

TUGAS AKHIR TT 090361

**RANCANG BANGUN TIMBANGAN DIGITAL
PORTABLE MENGGUNAKAN SENSOR *LOAD
CELL SINGLE POINT* DENGAN KAPASITAS
MAKSIMUM 135kg**

**WINDHA AYU PRAMESWARI
NRP 2411 031 053**

Dosen Pembimbing
Dr.Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc
Lizda Johar Mawarani, S.T. M.T.

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



FINAL PROJECT TT 090361

***DESIGN OF PORTABLE DIGITAL SCALE
BASED ON SINGLE POINT LOAD CELL
SENSOR WITH MAXIMUM CAPACITY
135kg***

**WINDHA AYU PRAMESWARI
NRP 2411 031 053**

Advisor Lecturer
Dr.Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc
Lizda Johar Mawarani, S.T. M.T.

***DIPLOMA III METROLOGY AND INSTRUMENTATION
ENGINEERING***
Department of Physics Engineering
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh November Institute of Technology
Surabaya 2014

**RANCANG BANGUN TIMBANGAN DIGITAL *PORTABLE*
MENGUNAKAN SENSOR *LOAD CELL SINGLE POINT*
DENGAN KAPASITAS MAKSIMUM 135kg**

Nama Mahasiswa : Windha Ayu Prameswari
NRP : 2411 031 053
Jurusan : Prodi D3 Metrologi dan
Instrumentasi, Teknik Fisika
FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr.Ir. Purwadi Agus D, M.Sc
Lizda Johar M, S.T. M.T.

Abstrak

Timbangan merupakan suatu alat yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Pada saat ini banyak timbangan dengan akurasi tinggi yang memiliki beban muatan tidak terlalu besar, yakni maksimum 50kg. Telah dilakukan rancang bangun suatu timbangan digital *portable* dengan kemampuan menahan beban maksimum 135kg dan kemampuan bacaan mulai dari 5kg. Sensor berat yang digunakan dalam timbangan digital *portable* ini adalah sensor *load cell single point*. Sensor mendapat *input* berupa beban kemudian dikonversikan menjadi tegangan oleh *strain gauge* yang berada di dalam *load cell*. Keluaran dari *load cell* dikirim menuju *amplifier* untuk dikuatkan tegangannya agar dapat diproses oleh mikrokontroler Arduino. Di dalam mikrokontroler, data tersebut diolah dan diproses sehingga mendapatkan berat yang sesuai dengan beban yang diterima oleh timbangan, kemudian ditampilkan ke layar LCD. Pengujian yang dilakukan pada sensor *load cell* menunjukkan bahwa sensor *load cell* yang digunakan memiliki nilai akurasi sebesar 98% dan nilai presisi sebesar 99,1%. Hal ini menunjukkan bahwa akurasi dan presisi sensor telah sesuai dengan standar.

Kata Kunci : timbangan digital *portable*, *load cell*, Arduino

**DESIGN OF PORTABLE DIGITAL SCALE BASED ON
SINGLE POINT LOAD CELL SENSOR WITH MAXIMUM
CAPACITY 135Kg**

Name of Student : Windha Ayu Prameswari
NRP : 2411 031 053
Departement : Prodi D3 Metrologi dan
Instrumentasi, Teknik Fisika
FTI-ITS
Advisor Lecturer : Dr.Ir. Purwadi Agus D, M.Sc
Lizda Johar M, S.T. M.T.

Abstract

Scales is a tool that is widely used in daily life. At this time many scales with high accuracy which has no payload is too large, the maximum 50kg. Has done design a portable digital scale with 135kg maximum load bearing capabilities and reading abilities ranging from 5kg. Weight sensors used in portable digital scales are the single point load cell sensors. Got a load sensor input is then converted into a voltage by a strain gauge load cell located inside. The output of the load cell is sent to the amplifier to amplified voltage to be processed by the Arduino microcontroller. In the microcontroller, the data is processed and processed so that the weight gain that corresponds to the load received by the scales, then displayed to the LCD screen. Tests were performed on the load cell sensor indicates that the sensor load cell used had an accuracy score of 98% and a precision value of 99.1%. This suggests that the accuracy and precision sensor complies with the standards.

Keywords: portable digital scales, load cell, the Arduino.

**RANCANG BANGUN TIMBANGAN DIGITAL
PORTABLE MENGGUNAKAN SENSOR LOAD CELL
SINGLE POINT DENGAN KAPASITAS MAKSIMUM
135kg**

TUGAS AKHIR

Oleh :



WINDHA AYU PRAMESWARI
NRP. 2411 031 053

Surabaya, Juli 2014
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing 1



Dr.Ir. Purwadi Agus D, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

Dosen Pembimbing 2



Lizda Johar Mawarani, ST.MT
NIP. 19740815 199703 2 001

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI - ITS



Dr.Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1 001

Ketua Program Studi
DIII Metrologi dan Instrumentasi



Dr.Ir. Purwadi Agus D, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

**RANCANG BANGUN TIMBANGAN DIGITAL
PORTABLE MENGGUNAKAN SENSOR LOAD CELL
SINGLE POINT DENGAN KAPASITAS MAKSIMUM
135kg**

TUGAS AKHIR






Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

WINDHA AYU PRAMESWARI

Nrp. 2411 031 053

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- | | | |
|----------------------------------|---|--------------|
| 1. Dr.Ir.Purwadi Agus D, M.Sc |  | Pembimbing 1 |
| 2. Lizda Johar M. , S.T.M.T |  | Pembimbing 2 |
| 3. Ir. Heri Joestiono. , M.T |  | Penguji I |
| 4. Andi Rahmadiansah, S.T., M.T. |  | Penguji II |
| 5. Arief A. ,S.T., M.T. |  | Penguji III |

SURABAYA

Juni 2014

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Timbangan Digital Portable Menggunakan Sensor Load Cell Single Point dengan Kapasitas Maksimum 135kg”** dengan tepat waktu. terselesaikannya laporan ini juga tak luput dari dukungan serta peran serta dari berbagai pihak.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan wajib yang harus dipenuhi oleh semua mahasiswa sebelum menyelesaikan pendidikannya di Program Studi DIII Metrologi dan Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
2. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku pembimbing pertama Tugas Akhir yang telah membina dengan baik dan sabar.
3. Ibu Lizda Johar Mawarani, S.T. M.T selaku pembimbing kedua Tugas Akhir dan juga menjadi Dosen Wali penulis.
4. Mama dan papa beserta seluruh keluarga tercinta, terima kasih untuk dukungan tiada henti dan doa yang terus dipanjatkan hingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
5. Teman-teman S1 Teknik Fisika dan D3 Teknik Metrologi dan Instrumentasi angkatan 2011 FTI-ITS.
6. Bapak Jatmiko selaku direktur dari C.V Avodamitra Indotech.
7. Pengurus Laboratorium Pengukuran Fisis dan Laboratorium Komputasi yang telah menyediakan tempat dan membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir.
8. Gesang Rachmat Utomo dan Akhmad Zainudin selaku rekan Tugas Akhir penulis.

9. Kece Family 110 yang telah membantu dan memberikan dukungan.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala masukan baik berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laporan ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Surabaya, Juni 2014

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Timbangan Digital	3
2.2 Pengukuran	4
2.3 Kalibrasi	5
2.4 Sensor Berat (<i>Load Cell Single Point type SP3</i>)	6
2.5 Akuisisi Data	7
2.6 Arduino Mega	8
2.7 LCD	11
2.8 <i>Power Supply</i>	11
2.9 Karakteristik Statik Instrumen Pengukuran	12
2.10 Dasar Sistem Pengendalian	17
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Perancangan Sistem	20
3.2 Pengambilan dan Pengolahan Data	23

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Rancang Bangun	25
4.2 Pengujian Sensor	16
4.3 Kalibrasi Sensor	27
BAB V KESIMPULAN	31
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN A	A-1
LAMPIRAN B	B-1
LAMPIRAN C	C-1
LAMPIRAN D	D-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Klasifikasi Kapasitas Timbangan	5
Tabel 2.2	Spesifikasi Arduino Mega 2560	9
Tabel4.1	Hasil Pengujian Sensor <i>Load Cell</i> Naik dengan Data Standar dan Pengukuran	26
Tabel4.2	Hasil Pengujian Sensor <i>Load Cell</i> Turun Dengan Data Standar dan Pengukuran	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh timbangan duduk digital	3
Gambar 2.2	Ilustrasi pengukuran berat	5
Gambar 2.3	<i>Load Cell Single Point type</i> SP3	6
Gambar 2.4	Contoh rangkaian <i>Amplifier</i>	8
Gambar 2.5	Arduino mega	9
Gambar 2.6	Contoh LCD 16X2	11
Gambar 2.7	Aki kering 12V	12
Gambar 2.8	Grafik hubungan I-O dari sensor (a) linieritas dan(b) non linieritas	14
Gambar 2.9	Grafik sensitivitas	15
Gambar 2.10	Grafik histeresis	15
Gambar 2.11	Hubungan <i>input-output</i> karena efek lingkungan dengan (a) <i>modifying input</i> (b) <i>interfering input</i>	16
Gambar 2.12	Perbandingan antara akurasi dan presisi	18
Gambar 2.13	Diagram blok sistem pengendalian	18
Gambar 3.1	Diagram blok perancangan sistem timbangan digital <i>portable</i>	20
Gambar 3.2	<i>Design</i> timbangan tampak samping	21
Gambar 3.3	<i>Design</i> bagian dalam timbangan tampak atas (1) sensor,(2) pengait, (3) rangka, (4) tempat tiang penyangga	22
Gambar 3.4	Rancang bangun timbangan digital <i>portable</i> bagian dalam tampak atas	22
Gambar 3.5	<i>Design</i> timbangan (a) display timbangan, (b) alas timbangan	23
Gambar 4.1	Timbangan digital <i>portable</i>	25
Gambar 4.2	Grafik linieritas	29
Gambar 4.3	Grafik histeresis	30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Timbangan merupakan suatu alat banyak dipergunakan didalam kehidupan sehari-hari. Pada saat ini timbangan terdiri dari berbagai jenis, dari timbangan analog, timbangan digital hingga timbangan *hybrid*, yaitu perpaduan dari timbangan digital dan manual. Pada penggunaannya timbangan memiliki beberapa peran yang dapat dikelompokkan seperti, timbangan duduk, berat, gantung, timbangan meja, dll.^[1] Dari semua jenis timbangan tersebut masing-masing memiliki karakteristik tersendiri terutama dalam hal beban atau kapasitas maksimumnya dan juga keakurasian dari nilai takaran atau kuantitas untuk suatu produk atau berat.

Sebagaimana alat/instrumen yang lain, timbangan juga memiliki kekurangan dan kelebihan. Kelebihan dari timbangan yang ada saat ini, antara lain memiliki akurasi yang tinggi, dan adapun kekurangannya adalah untuk akurasi yang tinggi harganya yang jauh lebih mahal, serta banyak timbangan dengan akurasi tinggi yang memiliki beban muatan tidak terlalu besar, yakni hanya berkisar < 50kg. Adapun timbangan yang dapat menahan kapasitas massa yang besar, memiliki kekurangan sulit untuk memindahkannya.

Dalam tugas akhir ini dirancang sebuah timbangan digital *portable* yang dapat dengan mudah dioperasikan, ringan, mudah dipindahkan, serta memiliki akurasi yang tinggi dan kapasitas beban yang besar, yakni dengan beban maksimal yang dapat diukur sekitar 135kg. Dengan demikian timbangan dirancang untuk dapat dibawa kemana saja dengan aman tanpa merusak sensornya. Untuk mendapatkan nilai akurasi yang tinggi perlu dipilih sensor yang dapat memenuhi kriteria tersebut, yakni sensor *load cell single point*. Pada perancangan timbangan digital *portable* ini dilengkapi dengan LCD 16 X 2 dan Arduino mega. Sistem timbangan digital ini bekerja menggunakan rangkaian mikrokontroler Arduino mega sebagai kontrol dari alat, dan

dilengkapi dengan tombol pada layar *display* LCD untuk memudahkan dalam visualisasi saat monitoring berat yang sedang diukur.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang akan diselesaikan dari tugas akhir ini adalah, bagaimana membuat rancang bangun timbangan digital *portable* menggunakan sensor *load cell single point* dengan kapasitas maksimum 135kg.

1.3 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan pada tugas akhir ini diantaranya:

- Timbangan yang akan dirancang bangun adalah *portable* sehingga mudah dipindahkan dengan aman.
- Kapasitas beban yang digunakan dari beban 5kg -135kg.
- Aman yang dimaksud sensor akan tetap bekerja dengan baik walaupun timbangan dipindahkan berulang kali.
- Fokus utama dari tugas akhir ini adalah pada kalibrasi sensor dan *design* timbangan secara umum.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang dan membuat timbangan digital *portable* menggunakan sensor *load cell single point* dengan kapasitas maksimum 135kg.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapat dalam penyelesaian tugas akhir ini yaitu dapat membantu memudahkan bagi masyarakat yang berhubungan dengan perdagangan yang sehari-hari menggunakan timbangan. Dapat menerapkan ilmu dalam bidang instrumentasi dan metrologi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Timbangan Digital

Timbangan digital merupakan suatu piranti elektronik yang memiliki fungsi untuk menimbang muatan. Timbangan digital hadir dalam berbagai ukuran dan warna serta berasal dari bermacam-macam material. Timbangan digital tidak sama dengan timbangan analog karena pada dasarnya timbangan digunakan berdasarkan prinsip teknologi muatan di mana beban elektronik mengukur bobot benda pada suatu keadaan tertentu. Sesudah muatan ditimbang besaran atau keluaran dari beban ditransfer menuju sinyal digital atau elektronik dan kemudian ditampilkan dalam bentuk digital. Timbangan tersebut tersedia dalam berbagai model, merek, dan ukuran yang berbeda, serta biasanya dilengkapi dengan baterai dan bobot kalibrasi, bantalan timbangan, serta nampan. Timbangan digital, seperti setiap tipe produk yang berbeda, bermacam-macam dalam harga dan kualitas.



Gambar 2.1 Contoh timbangan duduk digital ^[1]

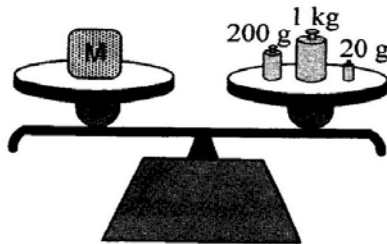
Ada berbagai macam jenis timbangan digital atau timbangan elektronik yang beredar di pasar. Timbangan digital dikelompokkan berdasarkan bagaimana timbangan digital tersebut digunakan. Namun demikian, timbangan dalam satu tipe dapat difungsikan untuk kebutuhan lain juga. macam yang terpopuler ialah timbangan digital kamar mandi, timbangan

digital dapur atau makanan, timbangan digital pos, timbangan, timbangan digital saku dan timbangan laboratorium digital. Akhir-akhir ini, timbangan telah dibawa ke level berikutnya dan bisa membuat perhitungan lain berbeda dari bobot badan. Timbangan ini dimaknai sebagai Timbangan pintar atau serba guna serta dapat menghitung kalori dan informasi.

2.2 Pengukuran

Mengukur merupakan sebuah proses yang mengaitkan angka secara obyektif pada sifat-sifat obyek atau kejadian nyata sehingga angka yang diperoleh tersebut dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai objek atau kejadian yang diukur. Dalam pengukuran terdapat beberapa komponen penting yaitu material, *instrument*, pelaku pengukuran, metode yang digunakan, dan lingkungan pengukuran. Komponen-komponen tersebut merupakan komponen penting karena nantinya komponen tersebut dapat mempengaruhi nilai dari pengukuran termasuk ketidakpastian pengukuran. Sesuai dengan hasil yang diperoleh, pengukuran memiliki 2 jenis yaitu pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung.

Pengukuran langsung merupakan pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan nilai hasil pengukuran secara langsung. Pengukuran langsung dapat dilakukan pada kondisi yang sama atau pada kondisi yang berbeda. Pada pengukuran langsung di kondisi sama, seluruh pengukuran dilakukan oleh pengukur yang sama, alat yang sama, dan keadaan lingkungan yang sama. Sedangkan pengukuran langsung dengan kondisi yang berbeda, terjadi apabila pada waktu melakukan pengukuran terjadi pergantian alat ukur atau pun terjadi perubahan lingkungan.



Gambar 2.2 Ilustrasi pengukuran berat ^[9]

2.3 Kalibrasi

Kalibrasi adalah kegiatan untuk membandingkan suatu nilai besaran yang diukur dengan standar yang telah teruji baik dengan standar nasional ataupun standar internasional. Tujuan dilakukannya kalibrasi yaitu untuk menjamin hasil pengukuran agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan baik itu dengan standar nasional maupun internasional.

Kalibrasi pada umumnya, merupakan suatu proses untuk menyesuaikan keluaran dari suatu perangkat pengukuran dengan nilai yang digunakan dalam akurasi yang ditentukan. Di Indonesia lembaga yang menangani mengenai kalibrasi yaitu pusat metrologi Indonesia. Pada tiap-tiap timbangan memiliki tingkatan kelasnya, berikut adalah tingkatan klasifikasi bagi timbangan yaitu:

Tabel 2.1 Tabel Klasifikasi Kapasitas Timbangan

Timbangan Analitik	1 g - 100 kg
Timbangan Industri	101 kg - 1000 kg
Timbangan Poket	1 kg - 30kg
Timbangan <i>Platform</i>	500 kg – 10.000 kg
Timbangan Tahan Air	3 kg- 30 kg
Timbangan Gantung	1g – 50 kg

2.4 Sensor Berat (*Load Cell Single Point type SP3*)

Sensor adalah salah satu komponen terpenting yang dimana fungsi utamanya sebagai pengindra dari suatu sistem. Sensor sendiri banyak macamnya ada sensor suhu, berat, cahaya, jarak, dan masih banyak lagi. Masing masing sensor memiliki karakteristik serta cara kerja yang berbeda – beda, tetapi untuk prinsipnya sama. Cara sensor untuk mendeteksi object yang akan diukur bergantung kepada jenis dari sensor itu sendiri. Pada timbangan yang digunakan adalah sensor berat. Sedangkan sensor berat sendiri banyak macamnya antara lain sensor *flexiforce*, *strain gauge*, sensor *load cell*, dan lain-lain.

Sensor berat yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *load cell*. Cara kerja dari sensor *load cell* yaitu sensor akan mengeluarkan tegangan apabila diberikan beban/ massa. Untuk tingkat keakurasian dari sensor *load cell* bergantung kepada tipe/jenis/merk dari *load cell* itu sendiri. *Load cell* yang dipakai dalam tugas akhir ini menggunakan *type single point SP3* serta memiliki kapasitas berat maksimum 150kg. Pada *load cell* tipe ini memiliki lima kabel yang terdiri dari *input +*, *input -*, *output +*, *output -*, dan *shield*. Dalam perancangan tugas akhir dibuat beban pengukuran maksimal 135kg. Model dari sensor tersebut dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.3 *Load Cell Single Point type SP3*^[3]

Pada sensor *load cell* ini memiliki *rated output* $2.0000 \pm 0.2 \text{mV/V}$, total error sebesar $\pm 0.2\% \text{F.S.}$ ^[3] Sensor ini sudah memiliki *digital output* dan juga sudah terkalibrasi, sehingga tidak memerlukan rangkaian konversi A/D.

Parameter yang paling penting dari strain gauge adalah sensitivitas dari strainnya, ditampilkan secara kuantitatif sebagai *gauge factor* (GF).^[8] *Gauge factor* sendiri dapat didefinisikan sebagai rasio dari pembagian perubahan didalam resistansi dengan pembagian perubahan dari panjang (strain):

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = \frac{\Delta R/R}{\epsilon} \quad (2.1)$$

Berdasarkan lampiran (C-1) didapatkan nilai error sensor sebesar 4% atau sama dengan 0,04 mV.

2.5 Akuisisi Data

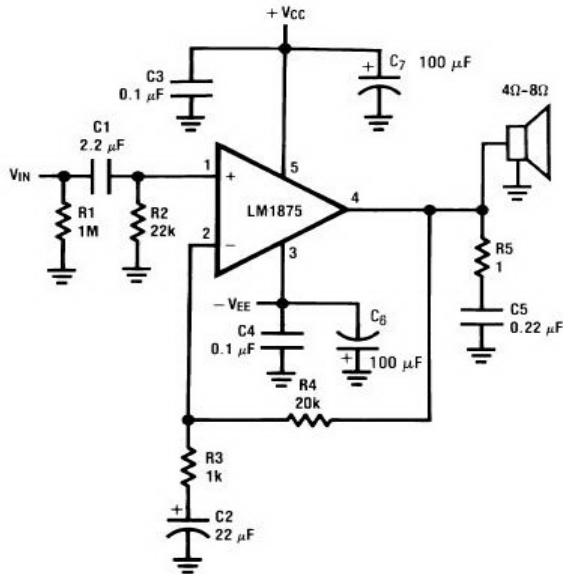
Keluaran yang dihasilkan oleh sensor massa (*load cell*) adalah berupa tegangan (mV), tetapi tegangan yang dikeluarkan oleh *load cell* sangat kecil, maka dari itu dibutuhkanlah penguat (*Amplifier*). Penguat operasional (Op- Amp) adalah rangkaian terpadu (IC) yang memiliki 5 buah terminal dasar. Dua terminal memiliki fungsi untuk catu daya, serta 2 yang lain digunakan untuk isyarat masukan yang berupa masukan membalik (-) dan masukan tak membalik (+) serta 1 terminal lagi berfungsi untuk keluaran.^[7]

Pada rangkaian penguat *load cell* menggunakan amplifier LC-620 yang dimana pada rangkaiannya tersusun atas 2 buah penguat. Tegangan yang dihasilkan dari rangkaian pada lampiran 2 bergantung pada nilai resistor serta selisih tegangan, dan persamaan yang dimaksud yaitu :

$$V_0 = (V_1 - V_2) \left(1 + \frac{R_1 + R_2}{R_g} \right) \quad (2.2)$$

Sedangkan untuk besar penguat R gainnya dirumuskan :

$$A = \left(1 + \frac{R_1 + R_2}{R_g} \right) \quad (2.3)$$



Gambar 2.4 Contoh rangkaian Amplifier^[10]

2.6 Arduino Mega

Arduino adalah sebuah mikrokontroler yang terdiri atas ATmega328 (data sheet), serta mikro *single board* yang bersiat *open-source*. Arduino mega memiliki 14 pin digital *input / output* pin (dimana 6 dapat digunakan sebagai *output* PWM, 54 pin *input/output*, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, *header* ICSP, dan tombol reset. Arduino mega berbeda dari semua papan sebelumnya dalam hal itu tidak menggunakan FTDI chip driver USB-to-serial. Sebaliknya, fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai versi R2) diprogram sebagai konverter USB-to-serial. ^[9] Berikut adalah spesifikasi dari Arduino mega 2560 yaitu:

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560 ^[9]

<i>Microcontroller</i>	ATmega2560
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limits)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 (of which 15 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	16
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	8 KB
<i>EEPROM</i>	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

**Gambar 2.5** Arduino mega ^[9]

Arduino mega mendapatkan daya atau *power supply* melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. *Power supply* eksternal (non-USB) didapat dari adaptor AC-DC (dinding-kutit) atau baterai arduino. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan *assembler* yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka (*libraries*) Arduino. Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan

mikrokontroler, sekaligus menawarkan berbagai macam kelebihan antara lain:

a. Murah

Arduino biasanya dijual di toko yang menyediakan komponen elektronik dan dengan harga yang relatif murah dengan harga antara 200 ribu hingga 750 ribuan rupiah harga ini lebih murah dibandingkan dengan mikrokontroler pro yang lainnya. Semua informasi mengenai arduino tersedia lengkap di website Arduino bahkan di website-website komunitas Arduino lainnya. Tidak hanya cocok untuk *Windows*, bahkan pada *operating system Linux* dapat dijalankan.

b. Mudah penggunaannya

Perlu diketahui bahwa pemrograman pada arduino mudah digunakan bagi pemula, dan cukup fleksibel bagi mereka yang sudah tingkat lanjut. Pada kalangan pengajar yaitu guru/dosen, arduino berbasis pada lingkungan pemrograman *Processing*, sehingga jika mahasiswa atau murid-murid terbiasa menggunakan *processing* tentu saja akan mudah menggunakan arduino.

c. Perangkat lunaknya *Open Source*

Perangkat lunak arduino IDE dipublikasikan sebagai perangkat lunak yang *Open Source*, tersedia bagi para pemrogram berpengalaman untuk dikembangkan secara lebih lanjut. Bahasanya dapat dikembangkan lebih lanjut melalui pustaka-pustaka *C++* yang berbasis pada bahasa *C* untuk AVR.

d. Perangkat kerasnya *Open Source*

Pada perangkat keras arduino menggunakan basis mikrokontroler ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA328 dan ATMEGA1280 (yang terbaru ATMEGA2560). Dengan demikian siapa saja dapat membuat perangkat keras arduino ini, apalagi *bootloader* tersedia langsung dari perangkat

lunak Arduino IDE-nya. Bisa juga menggunakan *breadboard* untuk membuat perangkat arduino beserta perifer-al-perifer-al lain yang dibutuhkan dalam pembuatannya.

2.7 LCD

LCD merupakan suatu kristal yang akan aktif apabila dihubungkan dengan tegangan. *Inputan* yang digunakan untuk mengendalikan modul ini berupa bus data dari sebuah mikrokontroler. LCD adalah komponen yang sering digunakan untuk memvisualisasikan suatu simbol, angka maupun huruf. LCD terdiri dari beberapa pin yang berfungsi untuk mengontrol pemakaiannya. LCD yang digunakan pada alat ini adalah M1632 atau 16 x 2 (enam belas karakter dengan dua baris).^[5]



Gambar 2.6 Contoh LCD 16X2 ^[5]

2.8 Power Supply

Pada timbangan digital *portable* ini, *power supply* yang digunakan adalah aki kering yang memiliki daya atau besaran tegangan sebesar 12V. *Power supply* yang digunakan adalah 24V. Maka dari itu harus menggunakan 2 buah aki kering sebagai *power supply*nya. *Power supply* sangat penting perannya untuk memberikan daya kepada perangkat elektronik yang ada pada rangkaian timbangan digital. Tegangan dari aki tersebut akan di jadikan 3 *output* yaitu + (positif), - (negatif), dan GND(*ground*).



Gambar 2.7 Aki kering 12V

2.9 Karakteristik Statik Instrumen Pengukuran

Karakteristik statik adalah sifat sebuah instrumen yang tidak bergantung pada waktu. Beberapa karakteristik statik instrumen yang sering digunakan adalah :

a. Error

Error pengukuran adalah selisih antara hasil pengukuran dan nilai sebenarnya dari kuantitas yang diukur. Pada sensor ada yang disebut error analog yaitu error yang didapatkan berdasarkan dari *data sheet* pabrikan sensor.

b. Range (*span*)

Range menyatakan jangkauan pengukuran sebuah instrumen. Sedangkan span adalah selisih nilai maksimum dan minimum yang dapat diukur oleh alat. Contoh: timbangan digital memiliki range 5 sampai 135 kg subdivision 0,1 kg, artinya kisaran pengukuran 5 sampai 135 kg, skala interval 0,1 kg.

c. Linieritas

Pengukuran yang ideal adalah jika hubungan antara *input* pengukuran (nilai sesungguhnya) dengan *output* pengukuran (nilai yang ditunjukkan alat ukur) adalah berbanding lurus, dan dinyatakan dalam persamaan garis sebagai berikut:

$$O_{\text{ideal}} = KI + a \quad (2.4)$$

dengan:

O = tegangan *output*

K = kemiringan garis

I = tegangan *input*

a = pembuat nol (*zero bias*)

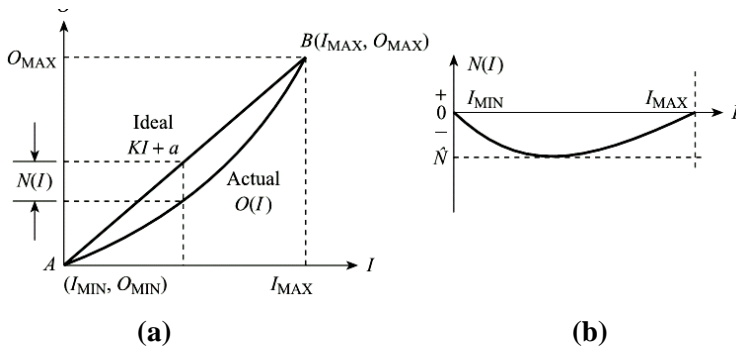
$$K = \frac{O_{\text{max}} - O_{\text{min}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}} \quad (2.5)$$

$$a = O_{\text{min}} - KI_{\text{min}} \quad (2.6)$$

Jika sebuah instrumen memiliki hubungan *input-output* tidak berupa garis lurus, penyimpangan dari garis lurus tersebut dikenal sebagai nonlinieritas. Seringkali nonlinieritas dinyatakan dalam nonlinieritas (N) maksimum dalam bentuk prosentase skala penuh, yaitu:

$$\hat{N} = \frac{[O - K + a]_{\text{m}}}{O_{\text{m}} - a - Q_{\text{m}} \quad i \quad n} \times 100 \quad (2.7)$$

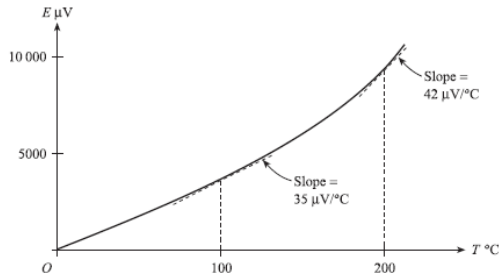
Sebuah alat ukur mempunyai nonlinieritas 1 % jika kurva hubungan *input* dan *output* berkelok menyimpang 1%. Bentuk nonlinieritas dapat berupa parabola, berkelok, lengkung dan sebagainya. *Control valve* linier pada 40 – 75 % bukaan, artinya hubungan sinyal *input* dengan aliran (*flow*) yang melalui *control valve* linier pada 40 – 75 %.



Gambar 2.8 Grafik hubungan I-O dari sensor (a) linieritas dan (b) nonlinieritas

d. Sensitivitas

Menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan “perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan” yaitu $\Delta O/\Delta I$. Untuk elemen linear dO/dI sama dengan *slope* atau gradien K dari garis linier. Sedangkan untuk elemen non-linier $dO/dI = K + dO/dI$. Dapat dilihat pada Gambar 2.7 Contohnya dalam beberapa sensor panas dapat memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan “satu volt per derajat”, yang berarti perubahan satu derajat pada masukan akan menghasilkan perubahan satu volt pada keluarannya. Sensor panas lainnya dapat saja memiliki kepekaan “dua volt per derajat”, yang berarti memiliki kepekaan dua kali dari sensor yang pertama. Linieritas sensor juga mempengaruhi sensitivitas dari sensor. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama (konstan) untuk jangkauan pengukuran keseluruhan, yaitu sama dengan kemiringan garis.

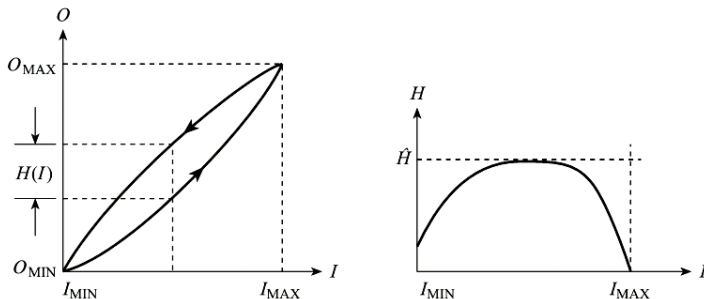


Gambar 2.9 Grafik sensitivitas.

e. Histeresis

Histeresis (H) menunjukkan perbedaan nilai *output* pembacaan saat menggunakan nilai *input* naik (dari rendah ke tinggi), dengan nilai *output* pembacaan saat menggunakan nilai *input* turun (dari tinggi ke rendah). Histeresis biasanya dinyatakan dalam histeresis maksimum dalam bentuk prosentase skala penuh, yaitu:

$$\hat{H} = \frac{O_{I\downarrow} - O_{I\uparrow}}{O_{\text{max}} - O_{\text{min}}} 100\% \quad (2.8)$$



Gambar 2.10 Grafik histeresis

f. Efek Lingkungan

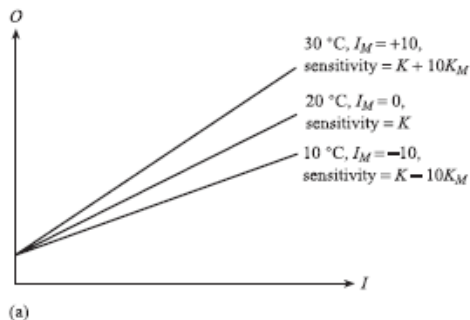
Secara umum, *output* (O) tidak bergantung hanya pada sinyal *input* (I) tetapi juga bergantung pada *input* dari lingkungan seperti suhu, tekanan atmosfer, kelembaban, tegangan suplai, dan sebagainya. Ada dua tipe *input* dari lingkungan, yaitu *modifying input* dan *interfering input*.

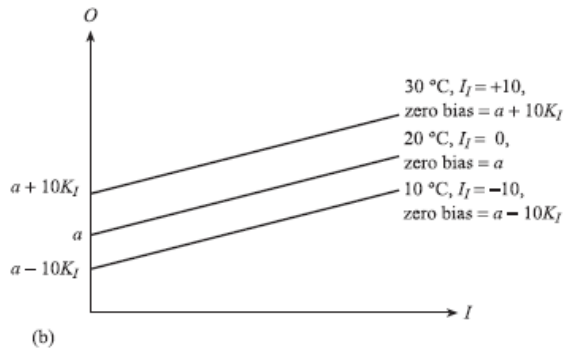
Modifying input I_M menyebabkan sensitivitas linear sistem berubah. K adalah sensitivitas pada kondisi standar ketika $I_M = 0$. Jika *input* diubah dari nilai standar, maka I_M mengalami penyimpangan dari kondisi standar. Sensitivitas berubah dari K menjadi $K + K_M I_M$, dimana K_M adalah perubahan kepekaan terhadap perubahan unit I_M . Gambar 4 (a) menunjukkan efek dari modifikasi suhu sekitar pada elemen linier.

Interfering input I_I menyebabkan *zero bias* berubah. a adalah *zero bias* pada kondisi standar ketika $I_I = 0$. Jika *input* diubah dari nilai standar, maka I_I mengalami penyimpangan dari kondisi standar. *Zero bias* berubah dari a menjadi $a + K_I I_I$, dimana K_I adalah perubahan *zero bias* untuk unit perubahan di I_I . Gambar 4 (b) menunjukkan efek dari gangguan suhu sekitar pada elemen linier.

Dengan demikian :

$$O = KI + a + N(I) + K_M I_M I + K_I I_I \quad (2.9)$$





Gambar 2.11 (a) grafik *modifying* dan (b) grafik *interfering Input*

g. Akurasi

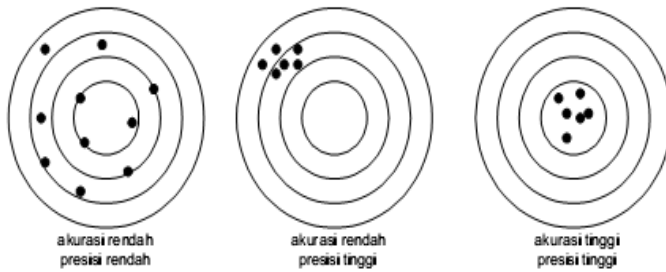
Akurasi adalah suatu ketepatan sebuah alat ukur dalam memberikan hasil pengukuran. Keakuratan sebuah sensor dinyatakan oleh suatu nilai ketakakuratan. Maksud dari ketakakuratan yaitu selisih maksimum dari nilai keluaran sensor dengan nilai masukan yang sesungguhnya.

$$\text{Akurasi} = \left| 1 - \frac{\text{Nilai standar} - \text{Nilai Pengukuran}}{\text{Nilai standar}} \right| \times 100\% \quad (2.10)$$

h. Presisi (*repeatability*)

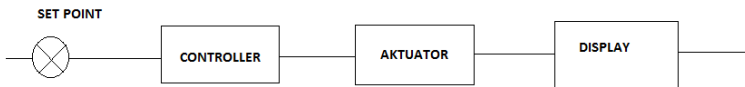
Presisi adalah kemampuan dari suatu alat ukur untuk memberikan pembacaan yang sama ketika dilakukan pengukuran dengan besaran yang sama dan dilakukan secara berulang pada kondisi yang sama. Dengan kata lain presisi menunjukkan tingkat ketelitian dari suatu alat ukur.

$$\text{Presisi} = \frac{x_n - \bar{x}_n}{x_n} \times 100\% \quad (2.11)$$



Gambar 2.12 Perbandingan antara akurasi dan presisi

2.10 Dasar Sistem Pengendalian

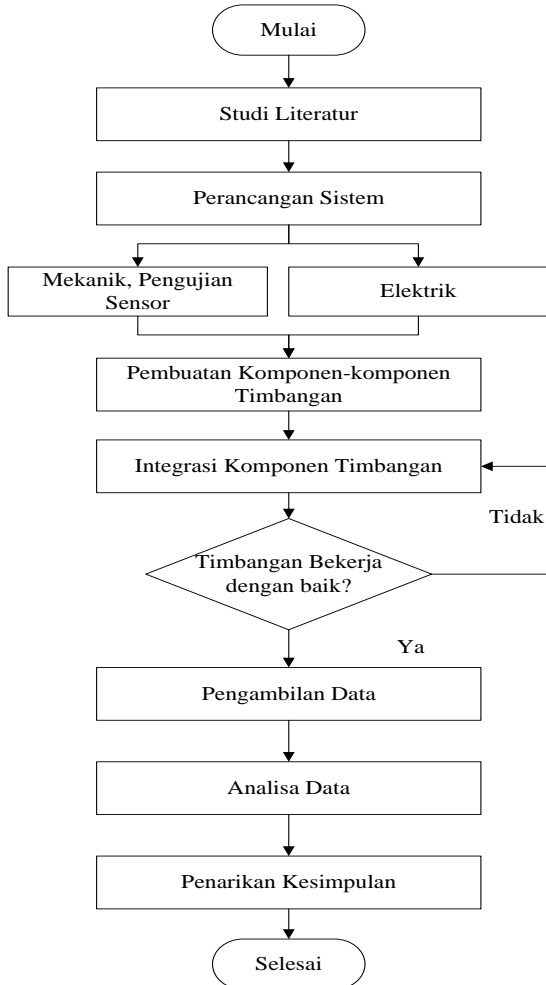


Gambar 2.13 Diagram blok sistem pengendalian

Pada proses pengendalian yang ada pada timbangan digital portable ini menggunakan pengendalian *open loop*, keluarannya tidak mempengaruhi *input*, atau dengan kata lain sistem *open loop* keluarannya tidak dapat digunakan sebagai perbandingan umpan balik dengan *inputnya*. Sehingga diagram blok yang sesuai dengan proses dari timbangan digital terdapat pada gambar 2.6.

BAB III METODOLOGI

Dalam melaksanakan penelitian ini, digunakan tahapan metodologi secara umum sebagai berikut:

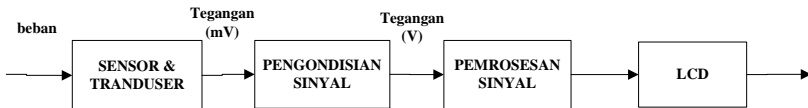


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

Pada tahap awal ini dimulai dengan studi literatur yang dimana pada bagian ini, berisi tentang upaya pemahaman materi penunjang bagi tugas akhir mengenai rancang bangun timbangan digital *portable* dengan menggunakan sensor berat *load cell*. Serta mengetahui proses data keluaran dari *load cell*, dan juga prinsip kerja *load cell*. Literatur yang digunakan didapatkan dari buku-buku pendukung serta internet sebagai media penunjang bagi tugas akhir ini.

3.1 Perancangan Sistem

Berdasarkan studi literatur dilakukan perancangan sistem timbangan digital *portable*, sebagaimana ditunjukkan pada diagram blok gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram blok perancangan sistem timbangan digital *portable*

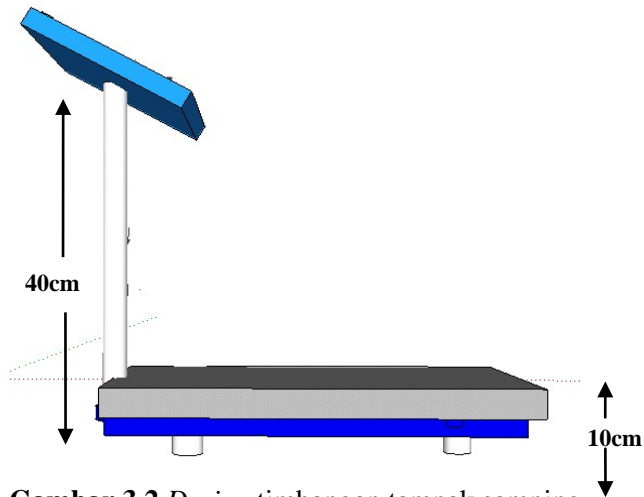
Dari diagram blok tersebut terdapat 4 komponen utama penyusun yaitu sensor dan transduser, pengondisian sinyal, pemrosesan sinyal, dan *display*. Fungsi dari sensor dan transduser adalah menerima masukan berupa berat kemudian dikonversikan melalui keluaran berupa tegangan (mV). Pada pengondisian sinyal keluaran dari sensor yang berupa tegangan (mV), diubah menjadi tegangan (V), dan keluaran tersebut diterima dan diolah kemudian ditampilkan melalui *display*. Dalam tugas akhir ini difokuskan pada perancangan sistem sensor dan transduser. Cara kerja sensor yaitu *load cell* mendapat inputan berupa beban. Beban tersebut akan menimbulkan perubahan bentuk elastis dan akan menimbulkan regangan, kemudian regangan akan dikonversi oleh *strain gauge* menjadi tegangan (mV). Pada perancangan

sistem ini meliputi pembuatan *hardware* dan *software* dan kemudian diintegrasikan ke Arduino.

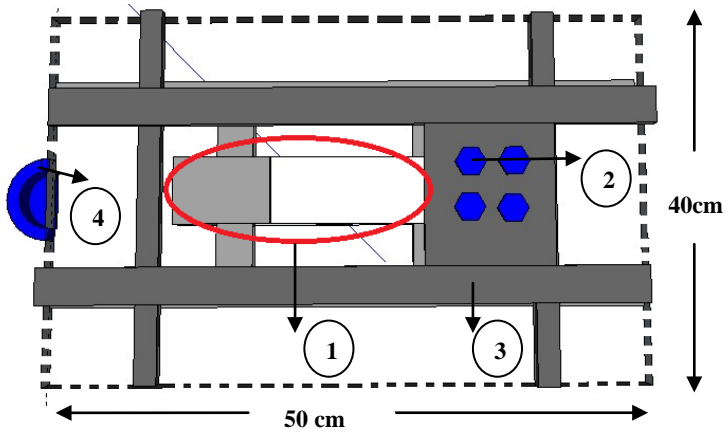
3.1.1 Perancangan *hardware*

Pada tugas akhir timbangan ini yang termasuk *hardware* adalah dari pembuatan rangka timbangan, sensor yang digunakan, serta perangkat lain yang menyusun timbangan. Perancangan *hardware* dimulai dengan membuat *design* yang sesuai dan aman untuk timbangan. Merancang penempatan sensor yang tepat pada timbangan. Memilih bahan yang kuat dan aman untuk rangka timbangan.

Pada tugas akhir ini yang menjadi fokus utama adalah sensor yang digunakan pada timbangan digital *portable* ini. Sensor yang dipilih untuk digunakan dalam tugas akhir timbangan digital *portable* adalah sensor *load cell single point type* SP3 yang memiliki kapasitas maksimum 200 kg. Sensor tersebut memiliki sensitivitas perubahan terhadap massa per 1kg, memiliki tingkat akurasi yang tinggi, dan juga tingkat kepresisian dari sensor mencapai 98%. Berikut adalah *design* rangka timbangan dan hasil timbangan yang jadi yaitu :



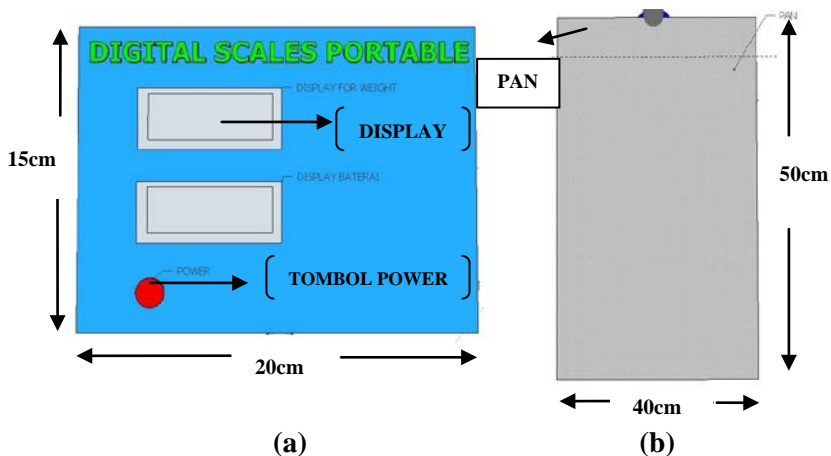
Gambar 3.2 *Design* timbangan tampak samping



Gambar 3.3 *Design* bagian dalam timbangan tampak atas (1) sensor, (2) pengait, (3) rangka, (4) tempat tiang penyangga



Gambar 3.4 Rancang bangun timbangan digital *portable* bagian dalam tampak atas



Gambar 3.5 Design timbangan (a) display timbangan, (b) alas timbangan

3.1.2 Perencanaan Software

Pada perencanaan software ini arahnya lebih ke elektrik. Yang dimana pada bagian ini merancang sebuah *amplifier* yang berfungsi untuk menguatkan tegangan yang keluar dari *load cell* agar dapat diproses di mikrokontroler Arduino. Dan juga membuat rangkaian *voltage divider*, agar membagi tegangan yang berasal dari *supply* agar menjadi tegangan yang dibutuhkan oleh Arduino. Setelah rangkaian *amplifier* dan rangkaian *voltage divider* dibuat maka saatnya penggabungan antara sensor *load cell*, *amplifier*, dan *voltage divider* digabungkan, agar dapat menguji berat sampel yang akan diukur. Setelah sensor mendapat *supply* maka uji sampel dapat berjalan. Dan kemudian hasil dari pengujian tadi di tampilkan pada layar LCD.

3.2 Pengambilan dan Pengolahan Data

Pada bagian pengambilan data dilakukan uji dengan menggunakan anak timbangan yang dimulai dari berat 0 kg-135 kg dan diukur apakah sudah sesuai dengan beratnya, dan pada pengujian ini juga di lakukan pengujian untuk kalibrasi

timbangan dan menguji sensor apakah telah sesuai dengan yang telah diperhitungkan. Pada tahap awal pengujian sensor dihubungkan dengan menggunakan *supply* aki 12V dan multimeter. Kemudian dilihat dan dicatat besar keluaran dari sensor apabila diberikan beban sebesar 0-135kg. Dilakukan 3 kali pembacaan berulang untuk kondisi naik dan kondisi turun. Data yang telah terkumpul diproses untuk diketahui apakah keluaran sensor telah memenuhi kriteria yang diinginkan atau tidak.

Data setelah diperoleh diolah untuk dicari error, akurasi, presisi, linieritas, sensitifitas dan histerisisnya. Untuk mencari error dari data yang telah diambil dapat mengacu pada data standar pada data *sheet* setelah mencari error kemudian mencari hubungan linieritas antara *input* dan *output* dari sensor menggunakan persamaan (2.4) sampai dengan persamaan (2.6). Setelah diketahui perhitungan linieritasnya dibuat grafik yang mengacu pada **gambar 2.6**. untuk mengolah data histeresis menggunakan persamaan (2.8).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancang Bangun

Telah dibangun timbangan digital *portable* sesuai dengan hasil rancangan yang menggunakan sensor berat *load cell* yang mampu menimbang dengan beban dari 0kg sampai dengan beban maksimum 135kg. Sebagaimana tampak pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Timbangan digital *portable*

4.2 Pengujian Sensor

Pengujian pada sensor *load cell* ini dilakukan untuk mengetahui performa dari sensor terhadap berat. Sensor diuji dengan diberikan tegangan dari *power supply* 12V, dan diberi beban dimulai dari 0kg-135kg. Pengujian untuk masing-masing massa dilakukan sebanyak 3 kali pembacaan berulang dan diambil nilai rata-ratanya. Hasil uji sensor *load cell* dengan cara pengukuran naik dilaporkan pada tabel 4.1 . Hasil uji sensor *load cell* dengan cara pengukuran turun dilaporkan pada tabel 4.2

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor *Load Cell* Naik dengan Data Standar dan Pengukuran

Massa naik (kg)	Output standar (mV)	Output naik (mV)	Simpangan (mV)	Massa naik (kg)	Output standar (mV)	Output naik (mV)	Simpangan (mV)
0	0	0,24	-0,24	70	7,25	7,22	0,03
5	0,75	0,72	0,03	75	7,75	7,74	0,01
10	1,25	1,20	0,05	80	8,25	8,24	0,01
15	1,75	1,70	0,05	85	8,75	8,72	0,03
20	2,25	2,16	0,09	90	9,25	9,24	0,01
25	2,75	2,66	0,09	95	9,75	9,74	0,01
30	3,25	3,24	0,01	100	10,25	12,4	-0,01
35	3,75	3,75	0,03	105	10,75	10,76	-0,01
40	4,25	4,26	-0,01	110	11,25	11,24	0,01
45	4,75	4,74	0,01	115	11,75	11,76	-0,01
50	5,25	5,22	0,03	120	12,25	12,24	0,01
55	5,75	5,74	0,01	125	12,75	12,76	-0,01
60	6,25	6,26	-0,01	130	13,25	13,26	-0,01
65	6,75	6,74	0,01	135	13,75	13,76	-0,01
Rata-rata simpangan							0,02

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor *Load Cell* Turun Dengan Data Standart dan Pengukuran

Massa turun (kg)	Output standar (mV)	Output turun (mV)	Simpangan (mV)
0	0	0,24	-0,24
5	0,75	0,72	0,03
10	1,25	1,20	0,05
15	1,75	1,70	0,05
20	2,25	2,16	0,09
25	2,75	2,66	0,09
30	3,25	3,24	0,01
35	3,75	3,75	0,03
40	4,25	4,26	-0,01
45	4,75	4,74	0,01
50	5,25	5,22	0,03
55	5,75	5,74	0,01
60	6,25	6,26	-0,01
65	6,75	6,74	0,01

Massa turun (kg)	Output standar (mV)	Output turun (mV)	Simpangan (mV)
70	7,25	7,22	0,03
75	7,75	7,74	0,01
80	8,25	8,24	0,01
85	8,75	8,72	0,03
90	9,25	9,24	0,01
95	9,75	9,74	0,01
100	10,25	12,4	-0,01
105	10,75	10,76	-0,01
110	11,25	11,24	0,01
115	11,75	11,76	-0,01
120	12,25	12,24	0,01
125	12,75	12,76	-0,01
130	13,25	13,26	-0,01
135	13,75	13,76	-0,01
Rata-rata simpangan			0,02

Berdasarkan pengukuran pada lampiran (D-1) didapatkan nilai error analog sebesar 4%, dan dari perhitungan error pada hasil pengukuran didapatkan hasil error sebesar 1,82%. Maka sensor masih dalam batas toleransi error dari data standarnya. Untuk error pada range pengukuran < 50kg dan > 50kg didapatkan hasil sebesar 1,82%.

4.3 Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor ini disangat dibutuhkan, karena dibutuhkan keluaran dari sensor yang telah sesuai dengan keluran yang

ditetapkan. Hasil pengujian ini merupakan kalibrasi dari sensor *load cell*. Adapun perhitungan kalibrasi pada sensor dimulai dari mencari *span* sebagai berikut:

Span = nilai maksimum – nilai minimum

Span = 135kg – 0kg

Span = 135 kg

Setelah mendapatkan hasil dari *span(range)* yaitu **135kg**, kemudian mencari nilai akurasi dan presisi dari sensor. Perhitungan akurasi menggunakan persamaan (2.10, 2.11) didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \left| 1 - \frac{\text{Nilai standar} - \text{Nilai Pengukuran}}{\text{Nilai standar}} \right| \times 100\%$$

Akurasi = 98%

Sedangkan untuk perhitungan presisi sebagai berikut:

$$\text{Presisi} = \frac{\sum (x_n - \bar{x}_n)^2}{\sum x_n} \times 100\%$$

Presisi = 99,1%

Untuk sensitifitas dari sensor yaitu terjadi perubahan pada beban 100gram. Untuk linieritas dari sensor terdapat pada persamaan (2.4, 2.5, 2.6) dan perhitungannya sebagai berikut:

$$K = \frac{O_{\max} - O_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}$$

$$K = \frac{16,7 - 0,3}{135 - 0}$$

K = 0,12148

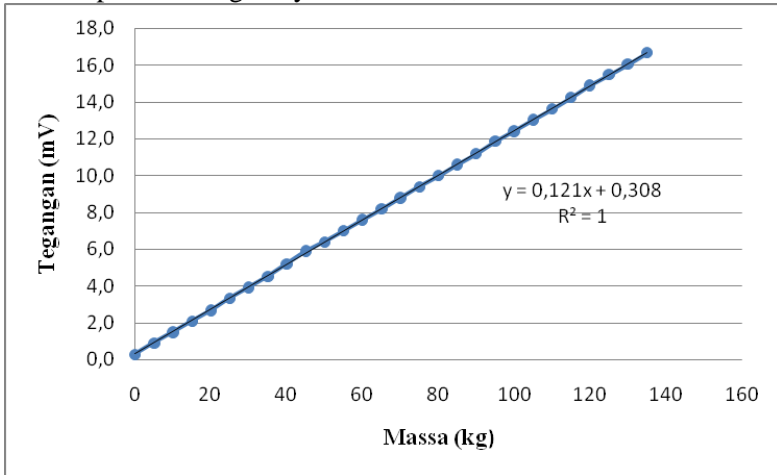
$$O_{\text{ideal}} = KI + a$$

$$O_{\text{ideal}} = 0,12148 \times I_{\min} + a$$

$$0,3 = 0,12148 \times (0) + a$$

$$a = 0,3$$

berdasarkan perhitungan linieritas didapatkan grafik pada gambar 4.2 dan persamaan garis $y = 0,121x + 0,308$.



Gambar 4.2 Grafik linieritas

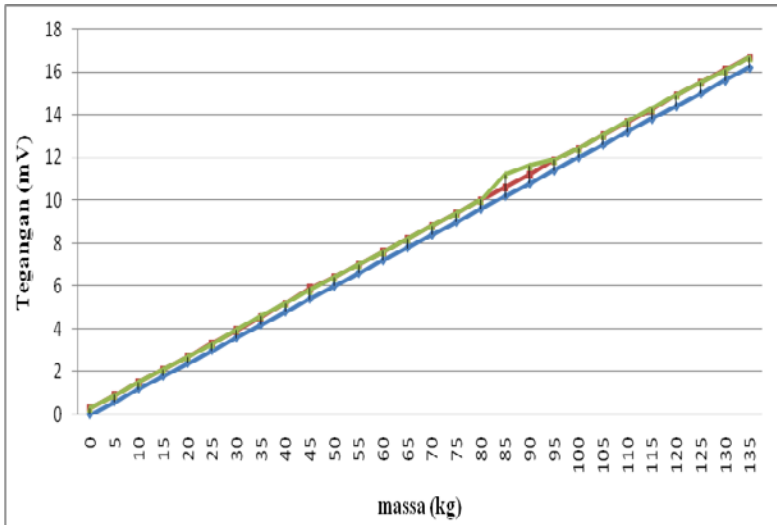
Pada perhitungan histeresis dari sensor dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.8) sebagai yaitu berikut:

$$\hat{H} = \frac{|OI \downarrow - OI \uparrow|}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$\hat{H} = \frac{|0,1 - 1,0|}{16,7 - 0,3} \times 100\%$$

$$\hat{H} = 5,487\%$$

Didapatkan hasil sebesar **5,48%** dan untuk grafik histeresisnya tampak pada gambar 4.3. Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan pada sensor *load cell* didapatkan kesimpulan bahwa sensor tersebut cocok digunakan pada timbangan digital *portable* yang dirancang.



Gambar 4.3 Grafik histeresis

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisa data, maka dapat ditarik kesimpulan pada tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

- Telah berhasil dibuat timbangan digital *portable* menggunakan sensor *load cell single point* dengan kapasitas maksimum beban 135kg dan dilengkapi LCD 16X2, keypad 3X4, *zero calibration*, dan juga *interface* dengan menggunakan PC untuk mempermudah pengambilan data.
- Hasil pengujian dan pengolahan data dari sensor *load cell* didapatkan nilai error sebesar 1,82%, akurasi sebesar 98% dan presisi sebesar 99,1%.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bannuh. 2012. Karya Tulis Timbangan Digital, <URL: <http://bannuntahtoh.wordpress.com/2012/06/24/karya-tulis-timbangan-digital/>>.
- [2] wikipedia. 2014. Timbangan, <URL: <http://id.wikipedia.org/wiki/Timbangan>>.
- [3] http://arduino.or.id/hardware/detail_hardware/8, (diakses 20 Januari 2014)
- [4] Sumari. 2014. Macam-macam jenis timbangan dan penggunaannya,<URL:<http://alat2xukur.wordpress.com/2011/01/04/macam-macam-jenis-timbangan-dan-penggunaannya/>>
- [5] EngineersGarage. 2012. Data sheet LCD 16X2. <URL:<http://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet>>
- [6] Fajran. 2013. < URL:<http://www.fajranrachman.com/jual-timbangan-duduk-digital-murah-di-medan/>>
- [7] <http://arduino.cc> (15 Juni 2014)
- [8] Bentley, John P. 2005. *Principles of Measurement Systems. England. Pearson Education*
- [9] Fraden, Jacob. 2004. *Handbook of modern sensors : physics, designs, and applications. San Diego. AIP Press*
- [10] Fisis, Asisten. 2013. Modul Sistem Pengukuran D3. Teknik Fisika.
- [11] Ratna, Dyah. 2013. Tugas Akhir, Program Studi D3 Instrumentasi: Rancang Bangun Sistem Pengukuran Berat Sampel Uji pada *Salt Spray Chamber*. Surabaya : FTI ITS SURABAYA
- [12] Erlangga, Willy. 2011. Tugas Akhir, Program Studi D3 Teknik Elektro: Rancang Bangun Timbangan Digital dengan Pemilihan Jenis Buah. Malang : Universitas Negeri Malang

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 05 nopember 1993. Saat ini penulis bertempat tinggal di Jl. Raya Soekarno Hatta no. 61, Kec. Sukabumi, Kota Probolinggo. Pada tahun 2005 penulis telah menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Sukabumi V Probolinggo. Pada tahun 2008 menyelesaikan pendidikan menengah di SMPN 2 Kota Probolinggo. Tahun 2011 telah menempuh studi SMAN 2 Probolinggo. Pada tahun 2014 telah menempuh pendidikan D3 di Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Semasa kuliah aktif dalam organisasi ITS dan menjabat sebagai staff Himpunan Teknik Fisika. Untuk pertanyaan mengenai tugas akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email windha.tf@gmail.com

LAMPIRAN A

LISTING PROGRAM ARDUINO 2560

```
//baterai A4
//output loadcell A1
//dari nomor 22 (kabel merah) keypad

#include <Keypad.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <LCDKeypad.h>

LCDKeypad lcd;

const byte rows = 4; //four rows
const byte cols = 3; //three columns
char keys[rows][cols] = {
  {'1','2','3'},
  {'4','5','6'},
  {'7','8','9'},
  {'*','0','#'}
};
byte rowPins[rows] = {22, 24, 26, 28}; //connect to the row
pinouts of the keypad
byte colPins[cols] = {30, 32, 34}; //connect to the column pinouts
of the keypad
Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins,
rows, cols );

const int analogInPin = A4;
const int analogInPins = A5; // Analog input pin that the
potentiometer is attached to
//const int analogOutPin = 9; // Analog output pin that the LED is
attached to
const int analogInPin1 = A1;

int sensorValue = 0;
```

```
int sensorValues = 0;// value read from the pot
int outputValue = 0;    // value output to the PWM (analog out)
int berat = 0;
float berat1 = 0;
int berat1 = 0;
int beratn = 0;
int berattes1 = 0;
int berattes2 = 0;
int a = 0;
int k = 0;
int l = 0;
int zc = 0;
int zc1 = 0;
char key;
char keysss;
long harga;
long kali;

void setup() {
  // initialize serial communications at 9600 bps:
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.clear();
  //pinMode(analogInPin, INPUT);
  //pinMode(analogInPin1, INPUT);
  //digitalWrite(analogInPin, LOW);
  //digitalWrite(analogInPin1, LOW);
}

void loop() {
  //key = '';
  key = keypad.getKey();
  if(key == '*' || key == '#' || key == '1' || key == '2' || key == '3' ||
  key == '4' || key == '5' || key == '6' || key == '7' || key == '8' || key
  == '9' || key == '0')
  {
```



```

    keysss = key;
}
//Serial.println(key);
l = l + 1;
if(l == 10)
{
    l = 0;
// read the analog in value:
sensorValue = analogRead(analogInPin);
sensorValues = analogRead(analogInPins);
berat = analogRead(analogInPin1);
/*
berat = berat + 1;
if (berat == 800)
{
    berat = 0;
}
*/
berat1 = ((0.0000000000000647*berat*berat*berat*berat*berat) -
(0.000000001351*berat*berat*berat*berat) +
(0.000001024*berat*berat*berat) - (0.0003429*berat*berat) +
(0.2115*berat) + (1.165));
/*
if(berat1 < 1.165)
{
    berat1 = 0;
}
if(berat1 <= 9 && berat1 > 1.165)
{
    berat1 = berat1 + 1;
}
if(berat1 > 135)
{
    berat1 = berat1 + 1;
}
*/

```

```

berati = berat1*10;
beratn = (int)berat1;
beratn = beratn*10;
beratn = berati-beratn;
berati = berati/10;
// map it to the range of the analog out:
//outputValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255);
// change the analog out value:
//analogWrite(analogOutPin, outputValue);
outputValue      =      ((sensorValue*10/102));      //+
(sensorValues*10/102))/2;
// print the results to the serial monitor:
//Serial.print("sensor = " );
///Serial.println(sensorValue);
//Serial.print("\t output = ");
//Serial.println(outputValue);
a = a + 1;
berattes1 = berattes1 + berati;
berattes2 = berattes2 + beratn;

if(a == 5)
{
berattes1 = berattes1 / 5;
berattes2 = berattes2 / 5;

berattes1 = berattes1 - zc;
berattes2 = berattes2 - zc1;
if(berattes1 < 1.165)
{
berattes1 = 0;
berattes2 = 0;
}
if(berattes1 <= 9 && berattes1 > 1.165)
{
berattes1 = berattes1 + 1;
}
}

```

```
if(berattes1 > 135)
{
  berattes1 = berattes1 + 1;
}
Serial.print(berat);
Serial.print(",");
Serial.print(berattes1);
Serial.print(".");
Serial.println(berattes2);
if(k == 0)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Berat : ");
  lcd.print(berattes1, DEC);
  lcd.print(".");
  lcd.print(berattes2, DEC);
  lcd.print("Kg");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("*=Btry #=Hrg 0=z");
  if(keysss == '*')
  {
    k = 1;
    keysss = ' ';
  }
  if(keysss == '#')
  {
    k = 2;
    keysss = ' ';
  }
  if(keysss == '0')
  {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Zero Calibration");
    zc = berattes1;
```

```
    zc1 = berattes2;
    keysss = ' ';
}
}
if(k == 1)
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Baterai : ");
    lcd.print(outputValue, DEC);
    lcd.print(" %");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("*=Hrg #=Br");
    if(keysss == '*')
    {
        k = 2;
        keysss = ' ';
    }
    if(keysss == '#')
    {
        k = 0;
        keysss = ' ';
    }
}
if(k == 2)
{
    harga = (berattes1 * kali * 1000) + (berattes2 * kali * 100);
    if(harga < 0)
    {
        harga = -harga;
    }
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Hrg : ");
    lcd.print(harga, DEC);
    lcd.setCursor(0,1);
```

```

lcd.print("*=Brt #=Btry 0");
if(keysss == '*')
{
k = 0;
keysss = ' ';
}
if(keysss == '#')
{
k = 1;
keysss = ' ';
}
if(keysss == '0')
{
k = 3;
keysss = ' ';
}
}
if(k == 3)
{
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Set : ");
lcd.print(kali);
lcd.print(" rb/Kg");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("*=set");
if(keysss == '1' || keysss == '2' || keysss == '3' || keysss == '4' ||
keysss == '5' || keysss == '6' || keysss == '7' || keysss == '8' ||
keysss == '9' || keysss == '0')
{
kali = keysss - '0';
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Set : ");
lcd.print(kali);
lcd.print(" rb/Kg");
}
}

```

```
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("*=set");
}
if(keysss == '*')
{
    k = 2;
    keysss = ' ';
}
if(keysss == '#')
{
    k = 3;
    keysss = ' ';
}
}
//Serial.print(berati, DEC);
//Serial.print(".");
//Serial.println(beratn, DEC);
//lcd.clear();
// wait 2 milliseconds before the next loop
// for the analog-to-digital converter to settle
// after the last reading:
berattes1 = 0;
berattes2 = 0;
a = 0;
}
}
delay(10);
}
```

LAMPIRAN B GAMBAR ALAT



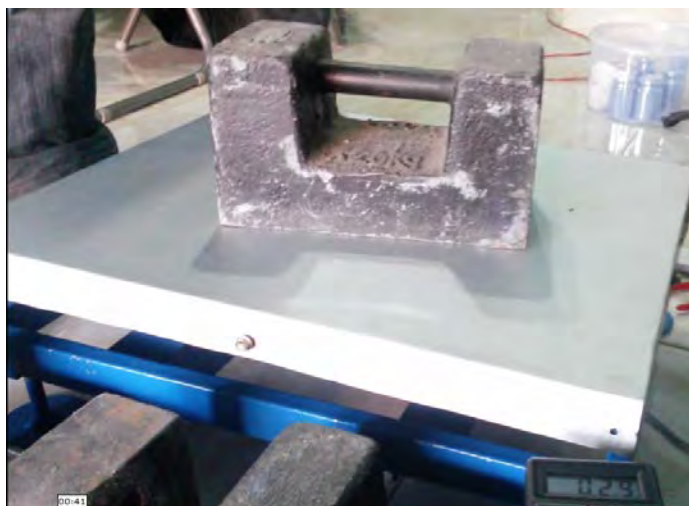
Gambar Pengujian timbangan tanpa beban



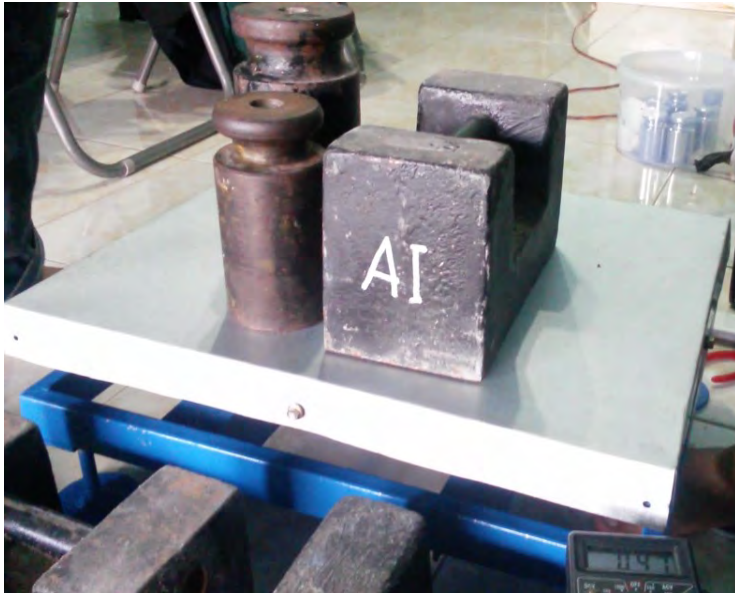
Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 5kg



Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 15kg



Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 20kg



Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 35kg



Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 50kg



Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 80kg

LAMPIRAN C SPESIFIKASI SENSOR

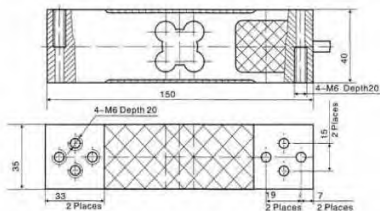


ANALOG LOAD CELL
SINGLE POINT TYPE MODEL : SP 3

ALUMINUM - ALLOY MATERIAL WITH
COLORLESS ANODIZED
CAN USED FOR PLATFORM SCALE
LIKE BENCH SCALE
RECOMMEND PLATFORM SIZE :
400 X 400 MM



OUTLINE DIMENSION IN (mm)



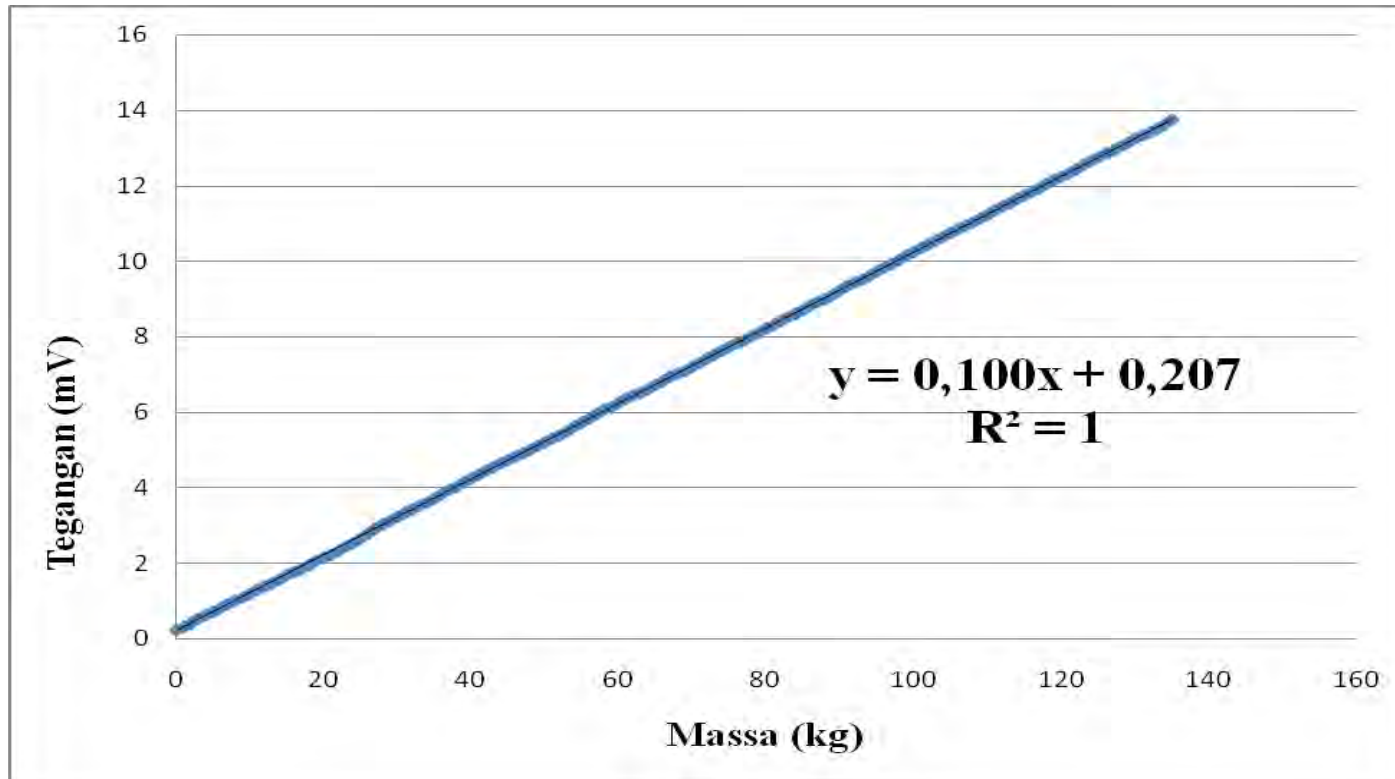
Technical Parameter

Rated Load	50kg,60kg,100kg,150kg,200kg,300kg
Rated Output	2.0000±0.2mV/V
Total Error	±0.02%F.S
Creep(30minutes)	±0.02%F.S
Recommended Excitation Voltage	5V ~ 12V(DC)
Maximum Excitation Voltage	18V(DC)
Zero Balance	±2%F.S
Input Impedance	406±6Ω
Output Impedance	350±3Ω
Insulation Impedance	≥5000MΩ
Safe Overload	150%F.S
Ultimate Overload	200%F.S
Operating Temperature Range	(-35 ~ +65)°C
Compensated Temperature Range	(-10 ~ +40)°C
Temperature Effect On Load	±0.02%F.S/10°C
Temperature Effect On Zero	±0.02%F.S/10°C
Construction	Aluminum-Alloy
Protection Class	IP65
Citation	GB/T7551-2008/OIML R60
Mode of Connection	Input+:Red Input:-:Black Output+:Green Output:-:White

LAMPIRAN D
DATA PENGUKURAN

Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)	Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)	Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)
0	0,24	0,25	0,01	26	2,8	2,85	0,05	52	5,4	5,45	0,05
1	0,32	0,35	0,03	27	2,94	2,95	0,01	53	5,5	5,55	0,05
2	0,42	0,45	0,03	28	3,04	3,05	0,01	54	5,64	5,65	0,01
3	0,54	0,55	0,01	29	3,14	3,15	0,01	55	5,74	5,75	0,01
4	0,64	0,65	0,01	30	3,24	3,25	0,01	56	5,84	5,85	0,01
5	0,72	0,75	0,03	31	3,34	3,35	0,01	57	5,96	5,95	-0,01
6	0,82	0,85	0,03	32	3,44	3,45	0,01	58	6,08	6,05	-0,03
7	0,94	0,95	0,01	33	3,54	3,55	0,01	59	6,14	6,15	0,01
8	1,02	1,05	0,03	34	3,62	3,65	0,03	60	6,26	6,25	-0,01
9	1,1	1,15	0,05	35	3,72	3,75	0,03	61	6,38	6,35	-0,03
10	1,2	1,25	0,05	36	3,84	3,85	0,01	62	6,46	6,45	-0,01
11	1,32	1,35	0,03	37	3,96	3,95	-0,01	63	6,52	6,55	0,03
12	1,4	1,45	0,05	38	4,04	4,05	0,01	64	6,62	6,65	0,03
13	1,48	1,55	0,07	39	4,16	4,15	-0,01	65	6,74	6,75	0,01
14	1,58	1,65	0,07	40	4,26	4,25	-0,01	66	6,84	6,85	0,01
15	1,7	1,75	0,05	41	4,36	4,35	-0,01	67	6,96	6,95	-0,01
16	1,78	1,85	0,07	42	4,46	4,45	-0,01	68	7,04	7,05	0,01
17	1,86	1,95	0,09	43	4,56	4,55	-0,01	69	7,1	7,15	0,05
18	1,96	2,05	0,09	44	4,66	4,65	-0,01	70	7,22	7,25	0,03
19	2,08	2,15	0,07	45	4,74	4,75	0,01	71	7,32	7,35	0,03
20	2,16	2,25	0,09	46	4,84	4,85	0,01	72	7,44	7,45	0,01
21	2,24	2,35	0,11	47	4,92	4,95	0,03	73	7,54	7,55	0,01
22	2,34	2,45	0,11	48	5,02	5,05	0,03	74	7,64	7,65	0,01
23	2,46	2,55	0,09	49	5,12	5,15	0,03	75	7,74	7,75	0,01
24	2,54	2,65	0,11	50	5,22	5,25	0,03	76	7,84	7,85	0,01
25	2,66	2,75	0,09	51	5,32	5,35	0,03	77	7,92	7,95	0,03

Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)	Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)	Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)
78	8,02	8,05	0,03	104	10,66	10,65	-0,01	130	13,26	13,25	-0,01
79	8,12	8,15	0,03	105	10,76	10,75	-0,01	131	13,34	13,35	0,01
80	8,24	8,25	0,01	106	10,86	10,85	-0,01	132	13,42	13,45	0,03
81	8,32	8,35	0,03	107	10,96	10,95	-0,01	133	13,52	13,55	0,03
82	8,44	8,45	0,01	108	11,04	11,05	0,01	134	13,64	13,65	0,01
83	8,54	8,55	0,01	109	11,14	11,15	0,01	135	13,76	13,75	-0,01
84	8,62	8,65	0,03	110	11,24	11,25	0,01				
85	8,72	8,75	0,03	111	11,36	11,35	-0,01				
86	8,84	8,85	0,01	112	11,46	11,45	-0,01				
87	8,94	8,95	0,01	113	11,54	11,55	0,01				
88	9	9,05	0,05	114	11,66	11,65	-0,01				
89	9,12	9,15	0,03	115	11,76	11,75	-0,01				
90	9,24	9,25	0,01	116	11,84	11,85	0,01				
91	9,36	9,35	-0,01	117	11,94	11,95	0,01				
92	9,44	9,45	0,01	118	12,06	12,05	-0,01				
93	9,52	9,55	0,03	119	12,16	12,15	-0,01				
94	9,62	9,65	0,03	120	12,24	12,25	0,01				
95	9,74	9,75	0,01	121	12,34	12,35	0,01				
96	9,84	9,85	0,01	122	12,44	12,45	0,01				
97	9,94	9,95	0,01	123	12,56	12,55	-0,01				
98	10,04	10,05	0,01	124	12,66	12,65	-0,01				
99	10,16	10,15	-0,01	125	12,76	12,75	-0,01				
100	10,26	10,25	-0,01	126	12,86	12,85	-0,01				
101	10,36	10,35	-0,01	127	12,94	12,95	0,01				
102	10,46	10,45	-0,01	128	13,04	13,05	0,01				
103	10,56	10,55	-0,01	129	13,14	13,15	0,01				



Gambar tabel linieritas data dari 0kg-135kg

LAMPIRAN A

LISTING PROGRAM ARDUINO 2560

```
//baterai A4
//output loadcell A1
//dari nomor 22 (kabel merah) keypad

#include <Keypad.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <LCDKeypad.h>

LCDKeypad lcd;

const byte rows = 4; //four rows
const byte cols = 3; //three columns
char keys[rows][cols] = {
  {'1','2','3'},
  {'4','5','6'},
  {'7','8','9'},
  {'*','0','#'}
};
byte rowPins[rows] = {22, 24, 26, 28}; //connect to the row
pinouts of the keypad
byte colPins[cols] = {30, 32, 34}; //connect to the column pinouts
of the keypad
Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins,
rows, cols );

const int analogInPin = A4;
const int analogInPins = A5; // Analog input pin that the
potentiometer is attached to
//const int analogOutPin = 9; // Analog output pin that the LED is
attached to
const int analogInPin1 = A1;

int sensorValue = 0;
```



```
int sensorValues = 0;// value read from the pot
int outputValue = 0;    // value output to the PWM (analog out)
int berat = 0;
float berat1 = 0;
int berat1 = 0;
int beratn = 0;
int berattes1 = 0;
int berattes2 = 0;
int a = 0;
int k = 0;
int l = 0;
int zc = 0;
int zc1 = 0;
char key;
char keysss;
long harga;
long kali;

void setup() {
  // initialize serial communications at 9600 bps:
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.clear();
  //pinMode(analogInPin, INPUT);
  //pinMode(analogInPin1, INPUT);
  //digitalWrite(analogInPin, LOW);
  //digitalWrite(analogInPin1, LOW);
}

void loop() {
  //key = '';
  key = keypad.getKey();
  if(key == '*' || key == '#' || key == '1' || key == '2' || key == '3' ||
  key == '4' || key == '5' || key == '6' || key == '7' || key == '8' || key
  == '9' || key == '0')
  {
```

```

    keysss = key;
}
//Serial.println(key);
l = l + 1;
if(l == 10)
{
    l = 0;
// read the analog in value:
sensorValue = analogRead(analogInPin);
sensorValues = analogRead(analogInPins);
berat = analogRead(analogInPin1);
/*
berat = berat + 1;
if (berat == 800)
{
    berat = 0;
}
*/
berat1 = ((0.0000000000000647*berat*berat*berat*berat*berat) -
(0.000000001351*berat*berat*berat*berat) +
(0.000001024*berat*berat*berat) - (0.0003429*berat*berat) +
(0.2115*berat) + (1.165));
/*
if(berat1 < 1.165)
{
    berat1 = 0;
}
if(berat1 <= 9 && berat1 > 1.165)
{
    berat1 = berat1 + 1;
}
if(berat1 > 135)
{
    berat1 = berat1 + 1;
}
*/

```

```

berati = berat1*10;
beratn = (int)berat1;
beratn = beratn*10;
beratn = berati-beratn;
berati = berati/10;
// map it to the range of the analog out:
//outputValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255);
// change the analog out value:
//analogWrite(analogOutPin, outputValue);
outputValue      =      ((sensorValue*10/102));      //+
(sensorValues*10/102))/2;
// print the results to the serial monitor:
//Serial.print("sensor = " );
///Serial.println(sensorValue);
//Serial.print("\t output = ");
//Serial.println(outputValue);
a = a + 1;
berattes1 = berattes1 + berati;
berattes2 = berattes2 + beratn;

if(a == 5)
{
berattes1 = berattes1 / 5;
berattes2 = berattes2 / 5;

berattes1 = berattes1 - zc;
berattes2 = berattes2 - zc1;
if(berattes1 < 1.165)
{
berattes1 = 0;
berattes2 = 0;
}
if(berattes1 <= 9 && berattes1 > 1.165)
{
berattes1 = berattes1 + 1;
}
}

```

```
if(berattes1 > 135)
{
  berattes1 = berattes1 + 1;
}
Serial.print(berat);
Serial.print(",");
Serial.print(berattes1);
Serial.print(".");
Serial.println(berattes2);
if(k == 0)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Berat : ");
  lcd.print(berattes1, DEC);
  lcd.print(".");
  lcd.print(berattes2, DEC);
  lcd.print("Kg");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("*=Btry #=Hrg 0=z");
  if(keysss == '*')
  {
    k = 1;
    keysss = ' ';
  }
  if(keysss == '#')
  {
    k = 2;
    keysss = ' ';
  }
  if(keysss == '0')
  {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Zero Calibration");
    zc = berattes1;
```

```
    zc1 = berattes2;
    keysss = ' ';
}
}
if(k == 1)
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Baterai : ");
    lcd.print(outputValue, DEC);
    lcd.print(" %");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("*=Hrg #=Br");
    if(keysss == '*')
    {
        k = 2;
        keysss = ' ';
    }
    if(keysss == '#')
    {
        k = 0;
        keysss = ' ';
    }
}
if(k == 2)
{
    harga = (berattes1 * kali * 1000) + (berattes2 * kali * 100);
    if(harga < 0)
    {
        harga = -harga;
    }
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Hrg : ");
    lcd.print(harga, DEC);
    lcd.setCursor(0,1);
```

```

lcd.print("*=Brt #=Btry 0");
if(keysss == '*')
{
k = 0;
keysss = ' ';
}
if(keysss == '#')
{
k = 1;
keysss = ' ';
}
if(keysss == '0')
{
k = 3;
keysss = ' ';
}
}
if(k == 3)
{
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Set : ");
lcd.print(kali);
lcd.print(" rb/Kg");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("*=set");
if(keysss == '1' || keysss == '2' || keysss == '3' || keysss == '4' ||
keysss == '5' || keysss == '6' || keysss == '7' || keysss == '8' ||
keysss == '9' || keysss == '0')
{
kali = keysss - '0';
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Set : ");
lcd.print(kali);
lcd.print(" rb/Kg");

```

```
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("*=set");
}
if(keysss == '*')
{
    k = 2;
    keysss = ' ';
}
if(keysss == '#')
{
    k = 3;
    keysss = ' ';
}
}
//Serial.print(berati, DEC);
//Serial.print(".");
//Serial.println(beratn, DEC);
//lcd.clear();
// wait 2 milliseconds before the next loop
// for the analog-to-digital converter to settle
// after the last reading:
berattes1 = 0;
berattes2 = 0;
a = 0;
}
}
delay(10);
}
```

LAMPIRAN B GAMBAR ALAT



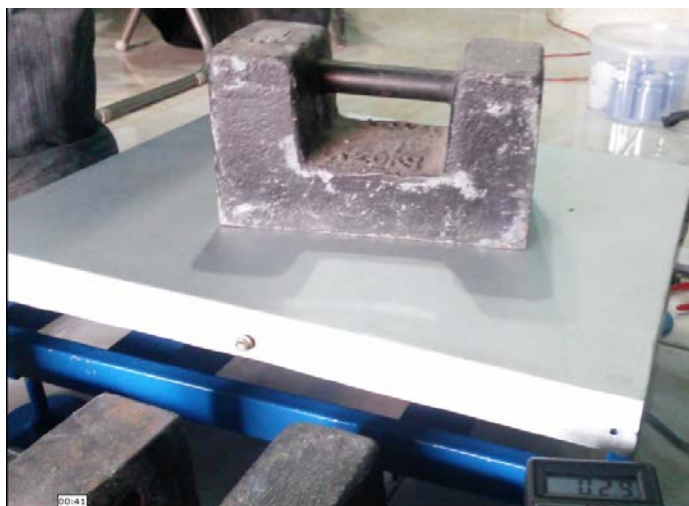
Gambar Pengujian timbangan tanpa beban



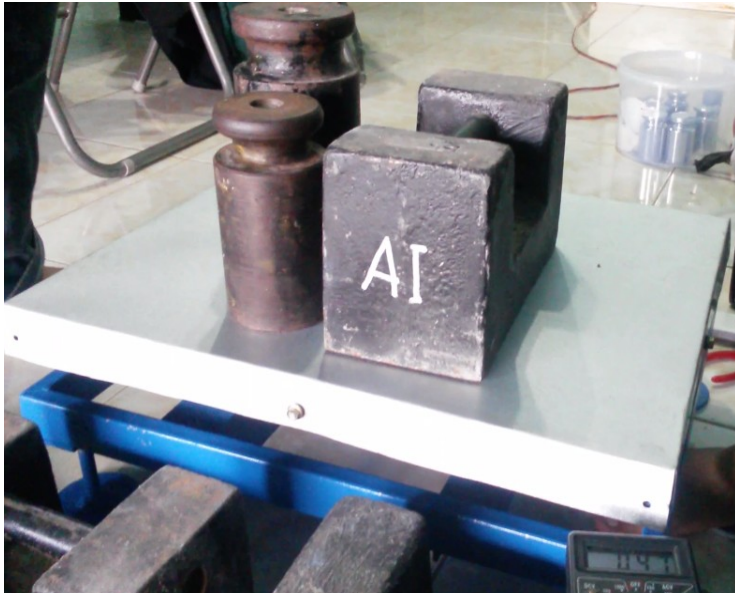
Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 5kg



Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 15kg



Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 20kg



Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 35kg



Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 50kg



Gambar Pengujian dengan menggunakan beban 80kg

LAMPIRAN C SPESIFIKASI SENSOR

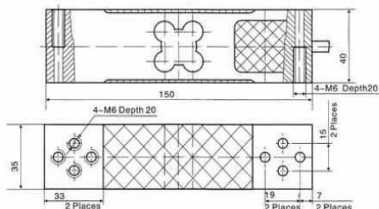


**ANALOG LOAD CELL
SINGLE POINT TYPE MODEL : SP 3**

ALUMINUM - ALLOY MATERIAL WITH
COLORLESS ANODIZED
CAN USED FOR PLATFORM SCALE
LIKE BENCH SCALE
RECOMMEND PLATFORM SIZE :
400 X 400 MM



OUTLINE DIMENSION IN (mm)



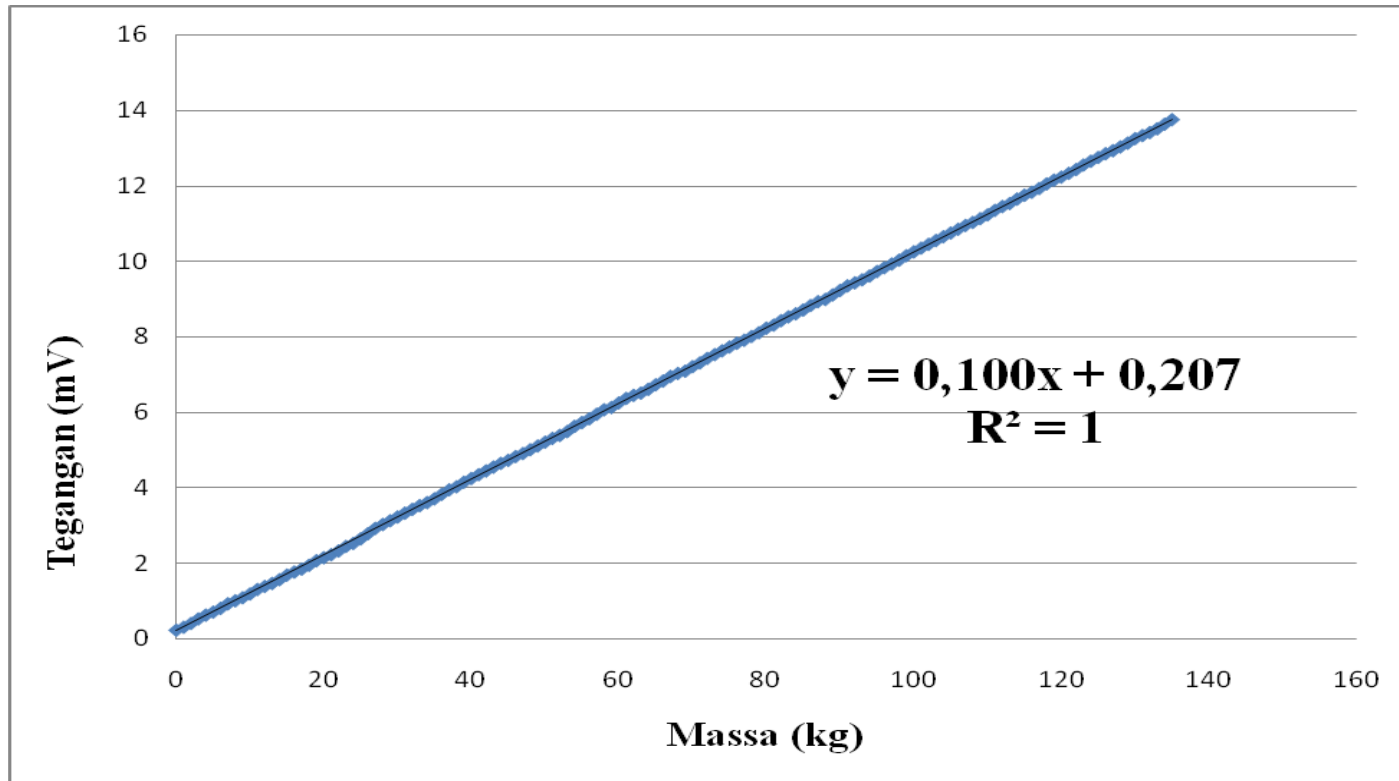
Technical Parameter

Rated Load	50kg,60kg,100kg,150kg,200kg,300kg
Rated Output	2.0000±0.2mV/V
Total Error	±0.02%F.S
Creep(30minutes)	±0.02%F.S
Recommended Excitation Voltage	5V ~ 12V(DC)
Maximum Excitation Voltage	18V(DC)
Zero Balance	±2%F.S
Input Impedance	406±6Ω
Output Impedance	350±3Ω
Insulation Impedance	≥5000MΩ
Safe Overload	150%F.S
Ultimate Overload	200%F.S
Operating Temperature Range	(-35 ~ +65)°C
Compensated Temperature Range	(-10 ~ +40)°C
Temperature Effect On Load	±0.02%F.S/10°C
Temperature Effect On Zero	±0.02%F.S/10°C
Construction	Aluminum-Alloy
Protection Class	IP65
Citation	GB/T7551-2008/OIML R60
Mode of Connection	Input+:Red Input:-:Black Output+:Green Output:-:White

LAMPIRAN D
DATA PENGUKURAN

Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)	Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)	Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)
0	0,24	0,25	0,01	26	2,8	2,85	0,05	52	5,4	5,45	0,05
1	0,32	0,35	0,03	27	2,94	2,95	0,01	53	5,5	5,55	0,05
2	0,42	0,45	0,03	28	3,04	3,05	0,01	54	5,64	5,65	0,01
3	0,54	0,55	0,01	29	3,14	3,15	0,01	55	5,74	5,75	0,01
4	0,64	0,65	0,01	30	3,24	3,25	0,01	56	5,84	5,85	0,01
5	0,72	0,75	0,03	31	3,34	3,35	0,01	57	5,96	5,95	-0,01
6	0,82	0,85	0,03	32	3,44	3,45	0,01	58	6,08	6,05	-0,03
7	0,94	0,95	0,01	33	3,54	3,55	0,01	59	6,14	6,15	0,01
8	1,02	1,05	0,03	34	3,62	3,65	0,03	60	6,26	6,25	-0,01
9	1,1	1,15	0,05	35	3,72	3,75	0,03	61	6,38	6,35	-0,03
10	1,2	1,25	0,05	36	3,84	3,85	0,01	62	6,46	6,45	-0,01
11	1,32	1,35	0,03	37	3,96	3,95	-0,01	63	6,52	6,55	0,03
12	1,4	1,45	0,05	38	4,04	4,05	0,01	64	6,62	6,65	0,03
13	1,48	1,55	0,07	39	4,16	4,15	-0,01	65	6,74	6,75	0,01
14	1,58	1,65	0,07	40	4,26	4,25	-0,01	66	6,84	6,85	0,01
15	1,7	1,75	0,05	41	4,36	4,35	-0,01	67	6,96	6,95	-0,01
16	1,78	1,85	0,07	42	4,46	4,45	-0,01	68	7,04	7,05	0,01
17	1,86	1,95	0,09	43	4,56	4,55	-0,01	69	7,1	7,15	0,05
18	1,96	2,05	0,09	44	4,66	4,65	-0,01	70	7,22	7,25	0,03
19	2,08	2,15	0,07	45	4,74	4,75	0,01	71	7,32	7,35	0,03
20	2,16	2,25	0,09	46	4,84	4,85	0,01	72	7,44	7,45	0,01
21	2,24	2,35	0,11	47	4,92	4,95	0,03	73	7,54	7,55	0,01
22	2,34	2,45	0,11	48	5,02	5,05	0,03	74	7,64	7,65	0,01
23	2,46	2,55	0,09	49	5,12	5,15	0,03	75	7,74	7,75	0,01
24	2,54	2,65	0,11	50	5,22	5,25	0,03	76	7,84	7,85	0,01
25	2,66	2,75	0,09	51	5,32	5,35	0,03	77	7,92	7,95	0,03

Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)	Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)	Massa (kg)	Tegangan (mV)	Standar (mV)	Selisih (mV)
78	8,02	8,05	0,03	104	10,66	10,65	-0,01	130	13,26	13,25	-0,01
79	8,12	8,15	0,03	105	10,76	10,75	-0,01	131	13,34	13,35	0,01
80	8,24	8,25	0,01	106	10,86	10,85	-0,01	132	13,42	13,45	0,03
81	8,32	8,35	0,03	107	10,96	10,95	-0,01	133	13,52	13,55	0,03
82	8,44	8,45	0,01	108	11,04	11,05	0,01	134	13,64	13,65	0,01
83	8,54	8,55	0,01	109	11,14	11,15	0,01	135	13,76	13,75	-0,01
84	8,62	8,65	0,03	110	11,24	11,25	0,01				
85	8,72	8,75	0,03	111	11,36	11,35	-0,01				
86	8,84	8,85	0,01	112	11,46	11,45	-0,01				
87	8,94	8,95	0,01	113	11,54	11,55	0,01				
88	9	9,05	0,05	114	11,66	11,65	-0,01				
89	9,12	9,15	0,03	115	11,76	11,75	-0,01				
90	9,24	9,25	0,01	116	11,84	11,85	0,01				
91	9,36	9,35	-0,01	117	11,94	11,95	0,01				
92	9,44	9,45	0,01	118	12,06	12,05	-0,01				
93	9,52	9,55	0,03	119	12,16	12,15	-0,01				
94	9,62	9,65	0,03	120	12,24	12,25	0,01				
95	9,74	9,75	0,01	121	12,34	12,35	0,01				
96	9,84	9,85	0,01	122	12,44	12,45	0,01				
97	9,94	9,95	0,01	123	12,56	12,55	-0,01				
98	10,04	10,05	0,01	124	12,66	12,65	-0,01				
99	10,16	10,15	-0,01	125	12,76	12,75	-0,01				
100	10,26	10,25	-0,01	126	12,86	12,85	-0,01				
101	10,36	10,35	-0,01	127	12,94	12,95	0,01				
102	10,46	10,45	-0,01	128	13,04	13,05	0,01				
103	10,56	10,55	-0,01	129	13,14	13,15	0,01				



Gambar tabel linieritas data dari 0kg-135kg