



# Sistem Kendali Kalang Tertutup dengan Metode PID pada Robot Wayang

Yanuardi Ramadhan, Sisdarmanto Adinandra  
Department of Electrical Engineering  
Faculty of Industrial Technology Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta Indonesia  
Email : 14524133@students.uii.ac.id



UNIVERSITAS  
ISLAM  
INDONESIA

## abstrak

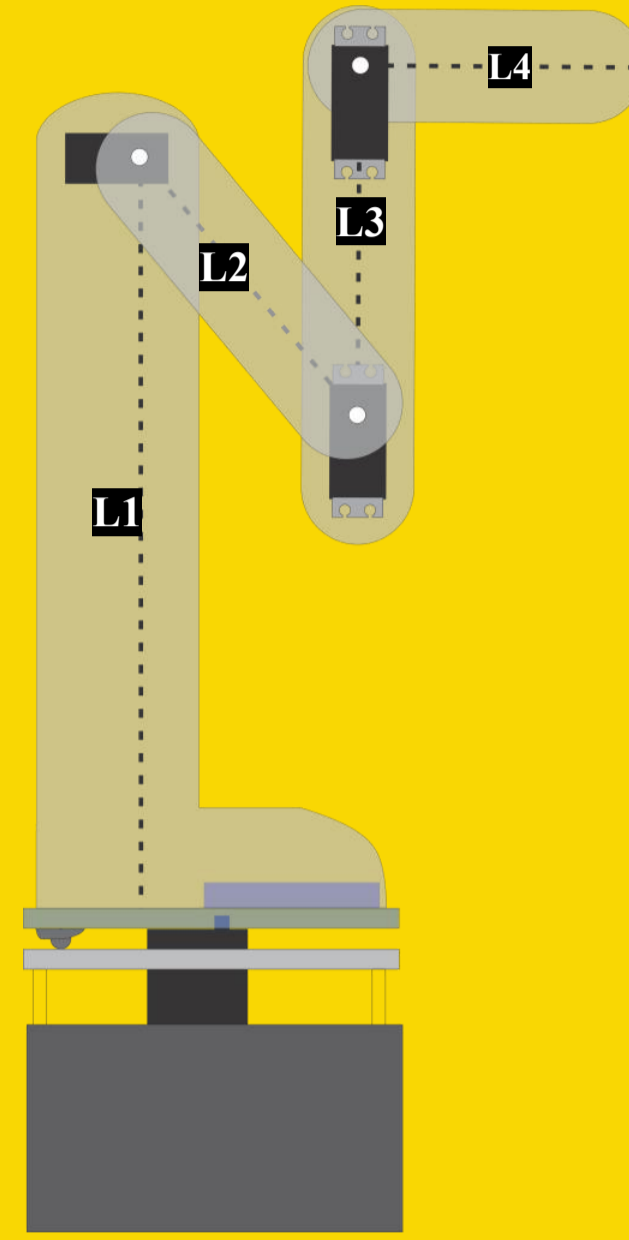
Pada tugas akhir ini dirancang sebuah sistem kendali kalang tertutup untuk robot lengan dengan 4 DOF (*Degree Of Freedom*). MATLAB akan digunakan sebagai antarmuka pengendalian robot. Data dari MATLAB akan dikirimkan ke mikrokontroler. Selanjutnya mikrokontroler akan meneruskan datanya untuk menggerakkan servo. Data posisi dari servo akan dikirimkan kembali ke MATLAB. Sistem ini dibuat untuk mengurangi *steady-state error* yang terjadi pada robot. Sistem kalang tertutup mampu mengurangi SSE dari servo walaupun dengan resiko memperlambat *settling time*. Pada sistem kalang tertutup, rata-rata SSE pada servo 1, 2, 3, dan 4 dapat berkurang berturut-turut sebanyak 5,67°, 2,46°, 3,71°, dan 20,39°. Sedangkan *settling time*-nya bertambah sebanyak 1,66 detik, 2,24 detik, 1,77 detik, dan 1,69 detik.

Keyword: *Articulated robot*, Arduino, MATLAB, *steady state error*, *settling time*

## 1. PENDAHULUAN

Pada laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia terdapat sebuah wayang robot. Robot tersebut masih memakai sistem kendali *open loop* (kalang terbuka). Hal ini membuat *steady-state error* dari sistem dapat dibilang besar. Untuk menutupi kekurangan dari sistem tersebut maka dibuatlah sistem kendali kalang tertutup. Sistem yang dibuat menggunakan pengendali PID untuk meningkatkan akurasi dari servo. Merancang sistem kendali *closed-loop* pada robot wayang dengan target utama yaitu meminimalisir *steady state error* pada servo.

## 2. DESAIN ROBOT



Lengan robot ini merupakan robot 4R dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Pada setiap joint terdapat 3 jenis servo, yaitu servo Tower Pro MG 995 sebagai penggerak *base*, servo Tower Pro MG946R sebagai penggerak lengan 1 dan 2, dan servo Tower Pro MG90 sebagai penggerak lengan 3. Panjang setiap lengan adalah sebagai berikut:

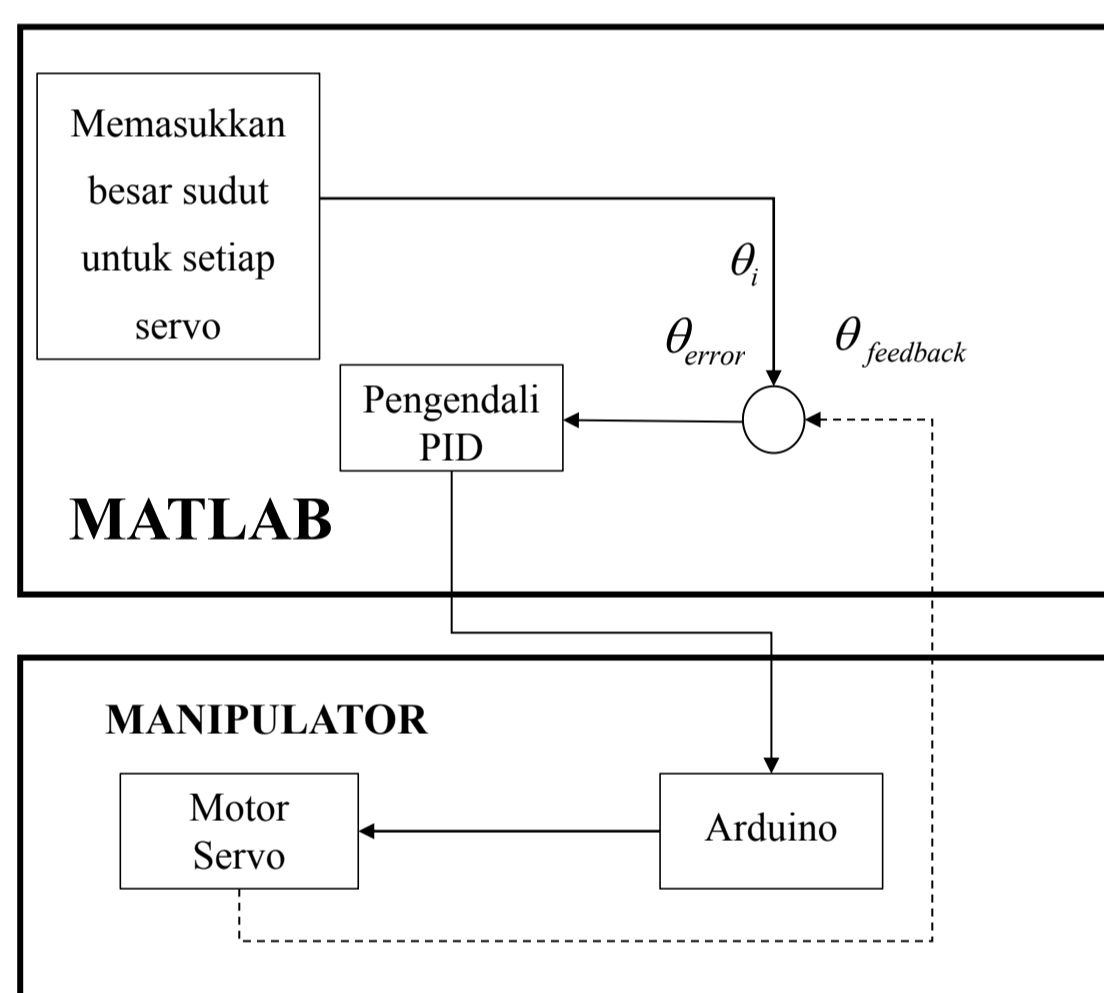
- L1 : 30 cm
- L2 : 12 cm
- L3 : 12 cm
- L4 : 10 cm

Berikut adalah *port* yang digunakan pada mikrokontroler pada sistem skematik robot :

- Pin* 9, 8, 7, dan 6 digunakan sebagai pemberi sinyal kepada servo
- Pin* analog A1, A2, A3, dan A4 digunakan untuk membaca nilai posisi dari servo. Sensor yang digunakan untuk membaca posisi dari servo adalah potensiometer yang telah tertanam pada servo.
- Port serial* sebagai *port* komunikasi antara komputer dan Arduino Uno.

Robot ini menggunakan *power supply* komputer sebagai suplai daya tambahan. Jika hal ini tidak digunakan maka servo akan kekurangan arus untuk bekerja.

## 3. perancangan sistem



Robot wayang ini memiliki 4-DOF (*Degree of Freedom*) dengan semua sendi merupakan sendi rotasi. Motor servo akan digunakan untuk menggerakkan setiap sendi dari robot. Pengguna menggunakan MATLAB untuk memberikan perintah pergerakan pada robot. Data tersebut akan dikirimkan ke Arduino menggunakan *port serial*. Proses sistem kendali berawal dengan menggunakan komputer. Pada kasus ini digunakan software MATLAB. Pada MATLAB dipilih sudut-sudut tiap *joint*. Data tersebut akan dikirimkan dan Arduino. Setelah data sampai ke perangkat arduino, data tersebut akan diproses dan dikirimkan ke motor servo untuk menggerakkan servo.

Setelah servo telah bergerak, maka posisi setiap lengan akan dibaca dengan menggunakan potensiometer. Data tersebut akan dikirimkan ke MATLAB melalui perantara Arduino. Data dari sudut lengan yang diinginkan dan sudut yang terbaca oleh potensiometer akan dibandingkan. Data perbandingan (*error*) tersebut akan dikirimkan ke pengendali PID untuk diproses. Pada pengendali PID terjadi proses untuk mengoreksi posisi dari robot berdasarkan nilai *error* yang dihasilkan. Data tersebut akan dikirimkan kembali kepada motor servo melalui Arduino. Proses ini akan diulang sampai posisi lengan robot dianggap benar.

## 4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Tabel 1. Perbandingan antara Sistem Kalang Terbuka dan Sistem Kalang Tertutup

Servo	Steady-state error (derajat)		Settling time (detik)	
	Sistem Kalang Terbuka	Sistem Kalang Tertutup	Sistem Kalang Terbuka	Sistem Kalang Tertutup
1	6,226	0,549	0,819	2,484
2	3,054	0,586	0,652	2,894
3	3,822	0,451	0,719	2,494
4	21,33	0,9326	1,066	2,76

Pada servo pertama terlihat bahwa nilai rata-rata *steady-state error* (SSE) berkurang dari 6,226° menjadi 0,549°. Dapat dikatakan bahwa dengan menggunakan sistem kalang tertutup, nilai SSE berkurang dari sebanyak 5,67°. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dari kalang tertutup mampu untuk meningkatkan akurasi dari sudut servo. Akan tetapi nilai dari *settling time* pada sistem kalang tertutup lebih lama 1,66 detik dibandingkan sistem kalang terbuka.

Pada servo kedua dan ketiga, rata-rata SSE-nya lebih kecil dibandingkan servo. Ini menunjukkan bahwa servo 2 dan 3 lebih akurat dibandingkan servo 1. Pada servo 2 dan 3 berturut-turut, sistem kalang tertutup mampu mengurangi SSE sebanyak 2,46° dan 3,37° dibandingkan sistem kalang terbuka. Sedangkan *settling time* mengalami penurunan sebanyak 2,24 detik dan 1,77 detik.

Servo keempat dapat dibilang sebagai servo yang paling tidak akurat karena mempunyai SSE yang lebih dari 1°. Dengan sistem kalang tertutup yang dirancang, nilai SSE dapat berkurang sebanyak 20,39° dan mengalami peningkatan *settling time* sebanyak 1,6 detik.

Walaupun sistem kalang tertutup dapat mengurangi nilai SSE pada servo, waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state* menjadi lebih lama. Tentu saja hal tersebut dapat menjadi kelemahan dalam sistem ini karena kecepatan sistem berkurang lebih dari dua kali lipat. Selain itu terkadang pembacaan posisi servo dapat terganggu jika goyangan yang disebabkan oleh gerakan servo terlalu kuat, sehingga dapat mengurangi akurasi dari pembacaan posisi servo itu sendiri dan servo lainnya.

## 5. KESIMPULAN

- Rata-rata *steady state error* pada servo 1, 2, 3, dan 4 berturut-turut dapat berkurang sebanyak 5,67°, 2,46°, 3,71°, dan 20,39°.
- Rata-rata *settling time* pada servo 1, 2, 3, dan 4 berturut-turut dapat bertambah sebanyak 1,66 detik, 2,24 detik, 1,77 detik, dan 1,69 detik.
- Peningkatan akurasi dari posisi servo dapat dicapai walaupun dengan mengorbankan kecepatan dari servo untuk mencapai *steady state*.

## 6. referensi

- M. Keller, S. Muller, dan N. Parspour, "Design of a transverse flux machine as joint drive for an articulated six-axis robot arm," 2016 Int. Symp. Power Electron. Electr. Drives, Autom. Motion, SPEEDAM 2016, hal. 849–854, 2016.
- D. Z. Jokic, S. D. Lubura, dan M. M. Soja, "Closed control loop implementation for single robot axis on FPGA platform," IFAC Proc. Vol., vol. 11, no. PART 1, hal. 174–179, 2012.
- D. Tolani, A. Goswami, dan N. I. Badler, "Real-Time Inverse Kinematics Techniques for Anthropomorphic Limbs," Graph. Models, vol. 62, no. 5, hal. 353–388, 2000.
- K. Ogata, Modern Control Engineering, New york: Prentice hall, 2010.