

Desain Dan Realisasi Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Berdasarkan Hukum Archimedes Menggunakan Sensor Fotodioda

Luh Ari Anjarsari, Arif Surtono, Amir Supriyanto

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung
Jln. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
email: lioxha05@gmail.com

Diterima (28 Februari 2015), direvisi (20 Maret 2015)

Abstract. *A measuring instrument density of liquid by Archimedes's law has been implemented with fotodioda as the detection for floating object volume. Analogue signals produced by fotodioda have a range 4,81-2,18 volt with the measurement of distance from 1,0 cm - 9,0 cm and has been variated every 0,2 cm. Software used to this research is CAVR for programming mikrokontroler and result of measuring a density of liquid shown on the screen lcd 16x2. Calibration instrument is by comparing the value of a density with manual calculate mass and volume use a digital wight in Fisika Material's Laboratorium. Range of measurement this device for distance is 1,0 cm – 9,0 cm from above floating objects. While the volume has fixed that is 500 ml or 0.5 L and limit of the height of a liquid substance in a container constant consisting of 5 cm. A liquid substance while sample used in this research is water, sand oil, SA-E 40 and cooking oil. This measuring instrument density of liquid have value of accuracy is 98,5% and error 3,875%.*

Keywords: *Density, Archimedes's law, photodiode, mikrokontroler*

Abstrak. Telah direalisasikan alat ukur massa jenis zat cair berdasarkan hukum Archimedes menggunakan sensor fotodioda sebagai pendeteksi kenaikan tinggi benda terapung. Sinyal analog yang dihasilkan oleh fotodioda memiliki rentang 4,81-2,18volt, dengan pengukuran jarak 1 cm - 9 cm dan divariasikan setiap 0,2 cm. Benda apungan yang digunakan yaitu balok kayu mahoni dengan dimensi 400 cm² dan massa 238 gram. Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah CAVR untuk pemrograman mikrokontroler dan hasil pengukuran massa jenis zat cair ditampilkan pada layar LCD 16x2. Kalibrasi alat dilakukan dengan cara membandingkan nilai massa jenis yang diperoleh dari perhitungan massa dan volume sampel zat cair dengan menggunakan timbangan digital yang ada pada Lab Fisika Material FMIPA Unila. Rentang pengukuran alat ini untuk jarak adalah 1 cm – 9 cm dari atas permukaan benda terapung. Sedangkan volumenya tetap yaitu 500 ml atau 0,5 liter dan memiliki batasan ketinggian zat cair dalam wadah konstan yaitu 5 cm. Sampel zat cair yang digunakan pada penelitian ini adalah air, minyak tanah, oli SA-E 40 dan minyak goreng. Alat ukur massa jenis ini memiliki keakurasian sebesar 98,5% dan nilai kesalahan sebesar 3,875%.

Kata kunci: *Massa jenis, hukum Archimedes, fotodioda, mikrokontroler*

PENDAHULUAN

Hukum Archimedes adalah sebuah hukum tentang prinsip pengapungan diatas zat cair. Pada prinsip Archimedes, sebuah benda akan mengapung dalam fluida jika massa jenis suatu benda lebih kecil daripada massa jenis zat cair (Jewwet, 2009). Massa jenis merupakan salah satu sifat dari suatu zat karena setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda-beda (Giancoli, 2001).

Alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur massa jenis suatu zat cair adalah hidrometer. Prinsip kerja dari hidrometer yaitu semakin rendah kerapatan zat tersebut, maka hidrometer akan semakin tenggelam (Giancoli, 2001). Namun keberadaan hidrometer terbatas, hanya untuk keperluan industri dan penelitian di laboratorium. Sehingga, pengukuran nilai massa jenis masih banyak menggunakan metode konvensional (menghitung massa dibagi volume) dan dengan menerapkan hukum Archimedes.

Dewasa ini, perkembangan teknologi semakin pesat baik di dunia riset maupun industri. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya teknologi dan penelitian yang telah diciptakan oleh mahasiswa serta ilmuwan di negeri ini. Kemunculan piranti elektronik yang dapat diandalkan sebagai pengukuran dan merekam banyak parameter seperti mikrokontroler dan sensor dapat digunakan untuk mengembangkan cara pengukuran massa jenis zat cair.

Uji massa jenis telah dilakukan oleh Sutiah dkk (2008), namun pada penelitian ini, pengukuran dilakukan secara manual, artinya dilakukan dengan mengukur massa minyak goreng menggunakan timbangan, sedangkan volume minyak diukur dengan menggunakan gelas ukur. Kemudian massa minyak dibagi dengan volume

minyak maka akan didapat massa jenis minyak. Jannah (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 PC.

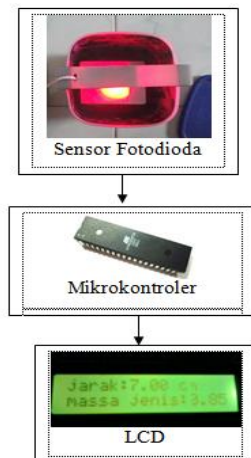
Penelitian tentang mengukur massa jenis suatu zat cair khususnya menggunakan prinsip *Archimedes* juga sudah pernah dilakukan oleh Nurlaili dkk (2010). Pada penelitiannya, metode pengambilan data dilakukan secara manual dan proses perolehan nilai massa jenis air dan minyak tanah dilakukan dengan perhitungan berdasarkan rumus yang ada. Kelemahan dari penelitian Nurlaili (2010) yaitu masih menggunakan sistem manual sehingga dapat terjadi ketidakakuratan pengukuran saat menimbang massa ataupun pengukuran volume dan ketidakakuratan pada data yang diperoleh.

Berdasarkan permasalahan ini, peneliti merealisasikan sebuah alat ukur massa jenis zat cair berdasarkan hukum Archimedes dengan menggunakan sensor fotodioda sebagai detektor pencatat tinggi benda apung yang tercelup dan mikrokontroler ATmega 8535 sebagai prosesor untuk akuisisi data, menghitung nilai massa jenis, dan menampilkan nilai massa jenis zat cair pada layar LCD.

METODE PENELITIAN

Secara garis besar, perancangan perangkat keras penelitian ini terdiri dari rangkaian sensor dan mikrokontroler ATmega8535 dan LCD.

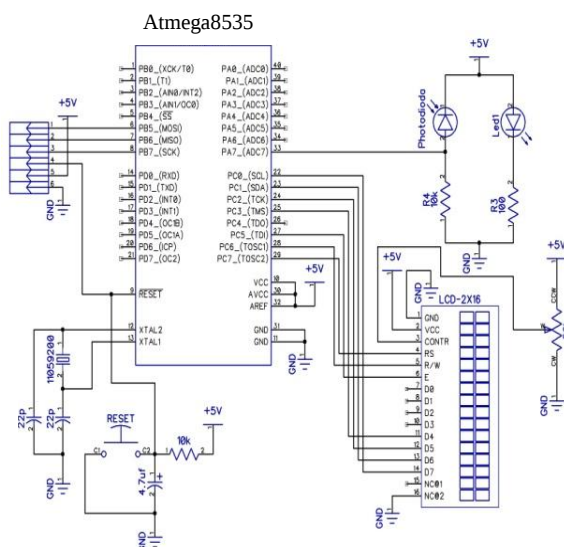
Gambar 1 merupakan blok diagram tahapan penelitian.



Gambar 1. Diagram blok tahapan penelitian

Gambar 1 merupakan blok tahapan penelitian yang dilakukan. Sinyal analog dari fotodioda memiliki range 2,18 Volt – 4,81 volt, nilai keluaran yang cukup besar sehingga tidak perlu menggunakan pengkondisi sinyal. Sinyal keluaran dari fotodioda selanjutnya masuk ke dalam ADC internal yang berada pada mikrokontroler ATmega 8535 untuk diolah dan dilakukan perhitungan yang hasilnya akan ditampilkan pada layar LCD.

Rangkaian Keseluruhan



Gambar 2. Rangkaian keseluruhan penelitian

Gambar 2 merupakan rangkaian keseluruhan penelitian. Rangkaian sensor pada penelitian ini menggunakan LED merah sebagai *transmitter* cahaya dan sensor fotodioda sebagai *receiver*. Untuk menyesuaikan arus yang boleh melewati komponen, maka sebelum tegangan yang masuk ke LED harus diberi resistor. Perhitungan besarnya R_L yang harus dipasang pada LED digunakan persamaan 1.

$$R_L = \frac{(V_{CC} - V_f)}{I} \quad (1)$$

Keterangan:

R_L = Hambatan pada resistor (Ω)

V_{CC} = Sumber tegangan DC (V)

V_f = Tegangan maju LED (V)

I = Kuat arus pada LED (A)

(Kasap, 2001).

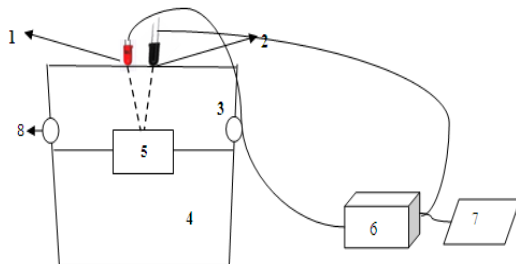
Arus maksimum yang boleh melewati adalah 50 mA. Apabila disubstitusikan nilai $I = 30$ mA, $V_{LED} = 1,8$ V dan $V_{CC} = 5$ V, maka sesuai dengan persamaan 1 diperoleh R_L sebesar 106,66 Ω . Jadi nilai R_L yang dihubungkan secara seri dengan LED adalah sebesar 100 Ω , karena mendekati 106,66 Ω .

Sedangkan hambatan yang digunakan pada sensor fotodioda sebesar 10 Kohm. Tegangan keluaran dari fotodioda selanjutnya diubah oleh ADC yang telah terintegrasi dalam mikrokontroler ATmega 8535 menjadi sinyal digital. Input dari sensor dihubungkan pada pin A.7 pada mikrokontroler.

Mikrokontroler ATmega8535 digunakan sebagai kontrol pada penelitian ini. Fungsi utama mikrokontroler ATmega8535 dalam penelitian ini adalah sebagai pengkonversi data dari tegangan analog menjadi keluaran digital 10 bit. Port C digunakan untuk tampilan LCD.

Mengukur Volume Apungan Benda Tercelup

Perancangan lengkap alat dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Keterangan.

- 1.LED; 2.Fotodioda; 3.Wadah Zat Cair 4.Zat Cair; 5.Benda apung (Kayu Mahoni); 6. Mikrokontroler; 7. LCD; 8. Lubang Kontrol Volume Fluida

Gambar 3. Rancangan Sistem Mekanik Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Menggunakan Prinsip Archimedes dan Sensor Fotodioda

Dari **Gambar 3**, diperoleh persamaan 2 yang menjadi inti persamaan yang digunakan pada penelitian.

$$\begin{aligned} d &= Y + T - H \\ Y_{bf} &= H - T \\ V_{bf} &= Y_{bf} \cdot b \cdot c \\ \rho_f &= \frac{V_b}{V_{bf}} \rho_b \end{aligned} \quad (2)$$

Keterangan.

- Y= tinggi balok (5 cm)
- H= jarak dari permukaan wadah sampai permukaan air (5cm)
- b= panjang balok (10cm)
- c=lebar balok (8cm)
- T=diperoleh dari sensor,
- ρ_f = massa jenis zat cair,
- V_b = Volume balok (400cm³)
- V_{bf} = volume benda tercelup
- ρ_b =massa jenis balok (0,595 gr/cm³).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor Fotodioda

Pengujian sensor fotodioda dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran dan nilai cacahan biner ADC nya. Pengujian ini dilakukan dengan cara memvariasikan jarak antara sensor dan LEDmulai dari jarak 1 cm - 9 cm dan divariasikan setiap 0,2 cm. Pengujian dilakukan sebanyak tigakali berdasarkan letak sensor di atas permukaan benda yang terapung menggunakan voltmeter digital merek Metrahit 14s.Dari tiga kali pengukuran diambil rata-ratanya.

Untuk pengukuran data ADC dilakukan sebanyak tiga kali pengukuran untuk mengurangi galat atau kesalahan dalam pengukuran dan diambil rata-ratanya untuk disajikan ke dalam tabel. Data ADC 10bit dapat dihitung menggunakan persamaan 3sebagai berikut:

$$Data\ ADC = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 1023 \quad (3)$$

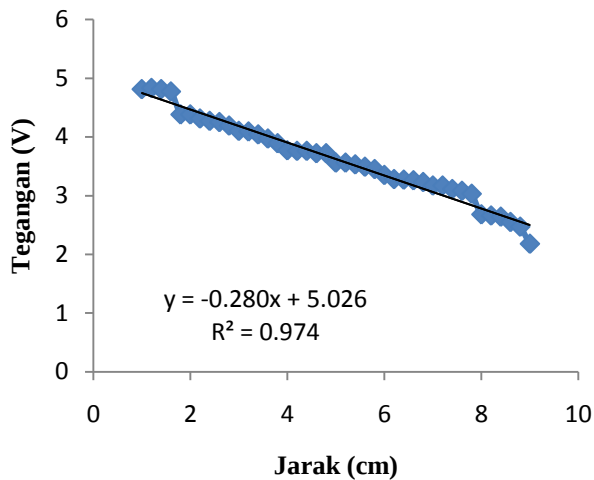
Dengan :

V_{in} = tegangan dari sensor

V_{ref} = tegangan referensi ADC

1023= nilai pengali ADC 10 bit

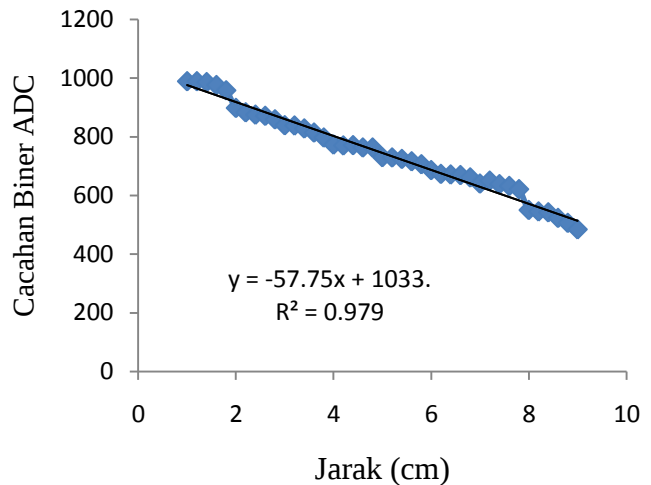
Hasil pengujian karakteristik sensor fotodioda terhadap perubahan jarak disajikan dalam bentuk grafik.Grafik tersebut menyatakan hubungan antara jarak dan tegangan keluaran dari sensor fotodioda yang diperoleh pada penelitian ini. Tegangan keluaran dihitung mulai dari jarak 1 cm- 9 cm dan divariasikan setiap 0,2 cm. grafik hasil pengukuran tegangan keluaran sensor fotodioda ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Grafik tegangan terhadap jarak

Gambar 4 merupakan grafik hubungan antara tegangan terhadap jarak dari pengujian sensor fotodioda. Hasil pengujian sensor pada penelitian ini menghasilkan hubungan yang linier dengan persamaan: $y = -0,280x + 5,026$ dan $R^2 = 0,974$. Dimana y merupakan variabel tegangan yang diukur dan x merupakan variabel jarak sedangkan R adalah koefisien korelasi antara input dan output dari sensor. Nilai R sebesar 0,974 hampir mendekati 1 menunjukkan hubungan yang kuat antara dua variabel dan semakin kuat hubungan antara input dan output sensor maka semakin linier sensor (Wildian, 2000). Sedangkan variabel $y = -0,280x + 5,026$ menginformasikan bahwa sensor ini mengonversi setiap perubahan tegangan sebesar 1 volt menjadi perubahan jarak sebesar kira-kira 0,280 cm. Jadi, sensitivitas sensor pada penelitian ini adalah 0,280 cm/V.

Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara cacahan biner ADC dengan jarak dari sensor fotodioda.



Gambar 5. Grafik cacahan biner ADC terhadap jarak

Dari **Gambar 5** tampak bahwa semakin dekat jarak LED dan fotodioda, semakin nilai cacahan biner yang diperoleh. Dari **Gambar 5** diperoleh persamaan hubungan jarak terhadap cacahan biner ADC yang dapat dilihat pada persamaan 4.

$$y = -57,75x + 1033 \quad (4)$$

atau

$$x = \frac{y-1033}{-57,75} \quad (5)$$

Dengan y merupakan tegangan dan x merupakan jarak. Persamaan 5 ini digunakan untuk mengubah cacah biner ADC menjadi jarak..

Pengujian Terhadap Sampel

Dari penelitian yang telah dilakukan, selain diperoleh nilai massa jenis dari setiap sampel, juga diperoleh hubungan antara nilai jarak antara posisi sensor dan posisi benda terapung yang diperoleh dari pembacaan sensor terhadap nilai massa jenis yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

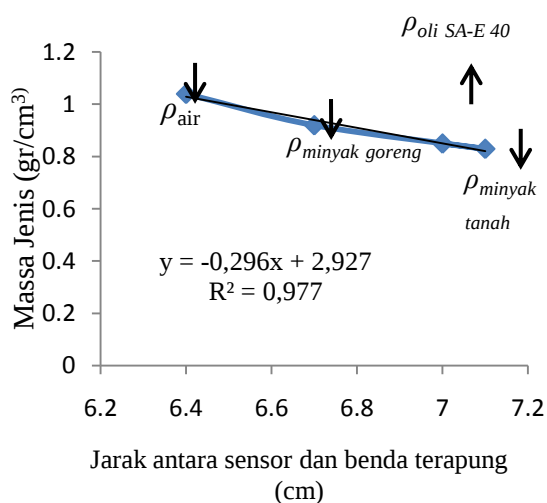
Tabel 1.Perbandingan Nilai Massa Jenis Menggunakan Perhitungan dengan Massa Jenis yang tertera di Alat

No	Nama Sampel	Jarak (cm)	ρ_{alat} (gr/cm ³)	$\rho_{referensi}$ (gr/cm ³)	Error (%)	Akurasi (%)
1	Air (32°C)	6,4	1,04	1,00	4	96
2	Minyak Goreng	6,7	0,92	0,9	2,2	99
3	Minyak tanah	7,1	0,83	0,80	3,75	97
4	Oli Mesran SA-E 40	7,0	0,85	0,85	0	100

Keterangan: ρ = massa jenis

Tabel 1 merupakan data pengujian dari tiap-tiap sampel yang telah dilakukan. Cara pengkalibrasian alat ukur ini dengan membandingkan nilai massa jenis yang diperoleh dari perhitungan massa dan volume dengan menggunakan timbangan digital yang ada pada Lab Fisika Material FMIPA Unila dengan menggunakan sampel nilai massa jenis oli Yamalube SA-E 40 yang memiliki massa jenis 0,85 gr/cm³.

Dari **Tabel 1**, diperoleh hubungan antara jarak dan massa jenis, yang digambarkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Hubungan jarak dan massa jenis

Dari data yang diperoleh, dapat diketahui presentase error alat ukur massa jenis ini dengan menggunakan persamaan 6.

$$\text{Error (\%)} = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100 \quad (6)$$

Keterangan:

Y_n = nilai yang diharapkan
(referensi)

X_n = nilai alat

Untuk nilai presentasi akurasi dapat diperoleh dengan menggunakan rumus.

$$\text{Akurasi (\%)} = 100\% - \text{Error (\%)} \quad (7)$$

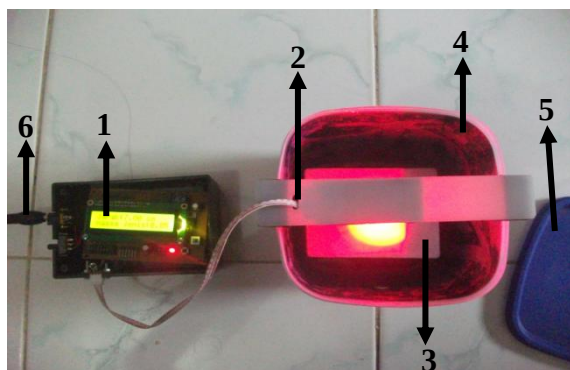
(Jones, 1990).

Gambar 6 merupakan grafik hubungan antara jarak dan massa jenis yang ditunjukkan dengan persamaan $y = -0,296x + 2,927$ dan $R^2 = 0,977$. Dimana y merupakan massa jenis zat cair hasil pembacaan LCD dan x merupakan jarak antara posisi sensor dengan benda terapung yang dihasilkan oleh pembacaan sensor yang juga ditampilkan pada LCD dan R^2 merupakan korelasi antara kedua variabel.

Dari grafik menunjukkan bahwa hubungan antara jarak dan massa jenis adalah berbanding terbalik. Semakin besar jarak antara posisi sensor dan

benda terapung, semakin kecil massa jenis dari zat cair tersebut. **Tabel 1** juga menginformasikan nilai massa jenis referensi (Y_n) dan nilai yang terukur pada alat (X_n). Nilai massa jenis yang diharapkan (referensi) diperoleh dengan cara manual yaitu dengan terlebih dahulu mengukur massa dan volume sampel zat cair terlebih dahulu. Nilai massa dan volume yang diperoleh dari pengukuran kemudian dihitung dengan menggunakan rumus massa jenis $\rho = \frac{m}{V}$.

Gambar 7 merupakan realisasi alat ukur massa jenis zat cair pada penelitian ini.



(a)



(b)

Gambar 7. Perangkat keras penelitian (a) tampak atas; 1.LCD, 2.Sensor fotodioda, 3.Balok kayu benda terapung, 4.Wadah zat cair, 5.Penutup cahaya, 6. Power supply; (b) tampak samping

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat ukur massa jenis zat cair berdasarkan hukum Archimedes menggunakan sensor fotodioda memiliki tingkat keakurasian yang cukup akurat yaitu sebesar 98,5% dan nilai error sebesar 3,875%.

DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid I Terjemahan Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Jannah, M., Warsito, Pauzi, G.A. 2013. Analisis Pengaruh Massa Jenis terhadap Kualitas Minyak Goreng Kelapa Sawit menggunakan Alat Ukur Massa Jenis dan Akuisisinya pada Komputer. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. Lampung
- Jewett, Serway. 2009. *Fisika Untuk Sains dan Teknik, Buku 1 Edisi 6*. Salemba Teknika: Jakarta.
- Jones, L.D dan A. Foster Chin. 1990. *Electronic Instruments and Measurements Second Edition*. Prentice Hall College.
- Kasap. 2001. *Optoelectronics and photonics*. Edisi Terjemahan Jilid 2. Elex Media Komputindo: Jakarta
- Nurlaili., Haiyan. 2010. Mengukur Massa Jenis Air dan Minyak Tanah dengan Menggunakan Hukum Archimedes. *Jurnal Teknik Mesin Lokhsunawe. Volume 2, No.1*.
- Sutiah, Firdaus K Sofjan, Budi Wahyu Setia. 2008. Studi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Viskositas dan Indeks Bias. *Jurnal Berkala Fisika Volume 11 No 2, April 2008*, hal. 53 –58.
- Wildian. 2000. *Sistem Sensor*. Universitas Andalas: Sumatera Barat.

