

DESAIN *PROPORTIONAL INTEGRAL DERRIVATIVE (PID) CONTROLLER* PADA MODEL *ARM ROBOT MANIPULATOR*

*Adhityanendra Pandu Pratama¹, Munadi²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: adhityanendra@yahoo.com

Abstrak

Dalam rangka menuju proses industrialisasi modern di negara Indonesia, harus didukung dengan teknologi yang canggih, contoh nya adalah *arm robot* manipulator. sebagai pelaku proses produksi sehingga dihasilkan ketepatan,kepresisian, dan keefektifan pada proses produksi. Dengan hal tersebut dibuat sebuah desain kontrol PID pada arm robot manipulator dengan tujuan menghasilkan tingkat presisi dan kestabilan yang lebih baik. Kontroler tersebut didesain, disimulasikan, dan diaplikasikan pada hardware dengan menggunakan software MATLAB/Simulink, kemudian dianalisa kestabilannya dengan metode root locus. Akrilik digunakan sebagai material pada *body arm* robot. Selanjutnya komponen utama seperti, *potensiometer* sebagai *analog input*, motor DC sebagai penggerak setiap *link*, serta Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler. Akrilik dipilih karena ringan, kuat dan tahan lama. Dalam penelitian ini akan dilakukan penyempurnaan konstruksi mekanik *arm robot manipulator* yang sudah ada, pemasangan *hardware* elektronik, dan pemrograman mikrokontroler dengan menggunakan software MATLAB pada Arduino *Toolbox*. Dari penelitian yang telah dilakukan, model *arm robot* manipulator dapat bergerak lebih *smooth* sesuai dengan input pergerakan potensiometer, dan berada posisi kestabilan saat dianalisa dengan menggunakan root locus.

Kata kunci: *arm robot manipulator, MATLAB, PID controller, root locus, Simulink.*

Abstract

In order to the modern industrialization process in the state of Indonesia , should be supported by sophisticated technology , it is an example of a robot manipulator arm . as perpetrators of the production process so that the resulting accuracy , precision , and effectiveness in the production process . With it created a PID control design in robotic manipulator arm with the aim of producing a level of precision and stability better . The controller is designed , simulated , and applied to the hardware by using the software MATLAB / Simulink , and then analyzed by the method of root locus stability. Acrylic is used as a material in the body of the robot arm . Furthermore, the main components such as potentiometer as analog inputs , DC motor as each link , as well as the Arduino Mega 2560 microcontroller . Acrylics have been light , strong and durable. In this research, improvements to the mechanical construction robot manipulator arm that already exists , the installation of electronic hardware , and programming the microcontroller using the Arduino software MATLAB Toolbox . From the research that has been done , a model robot manipulator arm can move more smooth line with the movement of the potentiometer input , and are stable position when analyzed using root locus.

Keywords: *arm robot manipulator, MATLAB, PID controller, root locus, Simulink.*

1. Pendahuluan

Dalam rangka menuju proses industrialisasi modern di negara Indonesia yang setiap tahun semakin berkembang dengan pesat, harus didukung dengan teknologi yang canggih. Ketepatan, kepresisian, kecepatan dan keefektifan merupakan syarat mutlak dalam pengembangan teknologi industri. Negara Indonesia telah memiliki banyak industri. Akan tetapi, kebanyakan dari industri tersebut masih menggunakan tenaga manusia dan masih bersifat konvensional seperti yang terlihat pada Gambar 1 dimana peran manusia masih tinggi untuk melakukan segala aktifitas proses produksi sehingga biaya produksi yang dikeluarkan menjadi lebih besar[1].



Gambar 1. Konvensional industri

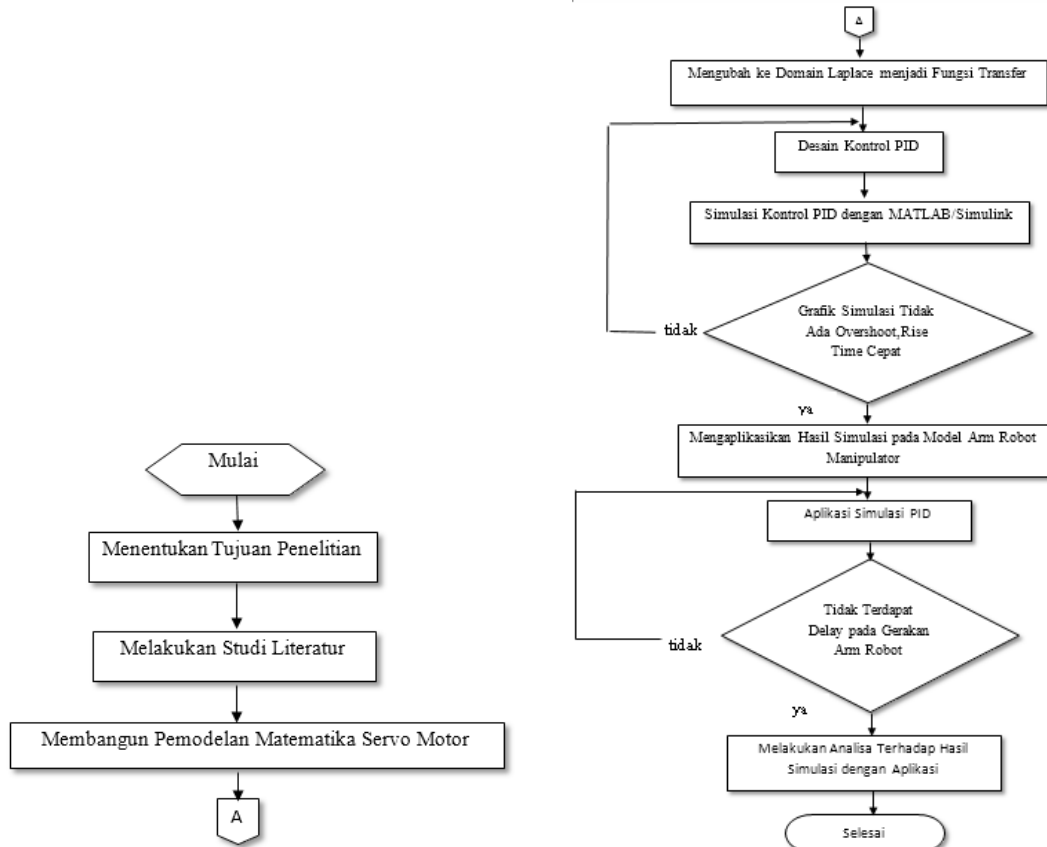
Dengan melihat latar belakang keadaan yang demikian, maka dalam penelitian ini penulis mempunyai gagasan untuk mendesain kontrol PID pada model *arm robot* manipulator sehingga dapat menghasilkan tingkat presisi dan kestabilan yang lebih baik[2]. Kontroler tersebut didesain, disimulasikan, dan diaplikasikan pada hardware dengan menggunakan software MATLAB/Simulink.

Tujuan penelitian ini adalah pembuatan desain kontrol PID *arm robot* manipulator dimulai dengan mendesain *arm robot manipulator* dengan menggunakan software SolidWorks, membangun konstruksi mekanik dan elektronik, serta pemrograman mikrokontroler dengan menggunakan software MATLAB Simulink. Setelah berhasil dilakukan pembuatan dan pemrograman maka dilakukan simulasi terhadap model arm robot ini. Simulasi yang dilakukan diantaranya respon posisi, respon kecepatan sudut, respon percepatan sudut, respon arus, laju muatan listrik, lalu simulasi hasil aplikasi desain kontrol dengan hardware. Setelah dilakukan simulasi, selanjutnya dilakukan analisa kestabilan dari model arm robot manipulator.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian

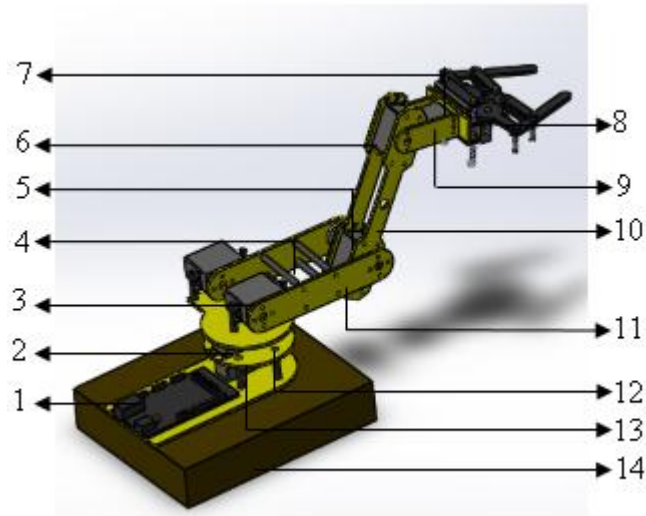
Dalam sebuah penelitian diperlukan diagram alir untuk menggambarkan jalannya proses penelitian mulai dari awal hingga akhir yang telah dilakukan. Gambar 2 merupakan diagram alir penelitian.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

2.2 Desain Model Arm Robot Manipulator

Dalam penelitian ini penulis melakukan pendesainan *arm robot manipulator* dengan menggunakan *software SolidWorks*. Desain model *arm robot manipulator* ditunjukkan pada Gambar 3.



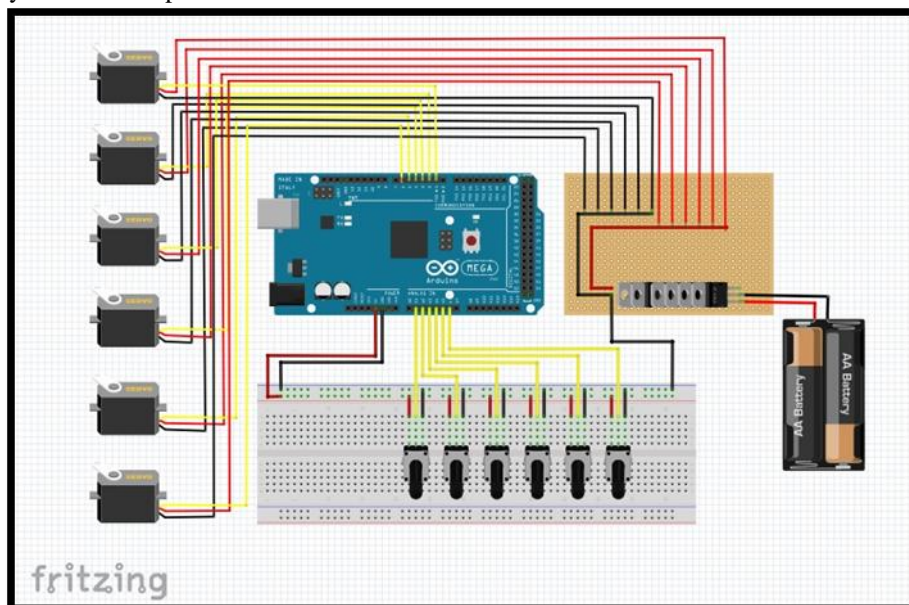
Gambar 3. Desain model *arm robot manipulator*.

Ketengan Gambar 3:

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| 1 : Mikrokontroler | 8 : Gripper |
| 2 : <i>Joint 1</i> | 9 : <i>Link 3</i> |
| 3 : <i>Joint 2</i> | 10 : <i>Link 2</i> |
| 4 : Baut Penghubung | 11 : <i>Link 1</i> |
| 5 : <i>Joint 3</i> | 12 : Penyangga <i>Link 1</i> |
| 6 : <i>Joint 4</i> | 13 : Dudukan |
| 7 : <i>Joint 5</i> | 14 : <i>Base Utama</i> |

2.3 Desain Hardware Elektronika Model Arm Robot Manipulator

Untuk sistem elektronis model *arm robot manipulator* ini terdiri atas beberapa komponen elektronika. Beberapa komponen elektronika tersebut disusun untuk membentuk sebuah diagram desain *hardware arm robot manipulator*. Diagram desainnya bisa dilihat pada Gambar 4 dibawah.



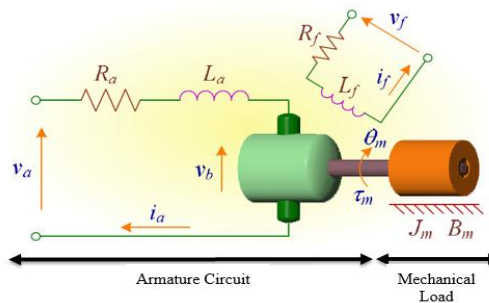
Gambar 4. Diagram desain *hardware model arm robot manipulator*

2.4 Pemodelan Motor DC Servo

Motor DC servo digunakan sebagai aktuator *arm robot manipulator*. Gambar 5 mewakili DC servo motor model. Parameter dan nilai-nilai yang dipilih untuk simulasi motor dapat ditampilkan pada Tabel 1 [1].

Tabel 1. Parameter dan nilai motor DC servo.

Parameter	Value
Momen of inertia	$J_m = 0,000052 \text{ Kg.m}^2$
Friction coefficient	$B_m = 0,01 \text{ N.ms}$
Back EMF constant	$K_b = 0,235 \text{ V/rad s}^{-1}$
Torque constant	$K_a = 0,235 \text{ Nm/A}$
Electric resistance	$R_a = 2 \text{ ohm}$
Electric inductance	$L_a = 0.23 \text{ H}$
Input voltage	v_a
Back EMF voltage	v_b
Armature Current	i_a
Developed Torque	τ_m
Angle of motor shaft	θ
Load Torque	T_L

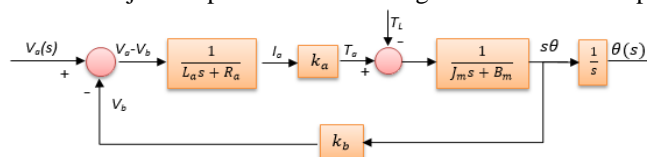


Gambar 5. Skema motor DC servo.

Tujuan dari pemodelan DC servo motor untuk mendekati servomotor DC yang sebenarnya [4]. Dengan memasukkan parameter, kita bisa mendapatkan fungsi transfer DC motor servo untuk melakukan kontrol posisi [3].

$$G_{posisi}(s) = \frac{\theta(s)}{V_a(s)} = \frac{19649}{s^3 + 201s^2 + 6290s} \quad (1)$$

Diagram blok motor DC servo ditunjukkan pada Gambar 6 dengan asumsi nilai nol pada torsi beban (TL) [5].



Gambar 6. Diagram blok motor DC servo.

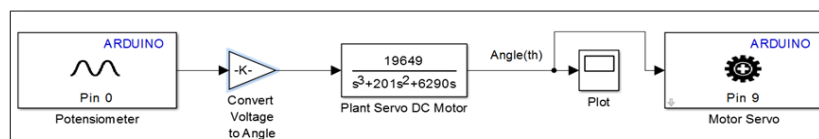
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Desain Kontrol dan Analisa Kestabilan pada Matlab Simulink

Pemodelan motor DC servo dilakukan dengan menggunakan cara simulasi dan aplikasi. Simulasi plant berupa motor DC servo didesain dengan cara mendekati keadaan sebenarnya kemudian diaplikasikan pada hardware Arduino sebagai mikrokontroler dan plant berupa motor DC servo pada *arm robot manipulator* sebagai aktuator.

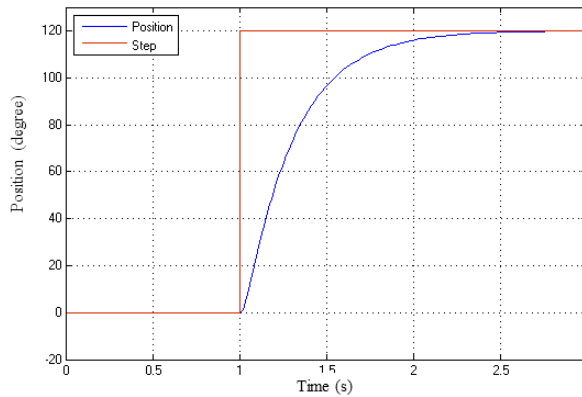
3.1.1 Desain Simulasi Loop Tertutup Tanpa Kontroler

Gambar 7 menunjukkan penggambaran model diagram blok pada Simulink untuk simulasi sistem loop tertutup tanpa kontroler.



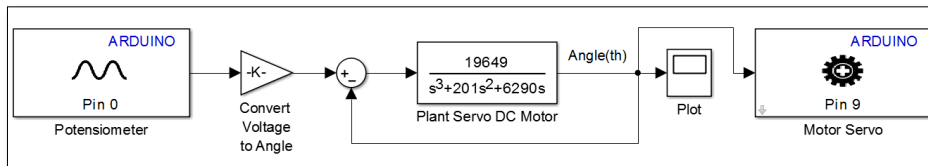
Gambar 7. Simulink model untuk simulasi loop tertutup tanpa kontroler

Berdasarkan model simulink untuk simulasi kontrol loop terbuka, Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi.



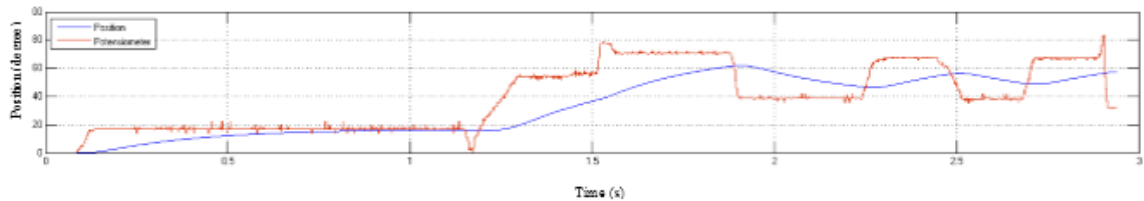
Gambar 8. Hasil simulasi loop tertutup tanpa kontroler

Gambar 9 menunjukkan penerapan model Simulink untuk aplikasi sistem loop tertutup tanpa kontrol pada Arduino mega 2560 via potensiometer dengan menggunakan Simulink Support Package untuk Arduino Hardware.



Gambar 9. Simulink model untuk aplikasi sistem loop tertutup tanpa kontroler.

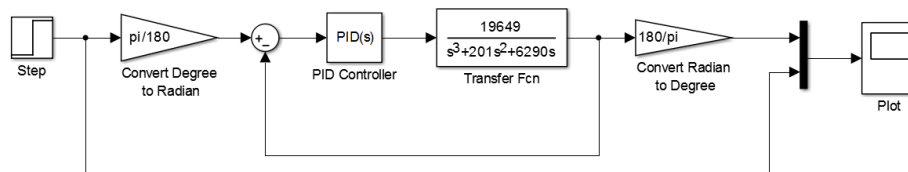
Berdasarkan model simulink untuk loop tertutup tanpa kontroler pelaksanaan, Gambar 10 menunjukkan hasil aplikasi.



Gambar 10. Hasil aplikasi loop tertutup tanpa kontroler.

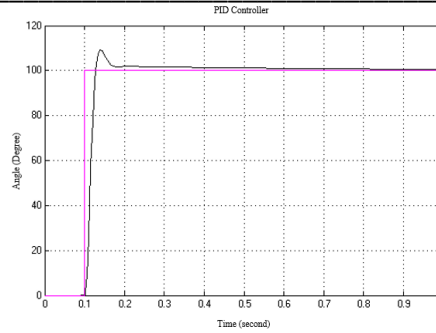
3.1.2 Desain kontrol PID

Desain kontrol Proporsional, Integral, dan Derivatif (PID) pada arm robot manipulator didesain dengan menggunakan software MATLAB/Simulink. Terdapat banyak metode untuk menentukan besar nilai gain K_p , K_i , dan K_d pada kontrol PID Pada Gambar 11 Berikut menunjukkan blok diagram simulasi kontrol PID dengan input step sebagai masukan posisi yang diinginkan.



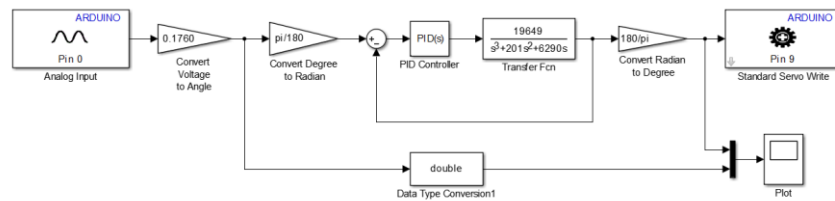
Gambar 11. Simulink model untuk simulasi kontrol PID.

Berdasarkan model simulink untuk simulasi kontroler PID, Gambar 12 menunjukkan hasil simulasi.



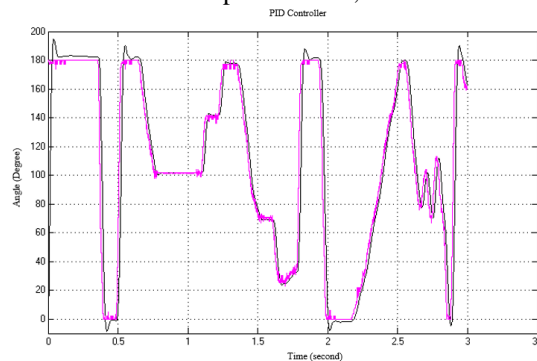
Gambar 12. Simulink model untuk simulasi kontrol PID.

Gambar 13 menunjukkan penerapan model Simulink untuk PID controller untuk Arduino mega 2560 via potensiometer dengan menggunakan Simulink Support Package untuk Arduino Hardware.



Gambar 13. Simulink model untuk implementasi kontrol PID.

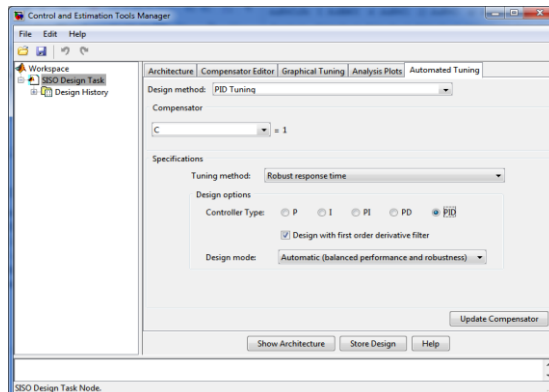
Berdasarkan model simulink untuk kontroler PID pelaksanaan, Gambar 14. menunjukkan hasil aplikasi.



Gambar 14. Hasil implementasi kontrol PID.

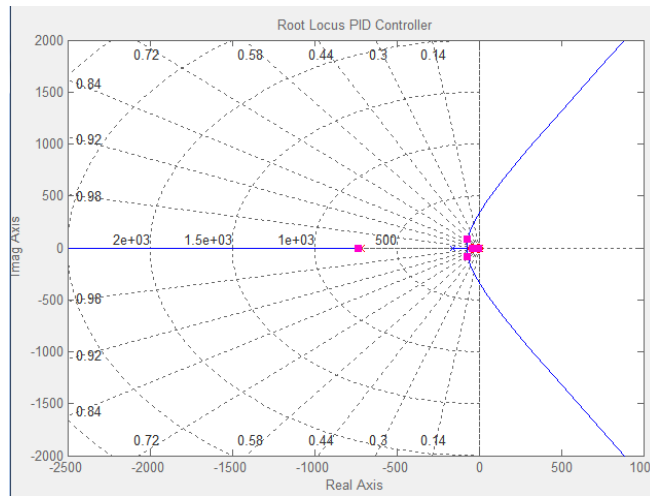
3. 2 Analisa Kestabilan Root Locus

Kontrol PID dirancang untuk sistem tatanan yang lebih tinggi dengan fungsi transfer dalam persamaan (1). Sebelum memulai simulasi dan implementasi kontrol PID, mendesain kontrol PID dengan menggunakan sisotool di MATLAB dan menganalisis stabilitas sistem respon dengan menggunakan metode root locus [4], [5], [6]. Tampilan antar muka sisotool pada MATLAB dengan menggunakan menu otomatis Tuning PID ditunjukkan pada Gambar.15.



Gambar 15. tuning PID menggunakan sisotool.

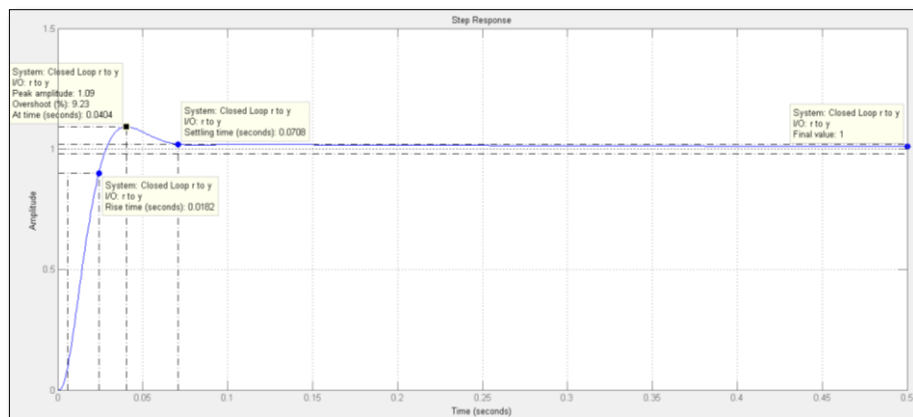
Menggunakan otomatis PID tuning, kita bisa mendapatkan stabilitas root locus untuk sistem loop terbuka $G(s)$ ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Root locus kontrol PID.

Terdapat 5 *pole* atau kutub di Gambar 16. yang mewakili stabilitas untuk sistem. Sebagian besar lokasi dari kutub terletak sangat dekat dengan sumbu imajiner sehingga sistem memiliki nilai penurunan waktu naik. Ada dua kutub yang tidak berada pada sumbu nyata dan sumbu imajiner. Kedua *pole* tersebut menunjukkan bahwa terdapat *overshoot* untuk sistem. Jika kutub melewati sumbu imajiner maka sistem menjadi tidak stabil. Secara keseluruhan berdasarkan grafik, sistem masih dalam kondisi stabil [5], [6].

Step diberikan untuk desain kontrol PID. Gambar 17 menunjukkan respon sistem nya.



Gambar 17. Step response pada kontrol PID.

Berdasarkan Gambar 17, kita bisa mendapatkan parameter transien untuk sistem. Mereka adalah waktu naik, persen overshoot, settling time, dan mantap error negara. Untuk sistem, kita bisa mendapatkan 0,0182 detik untuk *rise time* (T_r), 9,28% untuk *overshoot* (M_p), 0,0708 detik untuk *settling time* (T_s), dan 4% *steady state error* (E_{ss}).

4. Kesimpulan

Dari kedua desain kontrol loop tertutup dan desain kontrol PID pada sistem motor DC servo yang telah ditampilkan. Desain kontroler PID mampu menunjukkan pergerakan arm robot tanpa adanya delay, dibanding kontrol loop tertutup, walaupun masih terdapat overshoot. Namun dari hasil aplikasi menunjukkan bahwa pergerakan arm robot hampir sesuai dengan perintah analog input dengan ditunjukkannya grafik antara analog input dan pergerakan motor yang rapat.

5. Daftar Pustaka

- [1] Gamal I. Selim, Noha El-Aamary, dan Dina M. Aboul Dahab, 2012. "Force Signal Tuning for a Surgical Robotic Arm Using PID Controller", *International Journal of Computer Theory and Engineering*.
- [2] S.Mallikarjunaiah, S.Narayana Reddy, 2013. "Design of PID Controller for Flexible Link Manipulator". *IJERA*.
- [3] C. Urrea and J Kern, "A New Model for Analog Servo Motors", *Canadian Journal on Automation, Control and Intelligent Systems*, Vol. 2, No. 2, March 2011.
- [4] R. S. Burns, "Advances Control Engineering", Jordan Hill, 2001.
- [5] C. L. Philips and R. D. Harbor, "Feedback Control Systems", Prentice-Hall, 2000.
- [6] K. Ogata, "Modern Control Engineering", Prentice-Hall, 1970.