

**Makalah Seminar Tugas Akhir**  
**Model Timbangan Digital Menggunakan Load Cell**  
**Berbasis Mikrokontroler AT89S51**  
**Jaenal Arifin<sup>1</sup>, Sumardi ST,MT<sup>2</sup>, Iwan Setiawan ST,MT<sup>2</sup>**  
**E-mail: Elektronika@telkom.net**  
**L2F 304246**

**Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro**

**Abstrak**

Perkembangan teknologi elektronika memicu berkembangnya dunia elektronika yang pada mulanya menggunakan cara konvensional berubah menggunakan cara modern dengan memanfaatkan kemajuan teknologi. Bukan hanya di sektor industri, sektor diluar industri pun tidak luput dari penggunaan kemajuan teknologi, salah satunya adalah benda alat penghitung beban, peralatan ini sangat praktis dan efisien. Untuk pengukuran beban yang bersifat manual sering terjadi kali terjadi kesalahan dalam pengukuran baik yang berasal dari alat ukur atau dari manusianya itu sendiri. Hal ini terjadi biasanya karena ketidakteelitian dalam pembacaan alat ukur yang kurang presisi atau mungkin dari faktor manusianya itu sendiri.

Tujuan yang hendak dicapai pada tugas akhir ini adalah pembuatan perangkat keras yaitu Model Timbangan Digital menggunakan Load Cell berbasis mikrokontroler AT89S51 dan LCD sebagai penampil dari hasil pengukuran yang telah dilakukan. Sehingga diharapkan pada akhirnya dalam pengukuran beban yang dilakukan dapat lebih akurat dan dalam proses pelayanan pengukuran beban lebih singkat dan lebih baik. Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini meliputi tahap-tahap studi literatur perangkat keras dan lunak, perancangan sistem alat; pembuatan perangkat keras, dan perangkat lunak, pengujian sistem berdasar pada teori yang ada sampai dengan penyelesaian akhir dan pembuatan laporan.

**Kata kunci:** Mikrokontroler AT89S51, Sensor Berat (Load Cell), LCD

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah.

Perkembangan teknologi yang sangat cepat ini memicu berkembangnya dunia elektronika yang pada mulanya menggunakan cara konvensional berubah menggunakan cara modern dengan memanfaatkan kemajuan teknologi.

Bukan hanya di sektor industri, sektor diluar pun tidak luput dari penggunaan kemajuan teknologi, seperti misalnya pada pengukuran beban di pasar swalayan, pengukuran beban di terminal barang dan ditempat-tempat lainnya yang tersebar di berbagai wilayah. Hampir semuanya sudah menggunakan teknologi digital guna mendukung aktivitas yang mereka lakukan. Dalam kaitannya dengan hal tersebut, maka penulis membuat sebuah alat pengukur berat yang dapat digunakan dalam berbagai pengukuran berbasis mikrokontroler AT89S51. Dengan menampilkan suatu hasil pengukuran secara digital, sehingga diharapkan pengukuran yang dilakukan lebih akurat, lebih singkat dalam hal pelayanan dapat lebih baik.

### 1.2 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada Tugas Akhir ini, yaitu pembuatan perangkat keras dan lunak dari model jembatan timbang menggunakan Load Cell berbasis mikrokontroler AT89S51 dan LCD sebagai penampil dari pengukuran beban yang telah dilakukan.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini, sistem yang akan dibuat dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

- a. Perangkat keras yang digunakan berbasis mikrokontroler AT89S51.
- b. Sensor yang digunakan adalah Load Cell sebagai penerima input.

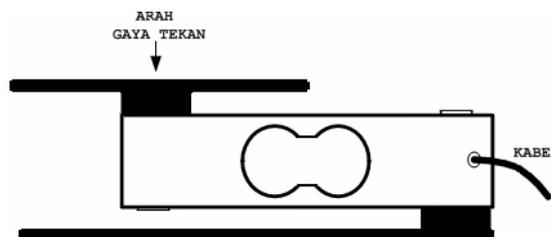
- c. Data pengukuran ditampilkan ke LCD sebagai hasil pengukuran yang telah dilakukan.
- d. Perangkat lunak untuk mikrokontroler menggunakan bahasa *assembly*.
- e. Konfigurasi ADC diatur secara *free running*.
- f. Pengukuran beban maksimal 5000 Gram dengan beban awal 0 gram.

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Sensor Berat (Load Cell)

Sensor berat yang digunakan adalah *load cell*. *Load cell* yang dipakai dalam Tugas Akhir ini memiliki kapasitas berat maksimum 8kg. Tetapi dalam perancangan tugas akhir dibuat beban pengukuran maksimal 5kg.

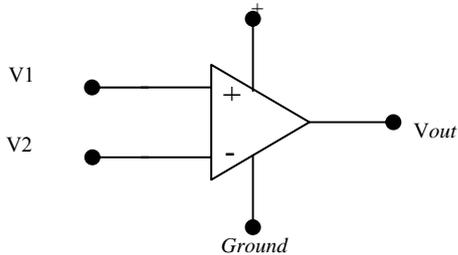
Pada saat *load cell* digunakan dengan diberi alas di bawahnya dan tempat di atasnya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 Pada saat dalam kondisi tidak ada beban tegangan keluaran dari *load cell* tersebut adalah 0v.



Gambar 2.1 Load Cell tampak samping

## 2.2 Penguat Operasional (Operasional Amplifier)

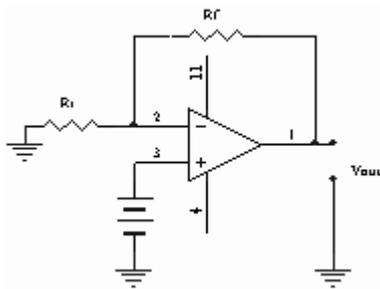
Penguat operasional adalah rangkaian terpadu (IC) yang mempunyai 5 buah terminal dasar. Dua terminal untuk catu daya, 2 yang lain digunakan untuk isyarat masukan yang berupa masukan membalik (-) dan masukan tak membalik (+) serta 1 terminal untuk keluaran.



Gambar 2.2 Rangkaian Dasar Op-Amp

### 2.2.1 Penguat Tak Membalik (Non-inverting Amplifier)

Penguat tak membalik merupakan suatu penguat dimana tegangan keluarannya atau  $V_o$  mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan masukan atau  $V_i$ . Rangkaian penguat tak membalik ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2.3. Penguat tak membalik

Arus  $i$  mengalir ke  $R_i$  karena impedansi masukan  $op-amp$  sangat besar sehingga tidak ada arus yang mengalir pada kedua terminal masukannya. Tegangan pada  $R_i$  sama dengan  $V_i$  karena perbedaan tegangan pada kedua terminal masukannya mendekati 0 V.

$$i = \frac{V_i}{R_i} \dots\dots\dots (2.1)$$

Tegangan pada  $R_f$  dapat dinyatakan sebagai

$$V_{Rf} = I R_f = \frac{R_f}{R_i} \times V_i \dots\dots\dots (2.2)$$

Tegangan keluaran  $V_o$  didapat dengan menambahkan tegangan pada  $R_i$  yaitu  $V_i$  dengan tegangan pada  $R_f$  yaitu  $V_{Rf}$ .

$$V_o = V_i + \frac{R_f}{R_i} \times V_i \dots\dots\dots (2.3)$$

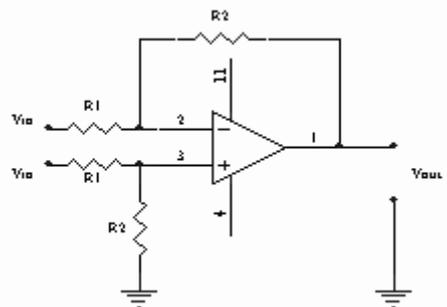
$$\frac{V_o}{V_i} = \left( 1 + \frac{R_f}{R_i} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

### 2.2.2 Penguat Differensial

Penguat differensial merupakan suatu penguat dimana tegangan keluarannya atau  $V_o$  merupakan hasil selisih antara kedua buah tegangan masukan pada terminal inverting dan non-invertingnya. Rumus umum yang berlaku untuk penguat differensial adalah sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1) \dots\dots\dots (2.5)$$

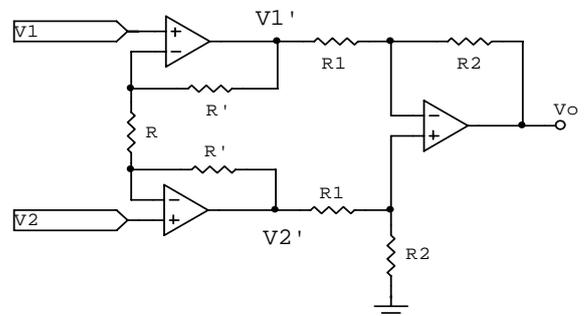
Rangkaian penguat differensial ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.4. Penguat differensial.

### 2.2.3 Rangkaian penguat instrumentasi

Rangkaian pengkondisi sinyal menggunakan rangkaian penguat instrumentasi. Penguat instrumentasi dibuat dengan menghubungkan sebuah penguat tersangga ke sebuah penguat differensial.



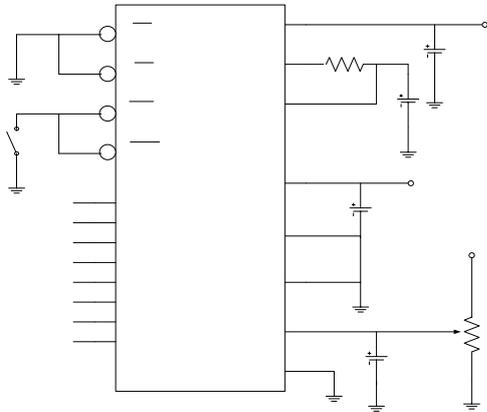
Gambar 2.5. Rangkaian penguat instrumentasi

$V_o$  dari rangkaian penguat instrumentasi sebagai berikut :

$$V_o = \left( 1 + \frac{2R'}{R} \right) \times \frac{R_2}{R_1} \times (V_2 - V_1) \dots\dots\dots (2.6)$$

### 2.3 Rangkaian Analog to Digital Converter (ADC)

ADC pada rancangan ini digunakan untuk mengubah masukan analog keluaran sensor berat yang sudah dikuatkan menjadi data digital 8 bit. Tipe ADC yang digunakan adalah ADC 0804 pada mode kerja *free running*. Rangkaian *free running* ADC 0804 ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Rangkaian *Free running* ADC.

Untuk membuat mode kerja ADC 0804 menjadi *free running*, maka harus diketahui bagaimana urutan pemberian nilai pada  $\overline{RD}$  dan  $\overline{WR}$  serta perubahan nilai pada  $\overline{INTR}$ . Urutan pemberian nilai pada  $\overline{RD}$ ,  $\overline{WR}$  perubahan nilai pada  $\overline{INTR}$  ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pemberian nilai pada  $\overline{RD}$  dan  $\overline{WR}$  serta perubahan nilai pada  $\overline{INTR}$

| Langkah | INTR | WR | RD |
|---------|------|----|----|
| 1       | 0    | 0  | 0  |
| 2       | 1    | 1  | 0  |

Mode kerja *free running* ADC diperoleh jika  $\overline{RD}$  dan  $\overline{CS}$  dihubungkan ke *ground* agar selalu mendapat logika 0 sehingga ADC akan selalu aktif dan siap memberikan data. Pin  $\overline{WR}$  dan  $\overline{INTR}$  dijadikan satu karena perubahan logika  $\overline{INTR}$  sama dengan perubahan logika pada  $\overline{WR}$ , sehingga pemberian logika pada  $\overline{WR}$  dilakukan secara otomatis oleh keluaran  $\overline{INTR}$ .

Nilai tegangan masukan ( $V_x$ ) dari sebuah adc secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_x = V_{ref} (b_1.2^{-1} + b_2.2^{-2} + \dots + b_n.2^{-n}) \dots(2.7)$$

dimana:  $V_x$  = tegangan masukan

$V_{ref}$  = tegangan referensi

Sedangkan resolusi dari sebuah adc secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut:

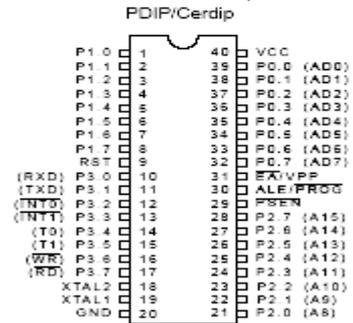
$$\Delta V = V_{ref} . 2^{-n} \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana:  $\Delta V$  = resolusi

$V_{ref}$  = tegangan referensi

n = jumlah bit

### 2.4 Mikrokontroler AT89S51



Gambar 2.7. Mikrokontroler AT89S51

Keterangan :

Vcc : Suplai Tegangan

GND : Ground atau pentanahan

RST : Masukan reset. Kondisi logika '1' selama siklus mesin saat osilator bekerja dan akan mereset mikrokontroler yang bersangkutan.

Fungsi - fungsi Port :

Port 0 : Merupakan port paralel 8 bit open drain dua arah. Bila digunakan untuk mengakses memori luar, port ini akan memultipleks alamat memori dengan data.

Port 1 : merupakan port paralel 8 bit dua arah yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan.

Port 2 : merupakan port paralel selebar 8 bit dua arah. Port ini melakukan pengiriman byte alamat bila dilakukan pengaksesan memori eksternal.

P3.0 : Saluran masukan serial

1 P3.1 : Saluaran keluaran serial

P3.2 : Interupsi eksternal 0

P3.3 : Interupsi eksternal 1

P3.4 : Masukan eksternal pewaktu / pencacah 0

2 P3.5 : Masukan eksternal pewaktu / pencacah 1

P3.6 : Sinyal tanda baca memori data eksternal.

P3.7 : Sinyal tanda tulis memori data eksternal.

3 AT89S51 adalah sebuah mikrokontroler 8 bit terbuat dari CMOS, yang berkonsumsi daya rendah dan mempunyai kemampuan tinggi. Mikrokontroler ini memiliki 4Kbyte In-System Flash Programmable Memory, RAM sebesar 128 byte, 32 input/output, watchdog timer, dua buah register data pointer, dua buah 16 bit timer dan counter, lima buah vektor interupsi, sebuah port serial full-duplex, osilator on-chip, dan rangkaian clock.

4 AT89S51 dibuat dengan teknologi memori non-volatile dengan kepadatan tinggi oleh ATMEL. Mikrokontroler ini cocok dengan instruksi set dan pinout 80C51 standart industri.

5 Flash on-chip memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dengan programmer memory nonvolatile yang biasa.

3

15

16

DB3

DB2

Vcc 20

CLK IN 19

CLK IN 4

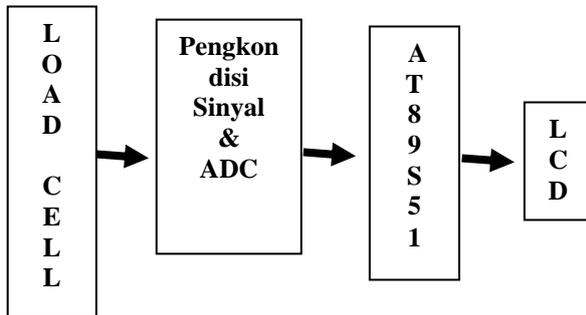
Vin (+) 6

Vin (-) 7

A GND 8

### III. PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

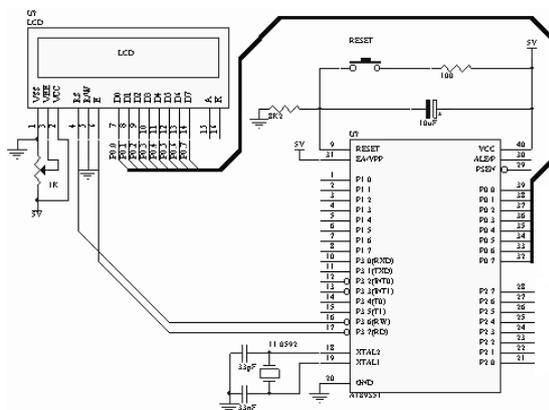


Gambar 3.1 Blok diagram Perancangan Perangkat Keras

Berdasarkan Gambar 3.1 penjelasan masing-masing dari blok diagram adalah sebagai berikut :

1. Sensor : Sensor yang digunakan sensor pergeseran adalah hal ini adalah Load Cell, sensor ini berfungsi pada saat model timbangan digital diberi beban sensor akan yang mengubah pergeseran mekanis menjadi perubahan tahanan.
2. Rangkaian Pengkondisi sinyal : Setelah Sensor (Load Cell) mendapat pressure atau tekanan tegangan ini disesuaikan terlebih dahulu dengan rangkaian peangkondisi sinyal dengan tujuan mencari titik ukur awalnya.
3. Rangkaian ADC : Tegangan analog yang berasal dari rangkain pengkondisi sinyal diubah menjadi data digital
4. Mikrokontroler : Data digital yang berasal dari Rangkaian ADC diolah yang nantinya di tampilkan ke LCD
5. LCD : Sebagai penampil hasil dari pengukuran beban yang dilakukan.

#### 3.1.1 RANGKAIAN MIKROKONTROLER DAN LCD



Gambar 3.2 Koneksi mikrokontroler dan lcd.

Untuk dapat menampilkan data karakter ke LCD maka koneksi mikrokontroler dan LCD dapat dijelaskan sebagai berikut. Data masukan untuk penampil LCD diberikan

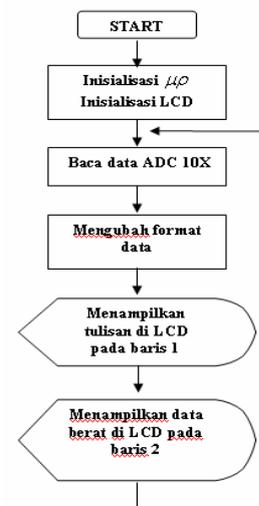
melalui Port 0 yaitu P0.0-P0.7 dihubungkan dengan D0-D7 pada LCD, sedangkan untuk mengontrol LCD kaki RS dan E pada LCD dihubungkan dengan kaki P3.6 dan P3.7 pada mikrokontroler. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.2

#### 3.2 PERANCANGAN SOFTWARE

##### 3.2.1 Pemrograman AT89S51

Bahasa assembler adalah suatu bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk memprogram mikrokontroler. Algoritma pemrograman dari sistem ini dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Start (awal program)
2. Inisialisasi  $\mu P$  dan LCD
3. Baca data ADC 10 X
4. Mengubah format data .
5. Menampilkan tulisan di LCD pada baris 1 “ BERAT BENDA”
6. Menampilkan data berat di LCD pada baris 2



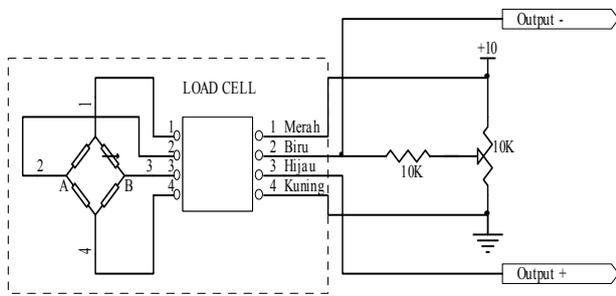
Gambar 3.3. Flowchart program

### IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

#### 4.1 PENGUJIAN HARDWARE

##### 4.1.1 Pengujian Load Cell dan Jembatan Wheatstone

Pengujian Load Cell dan jembatan Wheatstone dilakukan agar sensor tersebut dapat bekerja dengan baik, berdasarkan pengujian tanpa diberi beban terjadi pergeseran nilai pada jembatan wheatstone sebesar 0,19mV, dengan menggunakan rangkaian yang ada keluaran load cell dan jembatan wheatstone diseting menggunakan Variable resistor supaya mendapatkan 0Volt dan ini berhasil.



Gambar 4.1 Pengujian Load Cell dan Jembatan Wheatstone



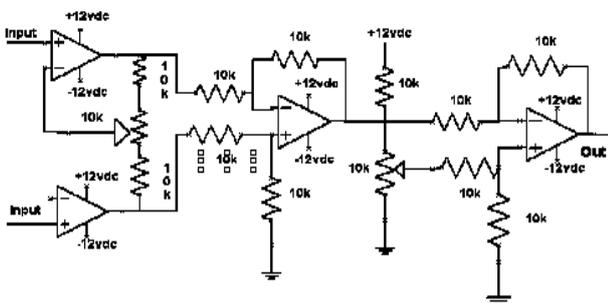
Gambar 4.4 Grafik hubungan Pengkondisi Sinyal terhadap beban yang diberikan

#### 4.1.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Pengujian Rangkaian Pengkondisi sinyal bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian yang dihasilkan oleh rangkaian pengkondisi sinyal tersebut sudah sesuai dengan rangkaian yang diinginkan dan menguji kestabilan rangkaian tersebut,



Gambar 4.2 Diagram blok pengujian rangkaian penguat



Gambar 4.3 Rangkaian pengkondisi sinyal dari sensor berat

Tabel 4.1.1 Hasil pengujian Pengkondisi sinyal terhadap beban yang diberikan

#### 4.1.3 Pengujian ADC

ADC 0804 adalah bagian yang sangat penting pada suatu instrumentasi elektronika. Untuk itu diperlukan pengujian terlebih dahulu untuk menentukan dapat tidaknya ADC ini digunakan sebagai pengubah tegangan analog menjadi bit-bit digital.

Tabel 4.1.2 Hasil pengujian ADC terhadap pengkondisi sinyal dan berat yang diberikan

| No. | Berat yang diberikan | Output Pengkondisi Sinyal (mV) | Output ADC |
|-----|----------------------|--------------------------------|------------|
| 1.  | 100                  | 150                            | 0AH        |
| 2.  | 200                  | 321                            | 0FH        |
| 3.  | 300                  | 311                            | 14H        |
| 4.  | 1100                 | 918                            | 3B         |
| 5.  | 1200                 | 993                            | 3F         |
| 6.  | 1300                 | 1.070                          | 44         |
| 7.  | 2100                 | 1.679                          | 6B         |
| 8.  | 2200                 | 1.754                          | 70         |
| 9.  | 2300                 | 1.830                          | 75         |
| 10. | 3000                 | 2.360                          | 97         |
| 11. | 3100                 | 2.440                          | 9C         |
| 12. | 3200                 | 2.510                          | A1         |
| 13. | 3600                 | 2.810                          | B4         |
| 14. | 3700                 | 2.890                          | B9         |
| 15. | 3800                 | 2.960                          | BE         |
| 16. | 4100                 | 3.190                          | CC         |
| 17. | 4200                 | 3.270                          | D1         |
| 18. | 4300                 | 3.340                          | D6         |
| 19. | 4500                 | 3.500                          | E0         |
| 20. | 4600                 | 3.570                          | E5         |
| 21. | 4900                 | 3.830                          | F3         |
| 22. | 5000                 | 3.880                          | F8         |

| No. | Beban yang diberikan (Gram) | Output Pengkondisi Sinyal (mV) |
|-----|-----------------------------|--------------------------------|
| 1.  | 0                           | 0,74                           |
| 2.  | 50                          | 127                            |
| 3.  | 100                         | 164                            |
| 4.  | 850                         | 719                            |
| 5.  | 900                         | 759                            |
| 6.  | 950                         | 792                            |
| 7.  | 1000                        | 822                            |
| 8.  | 1400                        | 1.156                          |
| 9.  | 1450                        | 1.193                          |
| 10. | 1500                        | 1.231                          |
| 11. | 2000                        | 1.566                          |
| 12. | 2250                        | 1.754                          |
| 13. | 2350                        | 1.826                          |
| 14. | 2500                        | 1.939                          |
| 15. | 2850                        | 2.212                          |
| 16. | 3200                        | 2.470                          |
| 17. | 3500                        | 2.690                          |
| 18. | 3850                        | 2.953                          |
| 19. | 4000                        | 3.064                          |
| 20. | 4600                        | 3.511                          |
| 21. | 4850                        | 3.699                          |
| 22. | 5000                        | 3.808                          |

## 4.2 PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM

4.2.1 Pengamatan dilakukan berdasarkan hasil pengujian terhadap alat secara keseluruhan. Sebagai bahan pengujian digunakan metode sebagai berikut : beberapa anak timbangan dengan massa 0 gram hingga 5000 gram diletakkan secara bergantian diatas penampang secara bergantian di atas penampang timbangan, kemudian dilakukan pengamatan terhadap keluaran LCD. Dari hasil pengujian dapat dilakukan perhitungan Tingkat Kesalahan (Error), dimana tingkat kesalahan (Error), adalah nilai hasil pengukuran Rata-rata Simpangan di bagi dengan rata-rata nilai berat sebenarnya.

Perhitungan *error* diperlihatkan pada tabel Tabel 4.1.3

| No  | Berat Sesungguhnya, X (Gram) | Berat Hasil Pengujian (Gram) |              |               | Rata-rata kesalahan, S (Gram) | Tingkat Kesalahan (Error) $E = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\%$ |
|---|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|---|
|   |                              | Data I (Y1)                  | Data II (Y2) | Data III (Y3) |                               |   |
| 1   | 50                           | 51                           | 47           | 47            | 1,333                         | 3,34  |
| 2   | 100                          | 102                          | 98           | 96            | 0,378                         | 1,33  |
| 3   | 150                          | 147                          | 98           | 96            | 1,67                          | 1,11  |
| 4   | 400                          | 395                          | 399          | 396           | 0,333                         | 0,66  |
| 5   | 450                          | 446                          | 434          | 437           | 11                            | -2,4  |
| 6   | 500                          | 496                          | 502          | 503           | -0,333                        | 0,666   |
| 7   | 750                          | 758                          | 748          | 751           | -2,333                        | -0,125  |
| 8   | 800                          | 799                          | 801          | 803           | -1                            | 2,4   |
| 9   | 850                          | 844                          | 856          | 821           | 9,666                         | -1,1  |
| 10  | 1500                         | 1502                         | 1517         | 1520          | -13                           | -0,86   |
| 11  | 1900                         | 1906                         | 1920         | 1909          | -11,66                        | -0,61   |
| 12  | 2500                         | 2513                         | 2517         | 2515          | -15                           | 0,84  |
| 13  | 2700                         | 2718                         | 2724         | 2720          | -20,66                        | -0,67   |
| 14  | 2800                         | 2816                         | 2826         | 2820          | -20,66                        | -0,73   |
| 15  | 2900                         | 2915                         | 2921         | 2920          | -18,66                        | -0,64   |
| 16  | 3000                         | 3011                         | 3015         | 3010          | -12                           | -0,4  |
| 17  | 4300                         | 4327                         | 4333         | 4280          | -31,66                        | -0,73   |
| 18  | 4400                         | 4428                         | 4430         | 4432          | -30                           | -0,68   |
| 19  | 4500                         | 4532                         | 4528         | 4522          | -27,33                        | -0,645  |
| 20  | 4700                         | 4735                         | 4729         | 4731          | -31,66                        | -0,61   |
| 21  | 4800                         | 4833                         | 4825         | 4827          | -28,33                        | -0,59   |
| 22  | 4850                         | 4885                         | 4872         | 4871          | -26                           | -12,7   |
| 23  | 5000                         | 5032                         | 5030         | 5034          | -32                           | -0,64   |
| Rata-rata tingkat kesalahan (Error) = $\frac{\sum E}{23} \cdot 100\%$ |                              |                              |              |               |                               | -0,6  |

Dari hasil pengujian terlihat bahwa beban berat yang ditimbang mempunyai tingkat kesalahan yang kecil. Adanya kesalahan disebabkan karena adanya tegangan offset masukan yaitu sebesar 0,74mV dan adanya noise pada pengukuran rangkaian pengkondisi sinyal. Dan pada tampilan LCD berat benda yang tertampil untuk digit terakhir selalu berubah – ubah hal ini dikarenakan ADC yang digunakan 8 bit dan ini digunakan semua, sehingga pembacaan ADC mengalami error 1 bit yaitu bit terakhir. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa rata-rata tingkat kesalahan beban berat yang ditampilkan adalah sebesar - 0,6%

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dan pengujian perangkat keras dan perangkat lunak dari Model Timbangan Digital berbasis mikrokontroler AT89S51, maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Masa yang diukur oleh sensor Load Cell dapat diubah menjadi tegangan listrik yang diinginkan dengan menggunakan rangkaian jembatan Wheatstone.
2. Hubungan yang di dapat antara beban yang diberikan terhadap output pengkondisi sinyal adalah linear
3. Adanya tegangan offset masukan yaitu sebesar 0,74mV pada saat tidak ada beban.
4. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa rata-rata tingkat kesalahan beban berat yang ditampilkan adalah sebesar - 0,6%

### 5.2 Saran

Agar sistem yang dibahas oleh penulis lebih bermanfaat, penulis menyampaikan saran-saran sebagai berikut:

1. Untuk dapat menambah kemampuan timbangan terutama dalam mengukur massa yang besar dapat digunakan sensor lain seperti LVDT .
2. Untuk aplikasi lebih lanjut tampilan dapat pula ditunjukkan melalui komputer.
3. Untuk memperbaiki sensitivitas timbangan dapat pula digunakan konstruksi timbangan yang lebih mendekati standar industri. Dengan demikian timbangan diharapkan dapat membaca massa benda yang lebih besar.
4. Karena masih tersedianya port yang kosong, maka perangkat ini dapat dikembangkan untuk mencatat data beberapa masukan dengan memanfaatkan sisa port yang tersedia.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Adel S Sedra, *Rangkaian Mikroelektronik Jilid 1*, Erlangga, Jakarta, 1990.
2. Agfianto Eko Putra, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (teori dan aplikasi)*, Gava Media, 2002.
3. Albert Paul Malvino PhD, *Prinsip-prinsip Elektronika Jilid 1*, Erlangga Jakarta, 1987.
4. Moh.Ibnu Malik, Anistardi, *Bereksperimen dengan Mikrokontroler 8031*, Elek Media Komputindo, Jakarta, 1997.
5. “Load Cell based Scales Tutorial and Trouble Shooting Guide”, [www.eatech.com](http://www.eatech.com), April, 2006.
6. “Connecting AT89S51 with 8 bit ADC 2 channel”, [www.sixca.com](http://www.sixca.com), April 2006.

7. National Corp, “Datasheet ADC0804”, [www.national.com/ADC\\_0804](http://www.national.com/ADC_0804), Mei, 2006.
8. Rizal Rizkiawan, “*Tutorial Perancangan Hardware Jilid 1*”, PT Elexmedia Komputindo, Jakarta.
9. Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll, “Penguat operasional dan rangkaian terpadu linear edisi kedua”, Erlangga, Jakarta, 1985.



Jaenal Arifin, lahir di Tegal, saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S-1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro dengan konsentrasi Kontrol.

Menyetujui/Mengesahkan,

Pembimbing I

Pembimbing II

Sumardi, ST, MT  
NIP. 132 125 670

Iwan Setiawan, ST, MT  
NIP. 132 283 183