



Implementasi Sensor FSR Pada Gripper Robot Omni Wheels Untuk Mengambil Barang

Achmad Sanusi Umli Asin

uustgts@gmail.com

Politeknik Negeri Malang

Totok Winarno

Totok.winarno@polinema.ac.id

Politeknik Negeri Malang

Hari Kurnia Safitri

Hari.kurnia@polinema.ac.id

Politeknik Negeri Malang

Abstract, *The omni wheels robot is a robot used for the Indonesian Thematic Robot Contest. In this competition, robots compete quickly with opposing robots in placing Styrofoam boxes, but there is a speed limit. The limited movement speed of the robot requires the robot to retrieve Styrofoam box items as quickly as possible, by implementing the FSR sensor to set the setpoint on the gripper so that the appropriate clamp pressure is applied to the item so that the item does not fall or be damaged. The results of the FSR sensor reading will be used as a reference for ensure that the Styrofoam box items are within reach of the gripper gripper. The application of the parameter values $K_p = 0.1$, $K_i = 0.1$ and $K_d = 0.05$ values are obtained through calculations. This value is applied to the three tests of small, medium and large items with different setpoints of 10 grams, 20 grams and 30 grams. Of the three tests, the best Steady State Error value was 0.1% at a setpoint of 10 grams, a delay time of 4 seconds, a Rise time of 5.3 seconds, a Peak time of 6 seconds, a Max overshoot of 30%, and a Settling time of 10.2 seconds.*

Keywords: *Omni Wheels Robots, FSR Sensors, Grippers, PID control*

Abstrak, *The omni wheels robot is a robot used for the Indonesian Thematic Robot Contest. In this competition, robots compete quickly with opposing robots in placing Styrofoam boxes, but there is a speed limit. The limited movement speed of the robot requires the robot to retrieve Styrofoam box items as quickly as possible, by implementing the FSR sensor to set the setpoint on the gripper so that the appropriate clamp pressure is applied to the item so that the item does not fall or be damaged. The results of the FSR sensor reading will be used as a reference for ensure that the Styrofoam box items are within reach of the gripper gripper. The application of the parameter values $K_p = 0.1$, $K_i = 0.1$ and $K_d = 0.05$ values are obtained through calculations. This value is applied to the three tests of small, medium and large items with different setpoints of 10 grams, 20 grams and 30 grams. Of the three tests, the best Steady State Error value was 0.1% at a setpoint of 10 grams, a delay time of 4 seconds, a Rise time of 5.3 seconds, a Peak time of 6 seconds, a Max overshoot of 30%, and a Settling time of 10.2 seconds.*

Kata Kunci : Robot Omni Wheels, Sensor FSR, Gripper, Kontrol PID

LATAR BELAKANG

Seiring berkembangnya kemajuan teknologi informasi dan komunikasi khususnya perkembangan robot omni, mengakibatkan peranan robotika dalam memberikan kemudahan bagi pekerjaan manusia. Dalam industri sudah tidak asing dengan menerapkan robot tersebut digunakan untuk memindahkan barang ke tempat yang sudah ditentukan, begitupula dalam perlombaan Kontes Robot Tematik Indonesia (KRTMI). Fungsi utama gripper adalah sebagai pemegang suatu benda dengan menggerakkan servo, namun apabila tekanan gripper kurang,

IMPLEMENTASI SENSOR FSR PADA GRIPPER ROBOT OMNI WHEELS UNTUK MENGAMBIL BARANG

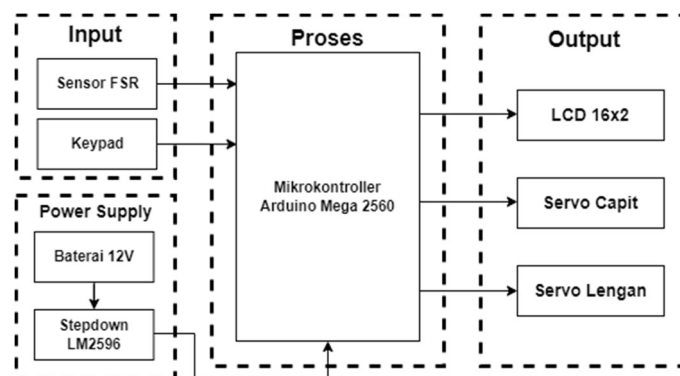
maka barang tersebut akan mudah jatuh. Dan apabila tekanan gripper berlebih maka dapat merusak barang tersebut serta menyebabkan panas pada servo capit tersebut.

Dengan menerapkan sensor FSR sebagai setpoint tekanan serta menggunakan kontrol PID untuk menstabilkan tekanan sehingga pencapitan menjadi sesuai. Berdasarkan latar belakang ini maka penulis mengangkat permasalahan pencapitan barang. Pembuatan robot ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan dalam sektor robotika dan dapat memberikan motivasi untuk pembelajaran di Laboratorium Robotika Politeknik Negeri Malang.

METODE PENELITIAN

Diagram Blok Sistem

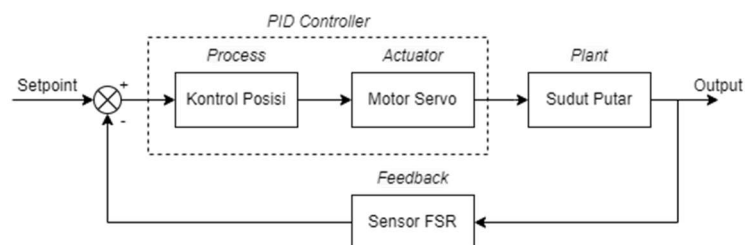
Diagram blok sistem merupakan diagram yang digunakan sebagai alur dari setiap penggunaan komponen pada sistem. Pada Gambar 1 merupakan diagram blok sistem yang meliputi perangkat masukan, proses dan keluaran.



Gambar 1: Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 1 merupakan blok diagram sistem yang terdiri dari: masukan, proses, dan keluaran. Masukan pada sistem ini adalah sensor FSR digunakan untuk membaca tekanan pada capit gripper, Keypad digunakan untuk memasukkan nilai *input setpoint* tekanan. Pada bagian power supply terdapat baterai 12v dan stepdown LM2596 untuk menurunkan tegangan 12v sesuai kebutuhan tegangan input Arduino. Proses pada sistem ini menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 digunakan sebagai kontrol servo capit dan sensor FSR. Pada bagian output terdapat LCD 16x2 untuk menampilkan setpoint tekanan capit, terdapat servo capit dan lengan untuk mengambil barang.

Diagram Blok Kontrol



Gambar 2: Diagram Blok Kontrol

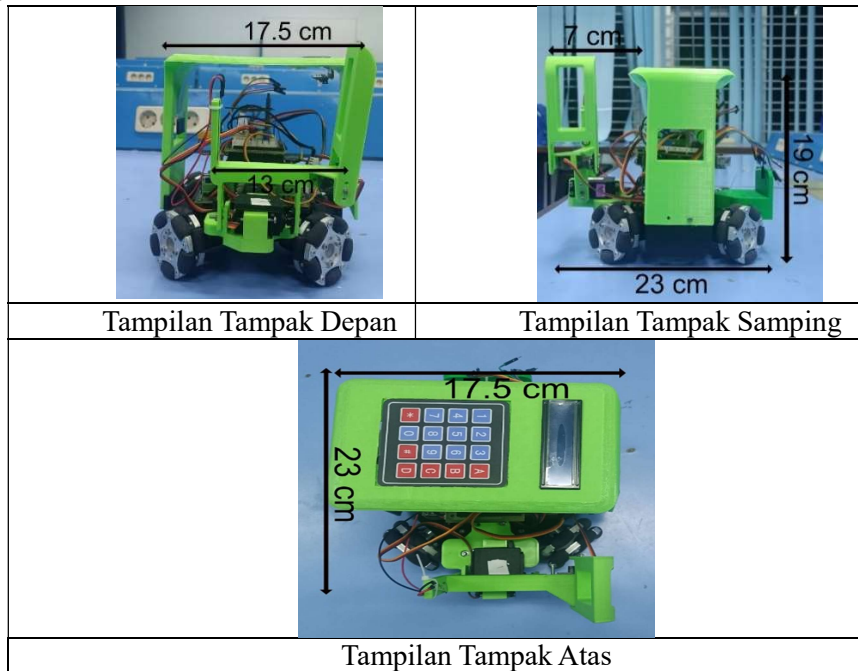
Pada Gambar 2 merupakan blok diagram kontrol PID, PID merupakan salah satu metode kontrol yang dapat diterapkan pada servo capit. Adapun tujuan dari pengontrolan sudut servo

IMPLEMENTASI SENSOR FSR PADA GRIPPER ROBOT OMNI WHEELS UNTUK MENGAMBIL BARANG

pada proses pencapitan barang adalah untuk mendapatkan sudut capit yang stabil pada saat tekanan yang sesuai setpoint.

Pada langkah awal, Kontrol PID digunakan untuk menstabilkan sudut putar dan tekanan dalam mencapit barang sehingga robot dapat mencapit dengan stabil sesuai setpoint. Pembacaan tekanan secara real time dilakukan oleh sensor FSR, sensor tersebut yang akan memberikan feedback berupa nilai tekanan saat ini.

Perancangan Mekanik



Gambar 3: Perancangan Mekanik Robot Omni Wheels

Pada Gambar 3 merupakan perancangan mekanik robot dengan menggunakan filamen atau PLA berukuran 10 mm untuk base bawah gripper, dan terdapat 2 servo, servo pertama sebagai gripper lengan digunakan untuk mengangkat atau menurunkan, servo kedua sebagai capit digunakan untuk mencapit atau melepaskan barang. Sensor FSR akan diletakkan pada permukaan capit tersebut sehingga dapat mendeteksi nilai resistansi objek yang dijepit oleh gripper.

Pada perencanaan desain mekanik robot memiliki dimensi sebesar 23x17.5x19cm dan dimensi gripper sebesar 13x15x7 cm dengan berbahan filamen/PLA. Pada tampilan atas terdapat LCD untuk menampilkan setpoint dan aktual hasil deteksi dari sensor FSR, dan terdapat Keypad untuk memasukkan inputan setpoint.

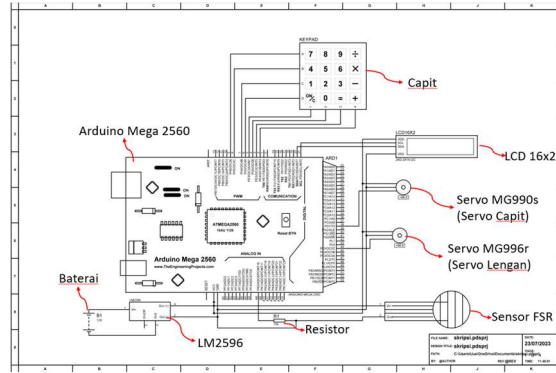
Perancangan Elektronik

Untuk dapat bergerak secara maksimal, robot memerlukan rangkaian elektronik. Dari rangkaian Power Management, Main Board, mauoun servo untuk menggerakkan gripper robot.

1. Rancangan Elektronik *Main Board*

Rangkaian Main Board pada robot omni wheels ini berfungsi sebagai low control pada robot yang terdiri dari Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler, terdapat LCD untuk menampilkan karakter hasil dari pembacaan sensor FSR, Keypad untuk memasukkan inputan, Servo MG90R dan MG996R untuk Aktuator, Sensor FSR untuk mendeteksi tekanan, dan DC Converter LM2596 sebagai penurun tegangan DC.

IMPLEMENTASI SENSOR FSR PADA GRIPPER ROBOT OMNI WHEELS UNTUK MENGAMBIL BARANG



Gambar 4: Rancangan Elektronik *Main Board*

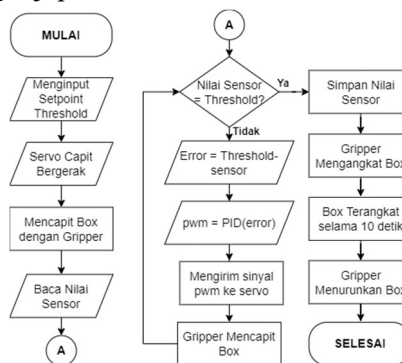
Pada Gambar 4 merupakan skema gambar rangkaian yang akan diimplementasikan pada sistem. Mulai dari tegangan yang digunakan disambungkan ke mikrokontroller Arduino Mega 2560, LCD I2C, motor DC, dan motor servo. Untuk membaca sensor dibutuhkan pin analog yang terdapat pada mikrokontroller Arduino Mega. Motor DC disambungkan pada pin driver motor, motor servo disambungkan pada pin digital mikrokontroller Arduino Mega 2560. Lalu LCD I2C disambungkan pada pin digital mikrokontroller Arduino Mega 2560.. Adapun keterangan pin Arduino Mega dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Penjelasan Pin Rangkaian Elektronik

PIN Arduino Mega	Penjelasan
A0	Terhubung dengan Sensor FSR
2	Terhubung dengan pin C4 pada Keypad
3	Terhubung dengan pin C3 pada Keypad
4	Terhubung dengan pin C2 pada Keypad
5	Terhubung dengan pin C1 pada Keypad
6	Terhubung dengan pin R4 pada Keypad
7	Terhubung dengan pin R3 pada Keypad
8	Terhubung dengan pin R2 pada Keypad
9	Terhubung dengan pin R1 pada Keypad
20	Terhubung dengan pin SDA I2C pada LCD 16x2
21	Terhubung dengan pin SCL I2C pada LCD 16x2
38	Terhubung dengan servo capit
44	Terhubung dengan servo lengan

Perancangan Software

Pada perancangan software berikut dengan merencanakan intrupsi yang dapat menggerakkan robot untuk mencapit dan mengambil barang sesuai nilai data dari sensor FSR yang telah mendeteksi objek yang dijepit.



Gambar 5: Flowchart Perancangan Software

IMPLEMENTASI SENSOR FSR PADA GRIPPER ROBOT OMNI WHEELS UNTUK MENGAMBIL BARANG

Pada Gambar 5. merupakan flowchart perancangan software dengan prinsip kerja sebagai berikut: Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan memasukkan setpoint dari sensor tekanan FSR pada gripper robot. Kemudian mikrokontroler yang sudah terprogram akan mengirimkan sinyal PWM menuju Servo. Apabila kontrol PID ON, maka servo akan mencapit sesuai dengan setpoint secara stabil.

Langkah awal yang harus dilakukan adalah menghidupkan robot, maka apabila telah dihidupkan akan menampilkan beberapa informasi seperti nama mahasiswa yang melakukan pengujian skripsi pada LCD 16x2. Setelah itu akan menampilkan tampilan utama yaitu pilihan menu berupa Setpoint dan Kontrol PID. Dengan menggunakan Keypad yang telah disetting untuk penggunaannya seperti tombol "A" berfungsi memberikan intruksi ke atas, tombol "B" berfungsi memberikan intruksi ke bawah, tombol "C" berfungsi memberikan intruksi *clear* apabila terdapat kesalahan pada inputan, tombol "D" berfungsi memberikan intruksi *done* setelah memasukkan inputan, tombol "*" berfungsi memberikan intruksi kembali ke menu sebelumnya, dan tombol "#" berfungsi memberikan intruksi menu selanjutnya.

Apabila pada menu Setpoint ditekan tombol "#", maka akan muncul menu selanjutnya untuk memasukkan inputan yang menjadi setpoint dari pengujian. Apabila telah memasukkan inputan yang telah ditentukan, maka robot akan segera mencapit barang sesuai dengan tekanan setpoint yang telah terbaca sensor FSR. Apabila telah sesuai maka gripper akan mengangkat barang tersebut hingga mencapai batas waktu yang telah ditentukan. Apabila telah mencapai batas waktu yang telah ditentukan, maka gripper akan menurunkan barang tersebut dan meletakkan dengan membuka caput tersebut.

Apabila pada menu Kontrol PID ditekan tombol "#", maka akan muncul menu selanjutnya untuk memasukkan inputan K_p , K_i , dan K_d . Apabila telah memasukkan inputan yang telah ditentukan, maka robot akan segera mencapit barang sesuai dengan tekanan setpoint yang telah terbaca sensor FSR. Apabila telah sesuai maka gripper akan mengangkat barang tersebut hingga mencapai batas waktu yang telah ditentukan. Apabila telah mencapai batas waktu yang telah ditentukan, maka gripper akan menurunkan barang tersebut dan meletakkan dengan membuka caput tersebut.

Perancangan Kontrol PID

Pada perancangan tersebut harus menentukan parameter kontroler PID dengan didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (Plant). Dengan menggunakan metode Ziegler – Nichols sesuai dengan aturan penalaan berdasarkan respon unit step dari plan.

Tabel 2. Aturan Penalaan Ziegler-Nichols Berdasarkan Respon Unit Step dari Plan

Pengendali	K_p	T_i	T_d
P	$0.5K_{cr}$	-	-
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{1}{1.2}P_{cr}$	-
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

IMPLEMENTASI SENSOR FSR PADA GRIPPER ROBOT OMNI WHEELS UNTUK MENGAMBIL BARANG



Gambar 6: Grafik Respon Tekanan pada Gripper dengan $K_{cr} = 0.5$

Gambar 6 adalah grafik respon sistem dengan nilai $k_{cr} = 0.5$ dan dengan setpoint = 10 gram. Berdasarkan hasil percobaan dengan nilai $K_{cr} = 0.5$ didapatkan respon osilasi. Sesuai dengan aturan tuning PID menggunakan metode osilasi Ziegler-Nichols didapat perhitungan untuk menentukan nilai P_{cr} . Berikut perhitungan nilai P_{cr} :

$$P_{cr} = t_u - t_i \quad (3.1)$$

$$P_{cr} = 10 - 8$$

$$P_{cr} = 2$$

Dari nilai $K_{cr} = 0.5$ didapat nilai P_{cr} dari perhitungan di atas yaitu 2. Sehingga didapatkan nilai K_p , K_i dan K_d dengan menggunakan perhitungan berdasarkan rumus tuning PID Ziegler-Nichols.

$$K_p = 0.6 \times K_{cr} \quad (3.2)$$

$$= 0.6 \times 0.5$$

$$= 0.3$$

$$T_i = 0.5 \times P_{cr} \quad (3.3)$$

$$= 0.5 \times 2$$

$$= 1$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \quad (3.4)$$

$$= \frac{0.3}{1}$$

$$= 0.3$$

$$T_d = 0.125 \times P_{cr} \quad (3.5)$$

$$= 0.125 \times 2$$

$$= 0.25$$

$$K_d = 0.6 \times T_d \quad (3.6)$$

$$= 0.3 \times 0.25$$

$$= 0.075$$

Dari perhitungan dan respon dari plant di atas maka didapatkan nilai $K_p = 0.3$, $K_i = 0.3$ dan nilai $K_d = 0.75$. selanjutnya nilai K_p , K_i dan K_d akan dimasukkan ke dalam program mikrokontroler.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tekanan Gripper Robot terhadap Pencapitan Barang

Pengujian tekanan gripper pada robot omni wheels dilakukan sebanyak 5 kali dengan 3 variasi bentuk benda yang berbeda dalam pengujian ini, data yang diperoleh yaitu nilai analog pada tekanan sensor FSR dan nilai sudut servo pada gripper.

IMPLEMENTASI SENSOR FSR PADA GRIPPER ROBOT OMNI WHEELS UNTUK MENGAMBIL BARANG

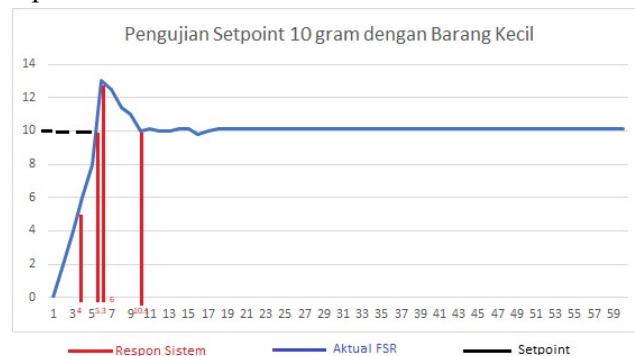
Tabel 3. Pengujian Tekanan Gripper Robot

No	Setpoint	Timbangan (gr)	Sensor FSR (N)	Aktual (gr)	Error
1.	10	10	0.011	12	2
2.			0.013	10	0
3.			0.0124	10	0
Rata-rata					0.66
1.	20	20	0.022	20.2	0.2
2.			0.021	20.1	0.1
3.			0.021	21	1
Rata-rata					0.43
1.	30	30	0.03	30	0
2.			0.03	30	0
3.			0.031	31	1
Rata-rata					0.33

Dari hasil pengujian tekanan gripper robot pada ketiga barang yang memiliki dimensi yang berbeda sebesar 6 cm x 6 cm x 5.5 cm, 7 cm x 7 cm x 5.5 cm dan 8 cm x 8 cm x 5.5 cm, dapat disimpulkan bahwa pendeteksian tekanan masih kurang stabil perlu kontrol untuk menyetabilkan tekanan sehingga tidak mendapatkan error yang berlebih.

Pengujian Kontrol PID terdapat Pencapitan Barang

Pengujian kontrol dilakukan dengan 3 kali pengujian pada setpoint yang berbeda. Setpoint pertama dilakukan input 10 gram dengan barang kecil berdimensi 6 cm x 6 cm x 5.5 cm sehingga menghasilkan data grafik pada Gambar 7.

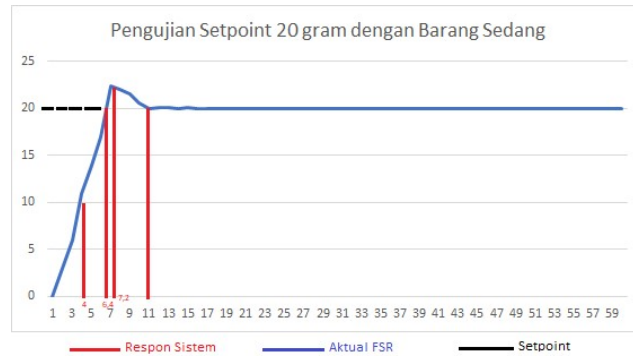


Gambar 7: Grafik Respon Setpoint 10 gram dengan Barang Kecil

<i>Delay Time</i>	: 4s
<i>Rise Time</i>	: 5.3s
<i>Peak Time</i>	: 6s
<i>Overshoot</i>	: $(\frac{13-10}{10}) \times 100\% = 30\%$
<i>Settling Time</i>	: 10.2s
<i>Error Steady State</i>	: $(\frac{10.1-10}{10}) \times 100\% = 0.1\%$

Setpoint pertama dilakukan input 20 gram dengan barang kecil berdimensi 7 cm x 7 cm x 5.5 cm sehingga menghasilkan data grafik pada Gambar 8.

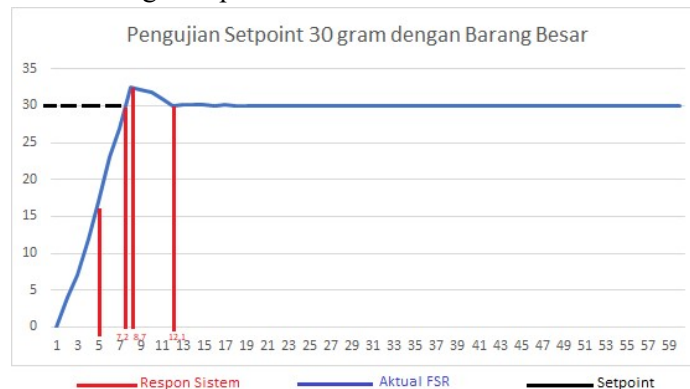
IMPLEMENTASI SENSOR FSR PADA GRIPPER ROBOT OMNI WHEELS UNTUK MENGAMBIL BARANG



Gambar 8: Grafik Respon Setpoint 20 gram dengan Barang Sedang

<i>Delay Time</i>	: 4s
<i>Rise Time</i>	: 6.4s
<i>Peak Time</i>	: 7.2s
<i>Overshoot</i>	: $\left(\frac{22.4-20}{20}\right) \times 100\% = 12\%$
<i>Settling Time</i>	: 11s
<i>Error Steady State</i>	: $\left(\frac{20.1-20}{20}\right) \times 100\% = 0.5\%$

Setpoint pertama dilakukan input 30 dengan barang kecil berdimensi 8 cm x 8 cm x 5.5 cm sehingga menghasilkan data grafik pada Gambar 9.



Gambar 9: Grafik Respon Setpoint 30 gram dengan Barang Besar

<i>Delay Time</i>	: 5s
<i>Rise Time</i>	: 7.2s
<i>Peak Time</i>	: 8.7s
<i>Overshoot</i>	: $\left(\frac{32.5-30}{30}\right) \times 100\% = 8.3\%$
<i>Settling Time</i>	: 12.1s
<i>Error Steady State</i>	: $\left(\frac{30.1-30}{30}\right) \times 100\% = 0.3\%$

Data hasil pengujian kontrol PID menggunakan barang berdimensi 6 cm x 6 cm x 5.5 cm, 7 cm x 7 cm x 5.5 cm dan 8 cm x 8 cm x 5.5 cm yang dapat dilihat pada Tabel 4.5 dengan penentu perbandingan respon sistem berdasarkan parameter pada *Rise Time*, *Delay Time*, *Settling Time*, *Max Overshoot*, *Peak Time*, dan *Error State* pada *Setpoint* 10 gram, 20 gram dan 30 gram.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kontrol PID dengan Perbedaan Nilai Setpoint

IMPLEMENTASI SENSOR FSR PADA GRIPPER ROBOT OMNI WHEELS UNTUK MENGAMBIL BARANG

No.	Setpoint	Delay Time (s)	Rise Time (s)	Peak Time (s)	Max Overshoot (%)	Settling Time (s)	Error Steady State (%)
1.	10	4	5.3	6	30	10.2	0.1
2.	20	4	6.4	7.2	12	11	0.5
3.	30	5	7.2	8.7	8.3	12.1	0.3

Berdasarkan data hasil pengujian kontrol PID pada Tabel dihasilkan nilai Error Steady State terbaik yaitu 0.1% pada *Setpoint* 10 gram dengan *delay time* sebesar 4 detik, *Rise time* sebesar 5.3 detik, *Peak time* sebesar 6 detik, *Max overshoot* sebesar 30%, dan *Settling time* sebesar 10.2 detik.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan berbagai pengujian pada gripper robot omni wheels dengan mengimplementasikan sensor fsr untuk mengambil barang, maka dapat disimpulkan gripper pada robot akan berhenti mencapit apabila nilai resistansi pada sensor fsr telah mencapai setpoint. Dengan menggunakan kontrol PID hasil capitan dapat stabil menyesuaikan dengan nilai setpoint tekanan.

Dari ketiga percobaan yang dilakukan dengan 3 barang dengan dimensi serta setpoint berbeda, dapat disimpulkan bahwa melalui settingan nilai parameter yang telah didapatkan yaitu $K_p = 0.3$, $K_i = 0.3$ dan nilai $K_d = 0.75$ dapat dilihat pada *setpoint* 20 gram dihasilkan nilai *Error Steady State* terbaik yaitu 0.5%, dengan *delay time* sebesar 3 detik, *Rise Time* sebesar 4 detik, *Peak Time* sebesar 5 detik, *Max Overshoot* sebesar 14.8%, dan *Settling Time* sebesar 7 detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ibu penulis yang telah memberikan doa restu dan semangat sehingga dapat menyelesaikan jurnal ini, penulis ucapkan terima kasih kepada Bapak Totok dan Ibu Pipit yang telah membimbing penulis dalam menyusun serta membuat alat skripsi dengan baik dan cepat. Semoga Allah melimpahkan segala kemudahan, rezeki yang berkah, dan umur yang barokah bagi mereka, amin.

DAFTAR REFERENSI

- Abd Jabbar, A., & Yasdar, Y. (2022). Sistem Kendali Gripper Adaptif Pada Robot Transporter. *Jurnal Mosfet*, 2(2), 26–31.
- Intang, A. N., Saputri, A. D., Aryani, D., & Nisa, K. (2021). Rancang Bangun Robot Pengangkut Barang Untuk Monitoring Stok Gudang Berbasis Arduino. In *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)* (pp. 326–332).
- Ma'arif, M. I., Adhim, F. I., & Istiqomah, F. (2021). Implementasi Metode PID untuk Mengontrol Posisi Motor Servo pada Sistem Sortir Berat Adonan. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), A352–A359.
- Maulana, W. A., Winarno, T., & Siradjuddin, I. (2023). Navigasi Pergerakan Robot Berdasarkan Rekam Data Sensor Odometry. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 10(1), 68–75.
- Pahlevi, A. R., Syauqy, D., & Rahayudi, B. (2018). Implementasi Gripper Pada End Effector Robot Untuk Memegang Telur Ayam Dengan Sensor FSR (Force Sensitive Resistor). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(12), 6761–6770.