

**PEMBUATAN ALAT UKUR MASSA JENIS SECARA DIGITAL
MENGUNAKAN SENSOR LOAD CELL DAN ULTRASONIK
BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO**

SKRIPSI

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



Oleh :

HILDA MERDINA

1101426

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

2015

PERSETUJUAN SKRIPSI

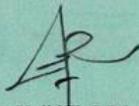
**PEMBUATAN ALAT UKUR MASSA JENIS SECARA DIGITAL
MENGUNAKAN SENSOR LOAD CELL DAN ULTRASONIK BERBASIS
MIKROKONTROLER ARDUINO**

Nama : Hilda Merdina
NIM : 1101426
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Oktober 2015

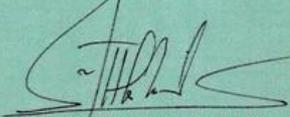
Disetujui Oleh:

Pembimbing I,



Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si
NIP. 19730702 200312 1 002

Pembimbing II,



Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si
NIP. 19751231 200012 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

**Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang**

Judul : Pembuatan Alat Ukur Massa Jenis Secara Digital
Menggunakan Sensor Load Cell Dan Ultrasonik
Berdasarkan Mikrokontroler Arduino

Nama : Hilda Merdina

NIM : 1101424

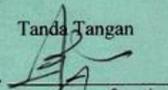
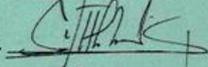
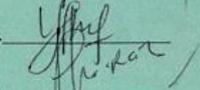
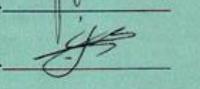
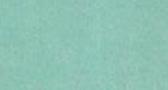
Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Oktober 2015

Tim Penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si	1. 
2. Sekretaris	: Zuhendri Kamus, S.Pd, M.Si	2. 
3. Anggota	: Yohandri, M.Si, Ph.D	3. 
4. Anggota	: Pakhrur Razi, S.Pd, M.Si	4. 
5. Anggota	: Dra. Hj. Yenni Darvina, M.Si	5. 

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul Pembuatan Alat Ukur Massa Jenis Secara Digital Menggunakan Sensor Load Cell dan Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Arduino;
2. karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing;
3. di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan;
4. pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademi berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum berlaku.

Padang, 3 Desember 2015

Yang membuat pernyataan




Hilda Merdina

NIM 2011/1101426

ABSTRAK

Hilda Merdina : Pembuatan Alat Ukur Massa Jenis Secara Digital Menggunakan Sensor Load Cell Dan Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Arduino

Pengukuran massa jenis penting dilakukan untuk mengetahui karakteristik suatu benda dan membedakan suatu benda dengan benda lain. Dalam kegiatan eksperimen laboratorium tentang pengukuran massa jenis masih dilakukan secara manual, karena belum tersedianya alat ukur massa jenis benda secara digital. Peranan alat ukur massa jenis benda digital sangat penting dan diharapkan mempermudah proses pengukuran serta mendapatkan hasil yang lebih tepat dan teliti. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui spesifikasi performansi dan spesifikasi desain pembuatan alat ukur massa jenis secara digital menggunakan sensor load cell dan ultrasonik berbasis mikrokontroler arduino. Alat ukur massa jenis ini dapat mengukur 2 jenis benda yaitu benda cair dan benda padat yang memiliki massa jenis lebih besar dari air dan berbentuk kubus dengan sisi 2cm.

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa. Teknik pengukuran dan pengumpulan data dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung yaitu tegangan keluaran dari sensor load cell dan massa dari benda. Sedangkan yang diperoleh secara tidak langsung yaitu nilai massa jenis, ketepatan dan ketelitian dari sistem alat ukur. Data yang diperoleh melalui pengukuran dianalisis melalui dua cara yaitu secara statistik dan grafik.

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan dapat dikemukakan dua hasil penting dari penelitian. Pertama, hasil disain alat ukur massa jenis benda secara digital terdiri dari sensor load cell dan ultrasonik sebagai pengukur massa dan volume benda, *casing* rangkaian pembangun sistem alat ukur diletakkan. Kedua, alat ukur massa jenis benda secara digital memiliki ketepatan dan ketelitian yang cukup tinggi, persentase ketepatan rata-rata pengukuran massa jenis benda cair adalah 96,79% dengan ketelitian rata-rata 97,01%. Sedangkan persentase ketepatan rata-rata untuk pengukuran massa jenis benda padat adalah 96,87% dengan ketelitian rata-rata 99,65%.

Keyword: Alat Ukur Digital, Massa Jenis, Load Cell, dan Sensor Ultrasonik.

KATA PENGANTAR

Ucapan puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga peneliti bisa menyelesaikan dan menulis tugas akhir ini. Judul dari penelitian ini adalah “Pembuatan Alat Ukur Massa Jenis Secara Digital Menggunakan Sensor Load Cell Dan Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Arduino”.

Selama penyelesaian tugas akhir ini peneliti banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan serta arahan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si sebagai Pembimbing I dan sebagai Penasehat Akademik, Bapak Zuhendri Kamus, S.Pd, M.Si sebagai Pembimbing II atas segala bantuannya yang tulus dan ikhlas memberikan bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Yohandri, Ph.D, Bapak Pakhrur Razi, S.Pd, M.Si, Ibu Dra. Yenny Darvina, M.Si sebagai dosen penguji pada Tugas Akhir ini.
3. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika, Ibu Dra. Yurnetti, M.Pd sebagai Sekretaris Jurusan Fisika, dan Ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai Ketua Prodi Fisika.
4. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa dalam laporan penelitian ini masih terdapat beberapa kelemahan atau kekurangan. Adanya saran dan kritikan dari pembaca akan lebih menyempurnakan laporan ini dimasa yang akan datang.

Mudah-mudahan hasil laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti dan seluruh pembaca.

Padang, 14 Agustus 2015

Peneliti

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Sistem Pengukuran	5
B. Massa Jenis	8
C. Sistem Digital.....	10
D. Rangkaian Elektronika	11
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
B. Jenis Penelitian.....	22
C. Alat dan Bahan.....	23
D. Desain Penelitian.....	23
E. Prosedur Penelitian.....	27
F. Teknik Pengumpulan Data.....	29
G. Teknik Analisis Data	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Hasil Penelitian	32
B. Pembahasan.....	44

BAB V PENUTUP	47
A. Kesimpulan	47
B. Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sensor Load Cell	12
Gambar 2. Rangkaian Jembatan Wheastone	12
Gambar 3. Bagian Pin Pada HX711	13
Gambar 4. Modul HX711	14
Gambar 5. Prinsip kerja sensor ultrasonik HC-SR04	15
Gambar 6. Board Arduino Uno	16
Gambar 7. Bentuk LCD	19
Gambar 8. Rangkaian Catu Daya Teregulasi	21
Gambar 9. Desain mekanik alat ukur massa jenis benda	24
Gambar 10. Blok diagram alat ukur massa dan massa jenis	25
Gambar 11. Flowchart Alat Ukur Massa Jenis.....	26
Gambar 12. Foto Hasil Desain Alat Ukur.....	33
Gambar 13. Kotak Rangkaian	34
Gambar 14. <i>Shield</i>	34
Gambar 15. Kedudukan Sensor Load Cell.....	35
Gambar 16. Kedudukan Sensor Ultrasonik	36
Gambar 17. Rangkaian Power Supply	36
Gambar 18. Perbandingan Massa Jenis Benda Cair	38
Gambar 19. Perbandingan Massa Jenis Benda Padat	39
Gambar 20. Hubungan Hasil Pengukuran Massa Jenis Benda Cair	41
Gambar 21. Hubungan Hasil Pengukuran Massa Jenis Benda Padat	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Massa Jenis Beberapa Zat Umum	9
Tabel 2. Fungsi Pin Pada LCD	19
Tabel 3. Hasil Pengukuran Massa Jenis Benda Cair	37
Tabel 4. Hasil Pengukuran Massa Jenis Benda Padat	38
Tabel 5. Ketepatan Pengukuran Massa Jenis Benda Cair	40
Tabel 6. Ketepatan Pengukuran Massa Jenis Benda Padat	40
Tabel 7. Tabel Ketelitian Untuk Benda Cair	42
Tabel 8. Tabel Ketelitian Benda Padat.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skematik Rangkaian Elektronika Pembangun Sistem Alat Ukur.....	50
Lampiran 2. Data Statistik Ketepatan Pengukuran Massa Jenis	51
Lampiran 3. Data Statistik Ketelitian Alat Ukur Massa Jenis.....	52
Lampiran 4. Program Alat Ukur Massa Jenis	53
Lampiran 5. Dokumentasi Alat Ukur Massa Jenis	63

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengukuran merupakan suatu proses atau kegiatan untuk mengetahui nilai suatu besaran fisis menggunakan alat ukur. Pengukuran sangat penting dilakukan guna mengetahui karakteristik suatu bahan dengan cara mengukur parameter-parameter baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif. Hal-hal penting yang perlu diperhatikan dalam pengukuran adalah ketepatan dan ketelitian.

Kegiatan pengukuran ini dilakukan dalam berbagai bidang seperti bidang industri, perdagangan, rumah sakit, dan lembaga pendidikan. Pengukuran dalam bidang pendidikan dapat dilihat pada kegiatan laboratorium. Percobaan atau eksperimen yang dilakukan di laboratorium pada dasarnya menggunakan sistem pengukuran untuk mengetahui hubungan sebab akibat dari suatu variabel. Salah satu contoh eksperimen laboratorium adalah pengukuran massa jenis suatu benda.

Massa jenis suatu benda dapat diperoleh dengan perhitungan menggunakan rumus yaitu massa dibagi dengan volume benda tersebut. Pada umumnya, pengukuran massa jenis benda masih dilakukan secara manual karena belum tersedianya alat ukur massa jenis benda secara digital. Padahal peranan alat ukur massa jenis benda secara digital sangat penting dan diharapkan dapat mempermudah pekerjaan dalam proses pengukuran serta mendapatkan hasil yang lebih tepat dan teliti saat eksperimen dilaboratorium.

Pada kegiatan eksperimen laboratorium saat sekarang ini, pengukuran massa jenis masih dilakukan secara manual dimana terlebih dahulu harus diukur massa

dan volume benda tersebut. Pengukuran massa biasanya menggunakan neraca ohaus dan volume menggunakan gelas ukur dimana sering kali menyebabkan terjadinya beberapa kesalahan yaitu kesalahan paralaks, kesalahan titik nol dan lainnya. Cara lain dalam mengukur massa jenis suatu benda adalah dengan menerapkan hukum archimedes yaitu: *“Suatu benda yang dicelupkan seluruhnya atau sebagian ke dalam fluida akan mengalami gaya ke atas yang sama dengan berat fluida yang dipindahkan”*. Besar gaya ke atas yang dialami oleh sebuah benda dalam fluida juga dipengaruhi oleh massa jenis fluida tersebut (Nurlaili,2012). Namun cara-cara tersebut kurang efektif karena membutuhkan waktu untuk memperoleh nilai dari massa jenis benda. Sehingga diperlukan alat ukur massa jenis yang digital agar dapat mempermudah pekerjaan serta pengukuran lebih teliti.

Berdasarkan latar belakang diatas penulis tertarik untuk membuat alat ukur massa jenis benda secara digital sehingga pengukuran massa jenis dapat dilakukan secara langsung dalam satu langkah tanpa harus mengukur satu per satu massa dan volume benda terlebih dahulu dan pengukurannya akan lebih akurat. Pada alat ukur ini penulis menggunakan sensor load cell yaitu transduser yang digunakan untuk mengubah tekanan menjadi sinyal elektrik dan sensor ultrasonik yaitu sensor yang memancarkan gelombang ultrasonik menuju suatu target yang memantulkan kembali gelombang ke arah sensor. Pengukuran massa jenis ini dapat diaplikasikan dalam penentuan jenis batuan, selain itu juga digunakan untuk menentukan kadar emas. Berdasarkan uraian diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Pembuatan Alat Ukur Massa Jenis Secara**

Digital Menggunakan Sensor Load Cell dan Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Arduino ”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimanakah spesifikasi desain dan performansi alat ukur massa jenis secara digital menggunakan sensor load cell dan ultrasonik berbasis mikrokontroler arduino?”

C. Batasan Masalah

Untuk memudahkan dan memfokuskan pekerjaan dalam penelitian ini, maka perlu dilakukan pembatasan masalah yaitu:

1. Spesifikasi yang diamati ada dua yaitu spesifikasi performansi dan spesifikasi desain. Spesifikasi performansi meliputi identifikasi fungsi setiap bagian pembentuk sistem alat ukur, sedangkan spesifikasi desain meliputi pengukuran massa jenis, ketepatan dan ketelitian sistem alat ukur.
2. Jenis benda yang dapat diukur massa jenisnya pada alat ini hanya benda padat dan benda cair dengan massa benda maksimal 10 kg. Benda padat yang akan diuji massa jenisnya yaitu benda yang massa jenisnya lebih besar dari air seperti: aluminium, besi, tembaga, kuningan. Sedangkan benda cair yaitu: minyak goreng, air ledeng, air laut, gliserin.
3. Jenis sensor yang dipakai yaitu sensor load cell dengan rentang 10 kg dan sensor ultrasonik HC-SR04.
4. Jenis arduino yang dipakai adalah arduino uno rev3.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, secara umum penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menjelaskan spesifikasi performansi dari alat ukur massa jenis secara digital menggunakan sensor load cell dan ultrasonik berbasis mikrokontroler arduino.
2. Menjelaskan spesifikasi desain dari alat ukur massa jenis secara digital menggunakan sensor load cell dan ultrasonik berbasis mikrokontroler arduino.

E. Manfaat Penelitian

1. Laboratorium, menambah instrumen dalam praktikum untuk mengukur massa jenis benda padat dan benda cair.
2. Kelompok bidang kajian elektronika dalam pengembangan instrumentasi berbasis elektronika.
3. Pembaca, untuk memperluas wawasan dan menambah pengetahuan bidang kajian elektronika dalam upaya pengembangan instrumentasi berbasis elektronika.
4. Peneliti lain, sebagai sumber referensi dalam pengembangan penelitian tentang elektronika dan instrumentasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Pengukuran

1. Pengertian

Pengukuran adalah teknik untuk mengkaitkan suatu bilangan pada suatu sifat fisis dan membandingkannya dengan besaran standar yang telah diterima sebagai suatu satuan. Kebanyakan pengukuran yang dilakukan di laboratorium disederhanakan sedemikian rupa sehingga pada dasarnya merupakan pengukuran suatu jarak. Ketika mengukur jarak antara dua titik, kita membandingkan jarak dua titik tersebut dengan jarak suatu standar panjang, misalnya panjang tongkat meteran. Ketika mengukur berat suatu benda, kita membandingkan berat benda tadi dengan berat benda standar. Singkatnya, dalam mengukur dibutuhkan suatu standar sebagai pembanding besar sesuatu yang akan diukur. Dengan menggunakan pengukuran ini, kita dapat memperoleh besaran yang diinginkan.

Pada saat mengukur sesuatu, fisikawan harus sangat berhati-hati agar hanya menghasilkan gangguan sekecil mungkin terhadap sistem yang sedang diamati. Sebagai contoh, saat mengukur suhu suatu benda kita menempatkan benda sehingga terjadi kontak dengan termometer dan terjadi pertukaran energi antara benda dan termometer sehingga suhu benda yang justru merupakan besaran yang ingin diukur mengalami sedikit perubahan. Selanjutnya semua pengukuran sedikit banyak dipengaruhi oleh kesalahan eksperimental karena ketidaksempurnaan yang tak dapat dihindari dalam alat ukur atau karena keterbatasan indera manusia yang harus merekam informasi tadi. Oleh karena itu seorang fisikawan merancang

suatu teknik pengukuran sedemikian rupa sehingga gangguan pada besaran yang diukur lebih kecil dari pada kesalahan eksperimental (Prasetyo,2008).

Sebelum dilakukan pengukuran, hal yang harus diketahui adalah satuan bagi masing-masing besaran yang akan diukur. Besaran-besaran ini harus mempunyai standar ukur yang bertaraf internasional artinya suatu standar internasional agar manusia diseluruh dunia dapat saling berkomunikasi dalam bahasa satuan standar yang sama. Di samping itu, standar tersebut haruslah praktis dan mudah diproduksi ulang di manapun di dunia ini serta tidak bergantung pada kondisi atau keadaan lingkungan tertentu. Sistem standar internasional untuk ukuran saat ini sudah ada dan dikenal dengan Sistem Internasional (SI). Bersamaan dengan sistem standar, juga terdapat satuan SI untuk setiap besaran fisika.

2. Karakteristik Pengukuran

Dalam pengukuran terdapat dua jenis karakteristik instrumen pengukuran yaitu karakteristik dinamis dan karakteristik statik. Karakteristik dinamis adalah karakter yang menggambarkan respon (tanggapan) dinamik (fungsi waktu). Sedangkan karakteristik statik adalah karakter yang menggambarkan parameter instrumen dalam keadaan steady. Beberapa jenis karakteristik statik yaitu:

a) Ketelitian (Presisi)

Presisi menyatakan derajat kepastian hasil pengukuran. Presisi berkaitan dengan perlakuan dalam proses pengukuran, yang meliputi antara lain kualitas alat ukur, sikap teliti pengukur dan kestabilan tempat dimana dilakukan pengukuran. Suatu alat ukur dikatakan mempunyai ketelitian yang cukup tinggi jika dilakukan pengukuran beberapa kali, dimana nilai yang diperoleh mempunyai nilai yang mendekati sama atau konsisten terhadap hasil yang

diperoleh. Presisi juga berkaitan dengan seberapa besar penyimpanan hasil ukur suatu besaran ketika pengukuran dilakukan secara berulang-ulang.

b) Ketepatan (Akurasi)

Akurasi adalah kesesuaian antara hasil pengukuran dengan nilai yang sebenarnya (nilai standar). Ketepatan suatu alat ukur menunjukkan kinerja dari suatu alat ukur, oleh karena itu indikatornya dapat dilihat dari suatu alat ukur tersebut, yaitu dari nilai skala penuhnya.

c) Kepekaan (Sensitivitas)

Sensitivitas adalah ukuran minimal yang masih dideteksi oleh alat tersebut. Sensitivitas suatu alat ukur ditentukan berdasarkan respon terjadinya perbedaan suatu besaran yang terbaca persatuan besaran masukan. Umumnya ukuran sensitivitas digunakan pada alat ukur yang *transferable* atau menggunakan transduser untuk pengubah satu besaran ke besaran lainnya.

d) Daya Pisah (Resolusi)

Resolusi atau daya pisah suatu alat ukur ditentukan oleh nilai skala terkecil dari suatu alat ukur. Semakin tinggi daya pisah suatu alat ukur, semakin kecil nilai skala terkecil dari suatu alat ukur tersebut.

e) Linearitas

Pengukuran yang baik adalah jika input pengukuran (nilai sesungguhnya) memberikan output (nilai yang ditunjukkan alat ukur) yang sebanding lurus. Penyimpangan dari garis linier disebut linieritas. Sebuah alat ukur mempunyai linieritas 1 % jika kurva hubungan input (keadaan sesungguhnya) dan output (yang ditunjukkan alat ukur) berkelok menyimpang selisih ± 1 %.

f) Hysterisis

Kurva perbandingan output-input untuk perubahan input naik dan turun. Histeresis maksimum adalah range harga input terbesar yang kemungkinan memberikan output sama. (Milla,2014)

B. Massa Jenis

1. Pengertian

Massa adalah jumlah partikel yang terkandung dalam suatu zat. Massa merupakan salah satu ciri dari suatu zat. Satuan massa dalam Satuan Internasional (SI) adalah kilogram dan dalam cgs adalah gram. Sedangkan massa jenis atau rapat massa (ρ) adalah suatu besaran turunan yang diperoleh dengan membagi massa suatu benda atau zat dengan volumenya. Satuan massa jenis dalam CGS (centi-gram-sekon) adalah: gram per sentimeter kubik (g/cm^3). Satuan SI massa jenis adalah kilogram per meter kubik (kg/m^3). Secara matematis massa jenis ditulis:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Salah satu sifat yang penting dari suatu bahan adalah massa jenis (*density*). Massa jenis seperti persamaan 1 hanya dapat diterapkan pada benda homogen, artinya benda yang memiliki komposisi atau struktur yang sama untuk seluruh volumenya. Bahan yang homogen seperti es atau besi, memiliki densitas yang sama pada setiap bagiannya. Jika tidak demikian, maka densitas menyatakan densitas rata-rata benda itu. Untuk bahan-bahan ini disebut dengan bahan heterogen. Contohnya adalah atmosfer bumi (yang semakin tinggi akan semakin kecil densitasnya) dan lautan (yang semakin dalam akan semakin besar

densitasnya). Bagi suatu benda heterogen densitasnya berubah-ubah dari suatu tempat ke tempat lain. Untuk memperoleh densitas pada suatu tempat tertentu, diukur massa Δm yang terkandung dalam suatu volume yang sangat kecil Δv yang berada disekeliling titik tersebut. Secara umum, densitas bahan tergantung pada faktor lingkungan seperti suhu dan tekanan (Prasetyo,2008).

Benda-benda yang memiliki massa jenis lebih besar dari air akan tenggelam dalam air, jika lebih kecil maka benda akan mengapung. Hal ini dapat dibuktikan dalam pembahasan hidrostatis. Sebagai contoh, gunung es di kutub utara karena massa jenis sedikit lebih kecil dari air laut, sebagiannya mengapung, sedangkan sebagian lain tenggelam. Massa jenis dari berbagai jenis benda padat dan cair dapat dilihat pada Tabel 1: (Young,2002)

Tabel 1. Massa Jenis Beberapa Zat Umum

Benda	Massa Jenis (kg/m ³)	Benda	Massa Jenis (kg/m ³)
Minyak	$0,80 \times 10^3$	Aluminium	$2,7 \times 10^3$
Ethanol	$0,81 \times 10^3$	Besi, Baja	$7,8 \times 10^3$
Es	$0,92 \times 10^3$	Kuningan	$8,6 \times 10^3$
Air	$1,00 \times 10^3$	Tembaga	$8,9 \times 10^3$
Air Laut	$1,03 \times 10^3$	Logam	$9,1 \times 10^3$
Darah	$1,06 \times 10^3$	Timbal	$11,3 \times 10^3$
Gliserin	$1,26 \times 10^3$	Emas	$19,3 \times 10^3$
Zeolit	$2,17 \times 10^3$	Platinum	$21,4 \times 10^3$

Dari tabel 1 dapat kita lihat bahwa terdapat sedikit perbedaan massa jenis antara air, air laut dan es, hal ini disebabkan air laut memiliki kandungan beberapa mineral, sedangkan es memiliki massa jenis yang sedikit lebih rendah berkaitan

dengan sifat anomali air, yaitu jika air membeku menjadi es dengan temperatur yang menurun dari 4°C ke 0°C volumenya akan bertambah, akibatnya massa jenis dari air yang telah berbentuk es kurang dari 1000kg/m³ (Ishaq,2007).

2. Aplikasi

Mengukur densitas merupakan teknik analisis yang penting. Sebagai contoh, kita dapat menentukan kondisi dimana muatan sebuah aki dengan mengukur densitas elektrolitnya, yakni larutan asam sulfat. Saat baterai mengeluarkan muatannya (*discharge*), asam sulfat (H₂SO₄) bercampur dengan timbal dalam lempengan baterai untuk membentuk timbal sulfat (PbSO₄) yang tidak dapat larut dalam air, konsentrasi larutan akan berkurang. Densitas berkurang dari sekitar 1,30 x 10³ kg/m³ saat muatan penuh sampai sekitar 1,15 x 10³ kg/m³ saat baterai telah mengeluarkan muatannya (Young, 2002). Pengukuran massa jenis ini dapat diaplikasikan dalam penentuan jenis-jenis batuan, selain itu juga digunakan untuk menentukan kadar emas.

C. Sistem Digital

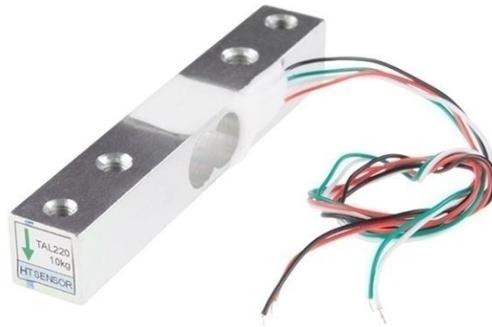
Sistem digital merupakan sistem elektronika yang setiap rangkaian penyusunnya melakukan pengolahan sinyal diskrit. Sistem digital terdiri atas beberapa rangkaian digital/logika, komponen elektronika, dan elemen/gerbang logika untuk suatu tujuan pengalihan tenaga/energi. Salah satu contoh sistem digital yaitu komputer, yang bertugas melakukan pengalihan tenaga dari input ke output. *Keyboard* merupakan bagian input yang berfungsi menerima data dari pengguna, data tersebut akan diproses dan ditampilkan melalui monitor.

Besaran pada sistem digital merupakan besaran yang sifatnya diskrit, yakni besaran yang hanya memiliki dua keadaan saja. Dalam analisis dan perancangan sistem digital, kedua keadaan tersebut disebut keadaan biner yakni keadaan rendah atau level logika 0 dan keadaan tinggi atau level logika 1. Besaran ini biasanya dikatakan mempunyai radiks 2 dan biasa disebut berbasis 2, setiap biner digit disebut bit. Dalam sistem digital, level logika 0 maupun 1 tidak menunjukkan keadaan yang sebenarnya. Istilah level logika 0 dan level logika 1 hanya merupakan simbol dari keadaan biner/diskrit (Muchlas, 2005). Sistem biner hanya dapat mengolah angka biner dari sistem bilangan lainnya. Hal ini mengakibatkan angka-angka yang diberikan dalam bentuk lain tersebut harus di konversi ke bentuk biner dahulu sebelum diolah oleh sistem digital dan pada akhir proses hasilnya dapat dikonversikan kembali ke bentuk sistem angka aslinya.

D. Rangkaian Elektronika

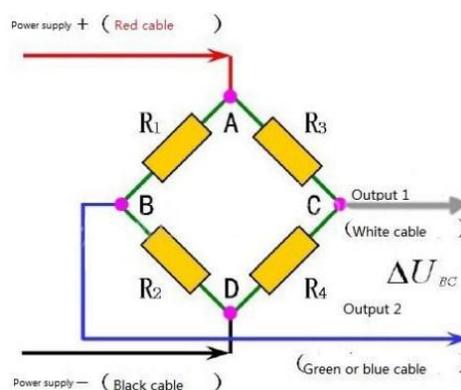
1. Sensor Load Cell

Load cell adalah sensor yang digunakan untuk mengubah tekanan menjadi sinyal listrik. Load cell merupakan sensor gaya berisi pegas logam mekanik dengan mengaplikasikan beberapa foil metal *strain gauge*. Sensor ini menerapkan prinsip *strain gauge* yang digunakan untuk pengukuran massa. *Strain* dari pegas mekanik muncul sebagai pengaruh dari pembebanan yang kemudian ditransmisikan pada *strain gauge*. Pengukuran sinyal yang dihasilkan dari load cell dari perubahan resistansi *strain gauge* yang linier dengan gaya. Berikut merupakan bentuk fisik dari sensor load cell (Niswari, 2011).



Gambar 1. Sensor Load Cell
(Sumber: HT Sensor,2013)

Prinsip kerja dari sensor ini adalah ketika bagian lain yang lebih elastic mendapat tekanan, maka pada sisi lain akan mengalami perubahan regangan yang sesuai dengan yang dihasilkan oleh strain gauge, hal ini terjadi karena ada gaya yang seakan melawan pada sisi lainnya. Perubahan nilai resistansi yang diakibatkan oleh perubahan gaya diubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian jembatan *wheatstone*. Sehingga berat dari objek yang diukur dapat diketahui dengan mengukur besarnya nilai tegangan yang timbul. Rangkaian jembatan *wheatstone* dapat dilihat pada Gambar 2 :



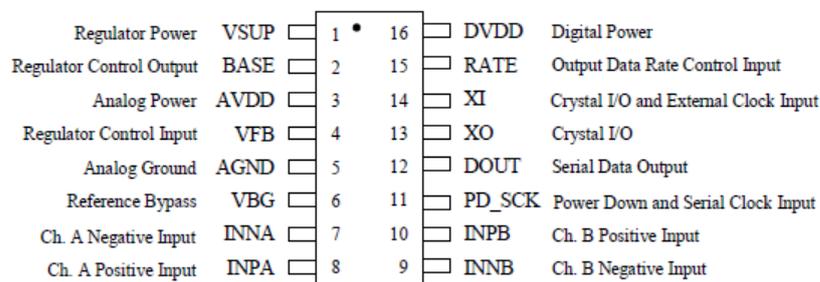
Gambar 2. Rangkaian Jembatan Wheastone
(Sumber: indoware,2014)

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa rangkaian jembatan *wheatstone* terdiri dari empat buah *strain gauges* dimana juga terdapat empat buah kabel yaitu

kabel merah untuk input positif, kabel hitam untuk input negatif, kabel putih untuk output positif dan kabel biru untuk output negatif. Tegangan keluaran dari sensor load cell ini masih kecil yaitu dalam orde milivolt maka dibutuhkan suatu rangkaian penguatan agar tegangan keluaran sensor dapat dibaca dan diolah oleh mikrokontroler arduino.

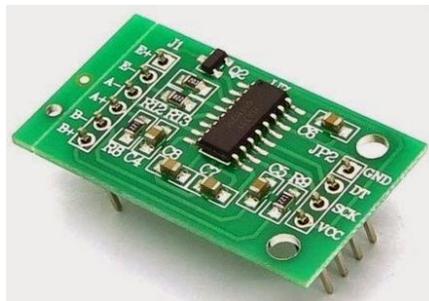
2. Modul Hx711

Modul hx711 presisi 24-bit analog-to-digital converter (ADC) yang di desain khusus untuk sensor timbangan digital (weight scales) dan industrial control aplikasi yang terkoneksi dengan sensor jembatan (bridge sensor). Modul ini terdiri dari 2 input differensial yaitu channel A dan channel B dimana kita dapat memilih input yang diinginkan dengan *noise* yang rendah. Channel A dapat diprogram dengan penguatan berkisar antara 128 atau 64 kali dimana tegangan masukan antara $\pm 20\text{mV}$ sampai $\pm 40\text{mV}$ dengan tegangan *supply* 5V yang tersambung pada pin AVDD analog power. Untuk channel B penguatan yang dihasilkan yaitu 32 kali dan membutuhkan tegangan *supply* dari luar. Bagian-bagian pin pada IC hx711 dapat dilihat pada Gambar 3:



Gambar 3. Bagian Pin Pada HX711
(Sumber: Avia Semiconductor, 2006)

Berdasarkan Gambar 3 IC hx711 memiliki 16 pin dimana memiliki masing-masing fungsi. AVDD berfungsi sebagai pin untuk tegangan masukan analog pada hx711, AGND berfungsi sebagai ground, INNA dan INPA berfungsi sebagai input positif dan negatif pada channel A. Sedangkan pin 16 yaitu DVDD berfungsi sebagai tegangan masukan digital, PD_SCK dan DOUT yang terletak pada pin 11 dan 12 berfungsi sebagai masukan serial clock dan keluaran serial data. Bentuk fisik dari modul hx711 dapat dilihat pada Gambar 4:



Gambar 4. Modul HX711
(Sumber: Avia Semiconductor,2006)

Pada Gambar 4 terdapat 6 pin masukan ke hx711 dari sensor load cell dan 4 pin keluaran yang akan tersambung ke arduino. Namun hanya 4 pin yang dipakai untuk masukan ke hx711 yaitu pin E+ tersambung ke kabel warna merah dari load cell, pin E- tersambung ke kabel warna hitam, A- tersambung ke kabel warna hijau, dan A+ tersambung ke kabel warna putih. Selanjutnya pin keluaran DT dan SCK akan tersambung ke arduino pada pin 2 dan 3 (Avia Semiconductor,2006).

3. Sensor Ultrasonik

Sensor jarak ultrasonik merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur jarak sebuah benda dengan memanfaatkan sinyal suara ultrasonik. Sensor ini

menghasilkan gelombang suara pada frekuensi tinggi dengan besar frekuensi diatas frekuensi gelombang suara yaitu lebih dari 20 KHz. Salah satu jenis sensor ini adalah sensor HC-SR04. Jarak pengukuran yang dapat dilakukan oleh sensor ini adalah 2 sampai 500 sentimeter, dengan sudut efektif sebesar kurang dari 15 derajat. Bentuk fisik sensor jarak HC-SR04 ditunjukkan pada Gambar 5:



Gambar 5. Prinsip kerja sensor ultrasonik HC-SR04
(Sumber: elecfreaks, 2011)

Sensor HC-SR04 sudah berupa modul yang meliputi *ultrasonic transmitters*, *receiver*, dan rangkaian kontrol. Modul ultrasonik ini bekerja dengan cara menghasilkan gelombang suara pada frekuensi tinggi, yang kemudian dipancarkan oleh bagian *transmitter*. Pantulan gelombang suara yang mengenai benda di depannya akan ditangkap oleh bagian *receiver*. Dengan mengetahui lamanya waktu antara dipancarkannya gelombang suara sampai ditangkap kembali, jarak benda yang ada di depan modul tersebut dapat dihitung dengan mengetahui kecepatan suara adalah 340m/detik. Lamanya waktu tempuh gelombang suara dikalikan kecepatan suara, kemudian dibagi 2 akan menghasilkan jarak antara modul ultrasonik dengan benda didepannya (Magdalena, 2013).

HC-SR04 termasuk modul ultrasonic yang mudah digunakan salah satunya pada arduino. Cukup menghubungkan keluaran dari modul sensor ini dengan pin

masukan digital dari papan arduino. Pada *library* Arduino juga sudah tersedia sehingga memudahkan dalam penggunaan. HC-SR04 memiliki 4 pin, VCC, TRIG, ECHO dan GND. VCC dihubungkan dengan 5V dari Arduino dan GND dengan GND pada Arduino. TRIG terhubung pada pin digital 12 dan ECHO dihubungkan dengan pin digital 13. Pada penggunaannya trigger berfungsi untuk memicu sensor agar mulai mengukur jarak, sedangkan echo berfungsi untuk membaca lama pantulan yang terjadi, sehingga mikrokontroler dapat menghitung jarak dengan rumus pendekatan yang telah dikalibrasi secara manual.

4. Arduino Uno Rev3

Arduino uno adalah sebuah board mikrokontroller yang berbasis ATmega328. Arduino ini memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu *men-support* mikrokontroller dan dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. Bentuk fisik arduino uno rev3 dapat dilihat pada gambar 6:



Gambar 6. Board Arduino Uno
(Sumber: arduino, 2014)

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding board mikrokontroler yang lain selain bersifat open source, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya

sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam board arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan ketika memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan kebanyakan board mikrokontroler yang lain masih membutuhkan rangkaian loader terpisah untuk memasukkan program ketika memprogram mikrokontroler. Port USB tersebut selain untuk loader ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial.

Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/output. Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai output digital jika diperlukan output digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam board bisa dilihat pin digital diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin analog menjadi output digital, pin analog yang pada keterangan board 0-5 ditukar menjadi pin 14-19. Arduino uno juga dilengkapi dengan *static random-access memory* (SRAM) berukuran 2KB untuk memegang data, *flash memory* berukuran 32KB, dan *erasable programmable read-only* (EEPROM) untuk menyimpan program (Kadir,2012). Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- a) VIN : Adalah input tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai contoh tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-regulator lainnya).
- b) 5V : Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (built-in) pada papan. Arduino dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari

jack power DC (7-12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada board (7-12 Volt).

- c) 3V3 : Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (on-board). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- d) GND : Pin Ground
- e) IOREF : Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler.
- f) AREF : Referensi tegangan untuk input analog.
- g) RESET : Jalur LOW ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama Arduino.

Sifat open source arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source komponen yang dipakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran. Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan syntax bahasanya sehingga mempermudah dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler.

5. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD merupakan salah satu media yang digunakan sebagai penampil data pada sistem berbasis mikrokontroler. 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 7.



Gambar 7. Bentuk LCD
(Sumber: arduino, 2014)

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. Berikut ini adalah pin dan fungsi-fungsi yang terlihat pada Tabel 2.

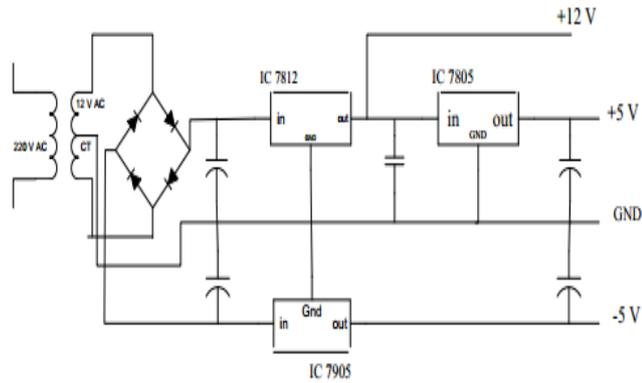
Tabel 2. Fungsi Pin Pada LCD

No.	Symbol	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
			Back Light pada LCD ini dihubungkan
15	V+BL	-	dengan tegangan sebesar 4 – 4,2 V dengan arus 50 – 200 mA
16	V-BL	-	Back Light pada LCD ini dihubungkan dengan ground

6. Catu Daya (Power Supply)

Catu daya atau *power supply* adalah suatu alat elektronik yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Catu daya teregulasi dapat dibangun dari IC regulator tegangan diantaranya yaitu 78xx dan 79xx. Regulator IC 78xx adalah regulator tegangan positif untuk xx volt, sedangkan 79xx adalah regulator tegangan negatif untuk xx volt. 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 8:



Gambar 8. 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, sehingga dihasilkan tegangan keluaran DC tak teregulasi.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang dilakukan maka didapatkan kesimpulan.

1. Hasil spesifikasi performansi alat ukur massa jenis digital ini terbagi atas 2 bagian yaitu mekanik tempat meletakkan sensor load cell dan sensor ultrasonik serta kotak untuk meletakkan rangkaian. Untuk kedudukan sensor load cell terbuat dari akrilik dengan ukuran 17,5cm x 17,5cm yang di atasnya terdapat gelas ukur sebagai wadah benda yang akan diukur, dan untuk kedudukan sensor ultrasonik menggunakan profil dari bahan aluminium yang panjangnya 20 cm. Kotak rangkaian terbuat dari akrilik yg berukuran 20cm x 20,5cm x 10cm, di dalam kotak ini terdapat rangkaian power supply, rangkaian *shield* yang terhubung langsung ke arduino. Data hasil pengukuran massa jenis ditampilkan di LCD.
2. Hasil spesifikasi desain alat ukur ini adalah sebagai berikut :
 - a. Ketepatan dari sistem alat ukur ini cukup tinggi yaitu untuk pengukuran benda cair bahwa persentase kesalahan rata-rata 3,214% , dengan persentase ketepatan rata-rata benda cair 96,79 %.
 - b. Untuk pengukuran benda padat persentase kesalahan rata-rata 3,134 % . dengan persentase ketepatan rata-rata benda padat 96,87 %.
 - c. Ketelitian rata-rata dari sistem pengukuran juga cukup tinggi. Untuk benda cair ketelitian rata-ratanya adalah 97,01% dengan standar deviasi rata-rata

9,75 dan kesalahan relatif rata-rata 0.95%, untuk benda padat ketelitian rata-ratanya adalah 99,65% dengan standar deviasi rata-rata 9,554 dan kesalahan relatif rata-rata 0.14%.

B. Saran

Berdasarkan pembahasan yang telah jelaskan maka sebagai saran untuk tindak lanjut dan pengembangan penelitian ini yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan agar pengukuran massa jenis lebih stabil dan akurat karena pada alat ini jika tempat kedudukan dari gelas ukur tersebut diletakkan tidak pas maka keluaran yang tampil pada LCD tidak tetap atau bahkan tidak akurat.
2. Untuk pengukuran massa jenis benda padat agar dapat dikembangkan agar semua jenis dan ukuran benda padat dapat diukur.
3. Posisi sensor ultrasonik sebagai pengukur tinggi harus dirancang secara sempurna karena akan berpengaruh pada hasil volume.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino. 2014. *Datasheet Arduino Uno Rev3*. www.arduino.cc diakses 15 Juni 2015.
- Avia Semiconductor. 2006. *Datasheet HX711*. www.aviaic.com diakses 22 Juni 2015.
- Elecfreaks. 2011. *Datasheet HC-SR04*. www.elecfreaks.com diakses 20 Juni 2015
- HT Sensor Technologi.co, Limited. 2013. *Datasheet Loadcell Sensor TAL220*. www.htc-sensors.com diakses 22 Juni 2015.
- Indoware. 2014. *Timbangan Loadcell 5kg HX711*. www.indo-ware.com diakses 20 Juni 2015.
- Ishaq, Mohamad. 2007. *Fisika Dasar Jilid 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kadir, Abdul. 2012. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino*. Yogyakarta: Andi.
- Magdalena, dkk. 2013. *Rancangan Sistem Akses Pintu Garasi Otomatis Menggunakan Platform Android*. Prosiding Conference on Smart 201. Bali.
- Milla, Sihabul. 2014. *Satuan dan Pengukuran*. Jakarta: Artha Rivera.
- Muchlas. 2005. *Rangkaian Digital*. Yogyakarta: Gava Media.
- Niswari Sulistiowaty dan Melania Suweni. 2011. *Karakterisasi Dan Kalibrasi Akuisisi Data Pada Sensor Massa Dengan Menggunakan ADC 16 Bit*. Seminar Nasional Pascasarjana XI. Hal 2.
- Nurlaili dan Muh. Haiyum, 2012. *Mengukur Massa Jenis Air Dan Minyak Tanah Dengan Menggunakan Hukum Archimedes*. Prosiding SNYube (Seminar Nasional Yusuf Benseh) 2012. Lhokseumawe.
- Prasetyo, Lea. 2008. *Dasar-dasar Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga.
- Putra, Ino Gutama. 2014. *Perancangan Dan Penerapan Neraca Digital Untuk Percobaan Menentukan Massa Jenis Zat Padat*. Jurnal Fisika Volume 03 Nomor 03 Hal 16-20.
- Young, Hugh & Roger A. Freedma. 2002. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 1 (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga