

Sistem Pengukuran Berat dan Dimensi Paket Otomatis Menggunakan Sensor *Loadcell* dan Sensor *Ultrasonic* Berbasis Mikrokontroler esp32

Muhamad Yusuf^{1*}, Supriyono², Sugeng Dwi Riyanto³

^{1, 2, 3}Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap

^{1,2,3}Jl. Dr. Soetomo No 1 Sidakaya, Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: yusuf@pnc.ac.id¹, rzx.clcp@gmail.com², sugeng_dr82@gmail.com³

*penulis korespondensi

Published: 30 Maret 2024

Abstrak - Saat ini orang cenderung belanja kebutuhan barang sehari-hari secara online pada beberapa marketplace. Biaya pengiriman barang tergantung pada tiga parameter yaitu berat, dimensi dan tujuan pengiriman. Umumnya penentuan ketiga parameter tersebut dilakukan secara manual menggunakan mistar dan timbangan. Solusi yang ditawarkan pada penelitian ini adalah membuat sistem pengukuran dimensi dan berat secara otomatis. Metode yang digunakan adalah melakukan integrasi alat ukur berat menggunakan *loadcell* dan alat ukur dimensi menggunakan sensor ultrasonic. *Loadcell* yang digunakan sebanyak empat buah dengan konfigurasi jembatan *wheatstone* agar didapat sensitifitas yang baik. Sedangkan untuk pengukuran dimensi menggunakan sensor ultrasonic sebanyak lima buah untuk mengukur Panjang, lebar dan tinggi paket. Sedangkan pemroses informasi dari semua sensor menggunakan mikrokontroler esp 32 dan difungsinya juga sebagai local host. Hasil pengujian didapatkan error rata-rata $\pm 24,7$ gram atau 1% pada 10 kali pengujian. Sedangkan pada pengujian dimensi didapatkan error rata-rata $\pm 0,79$ cm atau 7,9% pada 25 kali pengujian.

Kata kunci: *loadcell*, jembatan *wheatstone*, sensor ultrasonic, esp32.

Abstract - Currently, people tend to shop for daily necessities online in several marketplaces. The cost of shipping goods depends on three parameters, namely weight, dimensions and delivery destination. Generally, the determination of these three parameters is done manually using a ruler and scales. The solution offered in this research is to create an automatic dimension and weight measurement system. The method used is to integrate a weight measuring tool using a load cell and a dimensional measuring tool using an ultrasonic sensor. Four loadcells are used with a Wheatstone bridge configuration to obtain good sensitivity. Meanwhile, for dimensional measurements, five ultrasonic sensors are used to measure the length, width and height of the package. Meanwhile, processing information from all sensors uses an ESP 32 microcontroller and also functions as a local host. The test results showed an average error of ± 24.7 grams or 1% in 10 tests. Meanwhile, in dimensional testing, an average error of ± 0.79 cm or 7.9% was obtained in 25 tests.

Keywords: loadcell, wheatstone bridge, sensor ultrasonic, esp32.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital yang terjadi saat secara tidak langsung mengubah gaya hidup masyarakat. Teknologi tersebut memberikan kemudahan pada dalam berbagai aktifitas masyarakat [1]. Semua kebutuhan pokok dan sekunder masyarakat saat ini dapat dilakukan dengan perantara gawai pintar. Jasa pengiriman paket merupakan bidang yang saat ini sedang berkembang seiring dengan aktifitas belanja online yang dilakukan masyarakat [2]. Paket merupakan suatu barang yang dikemas dan dikirim dengan cara dikemas lalu diantarkan melalui jasa pos atau perusahaan ekspedisi. Pengiriman paket saat ini tidak hanya oleh PT POS tetapi banyak jasa pengiriman paket milik swasta yang beroperasi [3]. Pengiriman paket biasanya berkaitan dengan berat paket yang dikirimkan. Petugas pengiriman umumnya menentukan biaya kirim berdasarkan ukuran dari barang derta dan volume dari barang yang akan dikirimkan atau disebut juga dengan istilah kubikasi [4]. Cara hitung volume paket ini sangat mudah. Karena pada umumnya, barang dikemas dalam box berbentuk kubus atau balok menggunakan persamaan volume kubus yaitu s^3 , dimana s merupakan sisi-sisinya. Sedangkan persamaan volume balok adalah $p \times l \times t$, dimana p untuk panjang, l untuk lebar dan t untuk tinggi. Jadi, meskipun barangnya ringan, tetapi dimensinya besar maka, biaya pengiriman paket juga mahal. Sejalan dengan hal tersebut banyak algoritma yang berkembang untuk optimalisasi penentuan biaya pengiriman paket menggunakan metode kecerdasan buatan [5].

Kecepatan waktu pemrosesan dan pengiriman paket pada usaha jasa pengiriman merupakan salah indikator kualitas dari jasa pengiriman. Selain metode perhitungan biaya paket hal yang menentukan kualitas jasa pengiriman adalah waktu pengiriman paket. Metode optimalisasi jalur terpendek dalam pengiriman paket juga sudah banyak digunakan agar didapat jalur terpendek dalam proses pengiriman paket [6] [7]. Saat ini proses pengiriman paket dimulai dari registrasi barang untuk menentukan berat dan dimensi suatu barang yang akan dikirimkan. Tahap selanjutnya adalah penentuan tujuan pengiriman yang dilakukan kemudian akan muncul biaya yang harus dibayarkan. Semua proses tersebut masih menggunakan operator atau kasir dalam menjalankan serangkaian proses tersebut.

Salah satu tujuan digitalisasi adalah meningkatkan efisiensi dalam berbagai aspek mulai dari efisiensi waktu, biaya dan proses. Berdasarkan prosedur registrasi paket pada jasa pengiriman tersebut dan tujuan dari digitalisasi, maka dapat ditemukan gap pada proses tersebut dimana proses registrasi paket dapat dilakukan digitalisasi mulai pengukuran berat, dimensi dan biaya pengiriman dapat dilakukan secara otomatis menggunakan sistem yang terintegrasi. Pemecahan masalah yang ditawarkan untuk mengatasi kesenjangan diatas dengan memanfaatkan perkembangan teknologi sensor dan *internet of things*. Pengukuran dimensi dan berat yang umumnya menggunakan timbangan digital dan tidak terintegrasi dengan sistem pembayaran akan di integrasi dengan sistem pembayaran secara realtime. Sensor yang dipakai untuk mengukur berat paket yaitu sensor *loadcell* sebanyak empat buah yang dipasang pada beberapa titik agar didapat nilai kesetimbangan [8]. Sensor ini akan dikonfigurasi seperti rangkaian jembatan *wheatstone* untuk meningkatkan sensitifitas alat ukur [9]. Sedangkan untuk pengukuran berat menggunakan sensor ultrasonic sebanyak tiga buah yang dipasang pada sisi samping, depan dan atas alat ukur [10]. Ketiga sensor ultrasonic ini untuk mengukur dimensi paket berupa panjang, lebar dan tinggi.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait dengan pembuatan sistem pengukuran berat dan dimensi barang. Penelitian terkait pengukuran dimensi dan berat paket pernah dilakukan oleh dimana sensor yang digunakan sebagai pengukur berat berupa sensor *loadcell* dan untuk mengukur dimensi adalah sensor ultrasonic [11]. Pada penelitian ini mikrocontroller yang digunakan jenis Arduino Mega, sehingga system tidak dapat di integrasikan dengan proses pembayaran karena belum di lengkapi protokol komunikasi yang mendukung *internet of things*. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh dimana proses pengukuran berat dan dimensi menggunakan sensor *loadcell* dan sensor ultrasonic [12]. Pada penelitian ini data hasil pengukuran sudah dapat terintegrasi dengan komputer akan tetapi media komunikasinya adalah *Bluetooth* sehingga jarak alat ukur dengan komputer harus berdekatan. Selain dengan media komunikasi *Bluetooth* terdapat media komunikasi lain yang bisa digunakan seperti wireless seperti yang dilakukan [13] dengan menghubungkan alat yang digunakan sebagai pengukur berat dan tinggi badan berbasis PC dengan media komunikasi *wireless*.

Hal ini yang mendasari penelitian ini menggunakan media komunikasi yaitu jaringan internet, sehingga jarak antara alat ukur dengan komputer bisa fleksibel hal ini yang akan dijadikan *state of the art* atau kebaruan pada penelitian ini. Mikrocontroller yang digunakan sebagai pengolah data dan penagtur protocol komunikasi adalah esp 32 [14]. Tampilan hasil pengukuran menggunakan LCD karakter dan berbasis Web menggunakan aplikasi NodeRed [15]. Sensor yang digunakan sama dengan penelitian sebelumnya yaitu sensor ultrasonic untuk mengukur dimensi serta sensor *loadcell* yang digunakan untuk mengukur berat paket. Adapun tujuan dari penelitian yang dibuat adalah membuat rancang bangun sistem pengukuran dimensi paket dan tarif biaya pengiriman secara otomatis dengan memanfaatkan perkembangan teknologi dibidang *internet of things* . Disamping itu toleransi kesalahan pengukuran maksimal adalah $\pm 5\%$. Penelitian berfokus pada konfigurasi sensor *loadcell* sejumlah 4 buah atau lebih agar didapatkan hasil pengukuran yang presisi. Sedangkan pengukuran dimensi menggunakan sensor ultrasonic yang dipasang pada masing-masing sisi untuk mendapatkan hasil yang optimal.

2. METODE

Metode penelitian yang dilakukan memiliki beberapa tahapan yang dijabarkan dalam bentuk *flowchart* seperti pada gambar 1. Adapun penjelasan *flowchart* yang disajikan pada gambar 1 adalah sebagai berikut:

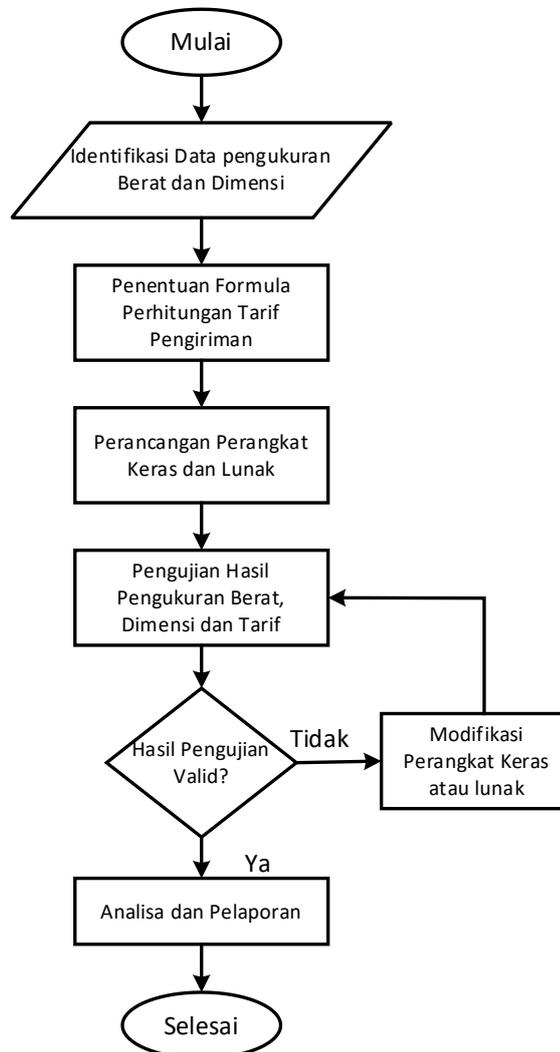
2.1 Identifikasi data pengukuran berat dan dimensi

Langkah ini dilakukan untuk menyelaraskan penelitian sebelumnya dengan yang akan dilakukan. Berat minimal dan maksimal barang yang akan diukur pada alat ini telah ditentukan sebelumnya. Nilai ini akan didapatkan berdasarkan hasil observasi pada timbangan digital yang digunakan pada jasa pengiriman. Sedangkan dimensi paket maksimal juga ditentukan berdasarkan hasil observasi lapangan di usaha jasa pengiriman. Pada tahap ini juga ditentukan satuan yang akan digunakan pada hasil pengukuran.

2.2 Penentuan formula perhitungan tarif pengiriman

Pengiriman barang memiliki standar yang digunakan oleh ekspedisi. Ekspedisi biasanya menggunakan dua cara yang umum dalam penentuan berat barang. Hal ini yang akan dijadikan ukuran untuk biaya tarif pengiriman. Cara pertama yaitu, menggunakan ukuran berat asli dari barang lalu cara yang kedua adalah dengan menghitung berat volume barang tersebut. Hasil dari kedua penghitungan tersebut kemudian dibandingkan dan diambil nilai yang paling tinggi. Nilai tersebut yang akan dikalikan dengan tarif pengiriman, sehingga ditemukan total biaya

pengiriman barang yang harus dibayarkan [12]. Persamaan yang digunakan untuk menghitung berat volume barang dengan pengiriman darat adalah sebagai berikut : Panjang (cm) x Lebar (cm) x Tinggi (cm) : 4.000. Persamaan yang digunakan untuk menghitung berat volume pengiriman barang domestik & internasional via laut adalah: Panjang (cm) x Lebar (cm) x Tinggi (cm) : 1.000.000 = M3 (kubikasi).

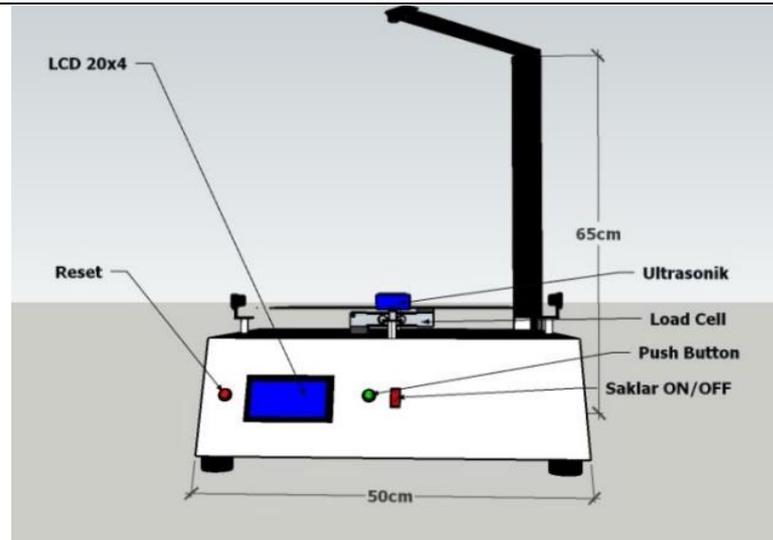


Gambar 1. Tahapan-tahapan Penelitian

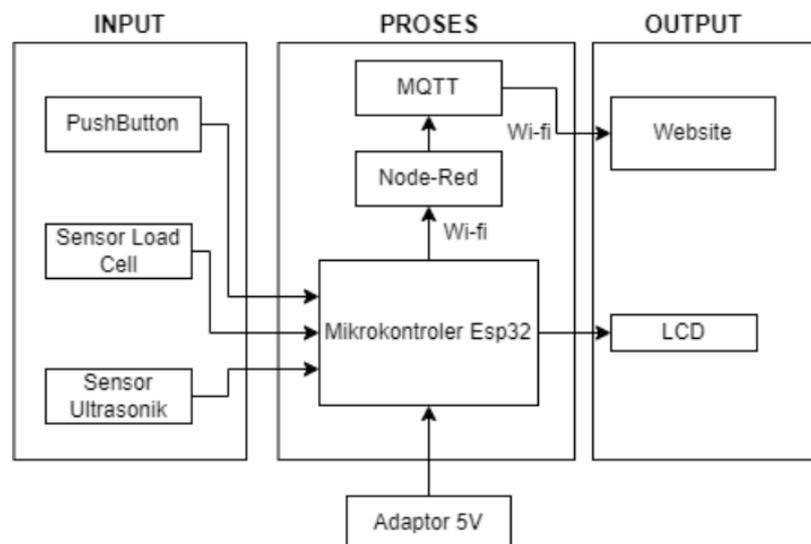
2.3 Perancangan perangkat keras dan lunak

Berdasarkan hasil penentuan berat dan dimensi maksimal yang bisa dibaca oleh alat yang akan dibuat, maka akan dirancang perangkat keras berupa desain mekanik dan diagram blok rangkaian elektronik yang akan digunakan pada penelitian ini. Adapun desain mekanik dapat dilihat pada gambar 2.

Pada gambar 2 menunjukkan lokasi sensor *loadcell* dan sensor ultrasonic yang digunakan untuk mengukur berat dan dimensi paket. LCD karakter 4x16 digunakan sebagai tampilan hasil pengukuran berupa berat dan dimensi paket. Terdapat tombol pushbutton yang akan digunakan sebagai kalibrasi hasil pengukuran. Perancangan berikutnya adalah perancangan rangkaian elektronik yang akan digunakan. Perancangan ini dimulai dari pembuatan diagram blok yang menyajikan perangkat apa saja yang diperlukan pada penelitian ini.



Gambar 2. Desain mekanik alat ukur berat dan dimensi paket

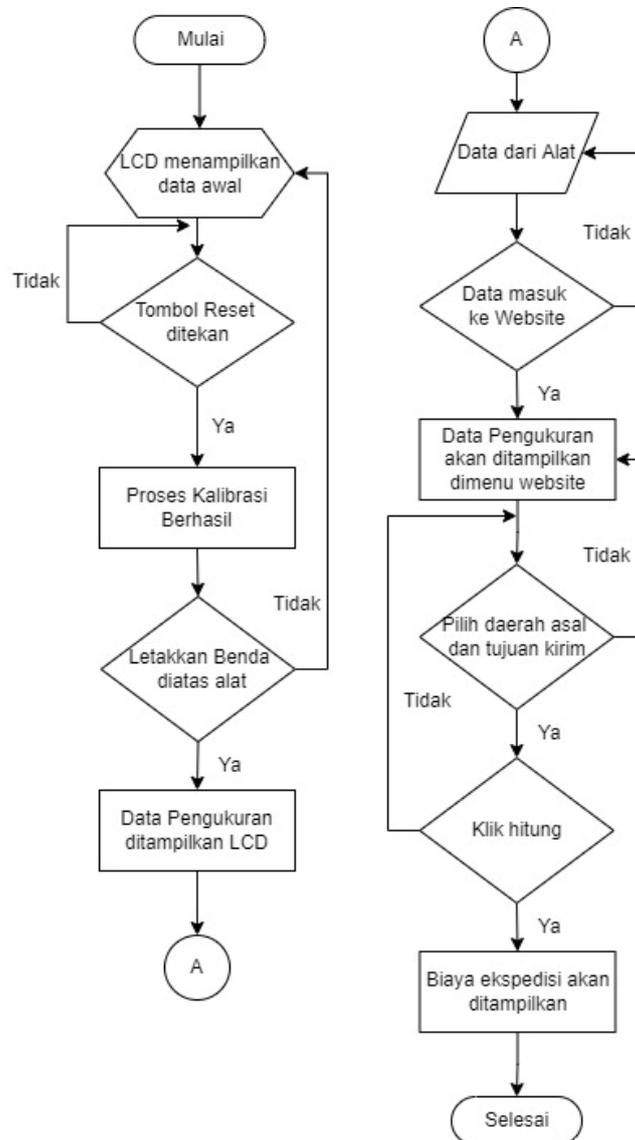


Gambar 3. Diagram Blok Rangkaian Elektronik

Diagram blok sistem akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 3. Penjelasan masing masing perangkat pada diagram tersebut adalah sebagai berikut.

- Adaptor digunakan untuk supply tegangan ke mikrokontroler Esp32 dan komponen yang lainnya.
- Push button berfungsi sebagai tombol reset.
- Sensor load cell dipakai untuk mengukur sebuah beban benda yang diletakan diatasnya.
- Sensor ultrasonik dipakai untuk mengukur jarak dari sebuah benda yang ada didepannya.
- LCD digunakan untuk menampilkan data yang terukur.
- Mikrokontroler Esp32 digunakan sebagai kontroler dari komponen, dan mengolah data yang dikirimkan oleh sensor.
- Node-RED digunakan sebagai alat penghubung antara laptop dengan alat dan tempat pembuatan aplikasi pembayaran berbasis web.
- MQTT digunakan sebagai media untuk perantara pengirim data yang didapat pada alat dan dikirim kembali setelah diproses oleh penerimannya.
- Website digunakan sebagai media untuk menghitung data yang dikirimkan oleh alat. Perancangan berikutnya adalah perancangan perangkat lunak yang disajikan dalam bentuk diagram alir. Perancangan perangkat lunak ini dapat dilihat pada gambar 4.

Sebelum memulai pengukuran wajib melakukan kalibrasi untuk menentukan nilai awal bahwa saat tidak ada benda diatas alat ukur tampilan LCD menunjukkan angka “no”. Setelah itu taruh barang atau paket diatas alat untuk mengetahui berat dan dimensi paket. Data yang didapat akan ditampilkan pada LCD. Alat harus terhubung dengan internet, untuk mengetahui berapa biaya ongkos kirim. Untuk mengetahui biaya kirim, pada website terdapat tampilan pemilihan daerah asal dan daerah tujuan sebagai parameter penentuan tarif.



Gambar 4. Perancangan perangkat lunak

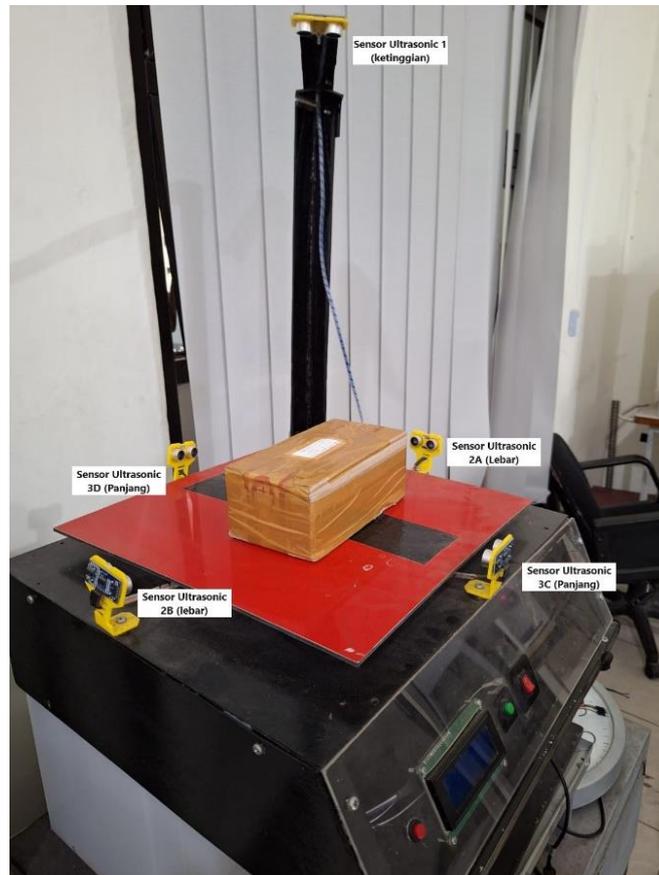
2.4 Pengujian

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan standar. Untuk pengujian berat akan digunakan timbangan sebagai pembanding. Sedangkan untuk pengujian dimensi paket akan digunakan alat ukur panjang (meteran). Proses validasi hasil pengukuran ini dilakukan secara manual. Pengujian berikutnya adalah pengujian hasil perhitungan biaya tarif pengiriman terhadap standar biaya pengiriman pada salah satu usaha jasa pengiriman. Hasil pengujian ini akan divalidasi oleh jasa pengiriman. Metode pengujian ini dengan membandingkan hasil perhitungan melalui website resmi jasa pengiriman terhadap sistem yang telah dibuat. Pengujian berikutnya adalah pengujian konektivitas jaringan dengan alat yang telah dibuat. Pengujian ini dapat dilakukan untuk mengukur seberapa jarak maksimum yang bisa dilakukan komunikasi antara alat dengan lokasi sumber internet (hotspot area).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancang Bangun system pengukuran berat dan dimensi paket pada jasa pengiriman dapat dilihat pada gambar 5. Terdapat 5 buah sensor yang digunakan untuk mengukur dimensi paket menggunakan sensor ultrasonic.

Sedangkan untuk mengukur berat paket menggunakan sensor *loadcell*. Sensor *loadcell* dipasang pasang pada bagian bawah penyangga yang berwarna merah. *Loadcell* yang digunakan berjumlah 1 dengan model jembatan *wheatstone*. Peletakan sensor *loadcell* berada tepat di tengah dari penyangga. Paket harus diletakkan berada tepat di tengah dari penyangga agar hasil pengukuran berat lebih akurat.

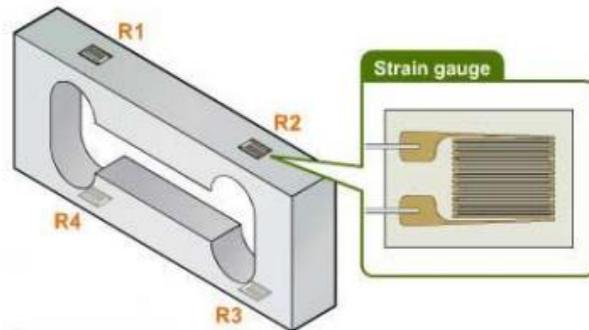


Gambar 5. Tampilan Alat keseluruhan.

3.1 Hasil pengujian pengukuran berat

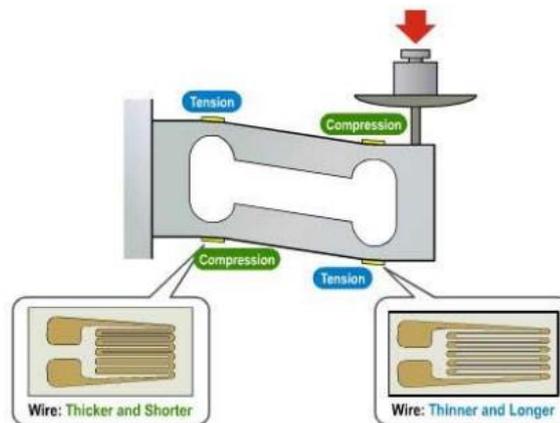
Penentuan berat minimum dan maksimum ini didasarkan pada hasil perhitungan dan percobaan yang dilakukan di laboratorium. Data hasil pengukuran berat ini didapatkan dari sensor *loadcell*. Prinsip kerja sensor ini apabila *loadcell* diberikan sebuah beban di inti besi maka nilai resistansi dalam *Strain gauge* akan mengalami perubahan. *Loadcell* yang digunakan memiliki 4 buah kabel yaitu dua kabel sebagai eksitasi kemudian dua kabel lainnya untuk sinyal keluaran. *Loadcell* adalah suatu sensor dengan prinsip electromekanik yang biasa disebut Transduser, dimana gaya yang bekerja pada sensor ini berdasarkan prinsip deformasi sebuah material akibat adanya tegangan mekanis, kemudian merubah gaya mekanik tersebut menjadi sebuah sinyal listrik.

Untuk menentukan tegangan mekanis berdasarkan hasil penemuan Robert Hooke, bahwa hubungan antara tegangan mekanis dengan deformasi yang diakibatkannya disebut regangan. Regangan dapat terjadi pada lapisan kulit dari material, oleh sebab itu memungkinkan untuk diukur menggunakan sensor regangan atau *strain gauge*. Selama proses penimbangan tersebut, beban yang diberikan mengakibatkan reaksi terhadap elemen logam di *loadcell* yang mengakibatkan adanya perubahan bentuk secara elastis. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan ini memiliki nilai (positif dan negatif) di konversikan kedalam sinyal listrik oleh *strain gauge* (pengukur regangan) yang terpasang pada *spring element*. *Loadcell* yang digunakan terdiri atas bending *beam* dan *strain gauge*. Komponen tersebut dilengkapi dengan elemen tambahan (*housing, sealing*) untuk melindungi elemen *strain gauge*. Konstruksi *loadcell* dapat dilihat pada gambar 6.



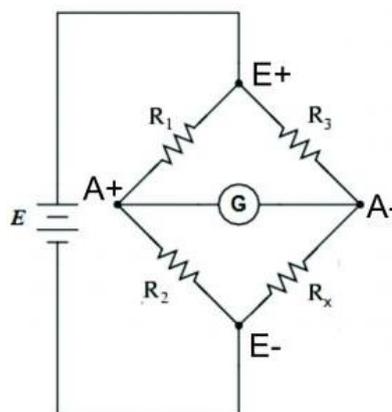
Gambar 6. Konstruksi *loadcell* dengan 4 strain gauge

Strain Gauge adalah sebuah konduktor yang disajikan dalam pola *zigzag* pada permukaan sebuah *membrane*. Saat sebuah *membrane* tersebut meregang, maka resistansi akan meningkat. Apabila *Loadcell* di beri beban, maka terjadi *strain* kemudian ditransmisikan ke *foil grid*. Hambatan *foil grid* berubah sebanding dengan *strain* induksi beban. Sensor *strain gauge* yang digunakan adalah tipe *metal foil* konfigurasi grid dibentuk menggunakan proses *photoetching*. *Strain gauge* yang digunakan adalah 50mm dengan tahanan gauge 120Ω s/d 350Ω. Prinsip perubahan nilai hambatan pada *strain gauge* dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Prinsip perubahan resistansi pada *strain gauge*

Terdapat empat buah *strain gauge* yang dipasang pada *loadcell* membentuk sebuah rangkaian jembatan *wheatstone*, dimana perubahan nilai resistansi masing-masing *strain gauge* saling berpengaruh. Konfigurasi rangkaian jembatan *wheatstone* pada *loadcell* tersebut ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Konfigurasi *strain gauge* pada jembatan *wheatstone*

Melalui konfigurasi ini sensor *loadcell* memiliki sensitifitas yang tinggi bila dibandingkan dengan tipe yang lain. Perubahan nilai R1 berpengaruh pada Rx, dimana pada R1 mendapat tekanan Output pada rangkaian pada di gambar 4 dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$VA+ = \frac{R2}{R1 + R2} \times E$$
$$VA- = \frac{Rx}{Rx + R3} \times E$$
$$Vout = (VA+) - (VA-) \quad (1)$$

Pada saat R1 mendapatkan ketegangan (tension) maka Rx juga mendapatkan ketegangan yang sama dan R2 dan R3 akan mendapatkan kompresi (compression). Berdasarkan persamaan (1) maka nilai output dari rangkaian pada gambar 8 akan lebih sensitive. Selain menggunakan persamaan (1) tegangan output dari sensor *loadcell* juga dapat dihitung menggunakan perubahan beban yang diterima dan tegangan eksitasinya. *Loadcell* yang digunakan memiliki kapasitas maksimal 40kg dengan sensitifitas 2mV/V. sehingga perhitungan berat tegangan output *loadcell* dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$Vout = \text{Sensitifitas} \times \text{Tegangan excitasi} \quad (2)$$

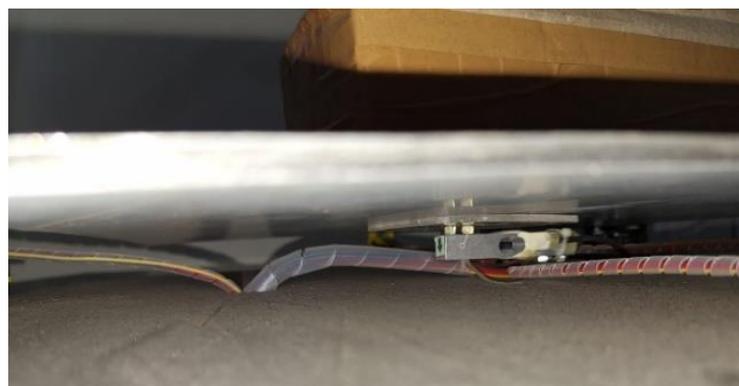
$$Vout- = 2 \frac{mV}{V} \times 4,5V$$

$$Vout = 9 mV$$

Apabila *loadcell* untuk mengukur beban dengan berat 1kg, maka tegangan output yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$1kg \rightarrow \frac{9mV \times 1kg}{40kg} = 0,225mV$$

Posisi peletakan sensor *loadcell* ditunjukkan pada gambar 9. Berat minimum benda yang bisa dilakukan pengukuran adalah 194 gram, sedangkan berat maksimal adalah 7 kg karena keterbatasan konstruksi mekanik. Data hasil pengujian beban pada *loadcell* ditunjukkan pada tabel 1.



Gambar 9. Posisi sensor *loadcell*

Beban yang diberikan diberikan batas antara 100gram s/d 7kg, karena penopang dari *loadcell* ini terbuat dari bahan akrilic yang memiliki keterbatasan menerima beban. Berdasarkan tabel 1 hasil pengujian beban yang terbaca pada sensor load cell dengan perbandingan alat ukur timbangan mempunyai beberapa selisih. Berdasarkan data pada tabel dapat dianalisis bahwa apabila pengukuran dalam bentuk satuan gram memiliki beberapa perbedaan. Pada pengukuran didapat antara 1-1000 gram memiliki selisih kurang dari 3 gram, sedangkan berat lebih dari 1000 gram memiliki selisih kurang dari 39,5 gram. Pengujian ini dilakukan 3 kali percobaan pada setiap berat, dimana diperoleh selisih seperti sampel pertama selisih yang didapat sebesar 3 gram sampai selisih sampel terakhir yaitu 125 gram pada berat per-KG.

Tabel 1. Data hasil pengujian beban pada *loadcell*

No	Timbangan Digital (gram)	Sensor (gram)			Selisih (gram)	Rata-rata
		P 1	P 2	P 3		
1.	194	194	194	191	3	193
2.	300	298	300	299	2	299
3.	495	492	493	493	2	492,6
4.	964	961	964	962	3	962,3
5.	1264	1265	1264	1264	1	1264,3
6.	1607	1617	1612	1611	10	1613,3
7.	1908	1913	1910	1911	5	1911,3
8.	2338	2374	2381	2380	43	2378,3
9.	3000	3040	3050	3053	53	3047,6
10.	6046	6167	6158	6171	125	6165,3
Total Rata-rata selisih					24,7	

Selisih pengujian berturut-turut didapat rata rata sebesar 24,7 gram. Kapasitas *loadcell* yang digunakan mempengaruhi tingkat ketelitian, semakin besar kapasitas sebuah *loadcell* yang digunakan, maka tingkat ketelitian semakin kecil, dan begitu pula sebaliknya. Berikut untuk perhitungan selisih dan rata-rata berdasarkan tabel pengujian:

Selisih = (nilai terbesar dari sensor – nilai dari timbangan)

Contoh pada sampel no 7

Selisih = (1913 – 1908)

= 5 gram

Rata – rata = $\frac{\text{jumlah nilai banyaknya percobaan}}{\text{banyak percobaan}}$

(3)

Contoh pada sampel no 7

Rata – rata = $\frac{1914 + 1910 + 1911}{1908}$

= 1911,3 gram

3.2 Hasil pengujian pengukuran Dimensi

Pengukuran berikutnya adalah pengukuran dimensi dari paket yang akan dikirim. Sensor yang digunakan untuk mengukur dimensi paket adalah sensor Ultrasonic. Adapun prinsip kerja dari sensor ultrasonic adalah berdasarkan pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan jarak suatu benda dengan sebuah frekuensi tertentu. Gelombang Ultrasonik merupakan gelombang bunyi yang mempunyai Frekuensi sangat tinggi sampai 20.000 Hz. Karena kecepatan bunyi adalah 340 m/s, maka persamaan untuk mencari jarak menggunakan sensor Ultrasonik adalah:

$$S = \frac{v.t}{2} \quad (4)$$

S = jarak antara sensor Ultrasonik dengan benda atau bidang pantul,

v = kecepatan bunyi (340 m/s)

t = selisih antara waktu pemancaran sebuah gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang pantul diterima receiver.

Kemudian untuk membaca data ultrasonik menggunakan algoritma berikut:

- Berikan tegangan Positif pin *Trigger* selama 10uS, maka sensor akan mengirimkan data 8 step sinyal Ultrasonik dengan Frekuensi 40kHz
- Selanjutnya sinyal tersebut akan diterima pada pin *Echo*
- Gunakan persamaan berikut untuk menghitung jarak $S = (0.034 * t) / 2$ cm

Data hasil pengukuran dimensi menggunakan sensor ultrasonic ditunjukkan pada tabel 2. Pengujian dilakukan dengan mengamati jarak yang terukur oleh sensor ultrasonik dengan melakukan perbandingan

menggunakan mistar/penggaris. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap sensor ultrasonik yang digunakan karena sensitifitas sensor yang digunakan sehingga data yang dihasilkan kurang stabil.

Tabel 2. Hasil pengujian dimensi menggunakan sensor ultrasonic

Sensor	Alat ukur (cm)	Sensor (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
S0	40,7	40,6	0,1	0,2
S0	39	40,9	1,9	4,8
S0	39	39,7	0,7	1,7
S0	31,8	31,4	0,4	1,2
S0	38	36,8	1,2	3,1
S1	19,3	20,49	1,19	6,1
S1	14,9	16,9	2	13,4
S1	15,8	16,03	0,23	1,4
S1	14,3	15,4	1,1	7,6
S1	6,7	7,9	1,2	17,9
S2	17,5	18,1	0,6	3,4
S2	17	18,1	1,1	6,4
S2	15,5	15,61	0,11	0,7
S2	14,7	14,6	0,1	0,6
S2	4,5	5,86	1,36	30,2
S3	19,8	19,6	0,2	1
S3	10	10,6	0,6	6
S3	13,7	15,42	1,72	12,5
S3	15,3	14,2	1,1	7,1
S3	1	2,52	1,52	65
S4	18	18,53	0,53	2,9
S4	16,5	16,9	0,4	2,4
S4	16,5	16,63	0,13	0,7
S4	12,2	12,5	0,3	2,4
S4	8,5	8,5	0	0
Rata-rata selisih dan error			0,79	7,9

Berdasarkan tabel 2 hasil pengujian jarak pada sensor ultrasonik dengan perbandingan alat ukur berupa meteran memiliki perbedaan hasil. Pengujian pada 5 sensor ultrasonik dilakukan sebanyak 4 kali pada setiap sensor. Keterangan sensor untuk tinggi adalah S0, panjang adalah S1/S3, dan lebar adalah S2/S4. Pada pengujian didapat selisih dengan rata rata selisih yaitu 0,79 cm pada seluruh percobaan sedangkan nilai kepresisian sensor ultrasonik adalah sebesar 3 mm. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa jarak yang terukur sudah mendekati dengan jarak sebenarnya. Dalam percobaan terdapat selisih pada pengukuran dan error, untuk pengujian ketelitian dalam pembacaan sensor maka dapat menggunakan persamaan dibawah.

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{\text{Alat ukur} - \text{Nilai sensor}}{\text{Alat ukur}} \times 100\% \quad (5)$$

Presentase Kesalahan = 100% - Prosentase keberhasilan

$$\text{Rata-rata} = \frac{n}{N} \times 100\%$$

3.3 Hasil pengujian sistem perhitungan biaya kirim paket

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan tarif biaya yang dihasilkan oleh system yang telah dibuat dibandingkan dengan aplikasi jasa pengiriman paket pada umumnya. Jasa pengiriman paket yang digunakan sebagai pembanding pada aplikasi ini adalah JNE ditampilkan pada tabel 3. Berdasarkan tabel 3 biaya ongkos kirim dengan menggunakan website JNE didapatkan dengan cara mengisi asal pengiriman, tujuan pengiriman serta berat barang yang akan dikirim. Setelah itu harga akan muncul menampilkan nama layanan pengiriman, jenis kiriman, tarif biaya serta waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman. Hasil pengujian jasa pengiriman paket oleh system yang telah dibuat dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 3. Tampilan aplikasi pengiriman paket JNE
 Website JNE sebagai pembanding

No	Dari	Tujuan	Berat (Kg)																																				
1.	: CILACAP	: YOGYAKARTA	: 3																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nama Layanan</th> <th>Jenis Kiriman</th> <th>Tarif</th> <th>ETD(Estimates Days)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>JTR</td> <td>Paket</td> <td>IDR 30000</td> <td>3 - 4 D</td> </tr> <tr> <td>JTR250</td> <td>Paket</td> <td>IDR 350000</td> <td>3 - 4 D</td> </tr> <tr> <td>JTR-150</td> <td>Paket</td> <td>IDR 200000</td> <td>3 - 4 D</td> </tr> <tr> <td>JTR>250</td> <td>Paket</td> <td>IDR 500000</td> <td>3 - 4 D</td> </tr> <tr> <td>OKE</td> <td>Document/Paket</td> <td>IDR 27000</td> <td>2 - 3 D</td> </tr> <tr> <td>REG</td> <td>Document/Paket</td> <td>IDR 33000</td> <td>1 - 2 D</td> </tr> <tr> <td>SPS</td> <td>Document/Paket</td> <td>IDR 319000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>YES</td> <td>Document/Paket</td> <td>IDR 42000</td> <td>1 - 1 D</td> </tr> </tbody> </table>			Nama Layanan	Jenis Kiriman	Tarif	ETD(Estimates Days)	JTR	Paket	IDR 30000	3 - 4 D	JTR250	Paket	IDR 350000	3 - 4 D	JTR-150	Paket	IDR 200000	3 - 4 D	JTR>250	Paket	IDR 500000	3 - 4 D	OKE	Document/Paket	IDR 27000	2 - 3 D	REG	Document/Paket	IDR 33000	1 - 2 D	SPS	Document/Paket	IDR 319000		YES	Document/Paket	IDR 42000	1 - 1 D
Nama Layanan	Jenis Kiriman	Tarif	ETD(Estimates Days)																																				
JTR	Paket	IDR 30000	3 - 4 D																																				
JTR250	Paket	IDR 350000	3 - 4 D																																				
JTR-150	Paket	IDR 200000	3 - 4 D																																				
JTR>250	Paket	IDR 500000	3 - 4 D																																				
OKE	Document/Paket	IDR 27000	2 - 3 D																																				
REG	Document/Paket	IDR 33000	1 - 2 D																																				
SPS	Document/Paket	IDR 319000																																					
YES	Document/Paket	IDR 42000	1 - 1 D																																				
2.	: CILACAP	: BANDUNG	: 4.7																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nama Layanan</th> <th>Jenis Kiriman</th> <th>Tarif</th> <th>ETD(Estimates Days)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>JTR</td> <td>Paket</td> <td>IDR 35000</td> <td>3 - 4 D</td> </tr> <tr> <td>JTR250</td> <td>Paket</td> <td>IDR 850000</td> <td>3 - 4 D</td> </tr> <tr> <td>JTR-150</td> <td>Paket</td> <td>IDR 500000</td> <td>3 - 4 D</td> </tr> <tr> <td>JTR>250</td> <td>Paket</td> <td>IDR 1200000</td> <td>3 - 4 D</td> </tr> <tr> <td>OKE</td> <td>Document/Paket</td> <td>IDR 60000</td> <td>2 - 3 D</td> </tr> <tr> <td>REG</td> <td>Document/Paket</td> <td>IDR 70000</td> <td>1 - 2 D</td> </tr> <tr> <td>SPS</td> <td>Document/Paket</td> <td>IDR 300000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>YES</td> <td>Document/Paket</td> <td>IDR 90000</td> <td>1 - 1 D</td> </tr> </tbody> </table>			Nama Layanan	Jenis Kiriman	Tarif	ETD(Estimates Days)	JTR	Paket	IDR 35000	3 - 4 D	JTR250	Paket	IDR 850000	3 - 4 D	JTR-150	Paket	IDR 500000	3 - 4 D	JTR>250	Paket	IDR 1200000	3 - 4 D	OKE	Document/Paket	IDR 60000	2 - 3 D	REG	Document/Paket	IDR 70000	1 - 2 D	SPS	Document/Paket	IDR 300000		YES	Document/Paket	IDR 90000	1 - 1 D
Nama Layanan	Jenis Kiriman	Tarif	ETD(Estimates Days)																																				
JTR	Paket	IDR 35000	3 - 4 D																																				
JTR250	Paket	IDR 850000	3 - 4 D																																				
JTR-150	Paket	IDR 500000	3 - 4 D																																				
JTR>250	Paket	IDR 1200000	3 - 4 D																																				
OKE	Document/Paket	IDR 60000	2 - 3 D																																				
REG	Document/Paket	IDR 70000	1 - 2 D																																				
SPS	Document/Paket	IDR 300000																																					
YES	Document/Paket	IDR 90000	1 - 1 D																																				

Tabel 4. Pengujian system perhitungan biaya paket yang dibuat

Tampilan Website Alat ukur berat dan pembayaran

1.	<p>PENGIRIMAN</p> <p>Kota Asal Cilacap</p> <p>Kota Tujuan Yogyakarta</p> <p>HITUNG Total Rp. 27000</p>	<p>BERAT dan VOLUME</p> <p>Berat</p> <p>3112 Gram</p> <p>Volume</p> <p>5925 cm³</p>
2.	<p>PENGIRIMAN</p> <p>Kota Asal Cilacap</p> <p>Kota Tujuan Bandung</p> <p>HITUNG Total Rp. 60000</p>	<p>BERAT dan VOLUME</p> <p>Berat</p> <p>4762 Gram</p> <p>Volume</p> <p>16542 cm³</p>

Berdasarkan tabel 4 biaya ongkos kirim dengan menggunakan website alat didapatkan dengan cara memilih kota asal dan kota tujuan. Untuk berat dan volume paket atau benda sudah otomatis terisi karena website terhubung dengan alat pengukur berat dan dimensi paket. Setelah itu klik hitung untuk mengetahui tarif biaya yang didapatkan. Berdasarkan tabel 3 dan tabel 4 biaya pengiriman paket dari cilacap ke banyumas pada aplikasi JNE adalah Rp. 16.000 sedangkan dengan menggunakan system ini juga menunjukkan angka Rp. 16.000. Pada tujuan yang ke 4 yaitu Cilacap ke Bandung adalah Rp. 60.000 sedangkan di tampilan system yang telah dibuat juga sama Rp. 60.000. Keterbatasan pada alat ini bila dibandingkan dengan system yang ada pada JNE adalah jumlah menu pilihan paket masih terbatas hanya satu jenis yaitu OK. Untuk jenis pilihan paket Regular, SPS, JTR, YES belum tersedia.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu konfigurasi jembatan wheatstone yang digunakan pada sensor loadcell dapat memberikan hasil pengukuran yang maksimal dengan error rata-rata sebesar 1% pada sepuluh kali pengujian. Hal ini sudah sesuai dengan standar bidang instrumentasi bahwa toleransi kesalahan sebuah alat ukur maksimal 2%. Pada pengujian dimensi paket didapatkan error rata-rata sebesar 7,9% pada 25 kali pengujian nilai ini cukup tinggi bila dibandingkan dengan data hasil pengukuran berat. Hal yang berpengaruh terhadap tingginya nilai error karena tidak adanya filter pada pengukuran dimensi ini dan jumlah sensor yang banyak yaitu lima buah sensor masing-masing memiliki error bila di jumlahkan, maka error yang didapat semakin besar. Hal ini bisa menjadi topik penelitian lanjutan untuk memperbaiki hasil pengukuran dimensi paket. Hasil pengujian tarif paket baru dilakukan dengan satu operator yaitu JNE pada jenis paket "OK" dengan tingkat akurasi 100% belum tersedia untuk jenis paket yang lain seperti JTR, REG dan YES.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih di ucapkan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Negeri Cilacap dan Laboratorium Jurusan Rekayasa Elektro dan Mekatronika yang telah memberikan dukungan berupa bantuan pembiayaan dan fasilitas laboratorium untuk kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. Haq and I. Iswandi, "Relevansi belanja online terhadap perilaku konsumtif masyarakat," *J. Penelit. Multidisiplin Ilmu*, vol. 1, no. 3, pp. 415–424, 2022, [Online]. Available: <http://melatijournal.com/index.php/Metta>
- [2] E. Julita *et al.*, "Konsumtif Mahasiswa Muslim," *J. Ilm. Ekon. Islam*, vol. 8, no. 03, pp. 2953–2957, 2022, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.29040/jiei.v8i3.6775>
- [3] R. Supriati, A. Y. Irmawan, and G. Melandy, "Sistem Informasi Jasa Pengiriman Surat Dan Barang Pada Pt. Pos Indonesia Kota Tangerang," *SENSI J.*, vol. 3, no. 2, pp. 173–181, 2017, doi: 10.33050/sensi.v3i2.770.
- [4] W. A. Astuti and G. Herliana, "Analisis Perhitungan Harga Pokok Jasa Pengiriman Untuk Penetapan Tarif Pengiriman Paket Internasional (Tujuan Jepang) di PT POS INDONESIA," *J. Maj. Ilm.*, vol. 11, no. 1, pp. 31–40, 2013, [Online]. Available: https://jurnal.unikom.ac.id/_s/data/jurnal/volume-11-1/03-miu-11-1-wati.pdf/pdf/03-miu-11-1-wati.pdf
- [5] A. Dinia, I. Cholissodin, and E. Santoso, "Optimasi Pengiriman Barang menggunakan Algoritme Genetika dengan Data Sintesis," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 10, pp. 4658–4664, 2021, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [6] A. Ardini and N. Lutfiyah, "Metode Transportasi untuk Mengoptimalkan Biaya Pengiriman Barang pada PT Trimuda Nusantara Citra Jakarta," *Inf. Syst. Educ. Prof.*, vol. 3, no. 1, pp. 55–66, 2018.
- [7] K. M. and D. K. Ali Muhammad Olow, Amanda Muchsin Chalik, "Pencarian Jalur Terpendek Pengiriman Barang Menggunakan Algoritma A Star Studi Kasus Kantor Jne Di Jakarta Selatan," (*JURRITEK*), *J. Ris. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 88–97, 2022.
- [8] Unang Achlison and Bambang 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, doi: 10.51903/e-bisnis.v13i1.199.
- [9] R. Hendrawan, A. S. Rohman, D. Hidayat, and T. Nugroho, "SISTEM MONITORING BERAT PADA ALAT ORGANIC WASTE CHOPPER (GASPER) DENGAN SENSOR BERAT (LOAD CELL) BERBASIS ARDUINO MEGA 2560".
- [10] D. M. Gunawan, I. Lutfi, and F. Damsi, "ANALISA ALAT UKUR TINGGI BADAN BERBASIS INTERNET OF THINGS," vol. 16, no. 3, pp. 0–5, 2019.
- [11] A. C. Sari, B. Harsono, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and A. Mega, "Rancang Bangun Alat Pengukur

- Berat Dan Dimensi Paket Berbasis Arduino Mega2560,” *J. Elektro*, vol. 10, pp. 107–116, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal.atmajaya.ac.id/index.php/JTE/article/download/363/124/>
- [12] E. N. Sri Tunjung Sujatmiko, “Pembuatan Alat Ukur Diameter Objek Tiga Dimensi,” *Din. Inform.*, vol. 12, no. 2, pp. 98–104, 2020.
- [13] M. I. Sudiby, H. Fitriyah, and R. Maulana, “Alat Pengukur Berat Badan dan Tinggi Badan Terkomputerisasi berbasis Wireless, Arduino, Sensor Load Cell, dan Ultrasonic,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 9, pp. 8351–8360, 2019, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [14] H. Kusumah and R. A. Pradana, “Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler Dan Internet of Things Berbasis Esp32 Pada Mata Kuliah Interfacing,” *J. CERITA*, vol. 5, no. 2, pp. 120–134, 2019, doi: 10.33050/cerita.v5i2.237.
- [15] C. Naa, “Greenhouse Monitoring System using ESP32, Raspberry Pi, MQTT and Node-RED,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 11, no. 3, pp. 133–138, 2022.