

## Pengukuran Massa Jenis Fluida dengan Menggunakan Roberval *Balance*

Teguh Gumilar<sup>1,a)</sup>, Rizki Zakwandi<sup>1,b)</sup>, Rima RJ. Fatimah<sup>1,c)</sup>, dan Rena Denya  
A.<sup>1,d)</sup>

<sup>1</sup>Prodi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA  
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri (UIN) Sunan Gunung Djati Bandung,  
Jl. A.H. Nasution Bandung no. 105, Indonesia 40614

<sup>a)</sup> alhapidzteguhgumilar@gmail.com

<sup>b)</sup> r.zakwandi@gmail.com

<sup>c)</sup> rimarj83@gmail.com

<sup>d)</sup> renadenya@gmail.com

### Abstrak

Salah satu karakteristik dari fluida zat cair adalah memiliki massa jenis. Metode pengukuran massa jenis fluida zat cair sudah banyak dikembangkan. Dalam penelitian ini dikembangkan metode sederhana pengukuran massa jenis fluida zat cair dengan menggunakan Roberval *Balance*. Objek yang digunakan berupa beberapa zat cair yang memiliki massa jenis lebih kecil dan lebih besar dari massa jenis aquades yang digunakan ( $\rho \approx 1 \text{ g/mL}$ ) yaitu minyak goreng, spirtus, larutan glukosa 30%, dan minyak tanah. Pengumpulan data diperoleh dengan memasukan aquades ke dalam lengan kanan dan zat cair yang akan diukur ke lengan kiri hingga Roberval *Balance* mengalami kesetimbangan atau massa fluida di kedua lengan sama besar. Data volume fluida kedua zat cair diperoleh untuk mendapatkan nilai massa jenis yang kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran massa jenis secara manual. Dari hasil perhitungan dan analisis data diperoleh rata-rata massa jenis minyak goreng sebesar 0,862 g/mL dengan rata-rata eror sebesar 6,12%, spirtus sebesar 0,755 g/mL dengan rata-rata eror sebesar 5,36%, glukosa 30% sebesar 1,07 g/mL dengan rata-rata eror sebesar 8,98%, serta minyak tanah sebesar 0,7869 g/mL dengan rata-rata eror sebesar 3,00%.

Kata-kata kunci: fluida cair, massa jenis, Roberval *Balance*.

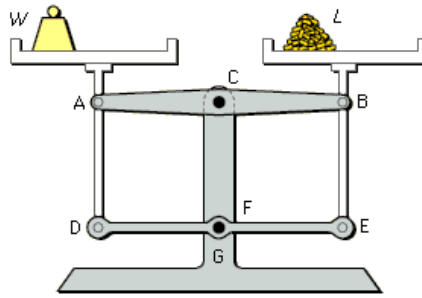
### PENDAHULUAN

Zat cair merupakan salah satu jenis fluida. Salah satu karakteristik fluida yaitu massa jenis yang merupakan kuantitas perbandingan massa fluida dan volume fluida yang membedakan satu fluida dengan fluida lainnya. Massa jenis dilambangkan dengan  $\rho$  (dibaca: rho). Dalam satuan internasional, massa jenis (*density*) memiliki satuan  $\text{kg/m}^3$  atau ada juga yang menggunakan satuan  $\text{g/cm}^3$ . Secara matematis, massa jenis atau kerapatan adalah rasio massa terhadap volume, [3]

Pengukuran massa jenis fluida relatif mudah yaitu dengan mengukur massa fluida dan volume fluida dan membandingkan keduanya untuk memperoleh nilai massa jenis. Namun, pengukuran dengan cara ini membutuhkan dua alat ukur yaitu alat ukur massa dan alat ukur volume. Banyak metode yang sudah dikembangkan untuk mengukur massa jenis diantaranya yaitu dengan penggunaan piknometer, penggunaan hidrometer, metode osilasi, metode suspensi, dan metode Schlieren, [1].

Pada makalah ini dikembangkan metode sederhana pengukuran massa jenis fluida zat cat cair dengan menggunakan Roberval *Balance*. Roberval *Balance* adalah mekanisme keseimbangan pada neraca dua lengan yang ditemukan oleh Gilles Personne de Roberval (1602-1675). Kelebihan penggunaan neraca dua lengan

dengan kesetimbangan Roberval ini yaitu penempatan objek pada kedua lengan dari bagian tengah neraca tidak mempengaruhi nilai torsi dari masing-masing lengan, artinya panjang lengan selalu dianggap tetap atau  $l_1 = l_2$ . Kesetimbangan Roberval dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



(Sumber: [www.goo.gl/f8XO7N](http://www.goo.gl/f8XO7N))

Gambar 1. Neraca dua lengan dengan sistem Roberval memungkinkan sistem dalam keadaan seimbang walaupun penempatan objek tidak pada pusat penampang lengan.

Dengan panjang lengan yang dianggap sama besar untuk kedua lengan ( $l_1 = l_2$ ), maka dapat dirumuskan suatu persamaan untuk menentukan massa jenis suatu zat fluida dengan persamaan torsi, persamaan massa jenis, dan nilai massa jenis aquades menurut literatur yaitu  $\rho \approx 1 \text{ g/mL}$ .

## MASSA JENIS FLUIDA DAN ROBERVAL BALANCE

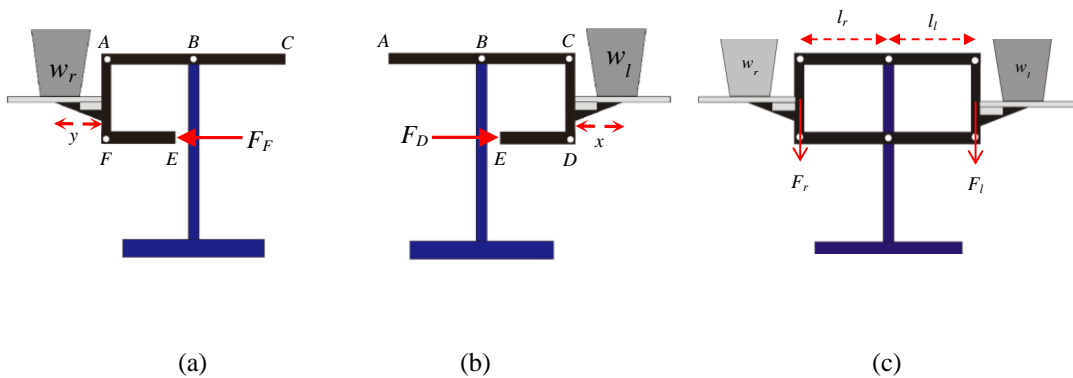
### A. Torsi pada Roberval Balance

Torsi atau momen gaya adalah gaya yang dibutuhkan untuk membuat benda tegar bergerak rotasi pada porosnya. Torsi sendiri dilambangkan dengan  $\tau$  (*dibaca: tau*). Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut, [4].

$$\tau = l.F \sin \theta \tag{1}$$

Pada neraca dua lengan dengan Roberval Balance, vektor gaya  $\vec{F}_l$  dan  $\vec{F}_r$  memiliki arah yang sama terhadap sumbu y untuk lengan kiri dan kanan. Nilai vektor gaya pada sisi kanan merupakan gaya berat dari fluida sebelah kanan dan begitu pun fluida kiri. Vektor-vektor gaya pada neraca dengan Roberval Balance dapat dijelaskan sebagai berikut.

Pada sisi kanan dari Roberval Balance (2a), sebuah cairan seberat  $w_r$  memberikan gaya pada batang FE dimana gaya ini menyebabkan batang AF-FE cenderung berotasi ke arah E yang diseimbangkan oleh gaya  $F_F$  yang membuat sistem seimbang. Dengan kata lain, gaya vertikal yang melalui AF itu sama dengan gaya berat cairan ( $w_r$ ) selama FE tidak memberikan gaya vertikal pada AF, [2]. Begitu pula dengan sisi kiri, besar gaya FD sama dengan  $w_l$  dengan demikian gaya yang melalui batang CD sebesar berat cairan di kiri. Dengan demikian, keadaan setimbang dari sistem Roberval tidak dipengaruhi oleh nilai x dan y atau dengan kata lain lengan gaya kiri dan kanan dianggap sama besar ( $l_r = l_l$ ) untuk peletakan posisi beban yang berbeda dari batang AF dan CD seperti gambar 2c.



Gambar 2. Analisis gaya-gaya pada sisi kanan dan kiri Roberval Balance

**B. Massa Jenis Fluida dengan Roberval Balance**

Jika ditinjau suatu tuas dua lengan dengan titik tumpu tunggal di tengah-tengahnya maka kita akan memperoleh jumlah torsi dalam sistem. Jika gaya yang diberikan pada masing-masing lengannya bernilai sama maka torsi total bernilai nol, oleh karenanya diperoleh hubungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sum \tau &= 0 \\ \tau_1 + (-\tau_2) &= 0 \\ \tau_1 &= \tau_2 \\ F_1 l_1 &= F_2 l_2 \end{aligned} \tag{2}$$

Karena kedua lengan memiliki panjang yang sama ( $l_1 = l_2$ ) maka,

$$\begin{aligned} F_1 l_1 &= F_2 l_2 \\ F_1 &= F_2 \end{aligned} \tag{3}$$

Gaya torsi pada masing-masing lengan merupakan gaya berat dari masing-masing fluida maka

$$\begin{aligned} F_1 &= F_2 \\ m_1 g &= m_2 g \\ m_1 &= m_2 \end{aligned} \tag{4}$$

Hubungan antara massa fluida, massa jenis, dan volume dinyatakan oleh persamaan  $\rho = \frac{m}{V}$  atau  $m = \rho V$  dan diperoleh hubungan sebagai berikut,

$$\begin{aligned} m_1 &= m_2 \\ \rho_1 V_1 &= \rho_2 V_2 \end{aligned} \tag{5}$$

Dalam percobaan ini digunakan aquades ( $\rho_{aquades} \approx 1 \text{ gr/cm}^3$ ) yang memiliki volume tertentu untuk mempermudah pengukuran massa jenis pada percobaan. Maka diperoleh,

$$\begin{aligned} \rho_{aquades} V_{aquades} &= \rho_{fluida} V_{fluida} \\ \left( 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) V_{aquades} &= \rho_{fluida} V_{fluida} \\ \rho_{fluida} &= \frac{V_{aquades}}{V_{fluida}} \left( \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) \end{aligned} \tag{6}$$

Dengan persamaan (6) kita bisa menentukan massa jenis suatu fluida dengan hanya membandingkan volume aquades terhadap volume fluida ketika nilai torsi tuas dua lengan bernilai sama atau dalam keadaan setimbang.

**DATA DAN PERHITUNGAN**

**A. Minyak goreng**

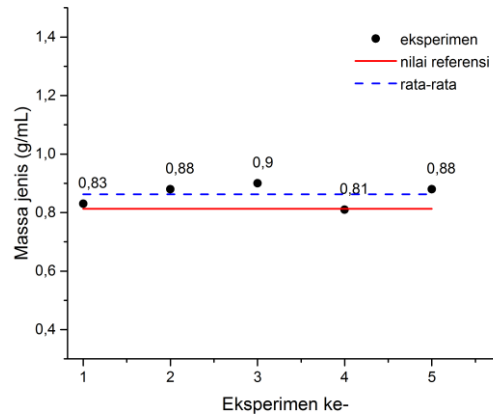
Dari hasil pengukuran, diperoleh bahwa volume minyak lebih besar dibandingkan dengan aquades pada saat Roberval Balance dalam keadaan setimbang. Data hasil percobaan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil pengukuran massa jenis minyak goreng dengan perbandingan massa jenis hasil pengukuran manual sebagai referensi

No Percobaan	Volume aquades (mL)	Volume minyak goreng (mL)	Massa jenis ukur ( $\text{g/cm}^3$ )	Massa jenis referensi ( $\text{g/cm}^3$ )	%Error
1	83,00 ± 1,00	100,0 ± 1,0	0,830 ± 0,018	0,8126 ± 0,0075	2,14%
2	110,0 ± 1,0	125 ± 1,0	0,880 ± 0,015	0,8126 ± 0,0075	8,29%
3	159,0 ± 1,0	175 ± 1,0	0,908 ± 0,010	0,8126 ± 0,0075	11,81%
4	61,00 ± 1,00	75,00 ± 1,00	0,813 ± 0,024	0,8126 ± 0,0075	0,09%
5	132,0 ± 1,00	150 ± 1,0	0,880 ± 0,012	0,8126 ± 0,0075	8,29%

Rata-rata	$0,862 \pm 0,016$	6,12%
-----------	-------------------	-------

Dari hasil percobaan dan perhitungan, diperoleh bahwa massa jenis minyak goreng lebih kecil dari massa jenis aquades ( $0,862 \text{ g/cm}^3 < 1 \text{ g/cm}^3$ ) dengan eror dari massa jenis referensi atau dibandingkan hasil pengukuran manual dengan neraca digital dan gelas ukur sebesar 6,12%. Presisi yang dinyatakan dalam standar deviasi memiliki nilai 0,035. Keakuratan pengukuran massa jenis minyak goreng digambarkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 3. Akurasi pengukuran massa jenis minyak goreng

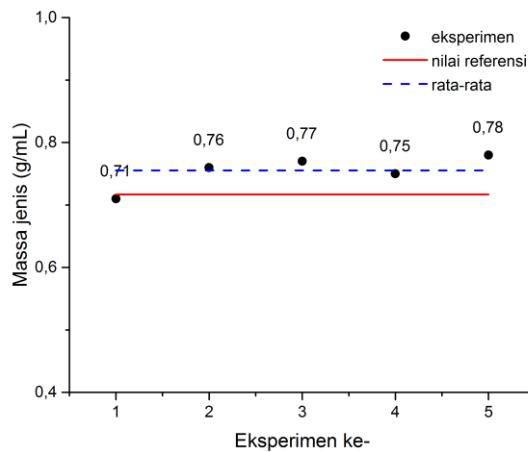
### B. Spirtus

Dari hasil pengukuran, diperoleh bahwa volume spirtus lebih besar dibandingkan dengan aquades pada saat Roberval *Balance* dalam keadaan setimbang. Data hasil percobaan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil pengukuran massa jenis spirtus dengan perbandingan massa jenis hasil pengukuran manual sebagai referensi

No Percobaan	Volume aquades (mL)	Volume spirtus (mL)	Massa jenis ukur ( $\text{g/cm}^3$ )	Massa jenis referensi ( $\text{g/cm}^3$ )	%Error
1	$53,00 \pm 1,00$	$75,00 \pm 1,00$	$0,706 \pm 0,013$	$0,7078 \pm 0,0067$	1,41%
2	$96,00 \pm 1,00$	$125,0 \pm 1,0$	$0,768 \pm 0,007$	$0,7078 \pm 0,0067$	7,14%
3	$135,0 \pm 1,0$	$175,0 \pm 1,0$	$0,771 \pm 0,005$	$0,7078 \pm 0,0067$	7,62%
4	$75,00 \pm 1,00$	$100,0 \pm 1,0$	$0,750 \pm 0,008$	$0,7078 \pm 0,0067$	4,63%
5	$117,0 \pm 1,0$	$150,0 \pm 1,0$	$0,780 \pm 0,005$	$0,7078 \pm 0,0067$	8,82%
Rata-rata			$0,755 \pm 0,007$		5,36%

Dari hasil percobaan dan perhitungan, diperoleh bahwa massa jenis spirtus lebih kecil dari massa jenis aquades ( $0,755 \text{ g/cm}^3 < 1 \text{ g/cm}^3$ ) dengan eror dari massa jenis referensi atau dibandingkan hasil pengukuran manual dengan neraca digital dan gelas ukur sebesar 5,36%. Presisi yang dinyatakan dalam standar deviasi memiliki nilai 0,026. Keakuratan pengukuran massa jenis spirtus digambarkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. Akurasi pengukuran massa jenis spiritus

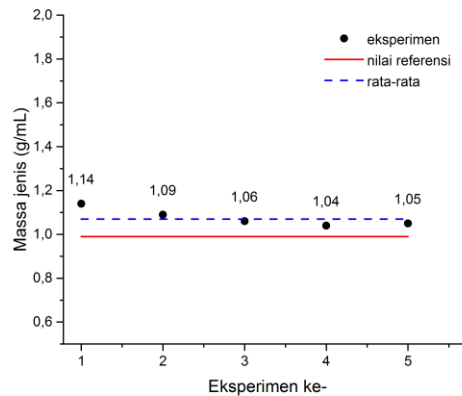
### C. Larutan glukosa 30%

Dari hasil pengukuran, diperoleh bahwa volume larutan glukosa 30% lebih kecil dibandingkan dengan aquades pada saat Roberval *Balance* dalam keadaan setimbang. Data hasil percobaan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil pengukuran massa jenis larutan glukosa 30% dengan perbandingan massa jenis hasil pengukuran manual sebagai referensi

No Percobaan	Volume aquades (mL)	Volume larutan glukosa 30% (mL)	Massa jenis ukur ( $g/cm^3$ )	Massa jenis referensi ( $g/cm^3$ )	%Error
1	$57,00 \pm 1,00$	$50,00 \pm 1,00$	$1,14 \pm 0,04$	$0,991 \pm 0,029$	15,15%
2	$82,00 \pm 1,00$	$75,00 \pm 1,00$	$1,09 \pm 0,02$	$0,991 \pm 0,029$	10,44%
3	$106,0 \pm 1,0$	$100,0 \pm 1,0$	$1,06 \pm 0,02$	$0,991 \pm 0,029$	7,07%
4	$131,0 \pm 1,0$	$125,0 \pm 1,0$	$1,04 \pm 0,01$	$0,991 \pm 0,029$	5,86%
5	$158,0 \pm 1,0$	$150,0 \pm 1,0$	$1,05 \pm 0,01$	$0,991 \pm 0,029$	6,40%
Rata-rata			$1,07 \pm 0,01$		8,98%

Dari hasil percobaan dan perhitungan, diperoleh bahwa massa jenis larutan glukosa 30% lebih besar dari massa jenis aquades ( $1,07 g/cm^3 > 1 g/cm^3$ ) dengan eror dari massa jenis referensi atau dibandingkan hasil pengukuran manual dengan neraca digital dan gelas ukur sebesar 8,98%. Presisi yang dinyatakan dalam standar deviasi memiliki nilai 0,034. Keakuratan pengukuran massa jenis larutan glukosa 30% digambarkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 5. Akurasi pengukuran massa jenis larutan glukosa 30%

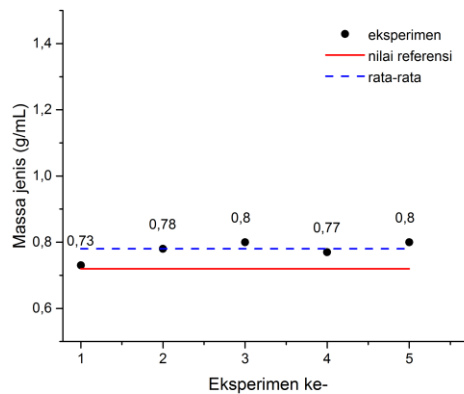
#### D. Minyak tanah

Dari hasil pengukuran, diperoleh bahwa volume minyak tanah lebih besar dibandingkan dengan aquades pada saat Roberval *Balance* dalam keadaan setimbang. Data hasil percobaan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Hasil pengukuran massa jenis minyak tanah dengan perbandingan massa jenis hasil pengukuran manual sebagai referensi

No Percobaan	Volume aquades (mL)	Volume minyak tanah (mL)	Massa jenis ukur (g/cm <sup>3</sup> )	Massa jenis referensi (g/cm <sup>3</sup> )	%Error
1	58,00 ± 1,00	75,00 ± 1,00	0,773 ± 0,02	0,7225 ± 0,0068	4,67%
2	78,00 ± 1,00	100,0 ± 1,0	0,780 ± 0,017	0,7225 ± 0,0068	3,85%
3	101,0 ± 1,0	125,0 ± 1,0	0,808 ± 0,014	0,7225 ± 0,0068	0,40%
4	116,0 ± 1,0	150,0 ± 1,0	0,773 ± 0,011	0,7225 ± 0,0068	4,67%
5	140,0 ± 1,0	175,0 ± 1,0	0,800 ± 0,010	0,7225 ± 0,0068	1,39%
Rata-rata			0,7869 ± 0,0074		3,00%

Dari hasil percobaan dan perhitungan, diperoleh bahwa massa jenis larutan glukosa 30% lebih besar dari massa jenis aquades ( $0,7869 \text{ g/cm}^3 > 1 \text{ g/cm}^3$ ) dengan eror dari massa jenis referensi atau dibandingkan hasil pengukuran manual dengan neraca digital dan gelas ukur sebesar 3,00%. Presisi yang dinyatakan dalam standar deviasi memiliki nilai 0,012. Keakuratan pengukuran massa jenis minyak tanah digambarkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 6. Akurasi pengukuran massa jenis minyak tanah

Hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan pengukuran yang bersifat akurat karena rata-rata persentase error kurang dari 20%, [8]. Presisi karena nilai rata-rata standar deviasi bernilai cukup kecil yaitu 0,0248.

## KESIMPULAN

Penggunaan Roberval *Balance* dalam mengukur massa jenis merupakan metode alternatif dalam mengukur massa jenis fluida zat cair khususnya zat cair dengan massa jenis lebih dari dan atau kurang dari massa jenis aquades yaitu  $\rho \approx 1 \text{ g/mL}$ . Dari hasil perhitungan dan analisis data diperoleh rata-rata massa jenis minyak goreng sebesar  $0,862 \text{ g/mL}$  dengan rata-rata error sebesar 6,12%, spirtus sebesar  $0,755 \text{ g/mL}$  dengan rata-rata error sebesar 5,36%, glukosa 30% sebesar  $1,07 \text{ g/mL}$  dengan rata-rata error sebesar 8,98%, serta minyak tanah sebesar  $0,7869 \text{ g/mL}$  dengan rata-rata error sebesar 3,00%. Hasil pengukuran bersifat presisi karena nilai rata-rata standar deviasi bernilai cukup kecil yaitu 0,0248

## UCAPAN TERIMA KASIH

Para peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan eksperimen dan penulisan makalah ini khususnya kepada pihak Laboratorium Prodi Pendidikan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Sunan Gunung Djati Bandung.

## REFERENSI

1. Weighing Technology, *Manual of Weighing Application Part 1: Density*. Sartorius (1999)
2. Chagnon, Paul, *The Roberval Balance*. Department of Physics, University of Notre Dame (1992)
3. Tipler, P.. *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1*. Erlangga (1991)
4. Giancoli, Douglas C.. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Erlangga (2001)
5. Harvey, David. *Modern Analytical Chemistry*. The McGraw-Hill Companies (2000)
6. Serway, Jewwet. *Phisycs for Scientist and Engineers 6<sup>th</sup> edition*. Thomson Brooks (2004)
7. John R. Taylor. *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements, 2nd edition*. University Science Books-Sausalito (1997).
8. Bruns, N., et. all. *Introduction to Error Analysis*. Departement Chemie-Universitat Basel (2012)