

RANCANG BANGUN TIMBANGAN DIGITAL DENGAN KELUARAN BERAT BERBASIS ARDUINO UNO PADA *AUTOMATIC MACHINE MEASUREMENT MASS AND DIMENSION*

Afdila Muflihana¹, Dodi Sofyan Arief¹, Aditya Sukma Nugraha²

¹Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau

²Laboratorium P2Telimek, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Email: ¹afdila.muflihana@gmail.com, ¹dodidarul@yahoo.com, ²aditngrh@gmail.com

ABSTRACT

The logistics packages sent consist of various types of sizes and weights, so shipping costs are determined by the weight and size or dimensions of the goods. Almost all logistics companies in Indonesia still use conventional and separate methods in determining the volume and weight of logistics packages that play a role in determining prices, namely by measuring the dimensions of logistics packages using meters to obtain volume and then measuring the weight using the scales. To overcome the above, the idea was to create an Automatic Bulk Measurement and Dimension Machine that can process volume and weight measurements automatically at the same time making it more efficient. In relation to mass measurement, researchers will design devices related to mass or commonly called digital scales that use load cells with a capacity of 50 kg. Other supporting components are the Arduino Uno and HX711 modules as input signal amplifiers, where the analog data obtained will be received by the ADC which will be converted into digital data. Digital data will be processed again by the Arduino programming language to display the results on the LCD in units of gram (gr). Based on testing, with the same variation in load placement, the best position of the load is obtained when measuring mass, which is in the middle of the base with a percentage level (%). And the measurement results by varying the nominal load at the same interval where the load is placed in the middle of the base, then the percentage level (%) is obtained with an error of 0.032% and the percentage success rate of tool measurement is 99.968%. This shows the mass measurement process using a well-designed tool.

Keyword: Digital Scale, Load cell, HX711, Arduino, LCD

1. Pendahuluan

Perkembangan toko online (*e-commerce*) di Indonesia, perusahaan-perusahaan logistik kecil dan menengah harus mampu mengantisipasi lonjakan jumlah pengiriman barang perhari atau perbulan. Selain Pos Indonesia sebagai perusahaan negara yang bergerak di bidang pengiriman barang dan jasa lainnya, beberapa perusahaan logistik nasional bermunculan untuk memenuhi kebutuhan tersebut seperti TIKI, JNE dan lain-lain.

Paket logistik adalah barang-barang yang dikirim melalui jasa angkutan. Barang-barang tersebut dapat berupa aneka ragam kebutuhan manusia dengan ukuran dan berat yang berbeda-beda sehingga biaya pengirimannya ditentukan oleh berat dan ukuran atau dimensi barang. Penentuan volume barang sangatlah penting jika ukuran volume sangat besar, namun berat barang sangat ringan (Respatindo, 2012). Hampir semua perusahaan logistik di Indonesia masih menggunakan cara konvensional dan terpisah dalam menentukan volume dan berat paket logistik, yaitu dengan mengukur paket logistik dengan meteran untuk mendapatkan volume dan kemudian mengukur berat menggunakan timbangan. Selanjutnya hasil pengukuran volume dan berat tersebut dibandingkan, dimana nilai yang terbesar lah yang berperan dalam penentuan harga. Teknik yang digunakan oleh perusahaan-perusahaan logistik tersebut perlu ditingkatkan untuk menjaga

keberlangsungan ekonomi di bidang ini dan untuk menghadapi tantangan globalisasi yang membutuhkan kecepatan dan efisiensi.

Berdasarkan kondisi diatas maka penulis bersama tim menciptakan sebuah alat yang menggunakan prinsip kerja seperti *Machine Vision* yang diberi nama *Automatic Machine Measurement Mass and Dimension* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Automatic Machine Measurement Mass and Dimension*

Keuntungan dari mesin ini adalah dapat melakukan proses pengukuran volume dan berat secara otomatis dalam waktu yang bersamaan

sehingga lebih efisien. Pengukuran dimensi volume dilakukan menggunakan citra kamera dan laser, sedangkan pengukuran berat menggunakan sensor *load cell*.

Afdali, dkk (2017) telah merancang alat pengukur tinggi badan dan penimbangan berat badan serta memberikan informasi ideal atau tidaknya berat badan yang terukur. Alat ukur ini menggunakan Arduino Uno sebagai otaknya, sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi badan dan sensor *strain gauge* untuk mengukur berat badan. Data dari kedua sensor tersebut diolah oleh arduino untuk mendapatkan indeks massa tubuh (IMT) dan berat badan ideal (BBI). Nilai tinggi badan, berat badan ideal akan ditampilkan pada LCD. Selanjutnya, informasi suara menyangkut kondisi berat badan yaitu ideal, gemuk, atau kurus akan dikeluarkan oleh *speaker*. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data, maka diperoleh nilai persentase keberhasilan rata-rata pada pengukuran tinggi badan adalah 96.80% dan pada pengukuran berat badan adalah 99.04%. Sedangkan tingkat keberhasilan penampilan informasi suara adalah 95%.

Wahyudi, dkk (2017) juga merancang sebuah timbangan digital pada alat penyortir buah otomatis berbasis Arduino Mega 2560 yang memiliki kapasitas maksimum 5 kg, dengan mengambil sampel perhitungan berat buah apel, jeruk dan tomat. Dalam perancangan ini, pengukuran nilai berat menggunakan 3 sensor *load cell*, kemudian dibandingkan dengan pembacaan 3 buah timbangan manual yang masing-masing kotak diberi kapasitas atau batas *range* pengukuran yang bervariasi. Dari hasil pengujian alat, diperoleh hasil perbandingan kinerja dari keduanya yaitu tingkat keberhasilan pengukuran pada sensor *load cell* sebesar 97.73% dan tingkat kesalahan pengukurannya sebesar 2.27%. Sedangkan tingkat keberhasilan pengukuran pada timbangan manual 97.34% dan tingkat kesalahan pengukurannya 2.64%.

Berdasarkan dari uraian di atas, peneliti akan merancang sebuah *prototype* timbangan digital pada *Automatic Machine Measurement Mass and Dimension* menggunakan *load cell* kapasitas 50 kg. Peneliti menggunakan Arduino Uno dan modul HX711 sebagai penguat sinyal masukan, dimana data analog yang diperoleh akan diterima oleh ADC yang akan diubah menjadi data digital. Data digital tadi akan diproses kembali oleh bahasa pemrograman Arduino untuk menampilkan hasil pada LCD dengan satuan gram (gr). Dengan menampilkan suatu hasil secara digital, sehingga diharapkan hasil yang diperoleh bisa lebih baik.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Rancang Bangun

Rancang merupakan serangkaian prosedur untuk menerjemahkan hasil analisa dari sebuah sistem ke dalam bahasa pemrograman untuk mendeskripsikan dengan detail bagaimana

komponen-komponen sistem diimplementasikan. Rancangan sistem adalah penentuan proses dan data yang diperlukan oleh sistem baru. Perancangan adalah kegiatan yang memiliki tujuan untuk mendesain sistem baru yang dapat menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi perusahaan yang diperoleh dari pemilihan alternatif sistem yang terbaik. Sedangkan pengertian bangun atau pembangunan sistem adalah kegiatan menciptakan sistem baru maupun mengganti atau memperbaiki sistem yang telah ada baik secara keseluruhan maupun sebagian.

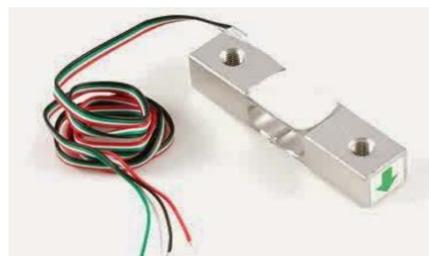
Bangun sistem adalah membangun sistem informasi dan komponen yang didasarkan pada spesifikasi desain. Dengan demikian pengertian rancang bangun merupakan kegiatan menerjemahkan hasil analisa ke dalam bentuk paket perangkat lunak kemudian menciptakan sistem tersebut ataupun memperbaiki sistem yang sudah ada (Furqan, 2016).

2.2 Timbangan Digital

Timbangan digital merupakan piranti elektronik yang difungsikan untuk menimbang muatan. Timbangan digital hadir dalam berbagai ukuran dan warna serta berasal dari bermacam-macam material. Timbangan digital tidak sama dengan timbangan manual karena timbangan ini bekerja berdasarkan prinsip teknologi sel beban dimana sel beban elektronik mengukur bobot benda pada keadaan tertentu. Sesudah beban ditimbang ditransfer ke sinyal digital atau elektronik dan kemudian ditunjukkan ke bentuk digital. Timbangan tersebut tersedia dalam model, merek, ukuran, dan model yang berbeda, dan biasanya datang dengan baterai dan bobot kalibrasi, bantalan timbangan, serta nampian. Setiap tipe timbangan digital berbeda-beda dalam harga dan kualitas (Pechler, 2011).

2.3 Load cell

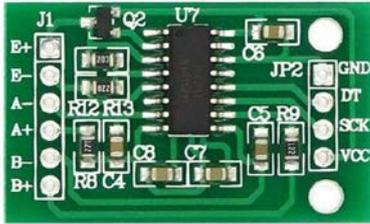
Menurut Sugriawan (2011) *load cell* berisi sebuah pegas (*spring*) logam mekanik dengan mengaplikasikan beberapa *foil metal strain gauge* (SG). *Strain* dari pegas mekanik muncul sebagai pengaruh dari pemberian beban yang kemudian ditransmisikan pada *strain gauge*. Pengukuran sinyal yang dihasilkan dari *load cell* adalah dari perubahan resistansi *strain gauge* yang linier dengan gaya yang diaplikasikan. Berikut adalah tampilan *load cell* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. *Load cell* (Furqan, 2016)

2.4 Modul HX711

HX711 merupakan modul timbangan yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan resistansi yang terbaca dalam perubahan dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Modul ini memiliki struktur yang sederhana, mudah digunakan, hasilnya stabil dan reliabel, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat (Nuryanto, 2015). Modul HX711 diperlihatkan pada gambar 3.



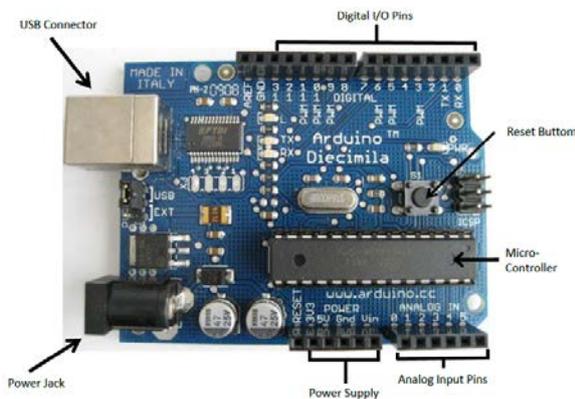
Gambar 3. Modul HX711 (Nuryanto, 2015)

2.5 Arduino

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “*platform*” disini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih.

IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori microcontroller. Ada banyak proyek dan alat-alat yang dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah *platform* karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi (Sanjaya, 2016).

Adapun skema dari *board* arduino dapat dilihat pada gambar 4. berikut.

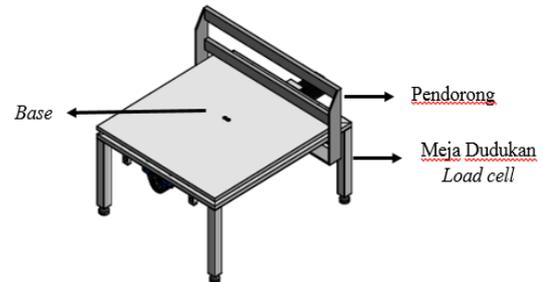


Gambar 4. Board Arduino (Sanjaya, 2016)

3. Metodologi Penelitian

3.1 Perancangan Mekanik Alat Ukur Massa

Desain model alat ukur massa dibuat menggunakan perangkat lunak Inventor yang dapat dilihat pada gambar 5.

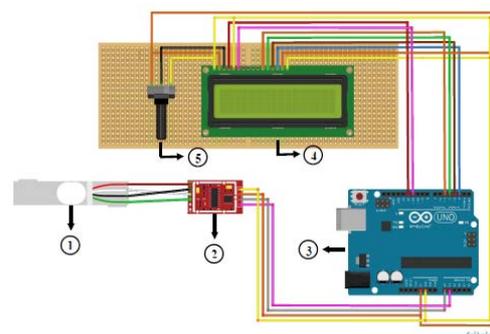


Gambar 5. Desain Alat Ukur Massa

Perancangan alat ukur massa terdiri dari 3 bagian yaitu *base*, meja dudukan *load cell*, dan pendorong. *Base* pada alat ini menggunakan plat duralium ukuran 50 cm x 50 cm. *Base* digunakan sebagai tempat peletakan benda ketika melakukan pengukuran massa. Bagian kedua dari alat ini adalah meja dudukan *load cell* yang berfungsi sebagai tumpuan *load cell*. Bagian ketiga adalah pendorong yang berfungsi mendorong benda ketika pengukuran massa telah selesai. Pendorong ini digerakkan menggunakan sebuah motor DC.

3.2 Skema Rangkaian Elektronik Alat Ukur Massa

Skema rangkaian elektronik merupakan suatu metode analisis sistem kerja setiap komponen elektronika yang digunakan. Skema ini dibuat bertujuan untuk mempermudah dalam memahami tata letak komponen serta hubungan antara satu komponen dengan komponen lainnya. Gambar 6. merupakan skema rangkaian dan *layout* pendeteksi massa benda menggunakan sensor *load cell* kapasitas 50 kg.



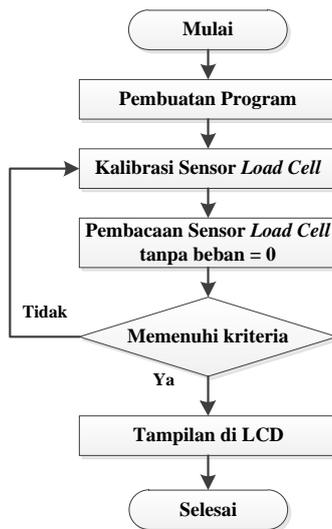
Nomor	Nama
1	Load cell
2	HX711
3	Arduino Uno
4	LCD
5	Potensiometer 100k

Gambar 6. Skema Sistem Rangkaian Elektronik Alat Ukur Massa

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak merupakan sistem yang mengatur atau menginstruksikan program yang tersimpan dalam *flash memory program*. Mikrokontroler tidak dapat bekerja tanpa adanya perangkat lunak pada instrumen yang digunakan. Mikrokontroler yang digunakan pada alat ukur massa ini adalah mikrokontroler Arduino UNO. Perangkat lunak dirancang agar mikrokontroler mendapatkan hasil pengukuran massa dari sensor *load cell* yang digunakan.

Berikut adalah diagram alir sistem perangkat lunak alat ukur massa, dapat dilihat ada gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir Sistem Perangkat Lunak Alat Ukur Massa

Pembuatan program untuk alat ukur massa dibuat dengan menggunakan *software* Arduino IDE 1.8.5. Adapun tampilan dari program alat ukur massa dapat dilihat pada gambar 8. Setelah program selesai dibuat maka dilakukan *upload* program agar program tersimpan pada mikrokontroler Arduino Uno. Tahap selanjutnya adalah kalibrasi *load cell*.

```

kalibrasi_loadcell_arduino_185
File Edit Shell Tools Help
#include "HX711.h"
#include <LiquidCrystal.h>
// HX711_S00T - pin #A1
// HX711_S00C - pin #A2
LiquidCrystal lcd(12, 11, 9, 8, 7, 10);
HX711 scale(A1, A2); // parameter "gain" is optional, the default value 128 is used by the library
float tara = 0;
int barak;
float Fm;

void setup() {
  // set up the LCD's number of columns and rows:
  lcd.begin(16, 2);
  // initialize the serial communications:
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("HX711 Demo");
  Serial.println("-----");
  Serial.println("Before setting up the scale");
  Serial.println("read: " + scale.read());
  Serial.println("scale read: " + scale.read());
  Serial.println("read average: " + scale.read_average());
  Serial.println("scale read_average(20): " + scale.read_average(20));
  Serial.println("tare value: " + scale.tare());
  Serial.println("scale get_tare(8): " + scale.get_tare(8)); // print the average of 8 readings from the ADC minus the tare weight (not set yet)
  }

void loop() {
  }
    
```

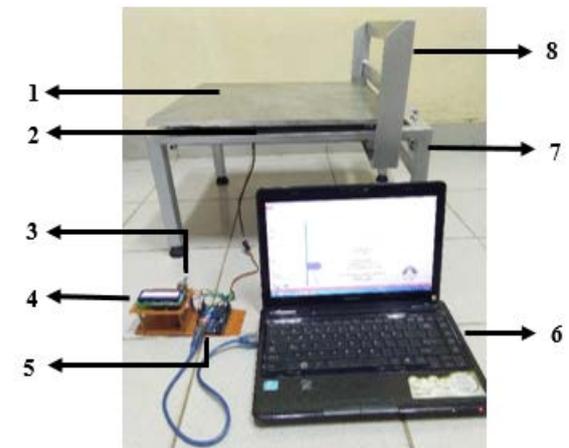
Gambar 8. Tampilan Program Alat Ukur Massa

Kalibrasi sensor *load cell* dilakukan setelah program di *upload*, amati pembacaan sensor tanpa beban dan catat hasil pembacaan. Kemudian

lakukan pengukuran massa dengan nominal tertentu dan catat hasil pembacaan. Bandingkan nilai rata-rata kedua hasil pembacaan untuk mendapatkan nilai faktor kalibrasi dan tambahkan nilai tersebut ke dalam program hingga pembacaan sensor tanpa beban bernilai nol. Jika tidak nol maka carilah nilai faktor kalibrasi yang mendekati. Tahap selanjutnya nilai yang terbaca oleh sensor *load cell* akan ditampilkan di layar LCD.

3.4 Set up Pengujian

Dalam *set up* pengujian, *load cell* ditempatkan pada meja dudukan *load cell* yang berada dibawah *base*. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh nilai massa dari pembacaan sensor *load cell* yang dihubungkan dengan modul HX711 yang berfungsi sebagai pengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital yang disalurkan dengan bantuan *hardware* Arduino Uno sebagai data akuisisi dan Arduino IDE 1.8.5 sebagai program untuk merekam data ke dalam *Personal Computer* (PC). *Set up* pengujian dan beberapa komponen dari alat pengujian dapat dilihat pada gambar 9.



Nomor	Jumlah	Nama
1	1	Base
2	1	Load cell
3	1	Potensiometer
4	1	LCD
5	1	Arduino Uno
6	1	Laptop/PC
7	1	Meja dudukan <i>load cell</i>
8	1	Pendorong

Gambar 9. Set up Pengujian

3.5 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur yang dilakukan pada pengujian alat ukur massa adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan rangkaian uji alat ukur massa, pastikan kondisi alat dalam keadaan baik.
2. Hubungkan kabel *load cell* dengan pin modul HX711.
3. Pasangkan kabel USB dari rangkaian alat uji ke PC yang sudah terinstall aplikasi Arduino IDE 1.85, sehingga rangkaian alat uji dalam

- kondisi *On* karena daya dari PC tersalur ke rangkaian alat uji.
- Buka program pembacaan *load cell* yang sudah dibuat pada aplikasi Arduino IDE 1.8.5.
 - Atur *delay* waktu penampilan data pengukuran sesuai yang dibutuhkan
 - Upload* kode program di Arduino IDE 1.8.5 agar tersimpan di memori Arduino Uno.
 - Lalu pilih *serial monitor* untuk menampilkan data yang masuk dalam selang waktu tertentu. Pastikan *serial begin* pada kode program sama dengan *baud rate monitor*.
 - Jika pengukuran dilakukan tanpa beban, maka serial monitor dan LCD akan menampilkan pembacaan 0 gram.
 - Lakukan pengambilan data dengan bervariasi posisi pembebanan untuk mengetahui posisi penempatan beban dengan hasil pembacaan terbaik.
 - Lakukan pengambilan data sebanyak 10 sampel beban yang bervariasi dengan interval 4000 gram sampai 40000 gram, dimana setiap sampel diambil data sebanyak 15 kali pembacaan.
 - Hitung nilai rata-rata setiap sampel beban dengan rumus :

$$\bar{s} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_n}{n} \quad (1)$$

Keterangan :

\bar{s} = nilai rata-rata hasil pengukuran *load cell* (gram)

s_n = nilai hasil pengukuran *load cell* ke-n (gram)

n = jumlah data pengambilan sampel beban

- Hitung nilai persentase (%) keberhasilan dan nilai persentase (%) *error* setiap sampel beban dengan rumus :

$$\% \text{Keberhasilan} = \frac{\bar{s} - X}{\bar{s}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\% \text{Error} = \frac{X}{\bar{s}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

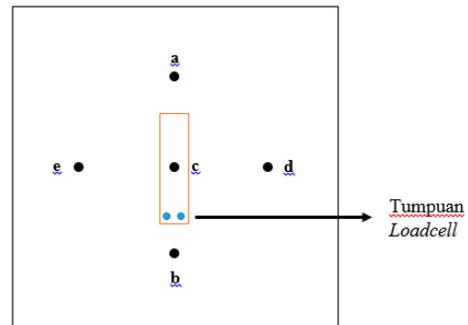
\bar{s} = nilai rata-rata hasil pengukuran *load cell* (gram)

X = nominal beban yang diukur (gram)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengukuran Massa Akibat Pengaruh Posisi Peletakkan Beban

Pengukuran massa akibat pengaruh peletakkan posisi beban dilakukan di 5 titik yang berbeda, dapat dilihat pada gambar 10. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kinerja timbangan dalam memberikan hasil penimbangan bila beban yang diberikan sama diletakkan pada posisi yang berbeda.



Gambar 10. Variasi Peletakkan Posisi Beban di 5 Titik Yang Berbeda

Massa beban yang digunakan pada proses pengujian ini adalah 4000 gram. Proses pengambilan data di masing-masing posisi dilakukan sebanyak 15 data. Kemudian dihitung nilai rata-rata setiap posisi. Adapun hasil pembacaan yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pembacaan *Load Cell* Dengan Variasi Posisi

No	Posisi Pembacaan <i>Load Cell</i> (gram)				
	a	b	c	d	e
1	3991.03	3977.58	4013.45	3986.55	3986.55
2	3991.03	3977.58	4013.45	3982.06	3986.55
3	3991.03	3977.58	4013.45	3986.55	3991.03
4	3991.03	3982.06	4008.97	3982.06	3986.55
5	3991.03	3977.58	4013.45	3986.55	3991.03
6	3986.55	3977.58	4004.48	3986.55	3986.55
7	3986.55	3982.06	4000.00	3986.55	3986.55
8	3991.03	3977.58	4000.00	3986.55	3986.55
9	3991.03	3977.58	3995.52	3986.55	3991.03
10	3991.03	3977.58	4000.00	3986.55	3991.03
11	3991.03	3977.58	3995.52	3986.55	3986.55
12	3991.03	3973.09	4000.00	3986.55	3986.55
13	3991.03	3977.58	3995.52	3986.55	3991.03
14	3991.03	3977.58	3995.52	3986.55	3991.03
15	3991.03	3977.58	4000.00	3986.55	3991.03
Rata-rata	3990.43	3977.88	4003.29	3985.95	3988.64

Berdasarkan hasil pengukuran yang tersaji pada tabel 1 diatas, diketahui bahwa posisi penempatan suatu beban pada saat melakukan pengukuran massa sangat berpengaruh terhadap hasil yang diperoleh, sehingga hal ini perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih teliti. Setelah didapatkan nilai rata-rata di setiap posisi, kemudian dilakukan perhitungan persentase (%) kesalahan (*error*) dan persentase tingkat keberhasilan alat guna mengetahui seberapa baik tingkat kinerja alat dalam pembacaan beban. Adapun hasil yang diperoleh disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Persentase Nilai *Error* dan Kerberhasilan Pengukuran Massa Dengan Variasi Posisi

No	Posisi	Massa Beban (gram)	Pembacaan <i>Load cell</i> Rata-rata (gram)	Persen <i>Error</i> (%)	Persen Keberhasilan (%)
1	a	4000	3990.43	0.240	99.760
2	b	4000	3977.88	0.556	99.444
3	c	4000	4003.29	0.082	99.918
4	d	4000	3985.95	0.352	99.648
5	e	4000	3988.64	0.284	99.716
Rata-rata				0.303	99.697

Pada tabel 2 diatas, dapat dilihat bahwa posisi terbaik peletakan beban ketika melakukan pengukuran massa adalah pada posisi c (ditengah *base*) dengan tingkat persentase (%) kesalahan (*error*) minimum sebesar 0.082% dan tingkat persentase keberhasilan pengukuran maksimum alat sebesar 99.918%. Dengan mempertimbangkan pengaruh hasil pengukuran yang disebabkan oleh posisi peletakan benda yang bervariasi, maka didapat tingkat persentase (%) kesalahan (*error*) rata-rata sebesar 0.303% dan tingkat persentase keberhasilan pengukuran alat rata-rata sebesar 99.697%.

4.2 Hasil Pengukuran Massa Dengan Posisi Peletakan di Tengah *Base*

Pada proses pengujian ini dilakukan pengambilan data dengan bervariasi nominal beban, namun pengukuran dilakukan di posisi yang sama yaitu di tengah *base*. Massa beban yang digunakan pada proses pengujian ini adalah kelipatan 4000 gram, hingga batas kapasitas beban maksimum yaitu 40000 gram. Proses pengambilan data dilakukan sebanyak 15 data. Kemudian dihitung nilai rata-rata setiap variasi beban. Adapun hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Massa Dengan Posisi Peletakan Beban di Tengah *Base*

No	Hasil Pembacaan <i>Load Cell</i> (gram)				
	4000	8000	12000	16000	20000
1	4013.45	8000.00	12008.97	16008.97	20008.97
2	4013.45	8000.00	12008.97	16004.48	20008.97
3	4013.45	8000.00	12008.97	16008.97	20004.48
4	4008.97	8000.00	12004.48	16008.97	20013.45
5	4013.45	8000.00	12004.48	16008.97	20008.97
6	4004.48	8000.00	12004.48	16008.97	20013.45
7	4000.00	8004.48	12004.48	16004.48	20008.97
8	4000.00	8004.48	12004.48	16013.45	20008.97
9	3995.52	8004.48	12008.97	16013.45	20013.45
10	4000.00	8004.48	12008.97	16004.48	20008.97

Tabel 3. Hasil Pengukuran Massa Dengan Posisi Peletakan Beban di Tengah *Base* (Lanjutan)

No	Hasil Pembacaan <i>Load Cell</i> (gram)				
	4000	8000	12000	16000	20000
11	3995.52	8008.97	12004.48	16008.97	20008.97
12	4000.00	8008.97	12004.48	16008.97	20008.97
13	3995.52	8008.97	12004.48	16004.48	20013.45
14	3995.52	8004.48	12004.48	16004.48	20008.97
15	4000.00	8008.97	12004.48	16008.97	20008.97
Rata-rata	4003.29	8003.89	12005.98	16008.07	20009.87

Tabel 3. Hasil Pengukuran Massa Dengan Posisi Peletakan di Tengah *Base* (Lanjutan)

No	Hasil Pembacaan <i>Load Cell</i> (gram)				
	24000	28000	32000	36000	40000
1	23995.51	28004.48	32000.00	36004.48	40004.49
2	23995.51	28004.48	32000.00	36004.48	40004.49
3	24004.48	28004.48	32000.00	36008.97	40000.00
4	24004.48	28004.48	32000.00	36004.48	40000.00
5	24004.48	28004.48	32000.00	36004.48	40004.49
6	24004.48	28004.48	32004.48	36004.48	40000.00
7	24004.48	28004.48	31995.51	36004.48	40000.00
8	24000.00	28004.48	31995.51	36004.48	40000.00
9	24008.97	28004.48	31995.51	36004.48	40000.00
10	24008.97	28004.48	32000.00	36004.48	40000.00
11	24004.48	28004.48	31995.51	36004.48	40000.00
12	23995.51	28000.00	32000.00	36004.48	40004.49
13	23995.51	28004.48	31995.51	36004.48	40000.00
14	23995.51	28004.48	31995.51	36004.48	40000.00
15	24000.00	28004.48	31995.51	36000.00	40000.00
Rata-rata	24001.49	28004.18	31998.20	36004.48	40001.20

Setelah didapatkan nilai rata-rata masing-masing variasi beban, kemudian dilakukan perhitungan persentase (%) kesalahan (*error*) dan persentase tingkat keberhasilan alat guna mengetahui seberapa baik tingkat kinerja alat dalam pembacaan beban. Adapun hasil yang diperoleh disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Persentase Nilai *Error* dan Kerberhasilan Pengukuran Massa Dengan Variasi Beban

No	Massa Beban (gram)	Pembacaan <i>Load cell</i> Rata-rata (gram)	Persen <i>Error</i> (%)	Persen Keberhasilan (%)
1	4000	4003.29	0.082	99.918
2	8000	8003.89	0.049	99.951
3	12000	12005.98	0.050	99.950
4	16000	16008.07	0.050	99.950
5	20000	20009.87	0.049	99.951
6	24000	24001.49	0.006	99.994

Tabel 4. Persentase Nilai *Error* dan Kerberhasilan Pengukuran Massa Dengan Variasi Beban (Lanjutan)

No	Massa Beban (gram)	Pembacaan <i>Load cell</i> Rata-rata (gram)	Persen <i>Error</i> (%)	Persen Keberhasilan (%)
7	28000	28004.18	0.015	99.985
8	32000	31998.20	0.006	99.994
9	36000	36004.48	0.012	99.988
10	40000	40001.20	0.003	99.997
Rata-rata			0.032	99.968

Dari hasil pengukuran dengan nominal beban yang bervariasi pada interval yang sama dimana beban ditempatkan di tengah *base*, maka didapat tingkat persentase (%) kesalahan (*error*) rata-rata sebesar 0.032% dan tingkat persentase keberhasilan pengukuran alat rata-rata sebesar 99.968%. Hal ini menunjukkan proses pengukuran massa menggunakan alat yang dirancang berjalan dengan baik.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Timbangan digital berbasis Arduino Uno yang dirancang dengan menggunakan sensor *load cell* 50 kg dan modul HX711 bekerja dengan baik dalam pembacaan beban. Berdasarkan variasi nilai massa beban yang diperoleh dari pengujian, pembacaan alat masih mengandung *error* jika dibandingkan dengan nilai massa beban sebenarnya, namun tidak terlalu besar berkisar $\pm 13,45$ gram. Hal ini menunjukkan proses pembacaan massa beban oleh alat berjalan dengan baik.
2. Penempatan posisi massa beban yang tepat dapat menentukan keberhasilan dari proses pengukuran massa menggunakan timbangan digital. Dari hasil pengujian yang didapat, disimpulkan bahwa posisi penempatan beban terbaik adalah berada di tengah *base* dengan nilai *error* terkecil sebesar 0.082%. Adapun tingkat keberhasilan pengukuran rata-rata dan *error* rata-rata dari alat akibat pengaruh posisi peletakkan beban masing-masing sebesar 99.697% dan 0.303%.
3. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada timbangan digital yang dirancang dengan posisi pembebanan di tengah *base*, maka diperoleh tingkat keberhasilan rata-rata alat sebesar 99.968% dan *error* rata-rata sebesar 0.032%.

6. Saran

Adapun saran yang akan diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu untuk menganalisis kinerja timbangan digital yang dirancang secara

lebih detail dapat dilakukan pengujian kalibrasi menggunakan perbandingan massa standar dengan mengamati beberapa parameter lain yang dapat mempengaruhi hasil pembacaan alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Afdali, Muhammad, Muhammad Daud, dan Raihan Putri. 2017. Perancangan Alat Ukur Digital Untuk Tinggi dan Berat Badan Dengan *Output* Suara Berbasis Arduino UNO. Jurnal ELKOMIKA, Volume 5, Nomor 1, pp 106-118.
- Furqan, Andi Ainul. 2016. Rancang Bangun Timbangan Beras Dengan Keluaran Berat dan Harga Berbasis Mikrokontroler. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika UIN Alauddin Makassar
- Nuryanto, Rudi. 2015. Pengukur Berat dan Tinggi Badan Ideal Berbasis Arduino. Karya Ilmiah. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Pechler, Rendy Aditya. 2011. Pelanggaran Hak-Hak Konsumen Oleh Pelaku Usaha Dalam Pengurangan Berat Bersih Timbangan Pada Produk Makanan Dalam Kemasan. Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Respatindo, A.S, PT. 2012. Cara Perhitungan Berat Dalam Pengiriman Barang. www.respatindo.com (diakses 7 Juni 2018).
- Sanjaya, Mada. 2016. Panduan Praktis Membuat Robot Cerdas Menggunakan Arduino dan Matlab. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Sugriawan, Iwan, Melania Suweni Muntini, Yono Hadi Pramono. 2011. Desain Dan Karakterisasi *Load Cell* Tipe CZL601 Sebagai Sensor Massa Untuk Mengukur Derajat Layu Pada Pengolahan Teh Hitam. Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya.
- Wahyudi, Abdur Rahman, Muhammad Nawawi. 2017. Perbandingan Nilai Ukur Sensor *Load Cell* Pada Alat Penyortir Buah Otomatis Terhadap Timbangan Manual. Jurnal ELKOMIKA, Volume 5, Nomor 2, pp. 207 – 220.