



# Alat Penentu Indeks Bias Cairan Dibantu Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler ATmega328

Yuanita Sri Respati<sup>1</sup>, Dwi Teguh Rahardjo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta, Indonesia  
E-mail : [respati.nita@yahoo.co.id](mailto:respati.nita@yahoo.co.id), [dwiteguh@staff.uns.ac.id](mailto:dwiteguh@staff.uns.ac.id)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menjelaskan prinsip kerja alat penentu indeks bias cairan dibantu dengan sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler ATmega328, (2) menjelaskan hasil percobaan menggunakan alat penentu indeks bias cairan dibantu dengan sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler ATmega328. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Prinsip kerja dari alat penentu indeks bias cairan dibantu dengan sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler ATmega328 adalah menentukan indeks bias tersebut dengan cara pengukuran 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 ( $R$ ). Pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik sebagai alat ukur jarak digital. Menentukan indeks bias cairan ( $n$ ) dengan cara meletakkan cairan di antara cermin datar dan lensa cembung. Jarak bayangan paling jelas yang ditangkap layar merupakan jarak fokus gabungan antara lensa positif dengan lensa zat cair ( $f_{gab}$ ). Setelah diketahui jarak fokus lensa positif ( $f_1$ ), dan lensa gabungan ( $f_{gab}$ ) maka dapat ditentukan jarak fokus lensa zat cair ( $f_2$ ). Jarak fokus zat cair ( $f_2$ ) dan jari-jari lensa zat cair. Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, diperoleh nilai indeks bias Aquades ( $1,331 \pm 0,004$ ) dengan kesalahan relatif 0,36%, NaCl 5% ( $1,338 \pm 0,002$ ) dengan kesalahan relatif 0,18%, Glukosa ( $1,336 \pm 0,003$ ) dengan kesalahan relatif 0,24%, dan Fruktosa ( $1,337 \pm 0,006$ ) dengan kesalahan relatif 0,50%.

*Kata kunci* : indeks bias, zat cair, sensor ultrasonik, microcontroler, Atmega328

## 1. Pendahuluan

Sebelum awal abad kesembilan belas, cahaya dianggap sebagai suatu aliran partikel-partikel yang dipancarkan oleh suatu benda yang sedang diamati maupun yang berasal dari mata seorang pengamat. Newton, penggagas utama dari teori cahaya sebagai partikel, menganggap bahwa partikel-partikel dipancarkan dari suatu sumber cahaya, dan bahwa partikel-partikel ini merangsang indra penglihatan saat memaasuki mata. Menggunakan gagasan tersebut, ia mampu menjelaskan fenomena pemantulan dan pembiasan

Salah fenomena Fisika yang sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari adalah pembiasan cahaya, seperti ketika kita melihat dasar bak mandi yang airnya jernih dan tenang akan tampak lebih dangkal, demikian juga halnya jika sebatang pensil berada dalam gelas yang berisi air akan tampak patah pada permukaan air. (Serway dan Jewett, 2010: 3).

Dalam perkembangan alat-alat praktikum Fisika, telah dikembangkan sebuah alat sederhana untuk menguji indeks bias cairan. Alat tersebut menggunakan prinsip lensa cembung untuk menentukan nilai indeks bias zat cair. Penentuan jarak fokus diperoleh dengan mengamati bayangan

yang paling jelas ditangkap layar. Percobaan ini dilakukan di tempat yang gelap sehingga dalam menentukan jarak bayangan akan mengalami kesulitan.

HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor. HC-SR04 memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu *ultrasonic transmitter* dan *ultrasonic receiver*. Fungsi dari *ultrasonic transmitter* adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian *ultrasonic receiver* menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek. Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari pemancar hingga sampai ke penerima sebanding dengan 2 kali jarak antara sensor dan bidang pantul.

*Arduino* merupakan sebuah *board microcontroler* yang didasarkan pada ATmega328. *Arduino Uno* memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. ATmega328 pada *Arduino Uno* hadir dengan sebuah *bootloader* yang memungkinkan kita untuk mengupload kode baru ke

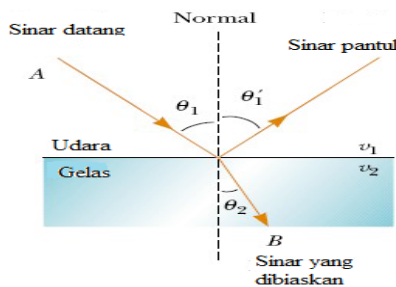
ATmega328 tanpa menggunakan pemrogram *hardware* eksternal (Muhammad Ichwan, 2013: 16).

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka akan dibuat sebuah alat penentu indeks bias cairan dibantu dengan sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler ATmega328. Alat percobaan yang akan dibuat diharapkan mampu meningkatkan akurasi data yang akan diperoleh dalam percobaan, sehingga dapat memperbaiki kelemahan alat percobaan penentu indeks bias cairan yang telah ada sebelumnya.

## 2. Pembahasan

### 2.1. Kajian Teori

Ketika seberkas cahaya merambat melalui suatu medium transparan menemui suatu batas dari medium transparan lainnya, maka sebagian energinya dipantulkan dan sebagian lagi memasuki medium kedua. Sinar yang memasuki medium kedua dibelokkan di daerah perbatasan medium kemudian dibiaskan. Sinar datang, sinar pantul dan sinar yang dibiaskan semuanya terletak pada bidang yang sama.



Gambar 1. Sinar Datang pada Suatu Bidang Batas Udara-Kaca

Secara umum kelajuan cahaya dalam semua bahan lebih kecil dibandingkan kelajuannya di ruang hampa udara. Terlebih lagi, cahaya merambat pada kelajuan maksimalnya di ruang hampa udara. Maka indeks bias  $n$  didefinisikan dari sebuah medium sebagai rasio

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

Cepat rambat gelombang cahaya di ruang hampa sebesar  $c$ . Jika melalui suatu medium maka cahaya tersebut akan mengalami perubahan kecepatan menjadi  $v$ , dimana besarnya  $v$  jauh lebih kecil dibandingkan cepat rambat cahaya di ruang hampa  $c$ . Ketika cahaya merambat di dalam suatu bahan, kelajuannya akan turun sebesar suatu faktor yang ditentukan oleh karakteristik bahan yang dinamakan indeks

bias ( $n$ ). Pada saat cahaya merambat dari medium satu ke medium yang lainnya tidak mengalami perubahan frekuensi, melainkan terjadi perubahan panjang gelombang. (Zamroni, 2013: 108)

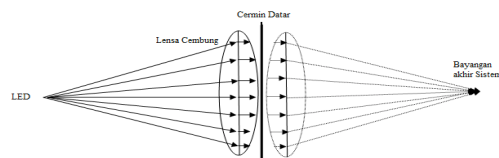
Hasil yang ditemukan secara eksperimen pada tahun 1621 oleh Willebrod Snell, seorang ilmuwan Belanda dan dikenal sebagai hukum Snellius atau hukum pembiasan. Hal tersebut juga ditemukan secara independen beberapa tahun kemudian oleh Rene Descartes. Persamaan 2.6 berlaku bagi pembiasan semua jenis gelombang yang mengenai sebuah bidang batas yang memisahkan dua medium.

Tabel 1 Indeks bias untuk berbagai zat cair dengan  $T=20^\circ\text{C}$

Zat	Indeks Bias
Metil Alkohol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )	1,329
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	1,333
Etil Alkohol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )	1,36
Karbon Tetraklorida ( $\text{CCl}_4$ )	1,460
Terpentin	1,472
Gliserin	1,473
Bensin	1,501
Karbon Disulfida ( $\text{CS}_2$ )	1,628

(Paul A. Tipler, 2001: 448-451)

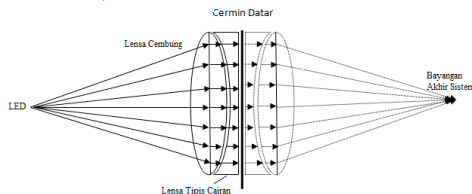
Pada penelitian ini menggunakan metode lensa gabungan. Lensa yang digunakan adalah lensa cembung bikonveks. Jika dua lensa tipis digunakan untuk membentuk bayangan, maka sistem tersebut dapat diperlakukan dengan ketentuan sebagai berikut, Pertama, bayangan yang dibentuk oleh lensa pertama terletak pada tempat yang sama seolah-olah lensa kedua tidak ada. Kemudian digambarkan sebuah diagram sinar untuk lensa kedua, dengan bayangan yang dibentuk oleh lensa pertama sekarang bertindak sebagai benda untuk lensa kedua. Bayangan kedua yang dibentuk adalah bayangan akhir sistem. Jika bayangan yang dibentuk oleh lensa pertama terletak di sisi belakang lensa kedua, maka bayangan tersebut diperlakukan sebagai benda maya oleh lensa kedua.



Gambar 2. Jalannya Sinar pada Penentuan Jarak Fokus Lensa ( $f_0$ )

Dua lensa tipis digunakan untuk membentuk bayangan, maka sistem tersebut mempunyai ketentuan sebagai berikut. Pertama, bayangan pertama yang dibentuk oleh lensa pertama terletak pada tempat yang sama seolah-olah lensa kedua tidak ada. Sinar untuk lensa kedua dengan

bayangan yang dibentuk oleh lensa pertama bertindak sebagai benda untuk lensa kedua. Bayangan kedua yang dibentuk adalah bayangan akhir sistem. Jika bayangan yang dibentuk oleh lensa pertama terletak di sisi belakang lensa kedua, maka bayangan tersebut diperlakukan sebagai benda maya oleh lensa kedua yang berarti jarak benda negatif (Serway & Jewett, 2010: 78-79).



Gambar 3. Jalannya Sinar pada Penentuan Jarak Fokus Lensa Gabungan ( $f_{gab}$ )

Mengasumsikan dua lensa tipis yang saling bersentuhan ekuivalen dengan lensa tipis tunggal maka jari-jari fokus lensa zat cair ( $f_2$ ) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan lensa gabungan antara lensa positif dan lensa zat cair. Lensa positif sebagai ( $f_1$ ) dan lensa zat cair sebagai ( $f_2$ ).

Penentuan jarak fokus lensa zat cair dihitung dengan menggunakan persamaan lensa gabungan antara lensa positif ( $f_1$ ) dan lensa zat cair ( $f_2$ )

$$\frac{1}{f_{gab}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (2)$$

maka jarak fokus lensa tipis masing-masing zat cair dapat dihitung dengan persamaan

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{f_{gab}} + \frac{1}{f_1} \quad (3)$$

setelah jarak fokus zat cair ( $f_2$ ) diketahui maka dalam menentukan nilai indeks bias cairan dapat menggunakan persamaan pembentukan lensa sebagai berikut

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (4)$$

Sehingga lensa zat cair berbentuk lensa plan konkaf, maka jari-jari zat cair tersebut meliputi R untuk sisi konkaf dan tak hingga ( $\infty$ ) untuk sisi datar lensa.

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{\infty} \right) \quad (5)$$

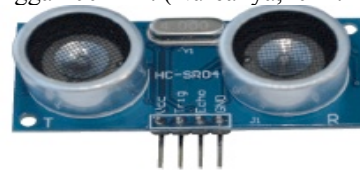
Jari-jari lensa zat cair untuk lensa konkaf memiliki nilai yang sama dengan jari-jari lensa positif karena kedua lensa tersebut saling

bersentuhan. Cairan yang terbentuk lensa plan konkaf maka jarak fokus lensa zat cair ( $f_2$ ) dan jari-jari keduanya bernilai negatif. Berdasarkan persamaan (5) nilai indeks bias cairan dapat diperoleh melalui persamaan:

$$n = 1 + \frac{R}{f_2} \quad (6)$$

(Serway & Jewett, 2010: 78-79)

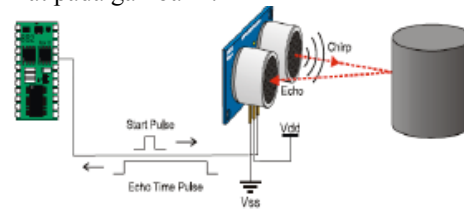
Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya pada daerah gelombang suara dari 40 KHz hingga 400KHz. (Nurchahya,2014: 1)



Gambar 4. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Ultrasonik modul umumnya berbentuk papan elektronik ukuran kecil dengan rangkaian elektronik dan 2 buah *transducer*. Dari 2 buah transducer ini, salah satu berfungsi sebagai pemancar dan satu lagi menjadi receiver sekaligus. Tersedia pin VCC, TRIG, ECHO dan GND.

Prinsip kerja sensor ultrasonik ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 5. Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik

Ultrasonik modul ini bekerja dengan cara menghasilkan gelombang suara pada frekuensi tinggi yang dipancarkan oleh bagian transmitter. Pantulan gelombang yang mengenai benda di depannya akan ditangkap oleh receiver. Lamanya waktu antara dipancarkannya gelombang suara sampai ditangkap kembali dapat dihitung jarak benda yang ada di depan modul tersebut. (Setiawan, 2014:58).

*Arduino Uno* adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital input atau output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input *analog*, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung

mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya.



Gambar 6. Board Arduino Uno

Tabel 2. Tabel Deskripsi Arduino Uno

Microcontroller	ATmega328
Operasi Voltage	5 V
Input Voltage	7-12(rekomendasi)
Input Voltage	6-20 (limits)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
Arus	50 mA
Flash Memory	32 KB
Bootloader	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 Mhz

(<https://www.arduino.cc>)

*Microcontroller* yang digunakan pada arduino uno sendiri jenis ATmega328, sebagai otak dari pengendalian sistem alat. Arduino uno sendiri merupakan kesatuan perangkat yang terdiri dari berbagai komponen elektronika dimana penggunaan alat sudah dikemas dalam kesatuan perangkat yang dibuat oleh produsen untuk diperdagangkan. Arduino uno dapat dibuat sebuah sistem atau perangkat fisik menggunakan *software* dan *hardware* yang sifatnya interaktif yaitu dapat menerima rangsangan dari lingkungan dan merespon balik. Konsep untuk memahami hubungan yang manusiawi antara lingkungan yang sifat alaminya adalah analog dengan dunia digital disebut dengan *physical computing*. Pada prakteknya konsep ini diaplikasikan dalam desain alat atau proyek-proyek yang menggunakan sensor dan *microcontroller* untuk menerjemahkan input analog ke dalam sistem *software* untuk mengontrol gerakan alat-alat elektro-mekanik.

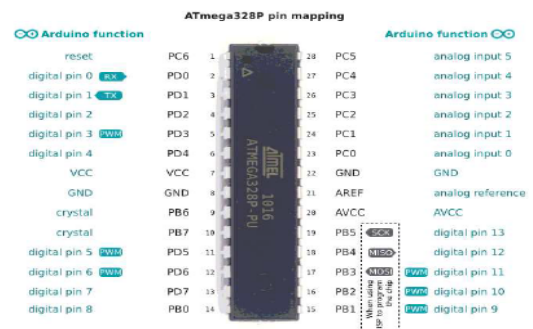
Arduino dikatakan *open source* karena sebuah *platform* dari *physical computing*. *Platform* di sini adalah sebuah alat kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan IDE (*Integrated Development Environment*) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*. Arduino, selain

itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) untuk bisa disambungkan dengan arduino (Kristianto, 2013).

Komponen utama di dalam papan arduino adalah sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. ATmega328 mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

Mikrokontroler ATmega328 memiliki arsitektur Harvard, dimana memori untuk kode program dan memori untuk data dipisahkan sehingga dapat memaksimalkan kerja dan parallelism. Instruksi-instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi-instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus clock.

Konfigurasi pin di ATmega328 dapat dilihat di gambar 7



Gambar 7. Konfigurasi Pin ATmega328

(Saputro, 2016: 19)

Arduino Uno dapat diprogram dengan menggunakan *software* Arduino. *Software* ini bisa didapatkan secara gratis dari website resmi Arduino. *Software* Arduino yang akan digunakan adalah *driver* dan IDE. IDE Arduino adalah *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java IDE Arduino terdiri dari:

- *Editor* program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*.
- *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *processing*) menjadi kode biner. Sebuah *microcontroller* tidak akan bisa memahami bahasa *processing*, *microcontroller* hanya bisa memahami kode biner. Oleh sebab itu *compiler* diperlukan dalam hal ini.

- *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam *memory* di dalam papan Arduino (Astari, 2013)

## 2.2. Prinsip Kerja Alat

Pada percobaan penentu indeks bias cairan dibantu dengan sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler ATmega328 diperlukan sumber cahaya titik, lensa datar, lensa cembung dan zat cair yang akan dicari indeks biasnya. Menentukan indeks bias tersebut dengan cara pengukuran 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 dibiaskan 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 ini menggunakan sensor ultrasonik sebagai alat ukur jarak digital.

Menentukan indeks bias cairan ( $n$ ) dengan cara meletakkan cairan di antara cermin datar dan lensa cembung (positif). Jarak bayangan paling jelas yang ditangkap layar merupakan jarak fokus gabungan antara lensa positif dengan lensa zat cair ( $f_{gab}$ ). Setelah diketahui jarak fokus lensa positif ( $f_1$ ), dan lensa gabungan ( $f_{gab}$ ) maka dapat ditentukan jarak fokus lensa zat cair ( $f_2$ ). Jarak fokus zat cair ( $f_2$ ) dan jari-jari lensa zat cair (sama dengan jari-jari lensa positif) dapat digunakan untuk mencari indeks bias cairan.

## 2.3. Hasil Diskusi

Pada penelitian ini menggunakan cairan Aquades, NaCl 5%, Glukosa 5% dan Fruktosa 5%. Menggunakan persamaan indeks bias maka diperoleh hasil penelitian indeks bias masing-masing cairan sebagai berikut:

Tabel 3. Indeks Bias Masing-Masing Cairan

No.	Zat Cair	Indeks Bias	Teori
1	Aquades	(1,331±0,004)	1,333
2	NaCl 5%	(1,338±0,002)	1,3418
3	Glukosa 5%	(1,336±0,003)	1,3402
4	Fruktosa 5%	(1,337±0,006)	1,3402

Hasil penelitian membuktikan bahwa indeks bias hasil pengukuran menunjukkan nilai yang tidak jauh menyimpang dari indeks bias literatur. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi penyimpangan hasil pengukuran ini diantaranya temperatur dan kekentalan zat cair. Indeks bias

zat cair juga dipengaruhi oleh kerapatan dari medium yang dilalui, juga merupakan fungsi dari konsentrasi zat cair.

Molekul-molekul dan atom-atom yang terkandung di dalamnya akan menyerap dan meradiasi ulang cahaya tersebut pada frekuensi yang sama tetapi laju gelombangnya berbeda. Cahaya yang diradiasikan kembali oleh molekul-molekul dan atom-atom tersebut mengalami ketertinggalan fase dibandingkan dengan gelombang datang, sehingga dalam waktu yang sama gelombang yang dilewatkan tidak berjalan di dalam medium sejauh gelombang datang aslinya sehingga kecepatan gelombang yang dilewatkan lebih kecil dari pada kecepatan gelombang datang. Semakin besar konsentrasi larutan, maka semakin besar pula jumlah molekul dan atomnya yang berinteraksi dengan gelombang cahaya, sehingga ketertinggalan fase yang dialami oleh gelombang datang semakin besar. Hal ini berarti bahwa laju cahaya semakin kecil seiring dengan bertambahnya konsentrasi larutan.

## 3. Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil percobaan tersebut diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar viskositas zat cair maka indeks bias cairan tersebut juga semakin besar. Faktor lain yang sangat berpengaruh dalam menentukan indeks bias pada percobaan ini adalah faktor ketelitian menentukan fokus yang paling terang sehingga berpengaruh pada jarak bayangan yang diukur. Hal ini dapat dilihat dari persentase kesalahan pada pengukuran, semakin kecil persentase kesalahan pengukuran maka semakin akurat data yang dihasilkan.

### Saran

Alat penentu indeks bias cairan dibantu dengan sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler ATmega328 perlu dikembangkan lebih lanjut sehingga ketelitian jarak dapat lebih akurat.

### Daftar Pustaka

- Astari, Sutris, 2013, *Kran Wudhu Berbasis Arduino Atmega328*. FT Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjung Pinang.
- Ichwan, Muhammad, 2013. Penggunaan Prototipe Sistem Pengendalian Peralatan Listrik Pada

- Platform Android. *Jurnal informatika*, vol 4 no 1, pp 16.
- Kristianto, Eko, 2013, *Monitoring Suhu Jarak Jauh Generator AC Berbasis Mikrokontroler*. FT Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta
- Nurchaya, Arif. (2014). *Sensor Ultrasonik SR 04 untuk Mendeteksi Banjir*. STIMIK AMIKOM, Yogyakarta
- Saputro, Eko, 2016, *Rancang Bangun Pengaman Pintu Otomatis Menggunakan E-KTP Berbasis Mikrokontroler ATmega328*. FT Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Serway dan Jewwet, 2010. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika
- Tipler, Paul A, 2001, *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga
- Setiawan, Dedi, 2014, Rancang Bangun Alat Pembuka dan Penutup Tong Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol 1 no 1, pp 58.
- Zamroni, Achmad, 2013, Pengukuran Indeks Bias Zat Cair Melalui Metode Pembiasan Menggunakan Plan Paralel. *Jurnal Fisika*, vol 3 no 2, pp 108.
- <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>