

## Perancangan dan Kalibrasi Timbangan Digital

Sabat Anwari

Jurusan Teknik Elektro, ITENAS Bandung

Korespondensi : [sabat.anwari@gmail.com](mailto:sabat.anwari@gmail.com)

### ABSTRAK

Sistem pengukuran massa biasanya dilakukan secara manual yaitu dengan menggunakan timbangan manual. Sistem penimbangan yang dilakukan saat ini masih secara manual dianggap kurang efisien karena membutuhkan waktu yang cukup lama jika dilakukan secara berulang kali. Untuk mengatasi hal ini, maka dirancanglah suatu alat timbangan elektronik menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengendali dan load cell sebagai sensor. Pada saat alat mendeteksi adanya beban, maka secara otomatis sensor akan membaca dan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler yang selanjutnya berat suatu benda akan ditampilkan oleh LCD. Alat ini dikalibrasi menggunakan metode *least square* agar didapatkan akurasi dengan ketidakpastian 0.13 kg.

Kata kunci: Mikrokontroler Arduino Uno, LCD, load cell, kalibrasi

### ABSTRACT

*Mass measurement systems are usually done manually, using manual scales. The current weighing system is still considered to be less efficient because it requires a long time if it is done repeatedly. To overcome this, an electronic weighing device was designed using the Arduino Uno microcontroller as a controller and a load cell as a sensor. When the tool detects a load, the sensor automatically reads and sends the signal to the microcontroller which the weight of an object will be displayed by the LCD. This tool is calibrated using the least square method to obtain accuracy with 0.13 kg uncertainty.*

*Keyword : Arduino Uno Microcontroller, LCD, load cell, calibration*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan, akhir-akhir ini bidang elektronika mengalami kemajuan yang pesat. Dengan kemajuan tersebut, membuat manusia selalu berusaha memanfaatkan teknologi yang ada untuk mempermudah kehidupannya. Misalnya dalam hal pengukuran massa, pengukuran massa biasa dilakukan secara manual, yaitu dengan timbangan manual. Timbangan adalah sebuah alat bantu yang digunakan untuk mengetahui berat suatu benda[1]. Modul timbangan di pasaran umumnya masih menggunakan timbangan manual yang seringkali masih menghasilkan pengukuran yang tidak teliti dikarenakan tidak adanya akurasi dan tingkat presisi. Selain itu alat ukur yang lain juga hanya sebuah neraca bandul atau timbangan analog yang output hasil pengukurannya hanya ditunjukkan oleh jarum penunjuk. Hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk tidak menghasilkan hasil pembacaan yang tepat. Hasil pembacaan masing-masing orang memiliki hasil pengukuran yang berbeda[2].

Berkaitan dengan hal tersebut, maka diperlukan suatu peralatan timbangan yang berfungsi untuk menyelesaikan permasalahan diatas yaitu "timbangan digital"[3]. Timbangan digital merupakan alat ukur untuk mengukur berat masa benda atau zat dengan tampilan digital. Dalam pemanfaatannya timbangan digunakan diberbagai bidang, dari bidang perdagangan, industri sampai dengan perusahaan jasa[1]. Dalam hal ini timbangan digital memiliki banyak keunggulan antara lain: massa timbangannya sendiri lebih ringan dibandingkan dengan timbangan manual, hasil pengukuran beban yang diukur lebih akurat, cocok untuk mengukur benda kecil seperti bumbu masak, emas dan lain-lain, dari segi desain timbangan digital lebih terkesan modern dan dalam hal perawatan yang diperlukan sangat mudah dilakukan[3].

Alat ukur didesain dan di buat dengan mengutamakan kemampuan alat ukur seperti ketelitian, kecermatan, dan kemampuan membaca. Akan tetapi, ketidaksempurnaan tidak bisa dihilangkan sama sekali. Dalam batas-batas tertentu alat ukur dianggap cukup baik untuk digunakan proses pengukuran[4]. Agar alat ukur, dalam hal ini timbangan digital, dapat melakukan proses pengukuran dengan baik maka perlu dilakukan proses kalibrasi.

Pengertian kalibrasi adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dengan kata lain, kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mampu telusur ke standar nasional

untuk satuan ukuran dan atau internasional [5]. Tujuan kalibrasi adalah untuk mencapai ketertelusuran pengukuran. Hasil pengukuran dapat dikaitkan ditelusur sampai ke standar yang lebih tinggi atau teliti (standar primer nasional dan internasional), melalui rangkaian perbandingan yang tak terputus[4].

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Pengertian Timbangan

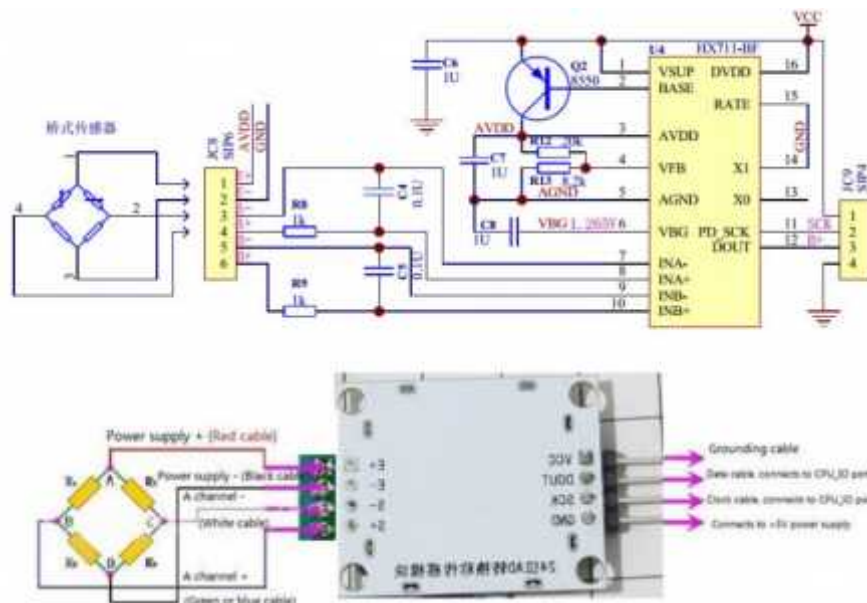
Timbangan merupakan salah satu alat ukur yang paling sering kita jumpai didalam kehidupan sehari-hari. Namun istilah yang sering kita gunakan bersama timbangan adalah berat. Istilah massa seharusnya digunakan untuk hasil penimbangan[6]. Untuk satuan massa kita menggunakan Sistem Internasional (SI) yaitu kg. Apabila kita menggunakan istilah berat, kita seharusnya menggunakan  $kg.m/s^2$ .

Timbangan berdasarkan pengoperasiannya dapat dibedakan menjadi timbangan bukan otomatis dan timbangan otomatis. Timbangan bukan otomatis merupakan timbangan yang penimbangannya dilakukan oleh operator secara langsung. Timbangan bukan otomatis diatur didalam Keputusan Direktur Jendral PDN No. 31 tentang Syarat Teknis Timbangan Bukan Otomatis. Sedangkan timbangan otomatis adalah timbangan yang proses penimbangannya berkerja secara otomatis dan tidak memerlukan campur tangan operator. Timbangan-timbangan yang masuk kategori timbangan bukan otomatis merupakan timbangan yang sering kita jumpai, sedangkan timbangan otomatis masih digunakan dalam skala industry[6].

Timbangan bukan otomatis termasuk neraca, timbangan meja, timbangan pegas, dacin, timbangan sentisimal, dan timbangan elektronik. Timbangan ban berjalan merupakan contoh dari timbangan otomatis. Timbangan bukan otomatis juga dapat dibedakan berdasarkan komponennya, yaitu timbangan elektronik dan timbangan mekanik. Timbangan elektronik adalah timbangan yang dilengkapi dengan komponen elektronik. Sedangkan timbangan mekanik adalah timbangan yang berskala kontinu atau yang tidak berskala yang seluruh komponennya bekerja secara mekanik. Timbangan mekanik juga dibagi berdasarkan penunjukannya. Berdasarkan penunjukannya timbangan mekanik dibagi menjadi timbangan dengan penunjukan otomatis dan timbangan dengan penunjukan bukan otomatis. Pengertian-pengertian timbangan ini diambil dari KEPDIRJEN PDN No.31 tentang Syarat Teknis Timbangan Bukan Otomatis[6].

### 2.2. Sensor HX711

HX711 adalah modul timbangan, yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Modul melakukan komunikasi dengan computer/mikrokontroler melalui TTL 232.



Gambar 1. Hubungan pin antara mikrokontroler dengan modul HX711

### 2.3. Arduino Uno

Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini ialah mikrokontroler Arduino UNO yang telah terpasang Atmega 328 dalam board. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulator)). Tampak atas dari arduino uno dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 2. Hardware Papan Arduino Uno

### 3. HASIL DAN ANALISIS

#### 3.1. Pengujian Pembacaan Sensor

Sensor load cell bekerja jika bagian lain yang lebih elastik mendapat tekanan, maka pada sisi lain akan mengalami perubahan regangan yang sesuai dengan yang dihasilkan oleh strain gauge, hal ini terjadi karena ada gaya yang seakan melawan pada sisi lainnya. Perubahan nilai resistansi yang diakibatkan oleh perubahan gaya diubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian pengukuran yang ada. Dan berat dari objek yang diukur dapat diketahui dengan mengukur besarnya nilai tegangan yang timbul. Pada sensor HX711, data sudah dalam bentuk angka digital.

Referensi (Ref), sebagai acuan menggunakan anak timbangan dengan ketidakpastian 5%.

Hasil pengujian pembacaan sensor load cell pada timbangan digital dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Pembacaan Sensor

Ref (kg)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{x}$	s	$\Delta x$
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
0.5	0.55	0.55	0.55	0.57	0.56	0.55	0.59	0.58	0.55	0.55	0.551	0.0045	0.013
1	1.04	1.05	1.05	1.06	1.10	1.15	1.18	1.12	1.11	1.13	1.096	0.0167	0.047
2	2.05	2.05	2.05	2.15	2.16	2.17	2.11	2.13	2.12	2.00	2.100	0.180	0.051
3	3.17	3.18	3.17	3.17	3.18	3.19	3.19	3.19	3.18	3.17	3.179	0.005	0.008
4	4.18	4.19	4.19	4.19	4.19	4.20	4.20	4.21	4.18	4.18	4.191	0.005	0.009
5	5.17	5.18	5.18	5.18	5.18	5.18	5.15	5.15	5.15	5.16	5.180	0.004	0.011

Nilai Rata-rata sampel variansi (averaged sample variance), dengan notasi "s", dihitung dengan rumus :

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N(N-1)}} \quad (1)$$

Tabel 2. Confidence Level

	Confidence Level					
	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%
	Level of Significance					
2 Tailed	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
1 Tailed	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
df						
1	6.320	12.69	31.81	63.67	—	—
2	2.912	4.271	6.816	9.520	19.65	26.30
3	2.352	3.179	4.525	5.797	9.937	12.39
4	2.132	2.776	3.744	4.596	7.115	8.499
5	2.015	2.570	3.365	4.030	5.876	6.835
6	1.943	2.447	3.143	3.707	5.201	5.946
7	1.895	2.365	2.999	3.500	4.783	5.403
8	1.860	2.306	2.897	3.356	4.500	5.039
9	1.838	2.262	2.823	3.250	4.307	4.780
10	1.818	2.228	2.764	3.170	4.144	4.586
11	1.796	2.201	2.719	3.106	4.025	4.437

Dengan jumlah data 10 maka  $df = 10 - 1 = 9$ , maka untuk tingkat kepercayaan (confidence level) 98%, faktor pengali adalah 2.822.

Hasil di atas adalah ketidakpastian pengukuran, sedangkan ketidakpastian total harus ditambahkan ketidakpastian dari Ref (anak timbangan). Tabel 3 memperlihatkan ketidakpastian total setiap pengukuran

Tabel 3. Ketidakpastian total

Ref (kg)	$\Delta Ref$	$\Delta x$	$\Delta total$
0	0.00	0.000	0.000
0.5	0.025	0.013	0.028
1	0.050	0.047	0.069
2	0.010	0.051	0.052
3	0.015	0.008	0.017
4	0.020	0.009	0.022
5	0.025	0.011	0.027

$$\Delta total = \sqrt{(\Delta Ref)^2 + (\Delta x)^2} \quad (2)$$

### 3.2. Kalibrasi Hasil Pengukuran

Agar pembacaan timbangan digital lebih akurat maka perlu dilakukan proses kalibrasi[7], yaitu dengan metode *least square*. Dari nilai rata-rata, kita lakukan regresi linier yang direalisasikan dalam bentuk perangkat lunak yang menggeser nilai rata-rata sedekat mungkin dengan nilai acuan.

$$y = ax + b \quad (3)$$

dengan

$$a = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} = 0.968 \quad (4)$$

Karena titik pusat (0, 0) harus dilalui maka

$$b = 0.000 \quad (5)$$

Dengan menggunakan rumus (3) yang dimasukkan ke dalam software mikrokontroler maka akan didapatkan nilai rata-rata yang diperlihatkan oleh tampilan LCD yang dirangkum dalam tabel 3.3.

Tabel 4. Hasil Kalibrasi dan Ketidakpastian Maksimum

Ref (kg)	x	$y = a\bar{x} - b$	$y - \Delta x$	$y + \Delta x$	$\Delta Ref$
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.5	0.561	0.543	0.515	0.571	0.071
1	1.096	1.061	0.992	1.130	0.130
2	2.100	2.033	1.981	2.085	0.085
3	3.179	3.077	3.060	3.094	0.094
4	4.191	4.057	4.015	4.079	0.079
5	5.160	4.995	4.968	5.022	0.032

Nilai  $\Delta Ref$  dihitung dari  $\max(\text{abs}((y - \Delta x) - Ref), ((y + \Delta x) - Ref))$ .  $\Delta Ref$  maksimum digunakan sebagai ketidakpastian terbesar, yaitu 0.130.

### 3.3. Analisis

Dari pembahasan di atas, hasil pengukuran menunjukkan bahwa presisi alat sudah bagus, yaitu mempunyai ketidakpastian maksimum 0.069 kg. Akurasi alat ini masih kurang bagus, yaitu mempunyai ketidakpastian 0.069 kg yang selanjutnya ditambah dengan nilai absolut error maksimum dari referensi, yaitu pada pengukuran referensi 4 kg (0.191 kg). Total ketidakpastian akurasi adalah (0.191+0.069) kg yaitu 0.260 kg. Kalibrasi sistem dengan menggunakan metoda least square yang melalui titik pusat (0,0), berhasil memperbaiki akurasi sehingga ketidakpastian akurasi menjadi 0.130 kg.

## 4. KESIMPULAN

Timbangan digital yang dirancang menggunakan sensor HX711 sudah bagus yaitu mempunyai ketidakpastian presisi 0.069 kg. Jika alat ini tidak dikalibrasi menggunakan metode least square maka ketidakpastian akurasi adalah 0.260 kg. Ketidakpastian akurasi ini diperbaiki dengan metode least square sehingga mempunyai ketidakpastian akurasi 0.130 kg. Ketidakpastian ini dapat diperbaiki jika anak timbangan referensi mempunyai ketidakpastian yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayani TU, Miharani T, Rahman A, Hermanto D. Rancang Bangun Timbangan Buah Digital Dengan Keluaran Berat Dan Harga. *Jurnal Eprints MDP*. 2013; 917(1):1-10.
- [2] Furqan, A. A. Rancang Bangun Timbangan Beras Digital Dengan Keluaran Berat Dan Harga Berbasis Mikrokontroler. Skripsi. Makassar : Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Alauddin; 2016.
- [3] Manege PMN, Allo EK, Bahrin. Rancang Bangun Timbangan Digital Dengan Kapasitas 20Kg Berbasis Microcontroller ATmega8535. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*. 2017; 6(1).
- [4] Latif Z, Wahjudi A, Sudarmanta B. Rancang Bangun Sistem Pengukuran Pada Alat Kalibrasi Sensor Gas Oksigen (O<sub>2</sub>). *Jurnal Teknik Pomits*. 2014; 1(2).
- [5] Becker JH, et al. Instrument Calibration with Toxic and Hazardous Materials. *Ind. Hyg. News*. July. 1983.
- [6] Nugraha DA. Timbangan Gantung Digital Dengan Sensor Hx711 (Load Cell) Berbasis Arduino Uno. *Projek Akhir*. Medan : Universitas Sumatera Utara; 2017.
- [7] Anwari S. *Kalibrasi Sistem Pengukuran*. Prosiding Seminar Nasional SNETO 2017, ISSN:1234-5678.