

**PENGUKURAN GELOMBANG PASANG SURUT AIR LAUT DI
DAERAH CANTI LAMPUNG SELATAN DENGAN SENSOR
ULTRASONIK JENIS JSN-SR04T BERBASIS RASPBERRY PI**

(Skripsi)

Oleh

DHEA AMANDA

171704147



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGUKURAN GELOMBANG PASANG SURUT AIR LAUT DI DAERAH CANTI LAMPUNG SELATAN DENGAN SENSOR ULTRASONIK JENIS JSN-SR04T BERBASIS RASPBERRY PI

Oleh

Dhea Amanda

Penelitian ini dilakukan untuk menginvestigasi karakteristik gelombang pasang surut air laut di daerah Canti Lampung Selatan menggunakan sensor ultrasonik jenis JSN-SR04T yang diintegrasikan dengan mikrokontroler Raspberry Pi. Metode pengukuran non-invasif ini memberikan kemudahan dalam memantau perubahan tinggi air laut secara *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan variasi tinggi air laut yang signifikan selama periode tertentu, dengan puncak pasang surut yang tercatat pada waktu-waktu spesifik. Analisis statistik data mengungkapkan nilai tinggi air laut sebesar 176,98 cm dan nilai rendah air laut sebesar 0,21 cm.

Kata kunci: JSN-SR04T, Raspberry Pi dan Sensor Ultrasonik.

ABSTRACT

**MEASUREMENT OF TIDAL WAVE IN CANTI SOUTH LAMPUNG USING
ULTRASONIC SENSOR JSN-SR04T BASED ON RASPBERRY PI**

By

Dhea Amanda

This research was conducted to investigate the characteristics of tidal waves in the Canti area of South Lampung using the JSN-SR04T ultrasonic sensor integrated with a Raspberry Pi microcontroller. This non-invasive measurement method provides convenience in monitoring changes in sea level in real-time. The research results indicate significant variations in sea level during specific periods, with recorded high tide peaks at specific times. Statistical data analysis revealed a sea level high of 176,98 cm and a sea level low of 0,21 cm.

Keywords: *JSN-SR04T, Raspberry Pi and Ultrasonic Sensor.*

**PENGUKURAN GELOMBANG PASANG SURUT AIR LAUT DI
DAERAH CANTI LAMPUNG SELATAN DENGAN SENSOR
ULTRASONIK JENIS JSN-SR04T BERBASIS RASPBERRY PI**

Oleh

Dhea Amanda

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2023

Judul Skripsi

: **PENGUKURAN GELOMBANG PASANG
SURUT AIR LAUT DI DAERAH CANTI
LAMPUNG SELATAN DENGAN SENSOR
ULTRASONIK JENIS JSN-SR04T
BERBASIS RASPBERRY PI**

Nama Mahasiswa

: **Dhea Amanda**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1717041047

Program Studi

: Fisika

Fakultas

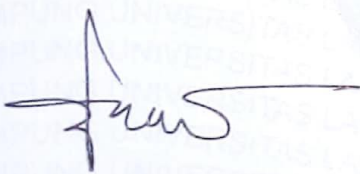
: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

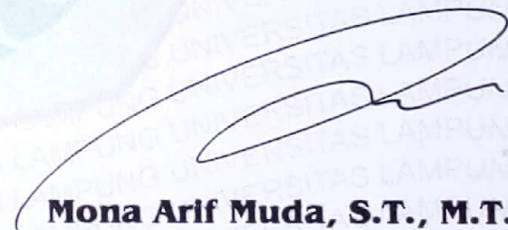
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

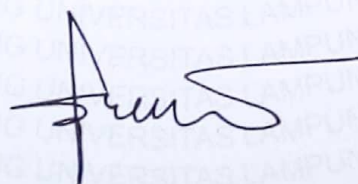


Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP 19801010 200501 1 002



Mona Arif Muda, S.T., M.T.
NIP 19711112 200003 1 002

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA



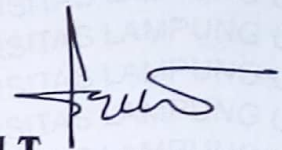
Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP 19801010 200501 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

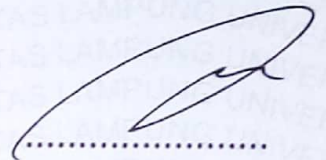
Ketua

: **Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**



Sekretaris

: **Mona Arif Muda, S.T., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**

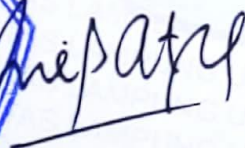


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP 19711001 200501 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **10 November 2023**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain. Kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 Oktober 2023



Dhea Amanda
NPM. 1717041047

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Dhea Amanda dilahirkan pada tanggal 30 Oktober 1999 di Sidodadi Kec. Kedaton Kota Bandar Lampung Provinsi Lampung. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara yang lahir dari pasangan Bapak Muhammad Nur dan Ibu Priyanti.

Penulis memulai pendidikan di Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Sidodadi pada tahun 2005-2011. Sekolah Menengah Pertama di SMP Wiyatama pada tahun 2011-2014, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Bina Mulya pada tahun 2014-2017. Pada tahun 2017, penulis menjadi Mahasiswa S1 di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung (Unila) yang diterima melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Dalam bidang organisasi, penulis pernah menjadi anggota Unit Robotika dan Otomasi (Uro) Unila (2018-2020). Pada tahun 2021, penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Fisika Inti dan Eksperimen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang berjudul “Pembuatan Alat Efek Fotolistrik Sederhana

Untuk Eksperimen Fisika”. Kemudian pada tahun 2022 penulis mengikuti program KKN (Kuliah Kerja Nyata) di Kelurahan Beringin Jaya, Kecamatan Kemiling, Bandar Lampung. Pada bulan Juli 2022 penulis melakukan penelitian terkait tugas akhir yang berjudul **“Pengukuran Gelombang Pasang Surut Air Laut Di Daerah Canti Lampung Selatan Dengan Sensor Ultrasonik Jenis JSN-SR04T Berbasis Raspberry Pi”** yang bertempat di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”.
(Q.S Al-Insyiroh : 6)

“Jika terhadap yang sedikit saja kamu masih gagal bersyukur, lantas bagaimana, jika Allah beri banyak.”
(Dhea Amanda)

“Sesibuk apapun kita jangan lupa pada prioritas utama yaitu keluarga dan pendidikan”.
(Dhea Amanda)

“Jika kuliah hanya teori, maka menjadi relawan adalah salah satu praktiknya. Semangat menebar kebaikan.”
(Dhea Amanda)

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan karya ini kepada:

Bapak Muhammad Nur dan Ibu Priyanti

Kedua orang tuaku yang tak pernah lelah untuk bekerja membiayai pendidikanku hingga saat ini, membesarkan, mengayomi, mendidikku untuk menjadi pribadi yang baik, dan selalu mendoakanku

Saudara dan Keluarga Besarku

Selalu memberikan motivasi dan mendoakanku

Sahabat-sahabatku

Selalu memberikan bantuan, semangat, serta nasihat untuk lebih baik lagi

dan

Almamater tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah subhanahu wata'ala karena dengan rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan hasil penelitian skripsi dengan judul "*Pengukuran Gelombang Pasang Surut Air Laut Di Daerah Canti Lampung Selatan Dengan Sensor Ultrasonik Jenis JSN-SR04T Berbasis Raspberry Pi*" ini dengan baik meskipun masih banyak kekurangan didalamnya. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar S1 dan melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua agar dapat menerapkan ilmu fisika bidang instrumentasi dalam kehidupan sehari-hari. Penulis juga menyadari sepenuhnya bahwa didalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 30 Oktober 2023

Dhea Amanda

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengukuran Gelombang Pasang Surut Air Laut Di Daerah Canti Lampung Selatan Dengan Sensor Ultrasonik Jenis JSN-SR04T Berbasis Raspberry Pi”**.

Penulis mengucapkan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Gurus Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Pembimbing I dan Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan, ilmu, serta nasehat dalam menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak Mona Arif Muda, S.T., M.T. selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, ilmu, serta nasehat untuk menyelesaikan skripsi ini;
3. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku Pembahas yang telah memberikan kritik dan saran untuk penulisan skripsi yang lebih baik;
4. Bapak Drs. Syafriadi selaku Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan selama proses perkuliahan;
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung;

6. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu bagi penulis;
7. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung atas segala bantuannya;
8. Bapak Muhammad Nur dan Priyanti, kedua orangtuaku untuk segala doa, kasih sayang, kesabaran dan perjuangan sebagai motivator yang terdepan dan terbaik;
9. Adikku Dinda Lestari yang selalu membantu mendoakan.
10. Sahabat-sahabatku Cindy, Fatimah, Salwa, Shafira, Salam, Pratama, Tegar, Kak Rama, Bung Iqbal dan seluruh keluarga besar KNPI Provinsi Lampung dan Relawan Pemuda Lampung;
11. Teman-temanku Farah Irena, Haris dan Nurul yang telah membantu dan menyemangati.
12. Serta semua pihak yang tidak penulis cantumkan, yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Penulis berdo'a semoga semua amal dan bantuan mendapatkan pahala serta balasan dari Allah Subhanahu wa Ta'ala dan semoga skripsi ini bermanfaat. Aamiin.

Bandar Lampung, 30 Oktober 2023

Penulis

Dhea Amanda

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xixx
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	20
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6

2.1	Penelitian Terkait	6
2.2	Sensor Ultrasonik	9
2.3	JSN-SR04T.....	11
2.4	Karakterisasi Air Laut	14
2.5	Arduino Uno.....	15
2.6	<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	17
2.7	Karakterisasi Instrumen.....	18
2.7.1	Akurasi	18
2.7.2	Ketidakpastian (<i>Uncertainty</i>)	18
2.7.3	Presisi (<i>Precision</i>)	18
2.7.4	<i>Repeatability</i>	18
2.7.5	Kejenuhan (<i>Saturation</i>)	20
2.7.6	Zona Mati (<i>Dead Band</i>)	218
2.7.7	Histerisis.....	22
2.7.8	Kalibrasi	22
2.7.9	Kesalahan Kalibrasi.....	23
2.7.10	Resolusi	24
2.7.11	<i>Reliability</i>	24
2.7.12	<i>Error</i>	24
2.7.13	Span (<i>Full Scale Input</i>) dan Keluaran Skala Penuh (<i>Full Scale Output</i>)	24
2.7.14	Linearitas dan Ketidaklinearan Sensor.....	25
2.8	Raspberry Pi	26
2.9	<i>Node.JS</i>	27
III.	METODE PENELITIAN	28
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.2	Alat dan Bahan	28
3.3	Prosedur Penelitian.....	29
3.4	Rancangan Data Hasil Penelitian	32
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Hasil Penelitian	34
4.2	Pengambilan Data	36

4.3	Analisis Data	38
4.4	<i>Noise</i> Sensor JSN-SR04T.....	42
4.5	Saran Penanggulangan <i>Noise</i> Pada Sensor JSN-SR04T	47
V.	SIMPULAN DAN SARAN	49
5.1	Simpulan.....	49
5.2	Saran.....	49
	DAFTAR PUSTAKA	50
	LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Ilustrasi pengukuran ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik.	7
Gambar 2.2 Implementasi sistem deteksi ketinggian air	7
Gambar 2.3 Implementasi sistem <i>tide gauge</i>	8
Gambar 2.4 Hasil perancangan alat	8
Gambar 2.5 Cara kerja sensor ultrasonik	10
Gambar 2.6 Sensor JSN-SR04T	12
Gambar 2.7 Prinsip pengukuran jarak dengan gelombang ultrasonik.....	13
Gambar 2.8 Arduino Uno	16
Gambar 2.9 LCD	17
Gambar 2.10 Akurasi.....	19
Gambar 2.11 <i>Repeatability error</i>	20
Gambar 2.12 Saturasi	21
Gambar 2.13 <i>Dead band</i>	21
Gambar 2.14 Histerisis	22
Gambar 2.15 Kesalahan Kalibrasi	23
Gambar 2.16 Linearitas dan ketidaklinearan.....	25

Gambar 2.17 Raspberry Pi.....	26
Gambar 2.18 Logo <i>Node.JS</i>	27
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	30
Gambar 3.2 Perancangan sistem.....	31
Gambar 4.1 Letak sensor dan konstruksi PUMMA Canti.....	35
Gambar 4.2 Sistem monitoring.....	35
Gambar 4.3 Website PUMMA Lampung.....	38
Gambar 4.4 Grafik ketinggian air pada tanggal 21-27 Oktober 2022	40
Gambar 4.5 Grafik ketinggian air pada tanggal 28 Oktober–03 November 2022.....	41
Gambar 4.6 Grafik ketinggian air pada tanggal 04 - 10 November 2022	42
Gambar 4.7 Grafik ketinggian air pada tanggal 11 Februari 2023	43
Gambar 4.8 Perkiraan cuaca pada tanggal 11 Februari 2023	43
Gambar 4.9 Grafik ketinggian air pada tanggal 12 Februari 2023.....	43
Gambar 4.10 Perkiraan cuaca pada tanggal 12 Februari 2023	44
Gambar 4.11 Grafik ketinggian air pada tanggal 13 Februari 2023	44
Gambar 4.12 Perkiraan cuaca pada tanggal 13 Februari 2023	45
Gambar 4.13 Grafik ketinggian air pada tanggal 14 Februari 2023.....	45
Gambar 4.14 Perkiraan cuaca pada tanggal 14 Februari 2023	45
Gambar 4.15 Grafik ketinggian air pada tanggal 15 Februari 2023	46
Gambar 4.16 Perkiraan cuaca pada tanggal 15 Februari 2023	46
Gambar 4.17 Grafik ketinggian air pada tanggal 16 Februari 2023.....	46
Gambar 4.18 Perkiraan cuaca pada tanggal 16 Februari 2023	47
Gambar 4.19 Menutup cover pada sensor JSN-SR04T	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi sensor ultrasonik JSN-SR04T	12
Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino uno R3	16
Tabel 2.3 Spesifikasi Raspberry Pi 4 Model B	27
Tabel 3.1 Data uji coba pengukuran ketinggian air menggunakan sensor JSN-SR04T	33
Tabel 4.1 Ketinggian air pada tanggal 21-27 Oktober 2022	40
Tabel 4.2 Ketinggian air pada tanggal 28 Oktober–03 November 2022.....	41
Tabel 4.3 Ketinggian air pada tanggal 04 - 10 November 2022	42

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sensor merupakan sebuah peralatan yang diperlukan untuk mendukung penerapan teknologi digital berbagai bidang. Karakteristik sensor yang hanya menghasilkan besaran-besaran analog menjadi tantangan tersendiri dalam menerapkan teknologi digital dengan menggunakan sensor. Secara umum semua sensor bekerja secara analog. Besaran yang dihasilkan oleh sensor adalah besaran analog, yaitu berupa arus listrik dengan nilai tegangan tertentu. Agar arus listrik yang dihasilkan sensor dapat diproses secara digital maka besaran tersebut harus diubah menjadi besaran digital (Adella, 2020).

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya (Yudha, 2017). Terdapat banyak jenis sensor ultrasonik. Salah satu jenis sensor ultrasonik adalah JSN-SR04T. JSN-SR04T merupakan sensor ultrasonik pengembangan dari sensor ultrasonik HC-SR04. Dimana mempunyai kelebihan seperti penambahan fitur tahan air sehingga dapat diaplikasikan pada tempat yang basah atau lembab. Sensor ini merupakan sensor kelas industri dengan pembacaan data yang stabil. Untuk jangkauan pembacaan sensor dari jarak 25-450 cm. Sensor dilengkapi dengan kabel sepanjang 2,5 m yang terhubung ke papan *breakout* yang mengontrol sensor dan melakukan semua pemrosesan sinyal. Hanya sensor yang tahan terhadap air dan untuk papan *breakout* tidak tahan terhadap air, sehingga pada bagian papan *breakout* perlu berhati-hati agar tidak terkena air karena jika terkena air akan mengalami kerusakan. Sensor jarak ini bekerja dengan mengirimkan gelombang ultrasonik. Gelombang ini dipantulkan kembali oleh suatu objek dan sensor mendeteksinya dengan menghitung waktu antara mengirim

dan menerima gelombang suara, sehingga didapatkan jarak antara sensor dan objek.

Penelitian sensor ultrasonik JSN-SR04T telah banyak dilakukan, seperti penelitian tentang Komparasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan JSN-SR04T untuk Aplikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air yang dilakukan oleh Purwanto, dkk (2019). Sensor ultrasonik HC-SR04 dan JSN-SR04T yang digunakan dalam penelitian ini dapat melakukan pengukuran ketinggian air dengan ketinggian yang bervariasi mulai dari 20 cm sampai dengan 100 cm. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata *error* pengukuran yang dihasilkan sensor ultrasonik JSN-SR04T lebih kecil bila dibandingkan sensor HC-SR04. Sensor ultrasonik JSN-SR04T menghasilkan rata-rata *error* pengukuran sebesar 1,28%, sedangkan sensor ultrasonik HC-SR04 menghasilkan rata-rata *error* pengukuran sebesar 2,48%. Dari hasil pengukuran menunjukkan sensor ultrasonik JSN-SR04T memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih bagus dibandingkan sensor ultrasonik HC-SR04.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, Sutanto (2019) telah berhasil membuat prototipe *tide gauge*. *Tide gauge* adalah alat yang digunakan untuk mengukur pasang surut air laut dan memiliki fungsi untuk mengkonfirmasi kejadian tsunami di suatu daerah. Komponen yang digunakan dalam penelitian ini berupa sensor JSN-SR04T, SEN0257 dan DSI8B20, SIM 900 sebagai modul komunikasi *wireless* serta mikrokontroler ATMEGA328 sebagai proses akuisisi dan pengolahan data. Pengujian sensor JSN-SR04T menggunakan *set point*, yaitu 50 cm, 100 cm, 150 cm dan 200 cm. Sensor ultrasonik mengukur perubahan muka air laut menggunakan pancaran sinyal ultrasonik.

Penelitian Pembuatan Sistem Pengendali Volume *Gasbag* pada *Plant Biogas*. Alat yang dirancang dapat mengukur jarak antara sensor dan permukaan *gasbag* dan mengkalkulasikannya ke dalam bentuk volume. Alat ini juga dapat mengendalikan *compressor* dengan mengatur *set point* yang ditentukan dari spesifikasi yang terdapat pada *gasbag*. Sensor ultrasonik JSN-SR04T yang terdapat pada alat yang dirancang memiliki tingkat kinerja yang baik dengan presentase *error* 0,79% dan standar deviasi 0,65 cm. Sedangkan sistem yang

dirancang memiliki tingkat kinerja yang baik untuk mengkalkulasikan volume dengan nilai presentase *error* 3,99% dan standar deviasi 0,18 cm (Sumardi, 2020).

Sugiharto (2019), melakukan penelitian tentang perancangan alat pendeteksi korban tenggelam yang efektif di sungai sesuai dengan ergonomi. Melalui pengolahan data *anthropometri* diperoleh hasil untuk perancangan alat yaitu tinggi pegangan 9,91 cm, lebar pegangan sisi luar 12,18 cm, lebar pegangan sisi dalam 7,95 cm. Pada uji coba alat pencarian korban tenggelam dapat mendeteksi objek dibawahnya dengan jarak 67 cm dan menampilkan kata terdeteksi ketika dilakukan uji coba dengan adanya objek di bawah permukaan air. Sedangkan, ketika melakukan uji coba tanpa menggunakan objek di bawah air, alat hanya menampilkan jarak minimal sensor yaitu 21 cm tanpa ada kata terdeteksi pada layar.

Berdasarkan pemaparan tersebut dilakukan penelitian untuk mengetahui karakterisasi sensor ultrasonik JSN-SR04T yang digunakan pada penelitian diatas. Penelitian ini dilakukan untuk mengukur kedalaman air laut dan karakterisasi yang digunakan adalah karakterisasi statis, seperti akurasi pada sensor, presisi pada sensor, dan faktor yang mempengaruhi terjadinya kesalahan pembacaan pada sensor serta data dari pabrik terkadang masih perlu diuji di lapangan bahkan tidak sama persis seperti *datasheet*. Sistem pengukuran pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler Raspberry Pi sebagai proses dan LCD untuk menampilkan hasil pengukuran pada penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mempermudah jalannya penelitian ini, maka diperlukan beberapa rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana membuat program dengan menggunakan mikrokontroler berbasis Raspberry Pi sehingga menghasilkan suatu sistem yang diinginkan?
2. Bagaimana hasil uji karakterisasi dari sensor ultrasonik jenis JSN-SR04T pada pengukuran kedalaman air laut?

3. Apakah faktor yang mempengaruhi terjadinya kesalahan pada sensor ultrasonik jenis JSN-SR04T?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang dirumuskan di atas, penelitian ini bertujuan sebagai berikut.

1. mengetahui program dengan menggunakan mikrokontroler berbasis Raspberry Pi sehingga menghasilkan suatu sistem yang diinginkan;
2. mengetahui hasil uji karakterisasi dari sensor ultrasonik jenis JSN-SR04T pada pengukuran kedalaman air laut;
3. mengetahui faktor yang mempengaruhi terjadinya kesalahan pada sensor ultrasonik jenis JSN-SR04T.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh pada penelitian ini sebagai berikut.

1. mengetahui faktor yang mempengaruhi terjadinya kesalahan pada sensor ultrasonik jenis JSN-SR04T;
2. memperoleh referensi baru tentang sains terkait sensor ultrasonik jenis JSN-SR04T yang dimanfaatkan sebagai mengukur kedalaman air laut.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. penelitian ini menggunakan mikrokontroler yaitu dengan Raspberry Pi yang akan diprogram menggunakan *software* Node-RED;
2. sensor ultrasonik yang digunakan jenis JSN-SR04T dengan menguji di kedalaman air laut dan dibandingkan dengan *datasheet*;

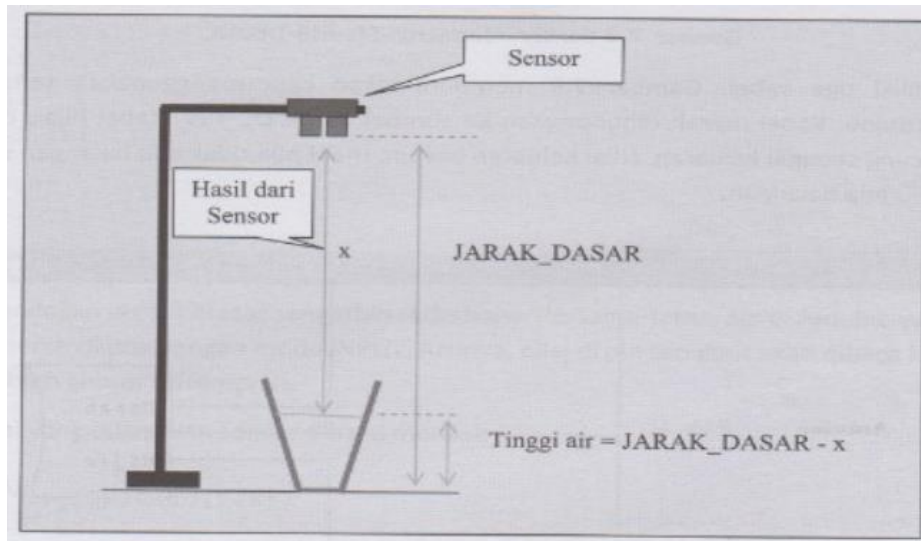
3. melakukan karakterisasi dengan menggunakan kedalaman air laut berkisar pada 20-200 cm.

II. TINJAUAN PUSTAKA

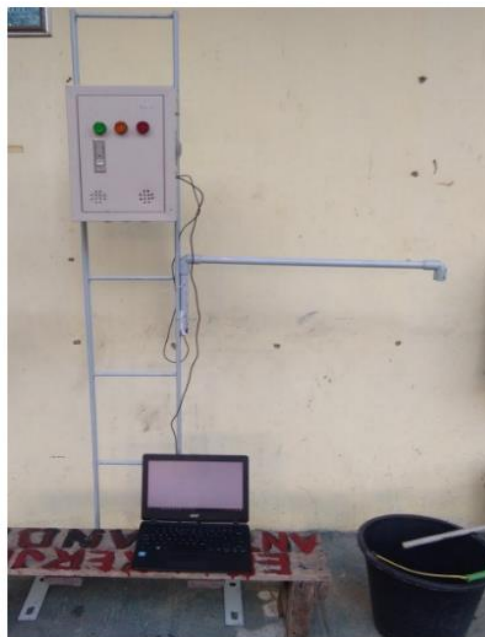
2.1 Penelitian Terkait

Penelitian yang berkaitan dengan sensor JSN-SR04T dilakukan Purwanto, dkk (2019) melakukan komparasi kinerja dari sensor ultrasonik agar tepat diaplikasikan pada sistem deteksi ketinggian air. Metode yang dilakukan yaitu pengukuran ketinggian air dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor ultrasonik JSN-SR04T. Pengukuran dilakukan pada posisi ketinggian yang bervariasi, mulai dari 20 cm sampai dengan 100 cm. Hasil pengukuran kedua sensor ultrasonik akan dibandingkan dengan pengukuran secara manual dengan menggunakan alat ukur (meteran) yang dihitung persentase (%) *error* dari kedua sensor tersebut.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja sensor ultrasonik JSN-SR04T lebih bagus bila dibandingkan dengan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor ultrasonik JSN-SR04T menghasilkan rata-rata *error* pengukuran sebesar 1,28%, sedangkan sensor ultrasonik HC-SR04 menghasilkan rata-rata *error* pengukuran sebesar 2,48 %. Dari hasil pengukuran menunjukkan sensor ultrasonik JSN-SR04T memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih bagus dibandingkan sensor ultrasonik HC-SR04. Ilustrasi dan implementasi sistem pengukuran ketinggian air ditunjukkan oleh Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Ilustrasi pengukuran ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik (Purwanto, dkk., 2019)



Gambar 2.2 Implementasi sistem deteksi ketinggian air (Purwanto, dkk., 2019)

Sutanto (2019), telah berhasil membuat prototipe *tide gauge*. *Tide gauge* adalah alat yang digunakan untuk mengukur pasang surut air laut dan memiliki fungsi untuk mengkonfirmasi kejadian tsunami di suatu daerah. Komponen yang digunakan dalam penelitian ini berupa sensor JSN-SR04T, SEN0257 dan DSI8B20, SIM 900 sebagai modul komunikasi *wireless* serta mikrokontroler ATMEGA328 sebagai proses akuisisi dan pengolahan data. Pengujian sensor

JSN-SR04T menggunakan *set point*, yaitu 50 cm, 100 cm, 150 cm dan 200 cm. Sensor ultrasonik mengukur perubahan muka air laut menggunakan pancaran sinyal ultrasonik. Implementasi sistem *tide gauge* diperlihatkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Implementasi sistem *tide gauge* (Sutanto, 2019)

Sugiharto (2019), melakukan penelitian tentang perancangan alat pendeteksi korban tenggelam yang efektif di sungai sesuai dengan ergonomi. Melalui pada pengolahan data *anthropometri* diperoleh hasil untuk perancangan alat yaitu tinggi pegangan 9,91 cm, lebar pegangan sisi luar 12,18 cm, lebar pegangan sisi dalam 7,95 cm. Pada uji coba alat pencarian korban tenggelam dapat mendeteksi objek dibawahnya dengan jarak 67 cm dan menampilkan kata terdeteksi ketika dilakukan uji coba dengan adanya objek di bawah permukaan air. Sedangkan, ketika melakukan uji coba tanpa menggunakan objek di bawah air, alat hanya menampilkan jarak minimal sensor yaitu 21 cm tanpa ada kata terdeteksi pada layar. Hasil perancangan alat pendeteksi korban tenggelam yang efektif di sungai ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Hasil perancangan alat (Sugiharto, 2019)

2.2 Sensor Ultrasonik

Sensor secara umum didefinisikan sebagai alat yang mampu menangkap fenomena fisika atau kimia kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik baik arus listrik maupun tegangan. Fenomena fisik yang mampu menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal listrik meliputi temperatur, tekanan, gaya, medan magnet cahaya, pergerakan dan sebagainya. Sementara fenomena kimia dapat berupa konsentrasi dari bahan kimia baik cairan maupun gas (Kusmadi, 2020).

Sensor ultrasonik merupakan sebuah sensor yang menggunakan gelombang suara sehingga sensor dapat dipakai di tempat-tempat dengan intensitas cahaya rendah (Budiarso dan Prihandono, 2015). Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya (Yudha, 2017).

Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan posisi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi atau >20 kHz. Bunyi ultrasonik tidak dapat didengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi ultrasonik bisa merambat melalui zat padat, cair dan gas (Sumardi, 2020). Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair namun, gelombang bunyi ultrasonik akan diserap oleh tekstil dan busa (Yudha, 2017).

Gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui *piezoelektrik* dengan frekuensi tertentu. *Piezoelektrik* akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40 kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target, maka gelombang dipantulkan kembali. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung

selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima (Kusmadi, 2020).

Menurut Baskoro (2021), sensor ultrasonik terdiri dari dua bagian, yaitu bagian *transmitter* dan bagian *receiver*. Kedua bagian ini terdiri dari kristal *piezoelektrik* yang dihubungkan dengan sebuah mekanik jangkar dan diafragma penggetar. Diafragma plat logam ini dihubungkan dengan pembangkit frekuensi dengan rentang frekuensi 40 kHz - 400 kHz. Struktur atom dan kristal *piezoelektrik* akan berkontraksi (mengikat), mengembang atau menyusut terhadap polaritas tegangan yang diberikan dan ini disebut dengan efek *piezoelektrik*. Prinsip pengambilan data pada sensor ultrasonik adalah dengan memancarkan gelombang ultrasonik oleh *transmitter*, kemudian gelombang tersebut terpantul oleh objek yang diukur dan kembali sehingga diterima oleh *receiver* pada waktu tertentu. Lamanya waktu yang dibutuhkan sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek, sehingga jarak sensor dengan objek dapat ditentukan persamaan berikut:

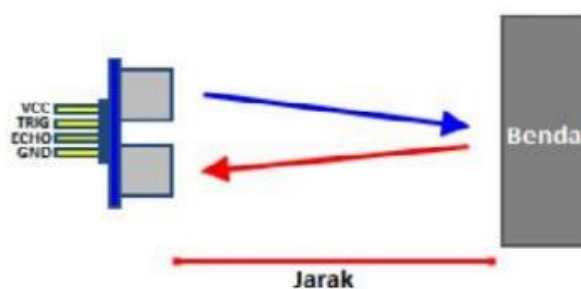
$$s = \frac{1}{2}vt \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan:

s = jarak (m);

v = kecepatan (m/s);

t = waktu tempuh (s).



Gambar 2.5 Cara kerja sensor ultrasonik

Gambar 2.5 menunjukkan skema cara kerja sensor ultrasonik dimana ketika diberikan tegangan positif pada pin *trigger* selama 10 μ s, maka sensor akan mengirimkan 8 *step* sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40kHz. Selanjutnya, sinyal akan diterima pada pin *echo*. Untuk mengukur jarak benda yang memantulkan

sinyal tersebut, maka selisih waktu ketika mengirim dan menerima sinyal digunakan untuk menentukan jarak benda tersebut (Sumardi, 2020).

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang bekerja dengan cara memancarkan suatu gelombang dan kemudian menghitung waktu pantulan gelombang tersebut. kelebihan sensor ini ialah hanya membutuhkan 1 sinyal (SIG), selain jalur 5 V dan *ground*. Sensor ultrasonik mendeteksi jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 kHz) kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor ultrasonik memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan kontrol dari mikrokontroler pengendali (Permana, 2015).

Menurut Rahmi (2015), sensor ultrasonik terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang disebut *transmitter* dan rangkaian penerima ultrasonik yang disebut *receiver*. Sinyal ultrasonik yang dibangkitkan akan dipancarkan dari *transmitter* ultrasonik. 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). Penjalaran gelombang adalah hubungan antara frekuensi, cepat rambat gelombang dan panjang gelombang dimana:

$$f = \frac{v}{\lambda} \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan:

f = frekuensi (Hz);

v = cepat rambat gelombang (m/s);

λ = panjang gelombang (m).

2.3 JSN-SR04T

JSN-SR04T adalah modul pengukuran jarak ultrasonik yang dapat mengukur jarak dari 20 cm sampai 600 cm, fungsi sensor jarak non-kontak dengan akurasi hingga 2 mm. JSN-SR04T mengadopsi desain *probe* ultrasonik terintegrasi tingkat industri tipe tahan air, dengan kinerja stabil (Sumardi, 2020). JSN-SR04T

dapat digunakan sebagai modem akustik bawah air yang kedap terhadap percikan air, serta arus maksimal 15 mA (Umayya, 2020). Sensor JSN-SR04T dapat dilihat pada Gambar 2.6.



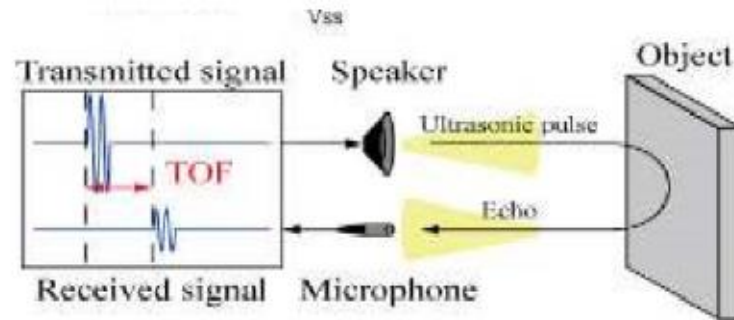
Gambar 2.6 Sensor JSN-SR04T

Untuk spesifikasi sensor ultrasonik JSN-SR04T dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi sensor ultrasonik JSN-SR04T

	Pulse width output/serial output
Operating voltage	DC 3,0 – 5,5 V
Working current	Less than 8 Ma
Probe frequency	40 kHz
Farthest range	600 cm
Recent range	20 cm
Distance accuracy	± 1 cm
Resolution	1 mm
Measuring angle	75 degree
Enter the trigger signal	1. 10 μ s above the TTL pulse 2. The serial port to send instructions 0x55
Output the echo signal	Output pulse width level signal or TTL
Wiring	3 – 5,5 V (power positive) Trig (RX) RX Echo (output) TX GND (power supply negative)
Product size	L42*W29*H12 mm
Operating temperature	-20°C + 70°C
Product color	PCB board is blue

Menurut Chobir (2017), prinsip kerja sensor jarak dengan gelombang ultrasonik adalah dengan mengirimkan gelombang tertentu dan kemudian menghitung waktu ketika diterima kembali oleh sensor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Prinsip pengukuran jarak dengan gelombang ultrasonik

Sensor ultrasonik JSN-SR04T dilengkapi dengan kabel sepanjang 2,5 m yang menghubungkan ke papan *breakout* yang mengontrol sensor dan melakukan semua pemrosesan sinyal. Perhatikan bahwa hanya sensor dan kabelnya yang tahan air, jika memasukkan air ke papan pelepas, sensor mungkin berhenti bekerja. Sensor jarak ultrasonik bekerja dengan mengirimkan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik ini dipantulkan kembali oleh suatu objek dan sensor ultrasonik mendeteksi mereka. Dengan menghitung berapa lama waktu yang berlalu antara mengirim dan menerima gelombang suara, dapat menghitung jarak antara sensor dan objek seperti persamaan di bawah ini:

$$s = v \cdot t \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan:

s = jarak (cm);

v = kecepatan (cm/ μ s);

t = waktu (μ s).

Dimana waktu adalah waktu antara mengirim dan menerima gelombang suara dalam mikrodetik. Perbedaan antara sensor JSN-SR04T dan HC-SR04 selain tahan air adalah bahwa sensor ini hanya menggunakan satu transduser ultrasonik. Transduser ini berfungsi baik sebagai pemancar dan penerima gelombang ultrasonik (Purwanto, 2019).

2.4 Karakterisasi Air Laut

Air laut merupakan air murni yang didalamnya terdiri dari 96,5% air dan 3,5% zat terlarut yang biasa disebut garam. Garam utama yang terkandung dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%), dan sisanya tidak sampai 1% terdiri dari bikarbonat, bromida, borak, strontium dan florida (Nybakken, 1992).

Air laut merupakan lingkungan yang korosif untuk logam, terutama karena resistivitas air laut sangat rendah ($\pm 25 \Omega\text{-cm}$) dibandingkan resistivitas air tawar ($\pm 4000 \Omega\text{-cm}$). Air laut memiliki tingkat keasaman lebih tinggi pada permukaan. Tingkat keasaman (pH) terbentuk karena kandungan 93% karbon anorganik berupa HCO_3^- , 6% berupa CO_3^{2-} dan 1% berupa CO_2 . Ion karbonat relatif tinggi pada permukaan dan hampir selalu jenuh dengan CaCO_3 (kalsium karbonat). Hal ini menyebabkan terjadinya pengendapan jenuh (*calcareous scale*) pada permukaan logam. Kandungan garam dan temperatur sangat menentukan penghantaran listrik pada air laut, yang merupakan salah satu faktor mempercepat terjadinya proses korosi. Pada kadar garam yang sama, kenaikan temperatur air laut menyebabkan daya hantar listrik air laut meningkat, sedangkan pada temperatur air laut yang sama dengan kadar garam yang meningkat menyebabkan hantaran listrik air laut naik (Sasono, 2010).

Karakteristik laut membahas tipologi dasar laut, zonasi vertikal dan horizontal lingkungan laut, dan masih berhubungan dengan sifat fisika kimia air. Adapun sifat fisika adalah mencakup massa jenis air laut, suhu, arus, gelombang dan pasang surut. Sedangkan sifat kimia air laut seperti pH, salinitas dan oksigen terlarut. Beberapa parameter penentu dalam menjelaskan sifat fisik dan kimia perairan, diantaranya adalah ketinggian dari permukaan laut, intensitas cahaya matahari yang diterima, musim, cuaca, kedalaman air, sirkulasi udara, dan penutupan awan (Sirajudin dan Naadya, 2022).

2.5 Arduino Uno

Mikrokontroler adalah suatu IC (*Integrated Circuit*) dengan kepadatan yang sangat tinggi, dimana semua bagian yang diperlukan untuk suatu kontroler sudah dikemas dalam satu keping. Mikrokontroler adalah komputer berukuran mikro dalam satu *chip* IC (*Integrated Circuit*) yang terdiri dari *processor*, *memory* dan antarmuka yang bisa diprogram. Jadi disebut komputer mikro karena dalam IC atau *chip* mikrokontroler terdiri dari CPU, *memory* dan I/O yang bisa kita kontrol dengan memprogramnya. I/O juga sering disebut dengan GPIO (*General Purpose Input Output Pins*) yang berarti pin yang bisa kita program sebagai *input* atau *output* sesuai kebutuhan (Kusmadi, 2020).

Arduino Uno ini memiliki perbedaan dengan papan-papan arduino yang lain, dimana pada versi-versi arduino sebelumnya digunakan *chip* FTDI USB-to-serial, namun pada Arduino Uno digunakan ATmega 8U2 yang diprogram sebagai *converter* USB-to-serial. Kata "UNO " merupakan bahasa Italia yang artinya adalah satu, dan diberi nama demikian sebagai penanda peluncuran Arduino 1.0. Arduino uno merupakan versi yang paling baru hingga saat ini dari kelompok papan Arduino USB. Arduino Uno bersama dengan Arduino 1.0 selanjutnya menjadi acuan untuk pengembangan Arduino versi selanjutnya (Zulius, 2017). Arduino merupakan platform dalam pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *opensource* baik pada perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang mudah digunakan (*fleksibel*). *Hardware*-nya menggunakan prosesor Atmel AVR (*Alf and Vegaard's Risc Processor*) ATmega 328 (Gunawan, 2017). Arduino mampu *men-support* mikrokontroler, dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB (Kusmadi, 2020).



Gambar 2.8 Arduino Uno

Untuk spesifikasi Arduino Uno dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno R3

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	Atmega328P
Tegangan operasi	5V
Tegangan Input yang disarankan	7-12V
Batas Tegangan Input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 diantaranya PWM)
Jumlah pin analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 Ma
Arus DC untuk pin 3,3 V	50 Ma
Flash Memory	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock speed	16 MHz

Arduino merupakan salah satu jenis modul mikrokontroler yang saat ini banyak digunakan untuk keperluan aplikasi sistem instrumentasi. Perangkat ini juga dilengkapi *compiler* yang telah terintegrasi yaitu Arduino IDE. Arduino juga bersifat *opensource* sehingga memudahkan *user* untuk mengembangkan aplikasi yang dirancangnya. Pada sistem ini, Arduino digunakan karena sudah terintegrasi dengan perangkat antarmuka *processing*. Dengan demikian, perancangan sistem akan lebih mudah dilakukan (Alawiah, 2017).

Arduino Uno memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler lain. Selain bersifat *opensource*, Arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C yang sudah disederhanakan *syntax* bahasa pemrogramannya. Selain itu dalam *board* Arduino sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan dalam memprogram mikrokontroler. *Port* USB tersebut selain untuk *loader* ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai *port* komunikasi *serial* (Sumardi, 2020).

2.6 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Display LCD sebuah *liquid crystal* atau perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks. Ada dua jenis utama layar LCD yang dapat menampilkan numerik (digunakan dalam jam tangan, kalkulator, dll) dan menampilkan teks alfanumerik (sering digunakan pada mesin fotokopi dan telepon genggam) (Kusmadi, 2020).



Gambar 2.9 LCD

Menurut Kusmadi (2020), klasifikasi LCD 16×2 *character*:

- 1) 16 karakter \times 2 baris
- 2) 5×7 titik matriks karakter + kursor
- 3) HD 44780 *Equivalent* LED kontroler
- 4) 4-bit atau 8-bit MPU *Interpace*
- 5) Tipe standar
- 6) Bekerja hampir dengan semua mikrokontroler.

Pengendali display bertugas menampilkan jenis sinyal dan frekuensinya. Baris pertama LCD menampilkan jenis sinyal, sedangkan baris kedua menampilkan

frekuensi sinyal. Kekurangan dari LCD jenis ini hanya dapat menampilkan karakter alphabet, tidak dapat menampilkan karakter yang berupa simbol dan gambar untuk mengatasi kekurangan tersebut jenis sinyal ditunjukkan dengan tulisan huruf alphabet (Budiarso, 2015).

2.7 Karakterisasi Instrumen

Sebuah instrumen alat ukur harus memperhatikan karakterisasi, agar alat ukur dapat berjalan dengan baik saat digunakan. Adapun jenis-jenis karakterisasi instrumen sebagai berikut:

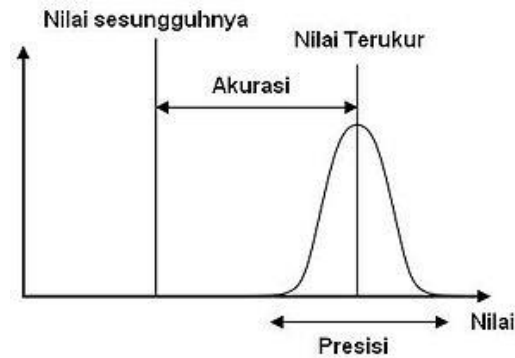
2.7.1 Akurasi

Akurasi adalah ukuran seberapa dekat nilai keluaran sensor terhadap nilai sebenarnya. Keakuratan sensor atau suatu alat ukur dinyatakan oleh nilai ketidakakuratannya. Jadi, akurasi disini berarti ketidakakuratan, yaitu selisih atau deviasi maksimum antara nilai keluaran sensor dari nilai masukan ideal/sesungguhnya (Fraden, 2004).

Tingkat keakuratan meliputi efek gabungan dari variasi bagian per bagian, histerisis, *dead band*, kesalahan-kesalahan kalibrasi dan *repeatability*. Adapun tingkat keakuratan dapat direpresentasikan dalam beberapa bentuk yaitu:

- a. Langsung dalam bentuk nilai yang terukur (Δ).
- b. Dalam persen lebar-rentang skala penuh (*span*).
- c. Dalam bentuk sinyal keluaran

Pada sensor modern, spesifikasi ketakuratan seringkali digantikan oleh suatu nilai ketidakpastian (*uncertainty*) yang lebih komprehensif karena ketidakpastian terdiri dari seluruh efek distorsi/gangguan, baik yang sistematis maupun yang acak, dan tidak terbatas pada ketidakakuratan suatu fungsi transfer.



Gambar 2.10 Akurasi

2.7.2 Ketidakpastian (*Uncertainty*)

Ketidakpastian menunjukkan *error*/selisih terbesar yang diperkirakan terdapat di antara sinyal *output* ideal dengan sinyal *output* aktual. Seringkali ditampilkan sebagai fraksi *output* skala penuh (*FSO Full Scale Output*) ataupun fraksi hasil pembacaan pengukuran.

2.7.3 Presisi (*Precision*)

Presisi adalah kemampuan alat ukur untuk memberikan pembacaan yang sama ketika pengukuran besaran yang sama dilakukan secara berulang pada kondisi yang sama. Presisi menggambarkan seberapa dekat nilai-nilai hasil pengukuran antara satu dengan yang lain dalam suatu pengukuran yang berulang dengan kata lain, presisi menggambarkan tingkat ketelitian alat ukur.

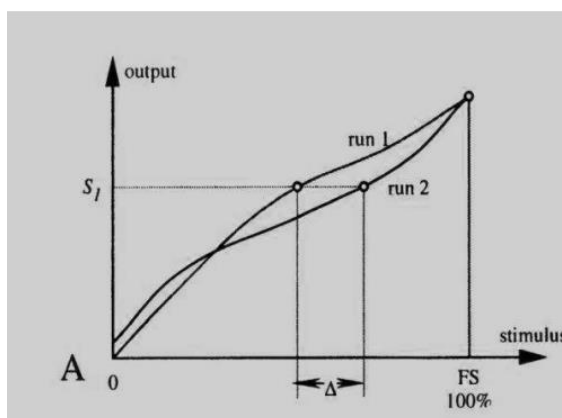
2.7.4 *Repeatability*

Repeatability adalah selisih antara dua pembacaan keluaran dalam suatu pengukuran berulang untuk suatu nilai masukan yang sama yang didekati dari arah yang sama dan dengan kondisi kerja yang serupa. *Repeatability* dilakukan

untuk waktu yang berdekatan atau berurutan dan biasanya dinyatakan dalam % *Full Scale Output*. Menurut Webster (1999) *repeatability* dilakukan dengan memperhatikan syarat-syarat berikut ini:

- Proses pengukurannya sama.
- Pengamatnya sama.
- Instrumen (alat ukurnya) sama, dan digunakan pada kondisi yang serupa.
- Lokasi pengukurannya sama.
- Pengulangan pengukuran dilakukan dalam selang waktu yang singkat.

Repeatability error disebabkan karena ketidakmampuan sensor untuk menghasilkan nilai yang sama pada kondisi yang sama. Kesalahan ini dapat disebabkan karena sifat material, gangguan temperatur, dan kondisi lingkungan lainnya (Fraden, 2004).

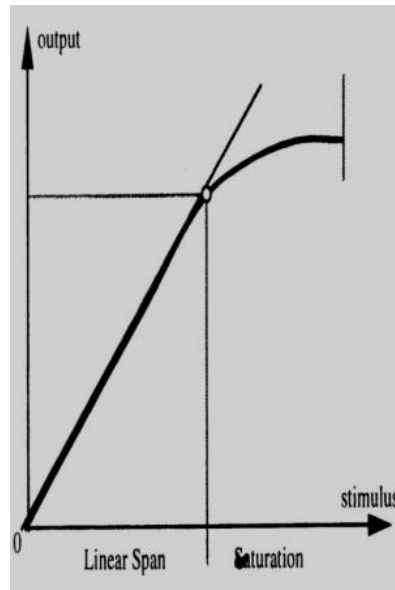


Gambar 2.11 *Repeatability error*

2.7.5 Kejenuhan (*Saturation*)

Setiap sensor memiliki batasan operasi. Meskipun sensor tersebut dianggap linier, namun linieritasnya terbatas. Sensor bersifat responsif (menghasilkan sinyal keluaran yang sebanding dengan nilai masukannya) hanya pada batas-batas tertentu. Bila stimulus (nilai masukan) terus ditingkatkan, sensor tidak lagi menghasilkan *output* yang diharapkan. Dengan kata lain sensitivitasnya menurun atau bahkan tidak sensitif sama sekali. Kejenuhan didefinisikan sebagai daerah

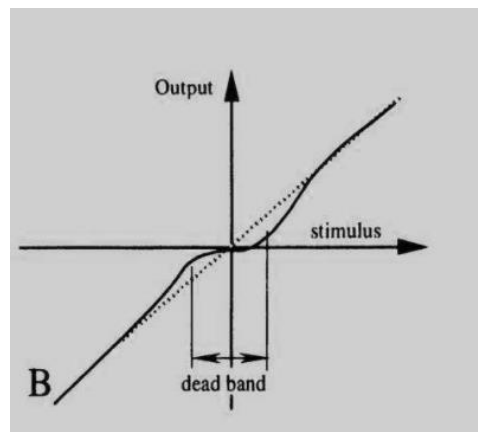
kerja sensor setelah rentang linier dimana responnya terhadap *input* tidak lagi menghasilkan *output* yang diharapkan (Fraden, 2004).



Gambar 2.12 Saturasi

2.7.6 Zona Mati (*Dead Band*)

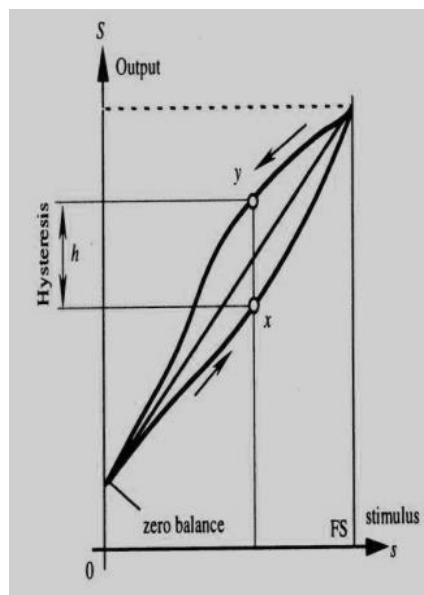
Zona mati adalah ketidaksensitifan sensor dalam suatu rentang tertentu ketika sudah ada sinyal masukan. Dalam rentang tersebut, sinyal kelurannya masih bertahan didekat nilai tertentu (biasanya di sekitar nol). Saturasi terjadi setelah ujung rentang linier, sedangkan zona mati biasanya terjadi sebelum pangkal rentang linier fungsi transfer sensor (Fraden, 2004).



Gambar 2.13 *Dead band*

2.7.7 Histerisis

Histerisis adalah pergeseran *output* sensor pada kondisi sinyal *input* tertentu yang dicapai dari arah yang berlawanan misalnya jika dilakukan pengukuran naik dan turun. Histerisis didefinisikan pula sebagai selisih antara dua pembacaan keluaran dalam suatu pengukuran berulang untuk suatu nilai masukan yang sama didekati dari arah yang berlawanan (Fraden, 2004). Histerisis biasanya dinyatakan dalam % *Full Scale Output* (FSO). Penyebab terjadinya histerisis yaitu bentuk sifat mekanik dan sifat elektrik, magnetisasi, sifat termal, geometri desain, gesekan, dan perubahan struktur material (Gopel, 1989).



Gambar 2.14 Histerisis

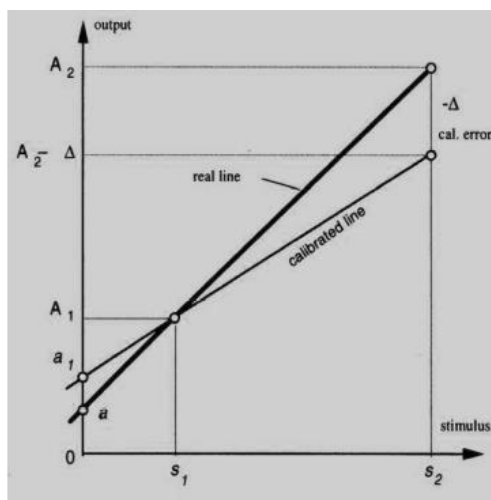
2.7.8 Kalibrasi

Kalibrasi didefinisikan sebagai serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Kalibrasi didefinisikan pula sebagai proses verifikasi akurasi suatu piranti dengan sebuah acuan standar tertentu. Acuan dapat berupa rancangan awal dan kondisi tertentu (Fraden, 2004). Jika toleransi yang dibuat produsen sensor dan toleransi

antarmuka (pengkondisian sinyal) sirkuit lebih luas dibandingkan sistem akurasi yang dibutuhkan, maka diperlukan kalibrasi. Sebagai contoh, diperlukan pengukur temperatur dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Akan tetapi, sensor yang tersedia hanya dengan akurasi $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Maka sensor tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, namun sebelumnya fungsi transfer sensor perlu diketahui selama proses kalibrasi (Fraden, 2004).

2.7.9 Kesalahan Kalibrasi

Kesalahan kalibrasi adalah ketidaktepatan yang diizinkan oleh produsen ketika sebuah sensor dikalibrasi di pabrik. Kesalahan ini bersifat sistematis, yang berarti bahwa itu akan ditambahkan untuk semua kemungkinan *real* fungsi transfer. Ini menggeser akurasi transduksi untuk setiap stimulus titik dengan konstan. Kesalahan ini tidak selalu seragam atas kisaran dan dapat berubah tergantung pada jenis kesalahan dalam kalibrasi (Fraden, 2004).



Gambar 2.15 Kesalahan kalibrasi

2.7.10 Resolusi

Ketika sensor diberikan *input* secara kontinyu, sinyal *output* pada beberapa jenis sensor tidak akan memberikan *output* yang sempurna bahkan dalam kondisi tidak ada gangguan sama sekali. Pada kondisi demikian, biasanya terjadi sedikit perubahan *output*. Jika pada sebuah sensor tidak terjadi demikian, maka sensor tersebut dapat dikatakan memiliki resolusi yang sangat kecil (Fraden, 2004). Resolusi sensor berformat keluaran digital diberikan oleh jumlah bit dalam data *word*. Contoh: resolusi dapat dinyatakan sebagai "resolusi 8 bit" untuk lebih menyakinkan, pernyataan ini harus dilengkapi dengan nilai skala penuhnya atau nilai LSB-nya (*the value of least significant bit*).

2.7.11 Reliability

Reliability adalah kemampuan sensor untuk melakukan fungsinya pada kondisi dan waktu tertentu. *Realibility* menggambarkan kemungkinan piranti sensor dapat beroperasi setelah berapa lama atau setelah berapa kali pemakaian.

2.7.12 Error

Error adalah selisih antara sinyal *output* ideal dengan sinyal *output* aktual. Besarnya *error* yang terjadi selalu tidak pasti. Sumber *error* dapat berasal dari material yang digunakan, kesalahan kalibrasi, *noise*, dan lain-lain.

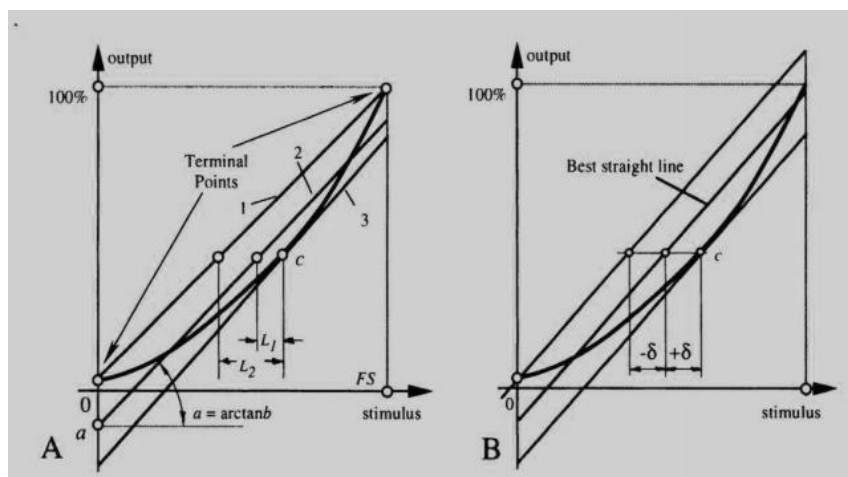
2.7.13 Span (*Full Scale Input*) dan Keluaran Skala Penuh (*Full Scale Output*)

Span (*Full Scale Input*) merepresentasikan nilai *input* yang dapat dikonversi sensor tanpa menyebabkan ketidakakuratan. Sedangkan keluaran skala penuh (*Full Scale Output*, FSO) adalah selisih aljabar antara dua sinyal keluaran dari

nilai masukan maksimum dan nilai masukan terendah yang diterapkan terhadap sensor. Keluaran skala penuh haruslah mencakup semua deviasi yang diukur dari fungsi transfer ideal (Fraden, 2004).

2.7.14 Linearitas dan Ketidaklinearan Sensor

Linearitas menunjukkan seberapa dekat *output* suatu dibandingkan dengan fungsi transfer linear pada rentang dinamik tertentu. Adapun ketidaklinearan yaitu penyimpangan maksimal nilai *output* terhadap garis lurus pada grafik yang menunjukkan fungsi transfer yang ideal (Fraden, 2004). Non-linearitas *error* dikhususkan untuk sensor yang memiliki fungsi transfer dengan pendekatan linier. Non-linearitas merupakan deviasi maksimum fungsi transfer dari pendekatan garis linier. Dapat dilakukan pendekatan linier untuk sensor dengan fungsi transfer non-linier. Diantaranya dengan menggunakan terminal point dan metode *least square*. Metode terminal point dilakukan dengan cara menarik garis lurus dua titik *output*, yaitu *output* dengan *input* terkecil dan terbesar.

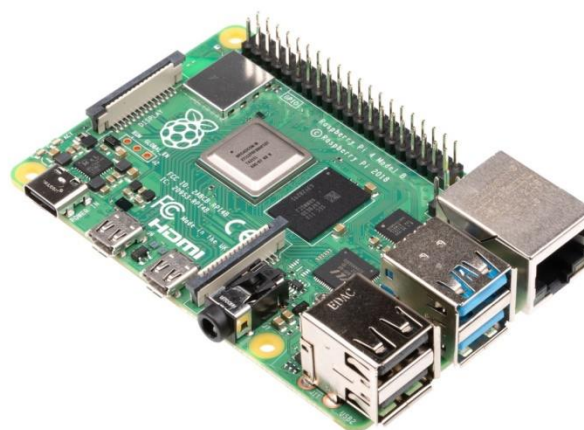


Gambar 2.16 Linearitas dan ketidaklinearan

2.8 Raspberry Pi

Raspberry Pi sering disingkat dengan nama Raspi, adalah komputer papan tunggal (*single board circuit*; SBC) yang seukuran dengan kartu kredit yang dapat digunakan untuk menjalankan program perkantoran, permainan komputer, dan sebagai pemutar media hingga video beresolusi tinggi. Raspberry Pi dikembangkan oleh yayasan nirlaba, yaitu Raspberry Pi Foundation yang dipelopori sejumlah pengembang dan ahli komputer dari Universitas Cambridge, Inggris.

Ide dibalik Raspberry Pi diawali dari keinginan untuk mencetak pemrogram generasi baru. Seperti disebutkan dalam situs resmi Raspberry Pi Foundation, waktu itu Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang, dan Alan Mycroft dari Laboratorium Komputer Universitas Cambridge memiliki kekhawatiran melihat kian turunnya keahlian dan jumlah siswa yang hendak belajar ilmu komputer. Mereka lantas mendirikan yayasan Raspberry Pi bersama dengan Pete Lomas dan David Braben pada tahun 2009. Tiga tahun kemudian, Raspberry Pi Model B memasuki produksi massal. Dalam peluncuran pertamanya pada akhir Februari 2012 dalam beberapa jam saja sudah terjual 100.000 unit. Pada bulan Februari 2016, Raspberry Pi Foundation mengumumkan bahwa mereka telah menjual 8 juta perangkat Raspi, sehingga menjadikannya sebagai perangkat paling laris di Inggris (Aryapranata, 2018).



Gambar 2.17 Raspberry Pi

Untuk spesifikasi Raspberry Pi dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.3 Spesifikasi Raspberry Pi 4 Model B

Spesifikasi	Keterangan
<i>System on Chip</i>	Broadcom BCM2711 Cortex-A72 64Bit @1,5GHz
GPU	Videocore VI @500 MHz
RAM	1GB/2GB/4GB LPDDR4 RAM
Penyimpanan	MicroSD
USB Port	2× 2.0 USB Ports 2× 3.0 USB Ports
Arus Maksimal	3 A
Tegangan Maksimal	5 V
GPIO	40 pin
Ethernet	Gigabit Ethernet
Bluetooth	Bluetooth 5.0
Wifi	Dual-band 2,4 GHz dan 5 GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN
<i>Video Out</i>	2× micro HDMI Ports (sampai ke 4K)

2.9 Node.JS

Node.JS adalah perangkat lunak yang didesain untuk mengembangkan aplikasi berbasis *web* dan ditulis dalam sintaks bahasa pemrograman *JavaScript*. Bila selama ini kita mengenal *JavaScript* sebagai bahasa pemrograman yang berjalan di sisi *client/browser* saja, maka *Node.JS* ada untuk melengkapi peran *JavaScript* sehingga bisa juga berlaku sebagai bahasa pemrograman yang berjalan di sisi *server* (Prasetyo, 2019). Logo dari *Node.JS* dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2.18 Logo *Node.JS*

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian “Pengukuran Gelombang Pasang Surut Air Laut Di Daerah Canti Lampung Selatan Dengan Sensor Ultrasonik Jenis JSN-SR04T Berbasis Raspberry Pi” ini akan dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 sampai Februari 2023, yang bertempat di desa Canti, Lampung Selatan dan di Laboratorium Teknik Digital, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, serta Laboratorium Elektronika Dasar, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Ir. Sumatri Brojonegoro No. 1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141.

3.2 Alat dan Bahan

Alat penunjang yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Laptop, digunakan untuk membuat program *coding* di *software* Node-RED.
2. Node-RED, digunakan untuk program Raspberry PI 4B dan *website*.

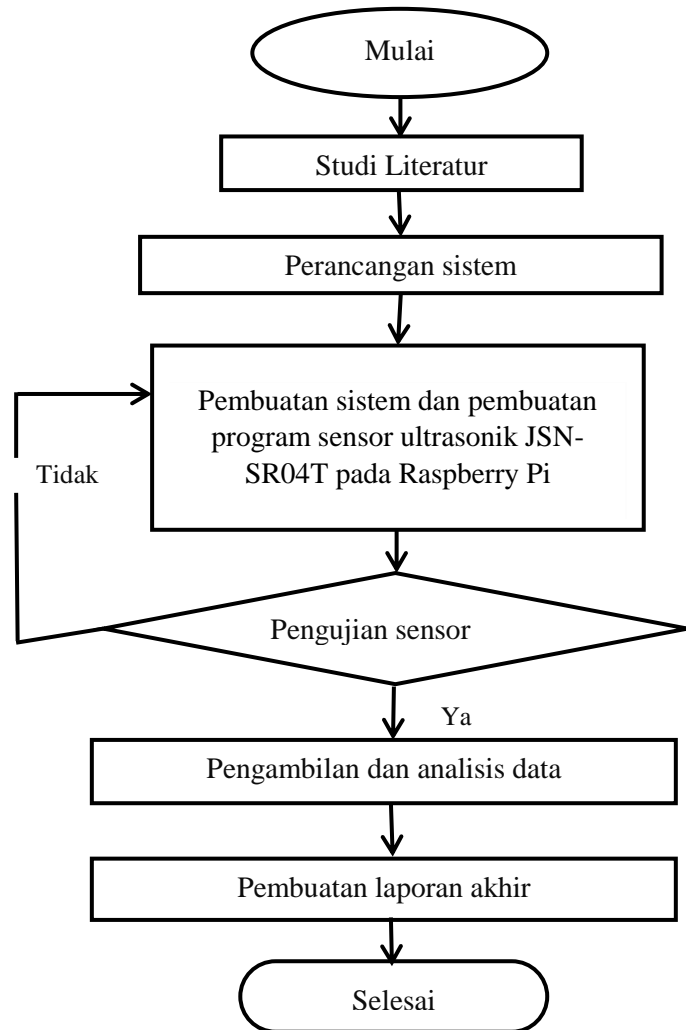
Sedangkan bahan yang digunakan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kabel jumper, digunakan sebagai penghubung antar komponen.
2. Raspberry Pi 4B, digunakan sebagai mikrokontroler.
3. Arduino Uno, digunakan sebagai mikrokontroler.
4. Buck boost, digunakan sebagai regulator tegangan DC.
5. Sensor INA219, digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada rangkaian listrik.

6. Sensor BME280, digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara.
7. Sensor YL-83, digunakan untuk mengukur parameter air
8. Sensor rain gauge, digunakan untuk memantau air hujan.
9. Sensor wind direction, digunakan untuk mengukur arah datangnya angin.
10. Sensor wind speed, digunakan untuk mengukur kecepatan angin pada suatu lokasi.
11. CCTV Hikvision, digunakan sebagai memantau dan merekam aktivitas di area tertentu.
12. Modem tenda, digunakan sebagai jaringan internet agar data masuk ke dalam website.
13. Terminal block 660V, digunakan sebagai menghubungkan atau memutuskan aliran listrik secara mudah.
14. Modul surya 100 WP, sebagai sumber tegangan dari cahaya matahari.
15. Baterai VOZ 12V, sebagai sumber tegangan DC.
16. SCC MPPT EPEVER, digunakan sebagai memantau dan mengikuti titik daya maksimum dari panel surya.
17. Sensor JSN-SR04T, sebagai sensor ultrasonik.
18. Sensor Maxsonar MB7366, sebagai sensor ultrasonik.

3.3 Prosedur Penelitian

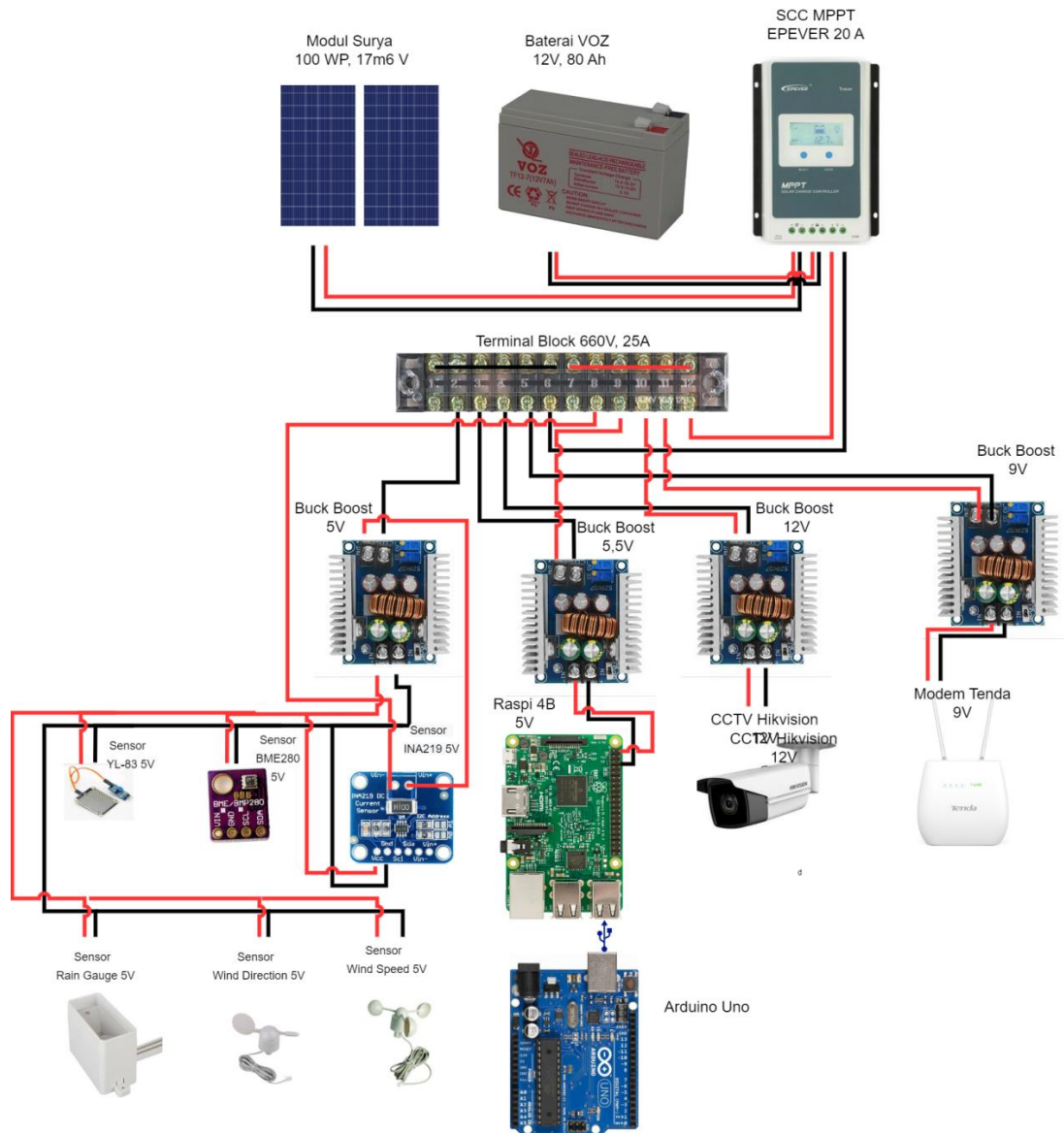
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakterisasi sensor ultrasonik jenis JSN-SR04T pada kedalaman air laut. Prosedur yang dilakukan penelitian ini terdiri atas 4 tahap, yaitu tahap perancangan sistem, pembuatan sistem dan pembuatan program sensor ultrasonik JSN-SR04T pada Raspberry Pi, dan pengujian sensor. Secara umum prosedur penelitian ini seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

a. Perancangan sistem

Secara umum rancangan sistem yang akan dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Perancangan sistem

Gambar 3.2 memperlihatkan perancangan sistem secara keseluruhan. Mikrokontroler yang digunakan yaitu Raspberry Pi 4B.

- b. Pembuatan sistem dan pembuatan program sensor ultrasonik JSN-SR04T pada Raspberry Pi

Mempersiapkan dan membuat sistem yang telah dirancang sebelumnya. Membuat program menggunakan *software* Node-RED untuk membaca data dari sensor

ultrasonik dan menghitung jarak berdasarkan waktu yang diperlukan untuk sinyal ultrasonik.

c. Pengujian sensor

Pengujian sensor ultrasonik JSN-SR04T pada Raspberry Pi mengamati *output* yang dihasilkan oleh sensor dan memastikan bahwa hasilnya akurat dan konsisten. Jika nilai jarak yang diukur tampak tidak realistis atau sensor tidak merespons dengan benar terhadap perubahan jarak, dan memeriksa koneksi kabel dan kode program. Pada akhirnya, pengujian ini membantu memastikan bahwa sensor ultrasonik berfungsi dengan baik dan dapat diintegrasikan ke dalam aplikasi yang diinginkan.

d. Pengambilan dan analisis data

Pengambilan dan analisis data dari sensor ultrasonik JSN-SR04T pada Raspberry Pi merupakan langkah penting dalam memanfaatkan informasi yang diberikan oleh sensor. Dengan menganalisis data secara cermat, dapat membuat keputusan yang lebih baik, mengoptimalkan aplikasi, dan mendapatkan wawasan lebih dalam tentang lingkungan di sekitar yang diukur oleh sensor ultrasonik.

3.4 Rancangan Data Hasil Penelitian

Proses perancangan data diperlukan dalam pembuatan suatu sistem, bertujuan untuk mengetahui hasil kinerja sistem yang sesuai dengan yang diharapkan. Berikut adalah rancangan data sistem yang ditampilkan dalam bentuk tabel terlihat pada Tabel 3.1.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. sensor ultrasonik JSN-SR04T memiliki rentang pengukuran yang luas untuk kedalaman air laut dengan tingkat akurasi yang cukup baik;
2. beberapa faktor yang mempengaruhi akurasi sensor JSN-SR04T seperti suhu dan kelembaban udara, serta kondisi permukaan air laut yang dapat mengganggu pantulan gelombang ultrasonik;
3. sensor JSN-SR04T memiliki resolusi yang memadai, dan memiliki batasan dalam pengukuran akurat pada kondisi permukaan air yang tidak rata atau bergerak.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini yang dapat dilakukan untuk perkembangan riset selanjutnya sebagai berikut:

1. penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pengukuran kedalaman air laut berbasis Raspberry Pi dengan menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T;
2. hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan sistem yang lebih canggih dalam pemantauan dan pengukuran kedalaman air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adella, A. F., Putra, M. F. P., Taufiqurrahman, F. dan Kaswar, A. B. 2020. Sistem Pintu Cerdas Menggunakan Sensor Ultrasonic Berbasis Internet of Things. *Jurnal Media Elektrik*. Vol. 17. No. 3. Hal. 1-7.
- Alawiah, A. dan Al Tahtawi, A. R. 2017. Sistem Kendali dan Pemantauan Ketinggian Air pada Tangki Berbasis Sensor Ultrasonik. *Kopertif: Jurnal Ilmiah Manajemen Informatika dan Komputer*. Vol. 1. No. 1. Hal. 25-30.
- Arifin, J., Leni, N. Z. dan Hermawansyah. 2016. Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*. Vol. 12. No. 1. Hal. 89-98.
- Aryapranata, Ariawan. 2018. Pengembangan Jaringan Komputer Lokal dengan Memanfaatkan Raspberry Pi Bagi Perusahaan Startup atau UMKM. *Jurnal Esensi Infokom*. Vol. 2. No. 2. Hal. 47-53.
- Baskoro, F., Sari, R. Z. N. dan Kholis, N. 2021. Studi Literatur: Pengaruh Penggunaan Modul Wireless Sensor Network pada Pengiriman Data Sistem Monitoring Banjir Secara Internet of Things. *Jurnal Teknik Elektro*. Vol. 10. No. 1. Hal. 243-250.
- Budiarso, Z. dan Prihandono, A. 2015. Implementasi Sensor Ultrasonik Untuk Mengukur Panjang Gelombang Suara Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Dinamik*. Vol. 20. No. 2.
- Chobir, A., Andang, A. dan Hiron, N. 2017. Sistem Deteksi Elevasi Permukaan Air Sungai dengan Sensor Ultrasonic Berbasis Arduino. *Jurnal Siliwangi Seri Sains dan Teknologi*. Vol. 3. No. 1.
- Fraden, Jacob. 2004. *Handbook of Modern Sensor: Physics, Designs, and Applications, Third Edition*. Springer-Verlag New York Inc. USA.
- Gopel, W., Hesse, J., Zemel, J. N. 1989. Sensor, Fundamentals and General Aspects. *VCH Verlagsgesellschaft*. Weinheim. Vol. 1.

- Gunawan, E. dan Maulana, A. B. 2017. Rancang Bangun Prototype Sistem Penyortiran Barang Melalui Kode Warna (Ourcode) Berbasis Arduino Uno. *Cahaya Bagaskara: Jurnal Ilmiah Teknik Elektronika*. Vol. 1. No. 1. Hal. 22-29.
- Kusmadi, K. dan Sidik, N. T. 2020. Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Banjir Dengan Menggunakan Arduino Uno dan Monitoring Level Ketinggian Air pada PC Dengan Aplikasi Visual Basic. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*. Vol. 5. No. 1. Hal. 17-23.
- Nybakken, J. W. 1992. *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia Pustaka. Jakarta.
- Permana, A., Triyanto, D. dan Rismawan, T. 2015. Rancang Bangun Sistem Monitoring Volume Dan Pengisian Air Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Avr Atmega8. *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*. Vol. 3. No. 2.
- Prasetyo, Aji. 2019. Rancang Aplikasi Buka Pintu Lab Berbasis Web. *Other Thesis*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang
- Purwanto, H., Riyadi, M., Astuti, D. W. W. dan Kusuma, I. W. A. W. 2019. Komparasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Dan JSN-SR04T Untuk Aplikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*. Vol. 10. No. 2. Hal. 717-724.
- Rahmi, A. dan Wildian, W. 2015. Rancang Bangun Alat Ukur Jarak Berbasis Mikrokontroler At89S51 Dengan Sensor Ultrasonik. *Jurnal Riset Fisika Edukasi dan Sains*. Vol. 1. Hal. 92-98.
- Rinaldy. Risa, F. C., dan Didi Supriyadi. 2013. Pengendalian Motor Servo yang Terintegrasi Dengan Webcam Berbasis Internet dan Arduino. *Jurnal Infotel*. Vol. 5. No. 2. Hal. 17-23.
- Sasono, Eko J. 2010. Efektivitas Penggunaan Anoda Korban Paduan Aluminium pada Plat Baja Kapal AISI E 2512 terhadap Laju Korosi di Dalam Media Air Laut. *Tesis*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sirajudin, Haerany dan Naadya Suharto Putri. 2022. Kontrol Kedalaman Sebagai Parameter Sifat Fisik dan Kimia Perairan Pantai di Pulau Dutungan Kecamatan Mallusetasi Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan. *Sensistek*. Universitas Hasanuddin. Gowa.
- Sugiharto, A. D. A. 2019. Perancangan Alat Pendeteksi Korban Tenggelam yang Efektif di Sungai. *Jurnal Valtech*. Vol. 2. No. 2. Hal. 1-7.
- Sumardi, A. H. 2020. Pembuatan Sistem Pengendali Volume Gasbag pada Plant Biogas. *Doctoral dissertation*. Universitas Nasional. Jakarta.

- Sutanto, A. T., Ananda, N. dan Romadhon, H. C. 2019. Prototipe Tide Gauge Sebagai Sistem Informasi dan Verifikasi Kejadian Tsunami Berbasis IoT. *In Seminar Multimedia & Artificial Intelligence*. Vol. 2. Hal. 54-59.
- Umayya, I. S. dan Susanto, M. F. 2020. Perancangan Sistem Komunikasi Suara Berbasis Modul Ultrasonik Menggunakan Software Proteus 8.9. *In Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*. Vol. 11. No. 1. Hal. 542-547.
- Webster, John G. 1999. *The Measurement, Instrumentation, and Sensor Handbook*. CRC Press.
- Yudha, P. S. F. dan Sani, R. A. 2017. Implementasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino. *Einstein (E-Journal)*. Vol. 5. No. 3.
- Zulius, A. 2017. Rancang Bangun Kontrol Pintu Air Otomatis Berdasarkan Level Ketinggian Air Menggunakan Arduino Dan Sensor HC-SR04 Pada Dinas PU dan Penataan Ruang Kota Lubuklinggau. *Jusikom: Jurnal Sistem Komputer Musirawas*. Vol. 2. No. 2. Hal. 78-86.