

Perancangan Timbangan Berbasis Digital yang Dilengkapi dengan Metal Detector Sebagai Sensor Logam

A. Sayuti Kazuya¹, Tamsir Ariyadi², Rahmad Novrianda Dasmen³, Endah Fitriani⁴

1,2,3,4Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains Teknologi, Universitas Bina Darma Palembang

e-mail: sayutikazuya@gmail.com

Abstrak

Timbangan digital adalah alat penting dalam berbagai aplikasi industri dan domestik. Namun, seringkali diperlukan tambahan sensor untuk mendeteksi benda asing yang mungkin mempengaruhi hasil timbangan, seperti logam. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang timbangan berbasis digital yang dilengkapi dengan metal detector sebagai sensor logam. Metode yang digunakan dalam perancangan ini mencakup pemilihan komponen yang sesuai, perancangan sirkuit elektronik, dan pengembangan algoritma untuk pengolahan sinyal sensor. Komponen utama yang digunakan adalah sensor beban untuk pengukuran berat dan metal detector untuk deteksi logam. Sirkuit elektronik dikembangkan untuk mengintegrasikan kedua sensor tersebut dalam satu sistem yang koheren. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja timbangan digital ini dalam mendeteksi logam. Pengujian melibatkan variasi logam yang berbeda dan berbagai kondisi lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa timbangan digital yang dirancang mampu mendeteksi keberadaan logam dengan akurasi yang tinggi dan memberikan hasil timbangan yang konsisten. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi timbangan digital yang lebih canggih dengan kemampuan deteksi logam yang handal. Aplikasi potensial dari perangkat ini mencakup penggunaan dalam pengiriman paket di mana deteksi logam yang akurat penting untuk menjaga kualitas produk dan keselamatan produk sampai ke konsumen.

Kata Kunci : *Timbangan Digital, Logam, Load Cell, Metal Detector*

Abstract

Digital scales are an important tool in a variety of industrial and domestic applications. However, additional sensors are often needed to detect foreign objects that might affect the measurement results, such as metal. In this context, this research aims to design a digital-based scale equipped with a metal detector as a metal sensor. The methods used in this design include selecting appropriate components, electronic circuit design, and developing algorithms for signal sensor processing. The main components used are a load sensor for

measuring weight and a metal detector for detecting metal. An electronic circuit was developed to integrate the two sensors into one coherent system. Tests were carried out to scan the performance of this digital in detecting metal. Testing involves a variety of different metals and a variety of environmental conditions. The test results show that the digital scales designed are able to detect the presence of metal with high accuracy and provide consistent weighing results. Thus, this research contributes to the development of more sophisticated digital weighing technology with reliable metal detection capabilities. Potential applications of this device include use in package delivery where accurate metal detection is important to maintain product quality and product safety to the consumer.

Keywords: *Digital Scales, Metal, Load Cell, Metal Detector*

PENDAHULUAN

Dalam era modern, penggunaan alat pengukur yang canggih dan akurat menjadi krusial dalam berbagai sektor, mulai dari industri makanan, farmasi, pertambangan, hingga industri manufaktur. Salah satu alat yang sangat penting adalah timbangan, yang digunakan untuk mengukur bobot suatu benda dengan presisi tinggi. Penggunaan timbangan berbasis digital telah menjadi standar dalam industri karena keakuratannya yang tinggi, kemampuan untuk menyimpan data, dan integrasinya dengan sistem otomatisasi. Di sisi lain, deteksi logam dalam produk juga menjadi aspek kritis dalam menjaga keselamatan konsumen dan kualitas produk. Benda-benda asing berbahan logam seperti potongan logam kecil bisa saja masuk ke dalam produk selama proses produksi, pengolahan, atau pengemasan. Hal ini dapat membahayakan konsumen dan merusak reputasi perusahaan.

Pada era saat ini perkembangan teknologi terus berkembang, salah satunya adalah teknologi penimbangan yang terus berinovasi sesuai dengan fungsi dan kegunaannya yang dibutuhkan oleh masyarakat luas. Jasa pengiriman barang memerlukan timbangan yang dapat mendeteksi kandungan logam pada paket pengiriman. Pendeteksi bahan logam pada timbangan digital dapat digunakan untuk menyortir atau memisahkan barang yang tidak mengandung logam dan barang yang mengandung logam sehingga memerlukan perlakuan khusus pada saat pengiriman paket agar barang yang dikirim dapat sampai tujuan dalam keadaan baik tanpa ada cacat.

Rumusan masalah yang akan penulis bahas yaitu Bagaimana cara kerja Sensor Load Cell dalam mendeteksi berat benda pada timbangan digital dengan akurasi yang tepat dibandingkan timbangan analog dan Bagaimana cara kerja Sensor Proximity Induktif dalam mendeteksi kandungan logam benda yang ditimbang pada timbangan digital.

Tujuan dari penulisan penelitian ini yaitu Merancang alat timbangan digital berbasis Arduino Uno dengan keluaran LCD, Mengetahui Sensitivitas Sensor Proximity Inductive dalam mendeteksi bahan logam, dan Mengetahui rata-rata tingkat kesalahan (error) pada hasil Output alat yang ditampilkan pada LCD

METODE

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan Metode pengumpulan data mulai dari Perancangan Elektronik, Perancangan Mekanik, pengukuran dan pelaksanaan pengujian terhadap alat yang akan dirancang.

Perancangan Elektronik

Timbangan

Timbangan adalah sebuah perkakas yang digunakan untuk menentukan berat suatu objek. Terdapat dua bentuk utama timbangan, yakni mekanik dan elektronik. Timbangan digital menawarkan hasil pengukuran yang lebih akurat, cocok untuk mengukur objek-objek kecil, memiliki desain yang lebih modern, dan membutuhkan perawatan yang relatif mudah. Tingkat ketepatan timbangan ini bergantung pada jenis sensor yang digunakan. Timbangan digital memiliki beragam kegunaan, mulai dari mengukur bahan dapur hingga bahan laboratorium. Penggunaan timbangan digital sangat bervariasi tergantung pada keperluannya. Meskipun demikian, keakuratan timbangan yang digunakan untuk mengukur berat badan tidak selalu menjadi hal yang mutlak, karena perbedaan antara gram dan beberapa pon, atau bahkan beberapa pon saja, tidak begitu signifikan.



Gambar 1. Timbangan Digital

Load Cell

Load Cell adalah komponen kunci dalam sistem penimbangan digital. Namun, akurasi timbangan digital sangat tergantung pada jenis dan tipe Load Cell yang digunakan. Setiap timbangan harus melewati proses legalisasi oleh Direktorat Metrologi. Proses ini melibatkan pengujian dan penyegelan oleh otoritas hukum yang disebut sebagai TERA (Tera Elektronik Raya), yang bertujuan memastikan bahwa peralatan atau standar tertentu memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam regulasi TERA. Proses TERA ini mencakup pemeriksaan dan penyegelan untuk memastikan kepatuhan terhadap peraturan yang berlaku.



Gambar 2. Load Cell

Modul HX711

HX711 adalah modul penimbangan yang digunakan untuk membaca sinyal dari sel beban dengan tingkat presisi tinggi. Modul ini berperan penting dalam mengubah sinyal analog yang dihasilkan oleh sensor menjadi data digital yang dapat diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler. Fungsi utama HX711 adalah memperkuat sinyal keluaran dari sensor agar dapat terbaca dengan lebih akurat dan mengonversi sinyal analog tersebut menjadi format digital yang dapat dipahami oleh mikrokontroler.



Gambar 3. IC HX711

Inductive Proximity Sensor (Sensor Jarak Induktif)

Sensor Jarak Induktif, atau sering disebut sebagai Induktif Proximity Sensor, adalah jenis perangkat pendeteksi jarak yang dimanfaatkan untuk mengidentifikasi keberadaan logam, entah itu berupa besi atau logam non-besi. Sensor ini memiliki sejumlah fungsi, termasuk pengenalan atau penentuan ketiadaan objek logam, penghitungan benda logam, dan juga penerapan dalam menentukan posisi suatu objek. Dalam banyak kasus, sensor induktif menggantikan peran saklar mekanis karena mampu beroperasi dengan kecepatan lebih tinggi dari saklar mekanis tradisional. Keandalannya dan masa pakai yang panjang juga menjadikannya pilihan yang sangat diandalkan



Gambar 4. Sensor Proximity Inductive

LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai tampilan utamanya. Berikut adalah beberapa fitur yang umumnya dimiliki oleh LCD:

1. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
2. Memiliki kapasitas penyimpanan hingga 192 karakter.
3. Dilengkapi dengan generator karakter terprogram.
Dapat diatur alamatnya dalam mode 4-bit atau 8-bit.



Gambar 5. LCD (2x16)

Buzzer

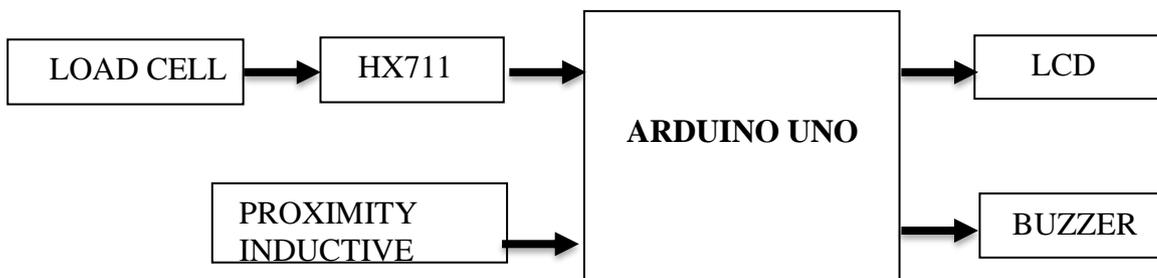
Buzzer merupakan sebuah komponen elektronik yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Prinsip kerjanya mirip dengan loudspeaker, di mana buzzer juga terdiri dari sebuah kumparan yang terhubung pada sebuah diafragma. Ketika kumparan tersebut dialiri listrik, ia menjadi sebuah elektromagnet yang menarik atau mendorong diafragma, tergantung pada arah arus dan polaritas magnet. Karena kumparan terpasang pada diafragma, setiap gerakan kumparan akan membuat diafragma bergerak maju dan mundur, sehingga menghasilkan gelombang suara.



Gambar 6. Buzzer

Blok Diagram Rangkaian

Diagram blok merupakan dasar suatu sistem rangkaian yang menggambarkan cara kerja sistem dan fungsinya. Berikut ini adalah blok diagram sistem yang telah dirancang pada gambar dibawah ini:



Gambar 7. Diagram Blok

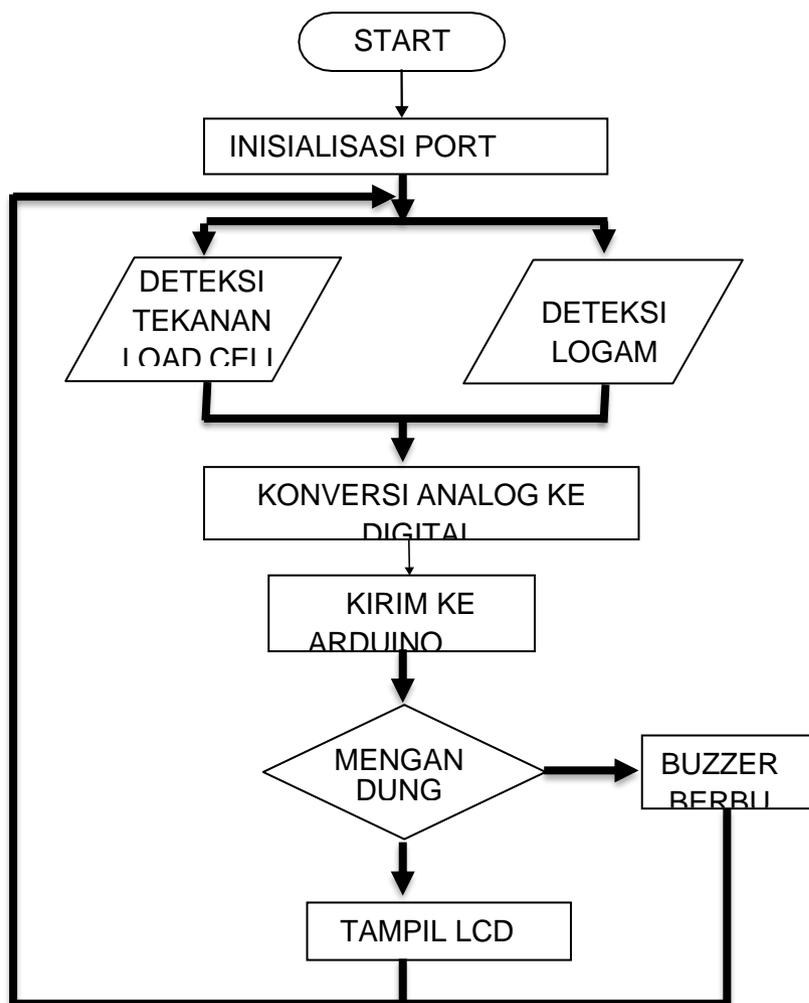
Dalam diagram blok di atas, Load Cell bertanggung jawab sebagai pendeteksi berat benda, sedangkan Inductive Proximity Sensor bertanggung jawab sebagai pendeteksi material logam. Kedua sensor ini mengirimkan sinyalnya ke HX711. HX711 berfungsi untuk memperkuat sinyal keluaran dari sensor dan mengubahnya menjadi data digital. Data digital yang telah dikonversi oleh HX711 kemudian dikirimkan ke Arduino Uno. Arduino Uno bertindak sebagai pengendali utama atau otak dari sistem, yang bertanggung jawab atas kontrol dan pemrosesan data. Dengan konfigurasi ini, sistem dapat mendeteksi berat benda menggunakan Load Cell dan juga mendeteksi keberadaan material logam menggunakan Inductive Proximity Sensor. Data yang diperoleh kemudian diproses oleh Arduino Uno untuk penggunaan lebih lanjut.

Dalam konteks sistem yang dijelaskan, fungsi setiap blok adalah sebagai berikut:

1. Blok Load Cell: Berfungsi untuk mendeteksi berat beban yang ditempatkan di atasnya.
2. Blok HX711: Berfungsi sebagai penguat sinyal keluaran dari sensor Load Cell, serta mengubah sinyal analog menjadi digital untuk diproses lebih lanjut.

3. Blok Proximity Inductive Sensor: Berfungsi untuk mendeteksi keberadaan benda logam di sekitarnya.
4. Blok Arduino Uno: Berfungsi sebagai pengontrol utama sistem, yang mengatur proses pengambilan data dari sensor, pengolahan data, dan mengendalikan output seperti tampilan LCD dan buzzer.
5. Blok LCD: Berfungsi sebagai output untuk menampilkan berat benda yang diukur oleh system dan menampilkan tulisan mengandung logam atau tidak mengandung logam.
6. Blok Buzzer: Berfungsi untuk memberikan peringatan suara jika sensor Proximity induktif mendeteksi logam .

Diagram alir (Flowchart)



Gambar 8. Flowchart Software

Cara Kerja Alat

Sumber Listrik sebesar 220 V AC menginput tegangan ke Adaptor berfungsi sebagai catu daya yang memberikan tegangan pada rangkaian Arduino Uno dan rangkaian lainnya. Pada rangkaian adaptor tegangan 220 V AC turunkan dengan trafo step down, kemudian dilanjutkan ke rectifier yang berfungsi untuk mengubah arus AC menjadi DC dan menghasilkan tegangan DC 12 V. Kemudian tegangan 12 V disambungkan ke rangkaian Arduino Uno lalu Arduino Uno akan menginialisasi semua data sensor dari input sampai output. Pada saat diletakkan beban pada timbangan digital, maka secara otomatis sensor akan bekerja, dimana sensor load cell akan membaca berat atau massa beban tersebut dan sensor Proximity Inductive akan mendeteksi kandungan logam pada beban tersebut. Kemudian hasilnya akan ditampilkan pada LCD dan proses akan terus berulang ketika beban diganti dengan jenis beban lainnya.

Perancangan Mekanik

Dalam melakukan perancangan mekanik, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Desain Rangkaian Mekanik

Setelah rangkaian elektronika selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah membuat rangkaian mekaniknya. Sebelum membuat rangkaian, sebaiknya desain rangkaian mekanik dirancang terlebih dahulu.

2. Tentukan Bahan untuk Rangkaian Mekanik

Dalam perancangan ini ditentukan jenis material apa yang akan digunakan untuk mekanik timbangan tersebut. Dalam hal ini perlu juga diperhatikan pengaruh komponen-komponen terhadap jenis material mekanik, apakah material jenis tersebut dapat mengganggu atau merusak rangkaian sehingga menimbulkan korsleting.

3. Tentukan Ukuran Mekanik

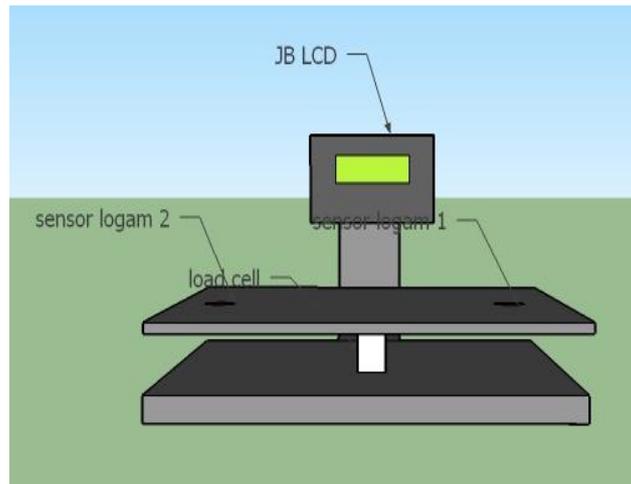
Setelah menentukan jenis material yang akan digunakan untuk mekanik, langkah selanjutnya adalah menentukan ukuran mekanik yang akan digunakan untuk rangkaian.

4. Proses Pembuatan Mekanik

Tahap selanjutnya adalah melakukan proses pembuatan rangkaian mekanik, dimulai dari proses pemotongan, penyambungan atau pengeleman, pengeboran hingga perakitan mekanik. Sebelum dirakit, sebaiknya haluskan bagian kasar kotak dengan menggunakan kikir atau dengan alat. Bagian yang akan dicat diampelas terlebih dahulu agar dapat menempel dengan baik.

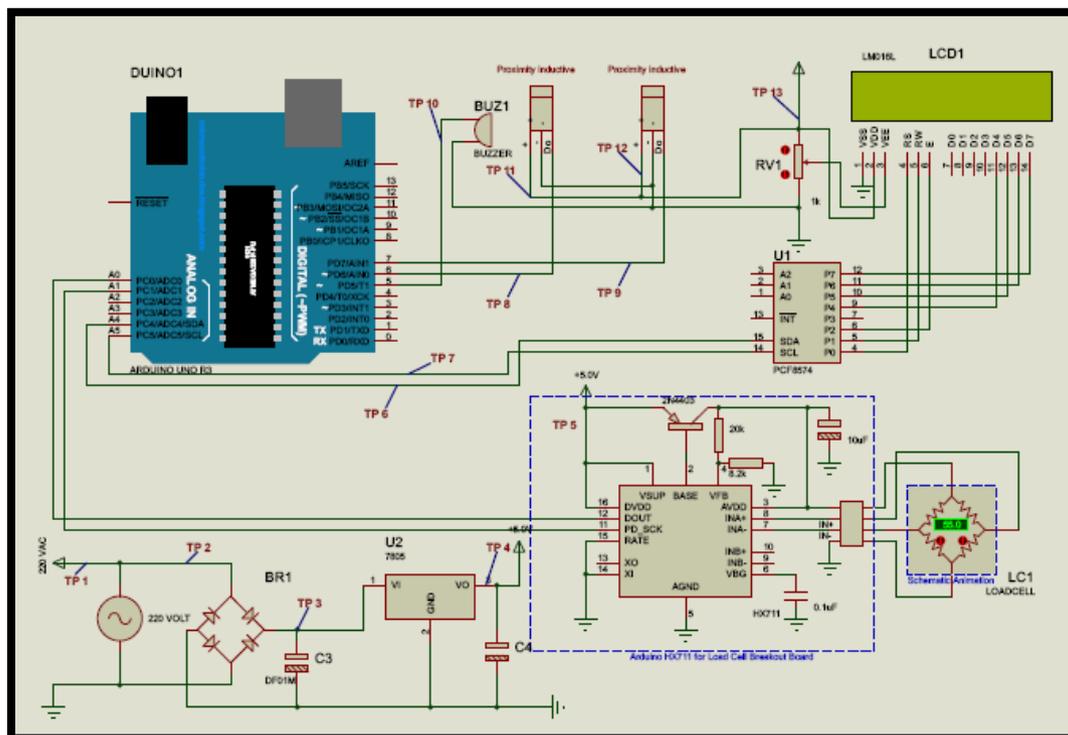
5. Pemasangan Rangkaian Elektronika pada Rangkaian Mekanik

Setelah rangkaian mekanik sudah dirakit, tahap selanjutnya adalah pemasangan rangkaian elektronika pada rangkaian mekanik. Dan setelah itu timbangan siap untuk diuji dan digunakan.



Gambar 9. Rancangan Mekanik

HASIL DAN PEMBAHASAN Titik Pengukuran Alat



Gambar 10. Titik Pengukuran Alat

Keterangan :

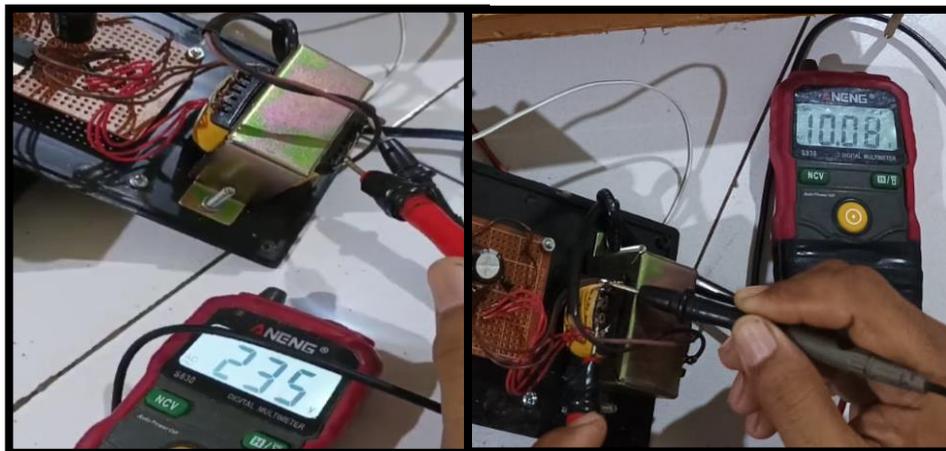
- a. TP 1 adalah Input Trafo Power AC PLN
- b. TP 2 adalah Output Trafo
- c. TP 3 adalah Output Dioda Bridge
- d. TP 4 adalah Output Setelah IC Regulator 7805/ Power Input Arduino
- e. TP 5 adalah Power Input Modul Loadcell
- f. TP 6 adalah SDA LCD 16X2
- g. TP 7 adalah SCL LCD 16X2
- h. TP 8 adalah Output Sensor Proximity Sensor 1
- i. TP 9 adalah Output Sensor Proximity Sensor 2
- j. TP 10 adalah Output Buzzer
- k. TP 11 adalah Input Sensor Proximity Sensor 1
- l. TP 12 adalah Input Sensor Proximity Sensor 2
- m. TP 13 adalah Input LCD 16X2

Hasil Pengukuran dan Pengujian Timbangan

Setelah alat timbangan dapat berjalan dengan baik, selanjutnya akan diambil pengukuran Tegangannya (Volt) yang diambil dari 13 Titik Pengukuran berdasarkan Gambar 4.1 dengan hasil pada table di bawah ini.

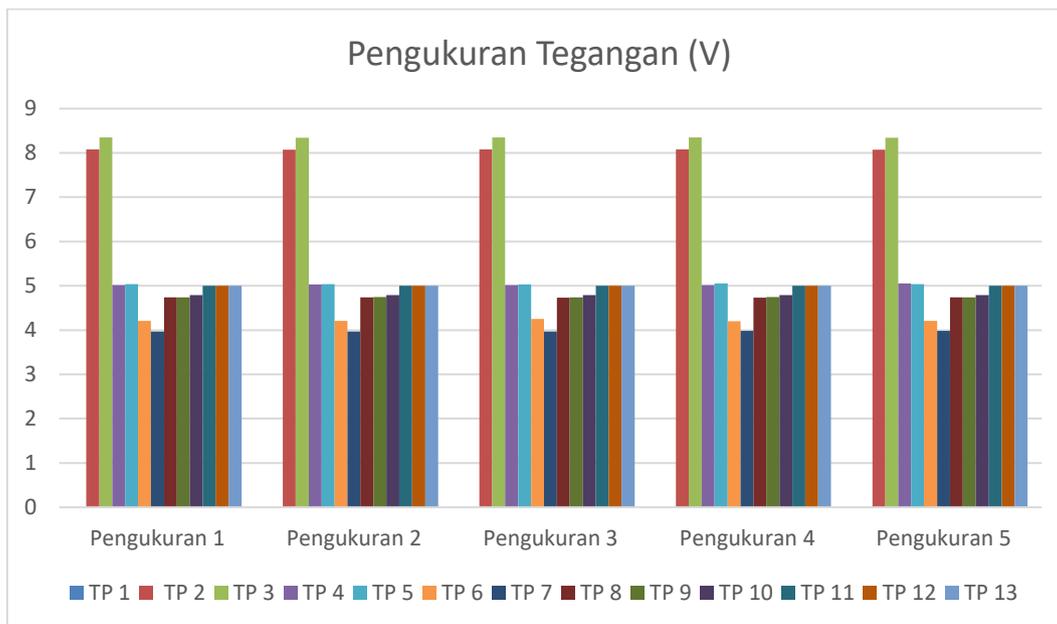
Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan (V)

No	Titik Pengukuran	Perc. Benda 1	Perc. Benda 2	Perc. Benda 3	Perc. Benda 4	Perc. Benda 5	Rata-rata
1	TP 1	235 V	235 V				
2	TP 2	8.08 V	8.07 V	8.08 V	8.08 V	8.07 V	8,076 V
3	TP 3	8.35 V	8.34 V	8.35 V	8.35 V	8.34 V	8,346 V
4	TP 4	5.02 V	5.03 V	5.02 V	5.02 V	5.05 V	5,024 V
5	TP 5	5.04 V	5.04 V	5.03 V	5.05 V	5.04 V	5,04 V
6	TP 6	4.21 V	4.21 V	4.25 V	4.20 V	4.21 V	4,216 V
7	TP 7	3.97 V	3.97 V	3.97 V	3.98 V	3.98 V	3,97 V
8	TP 8	4.74 V	4.74 V	4.73 V	4.73 V	4.74 V	4,736 V
9	TP 9	4.74 V	4.75 V	4.74 V	4.75 V	4.74 V	4,744 V
10	TP 10	4.79 V	4,79 V				
11	TP 11	5.0 V	5,00 V				
12	TP 12	5.0 V	5,00 V				
13	TP 13	5.0 V	5,00 V				



Gambar 11. Pengukuran TP

Dari hasil Pengukuran Tegangan pada Tabel 1 didapatkan grafik Pengukuran Tegangan TP 2 sampai dengan TP 13 sebagai berikut :



Gambar 12. Grafik Pengukuran Tegangan TP 2 s.d TP 13

Berdasarkan grafik di atas, dilakukan pengukuran tegangan sebanyak 5 kali pengukuran dengan benda yang di timbangan berbeda-beda, dapat dilihat bahwa hasil

pengukuran tegangan (V) pada setiap titik pengukuran adalah stabil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukurannya akurat dan benar.

Setelah timbangan dibuat, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap 16 benda untuk mengetahui keakuratan timbangan dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Benda (gr)

No	Nama Benda	Benda ke	Hasil Pengujian Timbangan	Hasil Timbangan Komersil	Kandungan Logam (Ya/Tidak)	Selisih
1	Handphone	Benda 1	288 gr	288 gr	Ya	0 gr
2	Tang Potong	Benda 2	203 gr	202 gr	Ya	1 gr
3	Obeng	Benda 3	98 gr	98 gr	Ya	0
4	Gelas	Benda 4	279 gr	277 gr	Tidak	2 gr
5	Mangkok	Benda 5	317 gr	316 gr	Tidak	1 gr
6	Pulpen	Benda 6	14 gr	13 gr	Tidak	1 gr
7	Lakban	Benda 7	143 gr	141 gr	Tidak	2 gr
8	Solder	Benda 8	71 gr	70 gr	Ya	1 gr
9	Kunci Mobil	Benda 9	95 gr	94 gr	Ya	1 gr
10	Multimeter	Benda 10	230 gr	227 gr	Ya	3 gr
11	Botol Aqua	Benda 11	35 gr	33 gr	Tidak	2 gr
12	Koin Rp500	Benda 12	3 gr	3 gr	Ya	0 gr
13	Charger Laptop	Benda 13	188 gr	187 gr	Ya	1 gr
14	Cincin Emas	Benda 14	3 gr	3 gr	Ya	0 gr
15	Cincin Perak	Benda 15	5 gr	5 gr	Ya	0 gr
16	7 Buah Buku	Benda 16	4883 gr	4709 gr	Tidak	174 gr



Gambar 13. Hasil Pengujian Timbangan Benda 2 (Tang Potong)
 (Sumber : Dokumen Pribadi)

Dari Hasil pengujian timbangan di atas, timbangan dapat mendeteksi kandungan logam pada benda Handphone, Tang Potong dan Obeng yang ditandai dengan buzzer berbunyi dan muncul Tulisan “Ada Logam” pada LCD. Sebaliknya, pada saat dilakukan penimbangan pada benda Mangkok dan Gelas tidak ada kandungan logam ditemukan yang ditandai dengan Buzer tidak berbunyi dan muncul tulisan “Tidak Ada Logam” pada LCD.

Keakuratan timbangan digital dengan sensor logam dapat dihitung dengan menghitung persentase kesalahan absolut dan kesalahan relatif. Kesalahan absolut adalah selisih antara nilai kuantitas X_0 yang diukur atau disimpulkan dengan nilai sebenarnya X_1 , yang diberikan oleh:

$$\text{Error Absolute} = X_0 - X_1$$

Keterangan : X_0 : Hasil dari Timbangan Digital dengan Sensor Logam

X_1 : Hasil dari timbangan yang telah terstandarisasi dipasaran

Sedangkan untuk mendapatkan Error Relative dapat ditentukan melalui rumus berikut :

$$\text{Error Relative} = \frac{\text{Error Absolute}}{X_1} \times 100\%$$

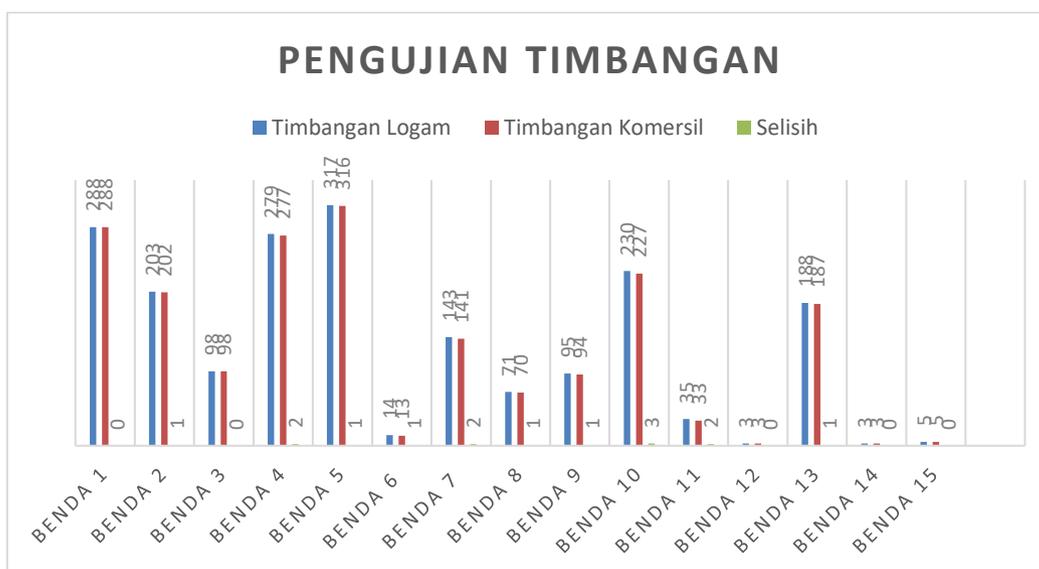
Hasil Perhitungan Error Absolute dan Error Relative dapat dilihat pada table di bawah ini :

Tabel 3. Tabel Perhitungan Error Absolute dan Error Relative

No	Nama Benda	Benda ke	Hasil Pengujian Timbangan (gr)	Hasil Timbangan Komersil (gr)	Error Absolute	Error Relative (%)
1	Handphone	Benda 1	288	288	0	0.00
2	Tang Potong	Benda 2	203	202	1	0.50
3	Obeng	Benda 3	98	98	0	0.00
4	Gelas	Benda 4	279	277	2	0.72
5	Mangkok	Benda 5	317	316	1	0.32
6	Pulpen	Benda 6	14	13	1	7.69
7	Lakban	Benda 7	143	141	2	1.42
8	Solder	Benda 8	71	70	1	1.43
9	Kunci Mobil	Benda 9	95	94	1	1.06
10	Multimeter	Benda 10	230	227	3	1.32
11	Botol Aqua	Benda 11	35	33	2	6.06

12	Koin Rp500	Benda 12	3	3	0	0.00
13	Charger Laptop	Benda 13	188	187	1	0.53
14	Cincin Emas	Benda 14	3	3	0	0.00
15	Cincin Perak	Benda 15	5	5	0	0.00
16	7 Buah Buku	Benda 16	4883	4709	174	3.70
Rata-rata Error					11.81	1.55

Timbangan digital SF-400 digunakan untuk membandingkan berat benda dengan ketelitian 1 gram dan berat maksimal 10 kilogram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kesalahan alat sekitar 1,55%. Dengan demikian, ketelitian persentase timbangan ini mencapai sekitar 98,45%. Kesalahan ini disebabkan oleh pengaruh derau (noise) pada rangkaian penguat sinyal (HX711) sebelum data diolah menjadi digital.



Gambar 14. Grafik Hasil Pengujian Timbangan

Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa pengujian berat benda antara timbangan dengan sensor logam dan timbangan komersial memiliki selisih yang tidak begitu signifikan dengan selisih maksimal 2 gram pada penimbangan benda ke 4, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian timbangannya adalah akurat.

Analisa

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan pengujian timbangan, maka didapatkan analisa sebagai berikut :

1. Hasil pengukuran Tegangan (Volt) pada setiap Titik Pengukuran dapat dikatakan stabil dan akurat, karena tidak ada perbedaan tegangan yang signifikan pada

pengukuran yang dilakukan sebanyak 5 kali pengukuran sesuai dengan banyaknya benda yang telah ditimbang.

2. Pada Pengujian Timbangan Benda 1 yaitu Handphone, Sensor logam dapat terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 288 gram dengan timbangan sensor logam dan 288 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 0 gram.
3. Pada Pengujian Timbangan Benda 2 yaitu Tang Potong, Sensor logam dapat terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 203 gram dengan timbangan sensor logam dan 202 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 1 gram.
4. Pada Pengujian Timbangan Benda 3 yaitu Obeng Sensor logam dapat terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 98 gram dengan timbangan sensor logam dan 98 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 0 gram.
5. Pada Pengujian Timbangan Benda 4 yaitu Gelas, logam tidak terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 279 gram dengan timbangan sensor logam dan 277 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 2 gram.
6. Pada Pengujian Timbangan Benda 5 yaitu Mangkok, logam tidak terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 317 gram dengan timbangan sensor logam dan 316 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 1 gram.
7. Pada Pengujian Timbangan Benda 6 yaitu Pulpen, logam tidak terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 14 gram dengan timbangan sensor logam dan 13 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 1 gram.
8. Pada Pengujian Timbangan Benda 7 yaitu Lakban, logam tidak terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 143 gram dengan timbangan sensor logam dan 141 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 2 gram.
9. Pada Pengujian Timbangan Benda 8 yaitu Solder, logam terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 71 gram dengan timbangan sensor logam dan 70 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 1 gram.
10. Pada Pengujian Timbangan Benda 9 yaitu Kunci Mobil, logam terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 95 gram dengan timbangan sensor logam dan 94 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 1 gram.
11. Pada Pengujian Timbangan Benda 10 yaitu Multimeter, logam terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 230 gram dengan timbangan sensor logam dan 227 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 3 gram.
12. Pada Pengujian Timbangan Benda 11 yaitu Botol Aqua, logam tidak terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 35 gram dengan timbangan sensor logam dan 33 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 2 gram.
13. Pada Pengujian Timbangan Benda 12 yaitu Koin Rp. 500, logam terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 3 gram dengan timbangan sensor logam dan 3 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 0 gram.
14. Pada Pengujian Timbangan Benda 13 yaitu Charger Laptop, logam terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 188 gram dengan timbangan sensor logam dan 187 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 1 gram.

15. Pada Pengujian Timbangan Benda 14 yaitu Cincin Emas, logam terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 3 gram dengan timbangan sensor logam dan 3 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 0 gram.
16. Pada Pengujian Timbangan Benda 15 yaitu Cincin Perak, logam terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 5 gram dengan timbangan sensor logam dan 5 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 0 gram.
17. Pada Pengujian Timbangan Benda 16 yaitu 7 Buah Buku, logam tidak terdeteksi dan didapatkan berat benda sebesar 4883 gram dengan timbangan sensor logam dan 4709 gram dengan timbangan komersil, sehingga selisih yang didapatkan adalah 174 gram.

SIMPULAN

Dari pembahasan pada “Perancangan Timbangan Berbasis Digital yang Dilengkapi dengan *Metal Detector* sebagai Sensor Logam” dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Secara keseluruhan, sistem kerja pada alat ini telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan perencanaan karena hasil output timbangan yang dibuat perbandingannya tidak jauh beda dengan output timbangan yang dijual di pasaran.
2. Selain berfungsi untuk mengetahui berat benda, alat ini juga dilengkapi dengan sensor logam untuk mendeteksi kandungan logam pada benda yang akan ditimbang
3. Semakin kecil nilai selisih antara hasil output timbangan yang dibuat dan timbangan yang dijual di pasaran maka semakin akurat output timbangan yang dibuat.
4. Sensor logam yang digunakan pada alat ini masih kurang sensitif untuk mendeteksi logam yang terdapat pada paket dengan kemasan yang agak tebal.

DAFTAR PUSTAKA

- Achlison, Unang, Bambang Suhartono. (2020). *Analisis Hasil Ukur Sensor Load Cell untuk Penimbang Berat, Paket dan Buah berbasis Arduino*. Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis Universitas Sains dan Teknologi Komputer Semarang.
- Aliyanto, Ahmad Nur, Dkk. (2018). *Perancangan Sistem Timbangan Digital Berbasis Arduino Mega 2560*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Mardiati, Rina, dkk. (2016). *Rancang Bangun Prototipe Sistem Peringatan Jarak Aman pada Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler*. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.
- Mochtar, S. A. (2018). *Perancangan dan Kalibrasi Timbangan Digital, ReTII*, 00.
- Natsir, M. Dkk. (2019). *Implementasi Iot Untuk Sistem Kendali Ac Otomatis Pada Ruang Kelas Di Universitas Serang Raya*. Universitas Serang Raya Serang.
- Nuryanto, Rudi. (2015). *Pengukur Berat dan Tinggi Badan Ideal Berbasis Arduino*. Karya Ilmiah. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Pamungkas, Bahrul Ulum. (2023). *Implementasi Load Cell HX711 dan Sistem Solenoid Valve Pada Prototype Mesin Filling Oli Berbasis Arduino Uno*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

- Priskila, M.N.Manege, Elia Kendek Allo, Bahrun. (2017). *Rancang Bangun Timbangan Digital Dengan Kapasitas 20Kg Berbasis Microcontroller ATmega8535*. E-Journal Teknik Elektro dan Komputer Vol.6 No.1
- Sam, Nur Najmih, Dkk. (2020). *Rancang Bangun Modul Praktik Load Cell dengan Kapasitas 20 Kg Berbasis Arduino Nano*. E-Jurnal Volume 2 Edisi 1 Politeknik Bosowa.
- Sanjaya, Mada. (2016). *Panduan Praktis Membuat Robot Cerdas Menggunakan Arduino dan Matlab*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Turhamun, Dkk. (2017). *Rancang Bangun Pemisah Benda Logam Dan Non Logam Menggunakan Elektro Pneumatic*. Prodi Instrumentasi Dan Otomasi Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe Banda Aceh.
- Wahyudi, Abdur Rahman, Muhammad Nawawi. (2017). *Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell Pada Alat Penyortir Buah Otomatis Terhadap Timbangan Manual*. [Jurnal]. Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang