

PENGUKURAN DENSITAS BAHAN ORGANIK BERSKALA MIKRO-LITER(μ L) DENGAN METODE LEVITASI MAGNETO-ARCHIMEDES MENGGUNAKAN SUMBER MAGNET GANDA

Hasan Basori¹, Gancang Saroja¹, Dra. Hj. S.J. Iswarin,Apt.,Msi¹⁾

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya, Malang

Email : putrapisang7@gmail.com

ABSTRAK

Densitas merupakan parameter fisika yang penting. Dalam laboratorium riset, pengukuran densitas bahan sampel menjadi tahapan yang sangat penting karena densitas bahan merupakan representasi dari populasi sample. Saat ini, masih diperlukan cara pengukuran densitas sampel berukuran kecil dengan metode yang sederhana, tidak mahal, praktis, cepat, serta memiliki keakuratan yang tinggi.

Metode levitasi magneto archimedes adalah metode pengukuran sebuah densitas dengan memanfaatkan sifat fluida magnetik. Salah satu sifat fluida magnetik adalah ketika sebuah benda dimasukkan kedalam fluida magnetik dan di beri gaya magnet maka benda tersebut akan terlevitasi. Sampel uji yang terlevitasi nilai ketinggian levitasinya akan berubah sebagai fungsi densitas, susceptibilitas dari sampel dan fluida magnetik, dan kuat medan magnet. Tabung fluida magnetik berisi larutan *Manganese(II) Chloride Tetrahydrate* ($MnCl_2 \cdot 4H_2O$ yang kedua ujungnya ditutup dengan magnet Neodimium (NIB atau NdFeB). Bahan yang digunakan dalam eksperimen adalah bahan-bahan organik seperti keju, putih telur dan daging sapi. Hasil eksperimen Didapatkan nilai densitas masing-masing sampel yaitu untuk keju $1355 \pm 6 \text{ kg/m}^3$, sampel putih telur $1435 \pm 7 \text{ kg/m}^3$ dan sampel daging sapi $1506 \pm 6 \text{ kg/m}^3$.

Kata kunci: Densitas, levitasi, magneto-archimedes.

PENDAHULUAN

Salah satu faktor penting pengukuran dalam dunia sains adalah densitas dari sebuah bahan yang akan diamati, karena densitas dari sebuah bahan akan menentukan kualitas dari sebuah sampel yang akan digunakan. Parameter densitas merupakan salah satu faktor pengukuran yang sangat penting, ini dikarenakan besar densitas sampel merupakan representasi dalam menggambarkan populasi penelitian (Suyatno, 2008). Di laboratorium analisis industri terutama industri pangan atau kesehatan, sampel bahan yang sering digunakan adalah berupa bahan-bahan organik. Menurut (Lynch, 1983), bahan organik merupakan kumpulan beragam senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami dekomposisi, baik berupa humus hasil humifikasi maupun senyawa-senyawa anorganik

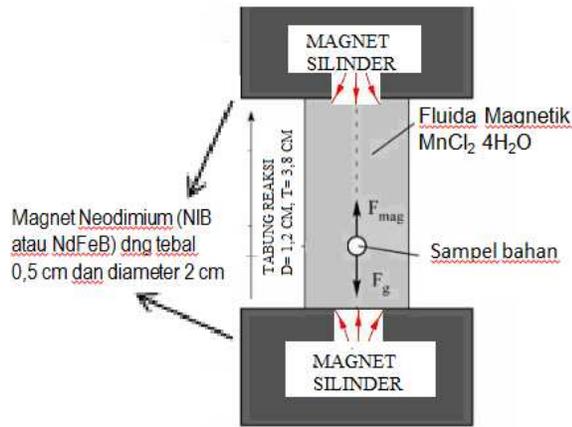
hasil mineralisasi maupun mikroba heterotrofik dan ototrofik yang terlibat didalamnya. Dengan menggunakan metode levitasi magneto archimedes ini diharapkan mampu mempermudah pengukuran densitas suatu bahan yang berskala mikroliter.

Metode levitasi magnetik merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan densitas dengan memanfaatkan sifat dari fluida magnetik. Salah satu sifat fisika fluida magnetik adalah dapat melevitasi benda-benda diamagnetik ketika berada dalam fluida magnetik yang dipengaruhi medan H . Sifat fluida magnetik tersebut telah digunakan untuk pemisahan batu bara berbasis perbedaan densitas (Svoboda, 2004). Metode levitasi magneto-Archimedes merupakan salah satu metode levitasi magnetik yang dapat dimanfaatkan

dalam pengukuran densitas bahan organik dengan cara melevitasi bahan di dalam suatu fluida magnetik

METODOLOGI

Desain alat eksperimen yang dibuat adalah dengan menyusun magnet silinder dan tabung ukur seperti gambar 1. Posisi tabung dan dua magnet silinder ada dalam satu sumbu vertikal. Orientasi arah medan magnet adalah vertikal sejajar sumbu. Kuat sumber medan magnet dibuat bervariasi dengan cara memvariasi jumlah magnet silinder yang diletakan di bawah dan di atas tabung.



Gambar 1 Desain Eksperimen

Dalam kesetimbangan, benda diamagnetik yang mengalami levitasi magnet mengalami dua gaya yaitu gaya gravitasi dan gaya magnetik yang arahnya saling berlawanan. Dalam keadaan tersebut, berlaku persamaan berikut:

$$\vec{F} = \vec{F}_g + \vec{F}_{mag} = (\rho_s - \rho_m)V\vec{g} + \frac{(\chi_s - \chi_m)}{\mu_0}V(\vec{B} \cdot \vec{\nabla})\vec{B} \quad (1)$$

Dimana, \vec{F}_g adalah gaya berat/gravitasi (N)

\vec{F}_{mag} adalah gaya magnet (N), ρ_s densitas dari benda diamagnetik (kg/m^3), ρ_m adalah densitas dari fluida magnetik (Kg/m^3), V adalah volume dari benda (m^3), \vec{g} percepatan gravitasi (m/s^2), χ_s adalah susceptibilitas magnet benda diamagnetik, χ_m adalah susceptibilitas magnet

dari fluida magnet, μ_0 adalah permeabilitas magnet dari hampa ($= 4\pi \times 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$), serta \vec{B} adalah induksi magnet (T) (Mirica, 2009).

Pada saat terlevitasi stabil $\sum \vec{F} = 0$, maka persamaan (2.13) dapat ditulis kembali dalam bentuk sebagai berikut :

$$(\rho_s - \rho_m)V\vec{g} = \frac{(\chi_s - \chi_m)}{\mu_0}V(\vec{B} \cdot \vec{\nabla})\vec{B} \quad (2)$$

Menurut (Engel, 2005), dalam Sistem koordinat Cartesian 3D dimana sumbu x sejajar dengan arah vektor gravitasi, $\vec{g} = (-g, 0, 0)$,

dengan membagi kedua ruas dalam persamaan dengan volume dan percepatan gravitasi, maka persamaan 2 dapat dituliskan :

$$\rho_s = \frac{(\chi_s - \chi_m)}{\mu_0 g}(\vec{B} \cdot \vec{\nabla})\vec{B} + \rho_m \quad (3)$$

Dari penurunan rumus (3) didapatkan persamaan untuk mengukur tinggi suatu bahan dengan penurunan fluks magnet B.

$$h = \frac{(\rho_s - \rho_m)g\mu_0 d^2}{(x_s - x_m)4B_0^2} + \frac{d}{2} \quad (4)$$

Dari persamaan (4) ρ_s merupakan massa jenis dari sample yang akan dicari, kemudian h merupakan tinggi dari sample yang akan di ukur dari posisi awal pada alat ukur. Kemudian ρ_m merupakan massa jenis dari fluida dengan nilai yang sudah ditetapkan. x_s dan x_m merupakan susceptibilitas dari bahan dan fluida. d merupakan tinggi dari tabung. Dengan membagi ruas persamaan (4) maka didapatkan :

$$\rho_s = \rho_m - \frac{(x_s - x_m)B_0^2}{g\mu_0 d} + h\left(\frac{2(x_s - x_m)B_0^2}{g\mu_0 d^2}\right) \quad (5)$$

Pengambilan data dilakukan dari pengukuran massa bahan organik yang akan ditentukan nilai densitasnya. Sampel bahan organik yang dipilih memiliki nilai densitas yang lebih besar dari nilai densitas air. Setelah pengukuran massa dilakukan, kemudian bahan tersebut diambil sebagian (diambil dengan massa yang sangat kecil) dan kemudian dimasukan kedalam tabung reaksi yang berisi larutan $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ yang dibagian bawah tabung telah ditaruh magnet Neodymium (NIB atau NdFeB). Magnet Neodymium (NIB atau NdFeB) diletakan sejajar agar momen magnet

sejajar sumbu seperti yang terlihat pada Gambar 1

Dalam penelitian ini digunakan sampel dengan ukuran $\pm 2\mu\text{L}$. Pada saat sampel yang bersifat diamagnetik dimasukkan kedalam larutan *Manganese(II) Chloride Tetrahydrate* ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) yang bersifat paramagnetik maka sampel akan dapat mengalami levitasi. Saat terjadi levitasi dan mencapai titik setimbang karena gaya gravitasi dan gaya magnetik sama besar maka bahan akan memiliki ketinggian levitasi sebagai nilai h . Dengan menggunakan persamaan (5) maka bisa didapatkan nilai densitas dari hasil penelitian.

Selanjutnya sebagai perbandingan dilakukan pengukuran densitas sampel secara langsung. Sampel bahan yang digunakan diukur massanya dengan menggunakan neraca Electronic Precision Scale/Balance seri BEB BOECO, Germany. Massa jenis suatu benda adalah massa benda itu dibagi dengan volumenya. Dapat ditulis dengan persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (6)$$

Dimana m adalah massa suatu benda yang merupakan ukuran banyak zat yang terkandung dalam suatu benda, Sedangkan massa jenis atau densitas (ρ) adalah besaran yang menunjukkan perbandingan antara massa dengan volume suatu benda dan V adalah volume dari benda. Nilai densitas yang diperoleh dari pengukuran langsung digunakan sebagai pembanding untuk hasil pengukuran densitas bahan dengan metode magneto-archimedes.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data hasil eksperimen pada tabel 4.1 diatas, kemudian di hitung nilai densitasnya secara analitis dengan menggunakan persamaan 5 dimana untuk variabel yang diketahui adalah permeabilitas magnet diruang hampa ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$), \bar{g} percepatan gravitasi (m/s^2), Sedangkan, nilai susceptibilitas dari sampel (χ_s) adalah sangat kecil. Menurut (Sohnel, 1985) nilai susceptibilitas dari sampel ($\chi_s = -1 \times 10^{-7}$

m^3/mol) yang nilainya jauh lebih kecil dibandingkan nilai susceptibilitas dari fluida magnetik ($\chi_m > \chi_s$) maka untuk nilai (χ_s) diabaikan. Sehingga didapatkan nilai untuk perhitungan densitas dengan menggunakan persamaan 3,

Tabel 1. Nilai densitas sampel bahan dengan Metode Magneto-Archimedes berdasarkan variasi kuat medan magnet.

Medan magnet (T)	Rata-rata Densitas Bahan (kg/m3)		
	Keju	Putih telur	Daging sapi
0,244	1373		
0,349	1489	1533	
0,412	1534	1561	1716
0,433	1495	1534	1644
0,463	1508	1519	1619

Berdasarkan Tabel 1 merupakan hasil nilai densitas sampel yang diperoleh dengan memvariasikan kuat sumber medan magnet. Data densitas adalah rata-rata dari pengukuran pada berbagai konsentrasi yang digunakan.

Tabel 2. Nilai densitas sampel bahan dengan Metode Magneto-Archimedes berdasarkan variasi kosentrasi larutan

konsetrasi larutan (M)	Rata-rata Densitas Bahan (kg/m3)		
	Keju	Putih telur	Daging sapi
1	1457	1588	
1,5	1513	1613	
2	1369,	1553	1747
2,5	1346	1418	1566
3	1715	1513	1614

Dari Tabel 2 merupakan hasil nilai densitas sampel yang diperoleh dengan memvariasikan konsentrasi larutan. Data densitas adalah rata-rata dari pengukuran pada berbagai variasi sumber medan magnet.

Berdasarkan tabel analisis hasil densitas sampel bahan organik dengan metode levitasi magneto Archimedes dengan sumber magnet ganda ini dapat dijelaskan bahwa tidak semua sampel bahan bisa didapatkan nilai densitasnya pada semua variasi konsentrasi dan penambahan medan magnet. Pada daging sapi untuk

konsentrasi larutan 1M dan 1,5M tidak mengalami levitasi sehingga densitas dari sampel untuk konsentrasi ini tidak bisa didapatkan. Pada sampel putih telur untuk semua variasi konsentrasi didapatkan nilai densitasnya, hanya saja pada medan magnet penambahan pertama yaitu 0,244T densitas sampel tidak dapat ditemukan karena sampel tidak mengalami levitasi. Tidak terjadi levitasi pada putih telur dikarenakan gaya magnet yang bekerja pada sampel lebih kecil dibandingkan dengan gaya berat benda. Dimana gaya magnet dipengaruhi dari konsentrasi larutan itu sendiri dan kuat medan magnet yang bekerja. Untuk konsentrasi larutan 2,5 M dan 3 M semua data bisa didapat hanya pada konsentrasi pada 3 M dan di butuhkan waktu lama supaya sampel bahan dapat tenggelam didasar tabung larutan.

Selanjutnya untuk mengetahui akurasi dari pengukuran densitas dengan menggunakan metode magneto-archimedes ini dilakukan pengukuran langsung. Kemudian dihitung densitasnya berdasarkan persamaan 6. Nilai densitas sampel bahan yang dihasilkan dengan pengukuran langsung digunakan sebagai perbandingan nilai densitas sampel yang diperoleh dengan metode magneto-archimedes. Untuk mempermudah melihat perbandingan densitas ketiga sampel berdasarkan metode magneto-archimedes dengan pengukuran secara langsung, maka akan disajikan tabel perbandingan sebagai berikut :

Tabel 4.6. Perbandingan densitas terbaik hasil eksperimen dengan hasil pengukuran langsung

Bahan	Magneto-Archimedes Pada konsentrasi 2,5M & B= 0,433T $\rho_s(\text{kg/m}^3)$	Pengukuran Langsung $\rho_s(\text{kg/m}^3)$
Keju	1355±6	1261 ± 4
Putih telur	1435 ±7	1319 ± 7
Daging sapi	1506 ±6	1547 ± 10

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai densitas dari kedua metode hampir

mendekati. Hasil eksperimen yang menggunakan metode magneto-archimedes dengan konsentrasi 2,5M dan kuat medan magnet 0,433T memiliki nilai yang hampir mendekati dengan pengukuran langsung. Perbedaan antara kedua metode bisa dikatakan sangat kecil.

PENUTUP

Setelah melakukan penelitian dan melakukan tahapan-tahapan pengolahan data, dapat disimpulkan bahwa metode levitasi Magneto-Archimedes menggunakan sumber medan magnet ganda dapat digunakan untuk mengukur densitas bahan organik yang berukuran kecil (μL). Parameter-parameter yang mempengaruhi proses pengukuran adalah konsentrasi larutan paramagnetik dan kuat sumber medan magnet yang digunakan. Dari hasil penelitian diperoleh hasil terbaik pada konsentrasi $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebesar 2,5 M dan pada kuat medan magnet 0,433T. Nilai densitas sampel yang terukur adalah untuk sampel keju $1257 \pm 10 \text{ kg/m}^3$ sedangkan untuk sampel putih telur $1330 \pm 9 \text{ kg/m}^3$ dan sampel daging sapi $1517 \pm 8 \text{ kg/m}^3$

TINJAUAN PUSTAKA

- Engel, Herbert, Hesjedal. T. 2005. *J. Appl. Phys.* 97. 074504.
- Mirica, Katherine A. Mirica, Scott T. Phillips, Charles R.M., and George M. Whiteside. 2010. *Magnetic Levitation in the Analysis of Foods and Water*. J. Agric Food Chem. 58. 6565–6569
- Svoboda, J. 2004. *Physical Separation in Science and Engineering*. Vol. 13. No. 3–4. pp 127–139.
- Lynch, J. M. 1983. *Soil Biotechnology, Microbiological Factors in Crop Production*. Blackwell Scientific Publication. Oxford. London.