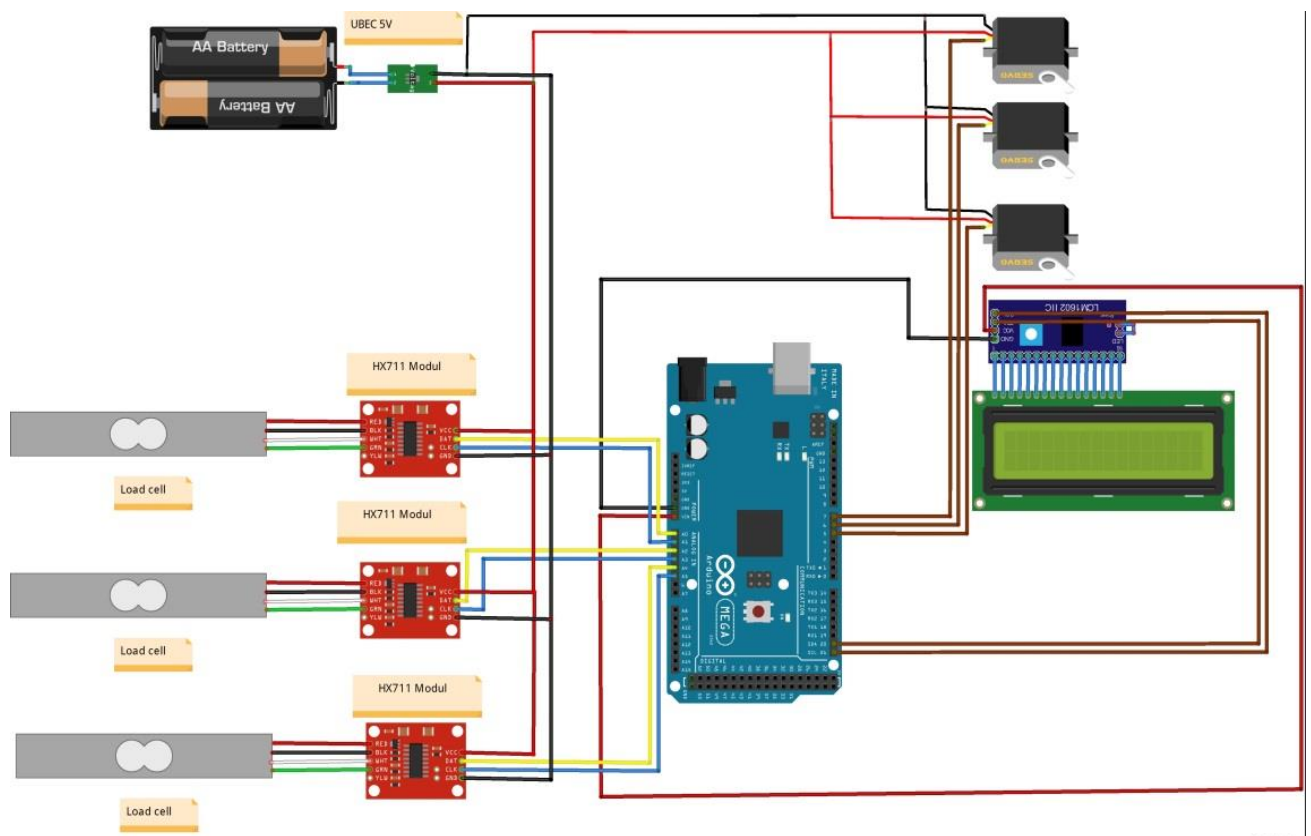
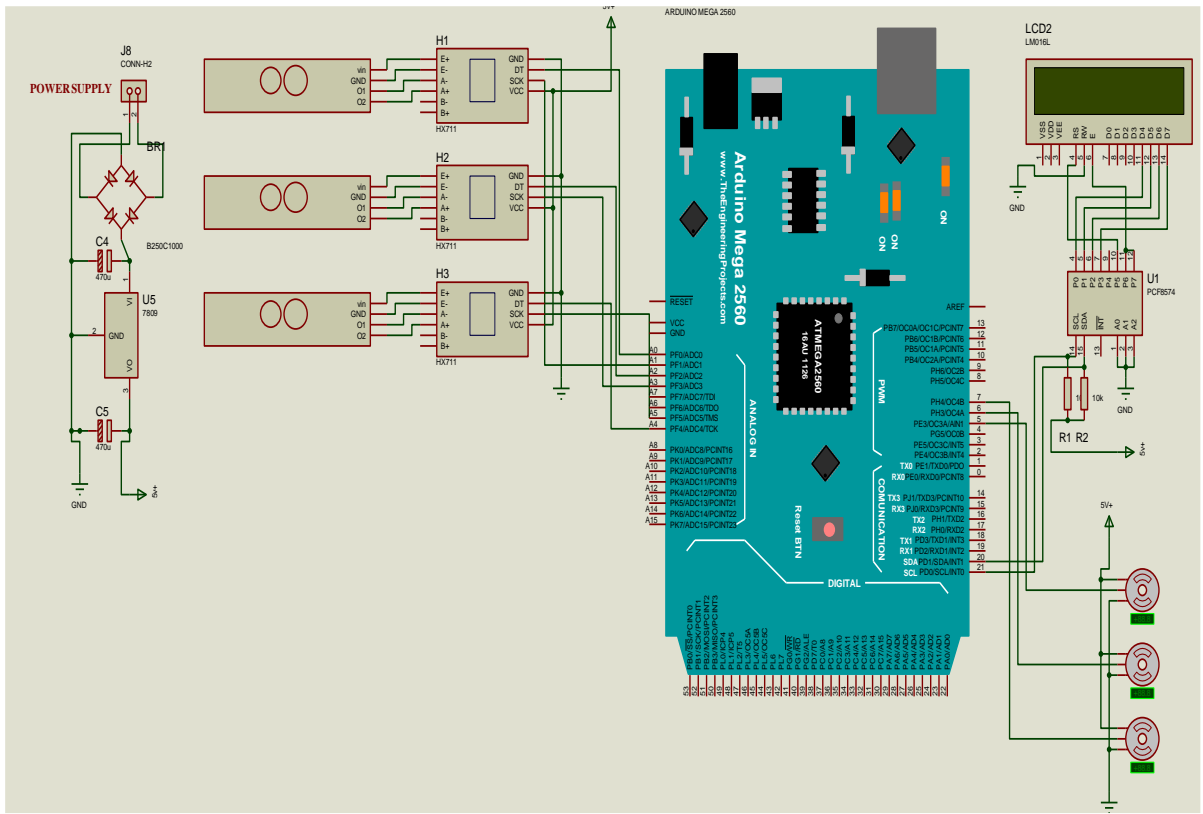
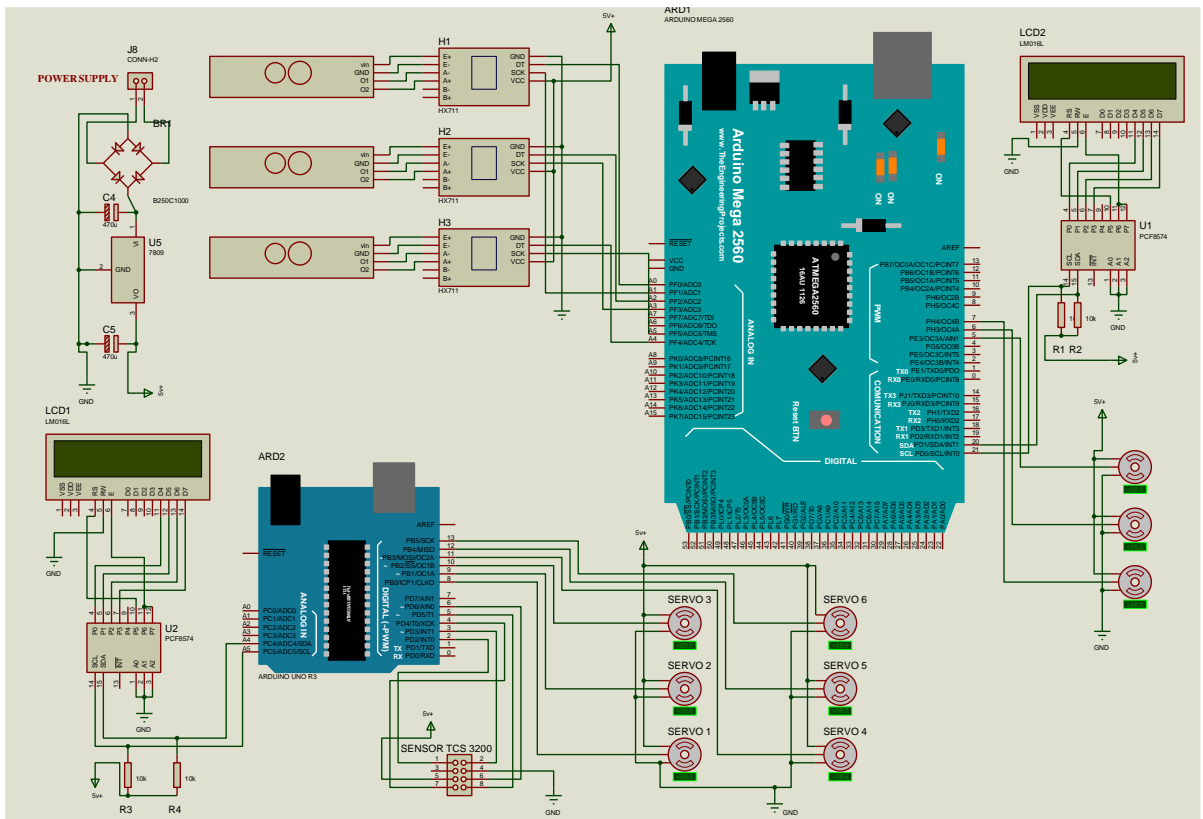
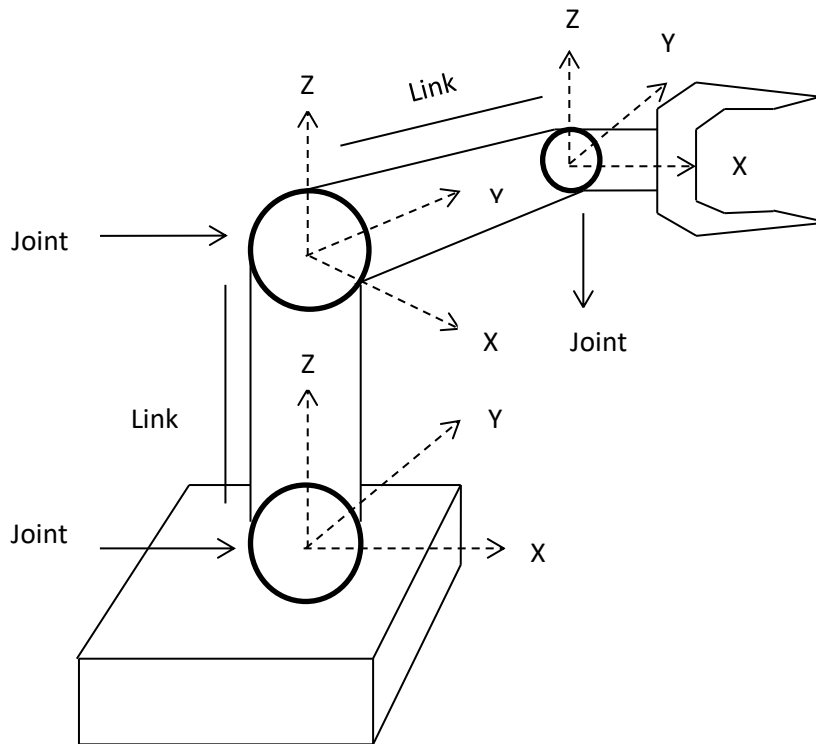


fritzing



fritzing





θ = Rotasi Terhadap Sumbu Z

d = Jarak Pada Sumbu Z

a = Panjang Link atau Joint

α = Jarak antara 2 sumbu Z

T = Translasi

T = $T_1 T_2 T_3 T_4$

i	$\alpha_{(i-1)}$	$a_{(i-1)}$	d_i	θ_i
1	90	a_1	0	θ_1
2	0	a_2	0	θ_2
3	0	a_3	0	θ_3
4	90	a_4	0	θ_4

$$T_{i-1}^i = T(z_{i-1}, d_i)R(z_{i-1}, \theta_i)T(x_i, a_i)R(x_i, \alpha_i)$$

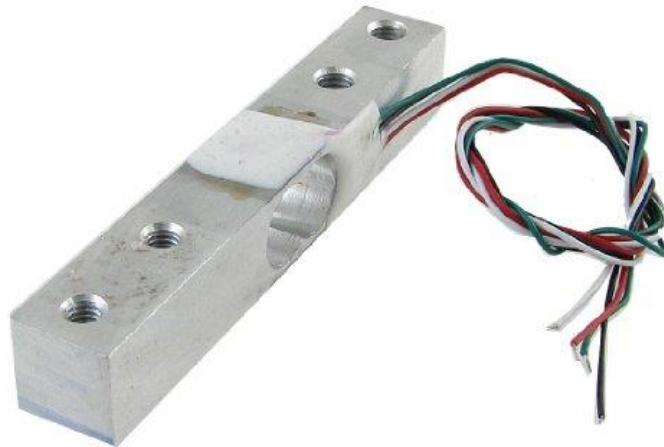
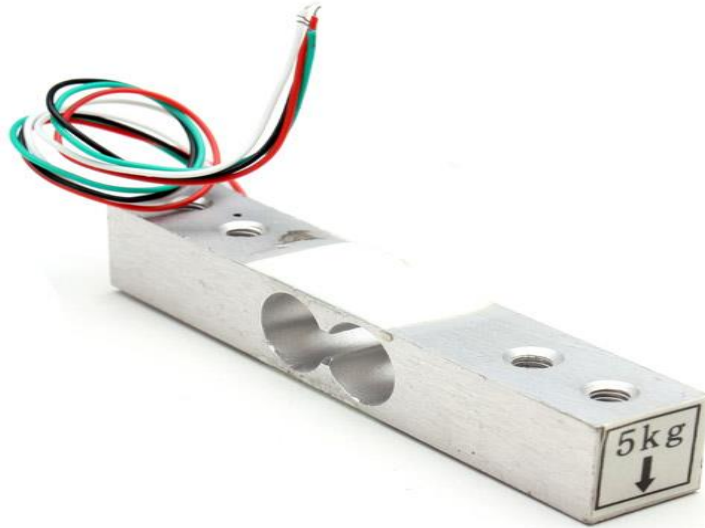
$$= \begin{bmatrix} C\theta_i & -C\alpha_i S\theta_i & S\alpha_i S\theta_i & a_i C\theta_i \\ S\theta_i & C\alpha_i C\theta_i & -S\alpha_i C\theta_i & a_i S\theta_i \\ 0 & S\alpha_i & C\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Rot(x, \theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C\theta & -S\theta \\ 0 & S\theta & C\theta \end{bmatrix}$$

$$Rot(y, \theta) = \begin{bmatrix} C\theta & 0 & S\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -S\theta & 0 & C\theta \end{bmatrix}$$

$$Rot(z, \theta) = \begin{bmatrix} C\theta & -S\theta & 0 \\ S\theta & C\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Datasheet Load Cell 5 Kg



What do you have to know?

A load cell is a force sensing module - a carefully designed metal structure, with small elements called strain gauges mounted in precise locations on the structure. Load cells are designed to measure a specific force, and ignore other forces being applied. The electrical signal output by the load cell is very small and requires specialized amplification. Fortunately, **the 1046 PhidgetBridge will perform all the amplification and measurement of the electrical output.**

Load cells are designed to measure force in one direction. They will often measure force in other directions, but the sensor sensitivity will be different, since parts of the load cell operating under compression are now in tension, and vice versa.

How does it work - For curious people

Strain-gauge load cells convert the load acting on them into electrical signals. The measuring is done with very small resistor patterns called strain gauges - effectively small, flexible circuit boards. The gauges are bonded onto a beam or structural member that deforms when weight is applied, in turn deforming the strain-gauge. As the strain gauge is deformed, its electrical resistance changes in proportion to the load.

The changes to the circuit caused by force is much smaller than the changes caused by variation in temperature. Higher quality load cells cancel out the effects of temperature using two techniques. By matching the expansion rate of the strain gauge to the expansion rate of the metal it's mounted on, undue strain on the gauges can be avoided as the load cell warms up and cools down. The most important method of temperature compensation involves using multiple strain gauges, which all respond to the change in temperature with the same change in resistance. Some load cell designs use gauges which are never subjected to any force, but only serve to counterbalance the temperature effects on the gauges that measuring force. Most designs use 4 strain gauges, some in compression, some under tension, which maximizes the sensitivity of the load cell, and automatically cancels the effect of temperature.

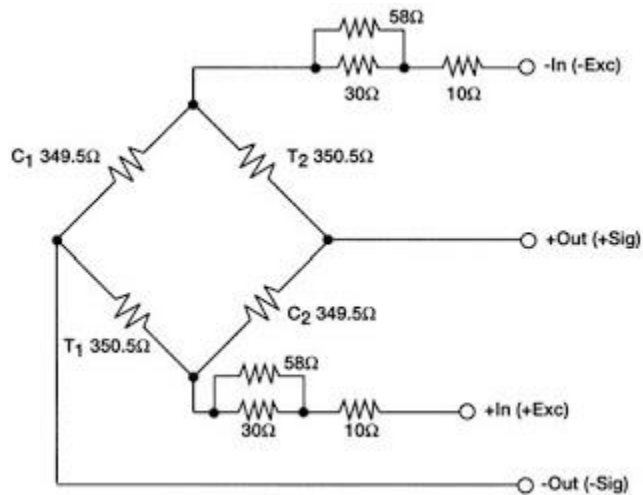
Installation

This Single Point Load Cell is used in small jewelry scales and kitchen scales. It's mounted by bolting down the end of the load cell where the wires are attached, and applying force on the other end **in the direction of the arrow**. Where the force is applied is not critical, as this load cell measures a shearing effect on the beam, not the bending of the beam. If you mount a small platform on the load cell, as would be done in a small scale, this load cell provides accurate readings regardless of the position of the load on the platform.

TEORI KELISTRIKAN LOAD CELL

[untuk artikel sebelumnya silahkan anda lihat di sini atau disini]

7. Teori Kelistrikan Load Cell



Jembatan Wheatstone yang tersusun seperti gambar diatas merupakan diagram sederhana load cell. Resistor yang bertanda T1 dan T2 merupakan Strain Gauge yang menerima gaya tarik (*Tension*) saat load cell menerima beban. Sedangkan resistor yang bertanda C1 dan C2 adalah Strain Gauge yang menerima gaya tekan (*Compression*) ketika load cell dibebani.

Titik +In dan -In mengacu pada +Excitation(+Exc) dan -Excitation(-Exc). Melalui titik/terminal inilah tegangan sumber diberikan oleh Indikator timbangan digital. Pada umumnya, tegangan excitation bernilai 10VDC dan 15VDC bergantung pada indikator dan Load Cell yang dipakai. Titik +Out dan -Out mengacu pada +Signal(+Sig) dan -Signal(-Sig). Sinyal yang diperoleh Load Cell dikirim ke Indikator melalui signal input untuk selanjutnya diproses sebagai nilai berat dan ditampilkan di layar digital indikator.

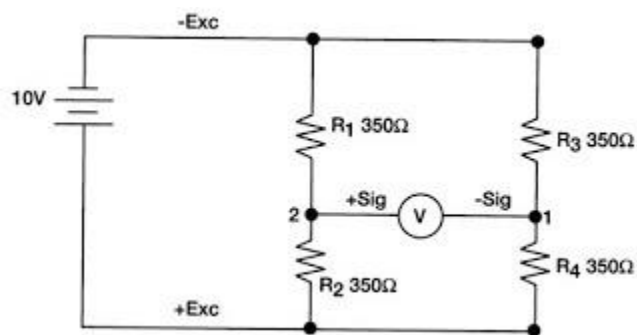
Ketika Load Cell menerima beban, Strain Gauge C1 dan C2 mengalami gaya tekan. Kawatnya memendek dan diameternya membesar, sehingga nilai resistansi C1 dan C2 membesar. Sebaliknya, Strain Gauge T1 dan T2 mengalami gaya tarik, kawatnya memanjang dan diameternya mengecil sehingga nilai resistansi nya membesar. Perubahan nilai resistansi ini

menyebabkan arus yang melewati C1 dan C2 lebih besar dibanding arus yang lewat pada t1 dan T2. Dan terjadilah beda potensial pada titik output atau signal Load Cell.

Mari kita lihat arus yang mengalir pada Load Cell. Arus listrik di supply indicator melalui titik – In dan mengalir melalui C1, -Out dan kembali lagi ke Indikator. Dari indicator, arus mengalir melalui +Out, melewati C2 dan kembali ke Indikator dititik +In. Untuk mengetahui total arus yang mengalir, kita perlu mengukur arus internal pada rangkaian pembaca signal di Indikator. Tetapi karena Impedansi internal indicator sangatlah tinggi, arus yang mengalir menjadi sangat kecil dan kita bisa mengabaikannya.

Terdapat beda potensial antara –In dan +In, sehingga ada juga arus yang mengalir melewati –In, melalui T2 dan C2 kembali ke +In. Arus yang mengalir pada rangkaian sebagian besar berada pada sisi parallel ini. Resistor yang terpasang seri berfungsi sebagai kompensasi Load Cell terhadap temperatur, Zero dan linearitas.

Selanjutnya kita lihat dalam aturan matematis untuk membantu anda memahami kondisi Load Cell saat seimbang dan tidak seimbang.



Gantilah Ammeter dengan Voltmeter sebagai pengganti display Indikator, sambungkan pada titik +Sig dan –Sig, yang melambangkan signal positif dan negatif. Baterai bertegangan 10V melambangkan supply tegangan dari indicator yang akan membuat Load cell bekerja. Resistorr yang ada melambangkan Strain Gauge sebagai pengganti Load Cell.

Resistansi semua Strain Gauge tetap sama selama tidak ada beban yang diterima Load Cell. Tegangan drop pada titik 1 dan 2 bisa kita hitung menggunakan Hukum Ohm. Setiap cabang mempunyai resistansi $350\Omega + 350\Omega = 700\Omega$. Arus yang mengalir tiap cabang adalah tegangan di tiap cabang dibagi resistansi setiap cabang.

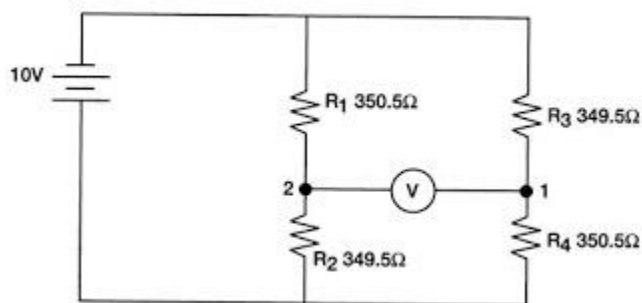
$$\begin{aligned}
 IR_1 + R_2 &= ER_1 + R_2 & IR_3 + R_4 &= ER_3 + R_4 \\
 \frac{R_1 + R_2}{700\Omega} &= \frac{10V}{700\Omega} & \frac{R_3 + R_4}{700\Omega} &= \frac{10V}{700\Omega} \\
 &= 14.3 \text{ mA} & &= 14.3 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung tegangan pada titik 1, gunakan Hukum Ohm

$$\begin{aligned}
 ER_3 &= IR_3 R_3 \\
 &= 14.3 \text{ mA} \times 350 \text{ Ohm} \\
 &= 5 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Tegangan pada titik 2 juga 5 Volt karena semua resistornya sama. Tidak ada beda potensial antara titik 1 dan 2, dan inilah kondisi dimana Indikator kita menunjukkan Nola tau Zero.

Sekarang, berikan beban pada load cell sehingga R_1 dan R_4 mengalami gaya tarik dan resistansinya membesar, sedangkan R_2 dan R_3 mengalami gaya tekan sehingga resistansinya mengecil, seperti terlihat pada gambar berikut.



Catatan: Resistan total setiap cabang tetap 700Ω sehingga arus yang mengalir disetiap cabang tetap $14.3mA$

Dalam kondisi demikian, terjadi beda potensial antara titik 1 dan 2 dan tertampil pada voltmeter/indicator.

Mari kita hitung besarnya beda potensial tersebut. Untuk mengukur tegangan di titik1, ukurlah terlebih dahulu tegangan drop pada R3. Sebagaimana kita ketahui, arus yang melewati R3 adalah $14.3mA$.

$$\begin{aligned}ER_3 &= IR_3(R_3) \\ &= 0.0143A(349.5\Omega) \\ &= 4.9979V\end{aligned}$$

Dan untuk mengetahui tegangan dititik 2, hitunglah dahulu tegangan drop pada R1. Ingat, arus yang melewati R1 adalah $14.3mA$.

$$\begin{aligned}ER_1 &= IR_1(R_1) \\ &= 0.0143A(350.5\Omega) \\ &= 5.0122V\end{aligned}$$

Beda potensial pada titik 1 dan 2 adalah selisih ER_3 dan ER_1 yaitu $0.143V$ atau $14.3mV$

Disini terlihat rangkaian menjadi tidak seimbang dan terjadi beda potensial pada rangkaian sebesar $14.3mV$. Indikator dikalibrasi sedemikian rupa sehingga sedikit perubahan pada milivolt akan diterjemahkan perubahan pembacaan pada pengukuran berat.

Seperti yang pernah kita bahas, semestinya Indikator akan memakan arus, tetapi karena tingginya resistan internal Indikator, kita bisa mengabaikannya dan hal ini tidak mempengaruhi kinerja Load Cell.

8. Sambungan/Pengawatan

Pada umumnya, kabel pada Load Cell berjumlah empat atau enam kabel. Untuk enam kabel Load Cell, disamping mempunyai – dan + Signal maupun – dan + Excitation juga memiliki jalur - dan + sense. Jalur sense ini tersambung pada jalur sense Indikator yang berfungsi memonitor tegangan actual pada Load Cell, dan mengirim balik ke Indikator untuk dianalisa apakah perlu menambah atau menguatkan signal yang dikirim balik sebagai kompensasi daya pada load cell.

Untuk membantu agar pemasangannya tepat, kabel Load Cell memiliki kode warna tertentu. Data sheet kalibrasi setiap Load Cell akan menyertakan juga kode warna untuk penyambungan Load Cell.

9. Data Kalibrasi

Setiap Load Cell dilengkapi dengan data kalibrasi atau sertifikat kalibrasi sebagai informasi tentang Load Cell yang bersangkutan. Setiap data sheet harus cocok dengan nomor seri, nomor model dan kapasitas. Informasi yang lain berupa karakteristik dalam mV/V , tegangan Excitasi, *non-linearity*, *hysteresis*, *zero balance*, *input resistance*, *output resistance*, efek temperature pada output dan *zero balance*, *insulation resistance* dan *cable length*. Kode warna untuk penyambungan juga disertakan.

10. Output

Hasil pengukuran load Cell selain ditentukan oleh besarnya beban, juga ditentukan oleh besarnya tegangan Eksitasi, dan karakteristik (mV/V) Load Cell itu sendiri. Salahsatu karakteristik load Cell yaitu $3mV/V$. Yang berarti setiap satu volt tegangan Excitasi, pada saat Load Cell dibebani maksimal akan mengeluarkan signal sebesar $3mV$. Jika beban $100Kg$ diberikan pada Load Cell kapasitas $100Kg$ dengan tegangan Excitasi $10V$, maka signal yang terkirim dari Load Cell tersebut adalah sebesar $30mV$. Demikian juga apabila dibebani $50Kg$ dengan tegangan Excitasi tetap $10V$, karena $50 Kg$ adalah setengah dari $100Kg$ maka keluaran Load Cell menjadi $15mV$.

Berikut salah satu contoh Sertifikat kalibrasi Load Cell buatan RICE LAKE WEIGHING SYSTEM-USA

Rice Lake Weighing Systems Calibration Certificate

1. Model No.	50210-25	
2. Serial No.	37647	
3. Capacity	25	lbs
4. Output	3.0678	mV/V
5. Excitation	10	Volts
6. Non-Linearity	< 0.010	% FSO
7. Hysteresis	< 0.010	% FSO
8. Zero Balance	-0.0230	mV/V
9. Input Resistance	375	Ohms Nominal
10. Output Resistance	350	Ohms
11. Temperature Effect		
Output	< 0.0005	% /F
Zero	< 0.0010	% /F
Insulation Resistance	5000	Mega Ohms at 50 V
Cable Length	20	ft
NTEP Certificate No.	****	
Minimum Dead Load (lb)	****	
Class	****	
V min	****	
n Maximum	****	
Load Cell Usage	****	
Safe Load Limit (lb)	****	

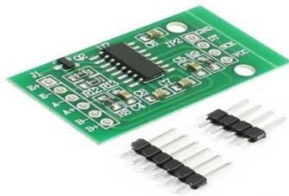
Wiring		
Red	+	Input
Green	+	Output
White	-	Output
Black	-	Input
		Shield

2.1 Modul Amplifier HX711

Load Cell adalah transduser (*transducer*, komponen elektronika yang dapat mengukur besaran fisik menjadi sinyal listrik) yang dapat mengubah tekanan oleh beban menjadi *signal* elektrik. Konversi terjadi secara tidak langsung dalam dua tahap. Lewat pengaturan mekanis, gaya tekan dideteksi berdasarkan deformasi dari matriks pengukur regangan (*strain gauges*) dalam bentuk resistor planar. Regangan ini mengubah hambatan efektif (*effective resistance*) empat pengukur regangan yang disusun dalam konfigurasi jembatan *Wheatstone* (Wheatstone

bridge) yang kemudian dibaca berupa perbedaan potensial (tegangan) Karena perbedaan yang terukur sangat kecil dalam orde μV (mikro Volt, sepersejuta Volt), dibutuhkan rangkaian pengubah sinyal analog menjadi digital yang sangat presisi, untuk itulah disertakan modul HX711 yang beresolusi 24 bit (16,7+ juta undakan pada tangga ADC).

Modul HX711 merupakan modul *amplifier* yang biasa digunakan dalam rangkaian timbangan sebagai modul konversi sinyal analog *load cell* ke digital. Memiliki presisi tinggi 24 ADC *high gain input* yang didesain untuk berbagai sensor berjenis *Bridge*. Dengan dua channel A dan B (fix *gain* 32) yang berkomunikasi secara multiplex, modul ini dapat di program untuk *gain* 128 atau 64 (20mV atau 40mV).



Gambar 2.13 HX711

(sumber : Vcc2GND.com “skematik HX711”.2017)

Spesifikasi Teknis modul HX711 Weight Scale ADC Module :

- Dua kanal ADC (dapat digunakan untuk 2 *load cell*) dengan keluaran TTL (serial tersinkronisasi, DI dan SCK).
- Tegangan opsional 5 Volt DC
- Tegangan masukan diferensial ± 40 mV pada skala penuh
- Akurasi data 24 bit (24-bit ADC)
- Frekuensi pembacaan (*refresh rate*) 80 Hz
- Konsumsi arus kurang dari 10 mA
- Ukuran: 38 x 21 mm dengan berat 20 gram

Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell pada Alat Penyortir Buah Otomatis terhadap Timbangan Manual

WAHYUDI, ABDUR RAHMAN, MUHAMMAD NAWAWI

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Sriwijaya
Email : Wahyudijamistry@gmail.com

ABSTRAK

Nilai ukur antara sensor load cell yang ada pada timbangan digital dan nilai ukur pada timbangan konvensional atau manual terkadang memiliki perbedaan yang sangat signifikan diantara keduanya, hal ini biasanya diakibatkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai ukur tersebut, oleh karena itu pada penelitian kali ini, akan dilakukan suatu pengukuran dan pengujian berat suatu beban dengan objek yang ukur yaitu buah apel, tomat dan jeruk. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sistem mana yang lebih efisien dan akurat dalam melakukan suatu perhitungan berat suatu buah. Untuk tahap pertama, Proses pengukuran berat buah menggunakan sensor load cell dilakukan pada alat penyortir buah otomatis, kemudian untuk tahap kedua, pengukuran buah dilakukan dengan menggunakan timbangan jenis manual atau konvensional. Setelah didapat nilai perhitungan dari keduanya, selanjutnya akan dianalisa dan dibandingkan hasil ukur dari kedua sistem tersebut untuk mengetahui tingkat efisiensi dari keduanya.

Kata Kunci : Perbandingan, Nilai Ukur, Load Cell, Timbangan Manual, keakuratan

ABSTRACT

The measuring values between the load cell sensors present in the digital scales and the measured values on the conventional or manual scales sometimes have a very significant difference between them, this is usually due to several factors affecting the difference in measuring values, therefore in this study, Will be done a measurement and testing the weight of a load with the measuring object of apples, tomatoes and oranges. This test is conducted to determine which system is more efficient and accurate in performing a weight calculation of a fruit. For the first stage, the process of measuring the weight of fruit using the load cell sensor is done on the automatic fruit sorter, then for the second stage, the fruit measurement is done by using manual or conventional scales. Having obtained the value of the calculation of both, then will be analyzed and compared the results of measuring both systems to determine the level of efficiency of both.

Keywords: Comparison, Measure Value, Load Cell, Manual Scales, Accuracy

1. PENDAHULUAN

Pemakaian timbangan jenis konvensional atau manual lebih sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari daripada timbangan digital. Walaupun Penggunaan timbangan digital lebih praktis karena terdapat jantung atau komponen utama dari skala pengukurannya yaitu *Load Cell* (Thakkar, dkk, 2013). Namun penggunaan timbangan jenis konvensional masih tetap mendominasi di dalam kehidupan masyarakat. Fungsi dari kedua jenis timbangan ini adalah sama, yaitu untuk menghitung berat suatu benda, masing-masing dari kedua jenis timbangan ini memiliki karakteristik dan tingkat akurasi pengukuran yang berbeda (Erlangga, 2011). Dan terkadang hasil pengukuran berat suatu benda yang bersifat manual ataupun digital sering terjadi kesalahan (*error*) bahkan tidak akurat dan efisien, hal ini tentu akan merugikan banyak pihak, penyebab ketidakakuratan ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti kondisi mekanik dari alat ukur itu sendiri maupun dari manusianya. Berbeda dengan timbangan manual, di sisi lain timbangan digital yang dibuat lebih praktis karena dapat merekam dan menyimpan data langsung ke komputer tanpa harus melakukan pencatatan secara manual (Kamirul, dkk, 2015). Perlu kita ketahui juga Penggunaan alat pengukuran digital dalam kehidupan sehari-hari sangat membantu memudahkan kinerja manusia (Afdali, dkk, 2017).

Upaya pembuatan timbangan digital telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti salah satunya hidayani (Hidayani, dkk, 2013) yang merancang alat timbangan digital dengan *output* yang dihasilkan yaitu berat dan harga. Kemudian Erlangga (Erlangga, 2011) juga mengembangkan suatu rancang bangun alat timbangan jenis digital dengan *output* memilih berbagai jenis buah. Selanjutnya Thakkar dkk (Thakkar, dkk, 2013) juga membuat sebuah penelitian tentang permasalahan pada *load cell* dan peningkatan sistem ketelitian dalam penimbangan pada sensor *load cell*. Namun dari sekian banyak rancang bangun alat di atas dan dari berbagai jenis penelitian-penelitian tersebut hanya menyajikan hasil ukur berat benda dari timbangan digital saja serta sistem penimbangan dari timbangan digital saja, padahal kita juga bisa menyajikan hasil pengukuran dari timbangan manual atau konvensional agar bisa kita ketahui timbangan jenis mana yang lebih efisien dan akurat dalam melakukan pengukuran berat suatu benda atau objek.

Maka dari itu, pada penelitian kali ini dilakukan uji coba pengukuran dan pengujian sensor *load cell* yang ada pada alat penyortir buah otomatis dan juga timbangan manual, dengan tujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dan sistem *error* pengukuran dari kedua alat tersebut, agar bisa ditarik kesimpulan dan dipersentasikan tingkat keakuratan pengukuran dari keduanya.

1.1. Timbangan

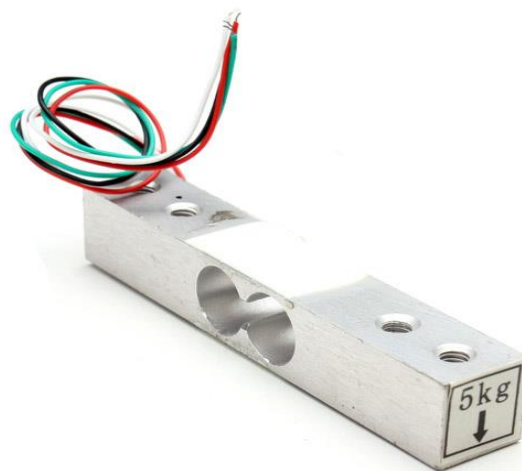
Timbangan adalah suatu alat yang bisa dipakai untuk melakukan uji coba pengukuran berat dari suatu benda. sedangkan Menurut Latifah (Latifa, 2014) timbangan bisa di artikan sebagai sebuah alat yang bisa dipakai untuk melakukan pengukuran berat dari suatu benda. Terdapat dua sistem kategori dalam timbangan yaitu timbangan dengan sistem mekanik/analog dan sistem elektronik/digital (Khakim, 2015). Timbangan manual, yaitu jenis timbangan biasa yang bekerja secara manual melalui perantara manusia yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. sedangkan Timbangan digital, yaitu jenis timbangan yang dapat bekerja secara elektronik dan otomatis dengan input arus listrik dan indikatornya berupa angka digital yang ditunjukkan pada layar LCD. Berikut ini merupakan Persamaan matematis suatu neraca pegas pada timbangan manual dinyatakan dalam:

$$k \cdot X = m \cdot g \quad (1)$$

Dimana k adalah konstanta pegas, X adalah defleksi, m adalah massa, dan g adalah gravitasi

1.2. Sensor *Load Cell*

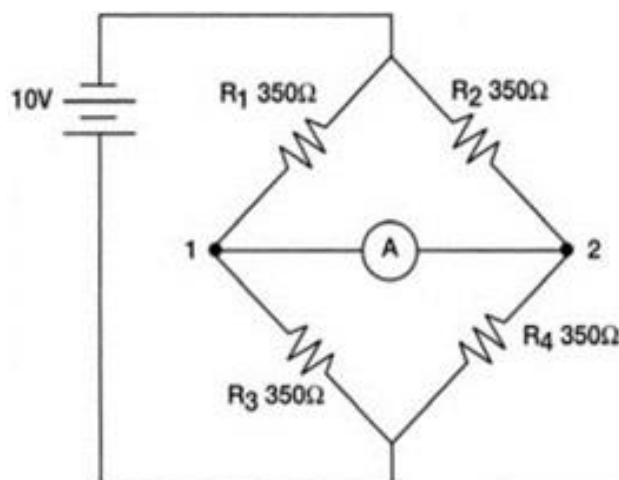
Load Cell merupakan komponen inti yang terdapat pada timbangan digital. Secara umum *load cell* digunakan untuk menghitung massa dari suatu benda. Sebuah sensor *load cell* tersusun dari beberapa konduktor, *strain gauge*, dan jembatan *wheatstone* (Nuryanto, 2015). sensor *Load cell* yang dipakai dalam penelitian tugas akhir ini memiliki kapasitas berat maksimum 8 kg. Tetapi dalam perancangan penelitian kali ini dibuat beban pengukuran maksimal 5 kg.



Gambar 1. Sensor *Load Cell*

1.3. Jembatan *Weatstone*

Jembatan *wheatstone* digunakan sebagai pengkondisi sinyal yang di hasilkan oleh sensor *load cell*. Berikut gambar jembatan *wheatstone* :



Gambar 2. Titik seimbang Jembatan *Weatstone*

1.4. Modul Amplifier HX711

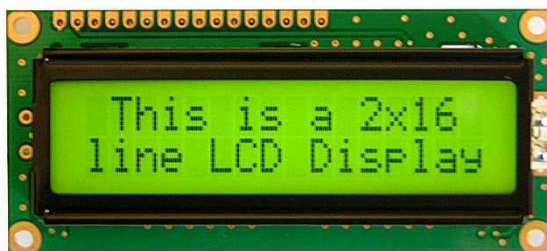
Modul HX711 merupakan modul amplifier yang biasa digunakan dalam rangkaian timbangan digital sebagai modul konversi sinyal analog ke digital pada *load cell*. Memiliki presisi tinggi 24 ADC *high gain* input yang didesain untuk berbagai sensor berjenis *Bridge*. Dengan dua *channel A* dan *B* (*fix gain 32*) yang berkomunikasi secara *multiplex*, modul ini dapat di program untuk *gain 128* atau *64* (20mV atau 40mV). Prinsip kerja dari modul HX711 ini yaitu sebagai penguat tegangan pada *load cell* pada saat *load cell* bekerja. HX711 presisi 24-bit *analog to digital converter* (ADC) (Khakim, 2015)



Gambar 3. Modul HX711

1.5. LCD 16x2 Sebagai Penampil Karakter

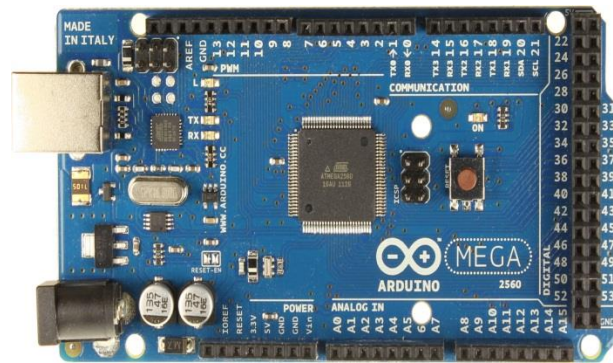
Liquid Crystal Display merupakan papan penampil berupa karakter, tulisan, huruf dan angka berjenis elektronik. Prinsip kerja LCD ini yaitu dapat menangkap dan memantulkan cahaya yang ada disekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. Pada penelitian kali ini LCD yang dipakai yaitu jenis LCD 16x2 Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Lcd 16x2

1.6. Arduino

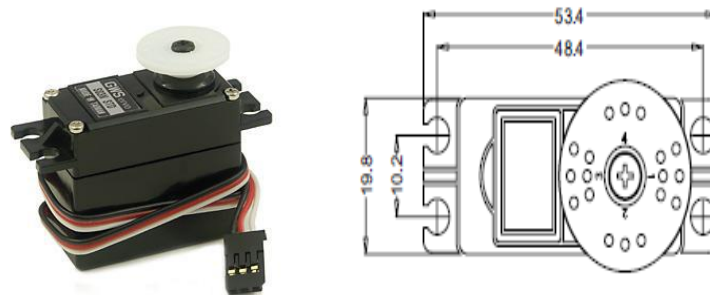
Arduino merupakan perangkat keras (*hardware*) papan mikrokontroler tunggal *open source*. Di dalam arduino tersebut terdapat sebuah chip mikrokontroler dengan tipe AVR sebagai komponen utama yang dikeluarkan oleh perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau *integrated circuit* (IC) yang bisa diprogram menggunakan komputer (Utama, dkk, 2008). Pada penelitian kali ini jenis Arduino yang digunakan yaitu Arduino Mega, Seperti ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Arduino Mega

1.7. Motor Servo

Motor servo merupakan motor yang diatur dan dikontrol menggunakan pulsa. Motor standar ini memiliki tiga posisi yaitu posisi 0 derajat, posisi 90 derajat, dan posisi 180 derajat. Poros motor servo biasanya dihubungkan dengan suatu mekanisme sehingga dapat membuat atau mengontrol pergerakan roda depan pada sebuah mobil mainan. Pada saat poros pada posisi 0 derajat, maka roda mobil mainan akan bergerak ke kiri, jika posisi poros pada 90 derajat, maka roda depan mobil mainan akan lurus, sedangkan jika posisi 180 derajat, maka roda depan mobil akan berbelok ke kanan.



Gambar 6. Motor Servo

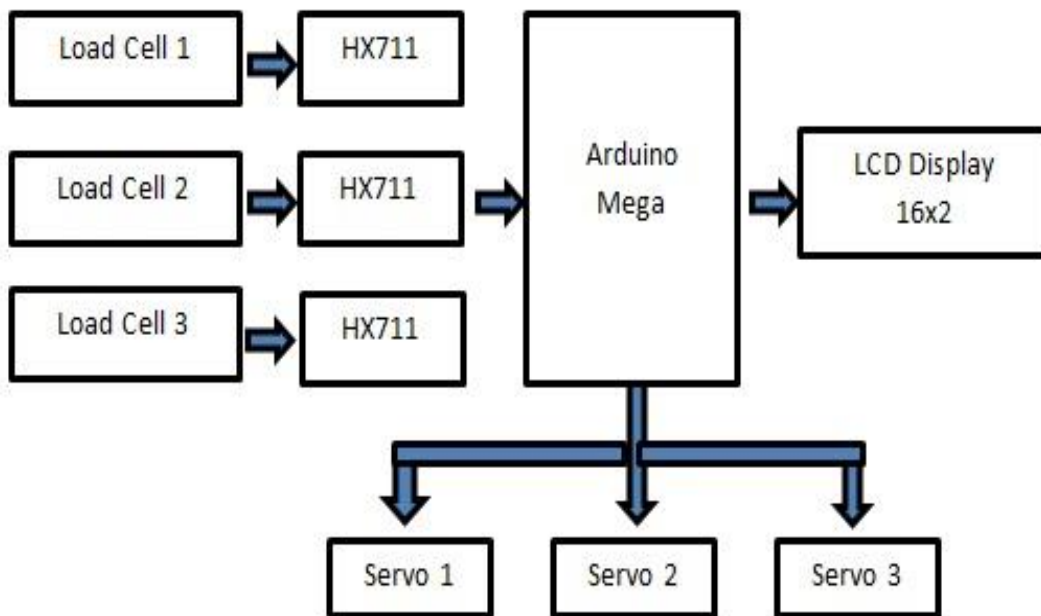
2. METODELOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini membahas tentang perbandingan nilai ukur sensor *load cell* pada alat penyortir buah otomatis terhadap timbangan manual atau konvensional, disertai dengan analisa kualifikasi perbandingan nilai perhitungan dari kedua sistem tersebut untuk diambil kesimpulan tingkat akurasi dan sistem *error* dari keduanya dan ditetapkan alat mana yang lebih akurat dan efisien dalam melakukan pengukuran berat benda. Disertakan juga sebuah Perancangan sistem timbangan digital pada alat penyortir buah otomatis yang meliputi perancangan perangkat keras atau *hardware* dan perangkat lunak atau *software*.

2.1. Blok Diagram Sistem

Blok diagram adalah suatu bagian dari prinsip dan kinerja suatu sistem dalam membuat suatu perancangan alat. Cara kerja keseluruhan sebuah alat yang akan dibuat terletak pada *blok diagram system*. Berikut ini merupakan gambar blok diagram dari sistem kerja pengukuran sensor *load cell* dan proses perhitungannya pada alat penyortir buah otomatis berbasis mikrokontroler arduino mega.

Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell Pada Alat Penyortir Buah Otomatis Terhadap Timbangan Manual

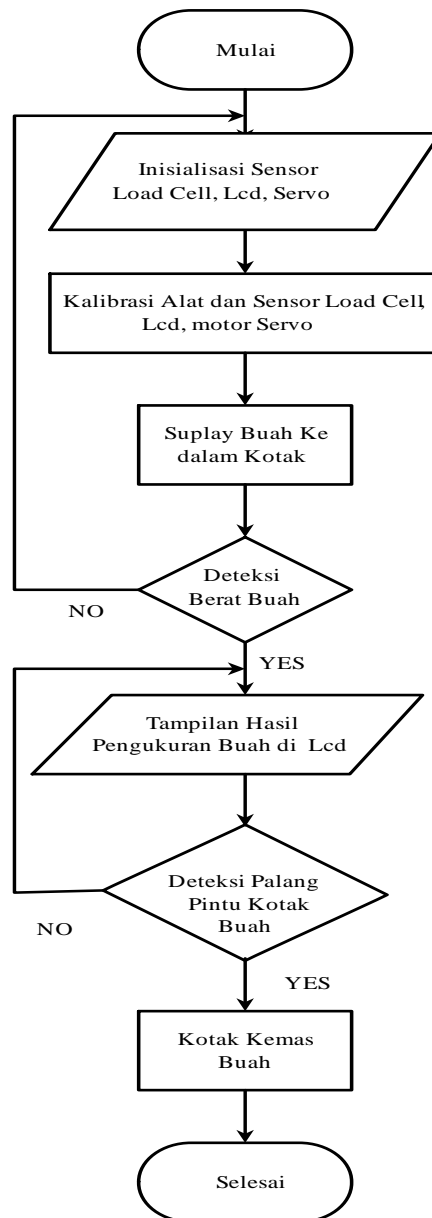


Gambar 7. Blok Diagram Sistem Kerja *Load cell* pada alat penyortir buah otomatis

Berdasarkan penjelasan dari blok diagram pada gambar 7 di atas blok sensor *load cell* Sebagai inputan pendeteksi berat buah yang akan diukur, Blok *Amplifier* HX711, Sebagai inputan penguat sensor *load cell*, Blok Mikrokontroler Arduino, sebagai unit pemroses dan pengontrol seluruh sistem alat. Blok LCD, sebagai penampil hasil pengukuran buah, Blok *Servo Controller*, sebagai pengendali motor servo yang digunakan pada bagian kotak penimbang buah.

2.2 Flowchart

Flowchart adalah alur kerja dari suatu proses terhadap sistem yang telah dibuat agar dapat dengan mudah untuk dipahami dan dijelaskan dengan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan urutan proses secara mendetail dan hubungan antara suatu proses (instruksi) dengan proses lainnya dalam suatu program. Gambar 8 Berikut merupakan *Flowchart* sistem kerja sensor *load cell* sebagai pendeteksi berat buah pada alat penyortir buah otomatis.

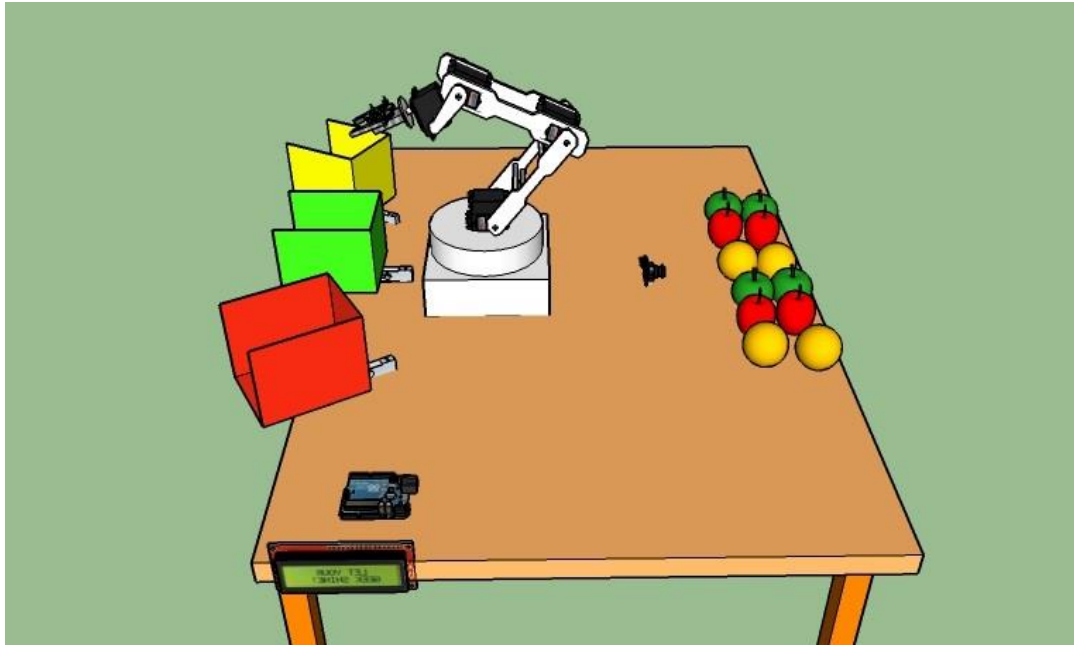


Gambar 8. Flowchart Sistem Kerja Load Cell pada Alat Penyortir Buah Otomatis

2.3. Sistem Perancangan Mekanis Alat

Pada sistem perancangan mekanis ini yang akan dilakukan yaitu Pengumpulan komponen-komponen yang akan digunakan untuk membuat suatu sistem pengukuran sensor *load cell* atau timbangan digital pada alat penyortir buah otomatis. Pada tahap ini digunakan *datasheet* serta petunjuk lain yang dapat membantu dalam mengetahui spesifikasi dari komponen yang akan di gunakan, sehingga komponen yang didapat tersebut merupakan pilihan yang tepat bagi alat atau sistem yang akan dibuat. selanjutnya Merancang bentuk sistem timbangan digital pada alat penyortir buah otomatis dan mendesain sebgus mungkin dengan ukuran-ukuran yang sesuai agar tidak mengganggu sistem kerja alat nantinya. Spesifikasi dan rangka timbangan digital pada alat Penyortir buah otomatis ditunjukkan pada Gambar 9 berikut ini.

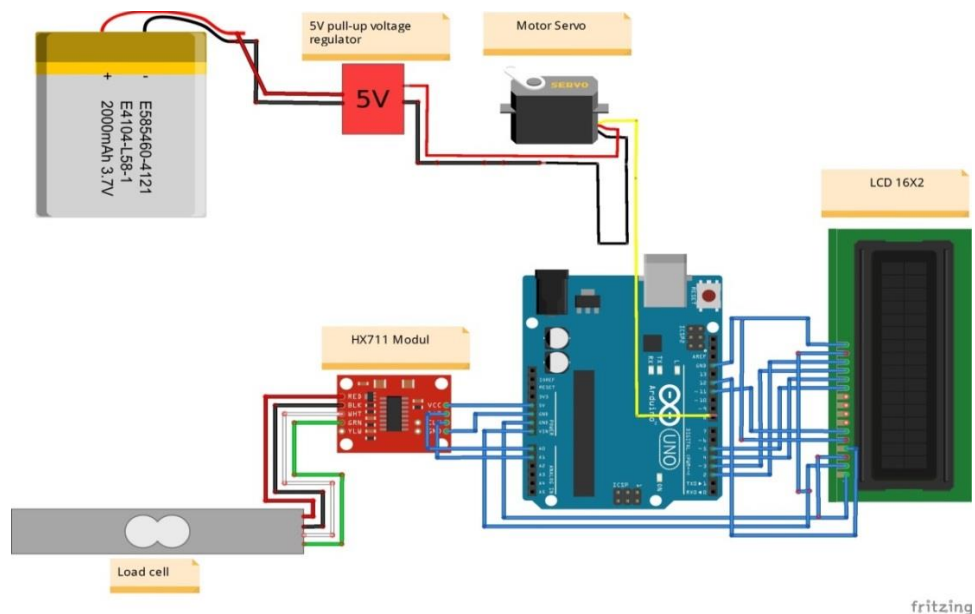
Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell Pada Alat Penyortir Buah Otomatis Terhadap Timbangan Manual



Gambar 9. Rancangan mekanik alat penyortir buah otomatis

2.4. Skematik Rangkaian Sensor *Load Cell* Pendeteksi Berat Buah

Perancangan timbangan digital pada alat penyortir buah otomatis ini akan di gambarkan dalam sebuah rangkaian skematik, rangkaian skematik ini merupakan gabungan antara sensor *load cell*, HX711, LCD, Motor Servo dan Arduino mega. Rangkaian skematik ini merupakan suatu metode analisis sistem kerja komponen elektronika yang digunakan. dibuat agar dapat lebih mudah untuk memahami tata letak komponen serta hubungan antara satu komponen dengan komponen yang lainnya. Gambar 10 merupakan rangkaian skematik dan layout pendeteksi berat buah menggunakan sensor *load cell* pada alat penyortir buah otomatis.



Gambar 10. Rancangan Skematik sistem pengukuran menggunakan *Load Cell*

2.5. Pengujian Ketelitian alat

Untuk mengetahui ketelitian pengujian suatu alat diperlukan sebuah metode perhitungan khusus untuk mengetahuinya. Berikut ini telah dibuat metode perhitungan pengujian ketelitian alat yang telah direalisasikan. Setelah diperoleh data dari hasil pengujian dan pengukuran berat buah oleh sensor *load cell* dan timbangan konvensional, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa data tersebut untuk dilakukan perhitungan analisis nilai persentase (%) keberhasilan dan nilai persentase (%) kesalahan (*error*). Rumus-rumus untuk menghitung dan mencari persentase kesalahan dan keberhasilan pengukuran sensor *load cell* maupun timbangan konvensional adalah berdasarkan Persamaan 2 – 6 berikut ini (Paleri, 2015).

$$\text{Persentase rata-rata hasil pengukuran Load Cell} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{3} \quad (2)$$

$$\text{Persentase kesalahan pengukuran pada Load Cell} = \frac{S - X}{S} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Persentase Keberhasilan Pengukuran Load Cell} = \frac{X}{S} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Persentase kesalahan pengukuran pada Timbangan Manual} = \frac{X - S}{S} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Persentase Keberhasilan Pengukuran Timbangan Manual} = \frac{S}{X} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana S_1 , S_2 dan S_3 adalah jumlah pengukuran dan pengujian, S adalah nilai hasil ukur *load cell* dan timbangan manual dan x adalah nilai range atau batasan kapasitas pengukuran

3. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Sensor *Load Cell* Peneteksi Berat Buah

Pengujian sistem pendeteksian berat buah menggunakan sensor *load cell* ini dilakukan dengan cara memasukkan buah ke dalam kotak timbang yang dibawahnya telah diberi sensor *load cell*. terdapat tiga buah kotak timbang yang masing-masing telah diberi sensor *load cell*, pada kotak timbang 1 kapasitas pengukuran 3,5 Kg, kotak timbang 2 kapasitas pengukuran 2,5 Kg dan kotak timbang yang 3 kapasitas pengukurannya 4,0 kg. Selanjutnya, setelah berat buah diukur oleh sensor *load cell*, LCD akan langsung menerima perintah untuk menampilkan hasil ukur sensor *load cell* tersebut. Hasil pengujian dan perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 1, 2, dan 3 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian dan Pengukuran Berat Buah Pada Kotak 1

No	Nama Buah	Range (Kg)	Hasil 1 (Kg)	Hasil 2 (Kg)	Hasil 3 (Kg)	Rata-rata Keberhasilan		Error (%)
						(Kg)	(%)	
1	Apel	3,5	3,7	3,6	3,5	3,6	$\frac{97,2}{3}$	2,77
2	Jeruk	3,5	3,5	3,6	3,5	3,5	100	0
3	Tomat	3,5	3,8	3,5	3,5	3,6	$\frac{97,2}{3}$	2,77

Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell Pada Alat Penyortir Buah Otomatis Terhadap Timbangan Manual

Tabel 2. Hasil Pengujian dan Pengukuran Berat Buah Pada Kotak 2

No	Nama Buah	Range (Kg)	Hasil 1 (Kg)	Hasil 2 (Kg)	Hasil 3 (Kg)	Rata-rata Keberhasilan		Error (%)
						(Kg)	(%)	
1	Apel	2,5	2,7	2,6	2,5	2,6	96,15	3,85
2	Jeruk	2,5	2,6	2,6	2,7	2,6	96,15	3,85
3	Tomat	2,5	2,5	2,6	2,4	2,5	100	0

Tabel 3. Hasil Pengujian dan Pengukuran Berat Buah Pada Kotak 3

No	Nama Buah	Range (Kg)	Hasil 1 (Kg)	Hasil 2 (Kg)	Hasil 3 (Kg)	Rata-rata Keberhasilan		Error (%)
						(Kg)	(%)	
1	Apel	4,0	4,2	4,1	4,1	4,1	97,56	2,44
2	Jeruk	4,0	4,1	4,0	4,1	4,0	100	0
3	Tomat	4,0	4,3	4,2	4,2	4,2	95,24	4,76

Tabel 4. Hasil Keseluruhan Pengujian dan Pengukuran Berat Buah

No	Nama Buah	Jumlah Range (Kg)	Hasil Ukur Rata-rata kotak 1 (Kg)	Hasil Ukur Rata-rata kotak 2 (Kg)	Hasil Ukur Rata-rata kotak 3 (Kg)	Jumlah rata-rata (Kg)	Sukses (%)	Error (%)
1	Apel	10,0	3,6	2,6	4,1	10,3	97,09	2,91
2	Jeruk	10,0	3,5	2,6	4,0	10,1	99,00	1,00
3	Tomat	10,0	3,6	2,5	4,2	10,3	97,09	2,91

Dari Tabel 4 diatas ditampilkan hasil keseluruhan pengujian dan pengukuran berat buah menggunakan sensor *load cell* dimana data pertama buah apel dengan kapasitas pengukuran 10 kg yang di dapat dari jumlah keseluruhan kapasitas pengukuran kotak timbang pertama 3,5 kg, kotak timbang kedua 2,5 kg dan kotak timbang ketiga 5 kg, nilai hasil ukur rata-rata kotak pertama 3,6 kg, kotak kedua 2,6 kg dan kotak ketiga 4,6. Jadi pengukuran dan perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah ukur rata-rata} &= S1 + S2 + S3 & \text{Rata-rata keberhasilan} &= \frac{x}{s} \times 100 \\
 &= 3,6 + 2,6 + 4,1 = 10,3 \text{ Kg} & &= \frac{10,0}{10,3} \times 100 = 97,09 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata kesalahan} &= \frac{S-X}{S} \times 100 \\ &= \frac{10,3-10,0}{10,3} \times 100 = 2,91\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dan jumlah keseluruhan rata-rata yang didapatkan pada pengukuran dan pengujian berat buah menggunakan sensor *load cell*, maka diperoleh data seperti pada Tabel 5 di bawah ini :

Tabel 5. Rata –rata Keberhasilan dan tingkat *error* pengukuran pada sensor *load cell*

No	Nama Buah	Jumlah Range (Kg)	Hasil Ukur Load Cell (Kg)	Keberhasilan Pengukuran (%)	Kesalahan Pengukuran (%)
1	Apel	10,0	10,3	97,09%	2,91%
2	Jeruk	10,0	10,1	99,00%	1,00%
3	Tomat	10,0	10,3	97,09%	2,91%

3.2. Pengujian dan pengukuran pada pada Timbangan Manual atau konvensional

Pada pengujian berat buah kali ini, menggunakan timbangan jenis manual atau konvensional dan dilakukan dengan cara memasukkan masing-masing buah apel, jeruk dan tomat kedalam timbangan konvensional. terdapat tiga timbangan konvensional, pada timbangan 1 diberi kapasitas pengukuran 3 Kg, timbangan 2 kapasitas pengukuran 4 Kg dan timbangan yang 3 kapasitas pengukurannya 5 kg. Hasil pengukuran berat buah menggunakan timbangan manual ini ditunjukkan pada Tabel 5,6,7 dan 8 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian dan Pengukuran Berat Buah Pada timbangan manual 1

No	Nama Buah	Range (Kg)	Hasil Ukur Timbangan manual	Rata-rata Keberhasilan pengukuran (%)	Kesalahan Pengukuran Error (%)
1	Apel	3,0	2,9	96,66%	3,44%
2	Jeruk	3,0	2,8	93,33%	7,14%
3	Tomat	3,0	3,0	100%	0%

Tabel 6. Hasil Pengujian dan Pengukuran Berat Buah Pada timbangan manual 2

No	Nama Buah	Range (Kg)	Hasil Ukur Timbangan manual	Rata-rata Keberhasilan pengukuran (%)	Kesalahan Pengukuran Error (%)
1	Apel	2,0	2,0	100%	0%
2	Jeruk	2,0	1,9	95,00%	5,00%
3	Tomat	2,0	1,9	95,00%	5,00%

Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell Pada Alat Penyortir Buah Otomatis Terhadap Timbangan Manual

Tabel 7. Hasil Pengujian dan Pengukuran Berat Buah Pada timbangan manual 3

No	Nama Buah	Range (Kg)	Hasil Ukur Timbangan manual	Rata-rata Keberhasilan pengukuran (%)	Kesalahan Pengukuran Error (%)
1	Apel	5,0	4,9	98,04%	1,96%
2	Jeruk	5,0	4,8	96,00%	4,16%
3	Tomat	5,0	5,0	100%	0%

Tabel 8. Rata –rata Keberhasilan dan tingkat error pengukuran pada timbangan manual

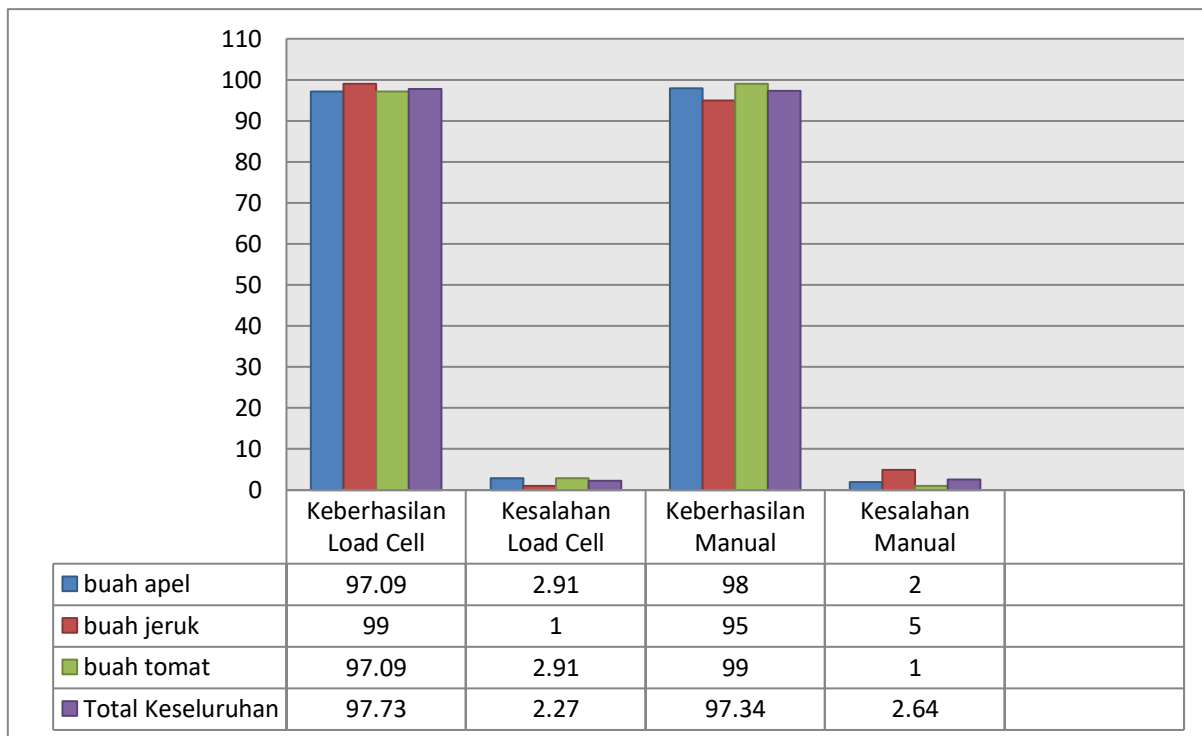
No	Nama Buah	Jumlah Range (Kg)	Jumlah Hasil Ukur Timbangan manual (Kg)	Jumlah Rata-rata Keberhasilan pengukuran (%)	Kesalahan Pengukuran Error (%)
1	Apel	10,0	9,8	98,00%	2,00%
2	Jeruk	10,0	9,5	95,00%	5,00%
3	Tomat	10,0	9,9	99,00%	1,00%

Berdasarkan hasil dan jumlah keseluruhan rata-rata yang didapatkan dari pengukuran dan pengujian berat buah menggunakan timbangan manual atau konvensional maka dapat dilihat perbedaan dan perbandingan antara hasil ukur *load cell* dan timbangan manual yang ditunjukkan pada data seperti pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Perbandingan Keberhasilan dan tingkat error pengukuran load cell dan timbangan manual

No	Nama Buah	Range (Kg)	Keberhasilan pengukuran Sensor Load Cell (%)	Kesalahan Pengukuran Sensor Load Cell (%)	Keberhasilan pengukuran Timbangan Manual (%)	Kesalahan Pengukuran Timbangan Manual (%)
1	Apel	10,0	97,09%	2,91%	98,00%	2,00%
2	Jeruk	10,0	99,00%	1,00%	95,00%	5,00%
3	Tomat	10,0	97,09%	2,91%	99,00%	1,00%
Total			97,73 %	2,27 %	97,34 %	2,64%

Untuk lebih jelas perbedaan dan perbandingan antara hasil ukur sensor *load cell* dan timbangan manual dapat dilihat pada grafik data Gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11. Grafik data perbandingan pengukuran *load cell* dan timbangan manual

3.3. Analisis Pengujian

Hasil keseluruhan pengujian dan pengukuran menggunakan sensor *load cell* pada alat penyortir buah otomatis dan timbangan manual dilakukan dengan mengambil sampel perhitungan berat buah apel, jeruk dan tomat. Perhitungan berat buah menggunakan sensor *load cell* memakai tiga buah kotak timbangan yang masing-masing kotak diberi kapasitas atau batas *range* pengukuran yang bervariasi. kotak pertama 3,5 kg, kotak kedua 2,5 kg dan kotak ketiga 5 kg, selanjutnya pengujian dilakukan sebanyak tiga kali agar bisa mendapatkan data pengukuran yang benar-benar akurat. Data yang didapat dari hasil pengukuran menggunakan sensor *load cell* yaitu data berupa tingkat keberhasilan pengukuran dan tingkat kesalahan pengukuran (*error*). Selanjutnya, untuk pengukuran dan pengujian pada timbangan manual atau konvensional, dilakukan dengan menggunakan tiga buah timbangan manual dengan batas *range* pengukuran yang berbeda-beda juga. untuk timbangan manual yang pertama diberi *range* pengukuran 3 kg, untuk timbangan manual kedua diberi *range* pengukuran 2 kg dan pada timbangan manual ketiga diberi *range* pengukuran 5 kg. Pengukuran hanya dilakukan satu kali saja. Dengan menganalisa data hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 8 dan data grafik pada Gambar 11, maka 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 atau konvensional 97,34% dan tingkat kesalahan pengukurannya 2,64%.

KESIMPULAN

Pada penelitian kali ini yang berjudul perbandingan nilai ukur sensor *load cell* pada alat penyortir buah otomatis terhadap timbangan manual dan dapat disimpulkan bahwa pada penelitian kali ini hasil ukur sensor *load cell* ternyata lebih efisien dan akurat dalam melakukan pengukuran berat buah. Dengan hasil analisa data yang diperoleh dari hasil kinerja keduanya yaitu, tingkat keberhasilan pengukuran pada sensor *load cell* sebesar 97,73%, dan tingkat kesalahan pengukurannya sebesar 2,27%. Tingkat keberhasilan pengukuran pada timbangan manual atau konvensional 97,34% dan tingkat kesalahan pengukurannya 2,64%. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada penelitian kali ini hasil ukur sensor *load cell* ternyata lebih efisien dan akurat dalam melakukan pengukuran berat buah. Metode membandingkan hasil ukur sensor *load cell* dengan timbangan manual merupakan salah satu cara yang efektif untuk mengetahui sejauh mana tingkat efisiensi dan akurasi sistem kerja dari keduanya.

DAFTAR RUJUKAN

- Thakkar, K.H., Prajapatti, V.M., & Patel, B.D. (2013). *Performance Evaluation of Strain Gauge Based Load Cell to Improve Weighing Accuracy. International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*. 2(1) :103-107
- Afdali., M. Daud., M. & Raihan Putri. (2017). *Perancangan Alat Ukur Digital untuk Tinggi dan Berat Badan dengan Output Suara berbasis Arduino UNO. Jurnal Elkomika*. 5(1) :106 - 118
- Erlangga, W. B. (2011). *Rancang Bangun Timbangan Digital Dengan Pemilihan Jenis Buah. Tugas Akhir*. Universitas Negeri Malang.
- Hidayani, T.U., T.Maharani & Abdul Rahman. (2013). *Rancang Bangun Timbangan Buah Digital Dengan Keluaran Berat dan Harga. Jurnal eprints mdp*. 917(1):1-10.
- Kamirul., H. Syahwanti., A. Nelvi & M.S. Hendro. (2015). *Rancang Bangun Data Logger Massa Menggunakan Load Cell. Prosiding Seminar Kontribusi Fisika* (pp. 211-214).
- Khakim, A. L. (2015). *Rancang Bangun Alat Timbang Digital Berbasis AVR Tipe Atmega32. Tugas Akhir*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Nuryanto, R. (2015). *Pengukur Berat dan Tinggi Badan Ideal Berbasis Arduino. Karya Ilmiah Program Sarjana*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Latifa, Siti. (2014). *Mengoperasikan Alat Ukur*. Dipetik pada 15 Mei 2017 dari <http://latifah0307.blogspot.com/2014/03/mengoperasikan-alatukur.html>