

RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR JARAK BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN SENSOR ULTRASONIK

Adilla Safna Arum, Fadhil Muhammad Kadavi, Yhoga Putra Pratama, Friska Ayu Fitrianti Sugiono*

Department of Mechanical Engineering, Politeknik Negeri Semarang,
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, 50275, Semarang, Indonesia

*friskaayufs@polines.ac.id

Abstract

Instrument equipment is part of the equipment installed on the tool intended to find out and get the desired data from an activity. One of the important instrument equipment in various fields is the measuring instrument. A jarak measuring instrument is basically a tool to find out how much distance or how long the distance is from an object. The need for measuring instruments used and having high accuracy encourages the creation of more measuring instruments. The purpose of this study is the development of a prototype distance measuring instrument based on Arduino uno microcontroller using ultrasonic sensor HC-SR04. This ultrasonic sensor uses the speed of sound to measure the distance with a magnitude of 340 m/s, thus knowing the time between sending the signal and receiving the signal so that the distance between the transmitter and the receiving object can be calculated. The distance measurement data will then be displayed on a 16 x 2 liquid crystal display for easy reading. This design is controlled through the Arduino Uno R3 kit based on ATMEGA 328 P which is implemented in an acrylic plastic plate as a place for the circuit. The test results from the distance measurement instrument research have a measurement error value range of 0% - 0.067%, so it can be said that the distance measuring instrument from this study has a high accuracy value.

Keywords: Arduino uno R3, distance measuring instrument, sensor HC-SR04

1. Pendahuluan

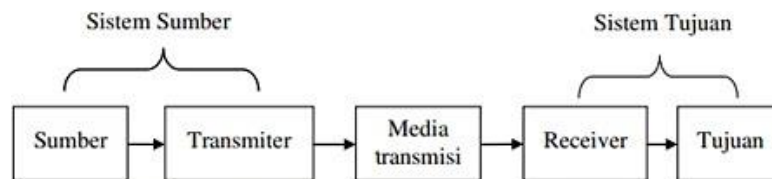
Pengukuran adalah satu bentuk aktivitas membandingkan suatu besaran yang diukur dengan alat ukur. Pengukuran merupakan suatu hal yang penting segala sesuatu yang berbentuk pasti terdapat ukurannya, baik itu dalam Panjang, tinggi, berat, volume, ataupun dimensi dari suatu objek. Penentuan besaran dimensi atau kapasitas, biasanya terdapat suatu standar satuan ukuran tertentu. Pengukuran tidak hanya terbatas pada kuantitas fisik. Sesuatu yang dapat diukur dan dinyatakan dalam angka disebut besaran, sedangkan pembanding dalam suatu pengukuran disebut satuan. Satuan yang digunakan dalam melakukan pengukuran dengan hasil yang sama atau tetap untuk semua orang disebut satuan baku, sedangkan satuan yang digunakan untuk melakukan pengukuran dengan hasil yang tidak sama disebut juga satuan tidak baku.

Ilmu pengetahuan dan teknologi berhubungan erat dengan pengukuran, oleh karena itu tidak bisa dipisahkan satu sama lain. Berbagai penelitian berbasis teknologi digital lebih banyak dilakukan sehingga mempermudah pekerjaan manusia, salah satunya dengan menggunakan sensor *ultrasonic*. Gelombang ultrasonik adalah gelombang dengan besar frekuensi diatas frekuensi gelombang suara yaitu lebih dari 20 KHz. Seperti yang telah disebutkan bahwa sensor ultrasonik terdiri dari rangkaian pemancar yang disebut transmitter dan rangkaian penerima ultrasonik yang disebut receiver. Sinyal ultrasonik dibangkitkan akan dipancarkan oleh transmitter *ultrasonic*. Ketika sinyal mengenai benda penghalang, maka sinyal ini dipantulkan, dan diterima oleh receiver ultrasonik. Sinyal yang diterima oleh rangkaian receiver dikirimkan ke rangkaian mikrokontroler untuk selanjutnya diolah untuk menghitung jarak terhadap benda didepannya (bidang pantul)[1].

Alat ukur jarak merupakan salah satu alat ukur yang sering digunakan dalam kehidupan sehari – hari, berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperlukan alat ukur yang mudah digunakan, baik pemakaian maupun pembacaan hasilnya. Alat ukur yang ada saat ini masih banyak yang menggunakan alat manual. Belum ada layar penampil untuk menampilkan hasil pengukuran secara langsung sehingga kesalahan pembacaan nilai ukur bisa saja terjadi.

Prinsip kerja lamanya waktu untuk sensor pulsa (positif) high pada P1.0 setelah sensor melakukan trigger. Sensor PING menggunakan satu pin sebagai masukan dan keluaran. Telah dilakukan pengukuran jarak dengan memposisikan sensor dengan objek (berupa air, kayu, benda mati, dan kapas). Satuan pengukuran sentimeter dengan resolusi adalah satu sentimeter. Aplikasi pengukur jarak dengan pemanfaatan metode modulasi dua gelombang menjadi satu. Pada penelitian merujuk pada landasan teori tentang alat ukur jarak, modulasi, gelombang bunyi dan transduser ultrasonik [2]

1. Alat Ukur Jarak Pengukuran jarak merupakan basis dalam pemetaan. Pengukuran jarak dalam pemetaan dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu pengukuran jarak dengan pita ukur, pengukuran jarak dengan cara optis dan pengukuran jarak dengan cara elektronis[3]. Prinsip dasar dari sistem alat ukur jarak adalah suatu cara untuk sebuah pertukaran data dari kedua pihak yang dijadikan sebagai pengukur jarak. Pada Gambar 1 dijelaskan sebuah contoh sistem alat ukur jarak sederhana.



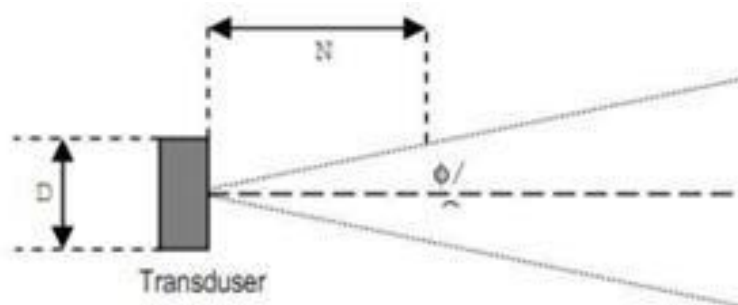
Gambar 1. Blok diagram model alat ukur jarak sederhana

2. Modulasi Proses modulasi terjadi dengan melakukan variasi pada salah satu besaran karakteristik dari sinyal pembawa (yang berfrekuensi tinggi) seirama dengan sinyal data (yang berfrekuensi rendah). Sinyal pembawa yang telah dimodulasikan ini disebut sinyal termodulasi. Sinyal data disebut juga sinyal pemodulasi. Alat, di mana proses modulasi ini terjadi, disebut juga modulator. Secara garis besar modulasi terbagi menjadi modulasi analog dan modulasi digital. Perbedaan mendasar antara modulasi analog dan digital terletak pada bentuk sinyal informasinya. Pada modulasi analog, sinyal informasinya berbentuk analog dan sinyal pembawanya analog. Sedangkan pada modulasi digital, sinyal informasinya berbentuk digital dan sinyal pembawanya analog[4]
3. Teori Dasar Gelombang Bunyi Gelombang adalah suatu gejala terjadinya penjalaran suatu gangguan melewati suatu medium, dimana setelah gangguan itu lewat keadaan medium akan kembali ke keadaan semula, seperti sebelum gangguan itu datang [5]. Gelombang bunyi (gelombang ultrasonik) merambat di udara dengan kecepatan tertentu. Untuk itu waktu yang dibutuhkan oleh gelombang tersebut untuk merambat dari transmitter ke suatu sasaran/obyek dan kembali lagi ke receiver dapat digunakan untuk menentukan jarak. Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal, yaitu gelombang yang terdiri atas partikel-partikel yang berosilasi searah dengan gerak gelombang tersebut, membentuk daerah bertekanan tinggi dan rendah (rapatan dan renggangan)[6]. Bunyi memiliki hubungan antara suatu kecepatan perambatan (C) dalam m/det, dan frekuensi (f) dalam Hertz, serta dari panjang gelombang (λ) dalam m. Secara matematis hubungan tersebut dinyatakan sebagai:

$$C = f \cdot \lambda$$

Kecepatan perambatan radiasi gelombang elektromagnetik berupa konstanta $C = 3 \times 10^8$ m/det, akan tetapi kecepatan perambatan gelombang ultrasonik bervariasi tergantung dari dua faktor media yang dilaluinya yaitu kerapatan media dan tekanan media [7].

4. Transduser Ultrasonik Gelombang ultrasonik adalah gelombang yang timbul akibat getaran mekanik dengan frekuensi diatas batas ambang pendengaran manusia yakni diatas 20 KHz [8]. Transduser merupakan alat yang dapat mengubah suatu bentuk besaran energi ke bentuk besaran energi yang lain. Umumnya transduser bekerja mengubah energi listrik menjadi mekanik atau mengubah besaran bukan listrik (seperti temperatur, bunyi dan cahaya) akan menjadi suatu sinyal listrik. Transduser ultrasonik terdiri dari dua buah kristal piezoelectric yang digunakan sebagai pemancar serta penerima dari gelombang *ultrasonic*[9]. Pola radiasi yang dipancarkan melalui transduser yang berada didepannya tergantung pada diameter transduser dan panjang gelombangnya sehingga transduser yang sama dapat memiliki pola radiasi yang berlainan jika medium yang dilalui juga berlainan[10]. Pola radiasi suatu transduser ultrasonik merupakan gabungan antara gelombang bidang datar (bergerak hanya ke satu arah) dan gelombang bola seperti ditunjukkan gambar 2.



Gambar 2. Pola Radiasi Gelombang Ultrasonik

Tujuan penelitian ini adalah merancang sebuah alat ukur jarak digital untuk mengatasi masalah yang dialami pada saat membaca titik yang terukur pada alat ukur manual serta hasil dari pengukuran tersebut dapat ditampilkan pada layar LCD, Untuk itu akan dirancang bangun suatu alat yang mampu melakukan pencatatan secara otomatis. Dengan prototype ini alat ukur jarak digital menggunakan sensor *ultrasonic* HC-SR04 dan Arduino Uno dapat mengatasi masalah yang dialami pengguna yang kesulitan membaca titik ukur pada alat ukur manual serta mampu menghemat waktu dengan melakukan pengukuran dan pencatatan secara otomatis.

2. Material dan Metodologi

Penelitian (Research), alat ini membutuhkan tenaga portable sehingga dapat digunakan dimana saja. Mikrokontroler yang digunakan harus berukuran kecil sehingga dapat menghemat tempat. Sensor yang digunakan harus dapat mendeteksi jarak dengan akurat. Hasil pembacaan sensor harus dapat ditampilkan dan mudah dilihat. Pemilihan komponen terbagi menjadi tiga yaitu komponen masukan atau *input*, keluaran atau *output*, dan pemrosesan. komponen masukan yaitu sensor ultrasonik HC-SR04. Komponen pemrosesan yaitu mikrokontroler Arduino Uno. Komponen keluaran yaitu berupa layar LCD 16x2 i2C.



Gambar 3. Sensor *Ultrasonic* HC-SR04

Ultrasonic HC-SR04 adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip gelombang suara dan mampu mendeteksi keberadaan objek tertentu di depannya, serta jarak objek dari dirinya sendiri. Dimana sensor ini akan memancarkan gelombang suara dan akan menerima gelombang suara kembali yang dapat dikonversi ke satuan jarak. Sensor ultrasonik terdiri dari dua bagian yaitu rangkaian pemancar gelombang ultrasonik dan rangkaian penerima gelombang ultrasonik. Kecepatan gelombang radio sesuai dengan kecepatan suara. Gelombang terpancar adalah gelombang yang frekuensinya di atas jangkauan pendengaran manusia. Frekuensi operasinya berada di atas gelombang suara, yaitu 40 kHz hingga 400 kHz. Seperti namanya, sensor ultrasonik adalah Modul Pengukuran Ultrasonik HC-SR04. Modul sensor ultrasonik yang digunakan dapat mengukur jarak hingga 400 cm. Sensor bekerja ketika menerima tegangan 5 V dan memicu sesuai dengan kebutuhannya. Karena modul sensor ultrasonik tidak aktif saat menerima tegangan dibawah 5V atau diatas 5V [11].

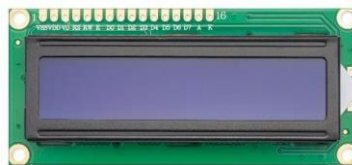
$$d = v * t / 2 \quad (3)$$

Persamaan menunjukkan jarak yaitu *distance* (d) dapat diketahui dengan menghitung durasi gelombang *ultrasonik* (t) dan mengalikan dengan kecepatan suara (v) dibagi 2. kecepatan suara (v) disini merupakan konstanta cepat rambat suara pada medium udara yaitu 343 m/detik. Durasi waktu tempuh gelombang *ultrasonik* merupakan durasi gelombang untuk memancar dan memantul kembali ke sensor, sedangkan durasi yang dibutuhkan adalah durasi dimana gelombang suara sampai ke objek yang akan diukur, oleh karena itu maka durasi gelombang *ultrasonik* harus dibagi 2. Pengkondisian sinyal diperlukan dalam pembangkitan ultrasonik. Dalam penelitian ini pulsa di trigger 10 s dan akan membangkitkan paket gelombang *ultrasonik* (8 siklus) dengan kecepatan rambat 340 m/s atau 0,034 cm/s dan echo akan diterima oleh sensor, hal ini sesuai dengan desain perangkat HC-SR04 (lihat Gambar 3). Jadi untuk menempuh jarak 10 cm kira-kira gelombang akan merambat dalam waktu 294 s, sedangkan jarak transduser ke obyek bisa dihitung dari $s = (t.vgel)/2$.



Gambar 4. Arduino Uno R3

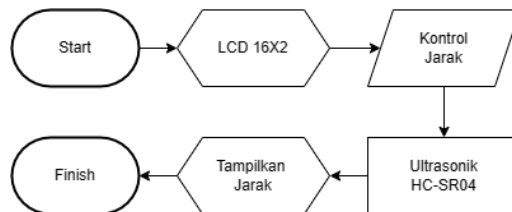
Arduino Nano, mikrokontroler ini mempunyai 14 digital input/output yang 6 diantaranya dapat digunakan sebagai pulse width modulation (PWM). Mikrokontroler ini memiliki osilator kristal dengan kecepatan 16 MHz dan memiliki koneksi USB untuk mengunggah program kedalamnya[12].



Gambar 5. Liquid Crystal Display 16x2

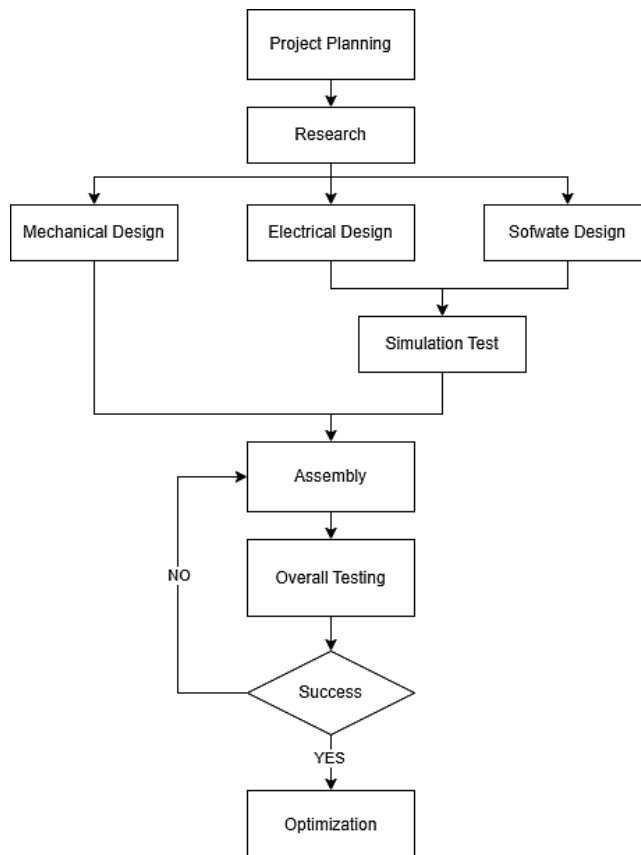
Liquid crystal display (LCD), LCD merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menampilkan suatu ukuran besaran atau angka, sehingga dapat dilihat dan diketahui melalui tampilan layar kristalnya. LCD yang digunakan berukuran 16 x 2 karakter sehingga dapat menampilkan informasi sebanyak 2 baris dan masing-masing baris dapat menampilkan 16 karakter. **Desain Sistem Mekanik (*Mechanical Design*)**, perancangan sistem mekanik alat yang dibangun dengan

menggunakan akrilik sebagai wadah atau *casing* dari alat. **Desain Sistem Listrik (*Electrical Design*)**, desain sistem kelistrikan dibuat untuk memenuhi kebutuhan setiap komponen yang digunakan. Desain kelistrikan yang dibuat menggunakan daya yang dihubungkan langsung ke mikrokontroler dengan kabel usb. Mikrokontroler kemudian mendistribusikan daya yang dibutuhkan ke setiap komponen yang digunakan. **Desain perangkat lunak (*Software Design*)**, cara kerja sistem dari alat ini yaitu ada tahapan input dimana input tersebut adalah kontrol jarak, yang kemudian diproses arduino uno dan sensor *ultrasonic* dan menghasilkan output berupa tampilan jarak yang sudah diproses. Flowchart dari perangkat lunak yang digunakan ada pada Gambar 6.



Gambar 6. *Flowchart* dari perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini

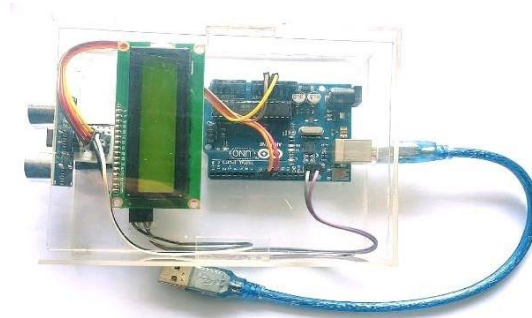
Flowchart menunjukkan sistem yang diawali dengan menampilkan informasi dasar di LCD. Sistem kemudian mendapatkan *input* dari sensor jarak. *Input* yang diterima kemudian dikonversi dan ditampilkan pada LCD. Metode yang digunakan untuk merancang alat pengukur jarak berbasis arduino yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik ditunjukkan flowchart berikut. Flowchart dijelaskan sebagai berikut **Project Planning**, spesifikasi dan kebutuhan perangkat keras maupun lunak yang akan digunakan dalam Rancang Bangun Alat Pengukur Jarak Berbasis Arduino Uno dengan Sensor Ultrasonik.



Gambar 7. *Flowchart* penelitian

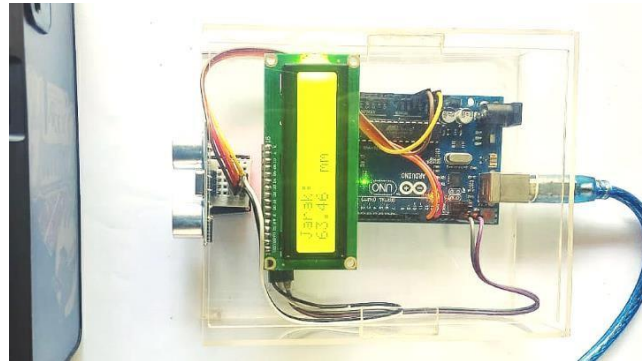
3. Hasil dan pembahasan

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini telah dirangkai dan terprogram pada komponen mikrokontroler Arduino Uno R3 yang digunakan untuk mengukur jarak dengan menggunakan sensor Ultrasonic HC-SR04 yang telah terintegrasi. Hasil yang pertama terlihat adalah alatnya tersendiri yang telah diteliti dan dirangkai sesuai tahapan sebelumnya, untuk itu alat yang telah selesai bisa dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Hasil Alat Penelitian

Gambar 6 menunjukkan semua rangkaian yang telah dirakit dan telah menjadi sebuah alat pengukuran jarak. Alat ini memiliki dimensi panjang, lebar, dan tinggi: 15 cm x 11 cm x 4 cm. Mekanisme kerja alat pengukuran jarak ini dimulai dari memberikan tegangan pada mikrokontroler Arduino Uno R3 melalui kabel USB Arduino Uno yang dihubungkan pada sumber arus listrik. Setelah semuanya terhubung daya, maka sistem pada layar Liquid Crystal Display akan otomatis menyala, dan sensor *Ultrasonic* HC-SR04 akan mengirimkan gelombang *ultrasonic* menuju obyek atau benda yang berada di depan sensor, sehingga secara langsung akan terjadinya pantulan gelombang



ultrasonic antara sensor dan obyek yang ada di depan sensor. Setelah sensor menerima pantulan gelombang *ultrasonic*, liquid crystal display secara langsung akan menampilkan ukuran jarak dari obyek tersebut dalam bentuk unit milimeter. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 9.

Gambar 9. Mekanisme Kerja Alat pengukuran Jarak

Sensor *Ultrasonic* berfungsi untuk mengukur jarak yang nantinya akan diolah oleh mikrokontroler pada Arduino Uno. Sensor *Ultrasonic* HC-SR04 memiliki batas minimum pengukuran pada jarak 30 mm dan batas maksimum pengukuran pada jarak 4000 mm. Dikarenakan apabila bidang pantul di dekatkan ke transmitter kurang dari 30 mm receiver tidak memiliki cukup ruang untuk sensor memantulkan gelombang *ultrasonic* nya, dan apabila bidang pantul dijauhkan lebih dari 4000 mm gelombang *ultrasonic* yang dipancarkan oleh sensor akan terganggu oleh gelombang suara, kelembapan, dan suhu lingkungan. Hal ini merupakan kekurangan dari sensor *ultrasonic* itu sendiri yang pengukurannya kurang presisi dalam jarak dekat kurang dari 30 mm dan jarak jauh lebih dari 4000 mm. pengujian

pengukuran pada penelitian ini dilakukan dengan memberikan jarak selebar 100 mm untuk setiap pengujian. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) dengan menyesuaikan jarak dari alat bantu mistar dan roll meter. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Alat Pengukur Jarak

No	Data	Sensor Pengujian	Akurasi %
1	30 mm	30 mm	0 %
2	100 mm	100 mm	0 %
3	200 mm	200 mm	0 %
4	300 mm	300 mm	0 %
5	400 mm	400 mm	0 %
6	500 mm	501 mm	0.002 %
7	600 mm	601.4 mm	0.0023 %
8	700 mm	701.7 mm	0.0024 %
9	800 mm	802.1 mm	0.0026 %
10	900 mm	903.4 mm	0.0037 %
11	1000 mm	1003.8 mm	0.0038 %
12	1100 mm	1104.2 mm	0.0038 %
13	1200 mm	1205.6 mm	0.0046 %
14	1300 mm	1307.2 mm	0.0055 %
15	1400 mm	1410.2 mm	0.0072 %
16	1500 mm	1512.6 mm	0.0084 %
17	1600 mm	1615.1 mm	0.0094 %
18	1700 mm	1721.2 mm	0.012 %
19	1800 mm	1832.0 mm	0.017 %
20	1900 mm	1936.8 mm	0.019 %
21	2000 mm	2064.2 mm	0.031 %
22	2200 mm	2276.5 mm	0.034 %
23	2500 mm	2590.4 mm	0.036 %
24	2800 mm	2902.2 mm	0.036 %
25	3000 mm	3180.7 mm	0.060 %
26	3300 mm	3484.5 mm	0.065 %
27	3500 mm	3704.2 mm	0.068 %
28	4000 mm	4312.1 mm	0.078 %

Hasil pengujian sensor dengan jarak 30-4000 mm yang dapat dilihat pada Tabel 1 yang merupakan hasil percobaan dari sensor ultrasonik HC-SR04, dengan jarak maksimal 400 mm sensor tidak mengalami error akan tetapi ketika melebihi jarak 500 mm error sudah mulai terlihat, nilai rentang 500-2000 mm error rata-rata 0.011 % akan tetapi masih di katakan akurat di karenakan toleransi penelitian 10 mm dan pada pengujian jarak 2000-3000 mm error rata-rata 0.039 % dengan toleransi pengujian 100 mm. Pada pengujian jarak 3000-4000 mm hasil nilai error rata-rata 0,067 %, yang lebih jelasnya peneliti buat tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Akurasi Pembacaan Sensor Jarak

No	Rentang Jarak (mm)	Akurasi Rata-Rata (%)
1	30 mm – 400 mm	0 %
2	500 mm – 2000 mm	0.011 %
3	2000 mm – 3000 mm	0.039 %
4	3000 mm – 4000 mm	0.067 %

Hasil dari tabel 3 merupakan hasil nilai rata-rata eror dari setiap pengujian dengan hasil nilai jarak 30 mm– 400 mm dengan nilai error 0 %. Pada pengujian sensor *ultrasonic* dengan jarak 500 mm – 2000 mm dengan nilai error

0.011%. Pengujian dilakukan dengan jarak 2000 mm – 3000 mm dengan nilai error 0.039%. Dan pengujian pada jarak 3000-4000 dengan nilai error 0.067 %.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil proses perancangan Prototype Alat pengukur jarak menggunakan sensor ultrasonik HC- SR04 dan berbasis arduino uno yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa sensor ultrasonic HC-SR04 dapat digunakan untuk mengukur benda dengan jarak 30 mm hingga 400 mm tanpa ada kesalahan pengukuran. Kesalahan hasil ukur akan semakin tinggi apabila jarak benda yang diukur semakin jauh dan penggunaan sensor HCSR-04 sudah cukup baik dalam pembacaan jarak dapat digunakan dengan catatan penggunaannya hanya untuk hal-hal yang tidak perlu akurasi yang terlalu tinggi. Rentang Akurasi sebesar 0 % - 0,078%

Daftar Pustaka

- [1] C. Tan, H. Ren, B. Li, J. Lu, D. Li, and W. Tao, "Design and analysis of a novel cascade control algorithm for braking-by-wire system based on electromagnetic direct-drive valves," *J. Franklin Inst.*, vol. 359, no. 16, pp. 8497–8521, 2022, doi: 10.1016/j.jfranklin.2022.09.006.
- [2] M. G. Bunyi, "JP2F, Volume 3 Nomor 2 September 2012," vol. 3, no. September, pp. 126–136, 2012.
- [3] R. Aminullah, "RANCANG BANGUN ALAT UKUR JARAK TEMPUH LOMPAT JAUH MENGGUNAKAN SENSOR HC-SR04 DENGAN OUTPUT WEBSITE," vol. 12, pp. 113–121, 2023.
- [4] H. A. Al-agele, H. Jashami, and C. W. Higgins, "Evaluation of novel ultrasonic sensor actuated nozzle in center pivot irrigation systems," *Agric. Water Manag.*, vol. 262, no. December 2021, p. 107436, 2022, doi: 10.1016/j.agwat.2021.107436.
- [5] R. A. Serway and C. Vuille, *College Physics, 11th Edition*. 2017.
- [6] A. Asok and K. Haribabu, "Journal Pre-proof," *Curr. Appl. Phys.*, 2023, doi: 10.1016/j.cap.2023.02.019.
- [7] Y. H. Ahmad *et al.*, "Highly porous PtPd nanoclusters synthesized via selective chemical etching as efficient catalyst for ethanol electro-oxidation," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 508, no. October 2019, p. 145222, 2020, doi: 10.1016/j.apsusc.2019.145222.
- [8] G. R. Huggett and L. E. Slater, "Precision electromagnetic distance-measuring instrument for determining secular strain and fault movement," vol. 29, pp. 19–27, 1975.
- [9] T. Kelistrikan and E. Instrumentasi, "Teknik Kelistrikan dan Elektronika Instrumentasi".
- [10] J. Huang, X. Wang, H. Wang, and H. Hao, "Development of a flow control valve with digital flow compensator," *Flow Meas. Instrum.*, vol. 66, no. July 2018, pp. 157–169, 2019, doi: 10.1016/j.flowmeasinst.2019.03.004.
- [11] J. Ozer and H. Blemings, *Cool Projects for Open Source Hardware Arduino*.
- [12] R. A. Najikh, M. H. H. Ichsan, and W. Kurniawan, "Monitoring kelembaban , suhu , intensitas cahaya pada tanaman anggrek," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 11, pp. 4607–4612, 2018.