

Rancang Bangun Alat Pengukur Berat Muatan Truk dengan Strain gauge

Santi Febri Arianti^{1*}, Adi Silaen², Agus Sitinjak³, Christian Sitompul⁴

* Corresponding author: santi.febri62@gmail.com

Sejarah penerimaan

Diterima pertama kali:
01/03/2021

Diterima setelah perbaikan:
18/03/2021

Tanggal penerbitan:
06/04/2021

Copyright © 2021 IT Del Press

Abstract— Weighbridge plays a vital role in the industry in terms of time, energy, and cost-efficiency in the process of weighing truck loads. The purpose of making a portable weighbridge using a Load Cell based on the ATmega328 microcontroller is so that it can be directly placed on a concrete floor without a special foundation. The installation of this instrument can be adjusted to the type of truck to be weighed, whether it is a regular truck or a trailer truck. The instrument design mainly pays attention to the aspects of capability and functionality. For assembling 1 system, it takes a "70" cm X "60" cm X "0.5" mm steel plate, Load Cell Half Bridge, ATmega328, HX711 module, 20 cm X 4 cm LCD, LC Studio SD Card, and RTC (Real Time Clock) DCS3231. The calibration process shows that the results of the instrument readings need to be converted with a scale factor of 21713 in order to produce linear data. The instrument has a high level of accuracy and precision, with 1% of error and 2% of standard deviation. The eccentricity test results prove that the tool can provide accurate measurements at every eccentricity point. Measurement data, data retrieval time, and weight of the load are stored on the Micro SD card.

Keywords— Weighbridge; portable; ATmega328; Load Cell.

Intisari— Jembatan timbang berperan vital terhadap industri dalam efisiensi waktu kerja, tenaga dan biaya dalam proses penimbangan muatan truk. Tujuan dari pembuatan jembatan timbang *portable* menggunakan *Load Cell* berbasis mikrokontroler ATmega328 ini agar dapat langsung diletakkan di lantai beton tanpa pondasi khusus. Pemasangan instrumen ini dapat disesuaikan dengan jenis truk yang akan ditimbang, baik itu truk biasa maupun truk gandeng. Perancangan instrumen terutama memperhatikan aspek kemampuan dan fungsionalitas. Untuk perakitan 1 sistem, dibutuhkan plat baja 70 cm x 60 cm x 0,5 mm, Load Cell Half Bridge, ATmega328, modul HX711, LCD 20 cm x 4 cm, SD Card LC Studio, dan RTC (*Real Time Clock*) DCS3231. Proses kalibrasi menunjukkan bahwa hasil pembacaan instrumen perlu dikonversi dengan skala faktor sebesar 21713 agar menghasilkan data yang linear. Instrumen memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi, dengan kesalahan sebesar 1% dan Standar deviasi sebesar 2%. Hasil pengujian eksentrisitas membuktikan bahwa alat dapat memberikan pengukuran yang akurat pada setiap titik eksentrisitas. Data tanggal pengukuran, waktu pengambilan data dan berat beban tersimpan di *Micro SD card*.

Kata Kunci— Jembatan timbang; portable; ATmega328; Load Cell.

I. PENDAHULUAN

Berbagai bidang Industri sangat memerlukan jembatan timbang atau *Truck Scale* untuk memberikan hasil penimbangan yang akurat dan dijadikan sebagai acuan nilai kuantitas dalam perhitungan komersial [1].

Penggunaan jembatan timbang akan memberikan efisiensi waktu dan kepraktisan dalam penimbangan muatan truk. Penimbangan dengan jembatan timbang cukup cepat (1-3 menit) dibandingkan penimbangan muatan yang masih dilakukan secara manual yang umumnya berlangsung lama dan membutuhkan beberapa tenaga angkut dalam proses angkat kemudian timbang manual (satu persatu) [2]. Tentunya dengan adanya efisiensi waktu kerja dan tenaga akan memberikan kontribusi signifikan terhadap biaya.

Jembatan timbang juga merupakan alat yang sangat vital bagi pemerintah untuk kegiatan pemantauan angkutan barang di jalan [3]. Jika jalan menerima beban berlebih dari perencanaan konstruksinya, maka akan cepat rusak [4][5][6].

Kondisi jalan raya yang rusak semakin menghambat kelancaran lalu lintas, sehingga akan berdampak juga terhadap sektor industri dengan semakin mahalnya biaya operasional angkutan barang [7].

Tujuan dari penelitian ini adalah pembuatan perangkat keras dan lunak dari model jembatan timbang menggunakan Load Cell berbasis mikrokontroler ATmega328 dan LCD (*Led Crystal Display*) sebagai penampil dari pengukuran beban yang telah dilakukan. Manfaat yang ingin dicapai dalam pembuatan jembatan timbang adalah membantu sektor industri dalam mengatur beban keluar masuk truk secara akurat dan spesifik, dan bagi pemerintah untuk pengawasan agar tidak terjadi kerusakan jalan dalam waktu yang singkat. Modul bersifat dapat dipindah pindah (*portable*) yang tidak membutuhkan pondasi khusus dan dapat langsung diletakkan di lantai beton sehingga akan menghemat biaya pondasi sipil [8]. Modul dapat berupa timbangan untuk masing-masing roda atau untuk seluruh kendaraan sekaligus. Pemasangan modul

dapat disesuaikan dengan jenis truk yang akan ditimbang [9], baik itu truk biasa maupun truk gandeng.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan jembatan timbang *portable* ini dilakukan dengan tahap pembuatan desain/rancangan, kemudian tahap pembuatan alat.

A. Tahap Pembuatan Desain/Rancangan

Tahap perancangan desain ini perlu memperhatikan spesifikasi perangkat yang ingin dibuat, yaitu berdasarkan pada kemampuan dan fungsionalitas, batasan interaksi sistem dengan pengguna, deskripsi fisik dan lingkungan kerja, serta keandalan dan perawatan.

1) Kemampuan dan Fungsionalitas

Berikut ini adalah spesifikasi sistem berdasarkan kemampuan dan fungsionalitas sistem yang dibutuhkan:

- Sistem harus dapat melakukan perubahan pada berat dengan akurasi total 1 ton dan toleransi 1%. Hal ini dilakukan karena alat ditujukan untuk kebutuhan industri dengan beban yang besar sehingga perubahan berat akan sangat kecil.
- Sistem harus memiliki tingkat presisi yang sangat tinggi. Hal ini berakitan dengan penggunaan prinsip jembatan wheatstone saat pembuatan alat khususnya pada saat pengaturan posisi letak *strain gauge*, maka dapat dilakukan pengukuran berat dari truk melalui ban.
- Konsumsi daya sistem ini secara umum harus dapat ditentukan oleh mikroprosesor untuk melakukan komputasi dan *strain gauge* untuk melakukan pengukuran beban.
- Sistem ini harus mudah dioperasikan dengan antarmuka pengguna yang intuitif dan interaktif.
- Sistem ini harus mampu membaca citra dalam beban yang diukur oleh *prototype*.
- Sistem ini harus mudah dibongkar pasang, dapat digunakan untuk berbagai ukuran kendaraan, namun tetap kuat dan mudah dioperasikan.

2) Antarmuka Pengguna dengan Sistem

Dengan memperhatikan kebutuhan akan pengguna untuk dapat berinteraksi dengan sistem melalui sebuah modul antarmuka pengguna yang interaktif dan intuitif. Modul antarmuka pengguna ditempatkan pada kondisi statis dan jauh dari komponen sistem yang melakukan proses pengukuran berat beban. Interaksi yang dapat dilakukan oleh pengguna adalah sebagai berikut :

- Mengawasi *prototype* dan melihat apakah *prototype* bekerja dengan baik atau tidak.
- Melihat hasil pengukuran dan penimbangan yang dilakukan oleh sensor pada *prototype*.
- Melakukan konfigurasi sebelum sistem melakukan tugasnya, yaitu melakukan kondisi *auto zero* sebelum penimbangan.
- Memantau dengan melihat status kemajuan pekerjaan yang dilakukan oleh sistem serta hasil yang telah diambil selama

pekerjaan itu berjalan dan dapat dikonversi ke pembacaan di layar LCD.

3) Deskripsi Fisik dan Lingkungan Sistem

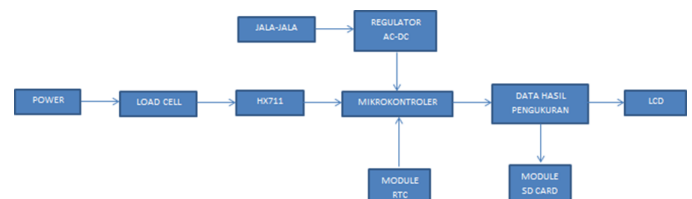
Sistem ini harus diletakkan di atas jalan untuk melakukan penimbangan pada truk dan dioperasikan di luar ruangan dalam kondisi diam. Suhu lingkungan berkisar 20°C hingga 40°C. Kelembaban maksimum adalah 60% tanpa pengembunan (*non condensing*). Sistem ini harus dioperasikan pada lingkungan dengan keseimbangan yang baik untuk menjaga akurasi dan presisi komponen sistem pada saat diberi beban untuk dilakukan penimbangan.

4) Keandalan dan Perawatan Sistem

Keandalan dan perawatan produk yang dihasilkan dapat direpresentasikan dalam *mean time before failure* (MTBF) dan *mean time to repair* (MTTR). MTBF produk ini ditargetkan mencapai 4500 jam dan MTTR produk ini ditargetkan kurang dari 1 hari. Target MTBF dan MTTR ini harus dapat dipenuhi selama produk digunakan pada kondisi lingkungan dan kondisi fisik yang benar.

B. Pembuatan alat

Berdasarkan spesifikasi perangkat yang ingin dibuat, dirancang alat untuk menimbang masing-masing roda kendaraan, sehingga untuk mengukur berat total sebuah kendaraan utuh diperlukan 4 alat untuk truk biasa dan 6 atau 8 alat untuk truk gandeng. Untuk pembuatan 1 alat, dipilih plat baja berukuran 70 cm x 60 cm x 0,5 mm sebagai rangka alat, *Load Cell Half Bridge*, ATmega328 sebagai mikrokontroler, modul HX711 sebagai penguat sinyal, LCD 20 cm x 4 cm sebagai *interface*, *SD Card LC Studio* sebagai penyimpan data, dan RTC (*Real Time Clock*) DCS3231 untuk menyimpan informasi waktu secara *real time*. Diagram kerja sistem ditunjukkan pada Gbr. 1. Rancangan dan pembuatan alat diberikan pada Gbr. 2, Gbr. 3, Gbr. 4, dan Gbr. 5.



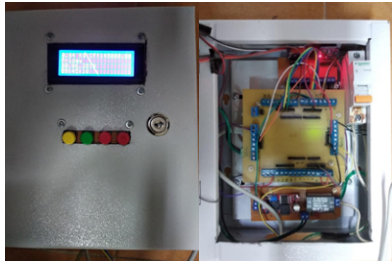
Gbr. 1 Diagram kerja sistem.



Gbr. 2 Letak *Load Cell* pada plat baja.



Gbr. 3 Desain fisik jembatan timbang.



Gbr. 4 Kotak panel.



Gbr. 5 Tampilan push button.

- Tombol tare berfungsi untuk melakukan *autozero*. Fungsi ini akan membuat skala pengukuran timbangan diatur menjadi 0 kg. Dalam sistem yang dirancang menggunakan pullup di pin 8 digital Arduino. Jika pada tombol *tare* ditekan, maka pin ini akan aktif dan melakukan *looping* untuk membuat timbangan ke 0 kg. Pada fungsi ini, jika terdapat beban atau objek di atas timbangan, maka skala timbangan akan diatur ke 0 kg dan menganggap timbangan dalam keadaan tidak memiliki beban.
- Tombol *reset* berfungsi untuk mengulang kembali suatu proses program pada Arduino. Pengulangan atau reset program dilakukan jika sistem pada pengukuran timbangan tidak berjalan atau terhenti.
- Tombol penambah dan pengurang berfungsi untuk menambah atau mengurangi nilai faktor kalibrasi jika pengukuran belum sesuai hasil sesuai berat benda yang menjadi tolak ukur. Hal lain yang biasa terjadi, sehingga nilai faktor kalibrasi diubah yaitu data yang dibaca oleh Arduino melalui HX711 dan load cell berubah

II. HASIL IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

Instrumen yang dibuat bersifat mudah dibongkar pasang, sehingga untuk menjadi *Truck Scale* utuh, 4 alat disusun di 4 sudut *Truck Scale*. Pengujian dilakukan untuk setiap alat. Alat yang dirancang menggunakan tegangan 5 Volt DC 0,6 A. Untuk melakukan pengukuran dan melakukan penskalaan, digunakan pin DT sebagai digital output dan SCK sebagai digital input. Pengujian yang dilakukan adalah Proses Kalibrasi, Pengukuran Berat Beban, Pengujian Eksentrisitas, dan Penyimpanan Data

A. Proses Kalibrasi

Pada kalibrasi alat, digunakan timbangan terstandar sebagai acuan. Dipilih 1 jenis barang dengan berat 4,43 Kg sebagai beban referensi. Hasil data pembacaan sensor terhadap beban referensi ditampilkan di serial monitor pada Arduino yang nilainya diberikan pada Tabel I.

TABEL I
DATA PEMBACAAN SENSOR TERHADAP BEBAN REFRENSI

No	Nilai Pembacaan
1	96324
2	96356
3	96214
4	96172
5	96164
6	96199
7	96198
8	96194
9	96187
10	96187
11	96187
12	96187
13	96173
14	96199
15	96181
16	96122
17	96102
18	96183
19	96105
20	96137
Rerata = 96188	

Diperlukan faktor kalibrasi yang dihitung secara matematis dengan persamaan berikut:

$$\text{Skala Pembacaan Sensor} = \text{Skala Acuan (Standar)}$$

$$\text{Nilai Skala Faktor} = \frac{\text{Skala Pembacaan Sensor}}{\text{Skala Acuan (Kg)}}$$

$$\text{Nilai Skala Faktor} = \frac{96188}{4,43}$$

$$\text{Nilai Skala Faktor} = \frac{21713}{1 \text{ Kg}}$$

Nilai skala faktor akan dimasukkan dalam kode program menjadi konversi penimbangan, bahwa untuk setiap pembacaan sensor pada 21713 artinya terdapat penambahan beban sejumlah 1 kg.

B. Pengukuran Berat Beban

1) Hasil pengukuran beban berbeda

Pengukuran berat terhadap beban yang berbeda dilakukan untuk memastikan linearitas alat setelah proses kalibrasi dan menghitung akurasi. Hasil pengukuran terhadap beban dengan berat yang berbeda beda ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL III
HASIL PENGUKURAN TERHADAP BEBAN BERBEDA

No	Massa dari Pembacaan Sensor (Kg)	Massa Acuan (Kg)	Δ (Kg)	% Kesalahan
1	4,41	4,43	0,02	0%
2	16,2	16,4	0,2	1,22%
3	19,3	19,5	0,2	1,03%
4	26,55	26,87	0,32	1,19%
5	30,86	31,22	0,36	1,15%
6	42,94	43,46	0,52	1,20%
7	47,2	47,76	0,56	1,17%
8	51,75	52,39	0,64	1,22%
9	56,09	56,76	0,67	1,18%
10	64,9	65,61	0,71	1,08%
11	73,49	74,39	0,9	1,21%
12	81,82	82,82	1	1,21%
13	85,55	86,61	1,06	1,22%
14	93,01	94,13	1,12	1,19%
15	96,15	97,28	1,13	1,16%
16	99,35	100,4	1,05	1,05%
17	102,3	103,55	1,25	1,21%
18	108,9	110,09	1,19	1,08%
19	112,2	113,29	1,09	0,96%
20	115,4	116,52	1,12	0,96%

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{\text{Jumlah \% Kesalahan}}{20}$$

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{22,14\%}{20}$$

$$\% \text{ Kesalahan} = 1,11\%$$

Berdasarkan data pada Tabel II, didapatkan rerata persentase kesalahan sebesar 1,11%. Hal ini membuktikan bahwa akurasi alat sangat baik (persen kesalahan ≤5%) yaitu sebesar 98,89%.

C. Hasil Pengukuran beban Tetap

Selain melakukan pengukuran pada beban yang berubah dan bertambah, pengujian juga dilakukan pada beban yang tetap. Hal ini dilakukan untuk menentukan nilai presisi alat. Hasil pengukuran pada beban Tetap yaitu sebesar 54,3 Kg disajikan pada Tabel III.

TABEL IIIII
HASIL PENGUKURAN PADA BEBAN 54,3 KG

No	Data pengukuran (kg)	Δ (kg)
1	54,26	0,04
2	54,25	0,05
3	54,23	0,07
4	54,27	0,03
5	54,28	0,02
6	54,26	0,04
7	54,27	0,03
8	54,26	0,04
9	54,31	-0,01
10	54,23	0,07
11	54,28	0,02
12	54,24	0,06
13	54,23	0,07
14	54,29	0,01
15	54,26	0,04
16	54,29	0,01
17	54,24	0,06
18	54,25	0,05
19	54,23	0,07
20	54,25	0,05

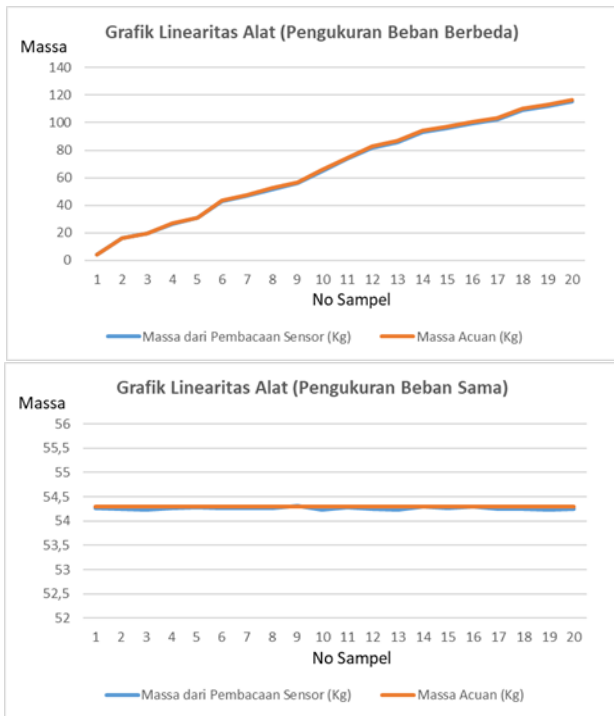
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$S = 2\%$$

Perhitungan terhadap data pada Tabel III menunjukkan bahwa alat memiliki standar deviasi sebesar 2%. Hal ini membuktikan bahwa alat telah presisi (standar deviasi ≤5%).

D. Linearitas Alat

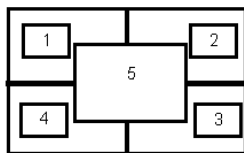
Setelah proses koreksi dengan nilai skala faktor kalibrasi, alat juga dipastikan memberikan hasil pengukuran yang linear. Terlihat dari grafik pada Gbr. 6, nilai pengukuran pada beban tetap maupun beban berbeda oleh sensor setara dengan massa beban sebenarnya (hasil pengukuran standar).



Gbr. 6 Grafik linearitas alat.

E. Pengujian Eksentrisitas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja timbangan bahwa hasil penimbangan tidak terpengaruh posisi peletakan beban. Posisi peletakan beban untuk pengujian eksentrisitas alat dapat dilihat pada Gbr. 7.



Gbr. 7 Posisi titik uji eksentrisitas.

Pengujian yang dilakukan pada tiap titik eksentrisitas menggunakan 3 buah sampel. Setiap sampel akan diukur beratnya pada masing-masing titik eksentrisitas. Pada Tabel IV, hasil pengujian memperlihatkan bahwa secara keseluruhan, alat dapat memberikan pengukuran yang akurat pada setiap titik eksentrisitas dengan rerata persen kesalahan sebesar 1,1%.

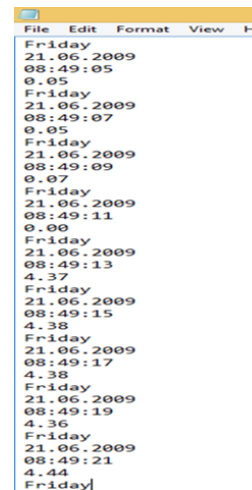
TABEL IVV
HASIL PENGUJIAN SAMPEL PADA TITIK EKSENTRISITAS

No Sampel	Titik Uji	Berat Sampel (kg)	Berat terbaca (kg)	Δ (kg)
1	1	4,43	4,48	-0,05
	2		4,45	-0,02
	3		4,44	-0,01

No Sampel	Titik Uji	Berat Sampel (kg)	Berat terbaca (kg)	Δ (kg)
	4		4,42	0,01
	5		4,43	0
2	1	4,33	4,32	0,01
	2		4,35	-0,02
	3		4,34	-0,01
	4		4,37	-0,04
	5		4,34	-0,01
3	1	4,54	4,58	-0,04
	2		4,54	0
	3		4,55	-0,01
	4		4,53	0,01
	5		4,53	0,01

F. Penyimpanan Data

Data pengukuran disimpan di Micro SD card dalam bentuk .txt. Seperti pada tampilan LCD, data akan disimpan setiap 2 detik. Data yang disimpan sesuai Gbr. 8 adalah hari, tanggal, waktu pengambilan data dan berat beban yang diukur.



Gbr. 8 Tampilan penyimpanan data.

Pada dasarnya susunan dokumen diserahkan kepada penulis, tapi harus terstruktur dengan baik serta mewakili proses penelitian yang penulis lakukan.

III. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah:

1. Akurasi alat sangat baik dengan rerata persentase kesalahan sebesar 1,11%.
2. Alat dinyatakan presisi dengan persen standar deviasi sebesar 2%.
3. Alat dapat menghasilkan data yang linear dengan konversi faktor skala sebesar 21713
4. Secara keseluruhan, alat dapat memberikan pengukuran yang akurat pada setiap titik eksentrisitas dengan rerata persen kesalahan sebesar 1,1%.
5. Data tanggal, waktu pengambilan data dan berat beban yang diukur dapat tersimpan di Micro SD card.

REFERENSI

- [1] A. Setiawan, Fery, fajarianto, Otto, Firdaus, "Pengembangan Aplikasi Timbangan Berat Produk," *PETIK*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2018.
- [2] G. Marshall, Hamish, Murphy, "Factors Affecting the Accuracy of Weighbridge Systems," *Int. J. For. Eng.*, vol. 14, no. 1, pp. 67–79, 2013.
- [3] S. Hirohisha, Kawaguchi, Wachi, Tomokazu, Yagi, "Weighbridge Survey for Freight Policy Analysis in the Central Java Region, Indonesia," in *Transportation Research Board (TRB) 90th Annual Meeting At: Washington D.C., U.S.*, 2011, pp. 1–15.
- [4] N. Kinasih, Reni Karno, Putri, Mukhlisya Dewi Ratna, "Modified Zero Overloading Policy Impact to Pavement's Service Life," *Eng. Math. Comput. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 41–46, 2020.
- [5] U. Ibnu, Solichin, Nugroho, "Road Damage Analysis of Kalianak Road Surabaya," *Adv. Sci. Lett.*, vol. 23, no. 12, pp. 12295–12299, 2017.
- [6] H. Karim, Mohamed Rehan, Ibrahim, Nik Ibtishamiah, Saifizul, Ahmad Abdullah, Yamanaka, "Effectiveness of vehicle weight enforcement in a developing country using weigh-in-motion sorting system considering vehicle by-pass and enforcement capability," *IATSS Res.*, vol. 37, no. 2, pp. 124–129, 2014.
- [7] W. Subandriyo, Eko, Marpaung, Ridho Roni, Ismiyati, Kusharjoko, "Analisis Perbandingan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Jalan Lingkar Ambarawa dan Jalan Eksisting," *J. KARYA Tek. SIPIL*, vol. 3, no. 2, pp. 356 – 366, 2014.
- [8] J. I. C. A. (JICA), "Study for the Harmonization of Vehicle Overload Control in the East African Community," 2011.
- [9] A. Stawska, Sylwia, Chmielewski, Jacek, Bacharz, Magdalena, Bacharz, Kamil, Nowak, "Comparative Accuracy Analysis of Truck Weight Measurement Techniques," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 2, p. 745, 2021.

¹ Dosen, Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Informatika dan Elektro Institut Teknologi Del, Jln. Sisingamangaraja Sitoluama, Laguboti, Tobasa 22381 INDONESIA (+62 632 331234; e-mail: santi.febri62@gmail.com)

^{2, 3, 4} Mahasiswa, Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Informatika dan Elektro Institut Teknologi Del, Jln. Sisingamangaraja Sitoluama, Laguboti, Tobasa 22381 INDONESIA (+62 632 331234)