**Pengendalian Kecepatan Motor Arus Searah Terkendali Jangkar dengan Pengendali PID Tertala Berbasis Perhitungan**

**Nilai Akar Kuadrat Rata-rata**

Nicolaus Allu, Dr. Ir. Rhiza S. Sadjad, MSEE, Dr.-Ing. Faizal Arya Samman, S.T., M.T.

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

 Motor DC (*Direct Current*) atau motor arus searah termasuk dalam kategori jenis motor yang paling banyak digunakan baik dalam lingkungan industri, peralatan rumah tangga hingga ke mainan anak-anak ataupun sebagai piranti pendukung sistem instrumen elektronik.

 Perencanaan suatu sistem tenaga baik dalam skala industri besar ataupun kecil tidak akan lepas dari suatu asumsi bagaimana sistem ini akan berjalan dengan baik melalui suatu sudut tinjauan perilaku atau karakteristik sistem.

Kontrol PID (*Proportional – Integral – Derivative*) merupakan kombinasi dari ketiga jenis kontroler. Jika masing-masing dari ketiga jenis kontroler tersebut berdiri sendiri maka hasil yang dicapai akan kurang baik sebab masing-masing memiliki kelemahan maupun kelebihan sendiri-sendiri. Untuk memenuhi sistem yang diinginkan maka ketiga parameter PID harus ditetapkan secara optimal. Ada beberapa metode *tuning* PID konvensional yang telah dikembangkan, seperti metode coba-coba (*cut and try method*), metode Ziegler-Nichols,metode tanggapan (*step respons*), dan metode analitik.

Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan dengan metode-metode diatas dapat dilihat bahwa dengan penggunaan PID kontroler dalam suatu sistem mempunyai kelemahan, yakni bahwa parameter-parameter dalam kontroler harus selalu diubah (*tuned up*) bila terjadi perubahan didalam sistem, perubahan tersebut akan menyebabkan terjadinya *tuning* kembali dari parameter-parameter PID tersebut.

II. MOTOR DC

 Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll [2].

Model fisik dari sebuah motor DC secara lengkap yang menggambarkan bagan elektrik dan mekanik [3].

III. KONTROLER PID

1. Respon Sistem

 Respon suatu sistem kontrol selalu menunjukkan osilasi teredam sebelum mencapai *steady-state*. Penggolongan karakteristik respons transien suatu sistem kontrol terhadap masukan tangga satuan [4].

1. Kontrol PID

 Sesuai dengan namanya, kontroler ini merupakan kombinasi dari tiga sistem kontrol yaitu, proportional, integral dan derivative. Jika masing-masing dari ketiga kontroler tersebut berdiri sendiri, hasil yang dicapai kurang bagus sebab masing-masing memiliki kelemahan dan kelebihan sendiri-sendiri. Karena itu kombinasi dari ketiga sistem kontrol tersebut diharapkan dapat mengeliminasi kelemahan masing-masing dan mampu memberikan kontribusi dari kelebihan masing- masing [4]. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran system terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan.

IV. METODE TUNING ZIEGLER-NICHOLS

 Cara menentukan tuning PID juga bisa berdasarkan metode tuning Ziegler-Nichols. Metode ini bertujuan untuk pencapaian *maximum overshoot* (MO) : 25 % terhadap masukan *step*. Bentuk kurva dari kontrol PID dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols [5].



Gbr. 1 Kurva Tuning PID Ziegler-Nichols

Dimana : L = Delay time

 T = Konstanta waktu tunda

Tabel perhitungan nilai PID [5] :

TABEL I

ZIEGLER-NICHOLS

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tipe** | **Kp** | **Ti** | **Td** |
| P | T/L | ~ | 0 |
| PI | 0.9T/L | L/0.3 | 0 |
| PID | 1.2T/L | 2L | 0.5L |

TABEL II



PARAMETER MOTOR ARUS SEARAH

TERKENDALI JANGKAR

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Parameter** | **Simbol** | **Nilai** | **Satuan** |  |
| 1 | Daya | P | 0,3 | KWatt |  |
| 2 | Kecepatan putar nominal | ωnom | 2000 | RPM |  |
| 209,440 | rad/sec |  |
| 3 | Tegangan Jangkar | Ea | 220 | Volt |  |
| 5 | Arus Jangkar | Ia | 1,8 | Ampere |  |
| 6 | Tahanan Jangkar | Ra | 12 | Ω |  |
| 7 | Momen Inersia | J | 0,177 | Nmsec2/rad |  |
| 8 | Konstanta gesekan/*friction* | B | 6,83x10-3 | Kg.m2/rad.sec |  |
| 9 | Konstanta motor | Km | 0,796 | N.m/Amp. |  |
| 10 | Konstanta GGL lawan | Kb | 0,947 | Volt.sec/rad |  |
| 11 | Torsi | T | 1,432 | Kg.m2/sec2 |  |

Sumber : Motor Arus Searah Terkendali Jangkar Type 73186

 class 0.3 pada Laboratorium Elektronika Daya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Hasanuddin.

1. Motor Arus Searah Kendali Jangkar dengan Gangguan tanpa Pengendali

Pada kondisi ini motor dalam kondisi gangguan seperti diperlihatkan pada gambar bagan di bawah ini :



Gbr. 2 Gambar bagan motor arus searah kondisi gangguan tanpa pengendali

Perubahan kecepatan putaran motor arus searah terjadi seiring dengan perubahan beban, artinya cepat atau lambatnya putaran motor tergantung pada naik atau turunnya beban motor tersebut. Perubahan beban itu sendiri kemudian disebut dengan gangguan (*disturbance*).

Walaupun ada gangguan yang terjadi namun kecepatan putaran motor arus searah sedapat mungkin tetap berputar pada kecepatan nominalnya. Sebagaimana yang telah dijelaskan diatas bahwa yang dimaksud dengan kondisi gangguan adalah seberapa besar perubahan beban yang diberikan ke motor yang berdampak pada perubahan kecepatan motor arus searah.

Berdasarkan gambar simulasi motor arus searah tanpa pengendali (Gbr. 2) diatas jika dijalankan diperoleh RMSE = 68,63 RPM dan RMS\_Ea = 0, dengan grafik hasil simulasi sebagai berikut.

Gbr. 3 Grafik hasil simulasi antara tegangan, beban, alpha, kecepatan motor, dan arus jangkar terhadap waktu tanpa pengendalian

Nilai besaran gangguan yang terjadi pada arus dan putaran motor pada gambar grafik diatas :

1. Gangguan arus terendah mencapai 0,3396 Ampere sedangkan gangguan arus tertinggi mencapai 3,311 Ampere dari arus nominalnya sebesar 1,8 Ampere.
2. Gangguan putaran terendah terjadi pada 1818 RPM sedangkan gangguan putaran tertinggi mencapai 2177 RPM dari putaran nominalnya sebesar 2000 RPM.

B. Motor Arus Searah Kendali Jangkar denga Pengendalian pada kondisi Gangguan (*Closed loop Control*)

 Pengendali yang digunakan yaitu kendali Proporsional-Integral-Derivatif (PID). Berikut potongan grafik hasil simulasi kecepatan motor arus searah terhadap kondisi gangguan tanpa pengendali.



 Gbr. 4 potongan grafik hasil simulasi kecepatan motor terhadap waktu dengan gangguan tanpa pengendalian.

Dari gambar grafik diatas diperoleh : L = 0,63 dan T = 1,89.

Sehingga diperoleh :

 Kp = 1.2T/L = 1.2 (1.89/0.63) = 3.6

 Ti = 2L = 2 x 0.63 = 1.26

 Ki = Kp / Ti = 3.6 / 1.26 = 2.857

 Td = 0.5L = 0.5 x 0.63 = 0.315

 Kd = Kp x Td = 3.6 x 0.315 = 1.134

 Dalam membuat pengendalian daur tertutup pada motor arus searah terkendali jangkar. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar bagan berikut ini,





Gbr. 5 Gambar bagan motor arus searah kondisi gangguan dengan pengendali (*closed loop control*)

 Bila motor DC *closed loop control* dengan inisialisasi sistem PID : Pengendali Proporsional-Integral-Derivative (Kp = 3,6 , Ki = 2,857 , Kd = 1,134), maka diperoleh RMSE sebesar 65,99 RPM dan RMS\_Ea sebesar 4,362 Volt serta dihasilkan grafik tegangan, beban, alpha, error dan kecepatan putar seperti pada gambar dibawah ini,





 Gbr. 6 Grafik hasil simulasi motor arus searah dengan pengendali Kp = 3,6 , Ki = 2,857 dan Kd = 1,134

1. Perhitungan RMSE dan RMS\_Ea pada setiap waktu t:

$$RMSE(t)= \sqrt{\sum\_{}^{}\frac{\left(Error\right)^{2}}{time}}$$

 ………………….(1)

 dimana Error = Omega – 2000 rpm

$$RMS\\_Ea(t)= \sqrt{\sum\_{}^{}\frac{\left(Error\right)^{2}}{time}}$$

 .………………(2)

 dimana Error = Ea – 220 Volt

Berikut grafik hubungan RMSE (RPM) dengan penguatan K untuk K = 1 sampai K = 5



Gbr. 7 Grafik hubungan RMSE (RPM) dengan penguatan K untuk K = 1 sampai K = 5

Grafik hubungan RMS\_Ea (Volt) terhadap penguatan K untuk K = 1 sampai K= 5

Gbr. 8 Grafik hubungan RMS\_Ea (Volt) terhadap penguatan K untuk K = 1 sampai K = 5

Dengan Kp = 3,6 , Ki = 2,857 , dan Kd = 1,134 sesuai tuning Ziegler-Nichols, maka untuk menentukan titik optimum dapat diambil perpotongan dari grafik RMSE dan RMS\_Ea dengan mengambil titik minimum dari selisihnya seperti pada Gbr. 9 berikut ini.

Gbr. 9 Grafik hubungan RMSE (%), RMS\_Ea (%) dan selisihnya (%) terhadap penguatan K untuk K =1 sampai K = 5

Dari grafik seperti Gbr. 9 diatas dapat dianalisis :

1. Semakin besar nilai K maka RMSE semakin kecil dan RMS\_Ea semakin besar.
2. Titik optimum dari RMSE dan RMS\_Ea berada pada titik minimum dari selisihnya yaitu 0,0036 (K = 1,94 , RMSE = 2,8950 % , RMS\_Ea = 2.8914 %). Maka diperoleh nilai pengendali PID yang terbaik sebagai berikut:

Kp = 1,94 x 3,6 = 6,984

Ki = 1,94 x 2,857 = 5,543

Kd = 1,94 x 1,134 = 2,199

DAFTAR PUSTAKA

[1] Muhamad Ali, “Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID dengan *Software* MATLAB”, Jurnal Edukasi@Elektro Vol. 1, No. 1, Oktober 2008.

[2] A Pinem, “Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Integral Siklus Kontrol (Aplikasi Pada Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-USU)”, Tugas Akhir, 2009.

[3] Harifuddin, “Pemodelan dan Pengendalian Motor DC Terkendali Jangkar”, Jurnal MEDIA ELEKTRIK, Volume 3 Nomor 1, Juni 2008.

[4] Era Purwanto, Mukti Wibowo, Soebagio,dkk. “Pengembangan Metoda *Self Tuning* Parameter PID Controller Dengan Menggunakan *Genetic Algorithm* Pada Pengaturan Motor Induksi Sebagai Penggerak Mobil Listrik”, Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, Yogyakarta 20 Juni 2009.

[5] Mochamad Mobed Bachtiar, Bima Sena Bayu D, dkk. “Sistem Kontrol *Inverted* Pendulum Pada *Balancing Mobole Robot*”, Jurusan Teknik Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

[6] Tatang Sukendar, Berayan Munthe, “Sistem Pengaturan Motor AC Servo Dengan Kontroller PID *Self Tuning* Berbasis *Fuzzy Logic*”, Jurnal DiSainTek Vol. 01, No. 01 Desember 2007.

[7] Erwin Susanto, “Kontrol *Proporsional Integral Derivatif* (PID) Untuk Motor DC Menggunakan Personal Computer”, Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Telkom Bandung 2009.

[8] Bobal, Vladimir, “*Self-Tuning PID Controller*”, *Department of Automatic* *Control, Faxculty of Technology Zlin: Proceedings of the 7th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED99) Haifa, Israel - June 28-30, 1999.*