

DOI: 10.29303/jrpb.v10i1.326
ISSN 2301-8119, e-ISSN 2443-1354
Tersedia online di <http://jrpb.unram.ac.id/>

PENGGUNAAN PERSAMAAN MATEMATIKA UNTUK PENIMBANG BERBASIS SENSOR JARAK PADA ALAT ANGKUT TBS KELAPA SAWIT

*Utilization of Mathematics Equation for Distance Sensor-Based Scale
on Oil Palm Fresh Fruit Bunch Transporting Vehicles*

Muhammad Murdzany Billy, Andreas Wahyu Krisdiarto^{*)}

Program Studi Teknik Pertanian, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta
Jl. Nangka II Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta 55282, Indonesia

Email^{*)}: andre@instiperjogja.ac.id

Diterima: Desember 2021

Disetujui: Maret 2022

ABSTRACT

One of the crucial aspects of transporting Oil Palm Fresh Fruit Bunches (FFB) from the plantation to the palm oil mill (POM) is the wholeness of the quantity, considering the long distances and various conditions passed. FFB weighing is currently carried out at the departure point and at the end point. For this reason, a weighing device (scale) is needed on the FFB transporting vehicle to monitor the weight at any time during the journey. This goal can be achieved by implementing an integrated weighing device on the vehicle. In order to lengthen the weigher life, the weight sensor must not continuously bear the load; therefore, in this study, an alternative proximity sensor was used. This study was aimed to 1) develop a mathematical equation to convert the distance to the weight that will be applied to the scale model on the FFB transporting vehicle with the proximity sensor (ATSJ), and 2) determine the accuracy of the scales. The research method was divided into three stages, namely: 1) building a scale model based on a microcontroller with a proximity sensor, 2) calibration test, 3) functional test to determine the accuracy of the scale. The statistical T-test was used to examine whether the ATSJ readings are not different from the actual weight. The results show a linear relationship between the weight change (kg) and distance (cm) of the object, and the designed scale can read this change. In the first stage of testing using the sitting scale, the equation was $J = 0.9859xBd - 0.1665$; with $R^2 = 0.9899$. This evidence was used to obtain the equation for the vehicle, i.e., $J = -0.004xBb + 9.9372$; with $R^2 = 0.9312$. This equation was then written into the ATSJ microcontroller code. The test results at a 100-1000 kg load showed that ATSJ has a weighing accuracy of 92.9%.

Keywords: *transporting vehicle; microcontroller; distance sensor; oil palm FFB*

ABSTRAK

Salah satu aspek krusial pada pengangkutan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa sawit dari kebun sampai pabrik adalah keutuhan kuantitas, mengingat jaraknya yang sering jauh dan melewati berbagai kondisi. Saat ini penimbangan TBS hanya dilakukan di titik berangkat dan di titik

akhir. Untuk itu diperlukan alat timbang yang terdapat pada alat angkut TBS agar berat buah dapat dipantau kapan pun selama dalam perjalanan. Hal ini dapat dilakukan dengan menerapkan alat timbang yang terintegrasi di bak angkut. Agar penimbang awet, sensor berat harus tidak secara terus menerus menanggung beban, sehingga dalam penelitian ini digunakan alternatif sensor jarak. Penelitian ini bertujuan untuk 1) mengembangkan persamaan matematika konversi jarak ke berat yang akan diterapkan pada model timbangan pada alat angkut TBS dengan sensor jarak (ATSJ) tersebut; 2) menetapkan ketepatan (akurasi) timbangan. Metode penelitian dibagi menjadi tiga tahap, yaitu: 1) membangun model timbangan berbasis mikrokontroler dengan sensor jarak, 2) uji kalibrasi, 3) uji fungsional untuk mendapatkan ketepatan alat. Untuk menguji apakah bacaan ATSJ tidak berbeda dengan berat beban sebenarnya digunakan uji T. Hasil penelitian memperlihatkan terdapat hubungan linier antara perubahan berat (kg) terhadap jarak (cm) pada objek, dan timbangan hasil rancangan dapat membaca perubahan ini. Pada pengujian tahap pertama terhadap timbangan duduk didapatkan persamaan $J = 0,9859 \times Bd - 0,1665$; dengan $R^2 = 0,9899$. Pembuktian tersebut digunakan untuk mendapatkan persamaan di objek alat angkut, dan didapatkan persamaan: $J = -0,004 \times Bb + 9,9372$; dengan $R^2 = 0,9312$. Persamaan ini yang dimasukkan ke dalam *coding* pada mikrokontroler ATSJ. Hasil pengujian pada beban 100-1000 kg menunjukkan ATSJ memberikan akurasi penimbangan sebesar 92,9%.

Kata kunci: angkutan; mikrokontroler; sensor jarak; TBS kelapa sawit

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan yang memberikan kontribusi sangat besar bagi Indonesia, terlihat dari volume ekspor minyak sawit mentah (CPO) mencapai 16.291.856 ton dengan nilai US\$ 13.468.966.000 pada tahun 2010, dan meningkat menjadi 20.557.976 ton dengan nilai US\$ 15.838.850.000 pada tahun 2014 (Anugrah & Wachjar, 2018). Di Indonesia, pengolahan tandan buah kelapa sawit menjadi minyak sawit mentah tersebut pada umumnya dilakukan oleh pabrik besar, dengan kapasitas minimal 30 ton/jam. Pasokan bahan baku untuk pabrik minyak kelapa sawit didapatkan dari berbagai kebun dengan jarak yang sering kali cukup jauh, bahkan sampai 50 km. Oleh karena itu, selain aspek budidaya dan pengolahan, sistem pengangkutan juga perlu mendapat perhatian.

Seperti dilaporkan oleh Tanjung & Santosa (2019), perkebunan kelapa sawit masih rawan terhadap pencurian. Pencurian ini dapat terjadi di kebun maupun saat pengangkutan. Secara administratif dan evaluasi kebun, kehilangan Tandan Buah

Segar (TBS) akibat pencurian menyebabkan kerapatan buah menjadi turun. Namun, lebih dari itu pencurian menyebabkan kerugian bagi petani/pemilik. Dalam sistem pengangkutan, terutama dari kebun petani, salah satu hal krusial adalah penimbangan. Pada saat ini penimbangan TBS hanya dilakukan di kebun sebelum berangkat dan di akhir, yaitu saat masuk pabrik, sehingga tidak ada pemantauan kuantitas TBS selama perjalanan. Malik & Munira (2021) menambahkan bahwa sebagian besar petani sawit tidak dapat hadir dalam proses penimbangan dikarenakan memiliki kesibukan masing-masing. Hal ini juga membuat petani merasa khawatir akan kecurangan. Petani harusnya dapat mengetahui hasil timbangan secara *real time* walaupun tidak berada di lokasi penimbangan.

Masalah yang sering terjadi saat penimbangan di lapangan seperti alat yang digunakan tidak ditera, wadah yang tidak layak menampung beban, dan sebagainya. Yohari, *et al.*, (2021) menambahkan, alat timbang yang digunakan di kebun pada umumnya tidak sesuai dengan ketentuan perundang-undangan. Di sisi lain, pada

penimbangan otomatis yang menggunakan sensor *loadcell* juga terdapat kekurangan karena sangat sensitif terhadap sentuhan, sehingga dapat menimbulkan *noise* (Pambudi & Suhendra, 2015).

Agar pengukuran produksi, pemantauan berat TBS selama pemindahan, maupun transaksi penjualan TBS lebih terbuka dan adil, diperlukan alat timbang yang cukup dapat diandalkan dan dapat bekerja selama dalam proses pengangkutan. Karena alat timbang ini difungsikan selama perjalanan yang menyebabkan bebannya dinamis, maka dihindari sensor alat timbang yang menerima beban langsung dan menerus agar tidak mudah rusak. Alternatif untuk ini adalah penggunaan sensor jarak. Untuk mendapatkan akurasi pembacaan, maka diperlukan persamaan matematika yang tepat yang dimasukkan ke dalam program (*coding*) mikrokontroler pengendali timbangan tersebut.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan persamaan matematika konversi jarak ke berat yang akan diterapkan pada model alat timbang dengan sensor jarak (ATSJ) yang ditempatkan pada alat angkut TBS dan menetapkan ketepatan (akurasi) timbangan ATSJ.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian yaitu timbangan duduk, timbangan jarum, dan alat angkut TBS (mobil *pickup*). Bahan yang digunakan, yaitu Arduino Uno R3, LCD 16x2 I2C, RTC DS 3231, *push button*, SD card, *power bank*, dan air untuk simulasi beban. Mengingat alat timbang ini akan diterapkan untuk menimbang di saat mobil berhenti dan tahapan pengembangan masih pada pembebanan statis, simulasi beban

dapat dilakukan dengan beban statis seperti air dalam bak.

Metode

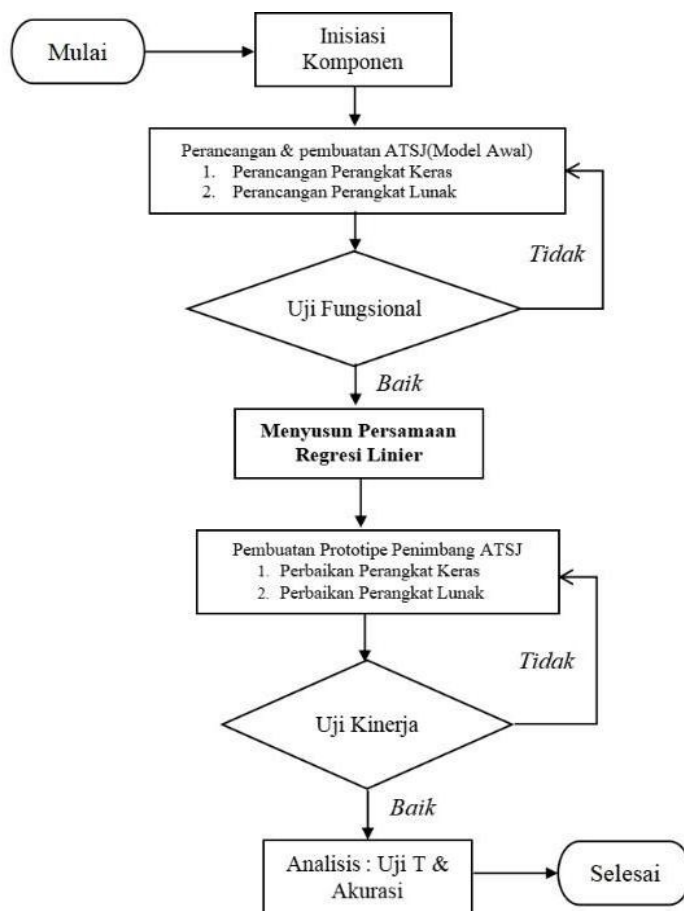
Persamaan yang akan diterapkan pada mikrokontroler mengacu kepada sifat fenomena parameter, yang dalam hal ini relasi linier antara jarak dan berat, sehingga mengacu kepada Krisdiarto & Gading (2018) digunakan metode pencarian persamaan linier.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan:

1. Membangun model timbangan berbasis mikrokontroler dengan sensor jarak.
2. Pengujian fungsional di laboratorium untuk memastikan alat bekerja sesuai yang diharapkan
3. Pengujian kalibrasi di lapangan dalam bentuk simulasi pada alat angkut *pickup* untuk mendapatkan persamaan matematika.
4. Pengujian kinerja untuk mendapatkan tingkat akurasi alat.
5. Analisis statistik untuk menguji hipotesa apakah bacaan ATSJ tidak berbeda dengan berat beban sebenarnya menggunakan uji T.

Pengembangan Model ATSJ

Model/prototipe ATSJ dikembangkan melalui proses seperti tersaji pada Gambar 1. Input, Proses dan Luaran dari tahapan di Gambar 1 tersaji pada Tabel 1. Gambar 2 menunjukkan pemasangan sensor pada rangka mobil *pickup*. Letak pemasangan mempertimbangkan posisi dimana terdapat perubahan jarak oleh adanya beban di bak *pickup* tersebut. Pengujian dilakukan saat mobil dalam keadaan diam mengingat penimbangan TBS pada umumnya dilakukan di titik tertentu, bukan pada saat perjalanan.



Gambar 1. Proses pengembangan ATSJ

Tabel 1. Input, proses dan luaran masing-masing tahap penelitian

Kegiatan	Input	Proses	Luaran
Inialisasi Komponen	Sensor, mikrokontroler	Penyiapan	Masing-masing komponen berfungsi
Perancangan dan Pembuatan model awal	Komponen, catu daya, board	Gambar rangkaian, perangkaian elektronika	Rangkaian ATSJ
Uji Fungsional	Model fisik ATSJ	Uji (simulasi) untuk menimbang	ATSJ berfungsi baik, menunjukkan bacaan beda jarak terhadap beda berat beban
Membangun persamaan linier	ATSJ yang sudah berfungsi baik	Eksperimen penimbangan pada berbagai tingkat beban	Persamaan matematika (linier)
Pembuatan prototipe	Model ATSJ dan persamaan matematika	Persamaan matematika dimasukkan ke dlm program (kode)	Bacaan beban pada ATSJ yang sudah merupakan konversi dari bacaan jarak sensor
Uji kinerja	Prototipe ATSJ	Uji coba beban pd alat angkut	Analisis uji perbedaan terhadap beban riil dan tingkat akurasi alat



Gambar 2. Skema pemasangan sensor pada rangka *pickup* bagian bawah (panah menunjukkan arah pancaran dan pantulan gelombang ultrasonik)

Aplikasi Persamaan ke dalam program Mikrokontroler

Pembuatan persamaan dari data pengujian memanfaatkan fasilitas dalam *software* Microsoft Excel, dalam hal ini persamaan regresi linier. Rumus persamaan umum regresi linier dapat dilihat pada persamaan (1).

$$Y = a + bX \quad \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

Y = variabel dependen = Jarak terbaca sensor (cm)

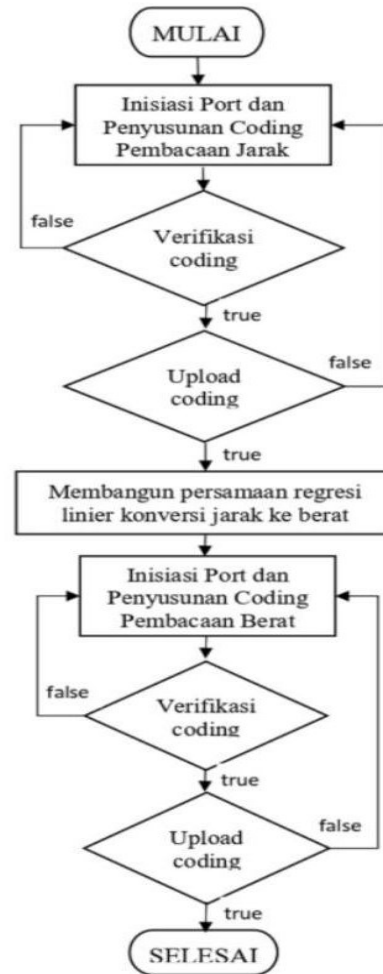
a = konstanta

b = koefisien regresi

X = variabel independen = beban yang ditanggung sensor (kg)

Jarak digunakan sebagai parameter tidak langsung dari berat berdasarkan fenomena bahwa bak kendaraan angkut (*pickup* atau truk) ketika dibebani akan berubah jaraknya terhadap posisi bilah pegas kendaraan tersebut. Persamaan yang didapatkan dari uji tahap pertama diterapkan ke dalam program (*code*) mikrokontroler

menggunakan *software* Arduino IDE dengan tahapan tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengembangan program (*code*) dalam mikrokontroler ATSJ

HASIL DAN PEMBAHASAN

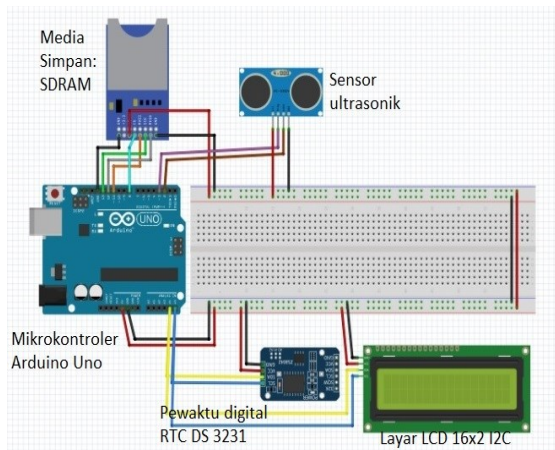
Model Fisik ATSJ

Model fisik ATSJ hasil pengembangan dapat dilihat pada Gambar 2. Sensor yang digunakan adalah HC-SR04, yang memiliki *datasheet* sebagai berikut (Marian, 2022):

- merupakan modul sensor ultrasonik yang menyediakan fungsi pengukuran non-kontak 2 cm - 400 cm.
- akurasi jangkauan mencapai 3mm dan sudut efektif <15°.
- tegangan kerja: DC 5V, arus 15mA
- frekuensi kerja: 40 Hz
- sinyal input pemicu: pulsa TTL 10µS

- sinyal keluaran gema sinyal tuas masukan TTL dan rentang proporsional
- Dimensi 45 x 20 x 15 mm

Menurut Hidayanto & Winarno (2016), dari hasil penelitiannya pada pengukuran rem otomatis mobil, sensor jarak memiliki kelebihan pantulan gelombang suara yang dipancarkan *trig* sangat cepat dan ditangkap oleh *echo* dalam *port* yang berbeda, sehingga data mudah didapatkan. Bacaan sensor dalam satuan cm ini akan diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno untuk ditampilkan di layar dalam satuan berat (kg). Rangkaian elektronik ATSJ yang dikembangkan tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian elektronik alat timbang dengan sensor jarak untuk alat angkut TBS

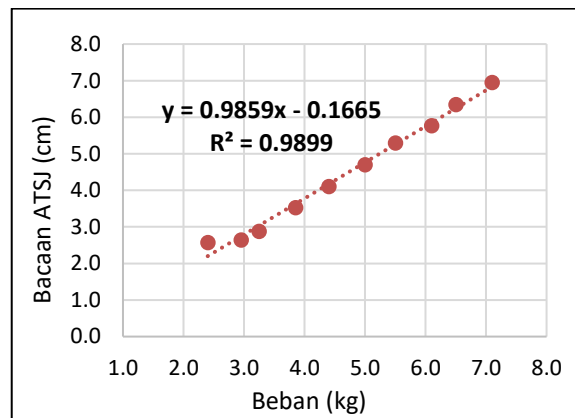
Pengujian tahap pertama alat ini terhadap timbangan duduk dengan objek beban 12 botol plastik berisi beban dengan berat terukur masing-masing sebesar 0,5 kg. ATSJ dirangkai pada mistar timbangan duduk dimana timbangan ATSJ akan membaca jarak pergeseran anak timbangan. Percobaan dilakukan 3 kali untuk masing-masing tingkat beban. Hasil pengujian timbangan menunjukkan bahwa terdapat hubungan linier antara berat beban terhadap jarak (Gambar 5). Persamaan yang terbentuk diperlihatkan oleh Persamaan 2.

$$J = 0,9859 \times Bd - 0,1665 \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- J = jarak (perubahan posisi objek timbangan, cm)
- Bd = beban objek (kg)

Nilai Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9899 menunjukkan bahwa persamaan tersebut dengan baik mewakili hubungan yang tinggi antara jarak dan beban objek ATSJ. Hal ini mengacu pada Nduru, *et al.*, (2014), yang menyatakan jika R^2 mendekati 1, maka dapat dikatakan pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat adalah besar dan model yang digunakan baik untuk menjelaskan pengaruh variabel tersebut.



Gambar 5. Pembacaan jarak sensor terhadap bacaan berat timbangan duduk

Pengembangan Persamaan dengan Obyek Beban pada Alat Angkut

Setelah didapatkan fungsi linier antara jarak dan beban yang ditimbang, kemudian dilakukan pengujian pada objek sesungguhnya, yakni mobil *pickup* sebagai pengangkut TBS. Sensor dipasang pada pegas di sasis bagian belakang (di bawah bak) dengan pertimbangan posisi ini yang dapat memberikan selisih jarak secara nyata dengan adanya beban dalam bak (Gambar 2). Menurut Lukman, *et al.*, (2018), pegas daun lebih banyak menerima dampak akibat beban lelah karena bagian *unsprung weight* (beban berat yang tidak ditopang pegas).

Simulasi beban menggunakan objek berukuran 100 – 1000 kg (1 ton), dengan selisih penimbangan per 100 kg.

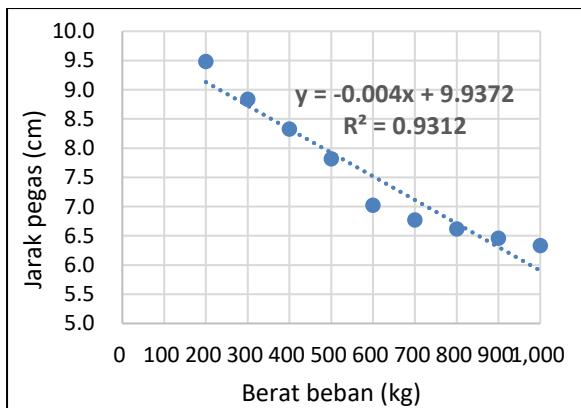
Pengukuran dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Hubungan antara perubahan jarak pegas-sensor dengan nilai beban dan persamaannya dapat dilihat pada Gambar 6. Sedangkan persamaan yang dihasilkan ditunjukkan oleh Persamaan 3.

$$J = -0,004 \times Bb + 9,9372 \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

J = jarak (jarak pegas terhadap sensor, cm)
 Bb = beban objek di bak pickup (kg)

Meskipun terdapat beberapa titik yang tampak menyimpang dari garis, yaitu di berat 200, 600, dan 1000 kg, tetapi secara umum dapat dikatakan persamaan masih merupakan cerminan yang baik atas hubungan variabel independen (jarak) atas variabel dependen (berat), seperti terlihat dari nilai R² sebesar 0,9312. Mengacu kepada perlakuan saat pengujian, persamaan ini dapat dikatakan berlaku baik pada beban antara 100-1000 kg.



Gambar 6. Grafik perubahan jarak pegas (cm) terhadap beban (kg)

Gambar 6 memperlihatkan bahwa saat pengukuran awal dan pada beban 600 dan 700 kg terdapat simpangan pembacaan timbangan nirkontak dari garis linier. Ini mungkin disebabkan oleh regangan pegas yang relatif lebih besar pada pembebanan awal, atau adanya pantulan kembali sinyal yang tidak sama dengan di tengah karena bentuk pegas yang melengkung. Hal ini mengacu kepada hasil pengamatan Aktanto (2016) tentang beberapa faktor yang dapat

mengurangi keakuratan pengukuran jarak dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, diantaranya karakteristik penghalang atau objek yang dapat memantulkan sinyal kembali ke sensor ultrasonik. Dugaan penyebab yang lain adalah adanya sudut pantulan yang mendekati batas (15°) karena goncangan bak pickup. Namun, secara keseluruhan persamaan regresi linier tersebut masih mewakili 93% bacaan beban sesungguhnya. Persamaan akhir ini yang kemudian dimasukkan ke program (code) di dalam mikrokontroler penimbang yang diuji akurasi.

Kinerja ATSJ hasil Penerapan Persamaan

Kesamaan pembacaan

Hipotesa bahwa hasil pembacaan ATSJ sama dengan beban nyata (H0 = tidak terdapat perbedaan pembacaan antara berat sebenarnya dan hasil ATSJ) diuji dengan analisis perbandingan *Independent Sample T-Test*. Hasil analisis tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji T

Alpha: 0.05					
Count	Mean	Std Dev	Std Error	p Value	t-crit
9.0	599.43	259.41	86.47	0.50	2.31

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa *p-value* adalah 0,50 dan *t-crit* = 2,31, maka H0 dapat diterima. Ini berarti pembacaan timbangan ATSJ tidak berbeda dengan berat beban sebenarnya. Persamaan matematika yang dimasukkan mendukung fungsi ATSJ dalam mengukur berat pada simulasi beban dari 100 - 1000 kg.

Ketepatan (Akurasi) Alat

Untuk mengetahui tingkat ketepatan ATSJ yang dilengkapi persamaan matematika yang dibangun, dilakukan analisis ketepatan alat. Dari pengamatan pada 10 tingkat berat masing-masing 3 kali ulangan didapatkan data seperti tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Galat dan akurasi bacaan ATSJ

No	Berat obyek (kg)	Bacaan ATSJ (kg)	Galat (kg)	% galat	Akurasi (%)
1	1000	874,25	125,75	12,6	87,4
2	900	865,09	34,91	3,9	96,1
3	800	821,91	-21,91	2,7	97,3
4	700	753,69	-53,69	7,7	92,3
5	600	671,43	-71,43	11,9	88,1
6	500	522,25	-22,25	4,5	95,6
7	400	418,81	-18,81	4,7	95,3
8	300	295,87	4,13	1,4	98,6
9	200	171,60	28,40	14,2	85,8
rerata				7,1	92,9

Keterangan:

$$\% \text{ galat} = \frac{|\text{berat obyek} - \text{bacaan ATSJ}|}{\text{berat obyek}} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 100 - \% \text{ galat}$$

Tabel 3 memperlihatkan ATSJ yang di dalamnya menggunakan persamaan (3) memiliki galat rerata 7,1%. Galat lebih dari 10% terjadi pada pengukuran beban di awal, tengah, dan akhir. Secara keseluruhan, tingkat akurasi alat adalah 92,9%, atau dapat dikatakan baik.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembacaan sensor pada saat melakukan penelitian antara lain getaran yang dihasilkan *pickup* ketika melakukan penambahan dan pengurangan beban, pergerakan pada bagian sasis dan kerangka bawah *pickup*. Ini dapat menyebabkan kurang stabilnya pembacaan sensor. Untuk meminimalisir penyebab penyimpangan ini, waktu pengambilan data dilakukan berselisih 30 detik, agar sistem stabil lebih dahulu.

Salah satu karakteristik sensor jarak HC-SR04 adalah kemampuan membaca perubahan minimal 1 cm. Pada simulasi beban dalam pengujian ini, 1 cm mewakili ±100 kg. Ini menjadi karakter ATSJ, yaitu ketelitian pembacaan ±100 kg pada mobil *pickup*. Bila diinginkan ketelitian lebih tinggi, yaitu pembacaan <100 kg, dapat digunakan sensor jarak yang dapat membaca perubahan jarak kurang dari 1 cm, sehingga perubahan beban kurang dari 100 kg dapat terbaca lebih tepat. Demikian juga bila alat

akan diterapkan pada jenis kendaraan angkut lain seperti truk, *dump truck*, sepeda motor roda 3, atau pun yang lain, maka diperlukan pembentukan persamaan baru agar sesuai dengan karakteristik perubahan jarak pegas terhadap beban di masing-masing jenis alat angkut tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hubungan antara berat beban terhadap jarak yang terbaca sensor berbentuk linier, yaitu: $J = 0,9859 \times Bd - 0,1665$. Persamaan berat terhadap jarak ATSJ pada objek alat angkut TBS *pickup*: $J = -0,004 \times Bb + 9,9372$, dengan $R^2 = 0,9312$. Tingkat ketepatan alat dengan persamaan yang dikembangkan sebesar 92,9%.

Saran

Agar penggunaan alat timbang lebih generik, perlu dilakukan pengujian dan pengembangan persamaan untuk jenis alat angkut/pegas yang berbeda dan dilakukan simulasi dengan cakupan beban lebih luas, yaitu 1000-2000 kg dan dengan selisih lebih kecil, misalnya per 10 kg. Penelitian berikutnya juga dapat dikembangkan untuk beban dinamis, agar ATSJ dapat juga bekerja dengan baik misalnya saat alat angkut berjalan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Institut Pertanian Stiper Yogyakarta yang telah mendukung pendanaan penelitian, dan PT Wilmar Int' yang telah turut mengembangkan ide penelitian

DAFTAR REFERENSI

- Aktanto, M. (2016). Multi Ultrasonic Electronic Travel Aids (MU-ETA) Sebagai Alat Bantu Penunjuk Jalan Bagi Tuna Netra. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 18(2), 150. <https://doi.org/10.20473/jbp.v18i2.20>

- 16.150-161
- Anugrah, P. T., & Wachjar, A. (2018). Pengelolaan Pemanenan dan Transportasi Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Bangun Bandar Estate, Sumatera Utara. *Buletin Agrohorti*, 6(2), 213–220. <https://doi.org/10.29244/agrob.v6i2.18810>
- Hidayanto, A., & Winarno, H. (2016). Prototipe Sistem Autobrake Pada Mobil Menggunakan Sensor Jarak Ultrasonik Hc-Sr04 Berbasis Arduino Mega 2560. *Gema Teknologi*, 18(4), 29. <https://doi.org/10.14710/gt.v18i4.21913>
- Krisdiarto, A. W., & Gading, Y. F. (2018). Penyusunan Model Matematika Berat TBS Kelapa Sawit Terhadap Bacaan Timbangan Pada Angkong Sebagai Dasar Rancangan Angkong Digital. In Perteta (Ed.), *Prosiding Seminar Nasional PERTETA* (pp. 246–249). Institut Pertanian STIPER Yogyakarta.
- Lukman, L., Anggono, A. D., & Sarjito, S. (2018). Desain dan Optimisasi Sistem Suspensi Pegas Daun Pada Kendaraan Roda 3 Dengan Menggunakan Catia V5. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin Univ Muhammadiyah Metro*, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.24127/trb.v7i1.665>
- Malik, A., & Munira, M. (2021). Tinjauan Hukum Islam Tentang Praktik Penimbangan di desa Bulu Mario Kec Sarudu Manu. *Jurnal Penelitian Hukum Ekonomi Syariah Dan Budaya Islam*, 6(1), 92–106. <https://journal.lppm-unasman.ac.id/index.php/jalif/article/view/2230/0>
- Marian. *HC-SR04 Datasheet*. <https://www.electroschematics.com/hc-sr04-datasheet/>, diakses pada 2 Februari 2022.
- Nduru, R. E., Situmorang, M., & Tarigan, G. (2014). Analisa Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Hasil Produksi Padi Di Deli Serdang. *Saintia Matematika*, 2(1), 71–83.
- Pambudi, W., & Suhendra, I. (2015). Perbaikan Respon Output Menggunakan Implementasi Kalman Filter Pada Simulasi Pembacaan Sensor Beban Load Cell. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III*, 141–150.
- Tanjung, I. F., & Santosa, E. (2019). Tata Kelola Panen dan Pengangkutan Menentukan Hasil Tandan Kelapa Sawit di Kebun Adolina, Sumatera Utara. *Bul. Agrohorti*, 7(3), 351–361.
- Yohari, R., Eficandra, & Raus, A. (2021). Pelaksanaan Penimbangan Dalam Jual Beli Buah Kelapa Sawit Dalam Tinjauan Hukum Positif dan Fiqh (Studi Kasus di Nagari Talao Sungai Kunyit Kecamatan Sangir Balai Janggo Kabupaten Solok Selatan). *Jurnal Integrasi Ilmu Syariah*, 2(2), 56–67. <https://doi.org/10.15797/concom.2019.23.009>