

DESAIN DAN IMPLEMENTASI KONTROL PID PADA LENGAN ROBOT DUA DERAJAT KEBEBASAN

Afaf Fadhil Rifa¹, Sony Sumaryo², Basuki Rahmat³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Kendali digital menjadi sangat penting dalam industri proses karena berbagai keuntungan yang ditawarkan. Hal ini didukung dengan perkembangan teknologi perangkat keras yang tetap dengan perangkat lunak yang fleksibel serta dapat melakukan integrasi dan diferensiasi sinyal yang sangat lambat. Tetapi kendali digital juga memiliki beberapa kelemahan, untuk itu maka didesain suatu kontrol sistem yang memiliki kemampuan mengidentifikasi sekaligus mengoreksi kesalahan output sistem dengan menggunakan kontrol PID (Proportional, Integratif dan Derivative).

Pada Tugas Akhir ini akan dianalisa dan diimplementasikan kontrol posisi dengan menggunakan PID melalui sebuah plant lengan robot dua derajat kebebasan konfigurasi sendi-lengan yang dikendalikan oleh dua buah motor DC. Masukan pergerakan lengan robot akan dikendalikan oleh sebuah komputer dengan aplikasi Matlab dan Simulink. Masukan yang diberikan adalah berupa posisi tujuan dan konstanta PID. Kontrol lengan robot sendiri menggunakan motor DC yang dihitung berdasarkan arah pergerakan tanpa memperhatikan aspek dinamik motor. Dalam menuju proses implementasi ini maka lengan robot dua derajat kebebasan telah dirancang untuk dapat mengerjakan fungsi khusus melakukan gerakan naik-turun.

Keluaran dari pergerakan lengan robot dengan performance feedback memiliki hasil untuk lengan pertama dan kedua rise time 2.8 detik, settling time 6,98 detik, peak time 4 detik, overshoot 0%. Untuk lengan-1 didapatkan parameter $K_p=2$ dan $K_d=0,2$, sedangkan untuk lengan-2 didapatkan $K_p=0,1$ dan $K_d=0,01$. Dengan data tersebut diharapkan dapat diketahui nilai parameter kontrol PID yang dapat digunakan untuk merancang sistem robot yang lebih kompleks dengan input tujuan dan berat lengan yang sama.

Kata Kunci : Kontrol Proportional, Integratif dan Derivative, motor DC, performance feedback

Abstract

Digital control becomes one of important thing in process industry because it has various advantages. This is supported with constant the hardware technological growth and the flexible software growth, which can conduct the integration and differential signal slowly. But digital control also has some weakness, for that we are design control system with ability own identify also has ability to correct the mistake of output system using PID (Proportional, Integratif and Derivative) controller.

At this final task will be analyzed and implemented position control using PID controller in a plant of two degree-of-freedom robotic arm with joint-arm configuration controlled by two DC motor. Movement input of robotic arm will be controlled by a computer using Matlab and Simulink application. The input has given by the form of target position and PID constanta. Controlling the robotic arm use the DC motor which calculated movement direction and regardless dynamic motor constanta. This implementation process border with special purpose of two degree of freedom robotic arm has been designed to do the movement fluctuate.

Output from movement of robotic arm by performance feedback has result for the first and second arm with rise time 2,8 seconds, settling time 6,98 seconds, peak time 4 seconds, overshoot 0%. The first arm is got constanta of $K_p=2$ and $K_d=0,2$, while the second arm is got constanta of $K_p=0,1$ and $K_d=0,01$. With the data, expected knowable the parameter of PID controller which can be used to design the more complex robot with the same target input and arm weight.

Keywords : Proportional, Integratif and Derivative controller, DC motor, performance feedback

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem kendali memegang peranan penting dalam proses manufaktur. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya kontroler yang digunakan hampir di setiap sistem. Umumnya kontroler ini digunakan didalam industri-industri proses. Metode-metode kendali yang digunakan kontroler tersebut juga telah banyak berkembang. Penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan pengguna untuk meningkatkan performansi atau efisiensi tertentu.

Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Maka dari itu didesainlah suatu *controller* yang dapat mengidentifikasi sekaligus mengkoreksi kesalahan output sistem dengan menggunakan kontrol PID. Dengan kontrol PID akan diperoleh beberapa keuntungan, yaitu :

1. Dapat digunakan untuk semua kondisi proses.
2. Menghilangkan *error offset* pada mode proporsional
3. Menekan kecenderungan osilasi.
4. Memiliki rise time yang cepat.
5. *Overshoot* yang sekecil mungkin.

Plant lengan robot pada sistem kontrol umumnya bervariasi dalam konfigurasi. Beberapa konfigurasi yang dikenal adalah konfigurasi polar, silinder dan sendi-lengan. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan konfigurasi sendi-lengan dan motor DC sebagai *plant* karena fleksibilitas gerakannya. Penyusunan model matematis dari sebuah *plant* tidak ah mudah. Ada beberapa analisis pemodelan yang bisa digunakan yaitu analisis kinematik statik dan dinamik. Kinematik statik dalam robotik adalah suatu bentuk pernyataan yang berisi tentang deskripsi matematik geometri dari suatu struktur robot. Dari persamaan kinematik statik dapat diperoleh hubungan antara konsep geometri ruang sendi pada robot dengan konsep koordinat yang biasa dipakai untuk menentukan kedudukan dari suatu obyek. Model yang digunakan dalam simulasi ini berbasis uji coba, dimana model ini lebih mencerminkan pendekatan kondisi aktual dari *plant* yang dipakai. Hasil gerakan akan ditinjau untuk dilihat faktor analisis kestabilan, respon step, *rise time* dan *settling time* yang ditampilkan melalui *user-input* monitor.

1.2 Tujuan Penelitian

Aplikasi lengan robot dua derajat kebebasan merupakan miniatur dalam industri. Kontroler yang paling penting adalah yang dapat mewujudkan tujuan desain spesifikasi kontrol. Pada penelitian ini dibuat tujuan desain adalah:

- a. *Overshoot* kurang dari 2%
- b. Waktu naik (*rise time*) kurang dari 3 detik
- c. Waktu turun (*settling time*) kurang dari 10 detik
- d. Kesalahan keadaan tunak (*steady state*) kurang dari 2%
- e. Osilasi pada sistem tidak terjadi

Nilai nilai tersebut diambil dari kontrol batang pengendalian pesawat Boeing 737 komersial. Dalam analisis lebih lanjut diharapkan penelitian ini memiliki hal:

1. Membuat *plant* dan model dari lengan robot dua derajat kebebasan dalam bentuk matematis
2. Membuat kontrol PID dengan spesifikasi desain yang telah ditentukan
3. Mangaplikasikan kontrol PID untuk kestabilan sistem lengan robot dua derajat kebebasan

1.3 Perumusan Masalah

Kontroler PID merupakan salah satu jenis pengatur yang digunakan saat ini. Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P, I, dan D dapat saling menutupi dengan mengkombinasikan ketiganya secara paralel.

Pembahasan masalah meliputi:

1. Estimasi harga (*tuning*) parameter-parameter kontroler PID pada motor DC.
2. Komunikasi serial antara kontroler PID dengan driver untuk menggerakkan dua buah motor DC secara paralel.
3. Analisis *feedback* dari pergerakan lengan robot dua derajat kebebasan untuk ketepatan posisi dan perhitungan yang lebih kompleks.

1.4 Batasan Masalah

1. Analisis mekanik kontrol lengan robot hanya dilakukan pada kondisi kinematik statik lengan robot ideal.
2. Analisis kinematik dinamik digunakan hanya untuk mencari fungsi transfer dari *plant* lengan robot.

3. Kontroler PID dan *performance feedback* menggunakan aplikasi Matlab dan Simulink.
4. Driver motor menggunakan mikrokontroler AVR ATmega 8535 dengan komunikasi serial.
5. Konfigurasi pemasangan dua buah motor DC pada sendi berupa konfigurasi sendi-lengan.
6. Mekanika lengan robot menggunakan motor DC dan bahan aluminium
7. Analisis *feedback* berupa analisis kestabilan, respon step, *rise time* dan *settling time* pada variasi perubahan *set point*.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang akan dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1.5.1 Studi Literatur dan Pustaka

Referensi bisa diperoleh dari diktat-diktat kuliah *Robotic* dan *Control System*, buku-buku mengenai kontrol PID, jurnal-jurnal, *manual book* dari vendor, dan hasil *browsing* di internet (format html dan PDF).

1.5.2 Desain

1. Desain Kerangka (mekanika)
Perancangan kerangka pemodelan lengan robot dua derajat kebebasan dilakukan dengan *software* AutoCad. Desain mekanika ini juga sekaligus menentukan dimana letak sendi-lengan, motor, dsb.
2. Desain algoritma kontrol yang akan diterapkan.
Langkah-langkah dalam mendesain algoritma kontrol:
 - a. Menentukan parameter-parameter dari motor DC yang berpengaruh terhadap arah gerak.
 - b. Membuat pemodelan dari motor DC (*model-reference*), kemudian mensimulasikannya.
 - c. Membuat algoritma kontrol sesuai dengan pemodelan dalam bentuk fungsi transfer.
3. Desain program yang akan menjadi kendali dan *feedback* lengan robot
Adapun langkah-langkah dari desain program tersebut adalah:

- a. Membuat driver motor DC yang terdiri dari komponen-komponen seperti induktor dan resistor.
- b. Memasukkan nilai-nilai yang telah diperoleh dari pergerakan lengan robot ke kontroler, sehingga diperoleh analisis *feedback* .

1.5.3 Implementasi

1. Mengintegrasikan mekanika termasuk didalamnya motor dan sensor *feedback* potensiometer.
2. Memberi *user input* pada kontroler PID untuk mengendalikan motor.
3. Membuat *performance feedback* dari user-input yang diberikan melalui pergerakan lengan robot dua derajat kebebasan.

1.5.4 Analisis dan Evaluasi

Pada tahap ini, akan diamati dan dianalisis bagaimana kerja dari sistem secara keseluruhan dengan melihat tuning dan kurva kestabilan sistem. Apabila ada kekurangan dan ketidaksempurnaan maka akan dilakukan perbaikan.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan pembahasan latar belakang, tujuan penulisan, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi penyelesaian masalah serta sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori dasar sistem kontrol PID dan penerapannya pada motor DC, teori motor DC beserta pemodelannya, teori mikrokontroler AVR ATmega 8535 yang diaplikasikan dalam pembuatan lengan robot dua derajat kebebasan dan penggunaan *software* Simulink.

BAB 3 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan tentang proses perancangan sistem, meliputi desain dan pemodelan kerangka (mekanika), sistem mikrokontroler AVR ATmega 8535 termasuk hubungannya dengan *software* Simulink, desain dan tuning algoritma kontrol PID yang akan diterapkan beserta pemodelan lengan robot dua derajat kebebasan.

BAB 4 EVALUASI DAN ANALISIS SISTEM

Bab ini berisi pengujian terhadap sistem yang diimplementasikan secara keseluruhan dan analisis terhadap performansi sistem.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran terhadap sistem yang telah diimplementasikan.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisa pada tugas akhir ini, dapat diambil kesimpulan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

5.1 Kesimpulan

1. Fungsi transfer untuk lengan robot dua derajat kebebasan adalah untuk lengan pertama

$$\frac{OUT_1(s)}{IN_1(s)} = \frac{(h - H_{11})s^2 + \tau_1.s - G_1}{H_{12}s^3 - 2h.s^2}$$

dan untuk lengan kedua

$$\frac{OUT_2(s)}{IN_2(s)} = \frac{-H_{12}.s^2 - \tau_2.s + (h - G_2)}{H_{22}s^3}$$

2. Nilai Kp dan Kd untuk spesifikasi lengan robot dua derajat kebebasan dan parameter desain seperti dalam penelitian adalah untuk lengan pertama Kp=2 dan Kd=0,2 dan untuk lengan kedua Kp=0,1 dan Kd=0,01.
3. Hasil dari *performance feedback* adalah seperti pada tabel 4.4 yaitu

Parameter	Lengan-1	Lengan-2
<i>RiseTime</i>	2.8	2.8
<i>SettlingTime</i>	6.98	6.98
<i>SettlingMin</i>	2.48E-04	1.20E-04
<i>SettlingMax</i>	2	0.18
<i>Overshoot</i>	0	0
<i>Undershoot</i>	0	0
<i>Peak</i>	2	0.18
<i>PeakTime</i>	4	4

4. Kontrol masing-masing lengan masih terpisah dan lengan robot belum melakukan fungsi khusus seperti proses bor.
5. Port serial (RS232) dapat dipakai sebagai *interface* aplikasi Simulink dengan fitur xPC Target namun aplikasinya masih sulit digunakan sehingga dalam penelitian ini masih menggunakan pemrograman dalam Matlab untuk kontrol secara *real time*.

5.2 Saran

1. Lengan robot dapat diaplikasikan untuk tujuan tertentu seperti bor dan tangan.
2. Analisis dapat digunakan motor servo sebagai perbandingan analisa dengan menggunakan motor DC.
3. Faktor dinamik lengan seperti gesekan, gaya sentripetal dan sentrifugal dan penambahan jumlah sendi dapat ditambahkan untuk analisa kontrol PID lebih lanjut.



DAFTAR PUSTAKA

1. Asada, Haruhiko dan Slotine, JacquesE. 1986. *Robot Analysis and Control*. Wiley-IEEE: Las Vegas.
2. Jones, Richard. 2005. *Journal: Control of A Compliant Two-Axis Robotic Arm*. University of Reading: Reading.
3. Pitowarno, Endro. 2006. *Robotika : Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*. Penerbit ANDI: Yogyakarta.
4. Sandler, Ben-Zion. 1999. *Robotics: Designing the Mechanisms for Automated Machinery*. Academic Press: California.
5. Wahyu Dwi, Thomas, dkk. 2003. *Analisis dan Desain Sistem Kontrol dengan MATLAB*. Penerbit ANDI:Yogyakarta.
6. Wardhana,Lingga.*Mikrokontroler AVR SeriATMega 8535*.ANDI:Yogyakarta
7. -----2004. *Atmega 8535(L)Preliminary Complete, Atmel Corporation*
http://atmel.com/dyn/resource/prod_document/doc2502.pdf
8. -----200. *PID Controller*
http://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller
9. -----200. *Simulink Tutorial*
<http://www.engin.umich.edu/class/ctms/extras/pidbilin.htm>
10. -----200. *Laplace Transform*
http://en.wikipedia.org/wiki/Laplace_transform
11. -----200. *L293D/LM317*
<http://www.fairchildsemi.com>