

PENGUKURAN INDEKS BIAS AIR DIWILAYAH PESISIR MENGGUNAKAN LASER He-Ne DAN PRISMA BERONGGA

MEASUREMENT OF REFRACTIVE INDEX OF WATER IN COASTAL AREA USING He-Ne LASER AND HOLLOW PRISM

Arlin Maya Sari^{1*}, Ucia Mahya Dewi², Tulus Setiawan¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Malikussaleh
Lhokseumawe Aceh, Indonesia

¹Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Malikussaleh
Lhokseumawe Aceh, Indonesia

*Email: arlin.ms@unimal.ac.id

Diterima: 17 Mei 2023. Disetujui: 29 Juli 2023. Dipublikasikan: 09 Agustus 2023

Abstrak: Eksperimen telah dilakukan untuk mengkaji indeks bias air sumur dengan menggunakan prinsip pembiasan berkas laser pada prisma berongga. Sampel air yang digunakan adalah air sumur yang diambil dari tiga wilayah pesisir Aceh, yaitu Tibang, Uleelheue dan Kaju. Air diambil dari 3 sumber air yang berbeda untuk setiap wilayah wilayah tersebut. Pengukuran awal dilakukan pada aquades (air terdistilasi) untuk melihat keakuratan dari penggunaan prisma berongga yang terbuat dari kaca komersial. Sampel air dimasukkan kedalam prisma berongga yang terbuat dari kaca komersial dengan sudut apit 45° . Berkas laser helium neon dengan panjang gelombang 564 nm diarahkan ke prisma berongga sehingga mengalami refraksi. Hasil pengukuran ditemukan bahwa indeks bias air yang diambil dari sumber air diwilayah pesisir memiliki indeks bias yang relatif tidak jauh berbeda. Hasil pengukuran pada sampel aquades diperoleh indeks bias 1,33, hasil tersebut sama dengan pengukuran dengan menggunakan alat refraktometer Abbe. Sementara pengukuran indeks bias air yang diambil dari tiga wilayah pesisir yaitu berkisar antara 1,341-1,349. Nilai indeks bias air juga dipengaruhi oleh tingkat kandungan mineral dan tingkat keasinan.

Kata Kunci : Indeks bias, Prisma Berongga, Air

Abstract: Experiments have been carried out to study the refractive index of well water using the principle of refraction of a laser beam on a hollow prism. The water samples used were taken from three coastal areas of Aceh, namely Tibang, Uleelheue, and Kaju. Water is taken from 3 different water sources for each area of the region. Initial measurements were made for distilled water to see the accuracy of using a hollow prism made of commercial glass. The water sample is inserted into a hollow prism made of commercial glass with an angle of 45° . The helium-neon laser beam with a wavelength of 564 nm is directed to the hollow prism so that it undergoes refraction. The measurement results on the distilled water sample obtained a refractive index of 1.33, the result is the same as the measurement using the Abbe refractometer. Meanwhile, the measurement results found that the refractive index of water taken from water sources in the coastal area has a relatively similar index of refraction. The refractive index of water taken from three coastal areas ranged from 1.341 to 1.349. The value of the refractive index of water is also affected by the level of mineral content and the level of saltiness.

Keywords : *refractive index, hollow prism, water*

PENDAHULUAN

Sebagian besar bumi terdiri dari air. Air merupakan zat cair yang sangat penting bagi kehidupan seluruh organisme yang ada di bumi. Hampir seluruh aktivitas manusia membutuhkan air. Sumber air dapat terdiri dari danau, sungai, waduk, sumur, dll. Di Indonesia, beberapa sumber air telah tercemar. Mulai dari cemaran sedang sampai cemaran berat [1]. Sebagian masyarakat di Aceh, memperoleh air dari sumur. Sumur gali merupakan salah satu sumber air bersih yang dimanfaatkan oleh masyarakat. Sumur gali dapat diartikan sebagai bangunan penyadap air atau pengumpul air tanah yang diperoleh dengan cara menggali. Sumur gali merupakan salah satu cara untuk mendapatkan air tanah yang sering dilakukan oleh masyarakat terutama masyarakat pedesaan karena proses

pembuatannya yang mudah dan dapat dilakukan oleh masyarakat itu sendiri dengan peralatan yang sederhana dan biaya yang murah [2].

Pemanfaatan air untuk kebutuhan sehari-hari membutuhkan air dengan kualitas yang baik. Air yang telah tercemar umumnya mengandung beberapa zat seperti magnesium, kalsium dan logam berat. Kualitas air dapat diuji secara fisika, kimia dan biologi. Salah satu parameter kualitas air secara fisika adalah kekeruhan yang dapat diuji melalui indeks bias [3]. Indeks bias merupakan ukuran kerapatan molekul-molekul dalam suatu zat [4]. Indeks bias diukur dengan membandingkan kecepatan cahaya dari suatu medium ke medium lainnya. Indeks bias adalah kuantitas fisik dasar untuk menunjukkan sifat optik bahan. Sementara itu, indeks bias juga terkait dengan banyak besaran fisik

lainnya, seperti jalur optik, sudut bias, permitivitas dan permeabilitas relatif, impedansi gelombang dan sejenisnya. Berbagai parameter fisik material lainnya dapat diperoleh melalui pengukuran indeks biasnya. Secara khusus, pengukuran indeks bias cairan biasanya dibutuhkan, karena dapat memberikan beberapa informasi penting dalam fisika dan biokimia, seperti komposisi dan konsentrasi larutan [2] dan tingkat salinitas pada air [3]. Selain sebagai parameter kualitas, informasi tingkat salinitas air di suatu daerah juga berguna di bidang teknik dan konstruksi.

Ada banyak cara untuk mengukur indeks bias yang telah dikembangkan. Pengukuran indeks bias dapat diklasifikasikan sebagai berikut: optik geometris, optik gelombang, dan metode penginderaan serat optik. Metode pengukuran optik geometris [4] dirancang sesuai dengan hukum pembiasan cahaya [9], [10], termasuk metode sudut kritis pemantulan total [11], [12], metode V-prisma, dan metode sudut defleksi kritis. Refraktometer Abbe [13] yang paling umum digunakan didasarkan pada prinsip pemantulan total dalam optik geometris, dan hasil pengukurannya diakui sebagai standar dalam mengukur indeks bias cairan transparan dan tembus cahaya. Indeks bias air dapat diukur dengan menggunakan refraktometer. Namun peralatan ini tidak sederhana dan dijual dengan harga yang relatif mahal. Peralatan konvensional untuk mengukur indeks bias cairan umumnya hanya tersedia di lembaga dan laboratorium tertentu yang didukung dengan pendanaan dan sumber daya manusia yang memadai. Hal ini tentu dapat menjadi penghambat jika digunakan untuk pengujian indeks bias air dengan jumlah sampel yang banyak. Oleh karena itu, pemilihan alat ukur indeks bias sederhana sangat dibutuhkan.

Beberapa instrumen lain untuk mengukur indeks bias zat cair telah dikembangkan, diantaranya yaitu sistem optoelektronik portabel [14], sistem penghitung foton tunggal berkorelasi waktu [15] dan beberapa instrumen lainnya [16]. Prinsip dan alat ukur yang digunakan dalam instrumen tersebut cukup sederhana, namun instrumen ini membutuhkan rangkaian yang tidak sederhana dan detektor yang tidak semua orang dapat memiliki dan menggunakan dengan mudah.

Instrumen sederhana untuk mengukur indeks bias cairan lainnya dengan menggunakan prisma berongga (*Hollow prism*) komersial dan laser telah dikembangkan [17], [18]. Prisma berongga merupakan perangkat optik yang dibuat dari gelas paralel atau lembaran kaca kemudian dibentuk menjadi sebuah bangun prisma segitiga di mana bagian tengah prisma tersebut berupa rongga kosong dengan sudut apit (*apex angle*) prisma dan sudut kaki tertentu. Dengan menggunakan perangkat sederhana ini, pengukuran beberapa cairan telah dilakukan seperti air terdistilasi dan minyak goreng [19]. Penggunaan prisma berongga dengan sudut apex 45° memberikan hasil pengukuran dengan keakuratan

yang tinggi dan mendekati hasil pengukuran menggunakan refraktometer abbe [17][17]. Instrumen ini juga sangat sederhana dimana hanya menggunakan prisma berongga dan laser untuk memperoleh hasil pengukuran indeks bias. Prinsip kerja dari alat ukur ini menggunakan hukum snellius pada prisma dimana semua orang dapat dengan mudah mempelajarinya. Hasil pengukuran indeks bias dengan menggunakan metode ini diperoleh berdasarkan pembiasan berkas laser ketika melewati fluida yang ada didalam prisma berongga [20], [21]. Untuk itu, dalam penelitian ini akan digunakan prinsip pengukuran prisma berongga untuk mengukur indeks bias air sumur di wilayah Banda Aceh dan Aceh Besar.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Sampel yang digunakan adalah sampel air yang diambil dari tiga wilayah pesisir yaitu uleelheue (Banda Aceh), Tibang (Banda Aceh), dan Kaju (Aceh Besar). Sampel air di ambil dari sumber air sumur warga dengan masing-masing wilayah diambil tiga titik. Total sampel air sumur yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sembilan sampel.

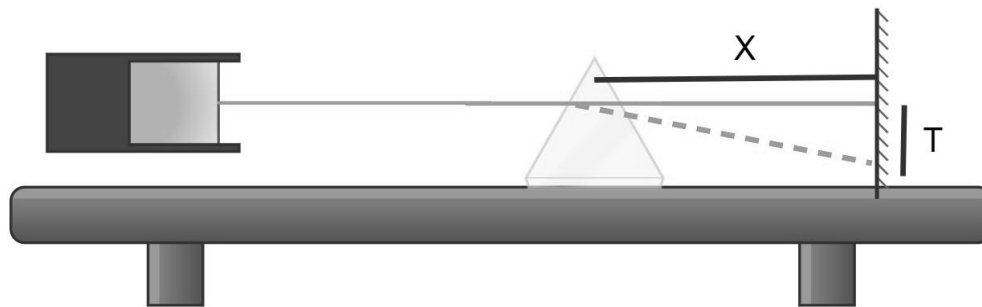
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah prisma berongga dan laser. Prisma berongga dibuat dari kaca komersial biasa dan dibuat membentuk prisma dengan sudut apit (*apex angle*) 45° . Ketebalan dari kaca komersial tersebut adalah 2 mm. kaca komersial yang biasa yang umumnya dipakai untuk membuat jendela atau pintu di potong dengan dimen 7.5 cm x 6 cm sebanyak 3 lembar dan segitiga dengan panjang sisi 7.5 cm. Kaca tersebut direkatkan menggunakan perekat sehingga terbentuk prisma berongga. Salah satu sisi kaca diberi lubang kecil yang berfungsi untuk memasukkan sampel cairan.

Laser yang digunakan dalam eksperimen ini adalah laser Helium Neon dengan panjang gelombang 564 nm. Pada panjang gelombang tersebut cahaya laser berwarna hijau. Laser ini berfungsi sebagai sumber cahaya yang akan ditinjau refraksinya.

Pengujian sampel diawali dengan pengukuran air murni aquades atau air terdistilasi. Tahap awal pengukuran dilakukan dengan mencatat titik acuan dari prisma berongga tanpa sampel (kosong). Prisma berongga diletakkan pada jarak tertentu terhadap layar. Dalam eksperimen ini jarak antara prisma berongga dengan layar adalah 85 cm. Kemudian posisi laser diatur sehingga berkas laser melewati prisma berongga yang kosong tersebut. Tandai titik berkas laser pada layar. Selanjutnya, sampel air dimasukkan kedalam prisma berongga. Untuk menghitung nilai indeks bias air, berkas laser diarahkan melewati sampel dalam prisma berongga dan posisi berkas laser dilayar ditandai. Jarak antara titik berkas laser yang melalui prisma berongga yang kosong dengan titik berkas laser yang melalui prisma

berongga yang berisi sampel air di tandai sebagai titik T. Susunan dan pengambilan data sudut deviasi dari pembiasan berkas laser dapat dilihat pada gambar 2. Selanjutnya, dilakukan pengukuran indeks

bias pada sampel air sumur. Proses pengukuran yang diterapkan sama dengan proses pada sampel air terdistilasi.



Gambar 1. Skema pengukuran indeks bias sampel air dengan menggunakan prisma berongga

Pengukuran indeks bias dilakukan dengan mengukur sudut deviasi minimum d_m , dari berkas cahaya melewati prisma dan sudut apit A dari prisma seperti yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2} (d_m + A)}{\sin \frac{1}{2} A}$$

Dengan n adalah indeks bias fluida yang diukur, d_m sudut deviasi minimum dan A adalah sudut apit prisma (sudut apex).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran indeks bias air sumur di wilayah pesisir diukur dengan menggunakan prisma berongga yang merupakan instrumen sederhana dan murah. Prisma berongga dibuat dari kaca komersial biasa yang umumnya digunakan untuk kebutuhan produksi jendela atau pintu. Prisma berongga dibuat dengan sudut apit 45° dan ketebalan kaca 2 mm. Pengukuran indeks bias dengan menggunakan metode prisma berongga ini diperoleh dengan mengukur sudut pembiasan sinar laser atau dikenal juga dengan sudut deviasi minimum. Sudut deviasi minimum diperoleh dari rumus Pythagoras yaitu:

$$d_m = \sin^{-1} \frac{T}{P}$$

dan

$$P = \sqrt{x^2 + T^2}$$

T merupakan jarak pergeseran berkas laser ketika prisma kosong dan ketika prisma diisi sampel. x adalah jarak sampel ke titik acuan atau layar.

Tabel 1. Indeks bias sampel air terdistilasi (Aquadess)

Sampel	Indeks Bias
Aquadess 1	1.336
Aquadess 2	1.336
Aquadess 3	1.335

Tabel 1 merupakan hasil pengukuran untuk sampel air terdistilasi (aquadess). Pengukuran dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Sampel diletakkan sejauh 85 cm terhadap layar. Hasil pengukuran dengan menggunakan prisma berongga dengan kaca komersial biasa menunjukkan hasil yang sangat mendekati dengan nilai indeks bias air murni. Nilai ini juga mendekati hasil pengukuran indeks bias aquadess dengan menggunakan refraktometer abbe, dimana diperoleh nilai 1.3309 [17].



Gambar 2. Proses pengukuran indeks bias air menggunakan prisma berongga

Tabel 2. Hasil pengukuran Indeks bias air sumur di wilayah pesisir

Sampel	Indeks Bias
Ulee Lheue 1	1.341
Ulee Lheue 2	1.342
Ulee Lheue 3	1.342
Tibang 1	1.341
Tibang 2	1.344
Tibang 3	1.344
Kajhu 1	1.346
Kajhu 2	1.349
Kajhu 3	1.346

Tabel 2 merupakan hasil pengukuran indeks bias air yang diambil di tiga daerah yaitu Ulee Lheue, Tibang dan Kajhu dengan tiga titik berbeda untuk masing-masing wilayah. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui indeks bias air di wilayah kajhu memiliki

indeks bias yang lebih besar dibandingkan kedua wilayah lainnya yaitu Ulee Lheue dan Tibang. Indeks bias atau indeks refraksi merupakan ukuran pembelokan cahaya ketika melewati suatu medium kemedium lainnya. Indeks bias air dipengaruhi oleh molekul yang terkandung didalam air tersebut. Air mengandung banyak mineral memiliki indeks bias yang lebih besar dibandingkan air terdistilasi. Indeks bias yang tinggi juga dapat disebabkan oleh tingkat kekeruhan air tersebut.

Salinitas atau tingkat kandungan garam dalam air juga mempengaruhi nilai indeks bias. Air dengan tingkat salinitas yang tinggi memiliki nilai indeks bias yang tinggi pula [15]. Jika ditinjau dari salinitas, maka air sumur diwilayah kajhu memiliki tingkat salinitas yang lebih tinggi dibandingkan Ulee Lheue dan Tibang.

KESIMPULAN

Pengukuran salinitas sangat penting untuk banyak bidang industri, seperti pemantauan lingkungan laut, prediksi iklim musiman dan budidaya laut. Selain itu, informasi tingkat salinitas juga bermanfaat untuk pemantauan kualitas sumber daya air [7].

Prisma berongga (*Hollow Prism*) yang terbuat dari kaca komersial biasa telah digunakan untuk mengukur indeks bias air sumur ditiga wilayah pesisir Aceh. Prisma berongga dibuat dari kaca dengan ketebalan 2 mm dan sudut apit 45° . Hasil pengukuran terhadap sampel aquades menunjukkan nilai yang mendekati dengan nilai indeks standar refraksi air murni yaitu 1.33. Pada penelitian ini diperoleh hasil pengukuran indeks bias aquades sebesar 1.335. sebagaimana teori dan hasil penelitian terdahulu, indeks bias daat menunjukkan tingkat salinitas dari sumber air. Dari tiga wilayah pengambilan sampel diperoleh hasil indeks bias air untuk wilayah kajhu memiliki nilai refraksi yang lebih tinggi yaitu berkisar 1.346-1.349.

Untuk penelitian selanjutnya prisma berongga yang terbuat dari kaca komersial dapat digunakan untuk pengukuran salinitas air melalui indeks bias.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Samekto, C., & Winata, E. (2016). *Potensi Sumber Daya Air di Indonesia*.
- [2] Bahagia, Yunita, I., & Ruslin. (2018). Analisa Kualitas Air Sumur Pemukiman Kumuh Gampong Beurawe Kota Banda Aceh. *Serambi Engineering, III*(Edisi Khusus), 285–291.
- [3] Anggeraeni, R. W., Rachma, A. J., Ustati, R. T., & Astuti, I. A. D. (2020). Analisis Kualitas Air Sungai Ciliwung ditinjau dari Parameter pH dan Kekeruhan Air Berbasis Logger Pro. *Pro s i d i Ng S Emi Na r Na s i o n a l S a i n s Analisis*, 1(1), 29–38. <http://proceeding.unindra.ac.id/index.php/sinasis/article/view/4012/610>
- [4] Croccolo, F., Arnaud, M.-A., Bégué, D., & Bataller, H. (2011). Concentration dependent refractive index of a binary mixture at high pressure. *The Journal of Chemical Physics*, 135(3), 034901. <https://doi.org/10.1063/1.3610368>
- [5] Huang, M., Sun, C., Qin, H., & Jiang, Z. (2023). Measurement of liquid refractive index by quantitative phase reconstruction of single frame dual-wavelength digital hologram. *Measurement*, 206, 112325. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.112325>
- [6] Jericho, M. H., Kreuzer, H. J., Kanka, M., & Riesenberger, R. (2012). Quantitative phase and refractive index measurements with point-source digital in-line holographic microscopy. *Applied Optics*, 51(10), 1503. <https://doi.org/10.1364/AO.51.001503>
- [7] Zhao, Y., Zhang, B., & Liao, Y. (2003). Experimental research and analysis of salinity measurement based on optical techniques. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 92(3), 331–336. [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(03\)00292-2](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(03)00292-2)
- [8] Yin, G., Lou, S., & Zou, H. (2013). Refractive index sensor with asymmetrical fiber Mach–Zehnder interferometer based on concatenating single-mode abrupt taper and core-offset section. *Optics & Laser Technology*, 45, 294–300. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2012.06.032>
- [9] Jiménez-Márquez, F., Vázquez, J., Úbeda, J., & Sánchez-Rojas, J. L. (2014). High-resolution low-cost optoelectronic instrument for supervising grape must fermentation. *Microsystem Technologies*, 20(4–5), 769–782. <https://doi.org/10.1007/s00542-013-2033-3>
- [10] Tengesdal, Ø. A., Hauge, B. L., & Helseth, L. E. (2014). Electromagnetic and Optical Methods for Measurements of Salt Concentration of Water. *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, 06(06), 130–139. <https://doi.org/10.4236/jemaa.2014.66013>
- [11] Guo, W., Li, R., Yu, L., Chen, J., Xia, M., Li, W., & Yang, K. (2019). Self-referenced technology for refractive index measurement under mechanical vibration and temperature fluctuation. *Applied Optics*, 58(7), 1862. <https://doi.org/10.1364/AO.58.001862>
- [12] Ye, J., Yang, K., Liu, H., Dai, J., Guo, W., Li, W., & Xia, M. (2015). Expand the measurement range of a critical angle refractometer by a centroid method for transparent fluids. *Optics & Laser Technology*, 65, 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2014.07.013>
- [13] Liu, H., Yang, K., Guo, W., Dai, J., Ye, J., Li, W., & Xia, M. (2013). *An experimental calibration method for digital Abbe refractometer* (J. Ohta, N. Wu, & B. Li (eds.); p. 89081Z). <https://doi.org/10.1117/12.2034682>

- [14] Jiménez-Márquez, F., Vázquez, J., Úbeda, J., & Sánchez-Rojas, J. L. (2013). Low-cost and portable refractive optoelectronic device for measuring wine fermentation kinetics. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 178, 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2012.12.091>
- [15] Mulyawan, R. G., & Hakimi, A. R. (2019). *Simple Application of Time Correlated Single Photon Counter of Picosecond Pulsed Laser to Measure Refractive Index of Saline Solution*. 09(02), 105–113. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v9n2.p105>
- [16] Li, J., Qu, H., & Skorobogatiy, M. (2015). Simultaneous monitoring the real and imaginary parts of the analyte refractive index using liquid-core photonic bandgap Bragg fibers. *Optics Express*, 23(18), 22963. <https://doi.org/10.1364/OE.23.022963>
- [17] Idris, N, Maswati, & Yusibani, E. (2018). Influence of the apex angle of a hollow prism made from an ordinary commercial glass plate as a simple refractometer to the accuracy of the refractive index measurement of the edible oil. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 352, 012045. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/352/1/012045>
- [18] Idris, Nasrullah. (2017). Pengembangan Alat Ukur Indeks Bias Menggunakan Prisma Berongga dari Lembaran Kaca Komersial Biasa dan Laser He-Ne untuk Pengujian Kualitas Minyak Goreng. *Risalah Fisika*, 1. <https://doi.org/10.35895/rf.v1i2.45>
- [19] Nasir, M. (2020). Perbandingan Kualitas Minyak Sawit Bermerk dan Minyak Kelapa Menggunakan Parameter Viskositas dan Indeks Bias. *Sainstek: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 12(2), 36. <https://doi.org/10.31958/js.v12i2.2470>
- [20] Peter J. Nolan. (2005). Fundamentals of College Physics, Vol. 1, 5th Updated Edition. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*.
- [21] Sharma, K. (2006). *Optics Principles and Applications* (1st ed.). Academic Press. <https://www.elsevier.com/books/optics/sharma/978-0-12-370611-9>