Rancang Bangun Alat Penghitung Indeks Bias Cairan Sistem Prisma Otomatis

Joshua Dwi Prasetyo[1,a)], Rifqi Alfi Muhani[1,b)], Renato Eka Sakti Fauzi[1,c)] dan Hendro[1,d)]

[1]Laboratorium Elektronika,
Kelompok Keilmuan Fisika Teoretik Energi Tinggi dan Instrumentasi,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

[a)] artjo26@gmail.com
[b)] alfi.rifqi@gmail.com
[c)] renato_fauzi@gmail.com
[d)] hendro@fi.itb.ac.id

Abstrak

Indeks bias adalah suatu definisi dari perbandingan antara kecepatan rambat gelombang cahaya pada keadaan vakum terhadap suatu medium yang dilewatinya tersebut. Pembiasan adalah suatu pembelokan dari gelombang ketika gelombang memasuki medium yang berbeda. Pada penelitian ini, kami merancang bangun suatu alat pengukur indeks bias cairan otomatis yang terdiri dari moto stepper, ldr, wadah berupa prisma, mikrontroler, dan dioda laser. Alat ini digunakan untuk mengukur sudut deviasi pada bahan yang terdapat pada prisma. Kalibrasi alat dilakukan untuk mengetahui hubungan linear antara sudut deviasi dengan indeks bias, kemudian dari persamaan yang didapatkan tersebut, dihitung indeks bias bahan lain. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa hasil eksperimen memiliki nilai lebih dekat dibandingkan pendekatan teoretis yang menggunakan asumsi satu bahan saja. Selain itu, didapatkan kesimpulan bahwa indeks bias berbanding lurus dengan sudut deviasi dan konsentrasi bahan.

Kata-kata kunci: Indeks bias, otomatis, prisma, sudut deviasi, konsentrasi bahan

Pendahuluan

Indeks bias dapat didefinisikan sebagai perbandingan kecepatan rambat gelombang cahaya pada vacum (c) dengan kecepatan rambat gelombang cahaya pada medium (co) tersebut [1]:

$$n = \frac{c}{c_o} \tag{1}$$

Pembiasan adalah suatu pembelokan dari gelombang ketika ia memasuki medium yang berbeda sehingga kecepatan rambat gelombang tersebut berbeda. Ketika pembiasan terjadi dari medium tertentu menuju medium yang lebih rapat, maka gelombang tersebut akan terbelokkan menuju garis normal.

Pada penulisan *paper* ini, kami merancang suatu alat yang dapat menentukan indeks bias dengan menggunakan hubungan linear yang ditemukan antara sudut deviasi pada alat (dengan prisma) dengan indeks bias. Alat tersebut dikalibrasi dengan menggunakan nilai referensi yang ada, kemudian digunakan untuk menentukan indeks bias larutan lain.

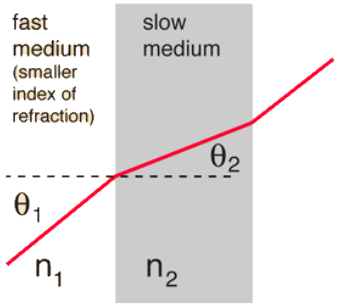
Dasar Teori

ISBN: 978-602-61045-4-0

Hukum Snellius

Hukum Snellius adalah salah satu hukum yang dapat menghubungkan kedua nilai indeks bias dari medium yang berbeda tersebut. Hubungan indeks bias dan sudut gelombang cahaya yang datang terhadap garis normal pada dua medium diberikan oleh persamaan:

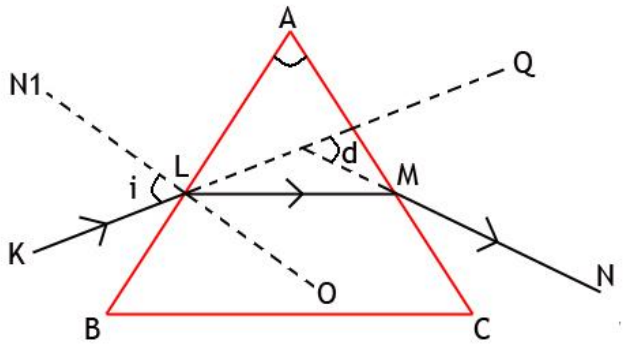
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} \tag{2}$$



Gambar 1. Hukum Snellius [1]

Hukum Snellius pada Prisma

Pada prisma segitiga sama sisi, skema pembiasannya adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Skema pembiasan pada prisma [2]

Dengan memisalkan prisma merupakan material yang terdiri dari satu bahan saja dan lingkungan di luar prisma merupakan udara dengan indeks bias bernilai 1, maka didapat perumusan [2]:

$$n = \frac{\sin\frac{(A+d)}{2}}{\sin\frac{A}{2}} \tag{3}$$

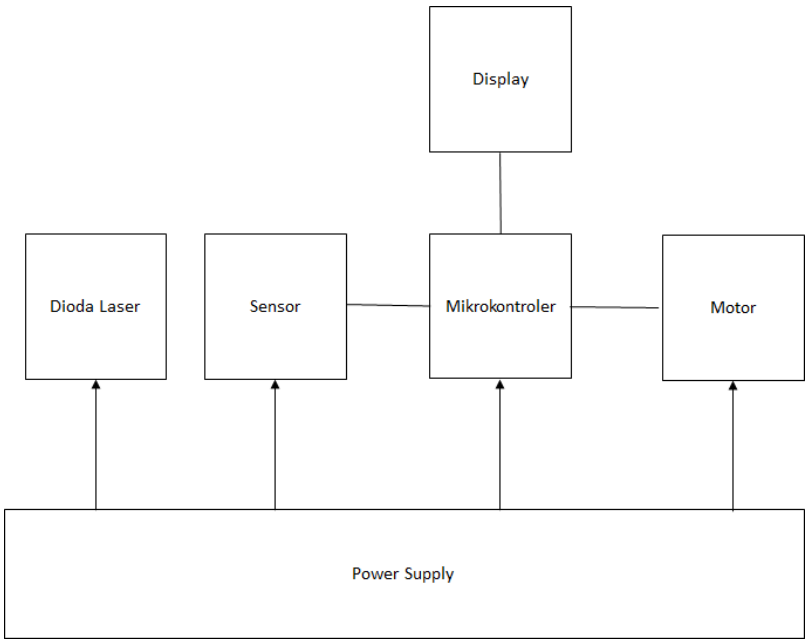
dengan A adalah sudut segitiga pada prisma dan d adalah besar sudut deviasi.

Rancang bangun alat

Blok Diagram dan Skema Alat

ISBN: 978-602-61045-4-0

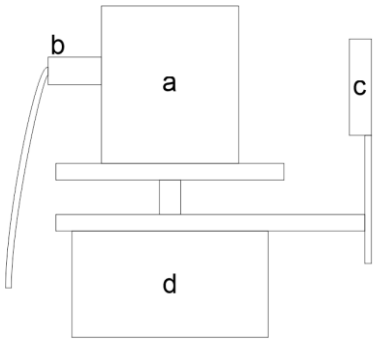
Alat yang dibangun memiliki blok diagram sebagai berikut:



Gambar 3. Blok Diagram Alat

Mikrokontroller yang ada tersebut dihubungkan dengan suatu *stepper* motor yang telah dipasangkan dengan suatu wadah untuk menampung cairan. Wadah yang ada akan diputar sesuai dengan perputaran dari motor tersebut untuk menyesuaikan pembiasan yang terjadi agar cahaya yang terbiaskan tersebut dapat mengenai bagian dari LDR (*Light Dependent Resistor*) yang berada di sisi lain dari sumber cahaya. Indeks bias yang dimiliki oleh bahan akan ditentukan dengan melihat seberapa besar perputaran yang digunakan dari motor untuk dapat menyesuaikan cahaya yang ada agar mengenai LDR.

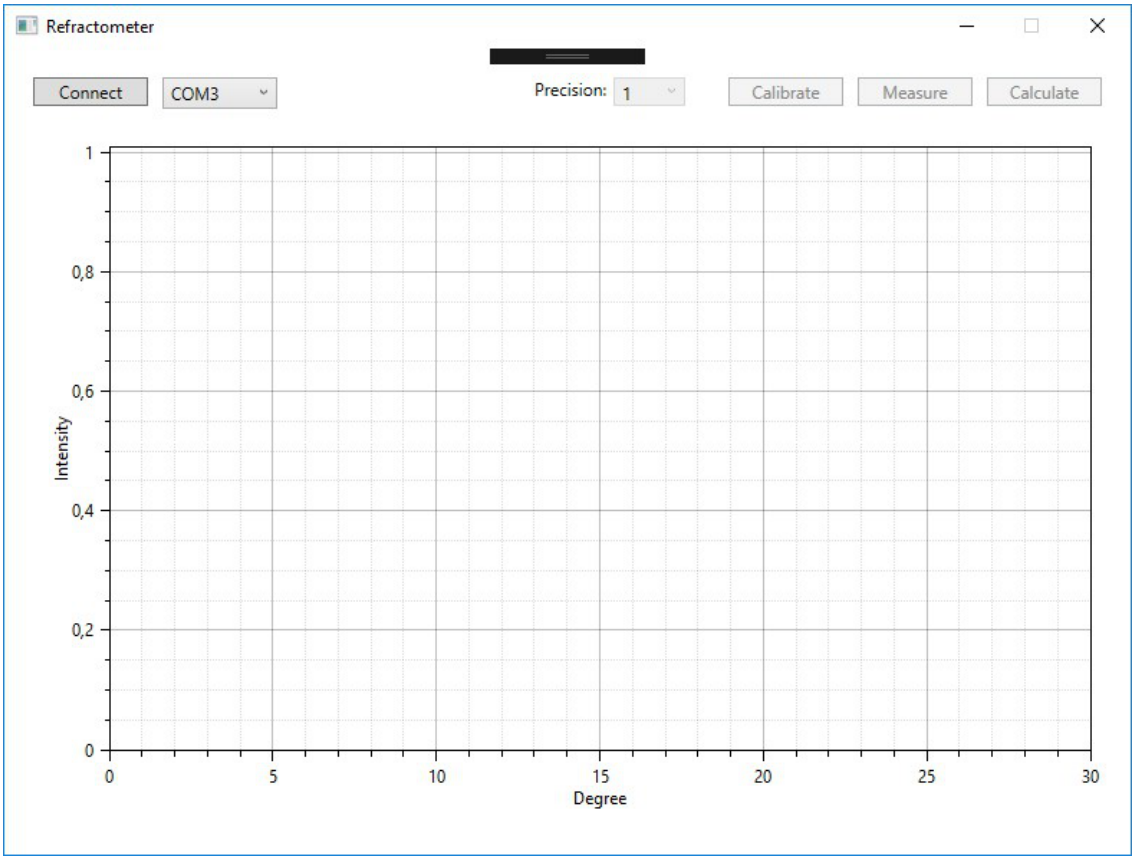
Berikut adalah skema dari alat yang ada dengan (a) wadah (b) sumber cahaya/laser (c) *receiver*/LDR (d) *motor stepper*:



Gambar 4. Skema dari alat yang ada dengan (a) wadah (b) sumber cahaya/laser (c) *receiver*/LDR (d) *motor stepper*.

Selain itu dibuat juga suatu program menggunakan visual studio sebagai interface dari mikrokontroler pada komputer untuk mengukur nilai yang terbaca dari *receiver* yang menyesuaikan dengan besar step motor yang diberikan pada alat.

ISBN: 978-602-61045-4-0



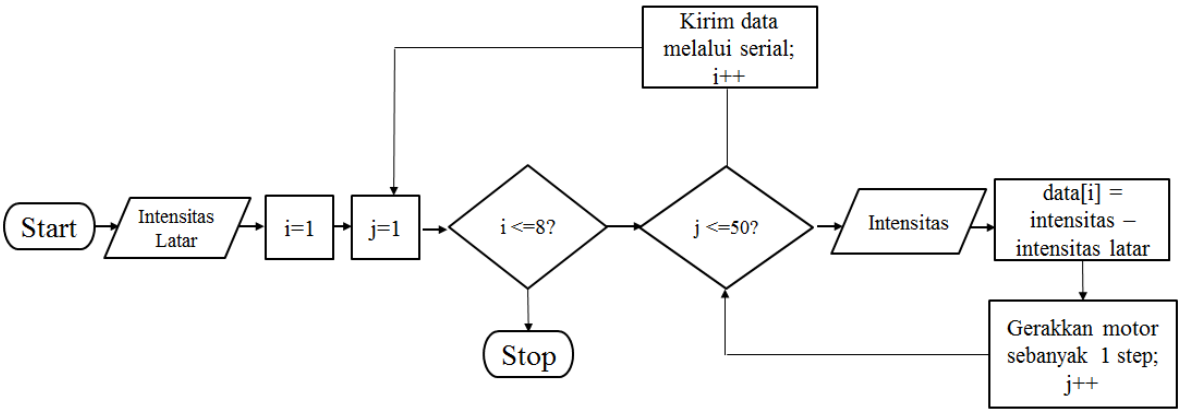
Gambar 5. Bentukan *interface* dari program yang ada

Gambar 6. Alat yang dirancang bangun

Algoritma Pemograman Alat

Algoritma pemograman alat yang diberikan adalah sebagai berikut:

ISBN: 978-602-61045-4-0



Gambar 7. Algoritma pemograman alat

Program akan mengukur intensitas latar terlebih dahulu, kemudian dengan melakukan 2 *loop*, program akan menghitung intensitas yang terukur oleh LDR. Data yang diperoleh adalah selisih antara intensitas dengan intensitas latar. Pada setiap selesai pengambilan data, motor akan digerakkan sebanyak 1 *step* (0.176^0). Setelah selesai melakukan pengukuran, data akan dikirimkan melalui serial. Data dikirimkan setiap kelipatan 50 supaya tidak memenuhi memori mikrokontroler. Total data yang diambil sebanyak 400 data.

Hasil perhitungan dan perbandingan dengan data referensi

Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah kalibrasi deviasi sudut dengan data indeks bias dari larutan gula dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Setelah diperoleh deviasi sudut pada tiap konsentrasi maka kemudian disesuaikan dengan nilai index bias dari referensi yang ada untuk menentukan fungsi transfer yang akan digunakan untuk menentukan nilai index bias selanjutnya.

Tabel 1. Nilai referensi indeks bias dari larutan gula [3]

Konsentrasi (%)	n
0	1.333
10	1.3479
20	1.3639
30	1.3811
40	1.3997
50	1.42
60	1.4418

Spesifikasi massa air dan gula untuk pembuatan sampel tiap konsentrasi:

Tabel 2. Spesifikasi nilai massa air dan massa gula pada sampel tiap konsentrasi

Konsentrasi(%)	Air (g)	Gula (g)
10	9	1
20	9	2.25
30	9	3.857143
40	9	6
50	9	9
60	9	13.5

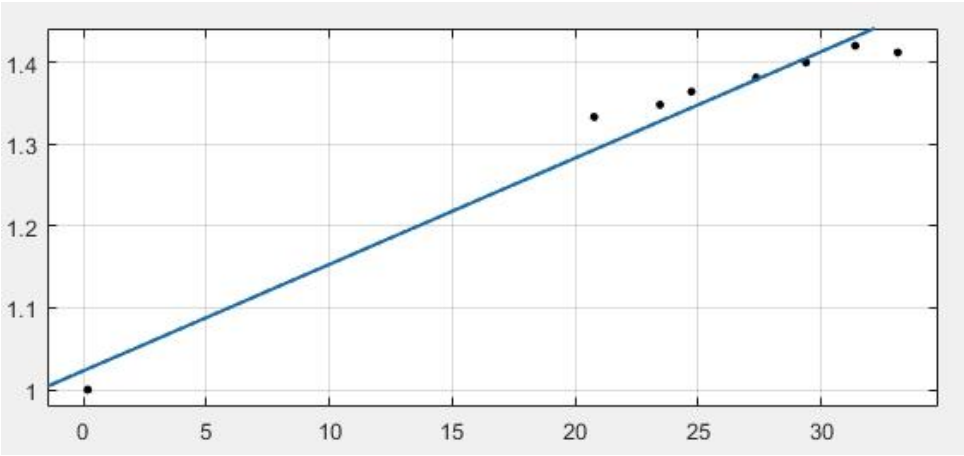
ISBN: 978-602-61045-4-0

Neraca yang digunakan merupakan neraca bermerk *Fujitsu High Precision Balance*. Dengan melakukan pengukuran untuk masing-masing sampel diperoleh besar deviasi sudut seperti berikut:

Tabel 3. Besar deviasi sudut yang diperoleh dengan variasi jenis (dan konsentrasi bahan)

Jenis bahan	Deviasi sudut (◦)	Index Bias ref
Udara	0.17	1
Larutan 0%	20.77	1.333
Larutan 10%	23.45	1.3479
Larutan 20%	24.73	1.3639
Larutan 30%	27.36	1.3811
Larutan 40%	29.39	1.3997
Larutan 50%	31.397	1.42
Larutan 60%	33.123	1.4418

Dari data deviasi sudut diatas maka akan diperoleh bahwa fungsi transfer untuk nilai index bias terhadap deviasi sudut adalah:



Gambar 9. Kurva hasil *fitting*

```
Linear model Poly1:
   f(x) = p1*x + p2
Coefficients (with 95% confidence bounds):
     p1 =    0.01299  (0.01044, 0.01553)
     p2 =      1.023  (0.9576, 1.089)

Goodness of fit:
  SSE: 0.004919
  R-square: 0.9629
  Adjusted R-square: 0.9567
  RMSE: 0.02863
```

Gambar 10. Hasil *fitting*

$$y = 0.01299x + 1.023 \tag{4}$$

dengan y adalah indeks bias dan x adalah deviasi sudut (dalam derajat).

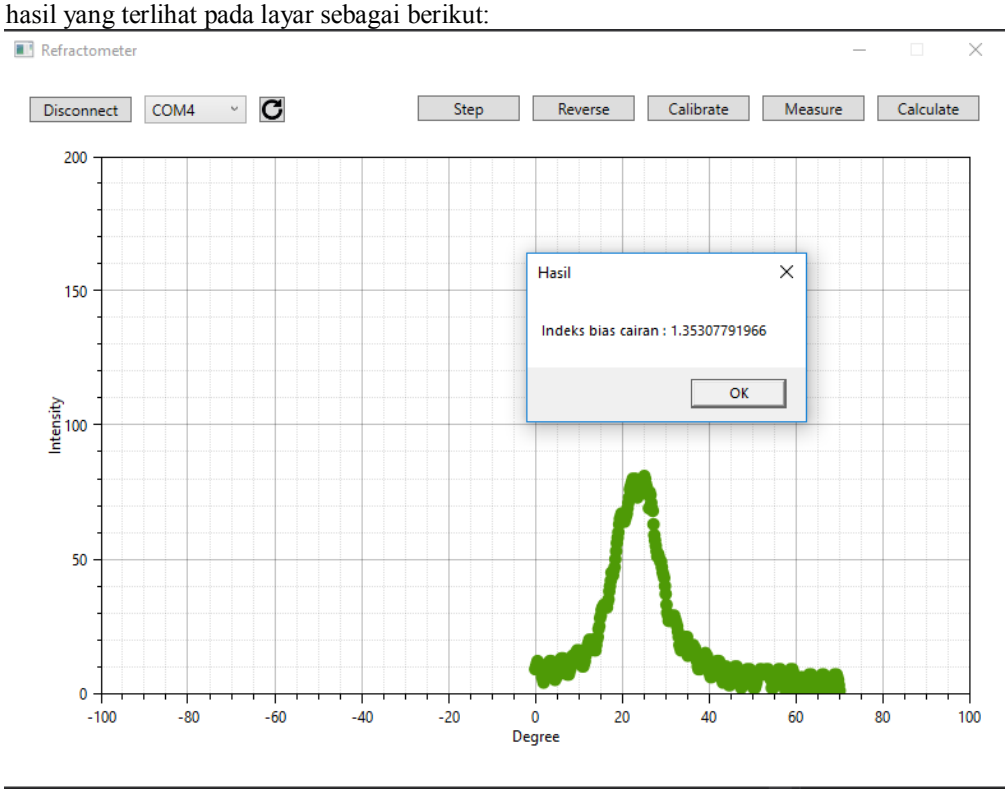
ISBN: 978-602-61045-4-0

Kami mengambil data berupa air mineral, larutan garam dengan konsentrasi 10% (3 gram dalam 30 ml air) dan 20% (3 gram dalam 15 ml air), maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Perbandingan nilai referensi dengan perhitungan teoretis dan observasi

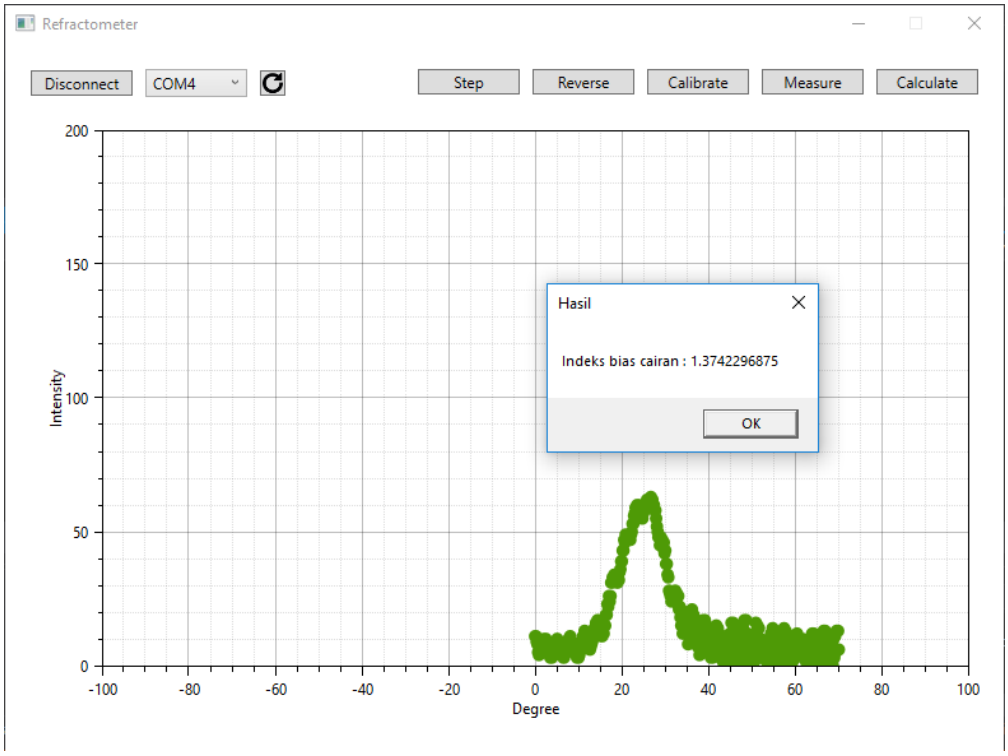
Jenis bahan	Sudut deviasi(^{0})	Perhitungan Teoretis	Hasil pengamatan	Nilai referensi [4]	Galat Teoretis(%)	Galat Observasi (%)
Air mineral	25.40	1.356	1.353	1.333	1.725431	1.500375
Larutan garam 10%	27.02	1.377	1.374	1.346	2.30312	2.080238
Larutan garam 20%	27.40	1.382	1.379	1.361	1.542983	1.322557

Dan hasil yang terlihat pada layar sebagai berikut:

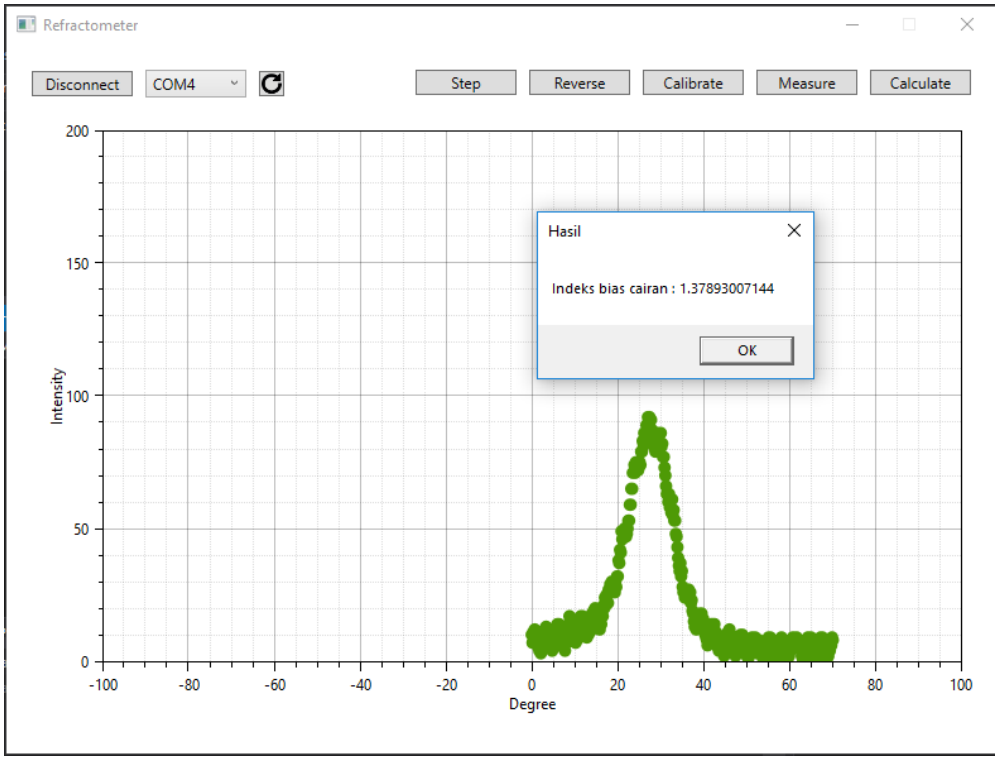


Gambar 11. Hasil pengamatan untuk air mineral

ISBN: 978-602-61045-4-0



Gambar 12. Hasil pengamatan untuk larutan garam 10%



Gambar 12. Hasil pengamatan untuk larutan garam 20%

Dapat dilihat bahwa hasil pengamatan lebih mendekati nilai referensi dibandingkan pendekatan teoretis. Hal ini disebabkan oleh asumsi 1 bahan yang dilakukan oleh pendekatan teoretis, padahal terdapat juga bagian kaca prisma, sehingga bahan yang harusnya dianalisis adalah 2, yaitu bahan yang ditinjau dan bagian kaca prisma.

ISBN: 978-602-61045-4-0

Selain itu, dapat dilihat bahwa besar sudut deviasi, untuk sudut datang yang tetap, berbanding lurus dengan indeks bias bahan. Dapat dilihat juga bahwa semakin besar konsentrasi bahan, maka indeks bias untuk bahan yang sama pun semakin besar.

Kesimpulan

Metoda perhitungan indeks bias cairan sistem prisma otomatis memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan pendekatan teoretis. Selain itu, didapatkan kesimpulan berupa sudut deviasi, untuk sudut datang yang tetap, berbanding lurus dengan indeks bias bahan serta konsentrasi bahan berbanding lurus dengan indeks bias untuk bahan yang sama.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini.

Referensi

1. Refraction of Light [Online]. Tersedia: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/geoopt/refr.html [Diakses 26 April 2018]
2. amrita.olabs.edu.in,. (2016). Refraction through a Prism. Diunduh 7 May 2018, tersedia di amrita.olabs.edu.in/?sub=1&brch=6&sim=246&cnt=1
3. Manual for Sugar Solution Prism. tersedia: https://www.frederiksen.eu/ fileadmin/user_upload/PDF/Export_Manuals/545920_AE_sugarsolution.pdf [Diakses 26 April 2018]
4. U.V. Biradar and S.M. Dongarge, “Refractive Index of Salt (NaCl) from Aquous Solution”, International Journal of Computer & Mathematical Sciences IJCMS ISSN 2347 – 8527 Volume 4, Issue 12 December 2015

ISBN: 978-602-61045-4-0