

TIMBANGAN MENGGUNAKAN *STRAIN GAUGE* RANGKAIAN *FULL BRIDGE* DENGAN IC HX711

Dadan Nurdin Bagenda

Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Bandung
 Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga Bandung 40012
 E-mail : dadannb@polban.ac.id

Abstrak

Mobil listrik karya mahasiswa memiliki berat sekitar 100Kg s/d 250Kg. Pada kompetisi mobil listrik penimbangan dilakukan dengan cepat setiap hari sebelum lomba, dilakukan selama 3 hari. Agar murah, sistem timbangan mobil listrik ini menggunakan personal weight scale (timbangan berat badan perorangan) dengan 4 buah strain gauge pada masing-masing timbangannya. Karena alat ini tidak digunakan sebagaimana mestinya sehingga pengukuran berat mobil menjadi lebih lambat dan bisa melenceng 8 Kg dari yang seharusnya. Dari permasalahan diatas diperlukan sistem timbangan baru, namun penelitian ini mengawali penelitian dari sisi elektronik. Sistem elektronik ini mengolah 4 strain gauge dengan rangkaian full bridge dengan bantuan IC pengolah sinyal HX711, hasil pengolahan dibaca oleh Arduino Uno menggunakan metoda optimasi pemrograman. Modifikasi personal weight scale dengan menerapkan rangkaian metoda full bridge dapat menggunakan HX711 sehingga mempermudah pembacaan 4 buah strain gauge. Dengan menambahkan fitur kalibrasi pada strain gauge menjadikan pengukuran lebih tepat, pada pengujian 1Kg dengan error ± 0.01 Kg dan rata-rata error ± 0.00 Kg. Data dikirim ke PC hingga dapat mengurangi kemungkinan terjadi kesalahan pencatatan dibandingkan manual.

Kata kunci : timbangan, strain gauge, full bridge, HX711.

I. PENDAHULUAN

Kompetisi mobil listrik mengharuskan pesertanya memenuhi beberapa persyaratan teknis baik pada peserta maupun pada mobilnya, seperti berat minimum mobil 125 Kg dimensi minimum mobil dan lain sebagainya [1]. Karena kompetisi dilakukan 3 hari, setiap harinya pada pagi hari dilakukan verifikasi fisik yang salah satunya berat mobil listrik.

Verifikasi diberikan waktu yang lebih sempit dari kegiatan lainnya, Selama 8 tahun ini verifikasi berat mobil diukur menggunakan 4 buah timbangan badan digital (personal weight scale), dilakukan dengan cara dilindas bersamaan oleh ke empat rodanya [2] [3]. Setiap harinya lebih dari 20 mobil yang beratnya harus di verifikasi.

Timbangan yang digunakan bertipe HL-700. Setiap timbangan tersebut mengukur objek yang berat maksimumnya 150Kg. Sistem timbangan ini menggunakan 4 buah strain gauge pada masing-masing timbangannya [4]. Karena alat ini tidak digunakan sebagaimana mestinya sehingga pengukuran berat mobil menjadi lebih lambat bisa melenceng 2 Kg (setiap timbangan) dengan total melenceng 8 Kg dari yang seharusnya

Untuk mempercepat proses pembuatan produk penelitian ini, mekanik yang terhubung langsung pada strain gauge dapat digunakan dari personal weight

scale, namun dari latar belakang masalah diatas teridentifikasi beberapa masalah sbb.: (1) Personal weight scale bukan tipe single strain gauge, sehingga pengolahan sinyalnya tidak cukup jika hanya menggunakan jembatan wheatstone sederhana. (2)

Belum tersedia sistem kalibrasi. Sebelum pengukuran sensor akan mendapatkan beban dari mekanik timbangan bahkan dari partikel lain seperti debu/kotoran yang terbawa oleh ban mobil yang sebelumnya di timbang, ini akan menyebabkan hasil pengukuran akan lebih/kurang dari yang seharusnya..

Penelitian ini adalah solusi dari masalah diatas dengan cara: (1) Menerapkan rangkaian metoda full bridge [5] untuk pengolahan sinyal strain gauge pada masing-masing timbangan menggunakan HX711 [4]. (2) Membuat fitur kalibrasi strain gauge dan mengirimkan data hasil pengukuran ke PC.

Tabel berikut menunjukkan pada ranah mana penelitian ini dan perbedaannya dengan penelitian yang dijadikan sumber referensi.

Tabel I.1 Ranah Tinjauan Pustaka

Reference No.	Strain gauge	Full bridge	Timbangan	Optimasi
1	√	√	X	X
2	√	X	√	X
3	√	√	X	X
4	√	X	√	X

Reference No.	Strain gauge	Full bridge	Timbangan	Optimasi
5	√	X	√	X
6	√	X	X	X
7	√	X	√	X
8	√	X	√	X
9	√	X	√	X
10	X	X	X	√
This Research	√	√	√	√

Referensi diatas disingkat dan dijelaskan pada list berikut:

1. P. J. Jelena Manojlović, "Bridge Measuring Circuits In The Strain Gauge Sensor Configuration," 2013. [5]
2. G. S. S. C. Sana M. Fakir, "Efficient implementation of auto control system using PIC 16f877a for small scale industries" 2015. [6]
3. T. I. Shakeb A. Khan, "Precision Active Bridge Circuit for Measuring Incremental Resistance with ANN Compensation of Excitation Voltage Variation.", 2011. [7]
4. E. W. Julkamine Marpaung, "Perancangan Sistem Pengontrolan Pengukuran Berat Timbangan Kendaraan Secara Automatis," 2013. [8]
5. I. Sugriwan, "Desain Dan Karakterisasi Load Cell tipe Cz1601 Sebagai Sensor Massa Untuk Mengukur Derajat Layu Pada Pengolahan Teh Hitam," 2009. [10]
6. O. W. A. I. C. Prayadi Sulistyanto, "Pengolahan Isyarat Load Cell Sen128a3b Menggunakan Metode Moving Average.", 2015. [9]
7. R. Magga, "Penggunaan Strain Gage (Load Cell) Untuk Analisa Tegangan Pada Pembebanan Statik Batang Aluminium," 2011. [10]
8. A. L. Khakim, "Rancang Bangun Alat Timbang Digital Berbasis Avr Tipe Atmega32," Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2015. [11]
9. H. S. A. N. M. Kamirul, "Rancang Bangun Data Logger Massa Menggunakan Load Cell," 2015. [12]
10. R. H. Dadan Nurdin Bagenda, "Pengaruh Struktur Pemrograman Dan Compiler Pada Kecepatan Operasi Menggunakan Arduino" 2016 [13]

Pada Tabel diatas nampak bahwa yang penelitian yang lain dengan yang akan dilakukan ini mencakup 4 area diantaranya menggunakan strain gauge, dengan rangkaian *full bridge*, dimanfaatkan sebagai timbangan, dan penggunaan optimasi program agar memaksimalkan kecepatan pembacaan *full bridge*.

Menurut Jelena 2013 pada penelitiannya yang berjudul "Bridge Measuring Circuits In The Strain Gauge Sensor Configuration", *Strain* atau ketegangan di definisikan sebuah hasil penerapan dari gaya luar ke bagian dari sebuah objek [5].

Kamirul dkk. juga menyimpulkan: Timbangan digital sebagai *data logger* dapat dibuat dengan memanfaatkan *load cell* berbasis *strain gage* [12]. Menurut penelitian Julkarnaen, menyimpulkan bahwa "Sensor diletakkan ditengah agar alat dapat menimbang secara baik" [8], hal ini sangat diperhatikan oleh penulis untuk pengujiannya. Pada penelitian Prayadi disebutkan bahwa "Hasil pengujian sensor load cell menunjukkan bahwa Data Analog pembacaan sensor load cell mengalami osilasi yang cukup besar seperti yang ditunjukkan pada gambar ". Namun menurutnya ini bisa diatasi dengan cara konvensional yaitu dengan dihitung rata-ratanya[11]. Jelena juga menyimpulkan pengukuran berat (timbangan) menggunakan strain gauge melibatkan

ahli mekanik dan elektronik [5]. Sehingga penulis menggunakan struktur mekanik personal weight scale sebagai dasar mekanik ini. Hasil penelitian penulis sebelumnya, dengan menggunakan level option compiler dapat mengurangi waktu tempuh program sampai 78.23% dari standar compiler [14], dengan code berikut:

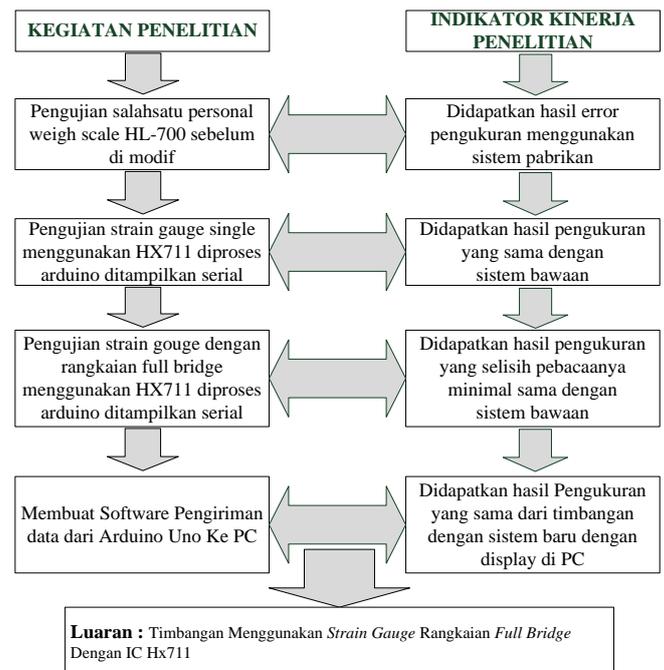
```
#pragma GCC optimize ("-O3")
```

II. METODOLOGI

A. Metodologi penelitian

Metodologi yang digunakan pada penelitian "Timbangan Menggunakan Strain Gauge Rangkaian Full Bridge Dengan IC Hx711" berbasiskan Experimen, yang cocok digunakan adalah Kuantitatif true experimental dengan fokus pretest-control group design. Dikatakan true-experimental karena dalam design ini peneliti dapat mengontrol semua variable luar yang mempengaruhi jalannya experiment, dengan demikian validitas internal dapat menjadi lebih tinggi. Dan pretest-control group design karena dilakukan sebelumnya pengujian beberapa variable pengukuran pada berbagai modulnya sebelum diintegrasikan, sehingga dapat memudahkan saat penggabungan selurus sistem

Untuk mencapai tujuan penelitian, dapat diurutkan bahwa tahapan rencana penelitian dan indikator kinerja seperti berikut, dan masing-masing pengujian ini dilakukan di berbagai modul.

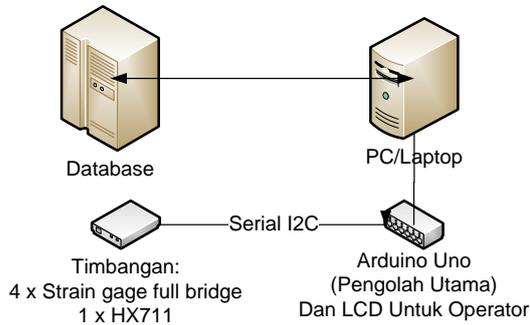


Gambar II.1 Tahapan rencana penelitian dan indikatornya

Tahap penelitian dimulai dengan penyiapan seluruh komponen elektronik dan beberapa peralatan pengujiannya. Dimulai dari hardware sampai software ini seperti yang tertulis pada ruang lingkup pada bab pendahuluan.

Yang paling lama diamati/diukur adalah strain gauge dan load cell nya, karena jika ini salah dan dibiarkan maka ini akan sangat berpengaruh buruk pada proses penelitian selanjutnya. Sehingga selalu dibandingkan dengan sebelum di modifikasi, tidak boleh lebih buruk dari sebelum modifikasi.

B. Blok diagram penelitian



Gambar II.2 Blok Diagram Sistem Keseluruhan

Dari gambar diatas terlihat bahwa sistem ini terdiri dari 4 Blok utama yaitu:

1. Timbangan yang akan terdiri dari 4 strain gauge.
2. Arduino Uno sebagai pengolah utama.
3. Laptop/PC sebagai penampil data.
4. Database sebagai penyimpan data.

C. Kerangka dan Strain Gauge Timbangan

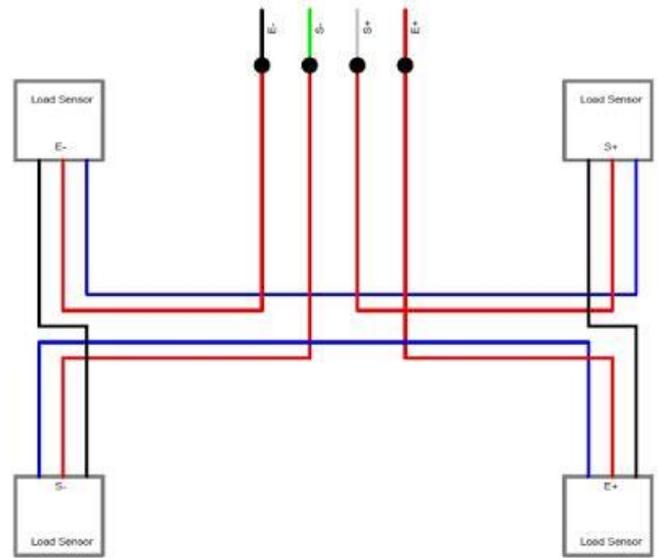
Kerangka dan strain gauge yang digunakan memanfaatkan kerangka dan strainingauge dari personal weight scale produksi dari Heles tipe HL-7000. Berikut merupakan foto produknya:



Gambar II.3 Heles HL-7000 Personal Weight Scale.

D. Desain Rangkaian full Secara Full Bridge

Gambar berikut merupakan rangkaian strain gauge yang susun secara full bridge, rangkaian full bridge ini menghasilkan 4 titik. Lalu 4 titik ini akan di sambungkan pada HX711 sebagai pengkondisi sinyalnya. Keluaran HX711 ini menggunakan komunikasi 2 wire sinkron dengan Arduino.



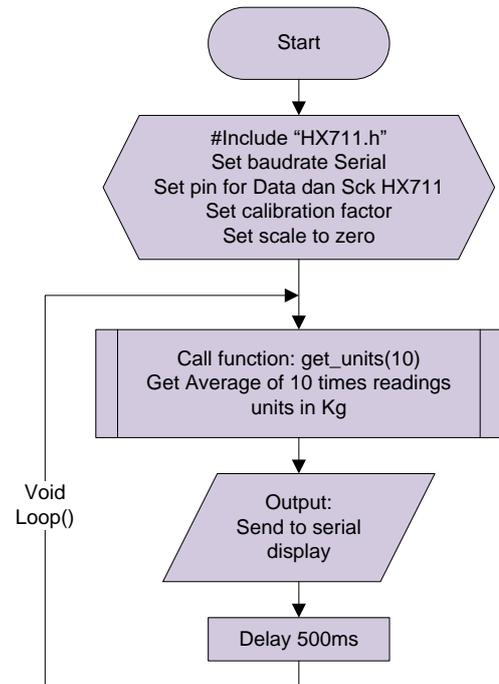
Gambar II.4 Desain strain gauge Rangkaian full bridge

Keterangan:

1. E- = loadcell kiri depan
2. S- = loadcell kiri belakang
3. E+ = loadcell kanan belakang
4. S+ = loadcell kanan depan
5. Kabel hitam = bagian strain dari strain gauge
6. Kabel biru = bagian press dari strain gauge
7. Kabel merah = bagian tengah dari strain dan press.

E. Desain Algoritma Program

Program dibuat di IDE Arduino dan akan ditanamkan ke board arduino uno.



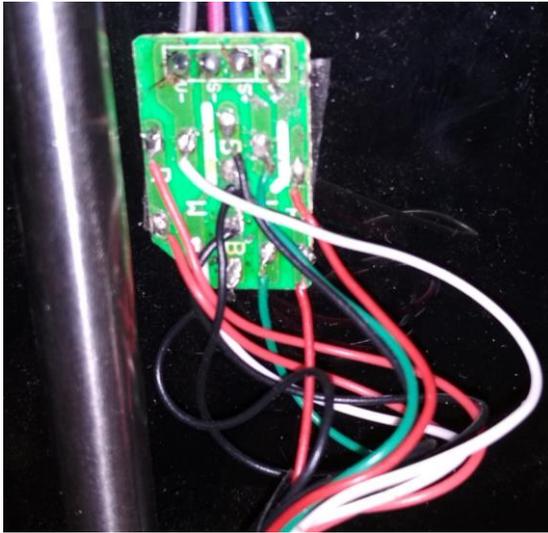
Gambar II.5 Algoritma program dalam Flowchart

III. HASIL

On this chapter, penulis akan memaparkan hasil dari pengujian setiap sub sistem sampai sistem keseluruhan, juga akan dipaparkan hasil desain yaitu implementasi dalam bentuk prototype.

A. Implementasi Strain Gauge Rangkaian Full Bridge

Rangkaian strain gauge dirangkai secara full bridge pada board PCB bawaan dari personal weight scale bawaan dari Heles, yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar III.1 Implementasi Strain Gauge Rangkaian Full Bridge

Rangkaian full bridge dari strain gauge ini disambungkan dengan pengkondisi sinyalnya yaitu HX711, ini ditunjukkan pada gambar berikut:.



Gambar III.2 Implementasi Rangkaian full bridge pada HX711

Output dari HX711 ada 4 pin diantaranya: Gnd, Vcc, Data dan Clock. Penulis menyambungkan HX711 ini dengan arduino pada pin A1 untuk Data dan pin A0 untuk clock.

B. Implementasi Algoritma Program

Program dilakukan beberapa tahapan sebelum bisa mendapatkan program akhir, diantaranya:

1. Menambahkan library HX711 pada IDE Arduino.
2. Menerapkan program timbangan tanpa factor kalibrasi.
3. Menentukan faktor kalibrasi dari timbangan yang dibuat.
4. Membuat program akhir yang sudah dilengkapi factor kalibrasi.

Program tanpa kalibrasi yang pertama diterapkan diberikan beban batu timbangan 1Kg, dengan program sbb.:

```
#include "HX711.h"
HX711 timbangan;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Menentukan Faktor
Kalibrasi");
  timbangan.begin(A1, A0);
  timbangan.set_scale();
}
void loop() {
  timbangan.tare();
  Serial.println(timbangan.get_units(10));
  delay(100);
}
```

Karena timbangan diberikan beban 1Kg, didapatkan bahwa nilai yang muncul harus dikurangi nilai "-18900", sehingga didapat program akhir sbb:

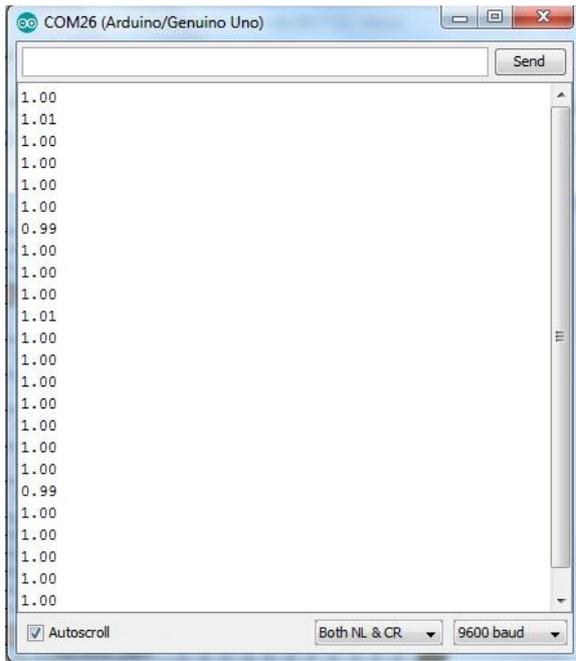
```
#pragma GCC optimize ("-Os")
#include "HX711.h"
#define calibrationfactor -18900
HX711 timbangan;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  timbangan.begin(A1, A0);
  timbangan.set_scale(calibrationfactor);
  Serial.println("Weight Scale Ready...");
}
void loop() {
  timbangan.tare();
  Serial.println(timbangan.get_units(10));
  delay(100);
}
```

Untuk penggunaan aplikasi desktop ini pengguna hanya membuka aplikasi tersebut untuk melihat status parkir.

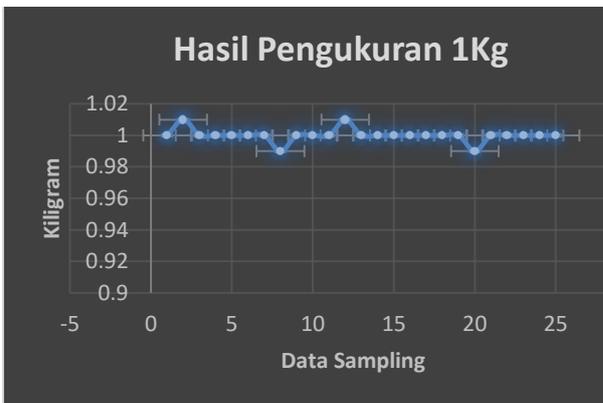
C. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Hasil kalibrasi diatas sudah cukup baik karena hasil pengukuran sudah sesuai dengan beban yang diukur yaitu 1.00Kg. Namun hasil pengukuran ini

masih ada beberapa simpangan seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar III.3 Output timbangan setelah kalibrasi



Gambar III.4 Grafik penimbangan beban 1Kg

Dari gambar diatas dapat disimpulkan hasil pengukuran sudah cukup baik namun masih ada error ± 0.01 Kg saat menimbang 1 Kg, dengan rata-rata hasil 1.00 Kg dari 25 data sampling.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dengan demikian, penulis dapat menyimpulkan bahwa :

1. Modifikasi personal weight scale dengan menerapkan rangkaian metoda full bridge dapat menggunakan HX711 sehingga mempermudah pembacaan 4 buah strain gauge.
2. Dengan menambahkan fitur kalibrasi pada strain gauge menjadikan pengukuran lebih tepat, pada

pengujian 1Kg dengan error ± 0.01 Kg dan rata-rata error ± 0.00 Kg.

3. Dengan melakukan pengiriman data ke PC dapat mengurangi kemungkinan terjadi kesalahan pencatatan.

B. Saran

Sistem ini masih banyak kekurangan karena waktu dan dana yang terbatas, maka disini penulis memaparkan hambatan dapat dijadikan ide untuk penelitian selanjutnya, diantaranya:

1. Melanjutkan penelitian ini dengan menggabungkan 4 timbangan sekaligus agar bisa digunakan untuk menimbang mobil listrik.
2. Melanjutkan pengembangan bagian Mekanik dengan peneliti yang berkompeten di bidang mekanik agar menjaga akurasi.
3. Melanjutkan pengembangan bagian Program dengan peneliti yang berkompeten di bidang Pemrograman computer agar data tersimpan di database.
4. Menambahkan wifi agar penyimpanan data pada PC pengkabelannya sederhana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Panitia KMLI VIII, Panduan Kompetisi Mobil Listrik Indonesia VIII, Bandung: Politeknik Negeri Bandung, 2016.
- [2] S. A. Ryan Anggriawan Dwi Putra, "RANCANG BANGUN RANGKA MOBIL LISTRIK GARNESA," *JRM*, vol. 1, no. 1, pp. 26-33, 2013.
- [3] A. M. Tito Bagus Novantio, "ANALISA TIAP KATEGORI PENGUJIAN PADA KMLI (KOMPETISI MOBIL LISTRIK INDONESIA)," 1 9 2012. [Online]. Available: <http://www.electricisart-bogipower.com>. [Accessed 28 1 2017].
- [4] R. M. Silent Bob, "How to get weight data from glass electronic bathroom scale sensors?," arduino, 17 5 2015. [Online]. Available: <http://arduino.stackexchange.com/questions/11946/how-to-get-weight-data-from-glass-electronic-bathroom-scale-sensors>. [Accessed 5 1 2017].
- [5] P. J. Jelena Manojlović, "BRIDGE MEASURING CIRCUITS IN THE STRAIN GAUGE SENSOR CONFIGURATION," *Mechanical Engineering FACTA UNIVERSITATIS*, vol. 11, no. 1, pp. 75-84, 2013.
- [6] G. S. S. J. V. S. M. S. C. Sana M. Fakir, "Efficient implementation of auto control system using PIC 16f877a for small scale industries," *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research ISSN 2249 -9954*, vol. 2, no. 5, pp. 444-450, 2015.

- [7] T. I. Shakeb A. Khan, "Precision Active Bridge Circuit for Measuring Incremental Resistance with ANN Compensation of Excitation Voltage Variation," *Journal of Sensor Technology - doi:10.4236/jst.2011.13008*, vol. 1, no. 1, pp. 57-64, 2011.
- [8] E. W. Julkarnine Marpaung, "Perancangan Sistem Pengontrolan Pengukuran Berat Pada Timbangan Kendaraan Secara Automatis," Universitas Sumatera Utara, Banda Aceh, 2013.
- [9] O. W. A. I. C. Prayadi Sulistyanto, "Pengolahan Isyarat Load Cell Sen128a3b Menggunakan Metode Moving Average," *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia - ISSN : 2302-3805*, vol. 2, no. 1, pp. 25-30, 2015 .
- [10] R. Magga, "Penggunaan Strain Gage (Load Cell) Untuk Analisa Tegangan Pada Pembebanan Statik Batang Aluminium," *Jurnal Mekanikal - ISSN: 2086 3403*, vol. 22, no. 1, pp. 53-62, 2011.
- [11] A. L. Khakim, "Rancang Bangun Alat Timbang Digital Berbasis Avr Tipe Atmega32," Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2015.
- [12] H. S. A. N. M. Kamirul, "Rancang Bangun Data Logger Massa Menggunakan Load Cell," *SKF ITB ISBN : 978-602-19655-9-7*, vol. 1, pp. 211-215, 2015.
- [13] D. N. Bagenda and R. Hudaya, "Pengaruh Struktur Pemrograman Dan Compiler Pada Kecepatan Operasi Menggunakan Arduino Uno," in *SNTEI - Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika ISBN: 978-602-18168-0-6*, Makassar, 2016.
- [27] K. Zuhri, "sebatekno," 9 Oktober 2015. [Online]. Available: <http://www.sebatekno.com/jenis-atau-type-arduino>. [Diakses 15 April 2017].
- [29] I. Sugriwan, "Desain Dan Karakterisasi Load Cell tipe Czl601 Sebagai Sensor Massa Untuk Mengukur Derajat Layu Pada Pengolahan Teh Hitam," Laboratorium Elektronika-Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA ITS , Surabaya , 2009.