

## Rancang Bangun Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Otomatis Menggunakan Sensor *Load Cell* dan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno

Rabiatul Adawiyah\*, Rahmat Rasyid, Harmadi

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 4 Februari 2021  
Direvisi: 6 Februari 2021  
Diterima: 16 Februari 2021

#### Kata kunci:

Massa jenis  
Sensor load cell  
Sensor ultrasonik  
Gelas ukur  
Mikrokontroler arduino uno

#### Keywords:

density  
sensor load cell  
sensor ultrasonic  
measuring cup  
Arduino uno microcontroller.

#### Penulis Korespondensi:

Rabiatul Adawiyah  
Email:  
[rabiatuladawiyah07@gmail.com](mailto:rabiatuladawiyah07@gmail.com)

### ABSTRAK

Telah dirancang sebuah alat ukur massa jenis zat cair otomatis berbasis Arduino Uno dengan sensor *load cell* dan sensor ultrasonik. Sistem ini dirancang dengan menghubungkan sensor *load cell* dengan modul HX711 untuk mengonversi perubahan resistansi ke bentuk tegangan. Data yang telah diperoleh kemudian diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno dengan menggunakan bahasa pemrograman Arduino IDE. Hasil yang diperoleh berupa nilai massa jenis sampel zat cair dari massa dan volume zat cair dalam gelas ukur yang ditampilkan pada LCD. Ketika sampel zat cair telah mencapai 400 mL dari ukuran gelas ukur yang dialirkan melalui pompa mini, maka *relay* berhenti. Hasil dari penelitian diperoleh bahwa sensor *load cell* memiliki nilai sensitivitas sebesar 0,0004 V/g dan nilai *offset* sebesar 2,2742 V dengan koefisien determinasi sebesar  $R^2=0,9855$ . Persentase perbandingan massa jenis air aquades dengan massa jenis secara teori diperoleh nilai sebesar 3,8%. Nilai tersebut diperoleh dengan kondisi volume zat cair yang dioptimalkan volumenya 400 mL pada temperatur konstan.

*An automatic liquid density measurement instrument based on Arduino Uno has been designed using a load cell sensor and an ultrasonic sensor. This system is designed by connecting the load cell sensor with the HX711 module to convert changes from resistance into voltage. The data that has been obtained is then processed by the Arduino Uno microcontroller using the programming language of Arduino IDE. The results obtained are the liquid sample's density value from the liquid's mass and volume measured by the measuring cup and displayed on the LCD. When the liquid sample exceeds 400 mL from the measuring cup's size, which is flowed through the mini pump, the relay stops. The result of this research is that the load cell sensor has a sensitivity value of 0.0004 V/g and an offset value of 2.2742 V with an average coefficient of  $R^2 = 0.9982$ . The percentage ratio of the distilled water sample density with the theoretical density obtained a value of 3.8%. The value is obtained with a liquid condition optimized for volume 400 mL with temperature constant.*

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Massa suatu benda adalah ukuran materi yang terkandung dalam suatu benda sedangkan massa jenis ialah besaran yang menunjukkan perbandingan antara massa dengan volume suatu benda. Nilai massa jenis suatu zat dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan. Semakin tinggi temperatur maka nilai massa jenis akan semakin rendah, karena ikatan yang ada pada molekul akan terlepas, sebaliknya semakin tinggi tekanan maka massa jenis zat cair akan semakin besar karena jarak antar molekul semakin kecil. Untuk zat cair, massa jenis sedikit berubah pada jangkauan tekana dan temperatur yang cukup besar (Halliday dan Resnick, 2011). Massa jenis merupakan salah satu sifat dari suatu zat karena setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda-beda (Giancoli, 2001).

Uji massa jenis telah dilakukan oleh Sutiah dan Setia (2008), namun pada penelitian ini, pengukuran dilakukan secara manual yang artinya dilakukan dengan mengukur massa minyak goreng menggunakan timbangan digital, sedangkan volume minyak diukur dengan menggunakan gelas ukur. Kemudian massa minyak dibagi dengan volume minyak maka akan didapat massa jenis minyak. Jannah dan Fauzi (2013) melakukan penelitian tentang sistem pengukuran massa jenis dengan menggunakan sensor LDR sebagai receiver, LED sebagai transmitter dan perhitungan massa jenis menggunakan bantuan program Visual Basic 6.0 yang ditampilkan ke monitor. Penelitian tentang mengukur massa jenis zat cair khususnya menggunakan prinsip Archimedes juga sudah pernah dilakukan oleh Nurlaili (2010). Pada penelitiannya, metode pengambilan data dilakukan secara manual dan proses perolehan nilai massa jenis air dan minyak tanah dilakukan dengan perhitungan berdasarkan rumus yang ada.

Berdasarkan permasalahan dan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, maka diperlukan penelitian dengan rancangan alat lebih terpadu untuk pengukuran massa jenis suatu zat cair secara otomatis. Sistem sensor akan dirancang menggunakan sensor load cell dan sensor ultrasonik. Alat pengukuran massa jenis zat cair otomatis ini berbasis sensor load cell dan sensor ultrasonik akan diaplikasikan pada pratikan dan mahasiswa yang membutuhkan alat ukur di Laboratorium. Penelitian ini diharapkan dapat membantu civitas akademika dalam pengukuran massa jenis pada laboratorium.

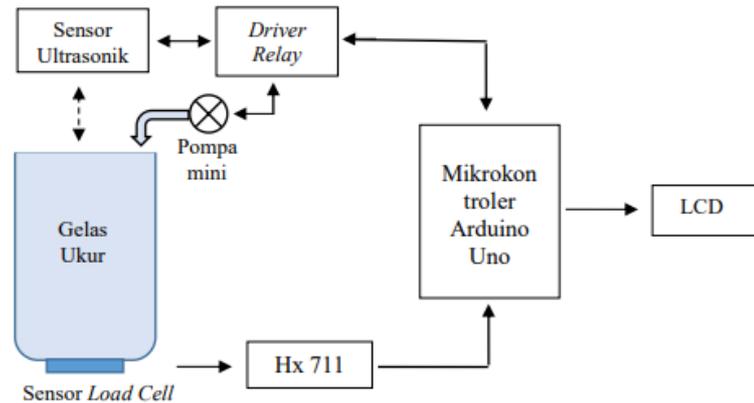
## II. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam perancangan ini meliputi papan uji coba, solder, penyedot timah, multimeter digital, timbangan digital, personal computer (pc), sampel zat cair dan gelas ukur dan sensor load cell, sensor ultrasonik, pompa mini, relay, LCD I2C, modul HX711 dan mikrokontroler arduino uno.

### 2.2 Perancangan Perangkat Keras

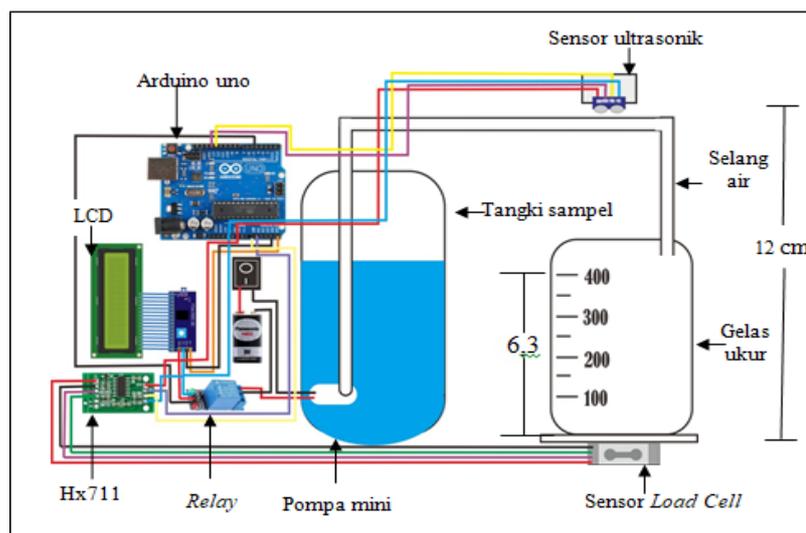
Rancangan perangkat keras ini bertujuan untuk memudahkan dalam pengukuran massa jenis zat cair otomatis menggunakan sensor load cell dan sensor ultrasonik sebagai sensornya adalah seperti Gambar 1. Sistem perangkat keras ini terdiri dari sensor load cell sebagai menentukan pengukuran massa jenis dari zat cair dan sensor ultrasonik yang belum mendeteksi durasi 335  $\mu$ s ke dalam gelas ukur maka mikrokontroler Arduino Uno yang akan memerintahkan relay untuk mengaktifkan pompa mini untuk mengalirkan sampel ke dalam gelas ukur. Pada saat durasi sudah mendeteksi 335  $\mu$ s yang artinya volume sampel sudah 400 mL maka mikrokontroler Arduino Uno akan memerintahkan driver relay mematikan pompa mini tersebut. Pada saat yang sama sensor load cell akan mendeteksi massa sampel zat cair dalam bentuk tegangan yang dikuatkan oleh HX711. Kemudian data tersebut akan diproses melalui mikrokontroler Arduino Uno. LCD merupakan piranti sinyal keluaran berupa tegangan listrik yang akan diproses oleh Arduino Uno. Sinyal keluaran tersebut akan menghasilkan besaran fisis berupa massa jenis dan ketinggian pada layar LCD serta indikator peringatan dengan tulisan "pompa mati" pada LCD.



Gambar 1 Diagram blok sistem pengukuran massa jenis.

### 2.3 Perancangan Sistem Keseluruhan

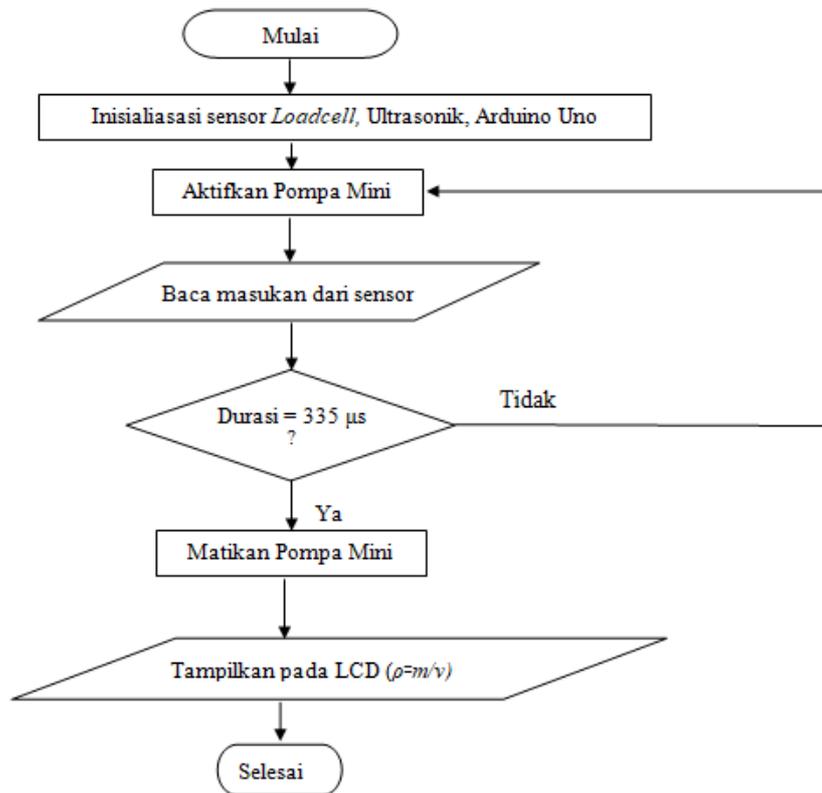
Pada pengujian sistem secara keseluruhan masing-masing komponen dipasang pada Arduino menggunakan jumper seperti pada Gambar 2. Pengujian dilakukan untuk melihat apakah komponen-komponen tersebut dapat terkomposisi dengan baik dan bekerja sesuai dengan perintah pada program yang telah dibuat.



Gambar 2 Rangkaian alat secara keseluruhan.

### 2.4 Perancangan Perangkat Lunak Sistem Sensor

Perancangan perangkat lunak bertujuan untuk memproses sinyal masukan dari sensor load cell dan sensor ultrasonik. Masukan dari program ini mengaktifkan pompa mini dan ketinggian sampel zat cair aquades 400 mL dalam gelas ukur dari pendeteksian sensor load cell dan sensor ultrasonik. Jika ketinggian sampel zat cair aquades mencapai 400 mL yang ditandai dengan durasi waktu pencacahan sensor ultrasonik telah mendapatkan nilai 335  $\mu$ s. Maka pompa mini mati jika tidak maka pompa mini tetap aktif. Secara umum diagram alir program pengukuran massa jenis zat cair dibangun berdasarkan prinsip kerja dari masing-masing komponen yang digunakan yaitu LCD, driver relay dan pompa mini terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir program pengukuran massa jenis

## 2.5 Pengujian Sistem Pengukuran dan Pengambilan Data

Pengujian dan pengambilan data dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran pada alat ukur yang telah dirancang dengan alat ukur standar yaitu timbangan digital. Alat pembanding berupa timbangan digital dapat menentukan tingkat ketelitian dari alat yang dirancang. Ketepatan dari sistem dapat ditentukan dari persentase kesalahan antara nilai aktual dengan nilai terlihat. Besar persentase kesalahan pada pengujian skala suatu alat ukur dapat ditentukan dengan persentase kesalahan XY dan persentase ketepatan  $A_n$ .

$$XY = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Persamaan (1) menunjukkan nilai persentase kesalahan,  $Y_n$  adalah nilai sebenarnya pada alat pembanding dan  $X_n$  adalah nilai yang terbaca pada alat ukur. Persentase ketepatan  $A_n$  dapat dilihat pada Persamaan (2).

$$A_n = \left[ 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \right] \times 100\% \quad (2)$$

Ketika alat yang dirancang sudah dikarakterisasi dengan alat pembanding maka akan dilakukan pengujian langsung pada alat pengukuran.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Karakterisasi Sensor Load Cell

Karakterisasi sensor load cell dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi beban yang diberikan terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan. Pengujian sensor load cell dilakukan dengan merangkai sensor load cell dan modul HX711 dan selanjutnya dihubungkan dengan sumber tegangan. Hasil pengujian sensor load cell dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Data pengujian massa terhadap tegangan keluaran load cell

No	Massa Batu (g)	Tegangan keluaran (V)					Rata-rata
		I	II	III	IV	V	
1	500	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,4
2	1000	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,7
3	1500	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,8
4	2000	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,1
5	2500	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,2
6	3000	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7	3,42
7	3500	3,3	3,4	3,5	3,8	3,9	3,58
8	4000	3,4	3,6	3,7	3,9	3,9	3,7
9	4500	3,5	3,7	3,8	4,1	4,1	3,84
10	5000	4,0	4,1	4,3	4,4	4,4	4,24

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan hasil hubungan antara massa batu dan tegangan keluaran. Pengujian sensor load cell menghasilkan nilai tegangan yang semakin besar seiring dengan meningkatnya massa batu yang diterima oleh sensor load cell.

### 3.2 Hasil perbandingan massa pada sensor load cell dengan timbangan digital

Pengujian alat dilakukan untuk melihat keakuratan dari alat yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan alat ukur dengan alat pembanding timbangan digital dengan menggunakan variasi sampel zat cair seperti aquades, minyak bensin dan oli mesran. Nilai massa terhadap tegangan yang didapatkan bersumber dari tekanan beban yang dihasilkan oleh aplikasi sensor load cell dan timbangan digital dengan rentang volume 100 mL sampai 400 mL. Data pengujian karakterisasi sensor load cell dan timbangan digital dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4.

**Tabel 2** Data pengujian massa aquades terhadap tegangan keluaran sensor load cell dan timbangan digital

No	Volume Sampel (mL)	Timbangan (g)	Nilai Rata-Rata Massa pada Medium Aquades (g)	Vout (V)	% Error Massa
1	0	169,2	160,16	2,34	5,34
2	100	274,7	250,7	3,88	8,74
3	200	380,2	370,2	4,22	2,63
4	300	485,7	455,7	5,25	6,18
5	400	591,2	540,5	6,32	8,58
<b>Rata-Rata Persen Error</b>					6,29

**Tabel 3** Data pengujian massa minyak bensin terhadap tegangan keluaran sensor load cell dan timbangan digital

No	Volume Sampel (mL)	Timbangan (g)	Nilai Rata-Rata Massa pada Medium Aquades (g)	Vout (V)	% Error Massa
1	0	169,2	160,16	2,34	5,34
2	100	243,3	230,3	3,12	5,34
3	200	317,4	344,4	4,52	8,51
4	300	331,5	368,5	5,11	11,16
5	400	405,6	445,6	6	9,86
<b>Rata-Rata Persen Error</b>					8,72

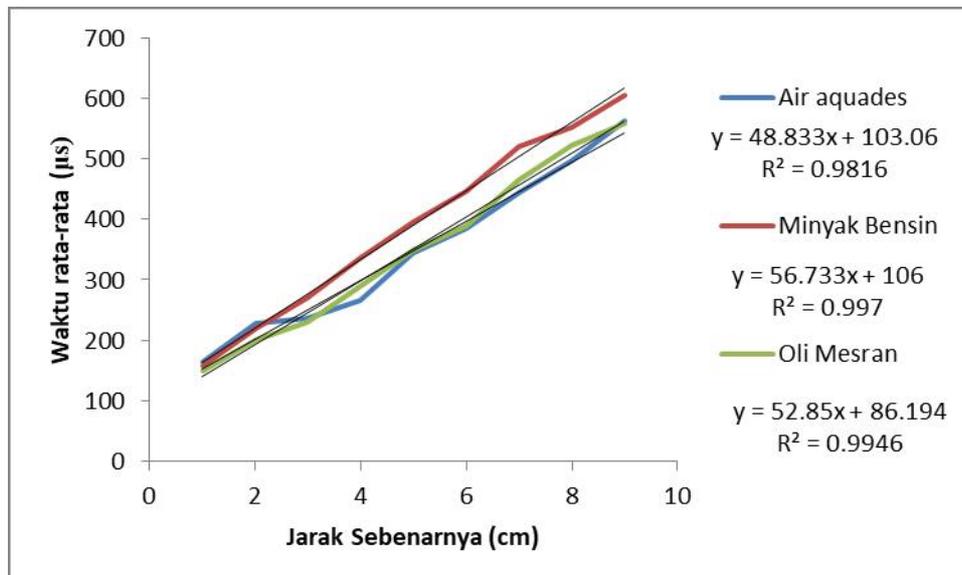
Tabel 2, 3 dan 4 merupakan data nilai massa dan tegangan yang dihasilkan oleh aplikasi sensor load cell dan timbangan digital akan dideteksi oleh alat ukur. Hasil dari pengujian ketiga sampel tersebut menghasilkan persen error untuk aquades sebesar 6,29%, minyak bensin dengan persen error sebesar 8,72% dan persen error untuk oli mesran sebesar 8,89%.

**Tabel 4** Data pengujian massa oli mesran terhadap tegangan keluaran sensor load cell dan timbangan digital

No	Volume Sampel (mL)	Timbangan (g)	Nilai Rata-Rata Massa pada Medium Aquades (g)	Vout (V)	% Error Massa
1	0	169,2	160,16	2,34	5,34
2	100	264,5	250,2	2,35	5,41
3	200	347,8	308,3	2,36	11,36
4	300	442,1	412,18	2,37	6,77
5	400	570,2	481,2	2,38	15,61
<b>Rata-Rata Persen Error</b>					8,89

### 3.3 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian alat dilakukan dengan mendeteksi ketinggian air yang berada di dalam wadah dengan variasi jarak dari sensor ultrasonik ke permukaan sampel cairan setinggi 2 cm hingga 10 cm. Nilai jarak terhadap waktu bersumber dari ketinggian sampel zat cair di dalam gelas ukur yang dihasilkan oleh aplikasi sensor ultrasonik dengan rentang jarak 2 cm sampai 10 cm. Nilai jarak terhadap waktu yang dihasilkan oleh aplikasi sensor ultrasonik akan dideteksi oleh alat ukur. Data perbandingan nilai frekuensi dari aplikasi sensor load cell dan alat ukur dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4** Grafik perubahan jarak sebenarnya terhadap waktu rata-rata pada ketiga sampel

Berdasarkan hasil pengujian di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi jarak sampel dengan sensor ultrasonik, maka semakin besar pula waktu yang dibutuhkan gelombang ultrasonik dari unit transmitter ke unit receiver. Besar pengujian terhadap jarak pengamatan berbanding lurus dengan waktu yang ditempuh. Data perbandingan jarak terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar tersebut.

### 3.4 Pengujian Akhir Alat Secara Keseluruhan

Alat yang telah diuji, kemudian diaplikasikan pada Laboratorium. Proses uji coba alat dilakukan dengan meletakkan rangkaian sensor *load cell* di bagian bawah gelas ukur untuk mendeteksi massa jenis sampel zat cair kemudian ketinggian zat cair ditentukan dari sensor ultrasonik dengan aliran zat cair di kontrol *driver relay* untuk mengaktifkan pompa mini, apabila sampel zat cair 400 mL maka pompa mini akan mati. Alat pengukuran zat cair dilakukan dengan 5 kali pengujian pada volume yang sama yaitu 400 mL. Pengujian dengan sampel aquades pada temperatur ruangan 27°C dapat membuktikan bahwa alat yang telah dirancang dapat digunakan untuk pengukuran massa jenis zat cair pada pratikan di Laboratorium. Alat menampilkan berupa nilai massa jenis teori, massa percobaan, dan juga massa jenis percobaan menggunakan sampel aquades dengan nilai persen error sebesar 3,8% dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5** Hasil Uji Keseluruhan Alat pada Sampel Aquades

Tiap-Tiap Pengujian	Volume (mL)	Massa teori (g)	$\rho$ Teori ( $\text{g/cm}^3$ )	Massa Percobaan (g)	$\rho$ Percobaan ( $\text{g/cm}^3$ )	(%) Error
1			1,00	389,44	0,97	3,0
2			1,00	386,22	0,96	4,0
3	400	400	1,00	388,95	0,97	3,0
4			1,00	380,88	0,95	5,0
5			1,00	386,22	0,96	4,0
<b>Persentase error rata-rata</b>						<b>3,8</b>

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan pengukuran massa jenis zat cair otomatis menggunakan sensor load cell dan sensor ultrasonik berbasis Arduino Uno telah mampu mengukur massa jenis zat cair secara akurat. Hasil pengukuran massa jenis menunjukkan terdapat persen sebesar 3,8% untuk sampel aquades serta pada sensor ultrasonik bisa mengukur jarak 2 cm hingga 10 cm dengan persen error untuk aquades sebesar 11,7%, minyak bensin sebesar 14,1% dan untuk oli mesran sebesar 6,4%. Nilai pengukuran massa jenis zat cair telah dapat dilakukan secara real time dengan ditampilkan secara langsung pada LCD dan peringatan volume sampel 400 mL pompa mini mati.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam terlaksananya penelitian ini banyak pihak yang membantu penulis sehingga dapat menyelesaikannya tepat waktu. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen pembimbing dan penguji yang telah memberikan masukan dan arahan selama mengerjakan skripsi ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli, D. C., 2001, 'Fisika', Jilid I, Edisi Kelima, (diterjemahkan oleh: Yuhilza, H.), Erlangga, Jakarta.
- Halliday, D., Resnick, R. dan Walker, J., 2011, 'Fundamental of Physics 8th edition', John Wiley & Sons, Hoboken.
- Jannah, M., dan Pauzi, G., 2013, 'Analisis Pengaruh Massa Jenis Terhadap Kualitas Minyak Goreng Kelapa Sawit Menggunakan Alat ukur Massa Jenis dan Akuisinya Pada Komputer', Prosiding Semirata FMIPA, hal. 35-41.
- Nurlaili. dan Haiyum, M., 2010, 'Mengukur Massa Jenis Air dan Minyak Tanah dengan Menggunakan Hukum Archimedes', Jurnal Teknik Mesin, Vol. 2, No. 1.
- Sutiah, Sofjan F.K., dan Setia B.W., 2008, 'Studi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Viskositas dan Indeks Bias'. Jurnal Berkala Fisika, Vol. 11, No. 2, hal. 53 –58.