2.4 N.s/m
- 3. Kostanta (Kt) = 3.25 Nm/Amp
- 4. Tahanan (R) = 0.71 Ohm
- 5. Induktansi (L) = 0.66 H

Penurunan Transfer Function

Persamaan torsi yang dibangkitkan oleh motor DC dapat didekati secara linear dengan ansumsi motor tanpa gearbox akan mempunyai karakteristik seperti *linear torque motor*. Sehingga dapat didekati dengan persamaan berikut ini :

$$T = K_t I \tag{1}$$

dimana Kt adalah konstanta jangkar motor yang bergantung pada banyaknya lilitan pada jangkar, jumlah kutub medan, tipe belitan dan penampang jangkarnya. Adapun besarnya tegangan GGL induksi lawan yang

dibangkitkan motor ketika berputar adalah sesuai dengan persamaan :

$$e = K_t \dot{\theta} \tag{2}$$

Sehingga dengan menggunakan hukum kirchoff dan hukum newton didapatkan persamaan tegangan.

$$L \frac{d\theta}{dt} + Ri = V - K_t \dot{\theta} \tag{3}$$

$$J \ddot{\theta} + b \dot{\theta} = K_t i \tag{4}$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \dot{\theta} \tag{5}$$

Untuk mendapatkan fungsi transfer, kita transformasikan persamaan 3 dan 4 ke dalam bentuk laplace. Sehingga seperti persamaan di bawah ini :

$$Ls + R I(s) = V(s) - K_t s \theta(s) \tag{6}$$

$$s(Js + b)\theta(s) = K_t I(s) \tag{7}$$

Dengan mensubstitusikan I(s) persamaan 6 ke 7 maka didapat Keluaran $\Theta(s)$ dan input V(s) untuk pengaturan posisi

$$\frac{\theta}{V} = \frac{K_t}{s(Js + b)(Ls + R + K_t^2)} \tag{8}$$

Untuk pengaturan kecepatan maka:

$$\omega(t) = \frac{d\theta}{dt} \tag{9}$$

$$\omega(s) = s\theta(s) \tag{10}$$

Maka persamaan yang didapat

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K_t}{Js + b(Ls + R + K_t^2)} \tag{11}$$

Memasukan nilai-nilainya sehingga didapat:

$$\frac{Q(s)}{V(s)} = \frac{3.25}{0.001s + 2.4 \quad 0.66s + 0.71 + 3.25^2}$$

$$\frac{Q(s)}{V(s)} = \frac{3.25}{0.00066s^2 + 1.58471s + 12.2665}$$

Dengan memanfaatkan program computer untuk membangun respon output system. Nilai konstanta proporsional divariasikan seperti dalam Table 1, sehingga akan mendapatkan respon output terhadap setting point.

Tabel 1. Nilai Konstanta Proporsional yang diaplikasikan

No	Sistem Kontrol	Kp
1	Kontrol Proporsional	1
2		50
3		100
4		500
5		1000

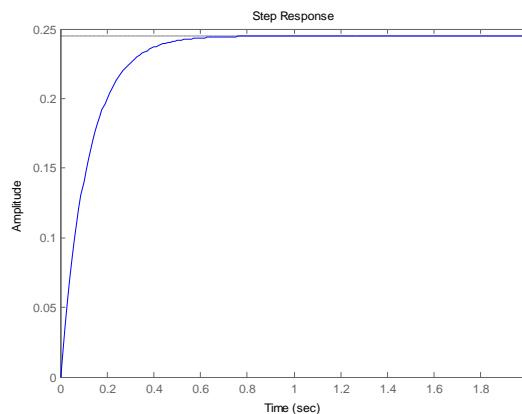
Program computer dibangun dalam software Matlab seperti contoh berikut:

```
Kp=1;
num=[Kp*3.25];
den=[0.00066 1.56471
12.2665+Kp];
t=0:0.01:2;
step (num,den,t)
```

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

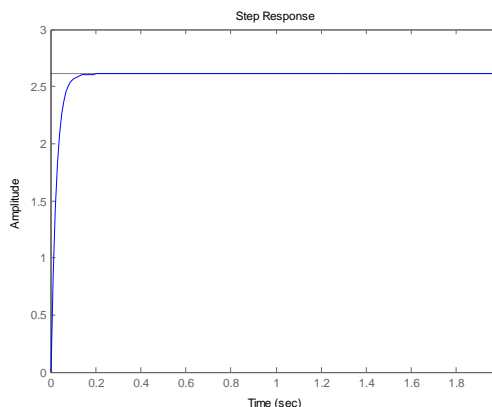
Dari hasil pengujian kontrol proporsional dapat dilihat bahwa hasil kurva yang dihasilkan bergantung pada Kp, dimana Kp merupakan konstanta proporsional yang menunjukkan besarnya aksi kontrol sesuai dengan besarnya error dengan faktor pengali tertentu. Jenis kontroler ini memiliki karakteristik overshoot tinggi, waktu penetapan besar, periode osilasi sedang, adanya offset, dan gainnya (Kp) sangat mempengaruhi error.

Pada Gambar 4 grafik pertama dimana nilai Kp = 1 menunjukkan besarnya rise time/waktu yang dibutuhkan sistem untuk memulai respon hingga mencapai setting point sangat besar yaitu samapi pada waktu 0,8 sekon untuk mencapai keadaan stabil.



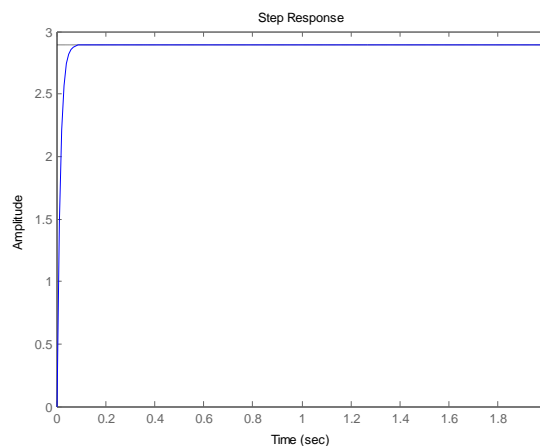
Gambar 4. Kontrol Proporsional Dengan Kp = 1

Dengan nilai Kp = 50 menunjukkan besarnya rise time atau waktu memulai respon hingga mencapai setting point adalah 0,2 sekon untuk mencapai keadaan stabil.



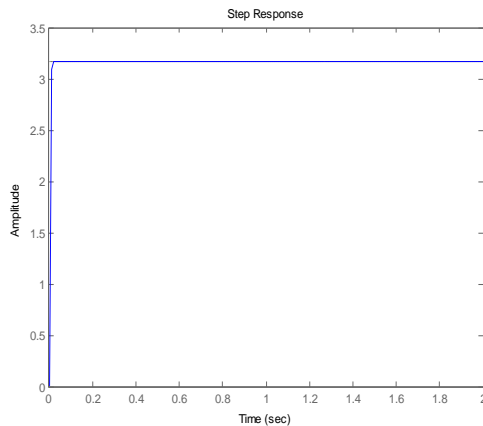
Gambar 5. Kontrol Proporsional Dengan Kp = 50

Dengan nilai Kp = 100 menunjukkan besarnya rise time atau waktu yang dibutuhkan sistem untuk memulai respon hingga mencapai setting point adalah 0,1 sekon untuk mencapai keadaan stabil.



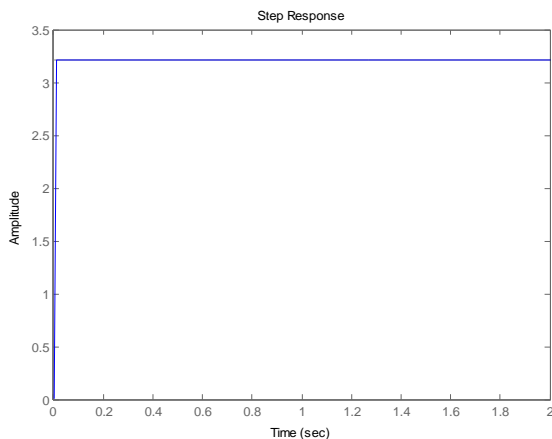
Gambar 6. Kontrol Proporsional Dengan Kp=100

Dengan nilai $K_p=500$ menunjukkan besarnya rise time/waktu yang dibutuhkan sistem untuk memulai respon hingga mencapai setting point adalah sekitar 0,02 sekon untuk mencapai keadaan stabil.



Gambar 7. Kontrol Proporsional Dengan $K_p = 500$

Dengan nilai $K_p = 1000$ menunjukkan besarnya rise time/waktu yang dibutuhkan sistem untuk memulai respon hingga mencapai setting point adalah sekitar 0,01 sekon untuk mencapai keadaan stabil.



Gambar 8. Kontrol Proporsional Dengan $K_p = 1000$

Hal ini menunjukkan bahwa besarnya K_p sangat mempengaruhi besarnya nilai error yang muncul. Dimana semakin besar nilai K_p membuat nilai offset semakin kecil, walaupun ada harga K_p maksimum (atau biasa disebut juga dengan K_p maksimum). Offset (disebut juga dengan droop atau steady state) terjadi karena aksi kontrol proporsional dengan error yang disebabkan beda antara setpoint dan control point.

Nilai output kontroler tergantung kepada perkalian error yakni kecepatan referensi dikurangi kecepatan actual, dengan konstanta K_p . Jika *error* positif berarti kecepatan actual lebih kecil dari kecepatan referensi. Jika *error* negative berarti kecepatan actual lebih besar dari kecepatan referensi.

4. KESIMPULAN

Dari kontrol proporsional yang dimodelkan untuk mengendalikan motor DC dengan persamaan *transfer function* sebagai berikut ini

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K_t}{Js + b} \frac{1}{Ls + R + K_t^2}$$

Dapat disimpulkan bahwa besarnya K_p sangat mempengaruhi besarnya nilai *error* yang muncul. Dimana semakin besar nilai K_p membuat nilai offset semakin kecil, walaupun ada harga K_p maksimum.

REFERENSI

- Bolton, W., 2012, "Mechatronics. Electronic control systems in mechanical and electrical engineering", Pearson Education, Fifth edition publish, England.
- Pitowarna, E., 2006, "Robotika: Desain, Kontrol dan Kecerdasan buatan", Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Ogata, K., 2002, "Modern Control Engineering", Fourth Edition, Buku Teks, New Jersey, Prentice Hall, Pearson Education International.
- Rachmadyanti, N., 2005, "Kontrol PID untuk pengaturan kecepatan motor padaprototipr ayunan bayi otomatis", PENS-ITS Sukolilo, Surabaya.
- Ferdinando, H., "Desain PID Controller dengan Software Matlab", Universitas Kristen Petra, Surabaya.