

Pengembangan Sistem Pengontrolan Berat menggunakan PID berbasis Arduino & Parallax Data Acquisition

Siti Rokhmanila¹, Rini Astuti²

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia

Penulis Korespondensi : Rini Astuti (Email : dosen02582@unpam.ac.id)

ABSTRAK

Telah dilakukan pengembangan sistem pengontrolan berat menggunakan PID berbasis Arduino dan Parallax Data Acquisition. Pengontrolan berat pada benda cair ini berguna dalam proses di industri. Loadcell (Strain gauge) akan membaca besar nilai dari berat benda cair tersebut. Loadcell dirancang dengan menggunakan Arduino UNO R3 yang didalamnya terdapat mikrokontroler ATMEGA 328P menggunakan komunikasi data Integrated Inter Circuit (I2C) sebagai penghubung terhadap LCD sebagai display dan menggunakan gear pump sebagai alat penambah ataupun pengurang dalam pengontrolan berat pada benda cair ini. Untuk menampilkan hasil pengukuran dari loadcell digunakan software Parallax Data Acquisition yang akan menampilkan grafik serta tabel data pengukuran. Data hasil pengukuran menunjukkan bahwa pompa akan bekerja mengikuti set point yang telah ditentukan dan menyesuaikan berdasarkan kondisi pembacaan berat. Berdasarkan hasil pengujian ini maka sistem dapat digunakan menjadi sistem pengontrolan berat pada benda cair.

KATA KUNCI Loadcell (Strain Gauge); PID; PLX DAQ

ABSTRACT

Has made the development of systems using PID control weight value-based Arduino and Parallax Data Acquisition. Controlling weight in liquid is useful in industrial processes. Loadcell (Strain gauge) will read the great value of the weight of the liquid. Loadcell designed using Arduino UNO R3 which there ATMEGA 328P microcontroller using data communication Inter Integrated Circuit (I2C) as a liaison to the LCD as display and using the gear pump as an adder or a deduction in weight control in this liquid. To display the measurement results of loadcell been used Parallax data acquisition software will display the graph and table of measurement data. Data measurement results show that the pump will work to follow a predetermined set point and adjust based on the condition of the weight readings. Based on the results of this test so this system can be used as weight control system on liquid.

KEYWORD: Load Cell (Strain Gauge); PID; PLX DAQ

1. PENDAHULUAN

Sistem pengontrolan berat pada saat ini sangatlah penting dan perlu diperhatikan. Dalam dunia industri hal ini menjadi suatu hal yang sangat penting dalam mempertimbangkan kelangsungan jalannya produksi dengan baik serta untuk mendapatkan hasil maksimal dan memuaskan.. Sistem pengontrolan berat pada proses produksi merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengontrol berat atau volume benda cair pada produk dalam proses produksi yang stabil dan tepat. Sistem pengontrolan ini sangat penting dan perlu dibuat. Bila suatu proses produksi tidak dilakukan pengontrolan terhadap hasilnya maka bisa saja terjadi

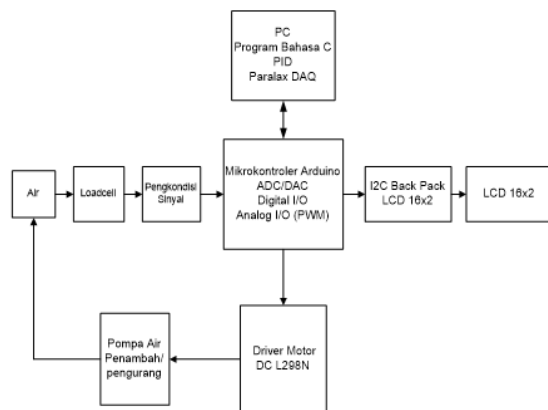
kesalahan. Perancangan alat sistem pengontrolan berat menggunakan PID berbasis arduino ini dilatar belakangi oleh proses pengontrolan berat pada proses industri. Sebagai contoh suatu perusahaan yang memiliki sistem pendingin yang digunakan untuk mendapatkan kualitas produknya dengan menggunakan air pendingin, yang mana dalam sistem pendingin tersebut dialirkan ke berbagai mesin secara terus menerus dan membutuhkan kapasitas yang stabil agar kualitas pendinginnya sesuai dengan yang diharapkan dengan demikian volume ataupun massa air tersebut harus dapat stabil agar

medapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan, dengan menggunakan kontrol konvensional (On-Off). Dengan menggunakan Kontrol PID sistem ini memiliki kelebihan yaitu dapat mengontrol dengan lebih stabil dan dapat dilakukan secara kontinu karena dengan sistem ini kita dapat mengatur kecepatan putaran motor pompa bahkan secara otomatis.

2. METODE

2.1 Perancangan Sistem

Dalam rancangan hardware, akan dibuat rangkaian sistem pengontrolan berat yang menghubungkan antara beberapa alat yang digunakan dan Arduino UNO. Berikut ialah gambar yang menjelaskan hubungan antara peralatan yang digunakan:



Gambar 1 Diagram Blok Perancangan Hardware

Gambar 1 adalah diagram blok perancangan hardware dimana air sebagai objek beban yang diukur akan memberikan perubahan nilai pada *output loadcell* dimana nilai tegangan yang dikeluarkan oleh *loadcell* tersebut memiliki nilai yang sangat kecil yaitu dalam *range* milivolt, selanjutnya sinyal tersebut diperkuat oleh pengkondisi sinyal menjadi *range* 0V-5V, sehingga sinyal tersebut dapat diproses oleh arduino. Kemudian ada I2C converter sebagai media transfer data ke tampilan LCD sebagai tampilan hasil dari pengukuran yang telah diproses oleh arduino. Pada arduino juga dihubungkan ke *driver* motor DC sebagai media perintah atas kontrol yang dilakukan oleh program dalam mengontrol berat benda cair yang diukur tersebut.

2.2 Perancangan Program Aplikasi

Arduino IDE merupakan *software* dari Arduino yang berguna sebagai *compiler* untuk mikrokontroler jenis Arduino yang menggunakan bahasa C untuk pemrogramannya. Pada software Arduino IDE ini akan dibuat program yang memuat instruksi yang akan dijalankan oleh *mikrokontroler* Arduino UNO.

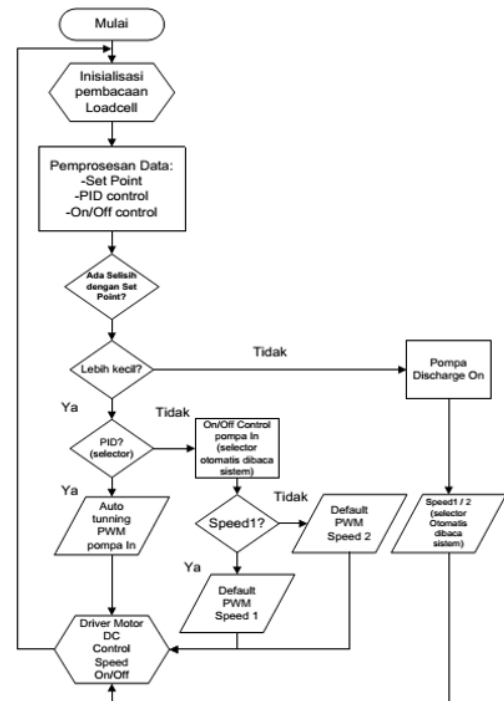
Dalam program yang akan dibuat ini Arduino akan diprogram untuk menggerakkan motor pompa DC yang dikontrol menggunakan PID sebagai *supply* air ke bak yang akan dikontrol beratnya. Kemudian Arduino membaca sinyal analog yang dikirimkan oleh sensor *Strain Gauge* yang kemudian sinyal tersebut akan dibaca dan diolah sebagai input dari kontrol PID yang kemudian akan menghasilkan nilai error atau selisih sebagai

inputan baru pada PID sehingga akan dihasilkan output baru ke motor *pump* sehingga alirannya dapat dikurangi atau ditambahkan berdasarkan perbandingan antara parameter dengan pembacaan aktual dan akan ditampilkan nilainya dalam bentuk satuan berat pada display LCD.

Dalam program tersebut akan dihitung antara nilai berat benda yang terukur dengan nilai berat cairan yang diharapkan, sehingga dengan menggunakan hasil proses PID tersebut arduino akan mampu membuat keputusan dan memberikan perintah kepada pompa untuk melakukan penambahan atau pengurangan pada berat cairan yang diukur beratnya tersebut. Kemudian diakhir, diberikan intruksi pengulangan agar proses diatas diulang terus menerus hingga mikrokontroler di non aktifkan.

2.3 Flowchart Proses Kontrol

Berikut ini merupakan Flowchart untuk proses kontrol berat menggunakan PID pada *Strain Gauge* berbasis Arduino.



Gambar 2 Diagram Alir Proses Control

2.4 Perancangan Sistem Keseluruhan

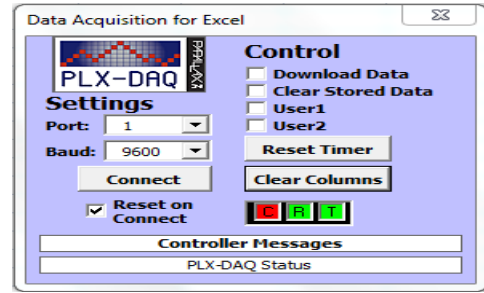
Pada tahap ini dari semua rancangan yang telah dipersiapkan akan digabungkan dan dirancang sedemikian rupa sesuai dengan desain perancangan sehingga dapat dijalankan mengikuti perancangan pada program aplikasinya.



Gambar 3 Rancangan Alat Tampak Atas

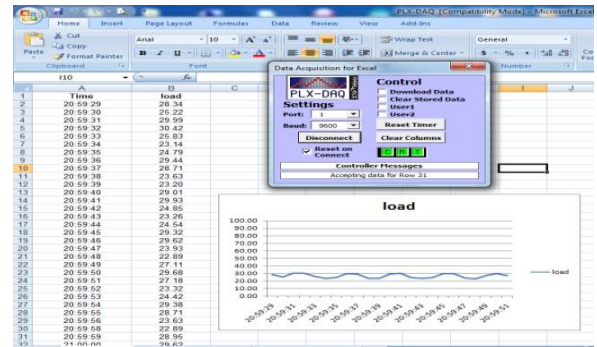


Gambar 4 Rancangan Alat Tampak Belakang



Gambar 5 Parallax Data Acquisition

Data yang dikirim oleh arduino melalui komunikasi serial ini akan ditulis pada kolom *microsoft excel* dengan waktu cuplik setiap detik. Setelah data tersebut disajikan sehingga kita dapat melakukan plot grafik untuk pembacaan berat yang diterima *loadcell* dengan perubahannya secara realtime.



Gambar 6 Plot Grafik Pembacaan Berat

Dengan rumus pada persamaan 1.

$$Y = \frac{(a-b)}{(c-d)} x (X - d) + a \quad (1)$$

2.5 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dari awal penelitian hingga akhir penelitian. Tahap pertama yang dilakukan ialah memeriksa atau mengecek peralatan yang digunakan, alat yang digunakan harus sesuai dengan permasalahan yang ada yaitu dapat membuat sistem pengontrolan berat menggunakan PID pada *strain gauge* berbasis arduino. Alat pendukung lainnya juga dipersiapkan yakni dengan menginstal beberapa *software* seperti Arduino IDE. Setelah peralatan semua dipersiapkan, hal yang pertama dilakukan yaitu membuat program pada Arduino IDE dengan menggunakan bahasa pemrograman Arduino yang akan diisi pada *board mikrokontroler* Arduino UNO. Setelah bahasa pemrograman selesai dibuat maka program tersebut akan di *download* pada *mikrokontroler* Arduino UNO. Jika bahasa pemrograman yang telah dibuat dapat memberikan perintah kepada mikrokontroler Arduino UNO sesuai dengan yang diinginkan maka tahap selanjutnya bisa dilaksanakan, namun apabila bahasa pemrograman yang digunakan belum sesuai, maka kembali pada tahap merancang desain bahasa pemrograman.

2.6 Metode Pengambilan Data

Dengan menggunakan Arduino IDE yang telah diintegrasikan dengan PLX-DAQ maka kita dapat menerima data digital melalui komunikasi serial arduino dengan PC.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Percobaan

3.1.1 Hasil Percobaan Tegangan Sensor

Pada Tabel 1 adalah hasil uji coba tegangan sensor *loadcell* dengan data login dan dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan menggunakan multimeter.

Tabel 1. Hubungan Beban pada Loadcell terhadap Output pengkondisi Sinyal

N o	Load Beban (gr)	Data Logi n (V)	Multimete r (V)	Erro r (%)	Akuras i (%)	Presis i
1	0	0.52	0.52	0	100	1
2	37.5	0.56	0.56	0	100	1
3	75	0.6	0.6	0	100	1
4	116.7	0.64	0.64	0	100	1
5	154.2	0.68	0.68	0	100	1
6	191.7	0.72	0.72	0	100	1
7	229.2	0.76	0.76	0	100	1
8	266.7	0.8	0.8	0	100	1
9	304.3	0.84	0.84	0	100	1
10	345.8	0.88	0.88	0	100	1
Rata-rata Error					0%	



Gambar 7 Pengukuran Tegangan dengan multimeter dan Data Login



Gambar 8 Grafik Tegangan Output pengkondisi Sinyal

3.1.2 Kalibrasi Timbangan

Dalam langkah ini, setelah sistem *loadcell* berfungsi maka *loadcell* akan memerlukan kalibrasi agar hasil pembacaannya benar-benar sesuai dengan beban yang diberikan sesungguhnya. Berikut merupakan bagian dari program untuk kalibrasi timbangan untuk mendapatkan nilai yang sesuai dengan nilai yang sudah diakui kebenarannya.

```
float aReading = 116.0;//reading value when zero load
(float nothing on load plate) float aLoad = 0; // gr.(Stated
zero Load)float bReading = 128.0;//reading value when
known load addedfloat bLoad = 50; // gr.(known value
added)
```



Gambar 8 Batu Timbangan 50 gram

Deangan menggunakan persamaan linier yang dituliskan dalam program untuk melakukan kalibrasi sehingga nilai berat hasil pembacaan yang ditampilkan dapat sesuai dengan berat yang sesungguhnya.

$$Y = \frac{(a-b)}{(c-d)} x (X - d) + a \quad (2)$$

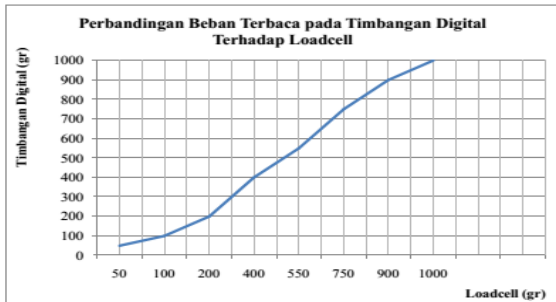
Tabel 2. Ujicoba Lineritas loadcell

Beban	Tampilan	Keterangan
		Diletakan batu timbangan 50 gram
		Diletakan batu timbangan 50 gram + 50 gram
		Diletakan batu timbangan 50 gram + 50 gram +100 gram
		Diletakan batu timbangan 50 gram + 50 gram +100 gram +200 gram
		Diletakan batu timbangan 50 gram + 50 gram +500 gram +200 gram + 500 gram
		Diletakan batu timbangan 50 gram + 500 gram
		Diletakan batu timbangan 1000 gram

Pada Tabel 3 adalah hasil uji coba pembacaan beban yang sudah diketahui dari timbangan digital dan dibandingkan dengan hasil pembacaan alat sehingga keakurasian alat dapat diketahui.

Tabel 3 Data hasil uji coba akurasi timbangan

No.	Timbangan Digital (gr)	Loadcell (gr)	Error (%)	Akurasi (%)
1	50	50	0	100
2	100	100	0	100
3	200	200	0	100
4	400	400	0	100
5	550	550	0	100
6	750	750	0	100
7	900	900	0	100
8	1000	1000	0	100
Rata-rata Error (%)			0 (%)	



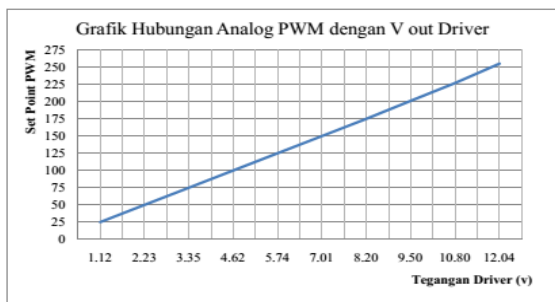
Gambar 9 Grafik Perbandingan Timbangan Digital dengan loadcell

3.1.3 Pengujian Driver Motor DC

Tabel 4 adalah hasil pengujian antara set nilai PWM pada program Arduino dengan output Pin Analog serta hubungannya dengan tegangan yang diberikan ke motor DC yang digunakan.

Tabel 4 Hubungan PWM dengan tegangan output pin Analog serta Tegangan Driver motor L298N

No	PWM		Tegangan output driver pada multimeter (V)
	Set Point (0-255)	Tegangan Output pada multimeter (V)	
1	0	0	0
2	25	0.44	1.12
3	50	0.88	2.23
4	75	1.32	3.35
5	100	1.77	4.62
6	125	2.21	5.74
7	150	2.66	7.01
8	175	3.10	8.20
9	201	3.55	9.5
10	227	3.99	10.8
11	255	4.52	12.04



Gambar 10 Grafik Hubungan analog PWM Dengan Vout Driver

Berikut ini adalah perhitungan tegangan output pada pin analog berdasarkan seting pada nilai PWM yang di masukan dalam program sehingga dapat menghasilkan tegangan untuk dapat menjalankan driver motor DC sebagai peenggerak motor :

Diketahui : PWM range 0 -255

:Tegangan pin Arduino terukur multimeter 0V-4.52V

:Tegangan Power suply 12.04 V

V out pin =

$$\frac{Set\ PWM}{Max\ PWM} \times Max\ Vout\ pin\ Arduino$$

$$= \frac{100}{255} \times 4.52 = 1.77\ V$$

Dan berikut ini adalah perhitungan untuk mencari nilai V out pada driver berdasarkan V out pin Arduino dan Seting PWM :

V out Driver =

$$\frac{Set\ PWM}{Max\ PWM} \times Max\ Vout\ Driver$$

$$= \frac{200}{255} \times 12.04 = 9.44\ V$$

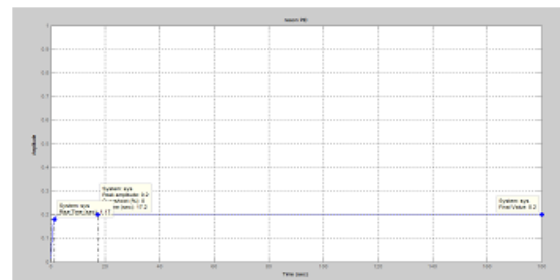
V out Driver =

$$\frac{Vout\ pin}{Max\ V\ out\ pin} \times Max\ Vout\ Driver$$

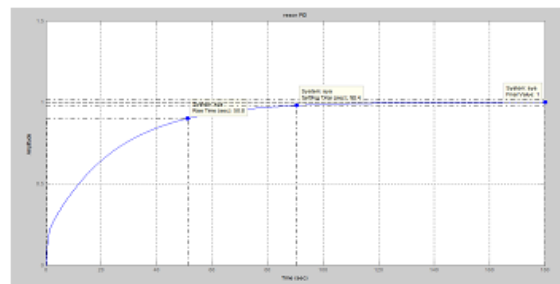
$$= \frac{3.55}{4.52} \times 12.04 = 9.45\ V$$

3.1.4 Pengujian PID menggunakan Matlab

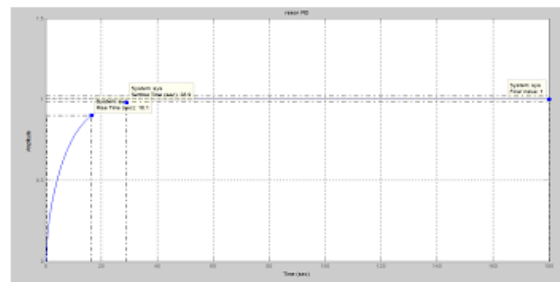
Sebelum melakukan pengujian langsung terhadap alat yang sudah dirancang, terlebih dahulu lakukan simulasi pada Matlab untuk mendapatkan patokan dalam menentukan nilai Kp,Ki, dam Kd.



Gambar 11 Kp=5 Ki=0 Kd=0



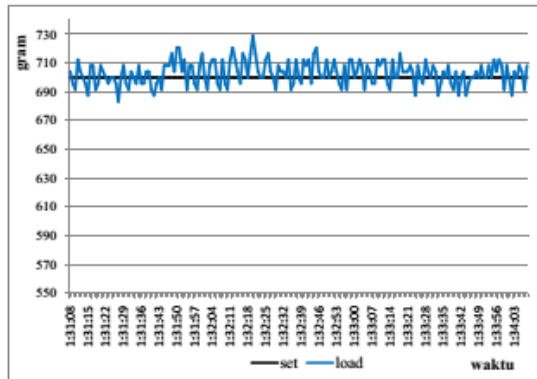
Gambar 12 Kp=5 Ki=1 Kd=0



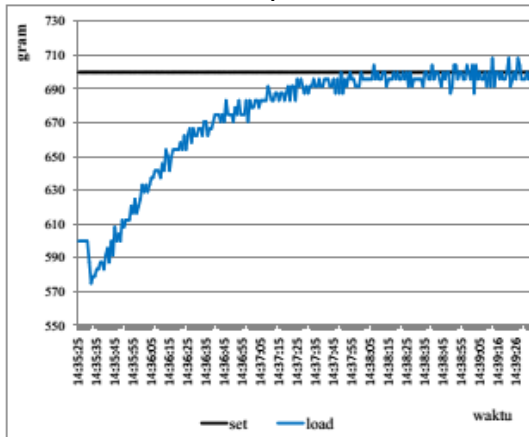
Gambar 13 Kp=5 Ki=3 Kd=0

3.2 Hasil Ujicoba kontrol secara keseluruhan

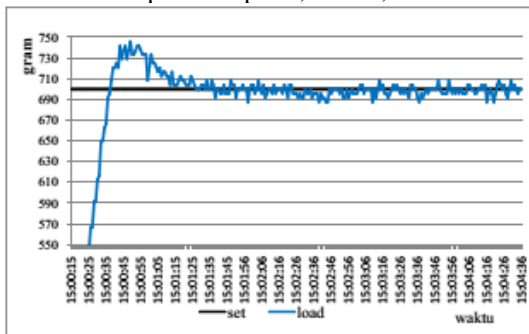
Tabel 5 adalah beberapa hasil uji coba kontrol dengan menggunakan kontrol On / Off secara keseluruhan dengan metode pengambilan data login menggunakan Parallax DAQ.



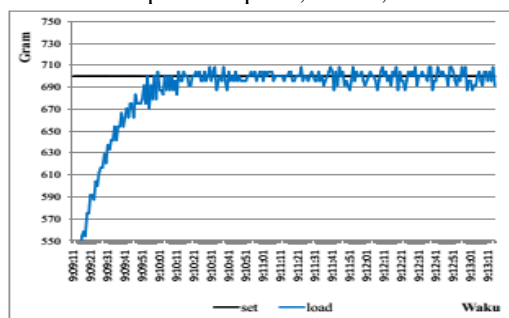
Gambar 3.9 Grafik kontrol On-Off Set Point 700gr Speed 2



Gambar 3.10 Grafik kontrol PID S P 700gr Speed 2 $K_p = 5, K_i = 1, K_d = 0$



Gambar 3.11 Grafik kontrol PID S P 700gr Speed 2 $K_p = 6, K_i = 3, K_d = 0$



Gambar 3.12 Grafik kontrol PID Set Point 700g Speed 2 $K_p=5, K_i=2, K_d=0.5$

3.3 Pembahasan

Dari hasil pengamatan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengembangan sistem pengontrolan berat dengan menggunakan PID lebih baik dibandingkan dengan kontrol konvensional On-Off.

Tabel 5. Resume Kontrol On-Off

No.	Setpoint (g)	Speed	Error (%)	Keterangan
1	500	1	0.69	On/Off
2	500	2	1.00	On/Off
3	700	1	0.36	On/Off
4	700	2	1.25	On/Off
5	900	1	0.48	On/Off
6	900	2	0.68	On/Off

Tabel 6. Resume Kontrol PID

No.	Setpoint (g)	Speed	K_p	K_i	K_d	Rise Time (sec)	Peek Time	Setting Time (sec)	Error Steady
1	500	1	5	2	0	28	31	39	0.49
2	700	1	5	2	0	25	28	31	0.44
3	900	2	5	2	0	33	37	42	0.42
4	700	2	5	2	0	38	42	47	0.66
5	700	2	5	1	0	54	60	63	0.36
6	700	2	5	0	0	10	11	15	18.25
7	700	2	6	3	0	25	28	31	2.38
8	700	2	5	3	0	31	35	38	0.95
9	700	2	5	2	1	12	13	17	0.50

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai bagaimana menggunakan *Strain gauge* sebagai sensor pendeteksi berat, maka dapat disimpulkan :

1. Dengan merangkai *strain gauge* menjadi rangkaian jembatan *wheatstone* dan hasil keluarannya dikuatkan dengan menggunakan IC INA 125P dengan tegangan *output range* 0V – 5V sehingga dapat dibaca dan di proses oleh mikrokontroler Arduino sebagai analog input, yang mana analog input tersebut dapat diolah dengan melakukan kalibrasi pada program sehingga dapat ditampilkan dalam satuan berat.
2. Pengaruh penggunaan kontrol PID pada sistem pengontrolan ini perlu digunakan, menimbang pada pengontrolan berat dengan kendali tanpa PID (on-off) hasilnya tidak stabil dalam mengontrol berat agar berada pada *range* set point yang ditentukan.
3. Untuk mendapatkan pengontrolan yang stabil pada pengontrolan berat benda cair ini diperlukan mengubah-ubah nilai PID pada kontrol dalam kasus ini parameter yang digunakan yaitu nilai $K_p = 5, K_i = 2, K_d = 0.5$, dengan hasil yang didapatkan :
 - a. *Rise time* 12 detik, yaitu waktu yang diperlukan dari 10% menjadi 90% nilai akhir.
 - b. *Settling time* 13 detik, yaitu besarnya waktu yang diperlukan oleh osilasi teredam untuk bertahan pada $\pm 2\%$ nilai akhir.
 - c. *Error Steady state* 0.5%, yaitu besarnya nilai *error* /simpangan pada posisi *steady state*.
 - d. *Peak time* 17 detik, yaitu waktu yang diperlukan untuk mencapai *peak* pertama atau maximum.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B, A. Y., B, A. J., Afolayan, and et al, "Design and Construction of an Arduino-Based Solar Power Parameter- Measuring System with Data Logger" *www.azojete.com.ng*, vol. 02, no. 16, pp. 255-268, 2020.
- [2] Alfian Ma'arif, Iswanto, Nia Maharani Raharja, and Ahmad Raditya, "Control of DC Motor Using Proportional Integral Derivative (PID): Arduino Hardware Implementation" *International Conference on Industrial Electrical and Electronics (ICIEE)*, vol. 02, DOI : 10.1109/ICIEE49813.2020.9277258, 2020.
- [3] Bret Comnes & A. La Rosa, "Arduino PID example Lab" *Portland University*, pp. 315, 2013.
- [4] Rikwan Rikwan, and Alfian Ma'arif, "DC Motor Rotary Speed Control with Arduino UNO Based PID Control" *Control System and Optimization Letter*, vol. 1, no. 1, 2023.
- [5] Febriyan, D. S., & Puriyanto, R. D., "Implementation of DC Motor PID Control on Conveyor for Separating Potato Seeds by Weight" *International Journal of Robotics and Control System*, vol. 01, pp. 15-26, 2021.
- [6] M. A. Taut, G. Chindris, and D. Pitica, "PID algorithm used for DC Motor Control" *IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging SIITME*, pp. 365-372, 2019.
- [7] Sushant N. Pawar, R. P. Borase and S. P. Jadhav, "Design and Implementation of IMC based PID Control Using Arduino for Process Control Application" *2020 International Conference on Industry 4.0 Technology (I4Tech)*, DOI: 10.1109/I4Tech48345.2020.9102707, 2020.
- [8] Abdul Latif, Afif Zuhri, and et al, "Motor DC PID System Regulator for Mini Conveyor Drive Based-on Matlab" *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 01, no. 6, 2020.
- [9] Maik Schmidt, "Arduino Quick start Guide" *Pragmatic Programmers LLC Data Type*, pp. 37-38, 2011.
- [10] Evan Brian, "Beginning Arduino Programming" *Technology in Action*, chapter 6, Analog Input Analog Output, pp. 70, 2011.
- [11] Bruna Couto, Leonardo Couto, and et al, "Arduino based Platform for learning chemical process control" *The Journal of Engineering and Exact Sciences (JCEC)*, vol. 06, no. 5, 2020.
- [12] Thirupathi Allam, Matla Raju, and S.Sundeeep Kumar, "Design of PID controller for DC Motor Speed Control Using Arduino Microcontroller" *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 03, no. 9, pp. 791-794, 2016.
- [13] Choi, K. N., "Noise in Load Cell Signal in an Automatic Weighing System Based on a Belt Conveyor" *Journal of Sensors*, <https://doi.org/10.1155/2017/1524782>, 2017.
- [14] Furqan Durrani, A. M., Rehman, A. U., and et al, "An Automated waste control management System by Using Arduino" *International Conference on Engineering and Emerging Technology (ICEET)*, <https://doi.org/10.1109/CEET1.2019.8711844>, 2019.
- [15] Hastawan, A. F., Haryono, S., and et al, "Comparison of testing load cell sensor data sampling method based on the variation of time delay" *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021.