

Penyetaraan Nilai Viskositas terhadap Indeks Bias pada Zat Cair Bening

Bambang Murdaka Eka Jati¹, Karyono², Supriyatin³

^{1,2} Laboratorium Fisika Dasar, FMIPA, UGM, Yogyakarta

³ Mahasiswa S2, Prodi Fisika, FMIPA UGM

¹email: b_murdaka@ugm.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian guna mencari kesetaraan antara viskositas zat cair bening terhadap nilai indeks biasnya berturut-turut menggunakan Viskosimeter Ostwald dan Refraktometer ABEE. Itu dilakukan dengan cara mengukur viskositas zat cair berupa larutan gula dan larutan garam pada sejumlah nilai konsentrasi yang dinyatakan oleh variasi massa jenisnya. Kemudian, larutan yang sama diukur indeks biasnya. Selanjutnya, dicari hubungan kesetaraan antara viskositas dengan indeks bias pada larutan tersebut. Hasilnya, diperoleh grafik cenderung linear antara viskositas terhadap indeks biasnya baik pada larutan gula maupun larutan garam pada konsentrasi antara 10% hingga 100%. Kaitan itu bergantung pada jenis larutannya.

Kata-kata kunci: viskositas, indeks bias, zat cair bening

Abstract

The research to find out of the relation between viscosity of the liquid (using Viscosimeter Ostwald) to their indeks of refraction (using ABEE refractometer) have been done. It has been chossed the solution of sugar and also solution of salt, at some percentage of concentration (shown on that density variation), and measured their viscosity. Then, those solutions are measured their indeks of refraction. After that, it would be found the relation between their viscosity to their indeks of refraction. The conclusion, it could be found quite linearly graph of viscosity to indeks of refraction of sugar and salt solution for 10 up to 100% in concentration. This relation depends on kind of solution.

Key words: viscosity, indeks of refraction, transparent liquid

PENDAHULUAN

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya parameter fisika yang terlibat pada fluida cair. Parameter itu, antara lain, viskositas (kekentalan) dan indeks bias. Sejumlah produk cair, misalnya oli, memerlukan informasi tentang viskositas, dan viskositas itu nilainya berubah oleh perubahan suhu. Sejumlah bahan cair, misalnya minyak atsiri, dapat dicek kemurniannya dengan mengukur indeks biasnya. Parameter indeks bias bahan cair itu nilainya juga berubah terhadap perubahan suhu. Jelasnya, bahan cair yang sama mempunyai nilai kekentalan tertentu dan nilai indeks biasnya juga tertentu. Keduanya merupakan parameter berbeda, namun sama-sama merupakan fungsi suhu cairan.

Masalahnya, untuk mengukur viskositas zat cair biasanya menggunakan cairan bervolume besar dan pengukuran viskositas itu juga memerlukan waktu lama, misalnya ketika menggunakan alat Viskosimeter Ostwald. Adapun pengukuran indeks bias zat cair dengan refraktometer ABEE hanya memerlukan cairan volume kecil, dan eksperimen pengukuran indeks bias itu dapat berlangsung cepat. Hanya saja, pengukuran indeks bias zat cair itu dengan refraktometer ABEE dapat dilakukan bila bahan cair itu bersifat tembus cahaya.

Mengacu permasalahan di atas, maka penelitian ini ditujukan untuk mencari kesetaraan antara nilai viskositas dengan nilai indeks bias pada

zat cair yang sama. Penelitian ini dibatasi pada bahan cair tembus cahaya (bening), dan kedua parameter itu diambil pada suhu kamar. Bahan cair bening yang dipilih adalah larutan gula dan larutan garam yang divariasi konsentrasinya. Dipilihnya kedua larutan itu karena cairan tubuh manusia didominasi rasa asin atau manis (air liur, keringat, darah, sperma, dan air seni), dan nilai viskositasnya berhubungan dengan derajat kesehatan manusianya. Berhubung konsentrasi larutan x adalah jumlah gram x di dalam 1 cm^3 air, maka variasi konsentrasi larutan itu bisa dinyatakan dalam massa jenis larutan itu. Variasi konsentrasi itu merupakan wakil dari variasi nilai viskositas dan indeks bias zat cair tersebut.

Keluaran dari penelitian ini, diharapkan, menghasilkan sejumlah manfaat, terutama bagi Tri Dharma Perguruan Tinggi. Manfaat itu terbagi menjadi 3, bagi: penelitian, pendidikan dan pengajaran (*dikjar*), dan pengabdian kepada masyarakat (*pkm*). Manfaat bagi penelitian, dapat diperoleh hukum fisika “baru”, yang dinyatakan pada grafik hubungan empiris antara viskositas dengan konsentrasi pada 2 bahan cair yang sama (larutan gula dan larutan garam). Untuk *dikjar*, diperoleh wawasan baru tentang keberadaan viskositas dan indeks bias zat cair bening dengan cara ukur cepat pada volume kecil. Artinya, berdasar grafik hubungan antara viskositas dengan indeks bias (larutan gula dan larutan garam), maka bisa diukur viskositas kedua larutan itu secara cepat, berdasar nilai indeks bias (diukur dengan refraktometer ABEE) pada volume kecil.

TEORI

Penelitian ini melibatkan 2 buah teori, berturut-turut berkaitan dengan: viskositas zat cair, dan indeks bias zat cair tersebut.

2.a Viskositas zat cair

Viskositas (η) berhubungan dengan besarnya gaya gesekan antarlapis zat cair itu, dan juga antara zat cair dengan dinding pipanya. Fluida cair yang mengalir di dalam pipa, jenis alirannya dapat berupa aliran laminar atau aliran turbulen. Kedua jenis aliran itu terkait dengan nilai η , massa jenis (ρ), dan kelajuan alir (v) zat cair, serta diameter pipa (D) dimana fluida itu mengalir. Hal itu dinyatakan dalam bilangan Reynold (R_e):

$$R_e = \frac{\rho v D}{\eta} \quad (1)$$

Ketika R_e kecil (< 2000) maka zat cair mengalir secara laminar (setiap bagian zat cair itu mengalir menuruti garis arusnya sendiri, dan garis arus itu tidak pernah saling ber-potongan). Sebaliknya, bila R_e besar (> 4000) maka fluida mengalir secara turbulen (terjadi arus pusar). Persamaan (1) memperlihatkan bahwa R_e kecil bila η besar. Artinya, keberadaan η yang semakin besar membuat aliran cenderung laminar.

Ketika aliran zat cair itu laminar, maka dikuasai persamaan Poiseuille. Jika zat cair mengalir di dalam pipa sepanjang l , berjari R , viskositas (kekentalan) η , pada debit Q maka persamaan Poiseuille itu dinyatakan:

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8 \eta l} \quad (2)$$

Mengacu persamaan (2), pada R , l , dan ΔP yang sama maka Q menjadi kecil bila η besar. Itu disebabkan Q sebanding dengan kelajuan alir zat cair (v) pada R yang tetap. Artinya, η zat cair berbanding terbalik dengan v . Formulasi inilah yang digunakan sebagai dasar Viskosimeter Ostwald, yaitu pengukuran η berdasarkan kelajuan alir zat cair.

2.b Indeks Bias

Indeks bias zat cair (n) merupakan ukuran kelajuan cahaya (v) di dalam zat cair dibanding ketika di udara (c), dan dinyatakan:

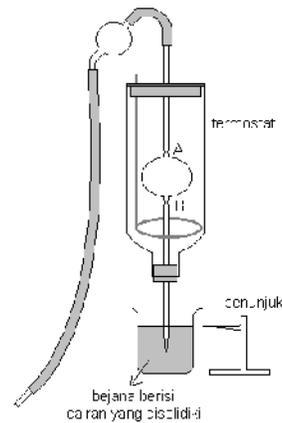
$$n = \frac{c}{v} \quad (3)$$

Artinya, bila v semakin kecil maka n semakin besar, dan disebut juga kerapatan optisnya lebih besar. Perubahan kelajuan cahaya dari c menjadi v berhubungan dengan perubahan arah rambat cahaya, dan itu disebut dengan pembiasan cahaya. Peristiwa ini digunakan sebagai dasar mengukur n zat cair dengan alat refraktometer ABEE.

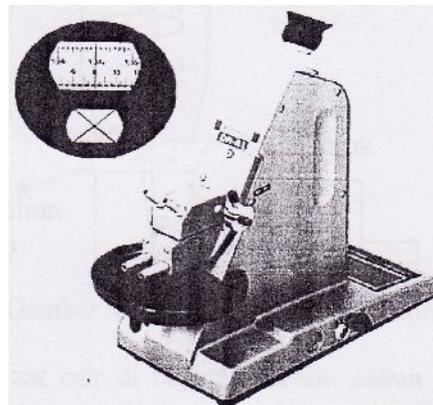
Topik penelitian ini, diyakini, masih orisinal setidaknya pada tingkat nasional. Itu penulis buktikan dengan membandingkannya terhadap hasil penelitian sejenis yang telah dihasilkan sebelumnya oleh sejumlah peneliti lain. Purwanto (1998) berhasil membuat sebuah viskosimeter untuk zat cair encer. Alat itu dibuat menggunakan sensor logam yang dilengkapi dengan mikrokontroler 89C51. Penelitian dilanjutkan oleh Qodar (2000), dengan metode pantulan internal cahaya, dan dibatasi untuk bahan cair berupa: air dan alkohol. Adapun Zainuri (2003) berhasil membuat transduser viskositas pada volume kecil. Informasi viskositas zat cair didasari keberadaan hukum Stokes, dan kelajuan putar magnet yang memberikan tegangan induksi. Dari ketiga penelitian di atas, tidak satupun penelitian yang berupaya menyetarakan antara η dengan n , dan menentukan η zat cair berdasarkan nilai n -nya. Pengukuran n (dengan refraktometer ABEE) dapat dilakukan dengan cepat, teliti, dan volume zat cair yang kecil (bisa kurang dari 1 cm³) sehingga dengan metode ini pengukuran η bisa dilakukan secara praktis dan efektif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan berupa larutan gula dan larutan garam, dan alat utama yang meliputi Viskosimeter Ostwald (Gambar 1), dan refraktometer ABEE (Gambar 2). Konsentrasi larutan gula dan garam divariasi antara 10 hingga 100%. Istilah konsentrasi larutan gula 100% adalah ketika larutan itu bermassa jenis 1,138 g/cm³, dan untuk larutan garam ketika berkonsentrasi 1,070 g/cm³. Adapun variasi konsentrasi gula dan garam dilakukan dengan pengenceran, melalui penambahan H₂O.



Gambar 1. Bagan viskosimeter Ostwald.



Gambar 2. Bagan refraktometer ABEE

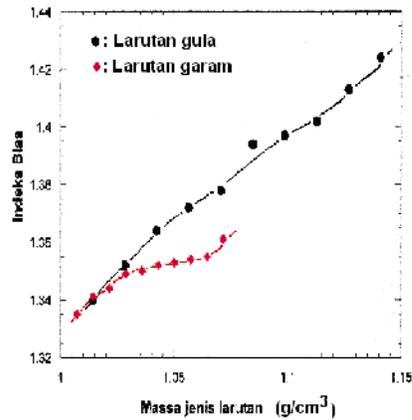
Berikutnya, pada kedua larutan itu dilakukan pengukuran viskositas dan indeks biasnya, dan itu terjadi pada suhu kamar (28 ± 2)°C. Pengukuran viskositas

dilakukan dengan mengukur waktu alir dari *A* ke *B* (Gambar 1) dan membandingkannya dengan zat cair acuan (H_2O , pada suhu yang sama). Tentunya, semakin besar viskositas larutan, semakin lama pula waktu yang diperlukan untuk mengalir pada jarak tempuh yang sama (dari *A* ke *B*). Adapun pengukuran indeks biasnya, dilakukan dengan mengambil sedikit setiap konsentrasi dan jenis larutan itu, dan kemudian berturut-turut ditaruh pada gelas sampel pada refraktometer ABEE. Dari pembacaan itu bisa diperoleh nilai indeks bias setiap jenis larutan dan setiap konsentrasi, pada suhu kamar.

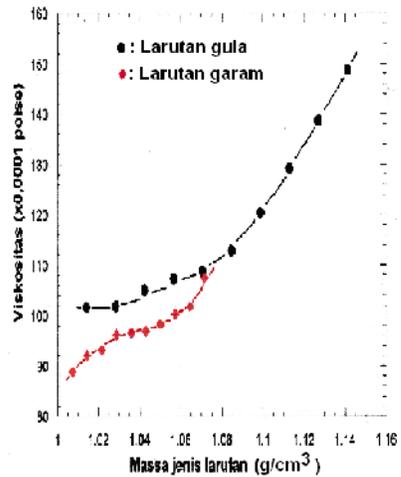
HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui langkah eksperimen di atas sehingga diperoleh nilai indeks bias sebagai fungsi konsentrasi larutan baik pada larutan gula maupun garam (Gambar 3). Selain itu diperoleh juga grafik viskositas sebagai fungsi konsentrasi larutan yang dinyatakan dalam parameter massa jenis larutan yang bersatuan gram/cm³ (Gambar 4). Kombinasi dari Gambar 3 dan 4 menghasilkan Gambar 5 berupa grafik hubungan antara viskositas (dalam orde 10⁻⁴ poise) terhadap indeks bias baik pada larutan gula dan juga larutan garam.

Gambar 3 memperlihatkan adanya hubungan (cenderung) sebanding antara indeks bias (*n*) sebagai fungsi massa jenis larutan (ρ). Besarnya angka kesebandingan dan kelakuannya berhubungan dengan jenis larutannya. Terlihat bahwa hubungan antara *n* terhadap ρ pada larutan gula lebih tajam dibanding larutan garam, sebab sebaran variasi ρ pada larutan gula juga lebih besar. Pola yang sama diperlihatkan



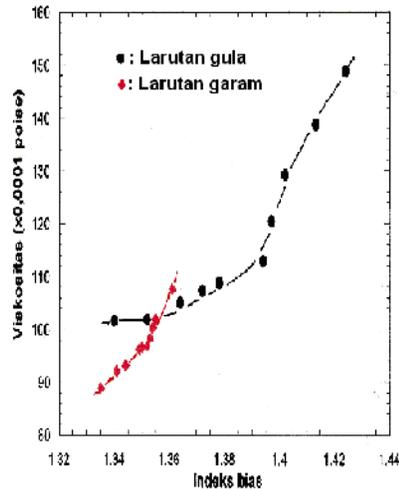
Gambar 3. Grafik indeks bias sebagai fungsi konsentrasi larutan



Gambar 4. Grafik viskositas sebagai fungsi konsentrasi larutan

Pada Gambar 4, dimana sebaran η larutan gula lebih besar dibanding larutan garam. Berhubung pola *n* terhadap ρ sama dengan η terhadap ρ , maka pada ρ yang sama dapat dicari pula hubungan η terhadap *n* (Gambar 5). Gambar 5 memperlihatkan bahwa hubungan η terhadap *n* pada larutan garam bersifat lebih peka dibanding pada larutan gula. Namun pada data eksperimen ini, larutan garam mempunyai sebaran ρ yang lebih

sempit dibanding larutan gula, sehingga sebaran η terhadap n juga lebih sempit.



Gambar 5. Grafik viskositas sebagai fungsi indeks bias larutan

Penampilan Gambar 5 memberi makna adanya kesetaraan empiris antara viskositas dengan indeks biasnya. Hubungan kesetaraan itu bergantung pada jenis larutannya. Artinya, berdasar Gambar 5 (pada kawasan massa jenis larutan yang sama) dapat dicari viskositas yang berdasar nilai indeks biasnya. Viskositas, sementara ini, masih merupakan besaran yang independen terhadap indeks bias. Namun, adanya grafik kesetaraan antara η terhadap n , sehingga bisa ditentukan η sebuah larutan berdasarkan hasil ukur n -nya. Pengukuran n dapat dilakukan dengan refraktometer ABEE secara cepat dan teliti serta pada volume sampel yang kecil (kurang dari 1 cm³). Cara ini dapat dipandang sebagai metode pengukuran η yang paling praktis dan efektif, dibanding metode lain yang telah ada selama ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Telah diperoleh hubungan kesetaraan antara viskositas dengan indeks bias larutan, pada 2 buah larutan uji (larutan gula, dan garam), dan

kesetaraan itu merupakan fungsi yang cenderung linear (Gambar 5) serta fungsi itu bergantung pada jenis larutannya.

Diharapkan penelitian ini dilanjutkan secara eksperimen dan teoritis. Secara eksperimen perlu dilanjutkan untuk beragam larutan yang lain dan dilakukan pada kawasan massa jenis larutan yang lebih lebar, dan pada sejumlah variasi suhu cairan. Secara teoritis, perlu dilakukan tinjauan teoritis tentang kesetaraan itu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terkait dengan selesainya penelitian ini, penulis ucapkan terimakasih kepada Saudara Junadi, dan Saudara Sriyanto (Teknisi Laboratorium Fisika Dasar, FMIPA UGM) atas bantuan sarana dan peralatannya sehingga penulis dapat melakukan eksperimen dengan lancar. Diucapkan terimakasih pula kepada institusi Laboratorium Fisika Dasar FMIPA UGM, atas ijin yang diberikan sehingga penulis dapat menggunakan fasilitas tersebut dengan sebaik-baiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purwanto, B., 1998: *Kajian Desain dan Pembuatan Alat Ukur Viskositas Cairan*, UGM, Yogyakarta
 - [2] Qodar, R., 2000: *Kajian Viskositas Air dan Alkohol sebagai Fungsi Indeks Bias dengan Metode Pantulan Total*, UGM, Yogyakarta
 - [3] Zainuri, 2003: *Studi Pembuatan Transduser Viskositas*, FMIPA UGM, Yogyakarta
- <http://www./indeks bias/refractometers>
http://www.ccitonline.com/mekanika/tiki-view_forum_thread.php?
<http://www.viscosity/Annual/Book of ASTM Standard>

