

Rancang Bangun *Prototype Timbangan Sensorik untuk Domba Ternak Berbasis Microcontroller*

Teguh Setiawan Aldi Laksono¹, Ferly Isnomo Abdi^{2*}, Arya Mahendra Sakti^{3*},
Andita Nataria Fitri Ganda^{4*}

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: ¹teguh.19033@mhs.unesa.ac.id, ²ferlyabdi@unesa.ac.id, ³aryamahendra@unesa.ac.id, ⁴anditaganda@unesa.ac.id

*Corresponding Author

Abstrak: Perkembangan teknologi digital di bidang peternakan semakin meningkat, penimbangan bobot domba ternak masih memakan waktu dan tenaga yang banyak, serta sering terjadi kesalahan manusia yang mengakibatkan data yang tidak akurat. Oleh karena itu, dikembangkanlah Timbangan Sensorik dan RFID Mobile yang dapat menimbang dan merekam data secara otomatis, sehingga dapat mengurangi waktu dan tenaga yang diperlukan. Penelitian ini menggunakan metode *research and development (R&D)* untuk membuat desain timbangan sensorik dan RFID Mobile, serta melakukan uji coba dengan memasukkan domba ternak ke dalam timbangan dan melakukan *scanning* tag RFID Mobile untuk mendapatkan identitas domba ternak. Sensor *load cell* kemudian mendeteksi berat domba ternak melalui perangkat lunak untuk mendapatkan data hasil penimbangan. Timbangan sensorik ini merupakan sebuah *prototype* yang terbuat dari besi *hollow* material galvanis dan memiliki ukuran yang lebih kecil dari timbangan yang sudah ada di pasaran. Setelah dilakukan perhitungan, timbangan sensorik ini mampu menimbang bobot domba seberat 30 kg dan memiliki tingkat error sebesar 0,9% setelah dilakukan uji coba sebanyak 3 kali.

Kata kunci: *RFID Mobile* , *Load Cell* , *Timbangan Sensorik*.

Abstract: The development of digital technology in the field of animal husbandry is increasing, but weighing livestock still requires a lot of time and effort, and often results in human error, leading to inaccurate data. Therefore, a Sensoric Scale and Mobile RFID device have been developed to automatically weigh and record data, reducing the time and effort required. This research uses the research and development (R&D) method to design the Sensoric Scale and Mobile RFID device, and to test it by weighing livestock and scanning the RFID tag to obtain the animal's identity. The load cell sensor then detects the weight of the livestock through software to obtain the weighing data. The Sensoric Scale is a prototype made of galvanized hollow iron material and is smaller than existing scales. After calculations, the Sensoric Scale can weigh livestock up to 30 kg and has an error rate of 0.9% after three tests.

Keywords: *RFID Mobile* , *Load Cell* , *Timbangan Sensorik*

© 2023, JRM (Jurnal Rekayasa Mesin) dipublikasikan oleh ejournal Teknik Mesin Fakultas Vokasi UNESA.

PENDAHULUAN

Peternakan merupakan bagian penting dari sektor pertanian di Indonesia, dan domba merupakan salah satu jenis ternak yang menjanjikan karena mudah dipelihara dan mudah dijual. Hasil produksi domba dapat digunakan untuk usaha yang diminati masyarakat, seperti olahan daging domba, aqiqah, dan kebutuhan masyarakat pada hari raya Idul Fitri dan Idul Adha. Beberapa jenis domba yang banyak diternak di Indonesia adalah domba Garut dan domba ekor tipis. Domba Garut merupakan domba unggulan dengan postur tubuh besar dan kuat yang telah lama dipelihara oleh masyarakat Garut di Jawa Barat. Sementara itu, domba ekor tipis memiliki postur tubuh yang lebih kecil dibandingkan dengan domba Garut dan jenis domba lainnya, serta memiliki cadangan lemak yang sedikit di ekornya. Peternakan merupakan

bagian penting dari pembangunan nasional di Indonesia, karena dapat meningkatkan kualitas sumber daya manusia dan pendapatan serta kesejahteraan peternak. [Tim MT Farm dan Haryanto, 2012].

Produktivitas ternak domba, terutama pertumbuhan dan kemampuan produksinya dipengaruhi oleh faktor genetik (30%) dan lingkungan (70%). Faktor lingkungan terdiri dari pakan, teknik pemeliharaan, kesehatan, dan iklim. Pengaruh pakan ini menunjukkan bahwa produktivitas domba yang tinggi tidak bisa tercapai tanpa pemberian pakan yang memenuhi persyaratan kuantitas dan kualitas (Endang Purbowati, 2009). Pakan merupakan komponen yang prosentasenya paling tinggi diantara komponen biaya dalam beternak (Anonimus, 2009). Untuk memaksimalkan produktivitas suatu usaha peternakan sehingga dapat memenuhi permintaan pasar

diperlukan manajemen yang baik untuk meminimalisir resiko yang mungkin dapat terjadi serta inovasi teknologi yang mampu meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. *Recording* merupakan salah satu bentuk manajemen pemeliharaan untuk mencatat segala aktivitas yang terjadi dalam suatu usaha peternakan yang meliputi kebutuhan pakan, riwayat penyakit, dan identitas ternak, dan masih banyak lagi. Manajemen peternakan di Indonesia belum dikerjakan secara sistematis, hal ini menyebabkan sulitnya pelaksanaan *recording* di peternakan di Indonesia.

Para peternak rakyat di Indonesia pada umumnya memiliki populasi ternak yang kecil serta kurangnya manajemen yang efektif. Hal ini menyebabkan sulitnya pencatatan data populasi ternak di suatu daerah. Namun, dengan pencatatan yang teratur tentang perkawinan, kelahiran, kematian, serta penimbangan ukuran tubuh, akan dapat digunakan untuk menganalisis permasalahan yang dihadapi dan mencari jalan keluar terbaik untuk meningkatkan produktivitas ternak serta meningkatkan populasinya melalui manajemen dan lingkungan yang lebih baik. Selain itu, catatan ukuran tubuh yang teratur juga akan dapat digunakan untuk memperbaiki genetik dengan tujuan peningkatan produksi pada generasi berikutnya. Penimbangan bobot badan ternak membutuhkan waktu dan tenaga yang banyak, sehingga tidak efisien dan sering terjadi *human error* dalam hal pencatatan data yang menyebabkan banyak data yang salah dan tidak tepat. Selain itu, akibat dari penimbangan bobot badan yang masih manual juga mengakibatkan para peternak menimbang ulang setiap minggu untuk menentukan *ADG* (*Average Daily Growth*) pertambahan berat harian rata – rata, sehingga banyak mengeluarkan waktu dan tenaga yang dibutuhkan untuk penimbangan dan *recording* sehingga tidak fokus dalam mengurus manajemen pemeliharaan yang justru salah satu hal penting yang harus di perhatikan dalam menjalankan sebuah usaha peternakan dari permasalahan tersebut.

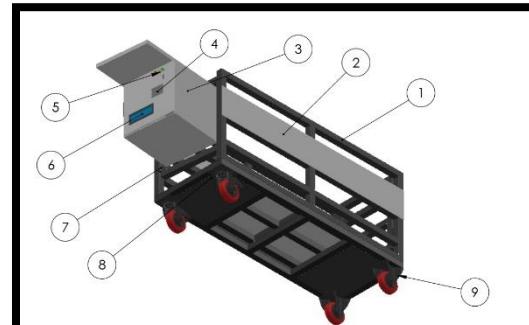
Solusi atau inovasi terbaru dengan membuat Timbangan Sensorik untuk membantu para peternak yang ada di Indonesia pada saat melakukan penimbangan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu penelitian mengenai penggunaan *load-cell* yang tepat untuk Timbangan Sensorik yang berguna untuk menimbang bobot domba ternak secara efektif dan efisien

DASAR TEORI

Jenis penelitian ini adalah pengembangan, dimana penelitian dilakukan dengan melakukan riset yang bertujuan mendapatkan informasi yang dikembangkan. Menurut penelitian Sugiyono (2009), pengembangan merupakan kegiatan penelitian dasar yang bertujuan untuk memperoleh informasi yang akan dikembangkan lebih lanjut. Hasil dari pengembangan tersebut dapat digunakan untuk mengkaji keefektifan topik atau tema penelitian yang akan diteliti. Sugiono menyebutkan bahwa *research*

and development (R&D) diperuntukan untuk studi literatur untuk menghasilkan rancangan yang hendak dibuat.

Spesifikasi Alat



Item	Description	Material	Qty.	Dimension	Remarks
1	Kerangka Timbangan Sensorik	Hollow Galvanis	1	15 mm x 15 mm	
2	Plat Bordir Samping	Aluminum	2	21.26 mm x 2.97 mm	
3	Box Elektronis	Aluminiu m	1	9.06mm x 5.51 mm	
4	RFID Mobile	Plastik	1	60 mm x 42 mm cm	
5	Lampu Indikator	Plastik	3	5 mm	
6	LCD Display	Kaca	1	16 x 2 cm	
7	Engsel	Stainless Steel	4	43 mm x 12 mm	
8	Load Cell	Alloy Stell	4	12 mm x 12 mm	
9	Roda	Plastik	4	4 inch	

VOKASI UNESA
 Scale 1:3 Title Tugas Akhir D4 Teknik Mesin
 Drawn Teguh Date 5/24/2023
 Check Vokasi Order No. 2203
 App. Vokasi A3 Sheet 1 /2

Gambar 1. Gambar Kerja Prototype Timbangan Sensorik

Timbangan Sensorik

Meskipun timbangan digital lebih praktis, timbangan manual atau konvensional masih sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Kedua jenis timbangan ini memiliki tujuan yang sama, yaitu mengukur berat benda, namun memiliki karakteristik dan tingkat akurasi yang berbeda. Meskipun demikian, baik penggunaan timbangan manual maupun digital masih rentan terhadap ketidakakuratan dan kurang efisiensi yang disebabkan oleh faktor mekanik dan manusia.

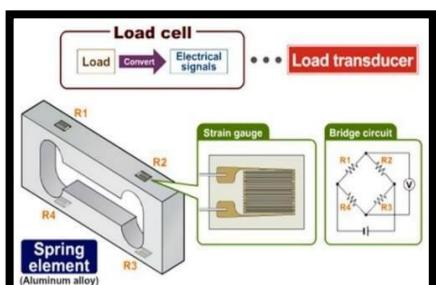
Di sisi lain, timbangan sensorik memiliki keunggulan dalam merekam dan menyimpan data secara langsung ke komputer tanpa perlu melakukan pencatatan manual. Hal ini memberikan kemudahan dalam melakukan tugas manusia.



Gambar 2. Timbangan Sensorik (Dokumen Pribadi)

Load Cell

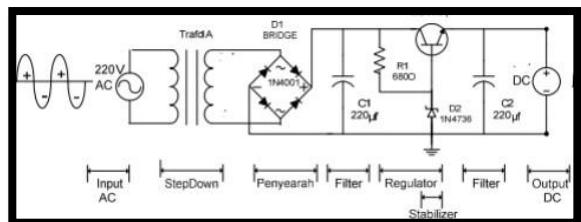
Load Cell adalah sensor yang dapat mengukur gaya dan tekanan yang dikenakan pada suatu benda. Ketika dikenai gaya atau tekanan, bentuknya akan berubah dan resistansinya akan berkurang. Strain gauge (load cell) atau deformasi (strain gauge) digunakan untuk mengukur perubahan yang ditimbulkan akibat strain sebagai sinyal listrik. Prinsip kerja timbangan digital dengan load cell ini adalah adanya sebuah load cell yang menghasilkan output tegangan dari perubahan resistansi akibat adanya perubahan posisi penyangga beban. Load cell yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah jenis Single Point. Kelebihannya adalah dapat menimbang beban dengan kapasitas 20, 50, 100.



Gambar 3. Strain Gauge Pada Beam Load Cell (Wahyudi, 2017).

Power Supply DC (Catu Daya)

Catu Daya adalah bagian dari setiap perangkat elektronika yang berfungsi sebagai sumber tenaga. Catudaya sebagai sumber tenaga dapat berasal dari; baterai, accu, solar cell dan adaptor. Catu daya Adaptor adalah perangkat elektronika yang berfungsi menurunkan dan mengubah tegangan AC (Alternating Current) menjadi tegangan DC (Dirrect Current) yang dapat di gunakan sebagai sumber tenaga peralatan elektronika. Sebuah DC Power Supply atau Adaptor pada dasarnya memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian utama tersebut diantaranya adalah Transformer Penurun Tegangan, Rectifier, Filter dan Voltage Regulator. Dibawah ini adalah skema rangkaian DC Power Supply (Adaptor) pada umumnya



Gambar 4. Skema Rangkaian Power Supply (Cholish, dkk., 2017)

Besi Hollow Galvanis

Besi hollow adalah material konstruksi berbentuk kotak atau persegi panjang dengan rongga di bagian tengah sehingga bentuknya menyerupai pipa. Kata *Galvanisasi* berasal dari nama *Luigi Galvani* dan *Alessandro Volta*. Keduanya merupakan ilmuwan yang berasal dari Italia, yang berhasil menemukan sifat-sifat elektrokimia seng. Besi hollow galvanis saat ini dikenal juga dengan nama pipa kotak *galvanis*, pipa *hollow galvanis*, besi kotak *galvanis*, atau bahkan *hollow galvanis*. Karakteristik besi *hollow galvanis* yaitu memiliki warna yang lebih cerah serta memiliki ketahanan terhadap korosi yang lebih baik daripada besi *hollow hitam*. Lapisan *galvanis* ini terdiri dari 97% unsur *coating zinc* (seng), ± 1% unsur *coating aluminium* dan sisanya adalah unsur bahan lain. Pelapisan *galvanis* pada besi ini dimaksudkan untuk menjaga agar besi *hollow galvanis* tidak mudah berkarat saat terkena gesekan maupun potongan. Itu sebabnya, produk pipa *hollow galvanis* akan lebih tahan karat jika dibandingkan dengan besi *hollow hitam* biasa.



Gambar 5.Besi Hollow Galvanis (Siregar, 2021)

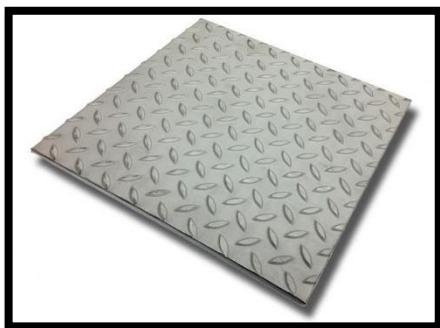
Plat Bordes Alumunium

Plat Plat Bordes adalah plat baja dengan ketebalan bervariasi yang mempunyai kontur bergelombang. Plat Bordes atau yang seringkali disebut dengan checkered atau juga plat kembang adalah plat yang memiliki permukaan menonjol yang berbentuk jajaran genjang pada permukaannya.

Permukaannya yang kasar sering di gunakan sebagai lantai pada tangga pabrik, untuk deck dan juga alas mobil. ketebalan 2,3 – 9 mm dengan ukuran panjang 1200 mm dan lebar 2400 mm. banyak juga digunakan dalam dunia konstruksi sebagai tangga dan lantai karena tekstur kembang yang berfungsi untuk

mengurangi resiko tergelincir. Ini juga yang membuat plat bordes biasa digunakan pada lantai bus penumpang dan alas pada truk pemadam kebakaran.

Plat bordes terbuat dari baja, baja tahan karat atau galvanis dan baja hitam. Plat bordes biasanya dibuat dengan system hot rolling namun manufaktur modern juga membuatnya dengan system press atau tekanan. Sehingga plat bordes tersedia dengan bergai variasi motif, ketebalan dan ukuran.



Gambar 6. Plat bordes (Didik Setiawan, 2021)

Tabel

Tabel 1. Hasil Uji Coba Domba

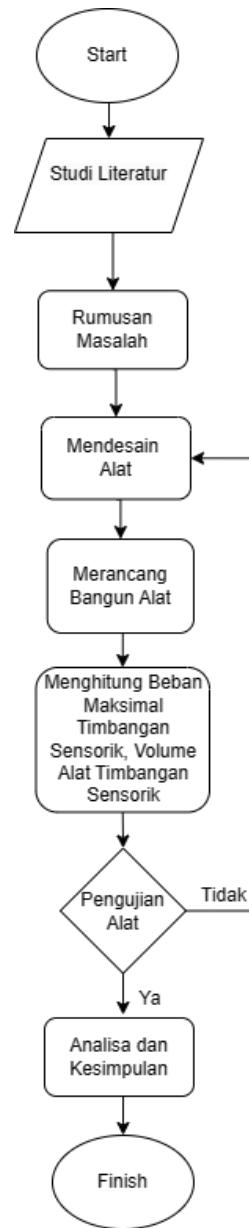
No	Uji Coba	Berat Domba
1	Pertama	4,80 kg
2	Kedua	4,90 kg
3	Ketiga	5,05 kg

METODE

Diagram Alir

Pengembangan *prototype* Timbangan Sensorik, Prosedur atau langkah-langkah penelitian dan pengembangan menggunakan ADDIE yaitu *analisis* (*analysis*), *desain* (*design*), *pengembangan* (*development*), *implementasi* (*implementation*), *evaluasi* (*evaluation*) (Mulyatiningsih, 2012:200). Penelitian ini hanya dibatasi hingga tahap implementasi.

Desain ini merupakan kegiatan pengembangan yang dilakukan secara berkelompok. Mendapatkan informasi dengan melakukan pengamatan di lokasi. observasi dilakukan peternak pada saat melakukan penimbangan domba sehingga penelitian dikembangkan dari masalah yang terjadi dilapangan. Pengembangan dilakukan agar dapat membantu dan memberikan solusi dalam masalah yang terjadi. Diagram Alir dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7 . Diagram Alir Sistem Kerja Prototype Liquid Handling System

Prosedur Penelitian

- Adapun prosedur dalam penelitian ini adalah:
1. Melakukan riset terhadap kendala/masalah yang dihadapi di bidang peternakan;
 2. Pengumpulan mempelajari hasil-hasil penelitian yang ada yang terkait dengan penelitian proses penimbangan domba;
 3. Merancang konsep dan desain 3d *prototype* timbangan sensorik untuk domba ternak berbasis *microcontroller*;
 4. Membuat perancangan terhadap program dan hardware *prototype* timbangan sensorik untuk domba ternak berbasis *microcontroller*;

5. Pengujian kemampuan *prototype* timbangan sensorik untuk domba ternak berbasis *microcontroller* dalam program sistem yang telah dirancang di arduino mega;
6. Mengolah data yang didapatkan dari hasil perujian alat *prototype* timbangan sensorik untuk domba ternak berbasis *microcontroller*
7. Membuat kesimpulan akhir terhadap penelitian;

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Umum

Setelah dilakukannya rancang bangun alat *prototype* timbangan sensorik kemudian melakukan perhitungan base bawah pijakan timbangan setelah semua proses dilakukan proses uji fungsi alat *prototype* timbangan sensorik tersebut dari proses pengelasan kerangka, pemasangan roda dan komponen elektronik, pemograman arduino mega untuk *load cell* setelah semua uji fungsi dilakukan proses selanjutnya adalah menganalisis hasil uji.

Pemotongan



Gambar 8. Timbangan Sensorik sebelum *disassembly*

Pengelasan Besi Hollow



Gambar 9. *Assembly* Kerangka Timbangan Sensorik



Gambar 10. *Assembly* Kerangka Timbangan Sensorik

Perhitungan Rancang Bangun Alat

$$\begin{aligned} &1. \text{ Menghitung tumpuan pada base bawah} \\ &\text{Menghitung momen titik A} \\ &\text{Struktur mekanik besi } hollow \text{ menggunakan dengan ukuran } 1.5 \times 1.5 \\ &M_A = 0 \\ &-R_B \cdot L + F \cdot a = 0 \\ &-R_B \cdot 54 + 30.27 = 0 \\ &-R_B = \frac{30.27}{54} \\ &-R_B = 15 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menghitung momen titik B

$$\begin{aligned} &\text{Struktur mekanik besi } hollow \text{ menggunakan dengan ukuran } 1.5 \times 1.5 \\ &M_B = 0 \\ &R_A \cdot L + F \cdot a = 0 \\ &R_A \cdot 54 + 30.27 = 0 \\ &R_A = \frac{30.27}{54} \\ &R_A = 15 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi berat maksimal load pada timbangan sensorik adalah

$$\begin{aligned} F &= R_A + R_B \\ &= 15 + 15 \\ &= 30 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan dari persamaan momen titik A dan momen titik B dapat disimpulkan bahwa base bawah mampu menahan beban berat sebesar 30 kg setelah dilakukan analisis dimensi besi hollow galvanis, bahan besi galvanis dapat disimpulkan base bawah tersebut kuat untuk proses uji fungsi dan uji hasil.

Perhitungan Volume Alat Timbangan Sensorik



Gambar 11. Ilustrasi Timbangan Sensorik

Diketahui:

Panjang 51 cm

Lebar 17 cm

Tinggi 25 cm

Ditanya:

Berapakah volume timbangan sensorik?

Jawab: V

$$\begin{aligned} &p \times l \times t \\ &= 51 \times 17 \times 25 \\ &= 21,657 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan dari persamaan perhitungan diatas pada timbangan sensorik dapat

disimpulkan bahwa ukuran volumenya adalah 21,657 cm³

Pemrograman Kalibrasi Pada *Load Cell*



Gambar 12. Bobot Timbel

Gambar 12 menimbang bobot asli dari timbel sebesar 1 kg dengan menggunakan perbandingan timbangan yang ada di pasaran. Berdasarkan gambar tersebut didapatkan nilai bobot untuk dibandingkan dengan timbangan sensorik pada Gambar 10 sebagai bentuk kalibrasi.



Gambar 13. Bobot Timbel Timbangan Sensorik

Proses Uji Fungsi



Gambar 14. Diagram Blok Uji Fungsi

1. Scan Tag RFID'

Sebelum melakukan penimbangan harus scan tag rfid terlebih dahulu agar id domba tersimpan ke dalam data base, Kemudian Dekatkan tag RFID dengan antena pembaca. Jarak yang diperlukan antara tag harus sesuai. Pastikan tag berada dalam jangkauan pembaca RFID.



Gambar 15. Scan Tag RFID

2. Memasukan Objek Kedalam Timbanagan Sensorik
- Tahap selanjunya adalah objek dimasukan kedalam timbangan sensorik sampai waktu 3 detik agar hasil penimbangan akurat.



Gambar 14. Penempatan Objek Kedalam Timbangan

3. *Load Cell* Mendeteksi Berat

Ketika beban diterima pada load cell, load cell akan membaca berat beban, kemudian mengirimkan data ke arduino mega.



Gambar 15. Pemrograman *Load Cell*

4. Hasil Uji Berat Domba

Setelah data terinput ke arduino lampu indikator menyala sesuai dengan warna yang di telah ditentukan berat bobot domba, kemudian data penimbangan tersimpan kedata base, LCD *mendisplay* berat bobot domba.



Gambar 16. Display LCD

Hasil Uji Sampel

Untuk memperoleh berat domba yang ukuran asli sebesar 5 kg dilakukan 3 kali percobaan untuk membaca tingkat ke akuratan dari alat timbangan sensorik dengan timbangan yang ada dipasaran.

Berat domba yang telah diujikan akan dihitung rata - ratanya dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{x_1 + x_2 + x_3}{n} \\ &= \frac{4,80 + 4,90 + 5,05}{3} \\ &= \frac{14,75}{3} \\ \bar{X} &= 4,91 \end{aligned}$$

Jadi rata -ratanya 4,91

Setelah perhitungan rata – rata didapatkan, selanjutnya perhitungan selisih yang akan dijadikan besarnya presentase error. Maka,
Selisih = $5,00 - 4,91$
= 0,09

Maka presentase error adalah 0,9 %

Berdasarkan perhitungan, dapat disimpulkan bahwa tingkat ke error- an timbangan sensorik ini dengan yang asli mendapatkan rata- rata presentase 0,9%, dengan timbangan yang ada dipasaran.

Setelah dilakukannya rancang bangun alat *prototype liquid handling system* modifikasi *CNC plotter* dan *finger robotic* kemudian melakukan perhitungan struktur mekanik alumunium profile, mekaniksme penggerak motor *stepper* dan motor *servo* setelah semua proses dilakukan proses uji fungsi alat *prototype liquid handling system* tersebut dari proses menentukan titik koordinat 0 mesin *CNC plotter*, menempatkan tabung sampel dan gelas ukur,pemograman *firmware* laser GRBL, pemograman Arduino motor MG996R untuk *finger robotic* setelah semua uji fungsi dilakukan proses selanjutnya adalah menganalisis hasil uji coba sampel NaCl.

SIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik simpulan:

1. Alat *prototype* timbangan sensorik ini berbahan dasar besi *hollow* material galvanis ukuran 1,5 cm x 1,5 cm, kemudian alat ini dibuat *prototype* 1 : 3 dengan ukuran panjang 54 cm, lebar 20 cm, tinggi 22 cm. Timbangan sensorik ini menggunakan sensor *load cell* tipe single point yang sesuai digunakan untuk desain kerangka yang dipakai. Dengan perhitungan yang sudah dilakukan timbangan sensorik ini mampu menimbang beban berat bobot domba sebesar 30kg.
2. Hasil uji fungsi *Prototype* Timbangan Sensorik. Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan penimbangan sebanyak 3 kali uji coba memperoleh hasil tingkat error sebesar 0,9% dari timbangan yang ada dipasaran.

REFERENSI

Ade Mubarok, I. S. (2018). Sistem Keamanan Rumah Menggunakan RFID, Sensor PIR dan Modul GSM Berbasis Mikrokontroler . *JURNAL INFORMATIKA*, 137-144.

Didik Setiawan, W. t. (2021). 22-31.

Hari Maghfiroh, L. R. (2012). Pengujian RFID sebagai Pendekripsi Identitas Kendaraan untuk Mengatasi Pelanggaran Traffic Light. 142-145.

Mulyatiningsih, E. (2012). *Metodologi Penelitian Terapan*. Yogyakarta: Alfabeta.

Najon, S. (2011). *Transformasi sebagai strategi desain* (Vols. 8, No.2). Media Matrasain.

Priskila M.N.Manege, E. K. (2017). Rancang Bangun Timbangan Digital Dengan Kapasitas20Kg Berbasis Microcontroller ATMega8535. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 57-62.

Purbowati, E. E. (2009). Profil asam lemak daging domba yang digemukkan secara feedlot dengan protein dan energi pakan serta bobot potong berbeda. .

Savitri, A. (2019). *Revolusi Industri 4.0*. Yogyakarta: Genesis.

Siswono, T. Y. (2010). *Penelitian Pendidikan Matematika*. Surabaya: Unesa University Press.

sucayyo, D. b. (n.d.). MEKANIKA TEKNIK. 47-53.

Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

WAHYUDI, A. R. (2017). Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell pada Alat Penyortir Buah Otomatis terhadap Timbangan Manual. *Jurnal ELKOMIKA*, 207 - 220.

.