



Rancang Bangun Alat Praktikum Penentuan Indeks Bias Zat Cair Berbantuan Arduino dan Sensor Jarak HC-SR04

Moh Andriyan¹, Alex Harijanto², Sri Handono Budi Prastowo³

Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Jember

e-mail: 170210102093@mail.unej.ac.id, harijantoalex@gmail.com

Abstrak

Praktikum indeks bias yang dilakukan di laboratorium masih sebatas pengukuran sudut bias. Tujuan penelitian ini adalah membuat rancang bangun alat praktikum dan mengukur indeks bias zat berbantuan Arduino dan sensor jarak HC-SR04. Jenis penelitian adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan model Nieven. Variabel yang digunakan adalah aquades, larutan alkohol 70%, larutan gula 30% dan larutan garam 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair mempunyai kelebihan dapat digunakan untuk mengukur indeks bias zat dan pengukuran indeks bias menghasilkan hasil ukur yang mempunyai hubungan kuat dengan literatur sebelumnya dibuktikan dengan R Square sebesar 0,6205% dan kesalahan pengukuran mencapai 2,2%.

Kata kunci: arduino, hc-sr04, indeks bias, rancang

Abstract

The refractive index practicum carried out in the laboratory is still limited to measuring the angle of refraction. The purpose of this research is to design a practicum tool and measure the refractive index of substances with the aid of Arduino and the HC-SR04 proximity sensor. The type of research is research and development (Research and Development) with the Nieven model. The variables used were distilled water, 70% alcohol solution, 30% sugar solution and 5% salt solution. The results showed that the design of the practical tool for determining the refractive index of liquids has the advantage that it can be used to measure the refractive index of substances and the measurement of the refractive index produces measurement results that have a strong relationship with the previous literature as evidenced by an R Square of 0.6205% and a measurement error of 2.2%.

Keywords: arduino, design, hc-sr04, refraction index

1. Pendahuluan

Rancang bangun adalah serangkaian prosedur untuk mengubah hasil analisis dari sebuah sistem baik secara keseluruhan maupun sebagian menjadi sebuah karya cipta (Pressman, 2002). Rancang bangun erat kaitannya dalam pembuatan alat yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dan memberikan gambaran jelas kepada pemakainya (Jogiyanto, 2001:196). Jika praktikum merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk menerapkan keterampilan atau mempraktikkan sesuatu (Salirawati *et.al*, 2010). Maka, alat praktikum dapat dibuat dalam suatu rancang bangun yang digunakan memenuhi kebutuhan praktikan tersebut. Alat praktikum merupakan suatu alat yang dapat diserap oleh mata dan telinga untuk membantu peserta didik dalam proses pembelajaran yang lebih efektif dan efisien (Nana, 2010). Penggunaan alat praktikum sangat membantu peserta didik dalam memahami konsep sains. Oleh karena itu, rancang bangun dapat diterapkan sebagai konsep dasar membuat alat praktikum untuk memenuhi kebutuhan praktikan dalam proses pembelajaran.

Cahaya merupakan bagian spektrum gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat oleh mata manusia yang terbagi atas *range* (batasan) panjang gelombang yang mampu diinterpretasikan oleh otak manusia dalam bentuk warna-warna (Pamungkas *et al*, 2015). Gelombang cahaya mempunyai beberapa sifat setelah bergerak terlepas dari sumbernya atau disebut optika geometris (Halliday *et al.*, 2017:377). Optika geometris meliputi pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), polarisasi, interferensi, dan difraksi. Pembiasan cahaya

merupakan salah satu optika geometris yang menjelaskan perjalanan cahaya yang melewati suatu permukaan yang dipisahkan oleh dua media (Halliday *et al*, 2010:377). Fenomena pembiasan cahaya dapat dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, misalnya air yang jernih dan terisi penuh dalam kolam atau bak mandi yang dalam akan terlihat lebih dangkal (Serway & Jewett, 2010:3). Pembiasan cahaya dipengaruhi oleh indeks bias. Menurut Halliday *et al* (2010:434), pembiasan cahaya menyebabkan perubahan panjang gelombang dan kecepatan cahaya saat melintasi antarmuka medium yang berbeda bergantung pada indeks biasnya. Oleh karena itu, cahaya yang melewati medium yang berbeda akan mengalami pembiasan yaitu perubahan panjang gelombang dan kecepatan yang dipengaruhi oleh indeks bias medium tersebut.

Alat praktikum fisika yang digunakan untuk menjelaskan fenomena pembiasan cahaya biasanya menggunakan prinsip kaca plan paralel (Zamroni, 2013). Pembiasan cahaya dalam kegiatan praktikum di laboratorium menggunakan kaca paralel hanya dapat mengamati sudut bias belum mencapai pengukuran indeks bias. Alat pabrikan yang digunakan untuk mengukur indeks bias adalah refraktometer. Kelebihan alat refraktometer yaitu sangat efektif digunakan untuk mengukur indeks bias zat cair dari kekentalan minimum hingga maksimum. Sedangkan kekurangannya adalah terbatas hanya terdapat di laboratorium tertentu dan harganya relatif mahal. Sehingga peneliti berinovasi membuat rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias dengan menggunakan prinsip lensa cembung yang lebih mudah dibuat dan relatif murah. Penggunaan sensor HC-SR04 sebagai alat ukur jarak digital sangat membantu dalam pengukuran jarak yang berulang dan akurasi yang lebih baik. Kelebihan sensor jarak HC-SR04 adalah pantulan gelombang suara yang dipancarkan *trig* sangat cepat dan ditangkap oleh *echo* dalam *port* yang beda sehingga data mudah didapatkan (Hidayanto & Winarno, 2016). Pengukuran jarak fokus lensa cembung biasanya dilakukan secara manual menggunakan alat ukur panjang seperti meteran. Namun, akurasi data yang dihasilkan kurang tepat dan waktu pengambilan data yang dilakukan secara berulang relatif lama. Sehingga sensor jarak HC-SR04 dapat digunakan sebagai alat ukur jarak fokus lensa cembung yang lebih akurat. Sensor jarak HC-SR04 akan berfungsi jika sudah memasuki sistem kendali mikrokontroler. Arduino uno merupakan sebuah *board microcontroller* berbasis ATmega 328p dengan suatu *bootloader* yang dapat mengupload kode baru (*coding*) tanpa memrogram *hardware* atau perangkat keras luarnya (Ichwan *et al.*, 2013:16). Selain itu, beberapa modul mudah dihubungkan dengan Arduino karena langsung dapat dipasang pada *board* Arduino, seperti modul sensor jarak HC-SR04 (Junaidi, 2018:9). Pemrograman Arduino dapat memformulasikan hasil pengukuran jarak fokus lensa menggunakan sensor jarak HC-SR04 menjadi pengukuran indeks bias melalui pemrograman *Arduino IDE*. Kelebihan alat praktikum penentuan indeks bias zat cair berbantuan Arduino dan sensor jarak HC-SR04 ini adalah mampu mengukur indeks bias secara digital dan hasilnya dapat ditampilkan secara berulang pada layar LCD dan relatif lebih murah daripada alat ukur indeks bias pabrikan (refraktometer). Kekurangannya terdapat pada keterbatasan alat yang hanya dapat mengukur indeks bias zat cair yang tidak terlalu kental (viskositas kecil) sehingga kurang efektif digunakan untuk mengukur indeks bias pada zat cair yang kental.

Beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dilakukan oleh Zamroni (2013) yang berjudul "Pengukuran Indeks Bias Zat Cair Melalui Metode Pembiasan Menggunakan Plan Paralel" menjelaskan bahwa pengukuran indeks bias menggunakan kaca plan paralel dapat menjadi metode alternatif untuk menentukan indeks bias zat cair. Penelitian yang lainnya dilakukan oleh Apriyanto *et. al.* (2013) berjudul "Pemanfaatan Hukum Snellius sebagai Dasar Alat ukur Indeks Bias dan Viskositas Larutan Garam Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega8535" menjelaskan bahwa prinsip kerja alat yang dibuat yaitu sensor LDR akan bergerak horizontal mencari berkas cahaya paling terang dari cahaya laser yang telah dibiaskan oleh zat cair. Prinsip kerjanya sensor LDR mengenai cahaya laser, maka akan berhenti bergerak dan *microcontroller* akan membaca hasil keluaran potensiometer *multiturn* yang berputar seiring perputaran LDR. Penelitian serupa dilakukan oleh Respati dan Rahardjo (2017) yang berjudul "Alat Penentu Indeks Bias Cairan Dibantu Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler ATmega328" menjelaskan penentuan indeks bias cairan diperoleh dengan meletakkan cairan diantara cermin datar dan lensa cembung. Jarak antara lensa

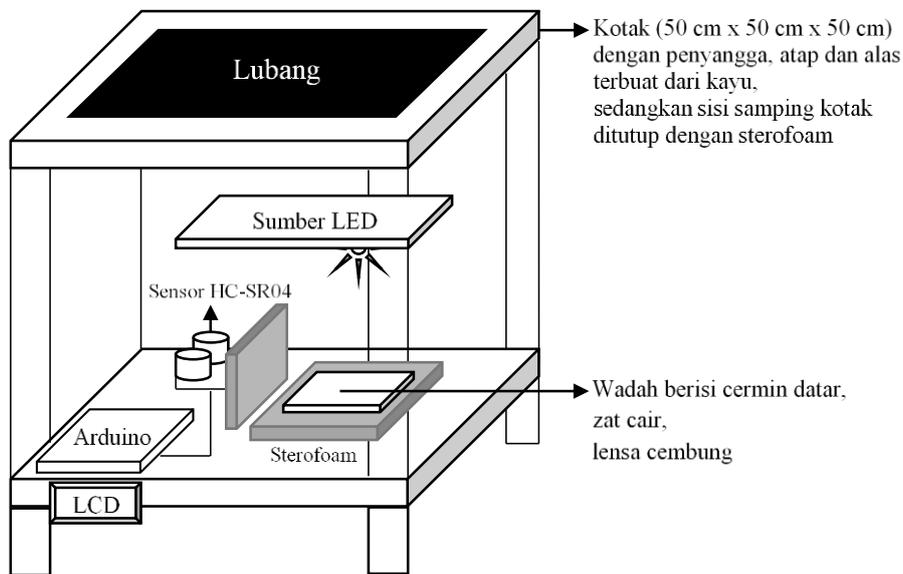
positif dan zat cair merupakan jarak bayangan paling jelas yang tertangkap di layar. pengukuran jarak fokus lensa tersebut diukur menggunakan sensor HC-SR04 dan diformulasikan secara manual menjadi indeks bias cairan.

Berdasarkan uraian masalah tersebut, perlu dibuat rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair berbantuan Arduino dan sensor jarak HC-SR04. Harapan penelitian ini adalah dapat membuat dan mengukur indeks bias suatu zat cair menggunakan rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair berbantuan Arduino dan sensor jarak HC-SR04. Oleh karena itu, peneliti bermaksud melakukan penelitian berjudul “Rancang Bangun Alat Praktikum Penentuan Indeks Bias Zat Cair Berbantuan Arduino dan Sensor Jarak HC-SR04.

2. Metode

Penelitian rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair berbantuan Arduino dan sensor jarak HC-SR04 menggunakan jenis penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan desain Nieveen. Prosedur penelitian ini diantaranya adalah *preliminary research*, *prototyping stage*, dan *assessment stage (summative evaluation)*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember tahun akademik 2020/2021. Tahapan dimulai dengan *Preliminary Research* atau studi pendahuluan yang tujuannya untuk mengumpulkan berbagai kajian pustaka dari hasil penelitian yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Tahap selanjutnya adalah tahap perancangan (*Prototyping Stage*). Rancangan desain penelitian yang dibuat akan mengukur jarak fokus lensa zat cair yang merupakan jarak antara lensa zat cair dan bayangan LED yang tertangkap jelas di layar dan mengukur indeks bias.

Desain rancangan alat praktikum penentuan indeks bias zat cair terdiri dari beberapa komponen yang dapat dijelaskan melalui gambar berikut ini.

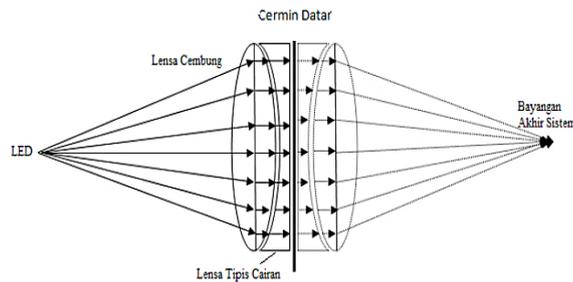


Gambar 1. Desain rancangan alat praktikum penentuan indeks bias zat cair

Alat praktikum penentuan indeks bias zat cair berbantuan Arduino dan sensor jarak HC-SR04 menggunakan sumber cahaya LED dari *android*, cermin datar, lensa cembung dan zat cair yang akan dicari indeks biasnya. Menentukan indeks bias tersebut dengan cara mengukur jarak fokus lensa positif (f_1), jarak lensa gabungan antara lensa positif dengan zat cair (f_{gab}) melalui pantulan bayangan dan jari-jari lensa positif (R). Cahaya datang dari sumber cahaya titik (LED) pada fokus akan dibiarkan sejajar sumbu utama oleh lensa positif kemudian bayangan yang sejajar sumbu utama dipantulkan oleh cermin datar, sehingga membentuk bayangan akhir sistem terpusat pada fokus. Jarak antara bayangan yang terpusat

pada fokus (bayangan yang paling jelas) terhadap permukaan lensa positif disebut jarak fokus lensa (f_1), pengukuran jarak fokus lensa ini menggunakan sensor jarak HC-SR04 sebagai alat ukur jarak digital. Hasil pengukuran jarak fokus lensa akan ditampilkan oleh LCD 16×2 dan dilanjutkan dengan menghitung indeks bias zat cair. Hasil perhitungan indeks bias dapat pula ditampilkan secara langsung di LCD 16×2 dengan memasukkan kode perintah di *Software Arduino IDE*.

Komposisi lensa cembung yang harus tergenangi zat cair yaitu bagian kelengkungan lensa bagian bawah hingga bagian datar lensa (garis normal) sehingga membentuk lensa tipis zat cair. Jari-jari kelengkungan lensa zat cair memiliki nilai yang sama dengan jari-jari kelengkungan lensa cembung. Ketika cahaya LED dihidupkan, maka cahaya akan melewati lensa cembung. Kemudian, cahaya akan melewati zat cair yang mempunyai medium perambatan yang berbeda dengan udara sehingga akan mengalami pembelokan arah cahaya (pembiasan cahaya). Selanjutnya, cahaya akan mengenai cermin datar dan dipantulkan menuju sumber cahaya tersebut. Sehingga bayangan akhir sistem yang terbentuk dapat digambarkan sebagai berikut.



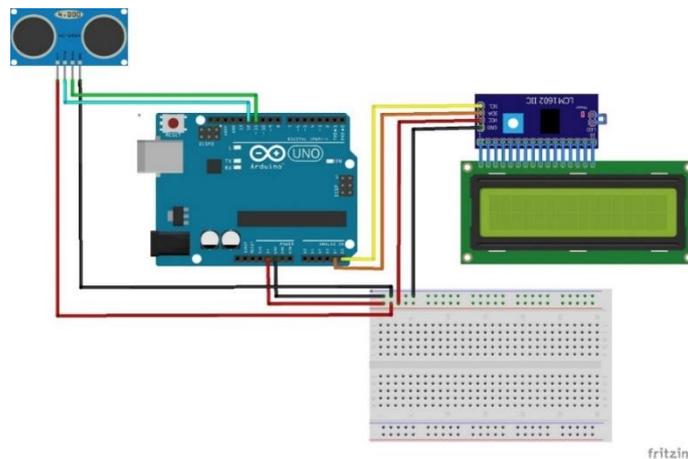
Gambar 2. Bayangan akhir LED

Bayangan akhir sistem adalah bayangan paling terang di sisi sumber LED tersebut. Sehingga persamaan indeks bias zat cair yang sesuai dengan komposisi letak cermin datar, zat cair dan lensa cembung tersebut adalah sebagai berikut.

$$n = 1 + \frac{R}{f_2} \tag{1}$$

Dengan n adalah indeks bias zat cair, R adalah jari-jari kelengkungan lensa zat cair dan f_2 adalah jarak fokus lensa zat cair.

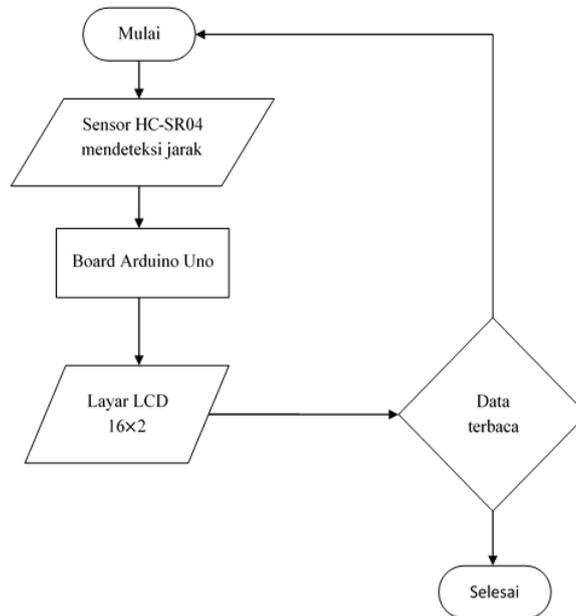
Rancangan skema sistem sensor jarak HC-SR04 yang digunakan untuk mengukur indeks bias zat cair dapat diamati pada gambar berikut ini.



Gambar 3. Rancangan sensor pada alat praktikum penentuan indeks bias zat cair

Penentuan indeks bias berbantuan Arduino dan sensor jarak HC-SR04 dimulai dengan menghidupkan Arduino dengan menghubungkannya dengan sumber tegangan. Ketika bayangan akhir sistem telah dapat diamati, sensor HC-SR04 dengan Arduino Uno akan

mengukur jarak fokus lensa zat cair yaitu jarak antara lensa zat cair dengan bayangan akhir sistem. Pemrograman Arduino IDE akan mengolah data ukur jarak fokus lensa zat cair untuk memperoleh data ukur indeks bias zat cair dengan memasukkan persamaan (1) di kode-kode perintah Arduino IDE (*coding*). Hasil pengukuran jarak fokus lensa zat cair dan indeks bias zat cair akan terbaca dan ditampilkan pada LCD 16x2. Secara sistematis, sistem alat dapat dijelaskan melalui *flowchart* berikut ini.



Gambar 4. *Flowchart* sistem alat

Setelah perancangan alat praktikum dan sensor selesai, maka perlu dilakukan uji coba terbatas. Uji coba ini dilakukan dengan menggunakan analisis hasil data kalibrasi alat. Kemudian, jika terdapat revisi pada Draff I maka desain alat akan diperbaiki dan menjadi Draff II. Setelah Draff II teruji dengan baik, alat praktikum dapat digunakan untuk mengukur indeks bias zat cair. Jika data yang diperoleh sesuai dengan teori pembiasan cahaya meliputi jarak bayangan pada lensa tipis dan indeks bias cahaya, maka produk dinyatakan sebagai produk akhir. Namun, jika masih belum sesuai dengan teori maka akan dilakukan revisi produk. Hasil revisi produk akan kembali diujicobakan hingga diperoleh produk revisi yang sesuai dengan teori. Selanjutnya dilakukan pengambilan kesimpulan disesuaikan dengan rumusan masalah yang ada.

Data validitas yang akan dianalisis pada penelitian ini berupa kelinieritasan pengukuran jarak menggunakan mistar pabrikan dan sensor jarak HC-SR04 dan kalibrasi nilai indeks bias dari hasil pengukuran dan literatur sebelumnya. Analisis data validitas alat ini menggunakan analisis regresi linier sederhana. Teknik analisis regresi menggunakan asumsi adanya hubungan yang linier antara variabel independen (X) dan variabel dependen (Y). Selanjutnya, data yang didapat harus diolah menggunakan *Software Microsoft Excel*. Berikut ini persamaan regresi linear sederhana:

$$Y' = a + bX$$

Adapun kalibrasi pengukuran jarak, X adalah hasil pengukuran jarak menggunakan alat pabrikan dan Y adalah hasil pengukuran jarak menggunakan sensor jarak HC-SR04. Sedangkan kalibrasi pengukuran indeks bias, X adalah hasil data indeks bias dari literatur sebelumnya dan Y adalah hasil pengukuran indeks bias menggunakan alat praktikum. Berikut tabel interpretasi koefisien korelasi yang digunakan untuk tingkat hubungan antara variabel dependen dan variabel independen.

Tabel 1. Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat kuat

(Sugiyono, 2016: 257)

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian dan pengembangan tentang rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair ini bertujuan untuk membuat alat praktikum, memvalidasi dan mengukur indeks bias sebagai hasil akhir praktikum pembiasan cahaya. Penelitian ini dimulai dengan tahap *preliminary research* atau studi pendahuluan untuk memperoleh gambaran awal terkait rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair. Studi literatur di beberapa jurnal-jurnal peneliti sebelumnya, salah satunya penelitian Yuanita dan Teguh (2017) yang banyak diambil peneliti sebagai literatur untuk penelitian yang akan dilakukan. Penelitian eksperimen yang dilakukan Yuanita dan Teguh menghasilkan alat penentu indeks bias namun hasil akhir dari alatnya hanya sampai pada mengukur jarak fokus lensa zat cair. Komponen-komponen alat penyusun dari alat penentu indeks bias yang dibuat sama seperti yang dikembangkan peneliti yaitu Arduino uno sebagai mikokontroler dan sensor HC-SR04 sebagai sensor jarak. Sehingga, inovasi yang dilakukan peneliti adalah menambahkan LCD 16×2 untuk menampilkan hasil pengukuran dan memasukkan persamaan indeks bias pada coding di Arduino untuk mempermudah pengambilan data nilai indeks bias. Selain itu, penggunaan LED pada *handphone* mempermudah penggunaan dan mengurangi penggunaan komponen seperti baterai untuk menghidupkan LED sehingga sudah dapat hidup secara otomatis karena sudah terhubung dengan *handphone*. Praktikum pembiasan cahaya yang dilakukan di laboratorium banyak dilakukan dengan menggunakan kaca plan paralel. Hasil akhir yang didapatkan masih sebatas mengukur sudut bias. Peneliti bermaksud melakukan pengukuran indeks bias melalui alat praktikum ini. Selain itu, proses *discovery learning* dapat mudah tercapai dengan memahami prinsip kerja alat praktikum ini. Oleh karena itu, studi pendahuluan ini dimaksudkan mampu mempermudah peneliti membuat alat praktikum yang mudah digunakan, lebih inovatif dan mampu mencapai tujuan praktikum yang ideal.

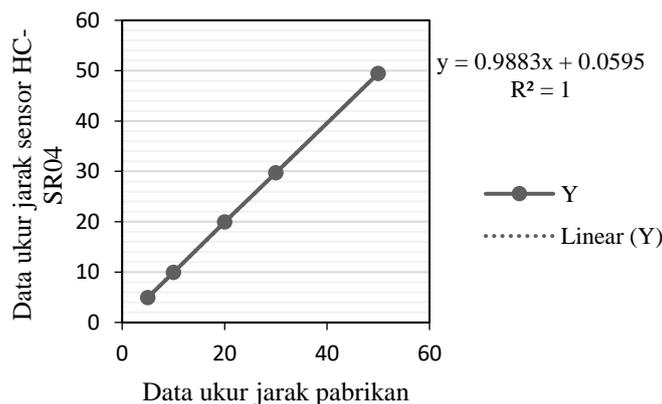
Tahap selanjutnya adalah *prototyping stage* atau perancangan alat. Pembuatan rancangan alat praktikum penentuan indeks bias zat cair dibuat peneliti di *software fritzing* seperti gambar 3. Alat praktikum yang dikembangkan disusun dari alat dan bahan yang sudah berfungsi dengan baik. Pemilihan Arduino uno sebagai mikrokontroler atau sistem kendali dikarenakan kebutuhan yang digunakan pada rancang bangun alat praktikum ini cukup menggunakan Arduino uno. Selain itu, Arduino uno lebih praktis digunakan dan mudah dioperasikan menggunakan bahasa pemrograman melalui Arduino IDE. Arduino uno difungsikan sebagai sistem kendali sensor jarak HC-SR04. Sensor ini digunakan untuk mengukur jarak fokus lensa zat cair yaitu jarak antara permukaan datar lensa cembung sampai bayangan akhir sistem. Pemilihan sensor jarak HC-SR04 dikarenakan mudah digunakan dan efektif untuk mengukur jarak dekat hingga mencapai 4 meter. Kelebihan rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair ini yaitu pengukuran indeks bias mudah dilakukan dan data hasil ukurnya ditampilkan secara langsung di LCD 16×2. Persamaan indeks bias (1) dimasukkan pada bahasa pemrograman Arduino IDE. Desain produk awal sudah melalui proses revisi. Salah satunya penggunaan LED sebagai sumber cahaya yang semula dibuat dari susunan baterai, LED dan kabel berubah menggunakan LED pada *handphone* yang lebih praktis dan mudah digunakan. Selain itu, peneliti melakukan uji coba pada lensa cembung dengan ukuran fokus lensa yang berbeda-beda. Bayangan akhir LED pada *handphone* mudah

diamati dengan lensa cembung berukuran fokus lensa 50 cm. Selain pemilihan alat di tahap perancangan, sampel penelitian yaitu zat cair banyak memerlukan pertimbangan. Zat cair yang diukur indeks biasanya adalah aquades, larutan garam 5%, larutan gula 30%, dan larutan alkohol 70%. Rancang bangun alat yang dibuat perlu melalui proses programming menggunakan Arduino IDE hingga dapat berfungsi sebagai alat ukur jarak dan indeks bias. Serangkaian revisi telah dilalui untuk mencapai alat praktikum penentuan indeks bias zat cair yang praktis dan mudah digunakan, sehingga dapat dilanjutkan pada tahap uji coba terbatas. Uji coba terbatas dilakukan dengan kalibrasi alat sensor jarak HC-SR04. Berikut hasil kalibrasi sensor jarak HC-SR04 dapat dipaparkan melalui tabel berikut ini.

Tabel 2. Data kalibrasi sensor jarak HC-SR04

No.	X (cm)	Y (cm)	Nilai <i>error</i> (%)
1	5	4,95	1,01
2	10	9,93	0,70
3	20	19,93	0,35
4	30	29,69	1,04
5	50	49,45	1,11

Hasil pengukuran menggunakan alat ukur jarak pabrik merupakan variabel dependen atau variabel yang sudah ditetapkan. Alat ukur jarak pabrik yang digunakan adalah meteran. Sedangkan hasil pengukuran menggunakan alat ukur jarak yang dirancang dari Arduino Uno dan sensor jarak HC-SR04 merupakan variabel independen atau variabel yang dicari dan akan dicari kelinierannya terhadap variabel dependen. Percobaan yang telah dilakukan sebanyak 10 kali pada Tabel 2, menjelaskan bahwa sensor jarak HC-SR04 yang telah dirancang dan digunakan sebagai alat ukur jarak telah bekerja dengan baik walaupun terdapat error hingga 1,11%. Berdasarkan pernyataan Adhim (2015: 39), jika nilai error data hasil kalibrasi berada di bawah 10% maka dapat disimpulkan bahwa alat tersebut telah valid dan dapat digunakan sesuai fungsinya. Selain itu, perlu dilakukan uji regresi linear sederhana pada data hasil kalibrasi dengan tujuan mengetahui hubungan yang linier antara variabel independen (X) dalam hal ini adalah data pengukuran jarak menggunakan sensor jarak HC-SR04 dan variabel dependen (Y) atau data pengukuran jarak menggunakan alat ukur meteran. Analisis regresi ini dioperasikan menggunakan bantuan Ms. Excel. Berikut hasil analisis regresi dan grafik dari data kalibrasi sensor jarak HC-SR04.



Gambar 5. Grafik Kalibrasi Sensor Jarak HC-SR04

Berdasarkan grafik di atas, sensor jarak HC-SR04 mempunyai kelinieritasan dengan alat ukur jarak pabrik yaitu meteran. Hal ini dibuktikan dengan garis pada grafik normalitas yang terbentuk dari koordinat X dan Y tidak jauh dari garis probabilitas normal. Selain itu, grafik di atas juga menjelaskan analisis data yang digunakan untuk kalibrasi yaitu analisis regresi linier sederhana. Dari hasil analisis regresi didapatkan nilai R Square sebesar 0,99% atau pada grafik disebutkan $R^2 = 1\%$. Hal ini menunjukkan bahwa sensor jarak HC-SR04 yang diuji telah

valid dan dapat digunakan sebagai alat ukur jarak yang telah terstandarisasi untuk memperoleh data yang benar.

Serangkaian pengujian terbatas yang telah dilakukan menghasilkan bahwa rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair berbantuan Arduino dan sensor jarak HC-SR04 dikatakan valid dan dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu *Assesment Stage* atau penilaian. Tahap ini merupakan tahap uji coba lapang. Rancang bangun alat yang telah dibuat dan diperbaiki akan diujicobakan dengan beberapa variabel bebas yang sudah ditentukan. Uji coba dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar Prodi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada tanggal 18 April 2021. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, larutan garam 5%, larutan gula 30%, dan larutan alkohol 70%.

Uji coba lapang rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair dimulai dengan pengukuran jari-jari kelengkungan lensa cembung, gula 30 gram dan garam 5 gram. Pengukuran jari-jari kelengkungan lensa cembung menggunakan spherometer dan menghasilkan ukuran jari-jari kelengkungannya sebesar 5,41 cm. Sedangkan gula dan garam ditimbang menggunakan neraca digital. Tahap selanjutnya adalah menuangkan zat cair sebanyak 100 ml ke dalam wadah plastik ukuran 750 ml. Ukuran ini sudah melalui standarisasi oleh peneliti menyesuaikan ukuran lensa cembung dan cermin datar ketika dimasukkan ke dalam wadah berisi zat cair tersebut. Lensa berada di atas cermin datar sehingga bagian cermin datar seluruhnya digenangi zat cair dan bagian lensa yang digenangi zat cair hanya bagian bawah lengkungan lensa hingga bagian datar lensa. Persamaan (1), menjelaskan jika bagian lengkungan bawah lensa cembung digenangi suatu zat cair maka dapat diukur jarak fokus gabungan antara lensa cembung dan zat cair atau disebut sebagai jarak fokus lensa zat cair (f_2). Setelah bagian wadah plastik berisi cermin datar, lensa cembung dan zat cair dengan komposisi yang ditentukan, maka wadah plastik harus diletakkan tepat di bawah sumber cahaya diberikan LED dari *handphone* diletakkan tepat di bawah lensa cembung. Ketika LED dihidupkan maka akan terbentuk bayangan akhir sistem. Bayangan ini terbentuk akibat cahaya LED dari *Handphone* yang mengenai lensa cembung dan mengalami perubahan dari semula cahaya yang dikeluarkan LED menyebar lalu setelah melewati lensa cembung cahaya LED berpusat pada satu titik. Kemudian, cahaya LED melewati medium dengan kerapatan yang berbeda yaitu dari udara melewati zat cair. Hal ini mengakibatkan perubahan arah cahaya LED yang semula tegak lurus berubah agak menyimpang dari garis lurus atau membentuk sudut bias. Cermin datar memantulkan cahaya LED sehingga bayangan akhir LED berada di atas tepat di samping sumber LED dihidupkan. LED pada *Handphone* dapat dinaikturunkan, sehingga memudahkan untuk mengamati bayangan akhir LED. Setelah bayangan akhir tertangkap jelas, Arduino sebagai sistem kendali diaktifkan untuk mengukur jarak fokus lensa zat cair dan nilai indeks biasnya. Hasil uji coba lapang ini ditampilkan di layar LCD 16x2 dan dilakukan sebanyak 10 kali. Hasil uji coba ini perlu dianalisis dan dikalibrasi dengan literatur sebelumnya. Berikut data ukur indeks bias dapat dipaparkan melalui tabel berikut ini.

Tabel 3. Data hasil ukur indeks bias menggunakan alat praktikum

No	Zat cair	Jari-jari kelengkungan lensa zat cair (cm)	Jarak fokus lensa zat cair (cm)	Indeks bias zat cair
1	Aquades	5,41	16,4	1,33
2	Larutan alkohol 70%	5,41	15,03	1,36
3	Larutan garam 5%	5,41	16,24	1,33
4	Larutan gula 30%	5,41	15,5	1,35

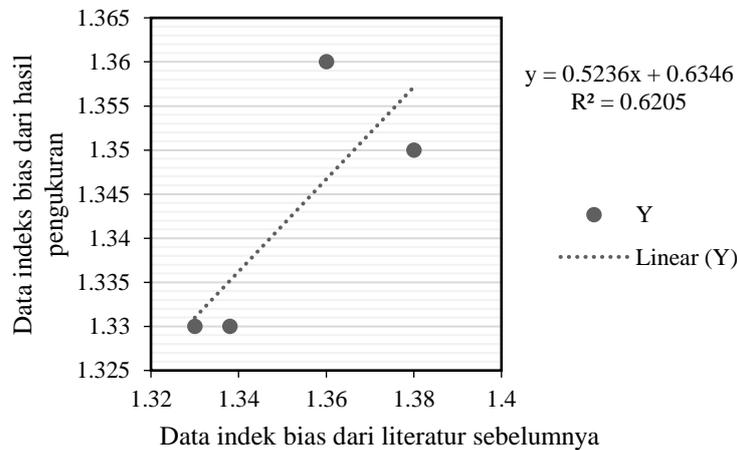
Tabel di atas menunjukkan pengaruh jenis zat cair terhadap jarak fokus lensa zat cair dan nilai indeks bias zat cair. Jari-jari kelengkungan zat cair diukur menggunakan spherometer. Selain menggunakan rancang bangun alat praktikum, nilai indeks bias data diperoleh menggunakan persamaan (1).

Berikut ini merupakan tabel perbandingan antara indeks bias zat cair dari literatur sebelumnya (X) dan indeks bias zat cair dari hasil pengukuran (Y).

Tabel 4. Data kalibrasi indeks bias zat cair

No	Zat cair	X	Y	Nilai <i>error</i> (%)
1	Aquades	1,33	1,33	0
2	Larutan alkohol 70%	1,36	1,36	0
3	Larutan garam 5%	1,338	1,33	0,6
4	Larutan gula 30%	1,38	1,35	2,2

Dari tabel di atas, dapat dijelaskan nilai indeks bias yang diperoleh melalui pengukuran menggunakan rancang bangun alat mencapai error hingga 2,2%. Berdasarkan pernyataan Adhim (2015: 39), jika nilai error data hasil kalibrasi berada di bawah 10% maka dapat disimpulkan bahwa alat tersebut telah valid dan dapat digunakan sesuai fungsinya. Selain itu, perlu dilakukan uji regresi linear sederhana pada data hasil kalibrasi dengan tujuan mengetahui hubungan yang linier antara variabel independen (X) dalam hal ini adalah data pengukuran indeks bias dari literature sebelumnya dan variabel dependen (Y) atau data pengukuran indeks bias dari hasil pengukuran. Berikut hasil analisis regresi dan grafik dari data perbandingan antara indeks bias zat cair dari literatur sebelumnya dan indeks bias zat cair dari hasil pengukuran.



Gambar 6. Grafik kalibrasi indeks bias zat cair

Berdasarkan grafik di atas, pengukuran indeks bias menggunakan rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair mempunyai kelinieritasan dengan indeks bias dari literatur sebelumnya. Hal ini dibuktikan dengan garis pada grafik normalitas yang terbentuk dari koordinat X dan Y tidak jauh dari garis probabilitas normal. Selain itu, grafik di atas juga menjelaskan analisis data yang digunakan untuk kalibrasi yaitu analisis regresi linier sederhana. Dari hasil analisis regresi didapatkan nilai R Square sebesar 0,620516% atau pada grafik disebutkan $R^2 = 0,6205\%$. Hal ini menunjukkan bahwa rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair berbantuan Arduino dan sensor jarak HC-SR04 yang diuji telah valid dan dapat digunakan sebagai alat ukur indeks bias yang telah terstandarisasi untuk memperoleh data yang benar. Adapun hasil yang diperoleh dari seluruh pengukuran menggunakan alat praktikum penentuan indeks bias zat cair berbantuan Arduino dan sensor jarak HC-SR04 masih belum 100% sesuai dengan literatur yang ada, dimungkinkan terdapat kesalahan teknis dari peneliti saat melaksanakan penelitian. Peneliti berharap dapat dilanjutkan oleh peneliti selanjutnya dengan alat yang lebih kompatibel dan diujicobakan kepada siswa dan mahasiswa agar kegunaannya dapat bermanfaat lebih luas.

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang sudah dijelaskan maka dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Rancang bangun alat praktikum penentuan indeks bias zat cair telah berhasil dibuat dengan desain penelitian *Nieveen* pada tahap yang kedua yaitu *Prototyping Stage*. Proses pembuatan rancang bangun alat praktikum ini meliputi penyediaan alat dan bahan, pembuatan desain produk, uji coba terbatas alat praktikum melalui kalibrasi, perbaikan alat dan menghasilkan rancang bangun alat yang sudah terkalibrasi. (2) Proses pengukuran indeks bias menggunakan alat praktikum penentuan indeks bias zat cair adalah mengukur jarak fokus lensa zat cair (jarak antara lensa zat cair hingga bayangan akhir LED paling terang di sisi sumber LED tersebut) menggunakan Arduino dan sensor jarak HC-SR04 dengan menformulasikan persamaan indeks bias zat cair yang hasilnya ditampilkan pada layar LCD. Hasil pengukuran indeks bias aquades sebesar 1,33, larutan alkohol 70% berindeks bias 1,36, larutan garam 5% berindeks bias 1,33, dan larutan gula 30% berindeks bias 1,35.

Berdasarkan kesimpulan yang didapatkan, terdapat beberapa saran yaitu: (1) bagi siswa dan mahasiswa, rancang bangun alat praktikum ini dapat membantu dalam pengukuran indeks bias namun sebatas pada sampel zat cair yang tidak terlalu kental; (2) bagi peneliti selanjutnya, peneliti selanjutnya dengan alat yang lebih kompatibel salah satunya menggunakan LED jenis *super bryte* yang mampu menembus zat cair dengan kekentalan maksimum, sumber LED diletakkan dengan posisi yang lebih presisi; dan (3) bagi guru dapat diujicobakan kepada siswa agar kegunaannya bermanfaat lebih luas.

Daftar Pustaka

- Apriyanto, K., D., Ahmad, G., Pauzi., dan Warsito. 2013. Pemanfaatan Hukum Snellius sebagai Dasar Alat Ukur Indeks Bias dan Viskositas Larutan Garam Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega8535. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 1(1): 7-12.
- Arduino. 2020. Arduino IDE Software. <https://www.arduino.cc/en/main/software>. [Diakses pada 28 Oktober 2020].
- Daenuri, A. E. 2014. Pelatihan Alat-alat Praktikum IPA Fisika Bagi Guru IPA SMP/MTs Swasta Sekecamatan Winong Kab Pati. *Dimas*. 14(1). 43-56.
- Hidayanto, A., dan H. Winarno. 2016. Prototipe Sistem *AutoBrake* pada Mobil Menggunakan Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04 Berbasis Arduino Mega 2560. *Gema Teknologi*. 18(4). 29-37.
- Ichwan, M., M. G. Husada, dan M. I. Ar Rasyid. 2013. Pembangunan Prototipe Sistem Pengendalian Peralatan Listrik pada Platform Android. *Jurnal Informatika*. 4(1): 13-25.
- Istaqamah, Nugraheny, Wahyu, Nurfauzi, Ega, Fausta D., S., Suporwoko, dan Ngesthi, Pambuka R. 2018. Polarisasi Cahaya dan Penentuan Nilai Indeks Bias dengan Metode Sudut *Brewster*. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 14(3). 59-62.
- Junaidi dan Dwi, Prabowo Y. 2018. *Project Sistem Kendali Elektronika Berbasis Arduino*. Lampung: AURA.
- Kadir, A. 2018. *Arduino dan Sensor*. Yogyakarta: Andi.
- Murdaka, B. 2010. *Fisika Dasar*. Yogyakarta: Andi.
- Nana, S. 2010. *Dasar-dasar Proses Pembelajaran*. Bandung: Sinar Baru.
- Nurchaya, A. 2014. *Sensor Ultrasonik SR 04 untuk Mendeteksi Banjir*. Yogyakarta: STIMIK AMIKOM.
- Nursyarifah, Ruhma. 2018. Pengembangan Folenta sebagai Media Pembelajaran pada Materi Alat-alat untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Skripsi*. Bandung: UIN Sunan Gunung Djati.
- Pamungkas, Muchamad., Hafiduddin., dan Y., S., Rochmah. Perancangan dan Realisasi Alat Pengukur Intensitas Cahaya. *Jurnal ELKOMIKA*. 2(3): 120-132.
- Pressman, R., S. 2002 *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi (Buku Satu)*. Yogyakarta: Andi.
- Purwaningsih, S., Nehru, Jufrida, Pathoni, H., dan Muliawati, L. 2020. Pengenalan Alat-alat Praktikum Fisika Pada Materi Optik Bagi Siswa SMA Negeri 8 Muaro Jambi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*. 4(1): 692-695.

- Respati, Y., S., dan T., Rahardjo D. 2017. Alat Penentu Indeks Bias Cairan Dibantu dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler ATmega328. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika (JMPPF)*. 7(2): 17-22.
- Setiawan, D. 2014. Rancang Bangun Alat Pembuka dan Penutup Tong Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*. 1(1): 55-62.
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Tripler. 2010. Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 2 Edisi 3. Jakarta: Erlangga.
- Zamroni, A. 2013. Pengukuran Indeks Bias Zat Cair Melalui Metode Pembiasan Menggunakan Plan Paralel. 3(2): 108-111.
- Zitzewitz, P. W., T. G., Elliot, dan D. G. Hease. 2005. *Physics Principles and Problems*. USA: The Mc-Graw-Hill Companies.