
Analisis perbandingan nilai ukur sensor *load cell* antara PLC Delta dengan Arduino Uno

Bill Edbert^{1*}, Faisal Wahab²

^{1,2}Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Hegarmanah, Kec. Cidadap, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia
^{1*}6316037@student.unpar.ac.id, ²faisal.wahab@unpar.ac.id

ABSTRAK

Pembacaan nilai ukur dari sensor *load cell* dapat dilakukan secara digital menggunakan perangkat pengendali seperti *Programmable Logic Controller* (PLC), Arduino, Raspberry, dan lainnya. Hasil nilai ukur antara sensor *load cell* pada timbangan digital dan nilai ukur pada timbangan konvensional atau manual terkadang memiliki perbedaan yang sangat signifikan diantara keduanya. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran sensor *load cell* menggunakan dua macam perangkat pengendali sebagai pembaca nilai sensor dan mengkonversinya menjadi satuan massa gram. Pengujian dilakukan dengan memberi masukan sebuah massa dengan kelipatan 200 gram yang memiliki jangkauan dari nol gram sampai dengan dua kilogram sesuai dengan karakteristik dari sensor *load cell*. Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk menentukan perangkat yang memiliki akurasi dan presisi lebih baik dalam membaca sensor *load cell* dengan spesifikasi yang sama. Proses pengukuran sebuah massa menggunakan sensor *load cell* dilakukan menggunakan kontroler PLC Delta DVP202-LC dengan perangkat lunak LCSOFT untuk proses kalibrasi dan kontroler Arduino Uno menggunakan bahasa pemrograman C. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa hasil ukur sebuah massa pada menggunakan PLC memiliki rata-rata nilai galat -0,56% dan Arduino Uno memiliki galat -0,09%. Dari hasil pengujian ini, dapat disimpulkan kedua sistem bekerja dengan baik sesuai dengan karakteristik dan spesifikasi sensor serta Arduino Uno memiliki galat lebih kecil dibandingkan dengan PLC.

Kata kunci: PLC, Arduino Uno, massa, *load cell*

ABSTRACT

The reading of the measuring value from the load cell sensor can be done digitally using controlling devices such as Programmable Logic Controller (PLC), Arduino, Raspberry, and others. The results of measuring values between load cell sensors on digital scales and measuring values on conventional or manual scales sometimes have very significant differences between the two. Therefore, in this study, the load cell sensor measurement will be carried out using two kinds of control devices as the sensor value reader and converting it into gram mass units. The test is carried out by inputting a mass in multiples of 200 grams which has a range from zero grams to two kilograms according to the characteristics of the load cell sensor. The purpose of this test is to determine which devices have better accuracy and precision in reading load cell sensors with the same specifications. The process of measuring a mass using a load cell sensor is carried out using a Delta DVP202-LC PLC controller with LCSOFT software for the calibration process and the Arduino Uno controller using the C programming language. the average error value is -0.56% and Arduino Uno has an error of -0.09%. From the results of this test, it can be concluded that both systems work well according to the characteristics and specifications of the sensor and Arduino Uno has a smaller error than PLC.

Keywords: PLC, Arduino, mass, *load cell*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi, penerapan teknologi hadir pada semua bidang dengan tujuan untuk memudahkan kebutuhan manusia. Salah satu penerapan teknologi adalah pengukuran berat sebuah benda dimana sebelumnya masih menggunakan manual dan saat ini berubah menjadi digital. Pengukuran berat sebuah benda atau barang menjadi hal penting dalam kebutuhan sehari-hari maupun dunia industri. Proses pengukuran benda atau disebut dengan penimbangan pada metode manual umumnya membandingkan massa yang telah diketahui sebelumnya dengan massa yang akan

diukur. Pada penimbangan menggunakan sistem digital, diperlukan sebuah sensor yang dapat mendeteksi objek yang akan dilakukan pengukuran, maka tercipta teknologi yaitu disebut sensor *load cell*. Prinsip kerja sensor *load cell* adalah mengubah suatu gaya atau tekanan menjadi sinyal listrik. Pada sensor *load cell* terdapat teknologi *strain gauge* dimana teknologi ini berfungsi untuk mengukur perubahan yang berpengaruh terhadap *strain* sebagai sinyal digital.

Pada sensor *load cell*, diperlukan sebuah perangkat lain untuk dapat membaca dan menterjemahkan sinyal yang dikeluarkan dari sensor *load cell* menjadi sebuah nilai atau angka digital. Perangkat ini disebut dengan perangkat kendali atau *controller*. Saat ini, jenis dan macam perangkat kendali sangat banyak dan bervariasi. Jenis perangkat kendali yang umum digunakan adalah mikrokontroler seperti Arduino, Teensy, dan STM pada penggunaan skala laboratorium dan *Programmable Logic Controller* (PLC) seperti Siemens, Mitsubishi, Delta, dan Scheinder yang umum digunakan pada skala industri. Bahasa pemrograman yang digunakan pada mikrokontroler Arduino adalah bahasa C sedangkan PLC menggunakan *ladder diagram*. Pembacaan sensor *load cell* menggunakan mikrokontroler Arduino sudah banyak diteliti, seperti untuk mengukur berat buah [1], menimbang berat beras [2], dan pengukur berat benda [3]. Mikrokontroler Arduino ini banyak digunakan untuk membaca sensor *load cell* dikarenakan sifatnya yang universal dan terjangkau. Sedangkan PLC banyak digunakan pada dunia industri karena sifatnya yang stabil dan kokoh dalam jangka waktu yang lama [4]. Pembacaan sensor *load cell* menggunakan PLC juga dibahas [5] untuk pemberi makan sapi dan [6] untuk pengisian otomatis minuman pada berbagai jenis botol. Dari kedua perangkat kendali ini, diperlukan sebuah pembanding hasil ukur menggunakan mikrokontroler Arduino dengan PLC sehingga didapatkan perbedaan akurasi dan presisi dari kedua perangkat kendali tersebut.

Makalah ini bertujuan untuk membandingkan nilai ukur sensor *load cell* antara PLC Delta dan mikrokontroler Arduino Uno. Sensor *load cell* yang pada penelitian ini bertipe YZC-131A dan PLC yang digunakan bertipe DVP 202-LC. Keluaran yang dihasilkan dari penelitian ini adalah perbandingan galat atau *error* dari hasil pembacaan sensor *load cell* antara menggunakan PLC Delta dan menggunakan Arduino Uno. Setelah didapat nilai galat dari kedua perangkat tersebut, selanjutnya dapat ditentukan perbedaan akurasi dan presisi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Pengukuran

Blok diagram adalah suatu bagian dari prinsip dan kinerja suatu sistem dalam membuat suatu perancangan alat. Cara kerja keseluruhan sebuah alat yang akan dibuat terletak pada blok diagram sistem. Gambar 1 menunjukkan blok diagram dari sistem kerja pengukuran dan pemrosesan sensor *load cell* berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Rangkaian diawali dengan sensor *load cell* sebagai masukan pendeteksi massa. Pada sensor *load cell*, diperlukan sebuah rangkaian penguat supaya sensor dapat dibaca dengan baik oleh Arduino Uno. Oleh karena itu, ditambahkan rangkaian penguat berjenis HX711 sebagai penguat sensor *load cell* dan dikirimkan kepada Arduino Uno. Mikrokontroler Arduino Uno digunakan sebagai unit pemroses dan pengontrol seluruh masukan dan keluaran. Keluaran pada Arduino Uno pada sistem ini akan ditampilkan hasil pengukuran massa menggunakan *serial monitor*.



Gambar 1. Blok diagram menggunakan Arduino

Gambar 2 menunjukkan blok diagram pembacaan sensor *load cell* menggunakan PLC. Blok sensor *load cell* sebagai masukan pendeteksi massa yang akan diukur, selanjutnya dibaca oleh PLC sebagai unit pemroses atau pengontrol sistem. Pada PLC ini, tidak perlukan rangkaian tambahan seperti rangkaian penguat, dikarenakan dalam PLC ini sudah tertanam rangkaian penguat. Perangkat lunak yang digunakan pada PLC tipe YZC-131A adalah LCSOFT. Selain untuk pemrograman

menggunakan *ladder*, LCSofT ini terdapat fitur untuk mengkalibrasi sensor *load cell* sehingga akan didapatkan hasil pembacaan yang cukup akurat.



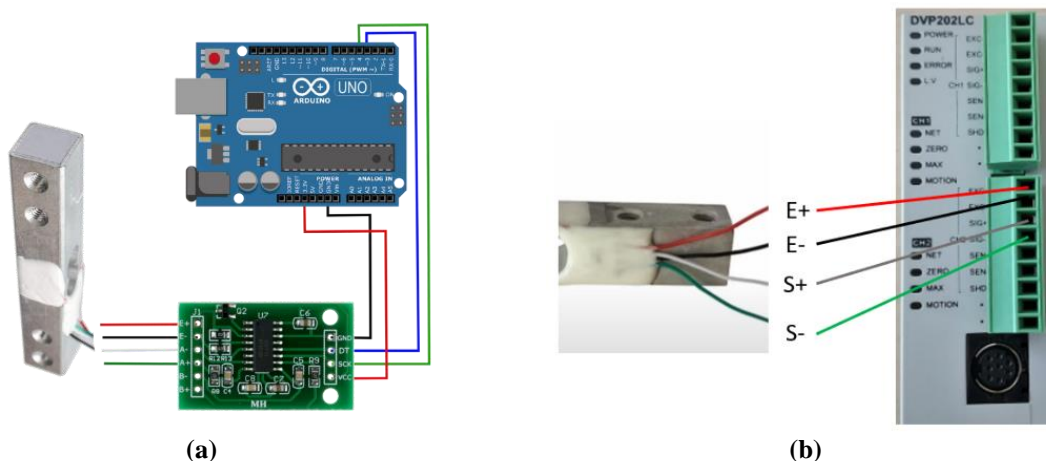
Gambar 2. Blok diagram menggunakan PLC

2.2 Alur Pengambilan Data

Proses pengambilan data dimulai dari inialisasi sensor *load cell* oleh mikrokontroler Arduino maupun PLC. Setelah proses inisiasi selesai, mikrokontroler Arduino akan menjalankan program untuk mengkalibrasi nilai digital yang didapat dari sensor. Pada kontroler PLC, proses kalibrasi bisa dijalankan terlebih dahulu dengan aplikasi LCSofT sehingga proses pengambilan data dapat dilihat langsung pada aplikasi. Proses kalibrasi pada kontroler Arduino dilakukan dengan cara pengguna menaruh beban massa pada sensor. Hasil pembacaan sensor oleh mikrokontroler akan dicetak pada *serial monitor* Arduino IDE. Selama proses kalibrasi diperlukan beban massa yang diketahui untuk memberi patokan kepada kedua sistem.

2.3 Skematik Rangkaian

Cara kerja dari sensor *load cell* adalah adanya perubahan nilai tahanan ketika salah satu bagian sensor diberikan sebuah tekanan. Perubahan nilai tahanan ini mengakibatkan perubahan tegangan pada keluaran sensor setelah diberikan tegangan sumber pada sensor *load cell*. Dikarenakan keluaran tegangan pada sensor *load cell* cukup kecil, dibutuhkan sebuah perangkat lain yaitu penguat ADC HX711 sebagai penguat sinyal input dari sensor *load cell* [7]. Untuk komunikasi data antara sensor *load cell* dan mikrokontroler Arduino, menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC) yang berfungsi sebagai konversi sinyal analog dari sensor *load cell* menjadi digital. Gambar 3(a) menunjukkan skematik rangkaian dari Arduino dan sensor *load cell*.



Gambar 3. Skematik rangkaian percobaan: (a) Arduino dan *load cell*, (b) PLC dan *load cell*

Gambar 3(b) menunjukkan *wiring* rangkaian PLC dengan sensor *load cell*. Pada rangkaian tersebut, PLC DVP 202-LC dihubungkan dengan dua masukan dari sensor *load cell*. Sesuai dengan *manual book* dari PLC Delta [8], pin 0 dan pin 1 akan disambungkan dengan s+ dan s-. Pada PLC Delta, di dalamnya sudah tertanam modul ADC sehingga tidak diperlukan rangkaian tambahan penguat.

2.4 Kalibrasi Arduino dan Load Cell

Pada proses kalibrasi sensor *load cell* digunakan penguat ADC HX711 dan Arduino Uno sebagai mikrokontroler yang akan memproses nilai analog yang diterima penguat tersebut. Berikut persamaan (1) yang akan digunakan untuk kalibrasi.

$$y = mx + b \quad (1)$$

dimana y = pembacaan sensor (unit), x adalah massa (gram), m adalah kemiringan garis kalibrasi atau *scale*, b adalah *offset* (titik potong $y = 0$), $y = 0$ adalah '*tare point*' dimana tidak ada massa di sensor. Pada penelitian ini, persamaan (1) digunakan untuk dalam dua kondisi. Pada kondisi pertama ketika alat sudah terpasang dan tidak ada beban yang diinginkan atau dengan maksud kondisi massa sama dengan 0 gram dan kondisi kedua adalah ketika terdapat beban yang sudah diketahui massa sehingga akan terdapat 2 persamaan dengan y atau massa yang sudah diketahui dan $y = 0$ atau tidak ada massa yang diletakkan di sensor. Dari kedua kondisi tersebut akan didapat 2 karakteristik yaitu m atau dan b .

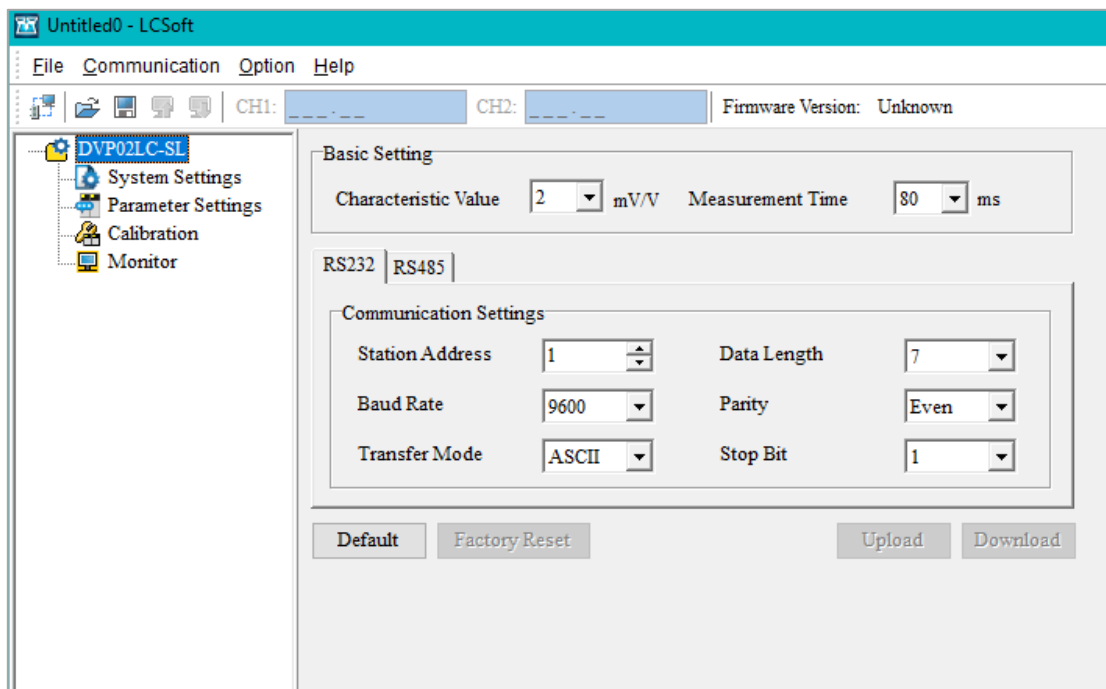
$$m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \quad (2)$$

$$b = \frac{y_0 x_1 - y_1 x_0}{x_1 - x_0} \quad (3)$$

dimana m merupakan skala kemiringan garis kalibrasi dan b sebagai *offset*. Parameter x_0, y_0 merupakan titik referensi pertama dan x_1, y_1 merupakan titik referensi kedua dari hasil kurva pembacaan sensor.

2.5 Kalibrasi Menggunakan PLC dan Load Cell

Kalibrasi sensor diperlukan untuk menentukan massa dari barang yang ingin ditimbang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pada kalibrasi sensor menggunakan PLC berbeda dengan Arduino Uno dimana diperlukan sebuah persamaan untuk dapat mengetahui parameter nilai yang tepat sehingga didapatkan akurasi yang baik. Proses mengkalibrasi sensor *load cell* pada PLC menggunakan perangkat lunak LCSofT yang terlihat pada Gambar 4.

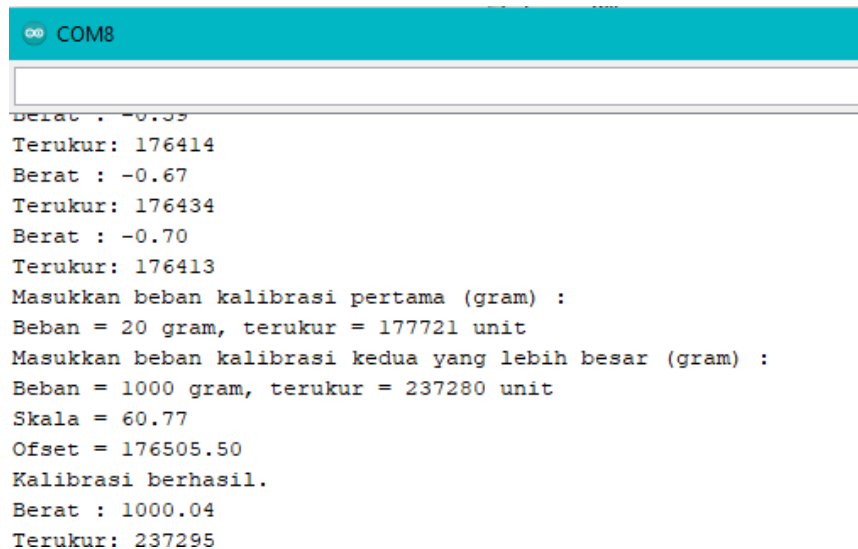


Gambar 4. Proses kalibrasi menggunakan perangkat lunak LCSofT

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Kalibrasi Arduino dan Sensor *Load Cell*

Proses kalibrasi dilakukan dengan menggunakan persamaan yang ditulis sebuah kode dalam perangkat lunak Arduino IDE. Hasil kalibrasi dapat dilihat dalam *serial monitor* dan nilai yang didapat adalah nilai skala dan *offset*. Gambar 5 menunjukkan nilai skala dan *offset* sensor *load cell*. Proses kalibrasi sensor menggunakan dua massa yang telah diketahui sebelumnya yaitu massa 20 gram dan 1.000 gram.



```

COM8
Berat : -0.59
Terukur: 176414
Berat : -0.67
Terukur: 176434
Berat : -0.70
Terukur: 176413
Masukkan beban kalibrasi pertama (gram) :
Beban = 20 gram, terukur = 177721 unit
Masukkan beban kalibrasi kedua yang lebih besar (gram) :
Beban = 1000 gram, terukur = 237280 unit
Skala = 60.77
Ofset = 176505.50
Kalibrasi berhasil.
Berat : 1000.04
Terukur: 237295

```

Gambar 5. Hasil *coding* pada *serial monitor* Arduino IDE

Pada Gambar 5 dapat terlihat nilai yang diketahui adalah peubah x yaitu 20 gram dan 1.000 gram. Dari masing-masing pengukuran didapat nilai peubah y atau nilai baca sensor pada persamaan (1) yaitu 177.721 unit dan pada massa 1.000 gram yaitu 237.280 unit. Penambahan unit atau nilai sensor akan terus bertambah seiring dengan naiknya massa [9], [10]. Dari kedua persamaan tersebut maka didapat nilai m (skala) dan b (*offset*) seperti pada Gambar 6 dan didapat nilai persamaan sebagai berikut.

$$177.721 = m \times 20 + b \quad (4)$$

$$237.280 = m \times 1.000 + b \quad (5)$$

Dari persamaan (4) dan (5) di atas, maka didapatkan persamaan (6) sebagai berikut.

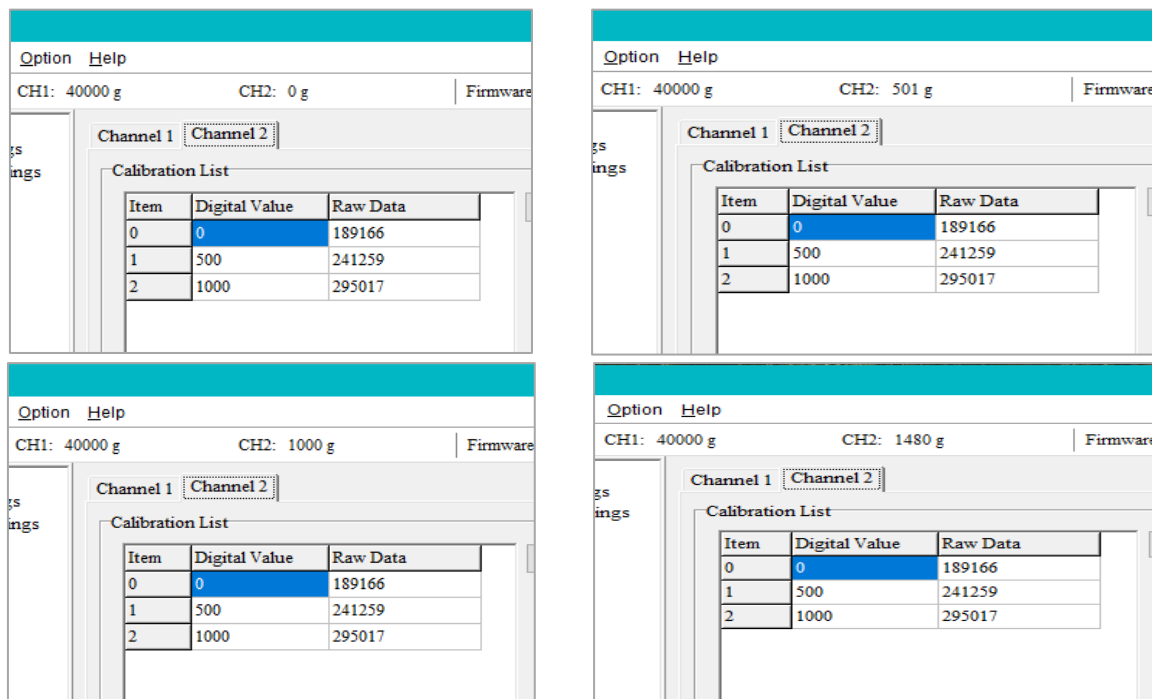
$$y = 60,77x + 176.505 \quad (6)$$

Nilai pada persamaan (6) didapat dari persamaan (4) dan (5) dengan persamaan penyelesaian (2) dan (3) untuk mendapat nilai m dan b dimana nilai x_0 dan y_0 dari (4) dan x_1 dan y_1 dari (5). Dari kedua persamaan tersebut nantinya akan diproses melalui *coding* Arduino. Nilai pada persamaan (6) ditunjukkan juga pada garis regresi sebagai persamaan garis. Persamaan (6) juga menunjukkan nilai seharusnya yang didapat jika massa diketahui. Nilai y menandakan nilai sensor menuju Arduino sedangkan nilai x menunjukkan nilai massa.

3.2 Hasil Kalibrasi PLC dan Sensor *Load Cell*

Proses kalibrasi dilakukan menggunakan aplikasi dari Program LCSofT. Pada aplikasi ini dapat dipilih menu *Calibration* yang dapat dilihat pada Gambar 6. Setelah masuk ke dalam menu, maka proses dilanjutkan dengan memasukkan spesifikasi dari sensor dan langsung mengkalibrasi dengan beban yang diketahui. Perbedaan dari kalibrasi dengan Arduino adalah program kalibrasi yang sudah masuk di dalam perangkat lunak LCSofT. Berikut merupakan gambar hasil kalibrasi yang terlihat pada

kolom CH2 atau *channel 2*. Pengujian kalibrasi dilakukan dengan 4 keadaan yaitu keadaan kosong, keadaan massa terisi 500 gram, 1.000 gram, dan 1.500 gram.



Gambar 6. Hasil kalibrasi PLC dan Load Cell

Pada Gambar 6, nilai yang diketahui peubah x adalah 500 gram dan 1.000 gram dan dari masing-masing pengukuran tersebut didapatkan nilai peubah y atau nilai baca sensor pada persamaan yaitu 189.166 unit dan pada massa 1.000 gram yaitu 295.017 unit. Dari kedua nilai peubah tersebut maka didapat nilai m (skala) dan b (*offset*) yang didapat dengan nilai persamaan sebagai berikut.

$$189.166 = m \times 0 + b \tag{7}$$

$$241.259 = m \times 500 + b \tag{8}$$

$$295.017 = m \times 1.000 + b \tag{9}$$

Dari persamaan (7), (8) dan (9) didapat persamaan berikut.

$$y = 104,18x + 189.166 \tag{10}$$

Persamaan (10) menunjukkan nilai seharusnya yang didapat jika massa diketahui dan juga garis regresi sebagai persamaan garis. Nilai y menandakan nilai pembacaan dari sensor *load cell* oleh Arduino dan nilai x menunjukkan nilai massa.

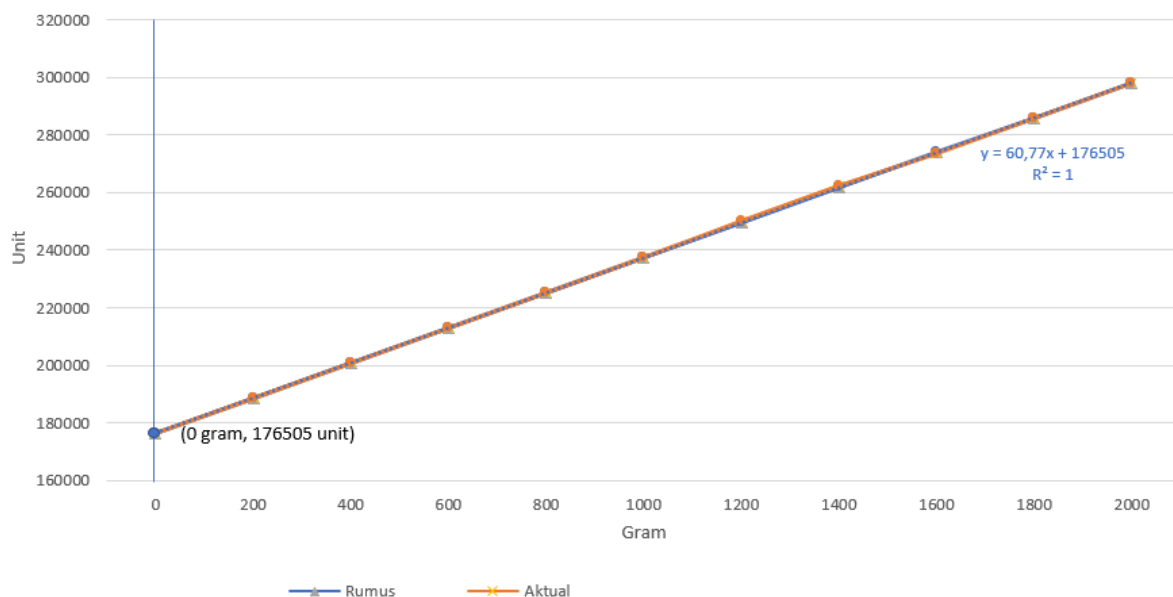
3.3 Hasil Pengujian

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan dengan 10 titik uji dari massa 0 gram sampai dengan 2.000 gram. Pengujian dilakukan dengan mengambil massa dengan berat yang diinginkan dan dimasukkan ke dalam kotak timbangan. Hasil uji dari nilai bacaan sensor dan nilai setelah dikalibrasi menggunakan persamaan (6) terdapat pada kolom ketiga dan kedua. Pada kolom kedua adalah nilai sensor yang dapat diketahui dari persamaan (6). Kolom kedua adalah kolom yang berisi nilai sensor yang sudah diproses melalui Arduino sehingga pembacaan sudah dikonversi menjadi gram. Dari massa aktual, nilai sensor dengan persamaan (6) dan nilai sensor aktual dapat digambar nilai linier regresi seperti pada Gambar 7 yang merupakan metode untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara 2 peubah.

Tabel 1. Perbandingan Arduino sensor *load cell* dengan alat ukur

Alat ukur (gram)	Pembacaan Arduino (x) (gram)	Pembacaan Arduino (y) (unit)	Error (%)
0	0	176.504	0,000
200	199,34	188.629	-0,330
400	399,62	200.782	-0,095
600	598,24	212.869	-0,293
800	800,68	225.138	0,085
1.000	1.000,22	237.221	0,022
1.200	1.198,50	250.101	-0,125
1.400	1.399,10	262.327	-0,064
1.600	1.598,97	273.674	-0,064
1.800	1.797,71	285.751	-0,127
2.000	1.998,65	297.963	-0,067

Dari hasil pengujian pada Tabel 1, menunjukkan bahwa hasil kalibrasi tidak berbeda jauh dengan massa yang sudah diukur sebelumnya atau dengan alat ukur digital pada umumnya. Nilai pembacaan Arduino terjauh dari nilai alat ukur adalah ± 3 gram pada titik uji 1.800 gram dengan hasil 1.797,71 gram. Rata-rata galat dari 11 titik uji adalah 0,09%. Dari hasil garis regresi pada Gambar 7, dapat dilihat nilai R kuadrat mencapai nilai satu yang artinya nilai korelasi koefisien dari dua garis yaitu pembacaan Arduino dan nilai pembacaan Arduino menurut persamaan (6) adalah sama. Koefisien ini juga menandakan garis yang ditarik dari nilai titik uji linier. Garis linier vertikal berwarna biru merupakan garis yang akan menunjukkan nilai 0 gram atau tidak ada beban pada sensor. Titik temu garis 0 gram dengan garis regresi menunjukkan juga berapa unit yang didapat ketika tidak ada beban yaitu 176.505 unit. Garis biru dengan garis oranye sejajar sehingga garis biru menjadi garis putus yang ditimpa pada garis oranye.

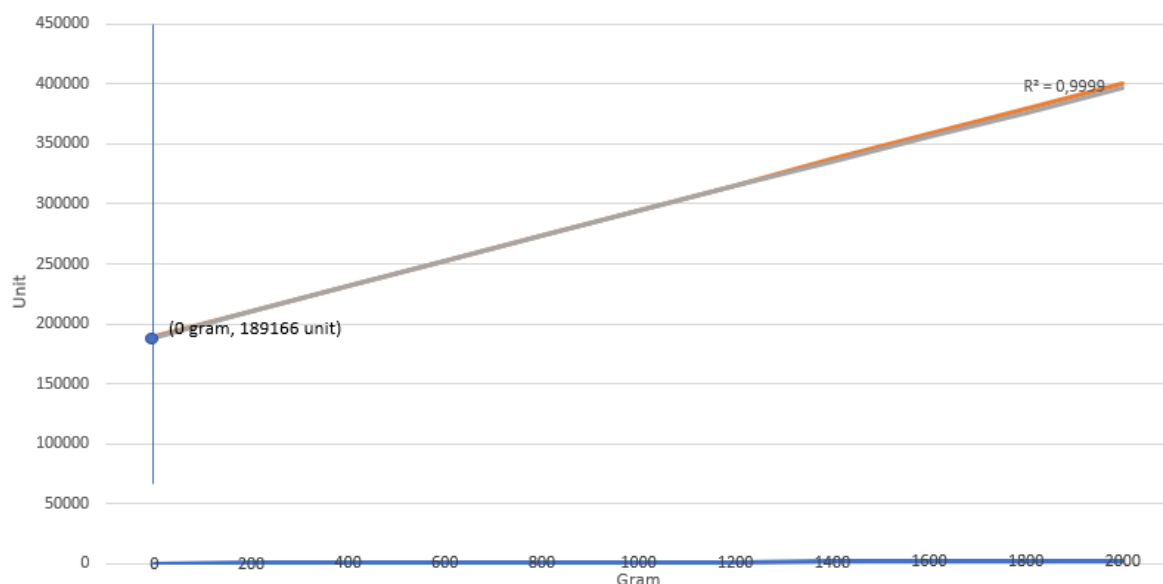
**Gambar 7. Garis linier regresi pembacaan Arduino dengan alat ukur**

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian PLC dengan sensor *load cell*. Hasil pembacaan *load cell* terdapat pada aplikasi LCSofit dan hasil yang didapat terdapat pada kolom kedua tabel. Pada kolom ketiga adalah nilai bacaan PLC dalam unit atau dalam aplikasi terdapat pada kolom *raw data* pada Gambar 6. Dari *raw data* dan nilai hasil kalibrasi didapat pada persamaan (10). Pengujian dilakukan dengan 11 titik uji dengan jangkauan 0 sampai 2.000 gram. Massa yang sudah diukur dengan alat ukur digital akan ditimbang menggunakan PLC dengan *load cell* dan didapat kolom 2.

Tabel 2. Perbandingan PLC sensor *load cell* dengan alat ukur

Alat ukur (gram)	Pembacaan PLC (x) (gram)	Pembacaan PLC (y) (unit)	Error (%)
0	0	188.888	0,000
200	200	210.058	0,000
400	400	231.228	0,000
600	601	252.504	0,170
800	800	273.568	0,000
1.000	1.000	294.738	0,000
1.200	1.195	315.379	-0,420
1.400	1.382	335.173	-1,290
1.600	1.575	355.602	-1,560
1.800	1.772	376.454	-1,560
2.000	1.970	397.413	-1,500

Nilai yang didapat pada tabel akan terlihat juga pada garis regresi, garis ini berfungsi untuk membandingkan dua variabel untuk menunjukkan perbandingan sebab akibat dalam 1 garis. Nilai R^2 pada garis regresi adalah 0,99 yang artinya garis belum sepenuhnya linier.

**Gambar 8. Garis linier regresi pembacaan PLC dengan alat ukur**

Dapat dilihat pada Gambar 8, garis abu-abu menunjukkan nilai pembacaan unit oleh PLC. Pada titik uji 1.200 gram menunjukkan kemiringan yang tidak linier. Hal ini ditunjukkan juga melalui Tabel 2 dengan titik uji terakhir yaitu 2.000 gram yang menunjukkan hasil yang didapat adalah 1.970 gram dengan nilai galat -1,5%. Nilai galat yang didapat dengan jangkauan 0 sampai 1.000 gram hanya terdapat pada titik uji 600 gram yaitu 0,17 % dengan hasil 601 gram. Perbedaan yang cukup besar ini terjadi karena titik kalibrasi pada aplikasi yang hanya mencapai 1.000 gram. Perbedaan yang signifikan terjadi pada titik uji 1.200 gram yang sudah di luar titik kalibrasi pada aplikasi.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian kali ini adalah menguji keakuratan pembacaan sensor *load cell* dari kedua perangkat kendali yaitu PLC dan Arduino Uno. Pada mikrokontroler Arduino, nilai rata-rata galat mencapai 0,09% dengan jangkauan 0 sampai 2.000 gram, sedangkan pada PLC memiliki nilai

rata-rata galat 0,034% dengan jangkauan 0 sampai 1.000 gram dan 1,26% dengan jangkauan 1.200 gram sampai 2.000 gram. Dari pengujian kedua perangkat tersebut dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler Arduino dengan kalibrasi 20 dan 1.000 gram mendapatkan hasil yang linier dan dari segi keakuratan mikrokontroler Arduino memiliki akurasi lebih baik dengan nilai galat terendah -0,3% dan nilai galat tertinggi +0,08% dibandingkan dengan PLC yang mempunyai nilai galat terendah -1,56% dan nilai galat tertinggi +0,17 %. Penelitian selanjutnya dapat dianalisis pengaruh perbedaan pengukuran ini pada aplikasi sistem kendali.

REFERENSI

- [1] W. Wahyudi, A. Rahman, and M. Nawawi, "Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell pada Alat Penyortir Buah Otomatis terhadap Timbangan Manual," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 5, no. 2, pp. 207, 2018.
- [2] U. Achlison and B. Suhartono, "Analisis Hasil Ukur Sensor Load Cell untuk Penimbang Berat Beras, Paket dan Buah berbasis Arduino," *E-Bisnis J. Ilm. Ekon. dan Bisnis*, vol. 13, no. 1, pp. 96–101, 2020.
- [3] A. Muflihana, D. S. Arief, and A. S. Nugraha, "Rancang Bangun Timbangan Digital dengan Keluaran Berat Berbasis Arduino Uno pada Automatic Machine Measurement Mass and Dimension," *Jom FTEKNIK*, vol. 6, pp. 1–7, 2019.
- [4] D. Parimpin, "Pengendalian Lift Barang 4 Lantai Menggunakan Plc Outseal Yang Terhubung Dengan Android Melalui Freight Elevator Control With Four," *Tugas Akhir Universitas Sanata Dharma*, 2020.
- [5] A. P. Pradana dan A. Triwiyatno, "Perancangan Sistem Otomatisasi Pada Prototype Plant Auto Cowfeeder Machine Berbasis Programmable Logic Controller (Plc) Omron Cpm1a Dan Mikrokontroler Atmega 8," *Transmisi*, vol. 19, no. 2, pp. 42–49, 2017.
- [6] D. Sibrani, "Pengisian Otomatis Menggunakan Load Cell Untuk Beberapa Jenis Ukuran Botol Berbasis Scada," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 10, no. 1, pp. 175–185, 2019.
- [7] "YZC-131A Load Cells Datasheet." <https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/YZC-131A.pdf>.
- [8] I. A. Headquarters, "Load Cell Module Operation Manual," 2014. https://filecenter.deltaww.com/Products/download/06/060301/Manual/DELTA_IA-PLC_DVP201-202-211LC-SL_OM_EN_20190220.pdf.
- [9] P. K. H. Thakkar, "Performance Evaluation of Strain Gauge Based Load Cell to Improve Weighing Accuracy," *Int. J. Latest Trends Eng. Technol. Perform.*, vol. 2, no. 1, pp. 103–107, 2013.
- [10] S. M. Osman, R. Hegazy, M. A. Elhakeem, and M. I. Mohamad, "Study for Initial Load Effects on the Calibration of Load Cells," *Asian J. Appl. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 117–124, 2020.

