

**PEMBUATAN SISTEM PENGUKURAN MASSA BENDA DIGITAL
DENGAN DATA TERSIMPAN BERBASIS SENSOR *FLEXIFORCE*
DAN MIKROKONTROLER ATMEGA16**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Kepada Tim Penguji Tugas Akhir Jurusan Fisika Sebagai Salah Satu
Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



IWIL

2006/73171

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2011

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PEMBUATAN SISTEM PENGUKURAN MASSA BENDA DIGITAL DENGAN BATA TERSEMPAN BERBASIS SENSOR FLEMFORCE DAN MIKROKONTROLER ATMEGA16

Nama : DWIL
Nim : 11011
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengajaran Alam

Padang, September 2011

Ditandatangani :

Pembimbing I



Dr. H. Asriadi, M.Si
NIP. 19660603 199203 1 000

Pembimbing II



Dr. Yulianto, S.Pd, M.Si
NIP. 19780702 200312 1 002

PENGESAHAN

Diputuskan telah setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Judul : Pembuatan Sistem Pengukuran Massa Benda Digital
Dengan Data Tersimpan Berbasis Sensor Flexiforce
Dan Mikrokontroler ATMegali

Nama : PAUL

NIM : 73171

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, September 2011

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. H. Aekas, M.Si	1. 
2. Sekretaris	: Dr. Yulianto, S.Pd, M.Si	2. 
3. Anggota	: Drs. H. Syafriwardi	3. 
4. Anggota	: Drs. Hufi, M.Si	4. 
5. Anggota	: Zulhendri Kamas, S.Pd, M.Si	5. 

ABSTRAK

Iwil : Pembuatan Sistem Pengukuran Massa Benda Digital Dengan Data Tersimpan Berbasis Sensor *Flexiforce* dan Mikrokontroler ATmega16

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) saat ini berkembang dengan pesat. Kemajuan IPTEK tidak dapat dipisahkan dari elektronika. Perkembangan elektronika telah memberikan banyak manfaat dan kemudahan bagi kehidupan manusia. Salah satu elektronika dalam instrumentasi adalah pembuatan sistem pengukuran massa dengan mengaplikasikan sensor *Flexiforce*. Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu sistem pengukuran massa benda secara digital.

Penelitian ini tergolong kedalam penelitian rekayasa yaitu penelitian yang menerapkan ilmu pengetahuan menjadi suatu rancangan untuk mendapat kinerja sesuai dengan persyaratan yang ditentukan. Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran terhadap besaran fisika yaitu pengukuran massa benda. Teknik pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran langsung dilakukan terhadap massa benda dan tegangan keluaran sensor. Pengukuran tidak langsung dilakukan untuk menentukan sensitifitas, ketepatan dan ketelitian. Data yang didapatkan melalui pengukuran dianalisis melalui dua cara yaitu teori kesalahan dan metode grafik.

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan dapat dikemukakan tiga hasil penelitian ini. Pertama, tegangan keluaran pada sensor *Flexiforce* berbanding lurus dengan massa beban dengan sensitivitas 0.762Volt/Kg, dan ketelitian rata-rata sensor adalah 0.98. Kedua, sistem pengukuran massa digital ini dibangun atas empat bagian yaitu: tempat kedudukan benda, kotak ruang rangkaian elektronika, LCD, dan keypad. Ketiga, ketepatan rata-rata sistem pengukuran massa benda digital adalah 99.00%. Ketelitian rata-rata dari sistem pengukuran 0.98 dengan standar deviasi 0.058 dan kesalahan relatif rata-rata 0.330%.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur diucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan hidayah-Nya pada peneliti sehingga tugas akhir dapat diselesaikan. Sebagai judul penelitian adalah “Pembuatan Sistem Pengukuran Massa Benda Digital Dengan Data Tersimpan Berbasis Sensor *Flexiforce* Dan Mikrokontroler Atmega16”.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs H. Asrizal, M.Si sebagai Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, motivasi dan semangat untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Yulkifli, M.Si sebagai Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, motivasi dan semangat untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Drs. H. Syufrawardi, Bapak Drs. Hufri, M.Si, Bapak Zuhendri Kamus, S.Pd, M.Si sebagai dosen penguji pada Tugas Akhir.
4. Bapak Drs. Mahrizal, M.Si selaku penasehat akademis.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika FMIPA UNP.
6. Staf administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika FMIPA UNP.
7. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

8. Seluruh keluarga tercinta atas doa dan motivasinya baik secara materil maupun spiritual.
9. Teman-teman yang telah melakukan penelitin bersama penulis yang banyak membantu dan memberikan motivasi.

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berjasa dan penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

Peneliti menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih terdapat kelemahan dan kesalahan. Untuk itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Peneliti berharap mudah-mudahan tugas akhir ini berguna bagi pembaca semua.

Padang, Juli 2011

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Pembatasan Masalah.....	4
D. Pertanyaan Penelitian.....	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORI	6
A. Alat Ukur dan Pengukuran.....	6
B. Massa Benda	8
C. Sensor Flexiforce.....	9
D. Rangkaian Elektronika Pendukung.....	12

BAB III METODE PENELITIAN	26
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	26
B. Jenis Penelitian.....	26
C. Peralatan dan Bahan.....	27
D. Desain Penelitian	28
E. Teknik Pengumpulan Data.....	32
F. Teknik Analisis Data.....	32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	35
A. Hasil Penelitian	35
B. Pembahasan.....	46
BAB V PENUTUP	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....	52
DAFTAR LAMPIRAN.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) saat ini berkembang dengan pesat. Pada era globalisasi, kemajuan ilmu diberbagai bidang telah mampu memberikan kontribusi yang baik terutama dalam bidang ilmu pengetahuan alam dan teknologi. Perkembangan ini merupakan dasar IPTEK berdasarkan gejala alam yang terjadi serta tuntutan akan kebutuhan manusia.

Kemajuan IPTEK tidak dapat dipisahkan dari elektronika. Perkembangan elektronika dalam dasawarsa terakhir telah memberikan banyak manfaat dan kemudahan bagi kehidupan manusia. Karena itu, elektronika menjadi perhatian yang serius dikalangan perancang teknologi masa depan.

Teknologi elektronika menjanjikan prospek masa depan yang baik, karena mampu menyederhanakan dimensi serta meningkatkan kemampuan berbagai peralatan sebagai produk teknologi. Perkembangan elektronika ini telah menghasilkan komponen elektronika yang canggih, baik dalam pembuatan sistem pengukuran maupun sistem-sistem lainnya.

Pengukuran merupakan suatu kegiatan untuk menentukan nilai fisis dari berbagai bentuk gejala fisika. Dalam proses pengukuran saat ini telah dipermudah oleh berbagai jenis sensor. Salah satu kegiatan yang memanfaatkan kerja dari sensor dalam proses pengukuran adalah pada pembuatan sistem pengukuran massa suatu benda.

Massa merupakan besaran fisika yang perlu dideteksi dan diukur untuk berbagai keperluan. Dengan kata lain massa merupakan suatu sifat fisika dari suatu benda yang digunakan untuk menjelaskan berbagai perilaku objek yang terpantau. Untuk itu, massa suatu benda penting untuk diketahui dalam bidang ilmu fisika.

Sistem pengukuran mampu memberikan informasi berupa massa suatu benda yang dideteksi oleh sensor. Melalui informasi ini orang dapat memanfaatkan suatu sensor massa untuk aktivitas sehari-hari, misalnya dalam bidang perdagangan buah-buahan. Proses jual-beli buah-buahan dilakukan dalam satuan massa yaitu kilogram. Harga dari buah-buahan ditentukan tiap per kilogramnya yang dilakukan setiap kali pengukuran.

Perkembangan IPTEK telah diciptakan berbagai jenis alat ukur massa dalam kehidupan sehari-hari, misalnya alat ukur dengan keluaran digital. Alat ukur ini telah dimanfaatkan orang sesuai dengan kebutuhan, salah satunya adalah dalam proses jual-beli buah-buahan. Di supermarket, buah-buahan dijual dalam tiap kilogram dan dalam prosesnya menggunakan sistem alat pengukuran massa dengan keluaran digital.

Proses pengukuran pada sistem pengukuran massa benda sering terjadi permasalahan terhadap data yang didapatkan dalam pengukuran massa benda tersebut. Hal ini disebabkan karena sistem pengukuran massa benda yang ada saat ini masih sedikit yang dilengkapi dengan data tersimpan. Tujuannya adalah agar setiap data yang didapatkan dalam pengukuran dapat dilihat kembali dan tidak terjadi keraguan terhadap data hasil pengukuran yang telah dilakukan.

Sistem pengukuran massa benda dengan data tersimpan ini dilengkapi langsung oleh data-data transaksi jual beli buah berupa harga buah dan nilai nominal yang dibayar oleh pembeli. Sistem ini juga akan dirancang memiliki ketelitian dan ketepatan yang tinggi dengan tujuan agar data hasil pengukuran sesuai dengan alat-alat ukur massa benda yang memenuhi standar SNI. Pembacaan data yang diharapkan adalah perubahan pengukuran tiap 10 gram.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diutarakan, maka peneliti tertarik untuk mengembangkan suatu sistem pengukuran massa benda digital yang dirancang memiliki kelebihan mengukur massa benda dengan data tersimpan. Keluaran sistem ini berupa massa benda yang diukur, jenis benda, harga perkilogram dari benda dan nilai nominal yang akan dibayar oleh pembeli. Karena itu, sebagai judul penelitian ini adalah “ Pembuatan Sistem Pengukuran Massa Benda Digital Dengan Data Tersimpan Berbasis Sensor *Flexiforce* dan Mikrokontroler ATmega16 ”.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dari penelitian ini, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini. Sebagai perumusan masalah penelitian yaitu : “Bagaimana deskripsi dan karakteristik statik dari sistem pengukuran massa benda digital dengan data tersimpan berbasis sensor *flexiforce* dan mikrokontroler ATmega16”.

C. Pembatasan Masalah

Dalam pembuatan sistem pengukuran massa benda ini, agar penulisan lebih terfokus, maka perlu dilakukan beberapa pembatasan masalah dalam penelitian ini. Sebagai pembatasan masalah penelitian, yaitu :

1. Karakteristik statik dari sistem pengukuran meliputi ketepatan dan ketelitian.
2. Sistem dirancang dengan kemampuan pengukuran massa maksimal 5 kg.
3. Jenis sensor *Flexiforce* yang dipakai adalah tipe A201-25.

D. Pertanyaan Penelitian

Untuk menjawab permasalahan dalam penelitian ini perlu dikemukakan beberapa pertanyaan penelitian, sebagai berikut:

1. Bagaimana fungsi transfer, sensitivitas dan ketelitian dari sensor *Flexiforce* Tipe A201-25
2. Bagaimana deskripsi sistem pengukuran massa benda dengan pengindraan sensor *Flexiforce* tipe A201-25 ?.
3. Berapakah ketepatan dan ketelitian dari sistem pengukuran massa benda dengan pengindraan sensor *Flexiforce* tipe A201-25 ?.

E. Tujuan Penelitian

Secara umum peneltian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sistem pengukuran massa benda dengan data tersimpan berbasis sensor *Flexiforce* dan Mikrokontroler ATMega16. Secara khusus tujuan dari penelitian ini untuk:

1. Menentukan fungsi transfer, sensitivitas, dan ketelitian sensor *Flexiforce* Tipe A201-25.

2. Mendiskripsikan hasil pembuatan dari sistem pengukuran massa benda dengan pengindraan sensor *Flexiforce*.
3. Menentukan ketepatan dan ketelitian sistem pengukuran massa benda berbasis sensor *Flexiforce* dan mikrokontroler ATMega16.

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat pada :

1. Kelompok kajian elektronika dalam pengembangan instrumentasi berbasis elektronika, khususnya pengembangan sistem pengukuran massa benda.
2. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian elektronika dan dalam upaya pengembangan instrumentasi berbasis elektronika khususnya pada pembuatan sistem pengukuran massa benda yang bisa dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.
3. Peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi Fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang penelitian Fisika.
4. Pemakai alat ukur massa benda, seperti supermarket, toko-toko buah, laboratorium dan kegiatan-kegiatan yang melibatkan pengukuran massa.
5. Peneliti lain, sebagai sumber ide dan referensi dalam pengembangan penelitian tentang instrumentasi.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Alat Ukur dan Pengukuran

Alat ukur adalah alat yang digunakan untuk mengukur suatu kejadian (Sri Waluyanti, 2008). Penggunaan alat ukur pada setiap pengukuran sangat ditentukan oleh macam kegunaan, batas ukur dan ketelitian alat ukurnya. Sebagai contoh untuk mengukur massa suatu benda yang diperkirakan sebesar 50 kg, maka alat yang digunakan haruslah timbangan dengan batas ukur minimal senilai massa benda itu. Timbangan tersebut harus memiliki ketepatan pengukuran yang baik, sehingga hasil pengukuran sesuai dengan keadaan sesungguhnya.

Pengukuran didefinisikan sebagai suatu proses membandingkan suatu besaran dengan besaran lain yang sejenis yang dipakai sebagai satuan (Budi Prasodjo, 2006). Besaran merupakan sesuatu yang dapat diukur yang dinyatakan dengan angka atau nilai yang memiliki satuan. Pengukuran suatu besaran biasanya dilakukan menggunakan alat ukur.

Alat ukur dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu alat ukur analog dan digital. Alat ukur analog, pembacaan hasil pengukuran dilakukan melalui pembacaan skala yang ditunjukkan langsung oleh alat ukur. Dalam pembacaan skala ini sering terjadi kesalahan, sehingga data pengukuran yang didapatkan kurang tepat. Hal ini dapat menyebabkan dampak yang berkelanjutan pada kegiatan-kegiatan lain yang membutuhkan data hasil pengukuran ini.

Sistem digital adalah sistem yang bekerja mengubah sinyal menjadi kombinasi bilangan 0 dan 1 (Budi Utomo, 2010). Pemakaian sistem digital ini

telah banyak menggantikan sistem analog. Pembacaan data hasil pengukuran menggunakan alat ukur digital lebih mudah dan lebih akurat. Pengamat dapat membaca langsung nilai hasil pengukuran, tanpa melalui pembacaan skala. Pembacaan data alat ukur digital biasanya menggunakan display seven segment, LCD atau dihubungkan langsung ke komputer (PC).

Data hasil pengukuran tidak akan memberikan suatu nilai yang tepat terhadap besaran fisis yang diukur (Sugata Pikatan, 1992). Hal ini disebabkan oleh banyak faktor antara lain keterbatasan jangkauan ukur alat yang digunakan, kelemahan metoda pengukurannya, karakteristik alamiah besaran itu sendiri, dan sebagainya. Data yang dapat disajikan merupakan perkiraan terbaik tentang nilai besaran yang diukur. Hasil pengukuran dilaporkan dalam bentuk $(x \pm s)$, dimana x adalah nilai perkiraan terbaik dan s adalah kesalahan (*error*) pengukuran. Nilai pengukuran yang dapat diterima antara $(x - s)$ sampai dengan $(x + s)$. Hasil pengukuran dapat diterima jika disertai dengan ketelitiannya.

Berdasarkan cara melakukan, pengukuran dapat dibedakan atas pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung. Pengukuran langsung dilakukan dengan cara membandingkan sesuatu yang akan diukur dengan sebuah standar alat ukurnya. Pengukuran tidak langsung dilakukan dengan menghitung atau mengolah data-data yang diperoleh dari pengukuran langsung (Sugata Pikatan, 1992).

B. Massa Benda

Massa merupakan ukuran inersia atau kelembaman suatu benda atau kemampuan mempertahankan keadaan suatu gerak (Purnomo, 2009). Makin besar massa suatu benda, makin sulit mengubah keadaan gerak benda tersebut. Massa dari setiap benda konstan, hal ini tidak dipengaruhi oleh posisi benda, tempat dan waktu keberadaan benda tersebut.

Peranan pengukuran massa benda dalam kehidupan sehari-hari sangat penting. Hal ini dapat dilihat pada bidang perdagangan pada umumnya, salah satu contohnya adalah penjual buah-buahan, menimbang massa buah-buahan tersebut sesuai kebutuhan pembeli dengan menggunakan timbangan. Dengan demikian kehidupan sehari-hari tidak terlepas dari proses pengukuran massa suatu benda.

Perkembangan IPTEK telah menciptakan berbagai jenis alat ukur massa, mulai dari alat ukur massa analog sampai alat ukur massa digital. Diantara contoh alat ukur massa adalah neraca Ohaus, timbangan, spectrometer massa dan lain-lain. Alat-alat ukur massa tersebut telah banyak berperan dalam kehidupan sehari-hari manusia.

Satuan Sistem Internasional untuk massa adalah Kilogram (kg). Lambang massa adalah m , yang merupakan *inisial* dari kata *massa* (kata massa dalam bahasa inggris). Lambang ini merupakan ketetapan yang dibuat untuk penyeragaman. Massa merupakan besaran skalar, yakni besaran yang hanya mempunyai nilai/besar saja. Alat yang digunakan untuk mengukur massa biasanya adalah timbangan.

C. Sensor *Flexiforce*

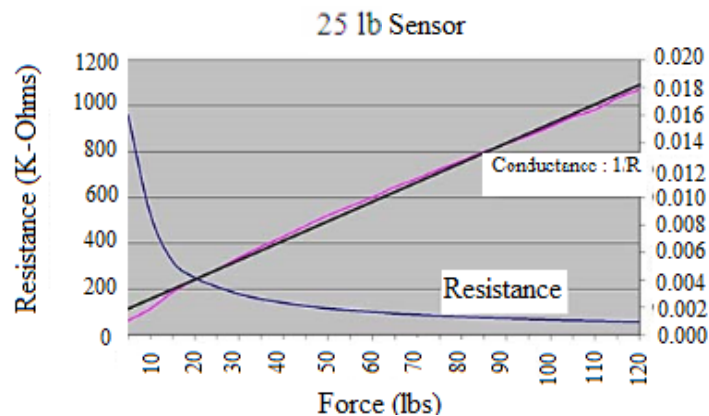
Sensor adalah suatu piranti yang menerima suatu besaran non listrik dan meresponnya dalam bentuk sinyal listrik. Pendapat ini sesuai dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Sutrisno (1999 : 2) bahwa :

Kita Seringkali perlu mengukur berbagai besaran fisis misalnya suhu, tekanan, hambatan arus listrik dan lain-lain. Untuk dapat mencatatnya secara elektronik diperlukan sensor atau transduser untuk mengubah besaran fisis tersebut menjadi tegangan listrik.

Dari kutipan dapat dijelaskan bahwa besaran-besaran fisis yang ada di alam ini, untuk mendapatkan nilai secara elektronik perlu ada sensor yang mengubahnya. Seperti halnya dengan massa suatu benda, untuk mengetahui massa benda tersebut secara elektronik dibutuhkan sensor massa benda. Prosesnya adalah dengan mengubah besaran fisis tersebut menjadi besaran listrik.

Sensor massa merupakan sensor yang mendeteksi besaran fisis (massa) dan dikonversikan kedalam besaran listrik. Sensor *flexiforce* merupakan sebuah sensor gaya (*force*) atau sensor beban (*load*) (Tyas Istiqomah, 2010). Sensor ini berbentuk *printed circuit* yang sangat tipis dan fleksibel.

Sensor *flexiforce* sangat mudah diaplikasikan untuk mengukur gaya tekan antara dua permukaan dalam berbagai aplikasi. Sensor *flexiforce* bersifat resistif dan nilai konduktansinya berbanding lurus dengan gaya atau beban yang diterimanya. Semakin besar beban yang diterima sensor *flexiforce* maka nilai hambatan outputnya akan semakin menurun. Grafik hubungan resistansi dan konduktansi dengan gaya beban dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Resistansi dan Konduktansi dengan Gaya Beban
(Sumber : Datasheet Flexiforce, www.Tekscan.com)

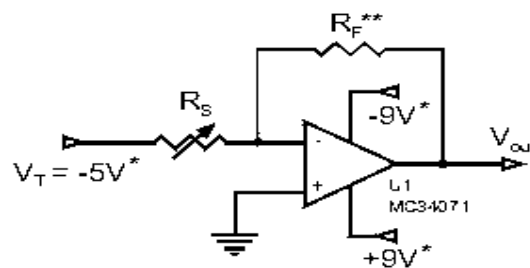
Sensor *flexiforce* yang digunakan adalah tipe A201-25. Pada keadaan tanpa beban, resistansi sensor ini sebesar kurang lebih 20M ohm. Ketika diberi beban maksimum resistansinya akan turun sampai 20K ohm. Batasan beban maksimum sensor *flexiforce* yang tersedia bermacam-macam, yaitu 1 lb (4,4N), 25 lb (110N), 100 lb (440N). Dalam aplikasi ini akan digunakan sensor *flexiforce* dengan 25 lb (110 N) dengan massa beban maksimal 11 kg. Bentuk fisik sensor *flexiforce* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk Sensor *Flexiforce*
(Sumber: Datasheet Flexiforce, www.Tekscan.com)

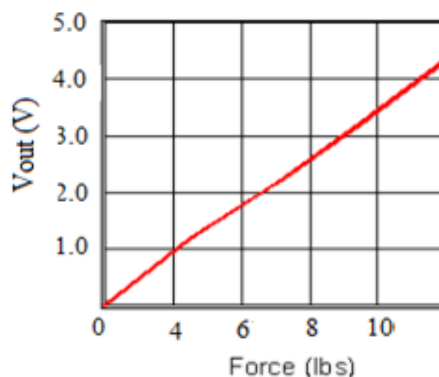
Sensor ini terbuat dari bahan *polyester* (mylar) dengan panjang 7,75 inci (197 mm), tebal 0,008 inci (0,208 mm), diameter area sensor 0,375 inci (9,53 mm). Cara kerja sensor *Flexiforce* adalah pada saat sensing area mendapatkan tekanan maka nilai resistansi yang merupakan keluaran dari sensor akan berkurang, semakin besar gaya tekan yang diberikan maka resistansinya akan

semakin kecil, sehingga tegangan hasil konversi akan semakin besar. Untuk itu sensor Fkexiforce dapat diaplikasikan untuk membuat sebuah alat ukur massa suatu benda. Sensor ini memiliki tiga pin, dimana pin yang berada pada bagian tengah tidak aktif. Keluaran sensor yang berupa resistansi diubah ke tegangan melalui rangkaian pengubah resistansi ke tegangan. Rangkaian ini direkomendasikan dalam data sheet seperti Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Pengubah Resistansi ke Tegangan
(Sumber: flexiforce: Data sheet. www.Tekscan.com).

Grafik hubungan tegangan dengan gaya beban dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Tegangan Dengan Gaya Beban Pada Keluaran Sensor
Flexiforce (Sumber: *Datasheet Flexiforce*)

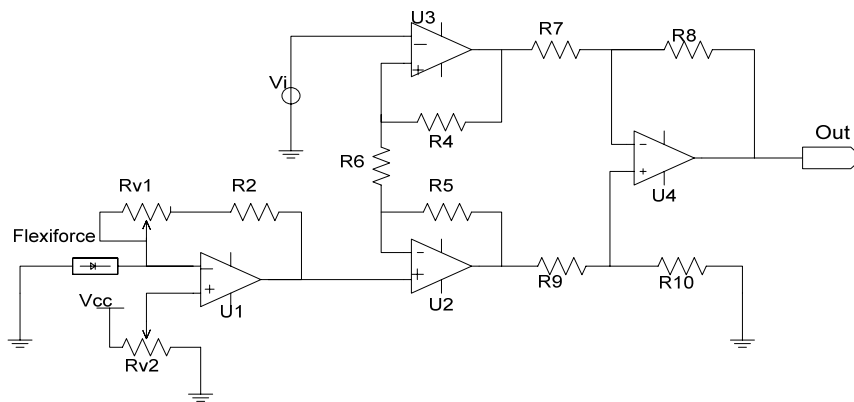
Dari Gambar 4 dapat dilihat hubungan tegangan dengan gaya beban adalah linier.

Semakin besar tegangan yang diberikan, maka gaya beban juga semakin besar.

D. Rangkaian Elektronika Pendukung

1. Rangkaian Pengkondisian Sinyal

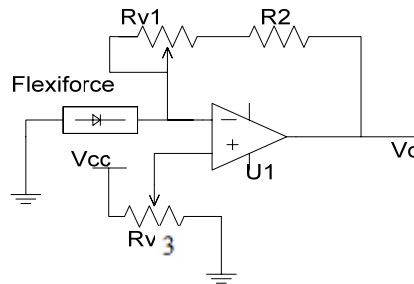
Rangkaian pengkondisian sinyal merupakan rangkaian pengkondisi dari sinyal-sinyal lemah dari suatu sensor menjadi sinyal tegangan analog yang lebih kuat (Andi Nelwan, 2010). Rangkaian pengkondisi sinyal ini menggunakan penguat tak membalik dan rangkaian penguat instrumentasi. Skema rangkaian pengkondisi sinyal tersebut diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Rangkaian penguat tak membalik terdiri dari op-amp dan resistor. Op-Amp adalah piranti solid state yang mampu mengindera dan memperkuat sinyal masukan baik AC maupun DC. Karakteristik Op-Amp yang terpenting adalah : Impedansi masukan tinggi sehingga arus masukan diabaikan, penguat loop terbuka amat tinggi dan impedansi keluaran rendah, sehingga penguat tidak terpengaruh oleh pembebanan. Op-amp U1 merupakan rangkaian penguat tak membalik yang akan mengubah keluaran sensor berupa resistansi ke tegangan. Penguat tak membalik merupakan penguat yang tegangan keluaran V_o

mempunyai fasa yang sama dengan tegangan masukan V_i . Rangkaian penguat tak membalik dapat dilihat pada Gambar 6.

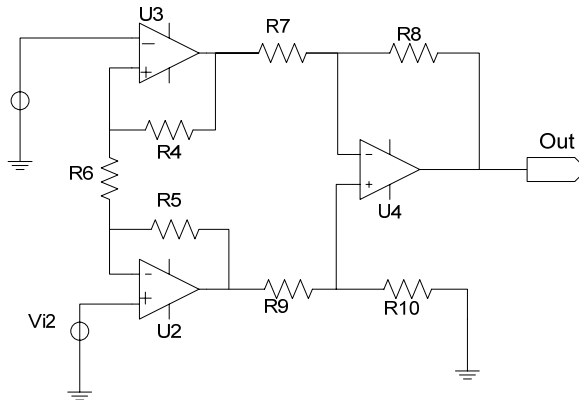


Gambar 6. Rangkaian Penguat Tak Membalik

Nilai tegangan input rangkaian penguat tak membalik didapat dengan mengatur potensiometer R_{v3} . R_1 dan R_2 merupakan tahanan referensi. R_1 menggunakan potensiometer yang bertujuan agar tegangan keluaran sensor dapat diatur ketika diberikan beban maksimum. Nilai R_1 dan R_4 yang digunakan antara 1 k Ω sampai 100 k Ω . Tegangan keluaran U_1 diperoleh berdasarkan persamaan:

$$V_o = \left(1 + \frac{(R_{v1} + R_2)}{R_{flexiforce}} \right) \times V_{cc} \quad (1)$$

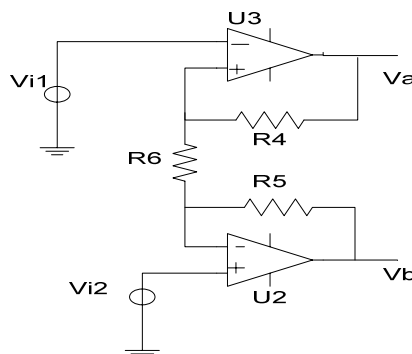
Output dari U_1 akan dilewatkan pada rangkaian penguat instrumentasi. penguat instrumentasi merupakan penguat lingkaran tertutup dan merupakan gabungan dari penguat differensial dan rangkaian *buffer* (Irwan Ashari, 2009). Penguat instrumentasi memiliki daya presisi dan akurasi yang tinggi. Penguatan instrumentasi diberikan untuk penguatan berpenguatan tinggi. Fungsinya yaitu untuk memperkuat sinyal differensial. Rangkaian penguat instrumentasi diperlihatkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian Penguat Instrumentasi

Dari Gambar 5 terlihat bahwa rangkaian penguat instrumentasi tersusun atas dua blok yaitu rangkaian Buffer dan rangkaian penguat differensial.

Rangkaian *buffer* merupakan perantara untuk masukan yang mempunyai impedansi yang tinggi, sehingga apabila dihubungkan dengan rangkaian elektronika sebelumnya tidak terjadi jatuh tegangan (Malvino, 1994). Rangkaian *buffer* diperlihatkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Buffer

Dari Gambar 5 didapatkan tegangan antara titik a dan titik b untuk menghitung tegangan tersebut digunakan persamaan (2).

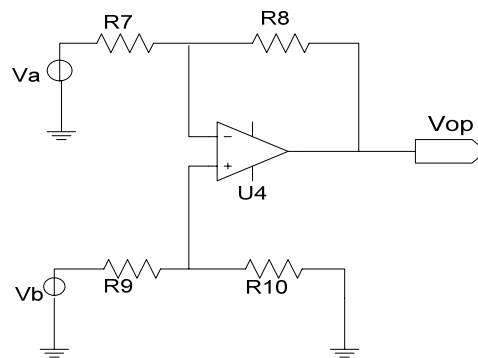
$$V_{ab} = \left[1 + \frac{R_4 + R_5}{R_6} \right] (V_{i1} - V_{i2}) \quad (2)$$

Dari persamaan terlihat, tegangan antara titik a dan titik b (V_{ab}) akan berbanding lurus dengan perbedaan tegangan masukan ($V_{i1}-V_{i2}$). Penguatan dari rangkaian *buffer* didapat dari perbandingan antara (V_{ab}) dengan ($V_{i1}-V_{i2}$) seperti diperlihatkan oleh persamaan:

$$A_{v_{buff}} = \left[1 + \frac{R_4 + R_5}{R_6} \right] \quad (3)$$

Besarnya penguatan dari rangkaian *buffer* ditentukan oleh besarnya harga resistor variabel R_3 , R_4 dan R_5 .

Bagian kedua dari rangkaian penguat instrumentasi adalah penguat differensial. Penguat differensial adalah komponen IC yang memiliki dua tegangan masukan dan satu tegangan output yang bekerja dengan memperkuat sinyal yang merupakan selisih dari kedua masukannya (Aswan Hamonangan, 2007). Rangkaian ini digunakan karena memiliki dua masukan yang dapat dibandingkan, sehingga tegangan keluaran dapat diatur sesuai dengan keinginan. Bentuk rangkaian yang dimaksud diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Penguat Differensial

Besarnya tegangan keluaran dari penguat diferensial dengan mengkondisikan nilai tahanan $R_9 = R_7$ dan $R_8 = R_{10}$ diperlihatkan oleh persamaan

$$V_{0P} = -\frac{R_8}{R_7}(V_a - V_b) \quad (4)$$

Penguatan dari penguat diferensial merupakan perbandingan tegangan keluaran (V_{op}) dengan perbedaan tegangan masukannya ($V_a - V_b$), sehingga dapat ditulis dalam bentuk

$$A_{Vdiff} = \frac{R_8}{R_7} \quad (5)$$

Persamaan menunjukkan bahwa penguatan dari penguat diferensial hanya bergantung dari besar nilai R_7 dan R_8 .

Pada penguat instrumentasi, tegangan keluaran dari rangkaian buffer merupakan tegangan masukan bagi penguat diferensial. Tegangan keluaran dari rangkaian penguat diferensial merupakan tegangan keluaran dari rangkaian penguat instrumentasi. Dengan mensubstitusikan persamaan (5) ke dalam persamaan (6), maka dihasilkan tegangan keluaran dari penguat instrumentasi sebesar

$$V_{0P} = \left(\frac{R_8}{R_7}\right) \left[1 + \frac{R_4 + R_5}{R_6}\right] (V_{i1} - V_{i2}) \quad (6)$$

Dalam keadaan yang sederhana, tegangan keluaran dari penguat instrumentasi dapat diekspresikan pada persamaan

$$V_{0P} = A_{Vinst}(V_{i1} - V_{i2}) \quad (7)$$

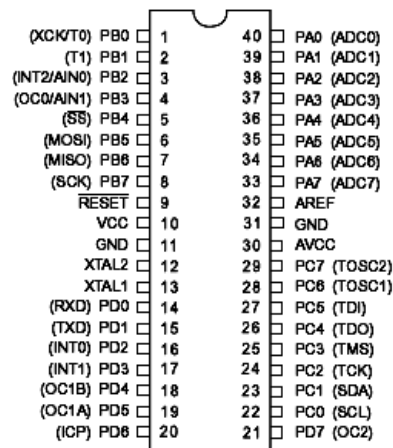
Dengan A_{Vinst} adalah penguatan dari penguat instrumentasi yaitu

$$A_{Vinst} = \left(\frac{R_8}{R_7}\right) \left[1 + \frac{R_4 + R_5}{R_6}\right] \quad (8)$$

Persamaan menyatakan bahwa penguatan dari penguat instrumentasi bergantung pada nilai tahanan R_4 , R_5 , R_6 , R_7 dan R_8 .

2. Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler adalah suatu komponen elektronika yang dapat diprogram dan memiliki kemampuan untuk mengeksekusi langkah-langkah yang telah diprogram (Agfianto, 2002). Secara umum mikrokontroler terdiri atas sebuah CPU (*Central Processing Unit*) yang berfungsi sebagai pengontrol program, ROM (*Read Only Memory*) dan RAM (*Random Acces Memory*). Bentuk fisik dari mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Pin Mikrokontroler ATmega16

(Sumber : *Datasheet ATmega 16*)

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt internal* dan *eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*, ADC dan

PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang mengizinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI ATMega16.

Mikrokontroler ATMega16 termasuk seri AVR. Berdasarkan arsitekturnya, AVR merupakan mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) dengan lebar bus data 8 bit dengan kecepatan maksimal 16MHz. Mikrokontroler mempunyai 40 kaki. 32 kaki diantaranya adalah kaki untuk keperluan port paralel yaitu port A, port B, port C, port D. Nomor dari masing-masing kaki port paralel dimulai dari 0 sampai 7. Tiga buah timer/ counter dengan kemampuan perbandingan.

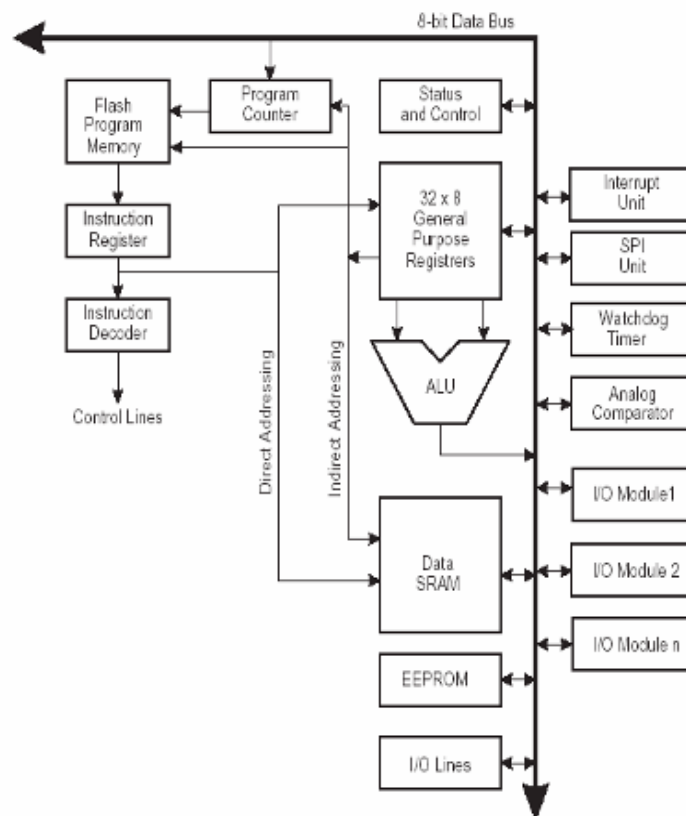
Setiap kaki (pin) pada mikrokontroler memiliki fungsi tersendiri. Berikut fungsi dari masing-masing kaki (pin) mikrokontroler ATMega16 :

- 1) Vcc (kaki 10) : sebagai tegangan supply.
- 2) GND (kaki 31) : sebagai ground.
- 3) Reset (kaki 9) : merupakan input reset.
- 4) Port A (PA0...PA7) : pin I/O dua arah dan pin masukan ADC.
- 5) Port B (PB0...PB7) : pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus untuk timer/ counter, komparator analog, dan SPI.
- 6) Port C (PC0...PC7) : pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus untuk TWI, komparator analog, dan timer osilator.
- 7) Port D (PD0...PD7) : pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus untuk komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial.
- 8) XTAL1 dan XTAL2 (kaki 13 dan 12) : pin masukan clock eksternal.

9) AVCC (kaki 30) : pin masukan tegangan untuk ADC.

10) AREF (kaki 32) : pin masukan tegangan referensi ADC.

Blok diagram struktur arsitektur dasar dari mikrokontroler AVR dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Blok Diagram Arsitektur AVR
(Sumber : Datasheet ATMega16)

Untuk penyimpanan data, AVR menyediakan dua jenis memori yang berbeda yaitu EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) dan SRAM (*Static Random Access memory*). EEPROM digunakan untuk menyimpan data-data program yang bersifat permanen, sedangkan SRAM digunakan untuk menyimpan data variabel yang dimungkinkan berubah setiap

saatnya. Besarnya kapasitas EEPROM dan SRAM masing-masingnya adalah 512 byte dengan kapabilitas memori flash 8 Kb.

ATMega16 memiliki fitur ADC dengan resolusi 10-bit yang terhubung dengan 8 saluran Analog Multiplexer, sehingga memungkinkan untuk membangun sistem elektronika yang kompak. Pada pin ADC tersebut terdapat rangkaian *Sample* dan *Hold*. Tegangan input ADC ditahan dalam tingkat yang konstan pada saat konversi berlangsung. Kecepatan konversi adalah 65-260 us.

Proses inisialisasi ADC meliputi proses penentuan clock, tegangan referensi, format output data, dan mode pembacaan. Register yang perlu diset nilainya adalah ADMUX (*ADC Multiplexer Selection Register*), ADCSRA (*ADC Control and Status Register*), dan SFIOR (*Special Function IO Register*). ADMUX merupakan register 8 bit yang berfungsi menentukan tegangan referensi ADC, format data output dan saluran ADC yang digunakan. ADCSRA merupakan register 8 bit yang berfungsi melakukan manajemen sinyal kontrol dan status dari ADC. SFIOR merupakan register 8 bit pengatur sumber picu konversi ADC, apakah dari picu eksternal atau dari picu internal. Untuk operasi ADC, bit ACME, PUD, PSR2, dan PSR 10 tidak diaktifkan.

Ada dua cara pengoperasian ADC, yaitu mode *single conversion* dan mode *free running*. Mode *free running* memungkinkan kita hanya perlu mengkonversi sekali saja, sedangkan pada mode *single conversion* setiap konversi dimulai dengan menyetting bit ADCSC (*ADC Start Conversion*) pada bit ADCSRA. Mode *single conversion* tersebut biasanya digunakan apabila kita menggunakan banyak kanal pada ADC. Untuk memilih channel ADC mana yang digunakan (*single*

ended atau *diferensial*), atur nilai MUX4 : 0. Misalnya channel ADC0 sebagai input ADC, maka MUX4 : 0 diberi nilai 00000B.

Tegangan referensi ADC dapat dipilih antara lain pada pin AREF, pin AVCC atau menggunakan tegangan referensi internal sebesar 2,56 V. Agar fitur ADC mikrokontroler dapat digunakan, maka ADEN (ADC Enable, dalam I/O register ADCSRA) harus diberi nilai 1. Setelah konversi selesai (ADIF high), hasil konversi dapat diperoleh pada register hasil (ADCL, ADCH). Untuk konversi single ended (jika ADC 10 bit), hasilnya ialah :

$$\text{ADC} = \frac{V_{in} \times 1024}{V_{ref}}$$

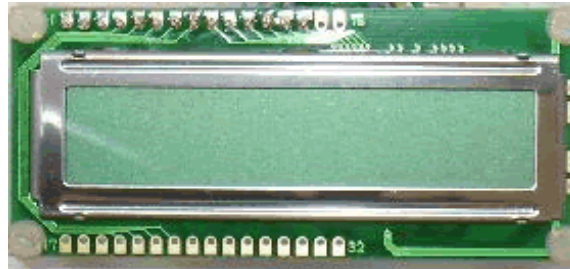
(10)

Dimana V_{in} ialah tegangan pada input yang dipilih dan V_{ref} merupakan tegangan referensi. Jika hasil ADC = 000H, maka menunjukkan tegangan input sebesar 0 V, jika hasil ADC = 3FFH menunjukkan tegangan input sebesar tegangan referensi dikurangi 1 LSB.

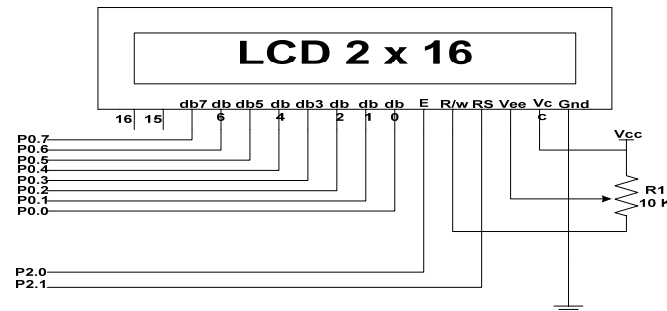
3. Liquid Crystal Display

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan salah satu media yang digunakan sebagai penampil data pada sistem berbasis mikrokontroler (Alfi Fadlan 2010). LCD memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan perangkat lain untuk menampilkan sebuah data, antara lain, hemat energi, ringan dan proses perancangan yang relatif lebih mudah. Disamping itu LCD mampu menampilkan karakter berbasis kode ASCII, dan mampu menampilkan karakter sesuai dengan yang diinginkan.

LCD yang tersedia saat ini terdiri atas LCD grafik dan LCD teks. LCD grafik mampu menampilkan data dalam bentuk *image*, sedangkan LCD text akan menampilkan karakter. LCD teks yang umum digunakan adalah 2X16 (2 baris X 16 baris), 2X20 dan 4X20. Bentuk fisik LCD diperlihatkan pada Gambar 11.



(a)



(b)

Gambar 12. Bentuk LCD (Sumber : Didin, 2006)

(a) Bentuk Fisik LCD 2 x 16

(b) Rangkaian Display LCD

Operasi dasar LCD terdiri dari empat kondisi, yaitu instruksi mengakses proses internal, instruksi menulis data, instruksi membaca kondisi sibuk dan instruksi membaca data. Kombinasi instruksi dasar inilah yang dimanfaatkan untuk mengirim data ke LCD.

Mikrokontroler akan melakukan inisialisasi ketika sistem mulai diaktifkan. Selama proses inisialisasi ini maka akan ditampilkan pesan-pesan yang

berhubungan dengan proses tersebut. LCD akan menampilkan kata-kata pembuka dan menunggu hingga *user* mengaktifkan menu utama.

Tabel 1. Fungsi Pin pada LCD

No	Simbol	Level	Keterangan
1	Vss	-	Dihubungkan ke 0 V (Ground).
2	Vcc	-	Dihubungkan dengan tegangan supply +5V dengan toleransi $\pm 10\%$.
3	Vee	-	Digunakan untuk mengatur tingkat kontras LCD.
4	RS	H/L	Bernilai logika '0' untuk input instruksi dan bernilai logika '1' untuk input data.
5	R/W	H/L	Bernilai logika '0' untuk proses 'write' dan bernilai logika '1' untuk proses 'read'.
6	E	H	Merupakan sinyal enable. Sinyal ini akan aktif pada falling edge dari logika '1' ke logika '0'.
7	DB0	H/L	Pin data D0
8	DB1	H/L	Pin data D1
9	DB2	H/L	Pin data D2
10	DB3	H/L	Pin data D3
11	DB4	H/L	Pin data D4
12	DB5	H/L	Pin data D5
13	DB6	H/L	Pin data D6
14	DB7	H/L	Pin data D7
15	V+BL	-	Back Light pada LCD ini dihubungkan dengan tegangan sebesar 4 – 4,2 V dengan arus 50 – 200 mA
16	V-BL	-	Back Light pada LCD ini dihubungkan dengan ground.

LCD hanya memerlukan daya yang sangat kecil, tegangan yang dibutuhkan juga sangat rendah yaitu +5 VDC. Panel TN LCD untuk pengaturan kekontrasan cahaya pada display dan CMOS LCD drive sudah terdapat di dalamnya. Semua fungsi display dapat dikontrol dengan memberikan instruksi dan dapat dengan mudah dipisahkan oleh MPU. Hal ini membuat LCD berguna untuk *range* yang luas dari terminal display unit untuk mikrokomputer dan display unit *measuring gages* (Widodo, 2005).

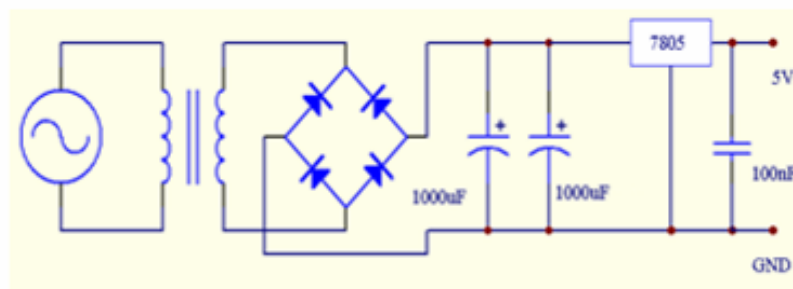
4. Catu Daya

Catu daya atau power supply merupakan suatu rangkaian elektronik yang mengubah arus listrik bolak-balik menjadi arus listrik searah (Aswardi, 2009). Hampir semua peralatan elektronik membutuhkan catu daya agar dapat berfungsi.

Catu daya teregulasi dapat dibangun dari IC regulator tegangan. IC regulator tegangan ini diantaranya adalah 78xx dan 79xx. Hal ini senada dengan yang dinyatakan Sutrisno (1999 : 80) :

Untuk regulasi tegangan yang tidak terlalu ketat kita dapat gunakan regulator tegangan IC tiga terminal. Regulator ini dikenal dengan 78xx dan 79xx. Regulator IC 78xx adalah regulator tegangan positif untuk xx Volt, sedangkan 79xx adalah regulator tegangan negatif untuk xx Volt.

Dari kutipan di atas jelas bahwa tegangan teregulasi yang diharapkan dapat diperoleh dengan memilih IC regulator tegangan yang sesuai. Sebagai contoh IC 7805 artinya tegangan teregulasi yang diberikan adalah 5 Volt. Rangkaian catu daya teregulasi diperlihatkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Rangkaian Catu Daya Teregulasi

Tegangan DC teregulasi diperoleh dengan cara terlebih dahulu menurunkan tegangan bolak-balik (AC) dari PLN melalui sebuah transformator

step-down. Tegangan AC yang telah diturunkan kemudian disearahkan dengan menggunakan empat dioda yang membentuk penyearah sistem jembatan. Keluaran dari penyearah dihubungkan dengan kapasitor sebagai filter.

Untuk memperkecil nilai ripple dapat digunakan filter kapasitor. Semakin besar nilai kapasitor maka akan semakin kecil nilai tegangan ripple. Untuk memperoleh suatu catu daya dengan nilai keluaran yang tetap, maka dapat digunakan sebuah IC regulator 78xx untuk catu daya positif dan IC regulator 79xx untuk catu daya negatif.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap besaran yang terdapat pada sistem pengukuran massa benda digital dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Fungsi transfer sensor *Flexiforce* didapatkan dari hubungan variasi massa terhadap tegangan keluaran sensor yaitu : $V_0 = 0.762m + 0.082$. Angka 0.762 Volt/Kg merupakan sensitivitas sensor *Flexiforce*, sedangkan angka 0.082 Volt menyatakan nilai tegangan awal pada saat massa nol. Ketelitian rata-rata dari sensor *Flexiforce* adalah 0.98 dengan kesalahan relative rata-rata 0.144%.
2. Sistem pengukuran massa benda ini dibangun oleh tiga bagian utama yaitu; Tempat kedudukan benda, kotak tempat rangkaian elektronika, LCD dan keypad. kemampuan mengukur massa sistem maksimal adalah 5 Kg, dengan skala terkecil 10 gram.
3. Ketepatan dari sistem cukup tinggi yaitu rata-rata 99.00% dengan kesalahan rata-rata 0,54%. Ketelitian rata-rata dari sistem pengukuran ini adalah 0.98 dengan standar deviasi rata-rata 0.058 dan kesalahan relatif rata-rata 0.330%.

B. Saran

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat dikemukakan saran sebagai tindak lanjut dari penelitian ini yaitu :

1. Penelitian terhadap pembuatan sistem pengukuran massa benda digital dapat dikembangkan dengan menggunakan ADC dengan resolusi yang lebih besar sehingga dapat digunakan dengan baik untuk mengukur massa dengan interval pengukuran yang lebih kecil.
2. Untuk menyimpan data pengukuran dengan kapasitas yang lebih besar dapat menggunakan memori EEPROM yang lebih besar sehingga alat mampu menyimpan data-data transaksi dalam rentang tak hingga atau penyimpanan dilakukan pada PC.
3. Memprogram hasil pengukuran massa suatu objek dengan menggunakan sampel data yang lebih banyak sehingga data yang ditampilkan pada display adalah nilai rata-rata.
4. Selama dalam pengoperasian alat harus selalu terhubung dengan PLN, jika hubungan PLN terputus maka alat ukur tidak bisa dioperasikan. Pengembangan yang dapat dilakukan adalah alat memiliki sumber tegangan lain seperti baterai.
5. Dalam upaya mengoptimalkan range dari sensor *Flexiforce* dapat dilakukan dengan menggunakan penguat tegangan keluaran yang cocok dengan sensor tersebut sehingga nilai tegangan keluaran sensor lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Agfianto Eko Putra. (2002). *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Gava Media.
- Alfi Fadlan. (2010). *LCD*. www. alfi_fadlan. Blogspot.com. Diakses 16 Maret 2011.
- Andi Nelwan. (2010). *Rangkaian Pengkondisian Sinyal*. www.delta_elektronik.com. Diakses 20 April 2011.
- Anonim. (2010). *The Sensor*. **Error! Hyperlink reference not valid**. Diakses 18 Januari 2011
- Anto. (2010). *Sistem Kontroler Kendali*. www.wordpress.com. Diakses 11 Maret 2011.
- Aswardi, Sukardi. (2009). *Disain Regulator Tegangan Sebagai Pengatur Tegangan Bolak Balik*. Padang. UNP.
- Budi Utomo. (2010). *Teknik Digital*.www.blokspot.com. Diakses 8 April 2011.
- Data Sheet. (2008). *Mikrokontroler ATMEGA16*. <http://www.atmel.com>. Diakses 19 Februari 2011.
- Irwan Ashari. (2009). *Penguat Instrumentasi*. www.irwanashari.com. Diakses 20 April 2011.
- Jones, L.D. (1995). *Electronic Instrumens and Measurement*. Second Edition. Prentice Hall International, Inc
- Malvino, Albert Paul. (1994). *Prinsip-prinsip Elektronika*. Jakarta: Erlangga.
- Purnomo. (2009). *Massa*.www.wikipedia.com.Diakses 30 Maret 2011.
- Sri Waluyanti, dkk. (2008). *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran*. Direktorat Pembinaan SMK.
- Supriyadi, Ricky dan Tim IE. (2008). *Rangkaian Pengkondisian Sinyal*. <http://electronclab.com>. Diakses 12 Februari 2011.
- Sutrisno. (1987). *Elektronika Teori Dasar dan Penerapannya* . Bandung: ITB.
- Sutrisno. (1994). *Elektronika Teori dan Penerapannya* . Bandung : ITB.