

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL OTOMATIS PADA MESIN
GENSET BERBASIS ARDUINO UNO R3 DAN SENSOR ULTRASONIK DI
STASIUN METEOROLOGI RADIN INTEN II LAMPUNG SELATAN**

(Skripsi)

Oleh

**ANIS WIDYA
NPM 2117041055**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL OTOMATIS PADA MESIN
GENSET BERBASIS ARDUINO UNO R3 DAN SENSOR ULTRASONIK DI
STASIUN METEOROLOGI RADIN INTEN II LAMPUNG SELATAN**

Oleh

ANIS WIDYA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Lampung**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRACT

DESIGN OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM ON GENSET ENGINE BASED ON ARDUINO UNO R3 AND ULTRASONIC SENSOR AT RADIN INTEN II METEOROLOGY STATION, SOUTH LAMPUNG

By

Anis Widya

The design and manufacture of an automatic control system and fuel level monitoring on a generator engine has been realized based on Arduino Uno R3 and HC-SR04 ultrasonic sensor. This system is designed to detect fuel levels in real-time in the main tank and supply tank. This system works by reading the distance of the fuel surface by activating the pump and buzzer if the fuel level drops below the specified limit. The research process includes literature studies, hardware and software design, sensor calibration, system integration, and tool performance testing. The results of the sensor calibration test show that the ultrasonic sensor has high accuracy with an error of 0,48%, a standard deviation of 0,05%, and an R^2 determination value of 0,9999 which indicates a very strong linear relationship and stability of sensor readings in detecting distance. Operational testing of the pump shows that the time required for the refueling process increases as the fuel level in the main tank decreases. This shows that the system has succeeded in responding to changes in level automatically and working according to the designed control logic, so that it can help prevent delays in refueling and support the reliability of the generator system.

Keywords: Automatic control system, Calibration, Ultrasonic Sensor, Arduino Uno R3, Fuel level monitoring.

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL OTOMATIS PADA MESIN GENSET BERBASIS ARDUINO UNO R3 DAN SENSOR ULTRASONIK DI STASIUN METEOROLOGI RADIN INTEN II LAMPUNG SELATAN

Oleh

Anis Widya

Perancangan dan pembuatan sistem kontrol otomatis dan monitoring level bahan bakar pada mesin genset telah direalisasikan berbasis Arduino Uno R3 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Sistem ini dirancang bertujuan untuk mendeteksi level bahan bakar secara *real-time* pada tangki utama dan tangki persediaan. Sistem ini bekerja dengan membaca jarak permukaan bahan bakar dengan mengaktifkan pompa dan buzzer jika level bahan bakar turun di bawah batas yang ditentukan. Proses penelitian ini meliputi studi literatur, perancangan perangkat keras dan lunak, kalibrasi sensor, integrasi sistem, serta pengujian performa alat. Hasil pengujian kalibrasi sensor menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki akurasi tinggi dengan galat sebesar 0,48%, standar deviasi 0,05%, dan nilai determinasi R^2 sebesar 0,9999 yang menandakan hubungan linier yang sangat kuat dan kestabilan pembacaan sensor dalam mendeteksi jarak. Pengujian operasional pompa memperlihatkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk proses pengisian bahan bakar meningkat seiring dengan menurunnya level bahan bakar pada tangki utama. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berhasil merespon perubahan level secara otomatis dan bekerja sesuai logika kendali yang telah dirancang, sehingga dapat membantu mencegah keterlambatan pengisian bahan bakar dan mendukung keandalan sistem genset.

Kata Kunci: Sistem kontrol otomatis, Kalibrasi, Sensor Ultrasonik, Arduino Uno R3, Monitoring level bahan bakar.

Judul Penelitian : RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL OTOMATIS PADA MESIN GENSET BERBASIS ARDUINO UNO R3 DAN SENSOR ULTRASONIK DI STASIUN METEOROLOGI RADIN INTEN II LAMPUNG SELATAN

Nama Mahasiswa : Anis Widya

Nomor Pokok Mahasiswa : 2117041055

Bidang Keahlian : Instrumentasi

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Sri Wahyu Suciya, S.Si., M.Si.
NIP. 197108291997032001

Rudi Harianto, S.Kom., M.Si
NIP. 198101292008011004

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP. 197109092000121001

MENGESAHKAN

1. Team Penguji

Ketua

: Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.



Sekretaris

: Rudi Harianto, S.Kom., M.Si.



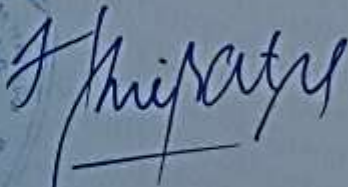
Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 24 Juni 2025

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anis Widya
Nomor Pokok Mahasiswa : 2117041055
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya dengan judul ***"Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Pada Mesin Genset Berbasis Arduino Uno R3 Dan Sensor Ultrasonik Di Stasiun Meteorologi Radin Inten II Lampung Selatan"*** adalah benar hasil karya saya sendiri, baik ide, hasil, maupun prosesnya. Selanjutnya saya tidak keberatan jika sebagian atau keseluruhan data didalam skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi dalam kepentingan publikasi atas persetujuan penulis dan sepanjang nama saya disebutkan sebelum dilakukan publikasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 24 Juni 2025
Yang Menyatakan,

Anis Widya
NPM. 2117041055

RIWAYAT HIDUP



Nama lengkap penulis adalah Anis Widya lahir di Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tanggal 17 Juni 2003. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Al-Azhar 8 tahun 2009, SDN 03 Merak Batin Natar pada tahun 2014, SMP Wiyata Bhakti Natar pada tahun 2017, dan SMK Budi Karya Natar pada tahun 2020. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Program Studi Fisika FMIPA, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN pada tahun 2021. Selama masa pendidikannya, penulis telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kelas 1 Radin Inten II Lampung Selatan dengan judul “Perbandingan Hasil Pengukuran Alat Digital *Automatic Weather Station* (AWS) Dengan Alat Konvensional Dalam Menentukan Temperature Maksimum Dan Minimum Pada Tahun 2023”. Penulis juga melaksanakan pengabdian masyarakat dengan mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung Periode II tahun 2024 di Desa Cempaka Nuban, Kecamatan Batang Hari Nuban, Lampung Timur. Selama Menempuh Pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota dan pengurus di bidang Kaderisasi tahun 2021-2023. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Elektronika Dasar, Pemrograman Komputer, dan Metode Pengukuran pada tahun 2024, tahun 2025 penulis masih aktif menjadi asisten praktikum Sistem Transmisi dan Akuisisi Data, Mikrokontroler dan asisten praktikum Komunikasi Nirkabel. Penulis melakukan penelitian di Laboratorium Elektronika Dasar FMIPA Unila untuk menyusun skripsi di bawah bimbingan Dr. Sri Wahyu Suciwati. S.Si., M.Si. dan Bapak Rudi Harianto, S.Kom., M.Si.

PERSEMBAHAN

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT, karya ini saya persembahkan untuk:

Ayah dan Mama

Terima kasih atas segala doa dan usaha yang selalu diberikan demi keberhasilan anaknya untuk dapat menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai Sarjana Fisika.

Keluarga Besar "Makwo Bigfams"

Yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, serta kasih sayang yang tulus terutama kepada adik tercinta serta para paman dan bibi yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan hidup dan pendidikan ini.

Bapak dan Ibu Dosen Fisika FMIPA UNIVERSITAS LAMPUNG

Terima kasih atas bekal ilmu pengetahuan yang diberikan, nasehat, dan saran yang membangun wawasan saya untuk meraih gelar Sarjana Fisika.

Teman-temanku seperjuangan Fisika angkatan 2021

Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, serta semangat yang selalu mengiringi dalam melewati setiap proses pembelajaran, tawa, dan lelah selama menempuh pendidikan di jurusan fisika tercinta ini.

Serta Almamaterku Tercinta

"Universitas Lampung"

MOTTO

”Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal itu amat baik bagimu. Dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu amat buruk bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.”
(QS. *Al-Baqarah*: 216)

“Hasbunallah Wanikmal Wakil Nikmal Maula Wanikman Nashir.” (Cukuplah Allah sebagai tempat diri bagi kami, sebaik-baiknya pelindung dan sebaik-baiknya penolong).
(QS. *Al-Imran*:173)

”Karena sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”
(QS. *Al-Insyirah*: 5-6)

"Bukan karena aku pintar, tetapi karena aku bertahan lebih lama menghadapi masalah. Bukan juga langkah besar yang menjadikanku sampai di sini, tapi langkah kecil yang tak pernah berhenti, karena aku yakin dan percaya akan selalu ada jalan menuju sebuah kesuksesan bagi siapapun, selama orang tersebut mau berusaha dan bekerja keras untuk memaksimalkan kemampuan yang ia miliki."
(*Anis Widya*)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **”Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Pada Mesin Genset Berbasis Arduino Uno R3 Dan Sensor Ultrasonik Di Stasiun Meteorologi Radin Inten II Lampung Selatan”**. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat tidak hanya bagi penulis, tetapi juga bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 17 Juni 2025

Penulis

Anis Widya

SANWACANA

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul:

“Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Pada Mesin Genset Berbasis Arduino Uno R3 dan Sensor Ultrasonik di Stasiun Meteorologi Radin Inten II Lampung Selatan”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penyusunan skripsi ini merupakan sebuah perjalanan akademik yang penuh makna dan menjadi pengalaman berharga dalam pengembangan ilmu serta keterampilan penulis. Segala proses yang dijalani tak lepas dari limpahan rahmat Allah SWT serta dukungan dari berbagai pihak yang senantiasa memberikan semangat dan inspirasi. Oleh karena itu, dengan penuh rasa syukur dan hormat, penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, atas segala doa, dukungan, kasih sayang, motivasi, serta pengorbanan yang tidak pernah berhenti, baik secara moril maupun materil, yang menjadi sumber kekuatan terbesar dalam menyelesaikan studi ini.
2. Ibu Dr. Sri Wahyu Suciati, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing utama, yang telah memberikan waktu, bimbingan, motivasi, serta arahan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Rudi Harianto, S.Kom., M.Si. selaku dosen pembimbing kedua, yang telah memberikan masukan, saran, dan dukungan yang membangun dalam penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritikan demi meningkatkan kualitas hasil penelitian ini.

5. Bapak/Ibu dosen dan staf pengajar di Program Studi Fisika FMIPA Universitas Lampung, atas ilmu dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
6. Instansi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kelas I Radin Inten II dan seluruh pegawai BMKG terkhusus bagian observer, teknisi dan forecaster yang telah memberikan kesempatan, dukungan, dan kerja sama dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
7. Inayah Siti Fatimah dan Made Jaya Setiawan selaku rekan seperbimbingan tugas akhir saya atas kerja sama, komitmen, dan kontribusi yang telah diberikan selama proses pelaksanaan tugas akhir ini berlangsung
8. Teman-teman Instrumentasi²¹, Dina, Lulu, Gusti, Ega, Armel, Okka, Ketrin, Feby, Fathan, dan Naufal, atas semangat, dukungan, dan kebersamaan yang selalu menguatkan selama perjalanan akademik hingga penyelesaian tugas akhir ini.
9. Sahabat-sahabatku Fahra, Dina, Adel, dan pemuda lainnya yang selalu menghadirkan tawa, semangat, menjadi tempat berbagi cerita, Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan ini.
10. Teman-teman satu circle dalam grup kecil yang dahulu terdiri dari sepuluh anggota, kita pernah berbagi tawa, saling menyemangati, dan melewati berbagai momen di semester-semester awal. Meskipun kini waktu dan keadaan telah membawa kita pada jarak dan kesibukan masing-masing, aku tetap menghargai setiap kebersamaan yang pernah ada. Terima kasih telah menjadi bagian dari cerita di awal perjalanan kuliah ini.
11. Kak Flora Finansia Simbolon atas segala bimbingan, motivasi karena telah mendampingi saya sejak awal perkuliahan hingga tersusunnya skripsi ini.
12. Seluruh teman-temanku Fisika angkatan 2021 atas kebersamaan, semangat, dan dukungan yang telah menjadi bagian dari perjalanan selama masa perkuliahan.

Bandar Lampung, 17 Juni 2025
Penulis

Anis Widya

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT.....	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PENGESAHAN I.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
PERNYATAAN.....	v
RIWAYAT HIDUP	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
SANWACANA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Dasar Teori	15
2.2.1 Generator Set (Genset)	15
2.2.2 Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	16
2.2.3 Arduino Uno R3	21

2.2.4 Software Arduino IDE	23
2.2.5 Module <i>Relay 2 Channels</i>	24
2.2.6 Pompa Bahan Bakar (Solar)	26
2.2.7 Indikator Alarm Sirine (<i>Buzzer</i>)	28
2.2.8 Power Supply 12V DC	30
2.2.9 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	32

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat.....	34
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	34
3.3 Prosedur Penelitian	36
3.3.1 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	36
3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	43
3.3.3 Pengujian dan Integrasi Sistem	45
3.4 Metode Penelitian	46
3.4.1 Studi Literatur.....	46
3.4.2 Metode <i>Research and Development (R&D)</i>	47
3.4.3 Metode Analisis Data	47
3.4.4 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	48
3.4.5 Pengujian Pada Pompa	50
3.4.6 Pengujian Pada <i>Buzzer</i>	52
3.4.7 Pengujian Keseluruhan.....	53

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Monitoring dan Kontrol Otomatis Sistem Pengisian Bahan Bakar Genset	55
4.2 Pengujian dan Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	63
4.3 Pengujian Operasional Pompa dalam Mendeteksi Bahan Bakar	70
4.4 Pengujian Respon <i>Buzzer</i>	73
4.5 Pengujian Keseluruhan Sistem (Pompa, <i>Relay</i> , <i>Buzzer</i> dan Sensor)	74

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	81
5.2 Saran.....	81

DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN.....	88

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Rancangan Prototipe Indikator Kapasitas Penyimpanan Level Tangki Minyak.....	7
Gambar 2.2 (a) Pemasangan Pelampung Level Switch Parker, (b) Panel Kontrol Pompa Tampak Depan pada penelitian terdahulu.....	8
Gambar 2.3 Rancangan Sistem Monitoring Ketinggian Limbah Oli penelitian terdahulu	9
Gambar 2.4 Implementasi Sistem Monitoring Pengukur Tinggi BBM Penelitian Terdahulu	10
Gambar 2.5 Rangkaian Sistem sistem pemantauan volume minyak tangki mesin PLTD Penelitian terdahulu.....	11
Gambar 2.6 (a) Desain Sistem Pemantauan dan Pengendalian Tangki Air, (b) Rancangan Sistem Pemantauan dan Kontrol Tangki Air melalui Telegram pada Penelitian Terdahulu.....	12
Gambar 2.7 Implementasi Sistem Pemantauan dan Pengendalian Generator Diesel pada Penelitian Terdahulu.....	13
Gambar 2.8 Prototipe Sistem Monitoring Tangki Bahan Bakar Genset Peneliti Terdahulu	14
Gambar 2.9 Genset BMKG (Sumber : Koleksi Pribadi Peneliti).....	16
Gambar 2.10 Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	17
Gambar 2.11 Cara Kerja Sensor Ultrasonik	18
Gambar 2.12 Diagram waktu sensor ultrasonik yang bekerja pada frekuensi 40 KHz.....	20
Gambar 2.13 Board Arduino Uno R3	21

Gambar 2.14 Contoh Program pada Arduino IDE	23
Gambar 2.15 <i>Module Relay 2 Channel</i>	25
Gambar 2.16 Struktur Relay	26
Gambar 2.17 Pompa elektrik jenis diafragma	27
Gambar 2.18 Sirene Buzzer DC 12V	29
Gambar 2.19 Power Supply 12V DC	31
Gambar 2.20 (a) <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i> , (b) Bagian-bagian pin yang ada pada LCD, (c) Modul yang digunakan pada LCD I2C	33
Gambar 3.1 Desain Sistem 3D pada <i>Sketchup</i>	37
Gambar 3.2 a) Desain box alat, ukuran 15 x 6 x 22 cm, b) Tampilan box pada sisi bawah, c) Tampilan box pada sisi atas	38
Gambar 3.3 Rangkaian Sensor Ultrasonik HC-SR04	39
Gambar 3.4 Rangkaian Relay, Pompa, <i>Buzzer</i> , <i>Power Supply</i> , dan LCD	40
Gambar 3.5 Blog Diagram <i>Input, Proses, Output</i>	42
Gambar 3.6 Diagram Alir Pemrograman	44
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 3.8 Contoh Grafik Kalibrasi Sensor Pada Tangki Bahan Bakar	50
Gambar 3.9 Contoh Grafik Hubungan Antara Kondisi Akhir Tangki Utama (cm) dan Waktu Operasional Pompa (detik)	51
Gambar 4.1 (a) Tampilan alat secara keseluruhan, (b) Tampilan alat tampak atas yang terdiri dari dua port sensor, (c) Tampilan alat pada sisi kanan yang terdiri dari tiga port, (d) Tampilan alat pada sisi kiri yang terdiri dari tiga port yaitu satu port untuk power supply dan dua port untuk aktuator berupa pompa dan <i>buzzer</i>	56
Gambar 4.2 Tampilan dalam pada Sistem Otomasi Pengisian Mesin Genset	58
Gambar 4.3 Tampilan Fisik Prototype Sistem Otomasi Pengisian Bahan Bakar	61

Gambar 4.4 (a) Tampilan Uji Coba Pengukuran pada Serial Monitor, (b) Tampilan Uji Coba Pengukuran Tangki Utama dan Tangki Sedia pada LCD.	62
Gambar 4.5 Pengkalibrasian Sensor Ultrasonik HC-SR04 dengan Meteran	64
Gambar 4.6 Grafik Kalibrasi sensor ultrasonik HC-SR04 terhadap meteran.....	67
Gambar 4.7 Bentuk Potongan <i>Source Code</i> Program Kalibrasi.....	69
Gambar 4.8 Tampilan Serial Monitor Sebelum dan Setelah Kalibrasi.....	69
Gambar 4.9 Grafik Hubungan kondisi akhir tangki utama (cm) dengan waktu operasional pompa (detik)	72
Gambar 4.10. Tampilan Prototype Sistem Otomasi Selama Proses Uji Coba Keseluruhan Sistem	79

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Alat-alat Penelitian.....	34
Tabel 3.2 Bahan-bahan Penelitian	35
Tabel 3.3 Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian	36
Tabel 3.4 Contoh Tabel Data Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk variasi jarak 5 cm, 10 cm, dan 15 cm, 20 cm, 25 cm, dan 30 cm	48
Tabel 3.5 Contoh Tabel Pengujian Pada Pompa untuk Pengisian Tangki Utama.	50
Tabel 3.6 Contoh Tabel Pengujian Respon <i>Buzzer</i>	52
Tabel 3.7 Contoh Tabel Pengujian Sistem Keseluruhan.....	53
Tabel 4.1 Tabel Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04 dengan Meteran	66
Tabel 4.2 Pengujian Operasional Pompa dalam Mendeteksi Keberadaan BBM .	71
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Respon <i>Buzzer</i> pada Tangki Cadangan	73
Tabel 4.4 Pengujian keseluruhan sistem (pompa, <i>buzzer</i> , <i>relay</i> , dan sensor).....	74

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kinerja generator set (genset) sangat bergantung pada pengelolaan energi yang efektif dan efisien sebagaimana di BMKG Kelas 1 Radin Inten II Lampung Selatan. Generator set atau lebih dikenal dengan genset suatu mesin atau perangkat yang terdiri dari pembangkit listrik (generator) dengan mesin penggerak yang disusun menjadi satu kesatuan untuk menghasilkan suatu tenaga listrik dengan besaran tertentu. Alat ini menjadi cadangan daya ketika timbul masalah dari listrik PLN yang mengakibatkan pemadaman listrik. Dengan begitu, keberadaan genset membantu untuk memastikan bahwa seluruh aktivitas yang bergantung pada pasokan listrik tetap berjalan dengan normal (Setiyo dkk., 2023).

Untuk mendukung berbagai kegiatan masyarakat, termasuk operasional di BMKG, terutama dalam penerbangan. Generator Set (Genset) memiliki prinsip kerja yaitu mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Namun, pertumbuhan kebutuhan listrik tidak sebanding dengan ketersediaan sehingga dapat mengakibatkan pemadaman listrik bergilir oleh PLN (Hardianto dan Adzillah, 2021). Saat ini pemantauan kapasitas bahan bakar tangki harian dilakukan secara manual dengan melihat selang transparan, sehingga penggunaan bahan bakar tidak dapat diketahui dengan cepat. Oleh karena itu genset memiliki peranan yang penting dalam sistem operasional, terutama dalam mendukung berjalannya operasional Bandara (BMKG) dengan baik (Asnawir dkk., 2021). Salah satu faktor berjalannya genset dengan baik adalah suplai bahan bakar. Genset menggunakan bahan bakar berjenis solar, tentunya jika terjadi pemadaman listrik secara mendadak, maka genset harus dalam kondisi berfungsi, sehingga bahan bakar genset harus selalu mencukupi dan dalam kondisi baik untuk memenuhi kebutuhan genset tersebut (Hans *et al.*, 2023).

Meskipun genset memiliki peran penting, kendala utama yang sering dihadapi adalah kurangnya sistem otomatis untuk mengontrol dan memantau ketersediaan bahan bakar. Solar sebagai bahan bakar genset harus selalu tersedia dalam jumlah yang cukup (Fatra dkk., 2023). Sistem manual yang saat ini diterapkan mengharuskan operator mengisi bahan bakar dari tangki cadangan ke tangki utama secara langsung. Hal ini menimbulkan beberapa masalah. Pertama, pengisian manual membutuhkan perhatian konstan dari operator yang dapat menguras waktu dan tenaga. Kedua, proses ini berisiko terjadi kesalahan, seperti terlambatnya pengisian, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan penghentian operasional genset (Alawiah dkk., 2018).

Selain masalah pengisian bahan bakar, pemantauan terhadap level bahan bakar juga masih dilakukan secara visual, yang kurang efisien dan berpotensi mengakibatkan kelalaian (Irawan dan Gusniar, 2021). Saat ini, belum ada sistem otomatis yang memberikan peringatan jika bahan bakar berada di bawah ambang batas tertentu. Ketika operator tidak menyadari level bahan bakar yang rendah, ada kemungkinan besar genset berhenti mendadak, yang tentu akan mengganggu operasional BMKG, terutama dalam kondisi darurat (Putra dan Hartono, 2018).

Peres Aliansa Dwi Putra (2021) melakukan sebuah penelitian yang berjudul Smart Fuel Tank dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino. Penelitian dilakukan dengan membuat simulasi pengoperasian instalasi bahan bakar pada tangki harian mesin. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur ketinggian bahan bakar, dan data yang diperoleh diolah oleh mikrokontroler Arduino untuk mengontrol pompa bahan bakar secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat mengukur volume bahan bakar dengan akurasi yang tinggi.

Penelitian terkait dilakukan oleh Alawiah dan Tahtawi (2017) pada penelitiannya yang berjudul sistem kendali dan pemantauan ketinggian air pada tangki berbasis Sensor Ultrasonik. Dalam penelitian tersebut, sistem kendali dirancang menggunakan relay sebagai sakelar yang diatur oleh mikrokontroler dengan metode

kendali histerisis. Pada penelitian ini diperoleh hasil pengujian, bahwa sensor ultrasonik yang digunakan mampu mengukur ketinggian air dari 5 cm sampai 25 cm dengan rata-rata kesalahan pengukuran sebesar 4,93 %. Sistem kendali histerisis juga bekerja dengan baik, dimana tidak ditemukan adanya efek *chattering* pada relay ketika sensor mendeteksi nilai *setpoint*. Selain itu, sistem monitoring yang dirancang dengan menggunakan perangkat lunak *processing* dapat menampilkan data ketinggian air (bentuk grafik dan diagram batang), status pompa, dan durasi pengisian/pengosongan. Penelitian ini memiliki keterbatasan seperti tidak adanya alarm atau indikator yang memberi peringatan apabila level air berada dibawah batas ambang.

Dalam hal ini maka diperlukan sebuah sistem otomatis yang mampu mengatasi permasalahan tersebut. Teknologi otomasi berbasis mikrokontroler, seperti Arduino Uno R3, memberikan peluang untuk menciptakan solusi yang lebih efisien dalam pengelolaan bahan bakar (Yusuf dkk., 2022). Dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04, Sistem ini memungkinkan aktivasi otomatis pompa untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki cadangan ke tangki utama saat level bahan bakar berada di bawah ambang batas. Data yang dikumpulkan dari sensor-sensor ini akan diolah oleh Arduino untuk mengaktifkan kontrol otomatis, seperti menghidupkan pompa bahan bakar dari tangki cadangan saat level di tangki utama rendah, serta menyalakan alarm (Mukhtar dan Pitriadi, 2021).

Sistem ini tidak hanya mempermudah pengisian bahan bakar secara otomatis, tetapi juga memberikan peningkatan dari sisi keamanan mesin dengan adanya pemantauan melalui indikator *buzzer* memberikan peringatan visual dan suara, sehingga operator dapat segera mengambil tindakan jika terjadi anomali dalam sistem informasi dari kedua tangki yang dapat ditampilkan melalui *Liquid Crystal Display (LCD)*(Arief, 2011).

Oleh karena itu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang sistem kontrol otomatis berbasis Arduino Uno R3 dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memonitor dan mengelola bahan bakar mesin genset dan diharapkan sistem ini dapat menjadi terobosan praktis yang memberikan kemudahan dan keandalan dalam operasional di Stasiun Meteorologi Kelas 1 Radin Inten II Lampung Selatan.

Selain itu, sistem ini juga diharapkan mampu mendukung optimalisasi penggunaan energi serta meningkatkan keamanan mesin melalui pemantauan otomatis yang lebih akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang sistem kontrol otomatis berbasis Arduino yang dapat memonitor volume bahan bakar pada mesin genset menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04?
2. Bagaimana sistem dapat bekerja secara otomatis mengaktifkan pompa untuk mentransfer bahan bakar pada tangki mesin genset?
3. Bagaimana menyusun mekanisme indikasi alarm berupa sirine atau buzzer yang efektif untuk memberikan peringatan saat bahan bakar mencapai batas minimum?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat merancang sistem kontrol otomatis berbasis Arduino yang dapat memonitoring volume bahan bakar pada tangki utama dan tangki cadangan mesin genset menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04.
2. Dapat mengetahui cara kerja sistem secara otomatis untuk mengaktifkan pompa dalam mentransfer bahan bakar dari tangki cadangan ke tangki utama ketika level bahan bakar berada di bawah ambang batas tertentu.
3. Dapat mengetahui dan memahami mekanisme indikasi alarm untuk memberikan peringatan saat bahan bakar mencapai batas minimum.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Meningkatkan efisiensi operasional mesin genset melalui pengelolaan bahan bakar secara otomatis, sehingga mengurangi risiko kehabisan bahan bakar saat genset sedang digunakan.
2. Mengoptimalkan penggunaan sumber daya energi melalui sistem yang hanya mengaktifkan pompa ketika dibutuhkan, sehingga lebih hemat energi.
3. Menjadi referensi atau inspirasi bagi pengembangan penelitian lebih lanjut di bidang otomasi dan sistem monitoring berbasis mikrokontroler, khususnya untuk kebutuhan sektor energi dan keamanan mesin.

1.5 Batasan Masalah

Untuk hasil penelitian yang lebih terfokus, maka permasalahan yang akan dibahas akan dibatasi dengan batasan masalah sebagai berikut.

1. Jenis mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno R3.
2. Sistem ini hanya dirancang untuk mengontrol dan memonitor bahan bakar secara lokal, tanpa menggunakan koneksi internet atau aplikasi berbasis IoT untuk pemantauan jarak jauh.
3. Pemantauan volume bahan bakar hanya dilakukan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, dengan output berupa pompa, sirine alarm dan tampilan langsung pada layar LCD.
4. Proses transfer bahan bakar dari tangki cadangan ke tangki utama diatur secara otomatis berdasarkan pembacaan level bahan bakar oleh sensor, tanpa melibatkan sistem pengendalian jarak jauh.

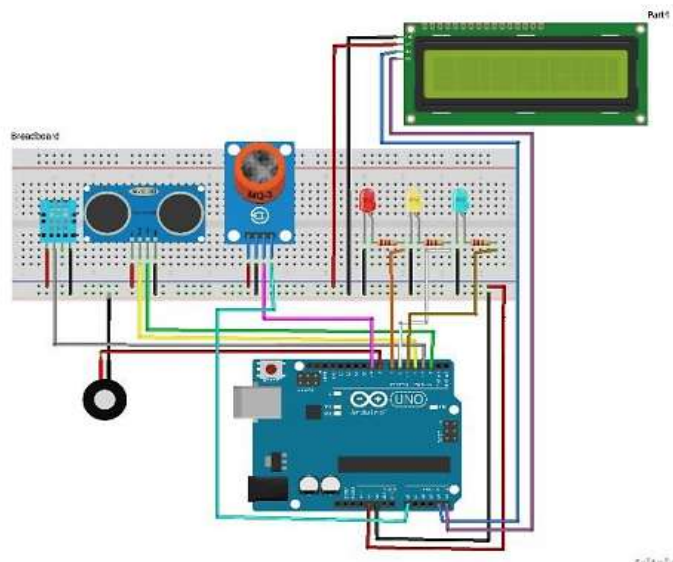
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Putra dan Hartono (2018) dalam jurnalnya yang berjudul Rancang Bangun Kontrol dan Monitoring Sistem Pengisian Bahan Bakar Pada Genset di Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu. Penelitian ini memanfaatkan mikrokontroller arduino, sensor flow dan sensor ultrasonik untuk mengukur jumlah bahan bakar yang telah digunakan serta memantau kapasitas tangki. Pada penelitian ini juga memanfaatkan Sistem kontrol berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC). Data yang dihasilkan pada sistem ini kemudian dikirimkan ke *Programmable Logic Controller* (PLC) yang akan mengontrol pompa. Ketika tangki mencapai kapasitas penuh, sistem secara otomatis mematikan pompa. Penelitian ini menghasilkan rancangan sistem kontrol pengisian bahan bakar genset yang bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

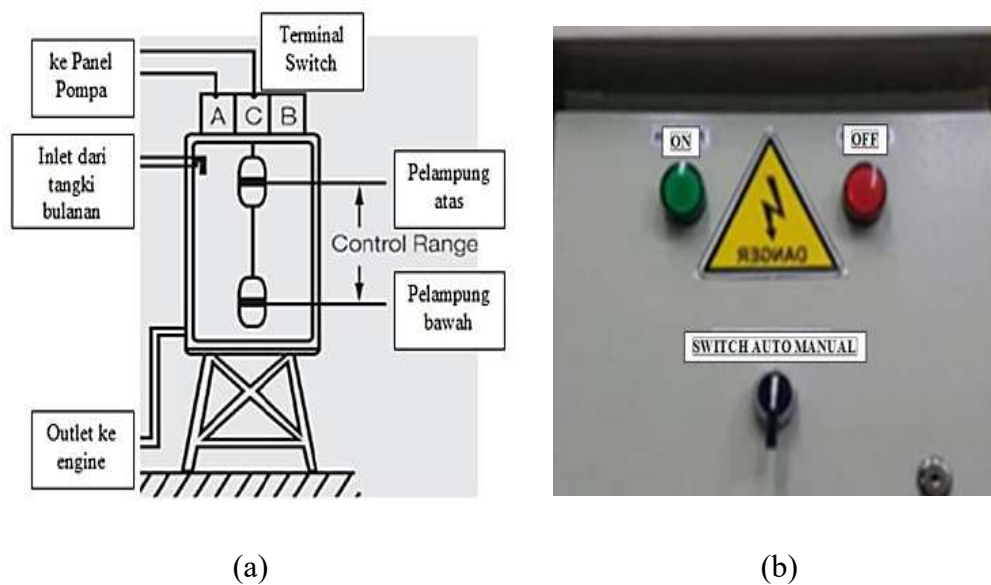
Penelitian berikutnya dilakukan oleh Mubarak dkk (2020) dalam jurnal penelitiannya yang berjudul Perancangan Prototipe Indikator Kapasitas Penyimpanan Level Tangki Minyak Dengan Sensor Ultrasonic, DHT11, dan MQ-2 Secara Digital Berbasis Arduino Uno R3. Penelitian ini berhasil merancang prototipe sistem indikator kapasitas penyimpanan tangki minyak menggunakan kombinasi sensor ultrasonik, DHT11, dan MQ-2, yang diintegrasikan dengan Arduino Uno R3. Sistem ini dirancang untuk mengukur level penyimpanan minyak, memantau suhu dan kelembapan di dalam tangki, serta mendeteksi kebocoran gas. Hasil pengujian sensor ultrasonik pada penelitian ini tidak cukup presisi dikarenakan bejana yang di pakai dalam penelitian ini cukup kecil. Sehingga sensor

hanya dapat menampilkan pada LCD jarak baca sensor (20%, 40%, 60%, 80%, dan overload) pada rentang jarak tertentu. Pada pengujian sensor gas hanya dapat menampilkan datasheet dari sensor gas dikarenakan tidak adanya alat ukur pembanding dari sensor gas dan pada pengujian sensor suhu didapatkan nilai cukup presisi dengan alat pembanding berupa thermometer dengan nilai miscalculation yang cukup kecil. Rancangan prototipe pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 2.1** berikut.



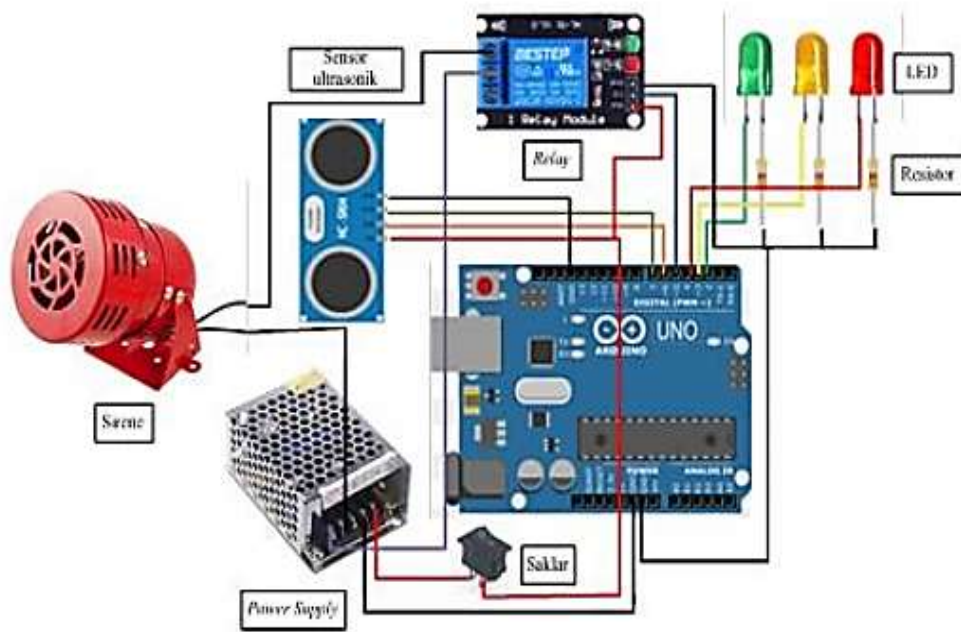
Gambar 2.1 Rancangan Prototipe Indikator Kapasitas Penyimpanan Level Tangki Minyak (Mubarak dkk., 2020).

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Setiyo dkk (2023) yang berjudul *Prototype Pengaturan Sistem Kontrol Otomasi Fuel Treatment Tangki Harian Dari Tangki Bulanan Genset Pada Power Station Bandar Udara*, yang bertujuan untuk merancang bangun kebutuhan fuel generator set secara otomatis pada tangki harian dan tangki bulanan. Penelitian ini memanfaatkan sensor fuel level atau *level switch parker, water separator, fuel filter*, pompa solar, panel kontrol pompa dan model pemipaan untuk penyaluran bahan bakar. Data hasil pengetesan atau hasil uji coba dilakukan dengan melakukan pengetesan secara bertahap dengan tahapan-tahapan yang sistematis sesuai fungsi masing-masing perangkat yang terpasang dalam sistem kontrol otomatis *fuel traetment* pada tangki harian dan bulanan yang terpasang di *power station* bandar udara.



Gambar 2.2 (a) Pemasangan Pelampung *Level Switch Parker*, (b) Panel Kontrol Pompa Tampak Depan pada penelitian terdahulu (Setiyo dkk., 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Riyadi dan Amri (2022) dalam jurnal penelitiannya yang berjudul Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Limbah Oli Berbasis Arduino Uno Pada PT. Megapower Makmur Tbk Bengkalis. Penelitian ini membahas sistem monitoring untuk mendeteksi ketinggian limbah oli di PT. Megapower Makmur Tbk Bengkalis, sebuah perusahaan yang bergerak di pembangkit listrik *diesel*. Limbah oli yang dihasilkan merupakan limbah berbahaya dan beracun yang dapat memberikan dampak negatif pada masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring yang mampu mendeteksi level limbah oli dan memberikan notifikasi jika mencapai batas tertentu. Metode yang digunakan adalah menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian limbah oli. Ketika level limbah mencapai batas tinggi, sensor mengirimkan sinyal ke Arduino Uno untuk mengaktifkan indikator berupa lampu merah (LED) dan alarm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berbasis Arduino ini berhasil memenuhi kebutuhan dengan tingkat keberhasilan 100%. Pengujian juga menunjukkan tingkat akurasi rata-rata sensor ultrasonik sebesar 0,70%, tingkat kekuatan sirine mencapai 105,2 dB, dan sistem ini bekerja dengan baik sesuai perancangan. Rancangan sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2.3** berikut.



Gambar 2.3 Rancangan Sistem Monitoring Ketinggian Limbah Oli penelitian terdahulu (Riyadi dan Amri, 2022).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Alawi *dkk* (2021) dalam jurnalnya yang berjudul *Monitoring of Fuel Height Gauge at IoT-Based Gas Stations* atau Monitoring Pengukur Tinggi BBM Pada Tandon SPBU Berbasis IoT. Penelitian ini membahas sistem monitoring ketinggian bahan bakar pada tangki SPBU berbasis IoT menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Sistem ini menggunakan NodeMCU sebagai mikrokontroler dan aplikasi *Blynk* untuk antarmuka pengguna, memungkinkan pemantauan volume bahan bakar secara *real-time* melalui koneksi internet. Metode ini bertujuan menggantikan pengukuran manual menggunakan tongkat meteran, yang dinilai kurang efektif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki akurasi yang baik dalam mendeteksi ketinggian bahan bakar. Implementasi sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2.4** berikut

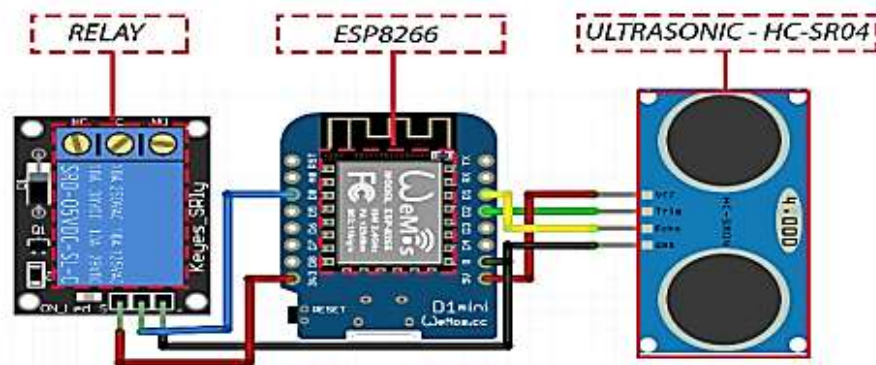


Gambar 2.4 Implementasi Sistem Monitoring Pengukur Tinggi BBM Penelitian Terdahulu (Alawiah *et al.*, 2017).

Gambar 2.4 merupakan Sistem kendali dan monitoring ketinggian pada suatu tangki berbasis ultrasonik berhasil dirancang dan diimplementasikan dalam bentuk purwarupa. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa sensor ultrasonik yang digunakan mampu mengukur ketinggian air dari 5 cm sampai dengan 25 cm dengan rata-rata kesalahan pengukuran sebesar 4,93%

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad *et al* (2022) dalam jurnal penelitiannya yang berjudul *Microcontroller Based Ultrasonic Fluid Level Measurement System For Domestic And Industrial Applications*. Penelitian ini mengembangkan sistem pengukuran tingkat cairan berbasis mikrocontroller menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Sistem ini mampu mengukur dan mendeteksi tingkat cairan pada berbagai jenis cairan seperti air, bensin, minyak tanah, dan lainnya dalam rentang 20 cm hingga 400 cm. Data tingkat cairan ditampilkan pada layar LCD. Akurasi pengukuran mencapai ± 1 cm hingga ± 2 cm dengan kesalahan yang dapat diabaikan. Jika ketinggian cairan berada di luar jangkauan sensor, sistem akan menampilkan pesan error *Out-of-Range (OOR)*. Teknologi ini cocok untuk aplikasi dalam pengelolaan penyimpanan cairan, peringatan level cairan rendah, dan kontrol tingkat cairan sederhana untuk keperluan rumah tangga maupun industri.

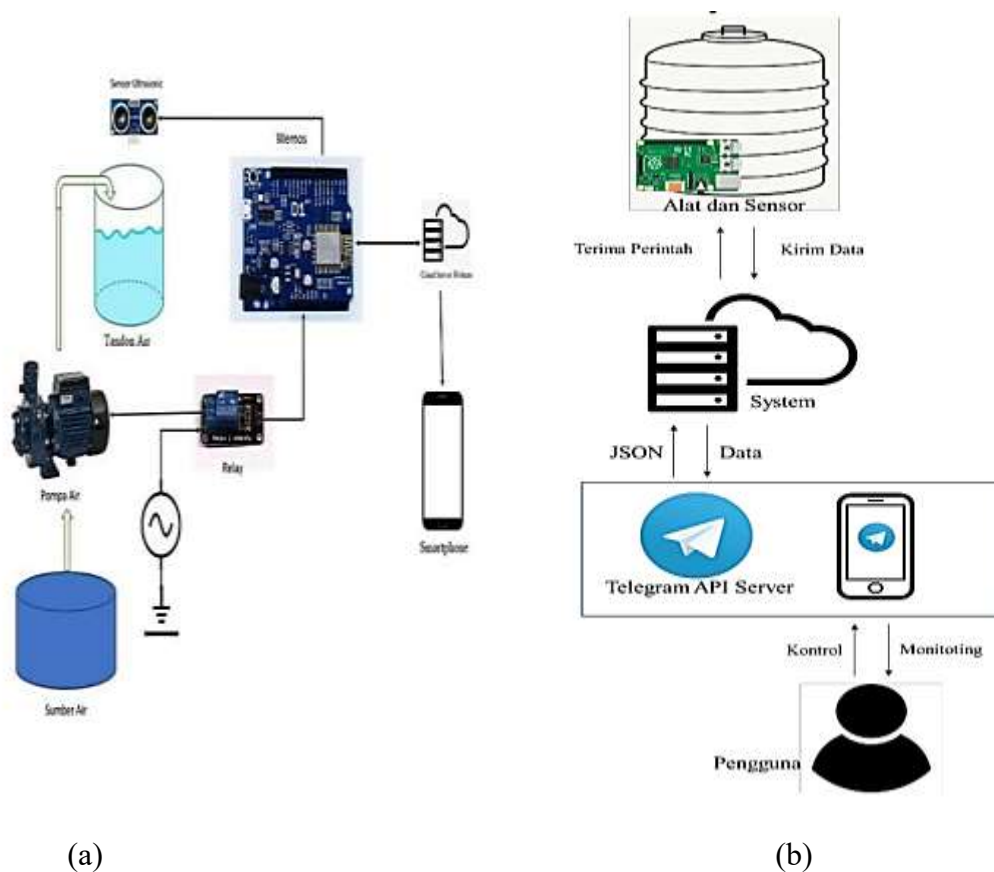
Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Prayetno dkk (2021) dalam jurnal penelitiannya yang berjudul *PLTD Engine Tank Oil Volume Monitoring System using HC-SR04 Ultrasonic Sensor Based on Internet of Things (IoT)* yaitu sebuah sistem pemantauan volume minyak tangki mesin PLTD menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 berbasis *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini membahas sistem pemantauan volume oli pada tangki generator PLTD yang berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau level oli pada tangki generator PLTD berbasis sensor ultrasonik HC-SR04 dan *mikrocontroller* ESP8266. Sistem ini menggantikan metode manual dengan menampilkan data *real-time* melalui aplikasi Blynk, memberikan notifikasi otomatis, dan mengontrol pengisian ulang menggunakan *relay*. Hasilnya, sistem meningkatkan efisiensi dan akurasi manajemen bahan bakar dengan tingkat kesalahan rendah. Rangkaian sistem pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.5** berikut.



Gambar 2.5 Rangkaian Sistem sistem pemantauan volume minyak tangki mesin PLTD Penelitian terdahulu (Prayetno dkk., 2021).

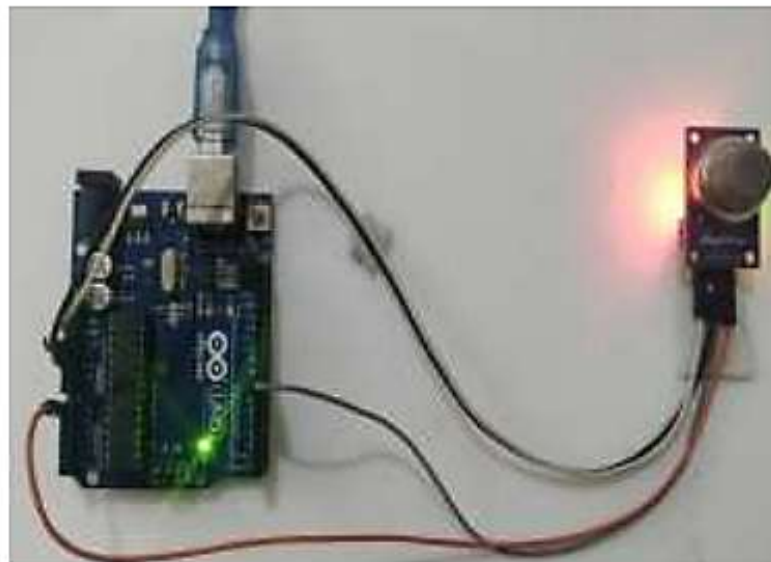
Penelitian yang dilakukan oleh Pane *et al* (2022) dalam jurnal penelitiannya yang berjudul *Automatic Monitoring System Iot (Internet Of Things) Based Water Tanks*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan dan pengendalian tangki air berbasis *Internet of Things* (IoT) guna mengatasi kendala pengelolaan air secara manual yang sering menyebabkan pemborosan dan ketidakefisienan. Sistem yang dirancang menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikroprosesor utama, sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air

dalam tangki, dan Telegram sebagai antarmuka komunikasi dengan pengguna. Sistem ini mampu mengirimkan notifikasi otomatis kepada pengguna mengenai status level air (rendah atau penuh) dan memungkinkan pengguna untuk mengontrol pompa air, baik secara manual maupun otomatis, melalui perintah pada aplikasi Telegram. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem IoT yang dikembangkan dapat mendeteksi level air secara akurat, mengontrol aliran air dengan efisien, dan memberikan notifikasi *real-time* kepada pengguna. Implementasi sistem ini memberikan solusi hemat energi dan air serta mempermudah pengelolaan tangki air, terutama pada tangki yang dipasang di tempat tinggi. Desain sistem pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.6** berikut.



Gambar 2.6 (a) Desain Sistem Pemantauan dan Pengendalian Tangki Air, (b) Rancangan Sistem Pemantauan dan Kontrol Tangki Air melalui Telegram pada Penelitian Terdahulu (Pane *et al.*, 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh Tahir *et al* (2022) dalam jurnal penelitiannya yang berjudul *Real Time Monitoring and Control of Electrical Diesel Generator through Internet of Things*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat memantau dan mengendalikan generator *diesel* secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk menggantikan metode pemantauan manual yang memerlukan intervensi manusia dan sering kali tidak efisien dalam mendeteksi gangguan operasional. Sistem yang dikembangkan menggunakan kontroler Arduino sebagai pengolah data dan aplikasi berbasis android untuk antarmuka pengguna. Data yang dikumpulkan meliputi level bahan bakar, suhu, aliran, dan tegangan generator. Informasi ini dikirimkan secara *real-time* kepada pengguna melalui perangkat IoT sehingga pengguna dapat memantau status generator dan mengendalikan operasinya dari jarak jauh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi status generator secara akurat, memberikan notifikasi otomatis, dan mengurangi risiko kegagalan operasi. Implementasi sistem dapat dilihat pada **Gambar 2.7** berikut.



Gambar 2.7 Implementasi Sistem Pemantauan dan Pengendalian Generator Diesel pada Penelitian Terdahulu (Tahir *et al.*, 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Vincentius George Dennis Wenas (2021) dalam jurnal penelitiannya yang berjudul *Prototipe Sistem Monitoring Tangki Bahan Bakar Genset Berbasis Aplikasi Blynk Dengan Nodemcu 8266*. Pada Penelitian ini,

sistem monitoring tangki bahan bakar genset dirancang untuk memantau dan mengendalikan kapasitas bahan bakar secara otomatis menggunakan sensor ultrasonik sebagai pemantau level tangki dan sensor aliran air sebagai media penghitungan konsumsi bahan bakar. Sistem ini berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan aplikasi *Blynk* sebagai antarmuka real-time untuk menampilkan data level bahan bakar dan grafik terkait penggunaannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memantau level bahan bakar genset secara efektif dengan rata-rata kesalahan pembacaan sensor sebesar 1,29% untuk sensor ultrasonik dan 3,25% untuk sensor aliran air, serta pembaruan data secara *real-time* setiap satu detik. Rancangan *prototipe* pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2.8** berikut.



Gambar 2.8 Prototipe Sistem Monitoring Tangki Bahan Bakar Genset Peneliti Terdahulu (Wenas, 2021).

Pada **Gambar 2.8** merupakan contoh implementasi sistem dengan sebuah prototipe yang digunakan untuk mengukur level bahan bakar di dalam tangki dengan menggunakan sensor ultrasonic dan mengukur jumlah penggunaan bahan bakar menggunakan sensor flow meter dengan memanfaatkan nodeMCU 8266.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Generator Set (Genset)

Generator set (genset) adalah perangkat yang berfungsi menghasilkan energi listrik dengan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Genset terdiri dari dua komponen utama, yaitu mesin penggerak (biasanya mesin diesel atau bensin) dan alternator. Mesin penggerak menghasilkan energi mekanik, sementara alternator mengubahnya menjadi energi listrik. Genset sering digunakan sebagai sumber daya cadangan di lokasi yang tidak memiliki akses listrik stabil, seperti rumah sakit, kantor, pabrik, dan bahkan rumah tangga. Dengan kata lain, generator dapat digunakan sebagai energi alternatif ketika listrik yang disuplai oleh PLN padam atau dapat disebut juga sebagai daya pengganti operasional PLN (Bastari *et al.*, 2017)

Generator listrik terdiri dari beberapa bagian atau komponen yang disusun sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai mesin listrik. Kegunaan generator set yang paling utama yaitu menyediakan sumber listrik cadangan ketika sumber listrik dari PLN tiba-tiba padam. Meskipun tujuannya tak hanya berfokus pada lampu atau penerangan saja, melainkan banyak hal lainnya yang membutuhkan daya listrik. Genset sangat dikenal karena kegunaannya sebagai tenaga listrik yang bisa diandalkan cukup dengan menggunakan bahan bakar bensin atau solar (Saputro, 2017). Mesin *Engine* yang satu ini menggunakan bahan bakar berupa solar (Mesin Diesel) atau dapat juga menggunakan bensin. Genset biasanya dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik pada daerah-daerah atau lokasi yang belum terjangkau oleh suplai PLN, selain itu genset juga banyak dimanfaatkan sebagai sumber daya darurat (catu daya cadangan) ketika PLN atau sumber daya utama dari PLN terjadi pemadaman (Tawurisi dkk., 2019). Genset juga terdapat mesin penggerak yang memiliki peran penting dalam menentukan kinerja generator. Perputaran generator yang stabil akan menghasilkan output listrik yang maksimal (Sasongkojati dan Fatkhurrohman, 2024)

Genset tidak hanya digunakan oleh perorangan dengan ukuran yang kecil, genset juga digunakan pada perusahaan baik perusahaan besar maupun kecil, milik swasta

ataupun pemerintah dengan ukuran genset sampai dengan kapasitas 250 KVA (Kilo Volt Ampere). Bahan bakar untuk catu daya cadangan biasanya disimpan di tangki dekat generator. Kapasitas dari tangki bahan bakar harus memadai untuk waktu operasi maksimal dari generator sebagai catu daya cadangan. Beberapa otoritas memerlukan waktu suplai minimum 72 jam (Imansyah dkk, 2017)



Gambar 2.9 Genset BMKG (Sumber : Koleksi Pribadi Peneliti)

Pada **Gambar 2.9** merupakan Genset dengan label "HT 30 P" suatu perangkat yang berfungsi untuk menghasilkan energi listrik, biasanya menggunakan mesin *diesel* atau bensin sebagai sumber tenaga. Prinsip kerjanya adalah mesin penggerak memutar alternator, yang kemudian mengubah energi mekanis dari putaran tersebut menjadi energi listrik. Proses ini terjadi melalui induksi elektromagnetik, di mana rotor alternator yang berputar memotong kumparan stator, sehingga menghasilkan arus listrik. Energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk menyuplai kebutuhan daya listrik, terutama sebagai sumber listrik cadangan saat pasokan utama, seperti dari PLN, mengalami gangguan.

2.2.2 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang mengubah besaran fisis berupa suara atau bunyi menjadi besaran listrik. Sensor ini gelombang ultrasonik akan dibangkitkan melalui sebuah benda yang disebut *piezoelektrik*. Pada umumnya, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi objek yang beragam seperti aplikasi pengukuran jarak

yang sulit dijangkau. Sensor ultrasonik pada umumnya memancarkan gelombang suara ultrasonik menuju suatu target yang kemudian memantulkan balik gelombang tersebut ke arah sensor. Gelombang tersebut kemudian mengukur waktu yang diperlukan untuk pemancaran gelombang sampai kembali ke sensor dan menghitung jarak target dengan menggunakan kecepatan suara dalam medium. Rangkaian yang membangun sensor ultrasonik terdiri atas *transmitter*, *receiver*, dan komparator. Gelombang ultrasonik juga dibangkitkan oleh sebuah kristal tipis bersifat *piezoelektrik* (Prasetyo dkk., 2022).



Gambar 2.10 Sensor Ultrasonik HC-SR04 (*Datasheet HC-SR04*).

Keterangan :

1. Osilator kristal 4 MHz
2. Pemancar gelombang ultrasonik (*transmitter*)
3. Input pin V_{CC}
4. Pin triger sensor
5. Pin echo sensor
6. Pin ground (GND) sensor
7. Penerima gelombang ultrasonik (*receiver*)

Pada **Gambar 2.10** merupakan bentuk fisik dari sensor ultrasonik jenis HC-SR04 yang memiliki prinsip kerja yaitu sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz. Untuk mengukur jarak benda (sensor jarak), frekuensi

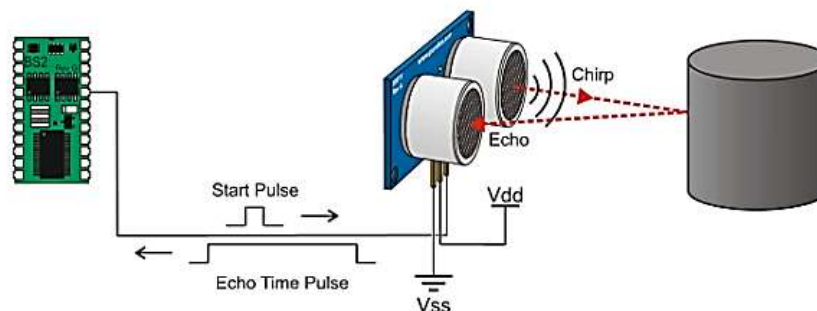
yang umum digunakan adalah 40kHz. Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut. Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut (Imansyah dkk., 2017). Jarak benda dihitung berdasarkan rumus pada **Persamaan 2.1** dan **Persamaan 2.2** berikut:

$$s = \frac{v \times t}{2} \quad (2.1)$$

$$s = \frac{340 \times t}{2} \quad (2.2)$$

dengan, s adalah jarak antara sensor dengan benda, v adalah kecepatan suara di udara yang nilainya 340 m/s, dan t merupakan selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh *transmitter* dan waktu ketika gelombang pantul diterima oleh *receiver* (Imansyah dkk., 2017).

Gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui *piezoelektrik* dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target, setelah gelombang menyentuh permukaan 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 (Frima dan Sani, 2019).



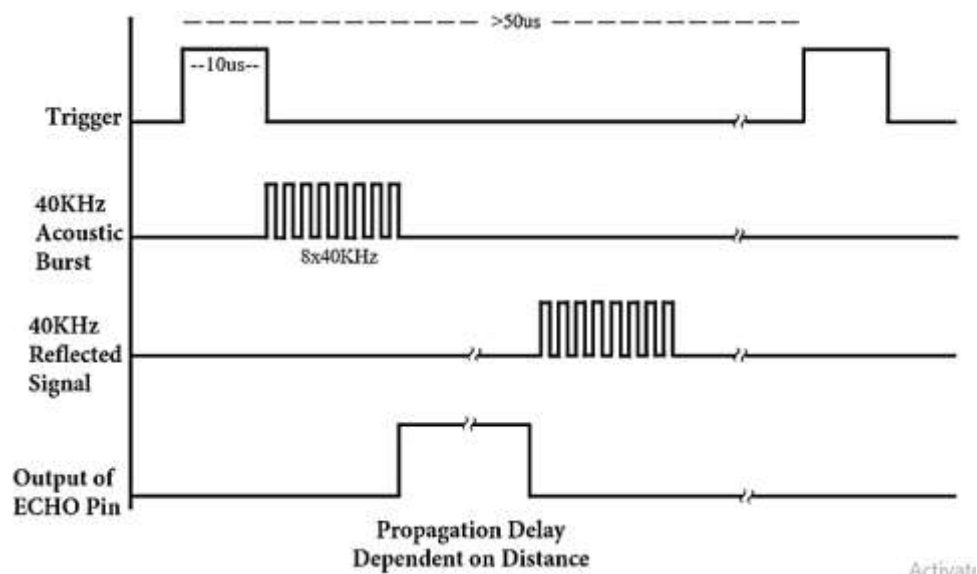
Gambar 2.11 Cara Kerja Sensor Ultrasonik (Purwanto, 2020)

Pada **Gambar 2.11** merupakan gambar bagaimana sensor ultrasonik bekerja dalam mendeteksi objek yang diukur berdasarkan gelombang ultrasonik. Komponen utama yang memungkinkan sensor ini berfungsi meliputi *transduser* ultrasonik, yang terdiri dari *transmitter* dan *receiver*. *Transmitter* menghasilkan gelombang ultrasonik menggunakan material *piezoelektrik* yang mengubah sinyal listrik menjadi getaran mekanik, sedangkan *receiver* mendeteksi gelombang pantulan dan mengubahnya kembali menjadi sinyal listrik melalui efek *piezoelektrik*. Selain itu, terdapat *mikroprosesor* yang mengatur pengiriman gelombang ultrasonik dan memproses sinyal pantulan untuk menghitung waktu tempuh. Komponen pendukung lainnya adalah sirkuit pemrosesan sinyal yang memperkuat sinyal pantulan agar mudah dianalisis, serta *timer* atau *oscillator* yang menghitung waktu antara pengiriman dan penerimaan gelombang ultrasonik. Sensor ini juga dilengkapi pin *input* dan *output*, seperti *trigger* pin untuk memulai pengiriman gelombang ultrasonik dan *echo* pin yang mengeluarkan sinyal dengan durasi sesuai waktu tempuh gelombang. Prinsip fisika yang dimanfaatkan oleh sensor ini meliputi efek *piezoelektrik* untuk menghasilkan dan mendeteksi gelombang ultrasonik, serta fenomena *refleksi* gelombang ultrasonik ketika mengenai permukaan objek. Setelah gelombang dipancarkan oleh *transmitter*, gelombang akan memantul kembali jika mengenai objek. Waktu tempuh gelombang bolak-balik dihitung menggunakan rumus pada **Persamaan 2.1** diatas.

Spesifikasi dari sensor ini adalah sebagai berikut:

- a. Tegangan kerja : 5 V DC
- b. Arus kerja : 15 mA
- c. Frekuensi kerja : 40 kHz
- d. Jarak maksimum : 4 m
- e. Jarak minimum : 2 cm
- f. Sudut pengukuran : 15 derajat
- g. Sinyal *input trigger* : 10 us pulsa TTL
- h. Sinyal *input echo* : TTL, level signal, *proporsional* terhadap jarak
- i. Dimensi : 1-13/16" x 13/16" x 5/8"
- j. Koneksi : 4 pin (V_{CC} , Gnd, Echo, Trigger) (*Datasheet* HC-SR04).

Sensor ini merupakan sensor jarak ultrasonik yang dapat mendeteksi jarak antara 2 cm hingga 4 m dengan sudut pengukuran 15 derajat. Sensor ini memiliki karakteristik utama seperti tegangan kerja 5V DC, arus kerja 15 mA, dan frekuensi kerja 40 kHz. Sensor ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai perangkat yang memerlukan pemantauan atau pengukuran jarak secara akurat dan efisien (Alawiah dkk., 2017).



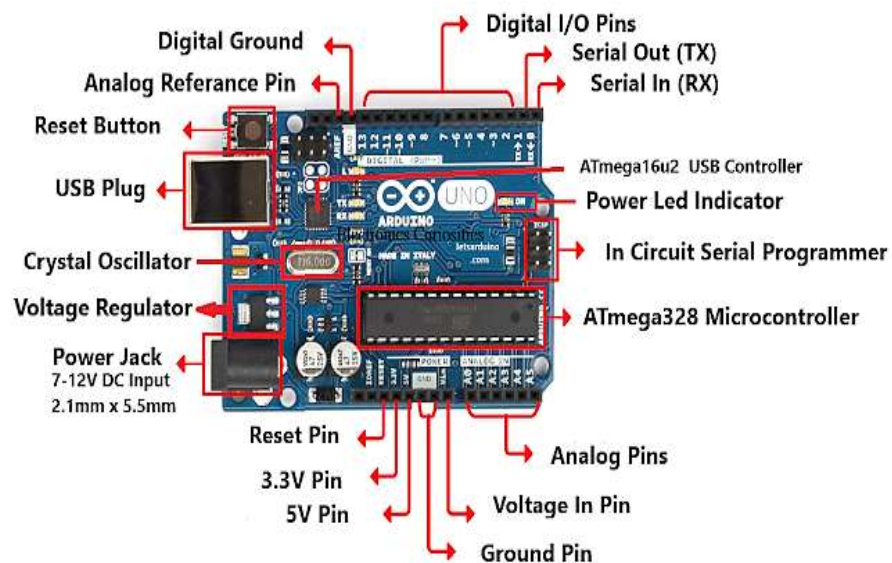
Gambar 2.12 Diagram waktu sensor ultrasonik yang bekerja pada frekuensi 40 KHz (Alawiah dkk., 2017).

Pada **Gambar 2.12** menunjukkan bagaimana sensor bekerja dalam mengukur jarak menggunakan gelombang ultrasonik. Dimulai dengan sinyal *trigger* yang diberikan pada sensor dengan durasi 10 *mikrosecond*. Sinyal ini memerintahkan sensor untuk memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz dalam bentuk *acoustic burst* sebanyak 8 siklus. Gelombang ultrasonik ini kemudian bergerak ke arah objek yang ada di depannya. Ketika gelombang ultrasonik mencapai suatu objek, gelombang tersebut dipantulkan kembali ke sensor. Pantulan ini ditangkap oleh sensor sebagai *reflected signal*. Pada tahap ini, sensor menghitung waktu tempuh gelombang ultrasonik dari saat gelombang dipancarkan hingga diterima kembali. Selanjutnya, sensor memberikan keluaran berupa sinyal pada pin *ECHO*. Durasi sinyal pada pin *ECHO* ini sebanding dengan waktu tempuh gelombang ultrasonik (*propagation delay*). Karena waktu yang dihitung adalah perjalanan

bolak-balik (pergi ke objek dan kembali), durasi ini dibagi dua untuk menentukan jarak satu arah (Alawiah dkk., 2017).

2.2.3 Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah salah satu mikrokontroler *open-source* jenis Arduino UNO revisi ke tiga yang paling populer dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi elektronika dan otomasi (Solihati *et al.*, 2020). Mikrokontroler ini berbasis chip ATmega328P yang memiliki kemampuan pemrosesan data yang cukup untuk mendukung pengembangan prototipe sederhana hingga kompleks (Arrahman, 2022). Keunggulan Arduino Uno R3 terletak pada kemudahannya untuk digunakan, dengan *platform* perangkat lunak dan perangkat keras yang fleksibel (Jakaria dan Fauzi, 2020). Arduino Uno R3 memiliki 14 pin digital *input/output*, di mana 6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output PWM*, serta 6 pin analog input. Frekuensi clock sebesar 16 Hz memungkinkan mikrokontroler ini menjalankan perintah dengan kecepatan yang cukup untuk aplikasi sehari-hari. Mikrokontroler ini juga dilengkapi dengan memori *flash* sebesar 32 KB, *SRAM* sebesar 2 KB, dan *EEPROM* sebesar 1 KB. Kombinasi fitur ini memungkinkan Arduino Uno R3 menangani berbagai tugas pemrosesan dan penyimpanan data (Susanto dkk., 2013).



Gambar 2.13 Board Arduino Uno R3 (*Datasheet Arduino Uno*)

Arduino UNO mempunyai sejumlah fasilitas untuk komunikasi dengan sebuah komputer, Arduino atau mikrokontroler lainnya. Atmega 328 menyediakan serial komunikasi *UART TTL* (5V), yang tersedia pada pin digital 0 (*RX*) dan 1 (*TX*). Sebuah Atmega 16U2 pada *channel board* serial komunikasinya melalui USB dan muncul sebagai sebuah *port virtual* ke *software* pada komputer. *Firmware 16U2* menggunakan *driver USB COM* standar, dan tidak ada *driver eksternal* yang dibutuhkan. *LED RX* dan *TX* pada board akan menyala ketika data sedang ditransmit melalui *chip USB-to-serial* dan koneksi *USB* pada komputer (tapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). Atmega328 juga mensupport komunikasi *I2C (TWI)* dan *SPI* (Sokop *et al.*, 2016).

Spesifikasi dari Arduino Uno R3 ini sebagai berikut:

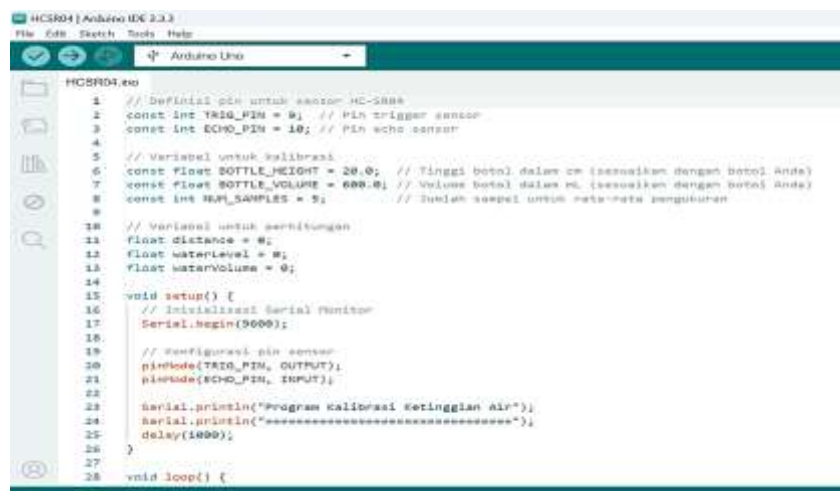
- a. Mikrokontroler : ATmega328
- b. Tegangan pengoperasian : 5 V
- c. Tegangan *input* yang disarankan: 7-12 V
- d. Batas tegangan *input* : 6-20 V
- e. Jumlah pin *I/O* digital : 14
- f. Jumlah pin *input* analog : 6
- g. Arus DC tiap pin *I/O* : 40 mA
- h. Arus DC untuk pin 3.3V : 50 mA
- i. Memori : 32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh *bootloader*
- j. *SRAM* : 2 KB (ATmega328)
- k. *EEPROM* : 1 KB (ATmega328)
- l. *Clock Speed* : 16 MHz (Sokop *et al.*, 2016).

Arduino Uno R3 mendukung komunikasi serial melalui *port USB*, yang juga berfungsi sebagai sumber daya saat terhubung ke komputer. Selain itu, terdapat fitur komunikasi lain seperti *I2C* dan *SPI*, yang memungkinkan Arduino berinteraksi dengan berbagai sensor, aktuator, atau perangkat lain. Pemrograman Arduino Uno R3 dilakukan menggunakan perangkat lunak Arduino IDE, yang mendukung bahasa pemrograman berbasis *C/C++*. IDE ini menyediakan berbagai *library* bawaan, sehingga pengguna dapat mengimplementasikan fungsi tertentu dengan cepat (Setiyawan dkk., 2016).

2.2.4 Software Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak untuk mengembangkan program, kemudian mengkompilasinya menjadi kode *biner* dan mengunggahnya ke memori yang ada di Arduino. Arduino IDE dapat memprogram modul yang *kompatibel* dengan Arduino seperti sensor, *display*, *drive*, dan sebagainya. Arduino IDE biasanya digunakan untuk memprogram memori pada mikrokontroler, salah satunya adalah Arduino. Arduino merupakan perangkat elektronik *open source* yang dirancang khusus untuk memudahkan dalam mengembangkan perangkat elektronik yang bisa berinteraksi dengan berbagai macam sensor dan pengontrol (Pratika dkk., 2021).

Arduino IDE dapat dijalankan pada sistem operasi *Windows*, *macOS*, dan *Linux*. Aplikasi ini menyediakan editor teks untuk menulis kode, area pesan untuk menampilkan *error* atau status proses, konsol keluaran, serta *toolbar* dengan tombol-tombol penting seperti *Verify* (memeriksa kesalahan dalam kode) dan *Upload* (mengunggah kode ke *board*). IDE mendukung berbagai jenis papan Arduino seperti Arduino Uno, Mega, Nano, dan lainnya. Selain itu, Arduino IDE memiliki fitur serial monitor yang memungkinkan komunikasi langsung dengan mikrokontroler untuk *debugging* atau pemantauan data (Jakaria dan Fauzi, 2020).



Gambar 2.14 Contoh Program pada Arduino IDE (Sumber : Koleksi Pribadi Peneliti)

Pada **Gambar 2.14** merupakan *Platform* arduino IDE dengan contoh program yang digunakan yang memungkinkan dalam proses pengembangan proyek-proyek

berbasis mikrokontroler dengan cepat dan efisien. Aplikasi ini banyak digunakan dalam bidang pendidikan untuk memperkenalkan pemrograman dan elektronika. Di dunia profesional, Arduino IDE digunakan untuk membuat *prototipe* sistem otomatisasi, monitoring, dan perangkat IoT. Dengan fitur serial monitor, pengguna juga dapat memantau dan menganalisis data sensor secara *real-time*, sehingga mempermudah pengujian dan *debugging* (Hakiki dkk., 2020).

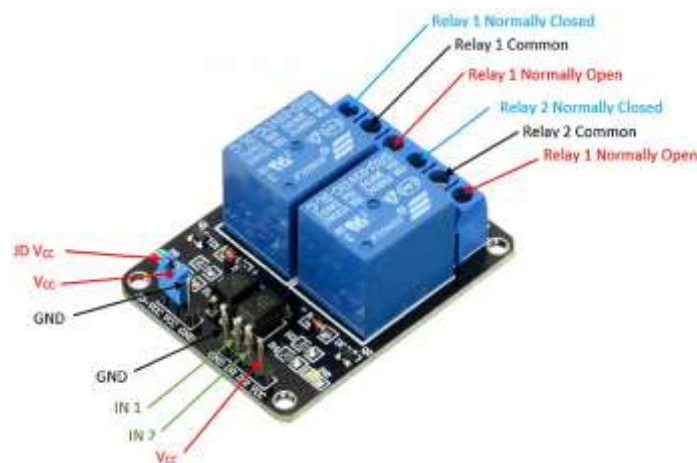
Meskipun memiliki banyak keunggulan, Arduino IDE memiliki keterbatasan dalam hal fitur pemrograman yang lebih kompleks. IDE ini tidak mendukung *debugging* lanjutan seperti *breakpoint* atau *step-by-step execution*. Selain itu, meskipun mendukung berbagai board Arduino, kemampuan pemrogramannya terbatas pada bahasa C/C++, sehingga kurang fleksibel dibandingkan dengan *platform* pengembangan lain yang mendukung berbagai bahasa pemrograman (Ismailov et al., 2022).

2.2.5 Modul Relay 2 Channels

Modul relay adalah komponen elektronik berupa saklar dengan arus listrik sebagai pengendalinya. *Modul relay* digunakan untuk melakukan kontrol beban AC dengan rangkaian kontrol DC dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan beban dan tegangan rangkaian kontrol. *Modul relay* diperlukan dalam rangkaian elektronika sebagai pelaksana serta antarmuka antara beban dan sistem kontrol elektronik dengan sistem catu daya yang berbeda (Pratika dkk., 2021). Pada prinsipnya *relay* adalah saklar yang dioperasikan secara elektronik menggunakan prinsip elektromagnetik untuk memutus dan menyambungkan aliran listrik. Dengan menggunakan arus listrik kecil dapat menghantarkan listrik bertegangan tinggi. Terdapat dua jenis kontak poin relay yaitu *Normally Close (NC)* dan *Normally Open (NO)*. Saklar dengan kondisi *NO* artinya keadaan awal dalam kondisi *open* (terbuka), sedangkan saklar *NC* artinya keadaan awal *close* (terhubung) (Jakaria dan Fauzi, 2020). Kondisi *relay* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Normally Open (NO)*. *Relay* juga dikenal sebagai komponen yang dapat mengimplementasikan logika *switching*. *Relay* merupakan otak dari rangkaian

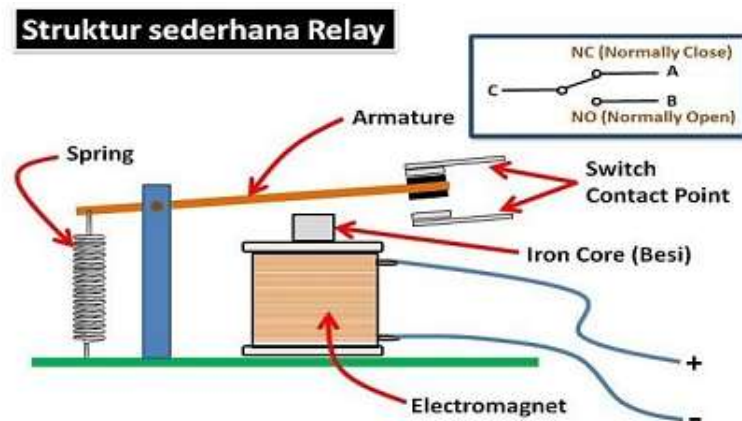
pengendali. *Relay* atau saklar (*Switch*) dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Tawurisi dkk., 2019).

Relay memiliki sebuah kumparan tengah-rendah yang dililitkan pada sebuah inti, terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. *Relay* adalah saklar yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu elektromagnet dan mekanik. Perbedaan antara *relay* dengan saklar adalah, *relay* dikendalikan secara elektronik, sedangkan saklar dikendalikan secara mekanik. *Relay* menggunakan elektromagnet *koil* (kumparan) (Nasution *et al.*, 2019).



Gambar 2.15 *Module Relay 2 Channel* (Sumber: *Datasheet Relay*, 2024).

Pada **Gambar 2.15** merupakan bentuk fisik *relay 2 channel* yang terdiri dari komponen penyusun yaitu IN1 dan IN2 merupakan terminal input yang menerima sinyal untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *relay*. Vcc merupakan terminal yang menerima tegangan catu daya, biasanya 5V DC. GND adalah terminal *ground* (GND). Pada bagian *Relay 1 Normally Open* dan *Relay 1 Normally Closed* adalah kontak *relay* pertama, di mana saat *relay* tidak aktif (*Normally Open*), kontak terbuka, dan saat *relay* aktif (*Normally Closed*), kontak tertutup. Pada bagian *Relay 2 Normally Open* dan *Relay 2 Normally Closed* adalah kontak *relay* kedua yang bekerja dengan prinsip yang sama seperti *relay* pertama. *Relay 1 Common* dan *Relay 2 Common* merupakan terminal umum atau *common* dari masing-masing *relay* (Imansyah dkk., 2017).



Gambar 2.16 Struktur *Relay* (Imansyah dkk., 2017)

Pada **Gambar 2.16** menunjukkan struktur sederhana *relay* yang dengan prinsip kerjanya yaitu ketika terminal *input* (IN1 atau IN2) menerima sinyal, *relay* akan teraktivasi dan akan mengubah posisi kontak NO (*Normally Open*) menjadi tertutup, dan kontak NC (*Normally Closed*) menjadi terbuka. Ini memungkinkan aliran arus listrik melalui kontak *relay* yang tertutup. Ketika sinyal *input* dihilangkan, *relay* akan kembali ke posisi normalnya.

2.2.6 Pompa Bahan Bakar (Solar)

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain dengan memberikan gaya tekan terhadap zat yang akan dipindahkan. Pada dasarnya, prinsip kerja pompa dalam melakukan pengaliran dengan cara memberikan gaya tekan terhadap *fluida*. Tujuan dari gaya tekanan tersebut adalah untuk mengatasi friksi atau hambatan yang timbul di dalam pipa saluran ketika proses pengaliran sedang berlangsung. Friksi tersebut umumnya disebabkan oleh adanya beda elevasi (ketinggian) antara saluran masuk dan saluran keluar, dan juga karena adanya tekanan balik yang harus dilawan. Tanpa adanya tekanan pada cairan maka cairan tersebut tidak mungkin untuk dialirkan atau dipindahkan (Imansyah dkk., 2017).

Terdapat dua jenis pompa, yaitu pompa mekanis dan pompa elektrik. Pompa mekanis biasanya digerakkan oleh energi dari mesin utama, seperti mesin diesel itu sendiri. Sementara itu, pompa elektrik menggunakan tenaga listrik untuk menggerakkan motor yang memindahkan bahan bakar. Selain itu, terdapat pompa manual yang dioperasikan secara manual untuk kebutuhan darurat atau situasi sederhana (Bagi dkk., 2021). Berdasarkan prinsip kerjanya, pompa elektrik ini terdiri dari beberapa jenis diantaranya, pompa sentrifugal, pompa peristaltik, pompa piston, pompa diafragma, pompa rotor, pompa jet. Namun pada penelitian ini jenis pompa yang digunakan adalah pompa elektrik diafragma yang ditunjukkan pada **Gambar 2.17**.



Gambar 2.17 Pompa elektrik jenis diafragma (Setyawan dkk, 2023)

Keterangan :

1. Saluran keluar
2. Badan pompa
3. Saluran masuk
4. Sakelar tekanan pemutus pompa
5. Kabel konektor
6. Kaki pompa
7. Motor listrik

Pada **Gambar 2.17** merupakan pompa jenis diafragma yang terdiri dari beberapa komponen yaitu *outlet port* sebagai tempat keluarnya cairan, *inlet port* sebagai tempat masuknya cairan, *body* pompa merupakan bagian utama pompa yang

menampung komponen lainnya dan melindungi dari segala kerusakan fisik, motor listrik sebagai penggerak, dan *connector wire* berfungsi untuk menyambungkan pompa ke sumber listrik. Secara umum pompa listrik dapat memindahkan *fluida* dari satu tempat ke tempat lain secara efektif, dengan prinsip kerja pada motor listrik yang berputar akan menggerakkan *impeler* (yang ada pada body pompa) sehingga *fluida* terdorong keluar melalui saluran *outlet*. Pompa ini memiliki keunggulan, kemampuannya untuk memindahkan *fluida*, sebuah cairan seperti bahan bakar dalam jumlah besar dengan cepat dan efisien. Pompa ini dirancang untuk tahan terhadap korosi dan aus, karena bahan bakar solar memiliki sifat pelumas alami yang membantu mengurangi gesekan. Selain itu, banyak pompa modern dilengkapi dengan fitur otomatisasi, seperti deteksi level bahan bakar dan pengaturan aliran, sehingga meningkatkan efisiensi dan keamanan penggunaannya. (Setyawan dkk., 2023). Pompa solar memiliki banyak manfaat, terutama dalam pengoperasian mesin *diesel*. Dengan memastikan pasokan bahan bakar yang konsisten, pompa ini mendukung kinerja mesin yang optimal dan mengurangi risiko kerusakan akibat kelangkaan bahan bakar. Dalam aplikasi industri, pompa solar membantu efisiensi distribusi bahan bakar ke berbagai lokasi, seperti pembangkit listrik, kapal, atau kendaraan berat. Selain itu, pompa ini juga mempermudah pengisian ulang bahan bakar pada tangki cadangan di lokasi terpencil (Jacobus *et al.*, 2023).

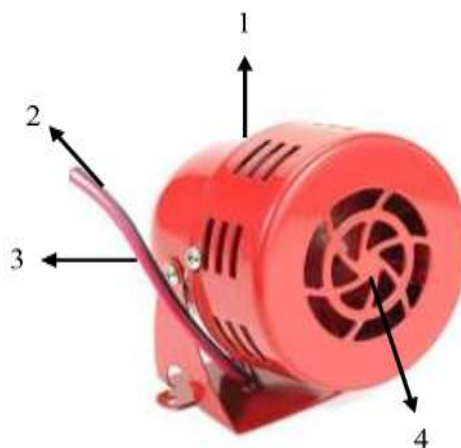
2.2.7 Indikator Alarm *Sirine (Buzzer)*

Buzzer merupakan suatu komponen elektronika yang berfungsi mengubah aliran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* ini terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma, kemudian kumparan tersebut dialiri arus listrik sehingga membentuk medan magnet, kumparan tersebut akan bergerak tertarik atau terdorong tergantung dari arah arus listrik dan polaritas magnet, kumparan tersebut dipasang pada diafragma membuatnya bergerak secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar dan menghasilkan suara (Andriawan dkk., 2022). *Buzzer* dalam sistem ini digunakan sebagai alarm, karena suaranya yang cukup keras dan biasa digunakan untuk memberi informasi atau indikator dari suatu

proses yang sudah selesai atau peringatan apabila terjadi kesalahan pada sistem. *Buzzer* tersebut membutuhkan tegangan sebesar 5 hingga 12 volt untuk dapat bekerja (Syahputra dan Ananda, 2022).

Buzzer terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus yang berubah menjadi elektromagnet, sehingga kumparan akan tertarik ke dalam atau ke luar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan di pasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi kesalahan pada sebuah alat (alarm) (Imansyah dkk., 2017).

Sirene buzzer motor DC 12V adalah perangkat elektronik yang menghasilkan suara sebagai bentuk notifikasi atau alarm. Perangkat ini dirancang untuk bekerja dengan tegangan DC 12V, yang banyak digunakan dalam aplikasi otomotif, keamanan, dan proyek berbasis mikrokontroler. Suara yang dihasilkan biasanya berupa nada tinggi atau berulang, tergantung pada desain internalnya. Ukurannya yang kecil, konsumsi daya rendah, dan kemampuan menghasilkan suara keras. Keunggulan utama *sirene buzzer DC 12V* adalah kemudahan penggunaannya, karena cukup dihubungkan ke sumber daya 12V untuk beroperasi. Selain itu, perangkat ini memiliki respons suara yang cepat, cocok untuk aplikasi seperti sistem alarm, peringatan bahaya, atau *notifikasi* dalam sistem otomatisasi (Prastyo *et al.*, 2024). Indikator *sirine buzzer* ditunjukkan pada **Gambar 2.18** berikut.



Gambar 2.18 *Sirene Buzzer DC 12V* (Prastyo *et al.*, 2024)

Keterangan :

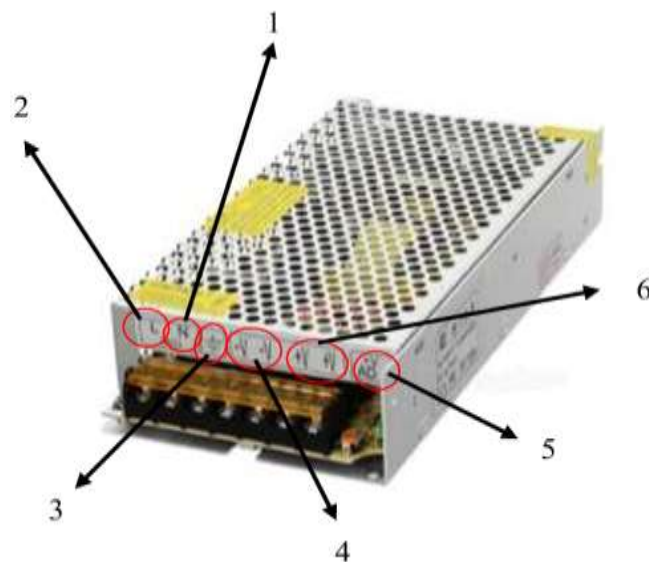
1. Kipas Internal (*Impeller*)
2. Kabel untuk terminal negatif (-) atau GND
3. Kabel untuk terminal positif (+)
4. Casing *Sirine* untuk melindungi komponen internal dari kerusakan fisik

Gambar 2.18 merupakan *sirene* atau *buzzer* jenis DC motor siren yang berfungsi sebagai indikator alarm pada sistem ini. *Sirene* ini bekerja berdasarkan prinsip elektromekanis, di mana arus listrik yang mengalir melalui kumparan menghasilkan medan magnet yang menggerakkan rotor atau pelat getar di dalamnya. Getaran tersebut menghasilkan gelombang suara yang diperkuat melalui lubang-lubang pada *casing sirene*, menciptakan bunyi yang keras dan dapat didengar dari jarak jauh. *Sirene* ini umumnya digunakan sebagai alat peringatan atau tanda bahaya.

2.2.8 Power Supply 12V DC

Power supply adalah perangkat elektronik yang menyediakan energi listrik kepada beban listrik. Fungsi utama *power supply* adalah mengonversi satu bentuk energi listrik ke bentuk lain. Perangkat ini berfungsi sebagai penyedia tenaga listrik dari sumber seperti baterai atau aki. *Power supply* 12V DC biasanya terdiri dari beberapa bagian, yaitu transformator untuk menurunkan tegangan AC, penyearah (*rectifier*) untuk mengubah AC menjadi DC, dan regulator untuk menjaga tegangan tetap stabil di 12V. Komponen ini juga dapat mencakup kapasitor untuk perataan tegangan (*smoothing*). Sumber energi *power supply* dapat berupa tegangan AC (arus bolak-balik) atau tegangan DC (arus searah), yang masing-masing memiliki kegunaan sesuai kebutuhan. Namun, pada penelitian ini *power supply* yang digunakan adalah power supply DC yang mengubah tegangan AC dari sumber menjadi tegangan DC yang lebih rendah (Sitohang *et al.*, 2018). *Power supply* ini digunakan untuk mendukung komponen elektronik seperti pompa bahan bakar dan sistem kontrol mesin (Nurlana dkk., 2019).

Power supply ini dibagi menjadi dua jenis yaitu *voltage regulator* dan *constant current regulator*. *Voltage regulator* memungkinkan tegangan keluaran diatur sesuai kebutuhan, sedangkan *constant current regulator* dirancang untuk mengatur arus keluaran. *Constant current regulator*, atau dikenal juga sebagai sumber arus, mampu menjaga nilai arus tetap stabil meskipun hambatan pada beban berubah-ubah. Pada *power supply* ini juga terdiri atas dua jenis sumber arus yaitu *independent* (bebas) dan *dependent* (tak bebas). Sumber arus bebas adalah jenis yang besar arusnya tetap dan tidak bergantung pada elemen lain di rangkaian. Sebaliknya, sumber arus tak bebas memiliki arus yang dipengaruhi oleh elemen lain, seperti tegangan atau sumber lain di dalam rangkaian. Oleh karena itu, sumber arus tak bebas sering disebut juga sebagai *controlled current source* atau sumber arus terkontrol (Muhammad dkk., 2021).



Gambar 2.19 *Power Supply 12V DC*

Keterangan :

1. Pin N (*Neutral*) untuk kabel netral dari sumber listrik AC PLN
2. Pin L (*Line*) untuk kabel fasa (AC) dari sumber listrik PLN
3. Pin GND sebagai terminal untuk kabel *ground*
4. Pin V- (*Output Negatif*) dihubungkan ke *ground* perangkat elektronik
5. Pin ADJ (*Adjust*) Digunakan untuk menyesuaikan tegangan *output* sesuai kebutuhan sistem.
6. Pin V+ (*Output Positif*) untuk menyuplai perangkat elektronik.

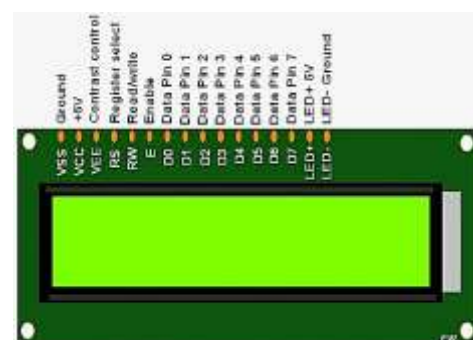
Gambar 2.19 menunjukkan sebuah *power supply switching* jenis *SMPS* (*Switching Mode Power Supply*) yang digunakan untuk mengubah arus AC (*Alternating Current*) menjadi arus DC (*Direct Current*) dengan efisiensi tinggi. Prinsip kerjanya adalah dengan menggunakan sirkuit elektronik untuk memotong dan mengatur tegangan masuk (AC) melalui proses *switching* yang cepat, kemudian disaring oleh rangkaian penyearah dan *filter* untuk menghasilkan tegangan DC yang stabil. Alat ini sering digunakan untuk menyediakan daya bagi perangkat elektronik seperti sistem kontrol, *sirene*, atau rangkaian sensor.

2.2.9 Liquid Crystal Display (LCD)

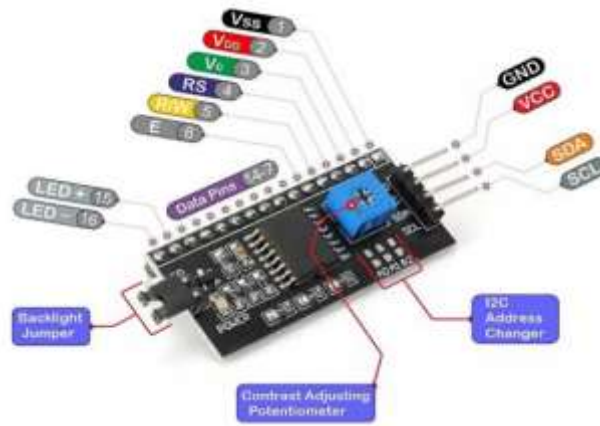
(*Liquid Crystal Display (LCD)*) merupakan *display* yang biasa digunakan pada mikrokontroler yang membutuhkan konsumsi daya rendah yang menampilkan secara visual kepada pengguna berupa tampilan dari karakter, huruf ataupun jenis grafik. LCD adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi *CMOS logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit* (Nurlana dkk., 2019). Tampilan LCD dapat dilihat pada **Gambar 2.20** berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.20 (a) *Liquid Crystal Display (LCD)*, (b) Bagian-bagian pin yang ada pada LCD, (c) Modul yang digunakan pada LCD I2C (*Datasheet LCD*)

Gambar 2.20 pada bagian (a) merupakan bentuk fisik LCD 16x2, kemudian pada bagian (b) merupakan definisi bagian pin-pin yang ada pada LCD, dan bagian (c) Modul yang digunakan pada LCD I2C. LCD ini terdiri dari lapisan campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida, dalam bentuk tampilan *seven segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Prinsip kerjanya adalah ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan *polarizer* cahaya *horizontal* belakang yang diikuti dengan lapisan *reflektor*. (Tawurisi dkk., 2019).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dimulai pada bulan Desember 2024 sampai dengan bulan April 2025, yang meliputi tahap perancangan sistem, perakitan komponen, pengujian alat, serta pengambilan data yang relevan untuk mendukung hasil penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Instrumentasi dan di Stasiun Meteorologi Radin Inten II Lampung Selatan.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada **Tabel 3.1** berikut.

Tabel 3.1 Alat-alat Penelitian

No.	Nama Alat	Fungsi
1	Laptop	Untuk memprogram sistem melalui software Arduino IDE.
2	Kabel USB arduino	Untuk mengupload program Arduino.
3	Papan PCB	Untuk merangkai dan menempatkan komponen alat penelitian.
4	Tempat penampung bahan bakar (Solar)	Sebagai tempat uji coba untuk kalibrasi pembacaan sensor dan pengisian pada pompa.
5	Peralatan kerja lainnya	Untuk mendukung dalam proses pembuatan alat, seperti penggaris, meteran, bor, gunting, solder dan sebagainya.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada **Tabel 3.2**

Tabel 3.2 Bahan-bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Fungsi
1	Sensor Ultrasonik HC-SR04	Untuk mengukur jarak atau mendeteksi keberadaan objek yang akan diukur.
2	Arduino uno R3	Sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk pembacaan data sensor dan mengatur proses pengiriman dan menerima data.
3	Sirine <i>Buzzer</i> mini motor siren MS-190	Sebagai indikator alarm pada sistem.
4	<i>Power Supply 12V-DC</i>	Sebagai sumber tegangan tambahan yang mengubah arus AC menjadi arus DC.
5	Kabel jumper dan kabel serabut tembaga	Untuk menghubungkan komponen alat bahan ke mikrokontroler Arduino Uno R3 dan lainnya.
6	<i>Module relay 2 channel 5V DC</i>	Sebagai saklar otomatis yang digunakan untuk menghidupkan serta mematikan pompa dan <i>buzzer</i> .
7	<i>Liquid Crystal Display (LCD) 16x2</i>	Sebagai layar monitor yang digunakan untuk menampilkan hasil informasi.
8	Selang oli bensin 9mm	Untuk mengalirkan bahan bakar solar dari tangki cadangan ke pompa dan ke tangki utama.
9	<i>Box kontainer</i>	Sebagai tempat semua komponen elektronik yang melindungi dari kerusakan fisik.
10	Kabel <i>power</i> listrik AC 3 jalur	Untuk menghubungkan <i>power supply</i> ke terminal sumber listrik AC.
11	Adaptor 5V 2A dan 9V 1A	Untuk <i>supply</i> tambahan daya pada mikrokontroler dan LCD I2C.
12	<i>Socket DC power supply</i>	Sebagai konektor listrik yang digunakan untuk menyalurkan arus DC dari adaptor ke perangkat elektronik.
13	Bahan pembantu lainnya	Digunakan untuk mendukung proses pembuatan alat seperti timah, lem tembak, solasi dan lainnya.

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.3**

Tabel 3.3 Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian

No.	Nama Perangkat Lunak	Fungsi
1	Arduino IDE	Untuk membuat dan meng-upload program ke Mikrokontroler Arduino Uno dan menampilkan pembacaan hasil pemrograman.
2	Fritzing	
3	Sketch Up	Untuk membuat Desain 3D Alat.
4	Mendeley	Untuk mengelola sumber referensi sebagai acuan dalam penulisan laporan penelitian.
5	Google Collab	Untuk membuat grafik hasil pengujian.

3.3 Prosedur Penelitian

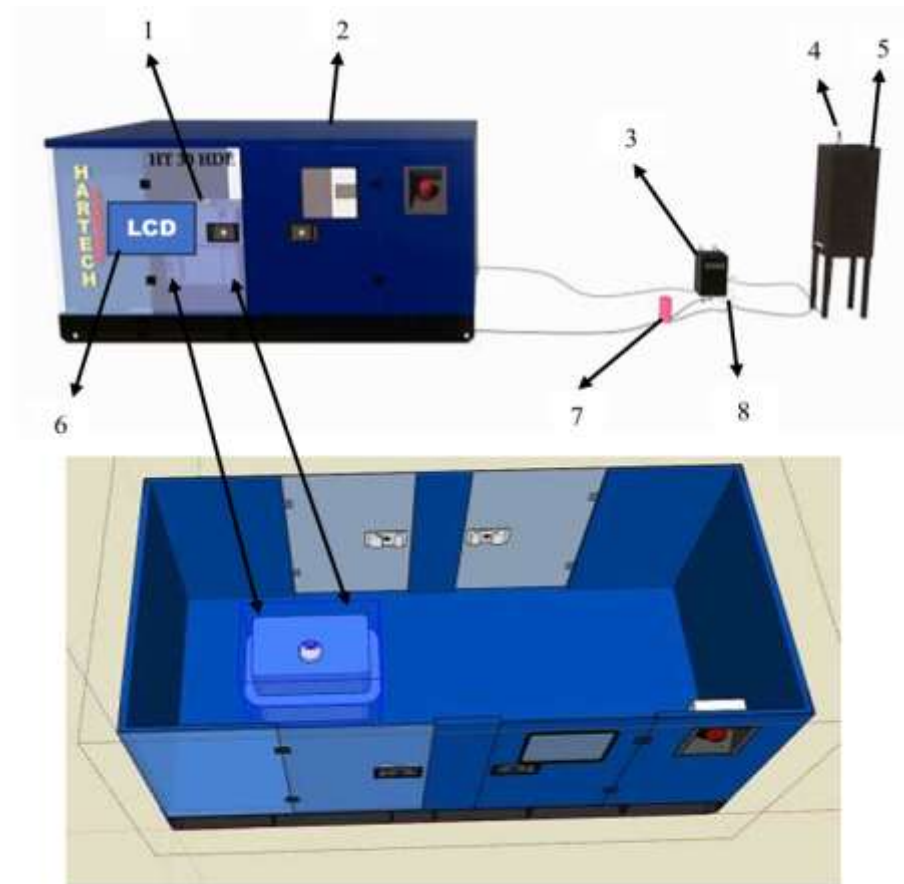
Prosedur pada penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu *hardware*, *software* dan pengujian sistem sebagai berikut.

3.3.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada bagian ini mencakup seluruh aspek terkait perancangan dan pembuatan perangkat keras sistem diantaranya sebagai berikut.

a. Perancangan dan Pembuatan Desain Sistem

Perancangan dimulai dengan pembuatan model tiga dimensi (3D) menggunakan perangkat lunak *SketchUp*, yang bertujuan untuk memberikan gambaran *visual* mengenai tata letak komponen, dimensi fisik alat, serta memastikan kesesuaian desain sebelum proses pembuatan fisik dilakukan.



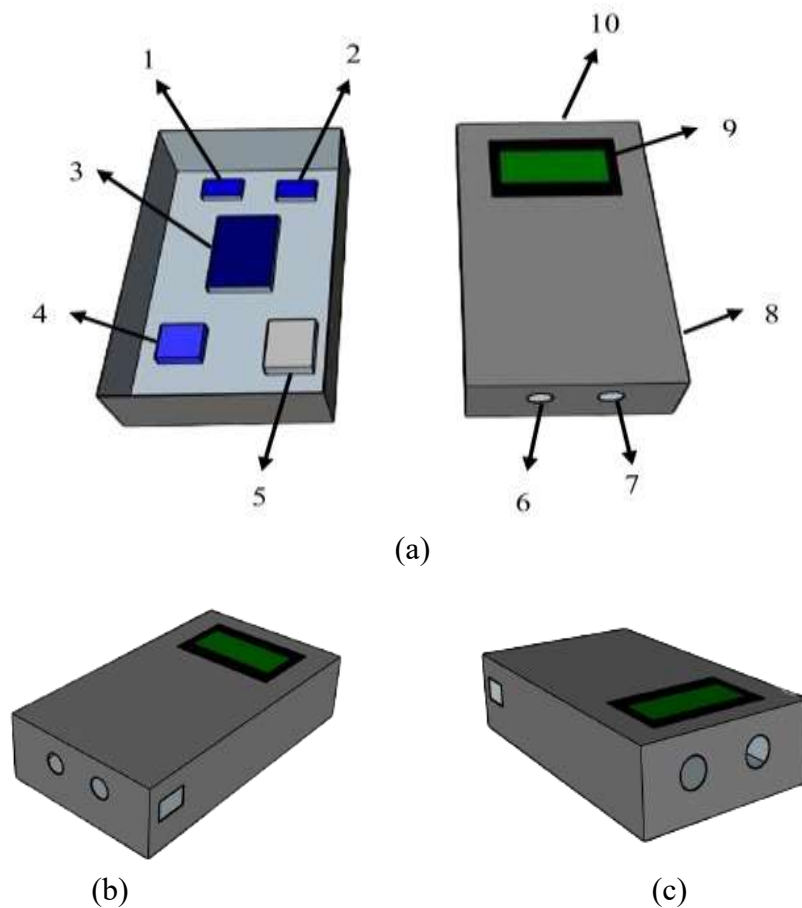
Gambar 3.1 Desain Sistem 3D pada *Sketchup*

Keterangan :

1. Tangki utama
2. Mesin generator set (Genset)
3. Box alat yang mencakup semua komponen sistem didalamnya
4. Sensor ultrasonik HC-SR04
5. Tangki persediaan
6. Tampilan LCD
7. Pompa bahan bakar
8. Alarm *buzzer*

Pada **Gambar 3.1** merupakan visualisasi bagaimana suatu sistem bekerja. Desain ini dirancang untuk memvisualisasikan tata letak dan pengaturan komponen secara keseluruhan. Desain alat dibuat dalam bentuk model 3D untuk memberikan

gambaran yang lebih jelas tentang posisi masing-masing komponen, seperti sensor ultrasonik pada tangki utama dan cadangan, *modul relay 2 channel*, pompa, *buzzer*, LCD, serta mikrokontroler Arduino Uno. Visualisasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat keras dapat diimplementasikan dengan baik sesuai kebutuhan sistem dan lingkungan operasional genset di BMKG.



Gambar 3.2 a) Desain box alat, ukuran 15 x 6 x 22 cm, b) Tampilan box pada sisi bawah, c) Tampilan box pada sisi atas

Keterangan :

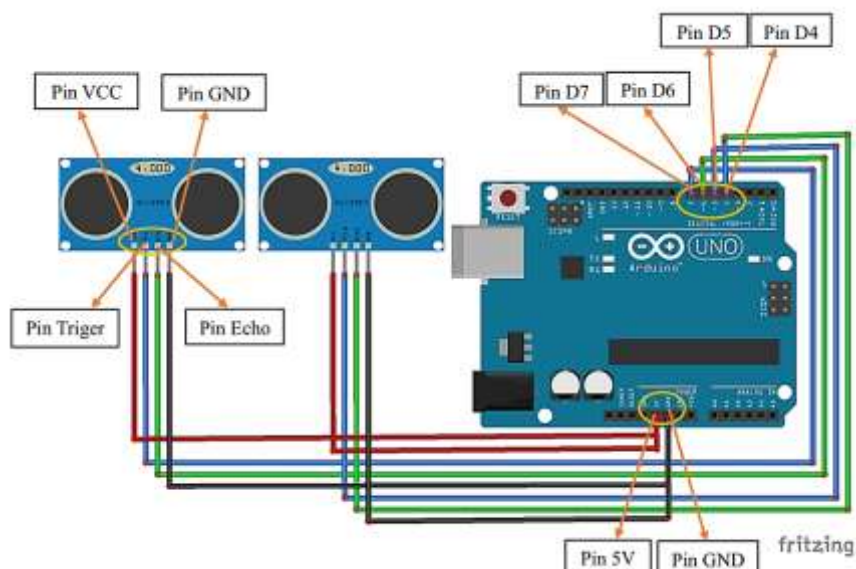
1. Sensor ultrasonik tangki utama
2. Sensor ultrasonik tangki kedua
3. Mikrokontroler
4. *Modul relay 2 channel* 12VDC
5. *Power supply* 12V DC
6. Konektor pompa

7. Konektor *sirine buzzer*
8. *Eksternal power supply*
9. Tampilan LCD
10. Konektor 2 sensor

Pada **Gambar 3.2** bagian (a) merupakan desain box alat secara keseluruhan dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 6 cm, dan tinggi 22 cm, bagian (b) merupakan bentuk tampilan box alat dari bawah, dan pada bagian (c) merupakan tampilan box bagian atas. Sistem ini dirancang untuk dapat memantau dan mengontrol operasional genset secara otomatis. Sensor ultrasonik akan mendeteksi ketinggian bahan bakar pada tangki genset, sementara mikrokontroler Arduino Uno akan mengolah data sensor dan memberikan perintah ke *relay*, pompa, dan *buzzer* agar sistem dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan. **Gambar 3.2** tersebut menunjukkan bentuk fisik dari komponen-komponen tersebut dalam bentuk modul elektronik yang dapat terintegrasi dalam sistem genset.

b) Rangkaian Sensor Ultrasonik

Pada bagian ini mencakup penjelasan mengenai konfigurasi rangkaian sensor yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino Uno. Desain skematik ini dibuat pada aplikasi *Fritzing*.

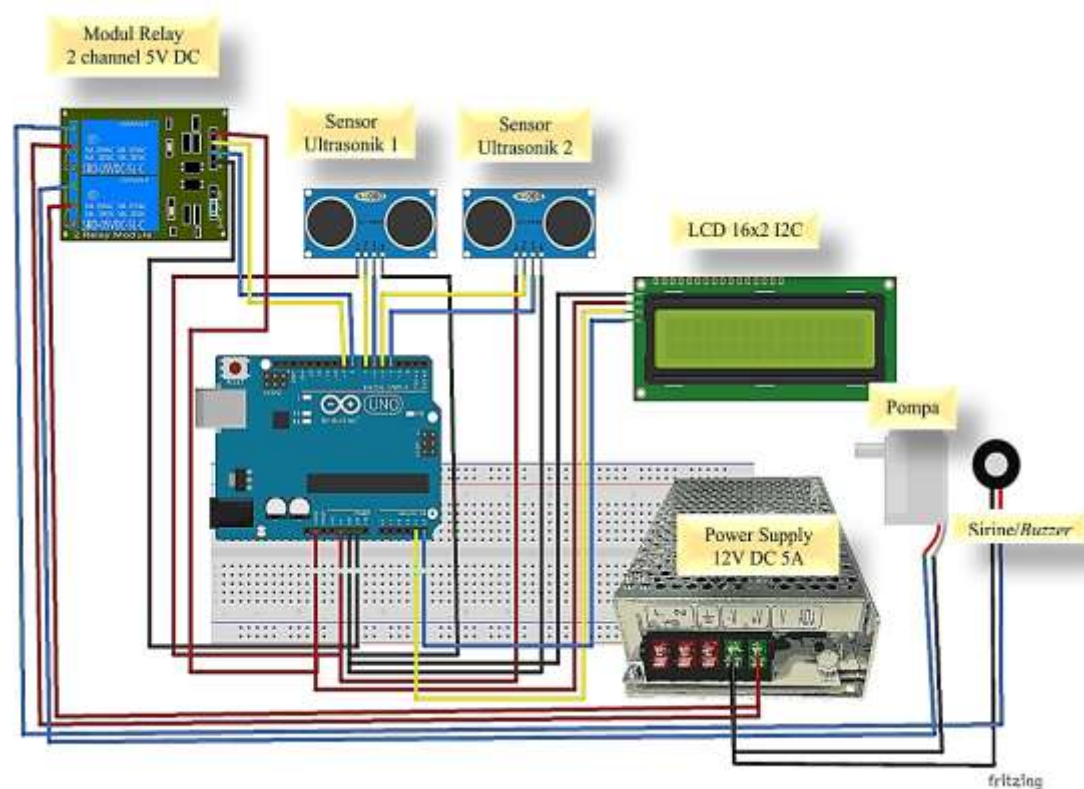


Gambar 3.3 Rangkaian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Gambar 3.3 merupakan skematik untuk rangkaian sensor ultrasonik HC-SR04. Rangkaian ini menggunakan dua buah sensor ultrasonik HC-SR04, dimana sensor utama untuk monitoring volume bahan bakar (solar) pada tangki utama dan sensor kedua untuk monitoring pada tangki cadangan (tangki persediaan). Sensor ini terhubung dengan mikrokontroler arduino uno R3, dimana, sensor ultrasonik bagian port VCC terhubung dengan 5V arduino uno, *GND* ultrasonik terhubung dengan *GND*, dan bagian *port* data (*trigger*) sensor ultrasonik utama terhubung ke pin 7 digital, *port echo* terhubung ke pin 6 digital arduino uno. Untuk sensor ultrasonik pada tangki cadangan *port trigger* terhubung pada pin 5 digital, dan bagian *port echo* terhubung dengan pin 4 digital.

c) Rangkaian *Relay*, Pompa Bahan Bakar, *Buzzer*, *Power Supply*, dan LCD

Pada bagian ini mencakup rangkaian keseluruhan sistem yang terdiri dari *relay*, pompa, *buzzer*, *power supply* dan LCD dirangkai menjadi satu kesatuan hingga membentuk sebuah system yang dapat diintegrasikan dalam melakukan pengujian pada mesin genset.

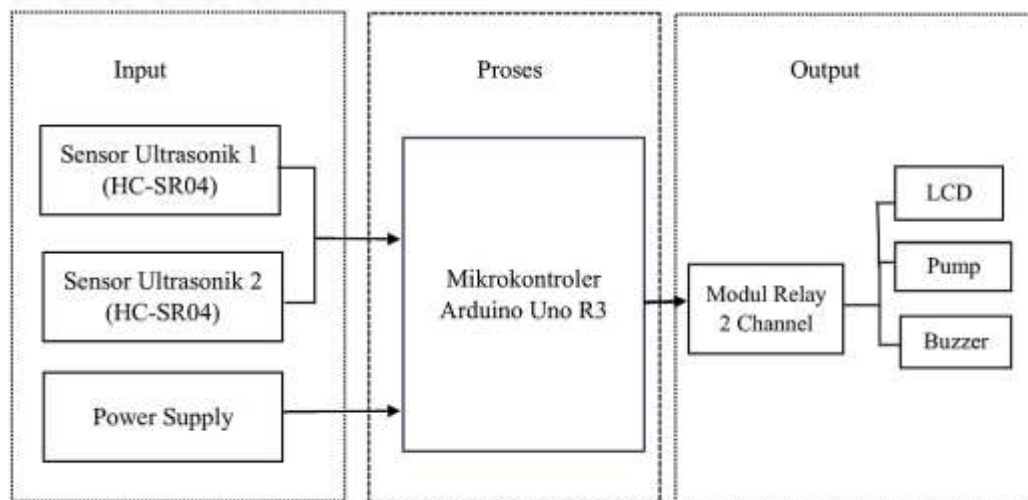


Gambar 3.4 Rangkaian *Relay*, Pompa, *Buzzer*, *Power Supply*, dan LCD

Gambar 3.4 merupakan rangkaian system secara keseluruhan yang terdiri dari *relay*, pompa bahan bakar, *buzzer*, *power supply*, dan LCD. Pada rangkaian ini Arduino Uno R3 berperan sebagai pusat kendali. Pin digital D7 dan D6 dihubungkan ke pin *Trig* dan *Echo* sensor ultrasonik pertama untuk mengukur level tangki utama, sedangkan D5 dan D4 terhubung ke *Trig* dan *Echo* sensor ultrasonik kedua untuk tangki cadangan. Kemudian, pin D8 dan D9 digunakan untuk mengontrol modul *relay dua channel*. D8 terhubung ke *input IN1 relay* untuk mengendalikan pompa bahan bakar, sedangkan D9 terhubung ke *input IN2 relay* untuk mengaktifkan *buzzer* alarm. Arduino juga menggunakan pin SDA (A4) dan SCL (A5) untuk komunikasi I2C dengan LCD 16x2, yang menampilkan informasi level bahan bakar. Pin 5V dan *GND* Arduino memberikan suplai daya ke sensor ultrasonik dan modul I2C LCD. Pompa bahan bakar terhubung ke terminal NO1 dan COM1 *relay* pertama, yang akan aktif saat level bahan bakar tangki utama rendah. Sementara itu, *buzzer* alarm terhubung ke terminal NO2 dan COM2 *relay* kedua, yang akan berbunyi jika kondisi kritis terdeteksi. *Power supply* 12V DC menyediakan daya utama untuk pompa, *relay*, dan *buzzer*. Terminal V+ *power supply* terhubung ke COM1 dan COM2 pada relay, sedangkan *GND power supply* disambungkan ke bagian *port negative* pada pompa dan *buzzer*. Pada LCD I2C pin SDA terhubung ke pin analog A4 arduino dan SCL ke A5 Arduino, dan untuk suplai dayanya berasal adaptor 5V 2A.

d) Rangkaian Blok Diagram Sistem

Blok diagram sistem dirancang untuk memberikan gambaran umum mengenai alur kerja sistem otomatisasi dan monitoring yang dikembangkan. Blok diagram sistem ditunjukkan pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Blog Diagram *Input, Proses, Output*

Berdasarkan **Gambar 3.5** pada blok diagram *input, proses, dan output* sistem bagian Input terdiri dari dua sensor ultrasonik HC-SR04 dan *power supply*. Sensor Ultrasonik 1 dipasang pada tangki utama untuk mendeteksi level bahan bakar berdasarkan jarak antara sensor dengan permukaan bahan bakar. Sensor Ultrasonik 2 dipasang pada tangki cadangan untuk memantau ketersediaan bahan bakar di tangki tersebut. *power supply* memberikan daya sebesar 5V untuk mengoperasikan seluruh komponen sistem, termasuk Arduino Uno, sensor, dan *relay*. Pada bagian Proses, Arduino Uno R3 bertindak sebagai pusat kendali sistem. Mikrokontroler ini memproses data dari kedua sensor ultrasonik dan menjalankan logika program untuk mengatur kapan pompa dan *buzzer* harus diaktifkan, sesuai kondisi level bahan bakar yang terdeteksi. Bagian *Output* mencakup *Modul Relay 2-Channel*, Pompa, dan *Buzzer*. Modul relay berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan pompa dan *buzzer*. Pompa diaktifkan ketika level bahan bakar di tangki utama berada di bawah ambang batas, sehingga bahan bakar dari tangki cadangan dipindahkan ke tangki utama. *Buzzer* akan menyala sebagai alarm jika bahan bakar di tangki cadangan mendekati batas kritis, memberikan peringatan kepada operator untuk segera mengisi ulang bahan bakar.

e) Kalibrasi dan Pengujian Sensor

Pada penelitian ini diperlukan pengkalibrasian pada sensor agar memberikan hasil yang akurat. Peneliti melakukan uji coba untuk memastikan bahwa sensor-sensor

berfungsi dengan baik dan dapat memberikan data yang konsisten. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan data sensor dengan hasil sebenarnya yang diperoleh ketika melakukan uji coba di lapangan. Data hasil pengukuran dibandingkan dengan nilai aktual untuk mengevaluasi presisi sensor. Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa sensor dapat mendeteksi volume bahan bakar secara konsisten dan akurat sebelum diterapkan ke sistem otomatis.

3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada bagian ini mencakup proses perancangan perangkat lunak yang berfungsi sebagai pengendali utama dalam sistem otomatisasi dan monitoring. Perangkat lunak dirancang menggunakan Arduino IDE untuk mengintegrasikan logika pengolahan data dari sensor dan mengatur respon sistem terhadap kondisi tertentu. Perancangan ini mencakup penulisan kode program, implementasi algoritma kontrol, serta penyusunan diagram alir untuk menggambarkan alur kerja logika sistem secara terstruktur.

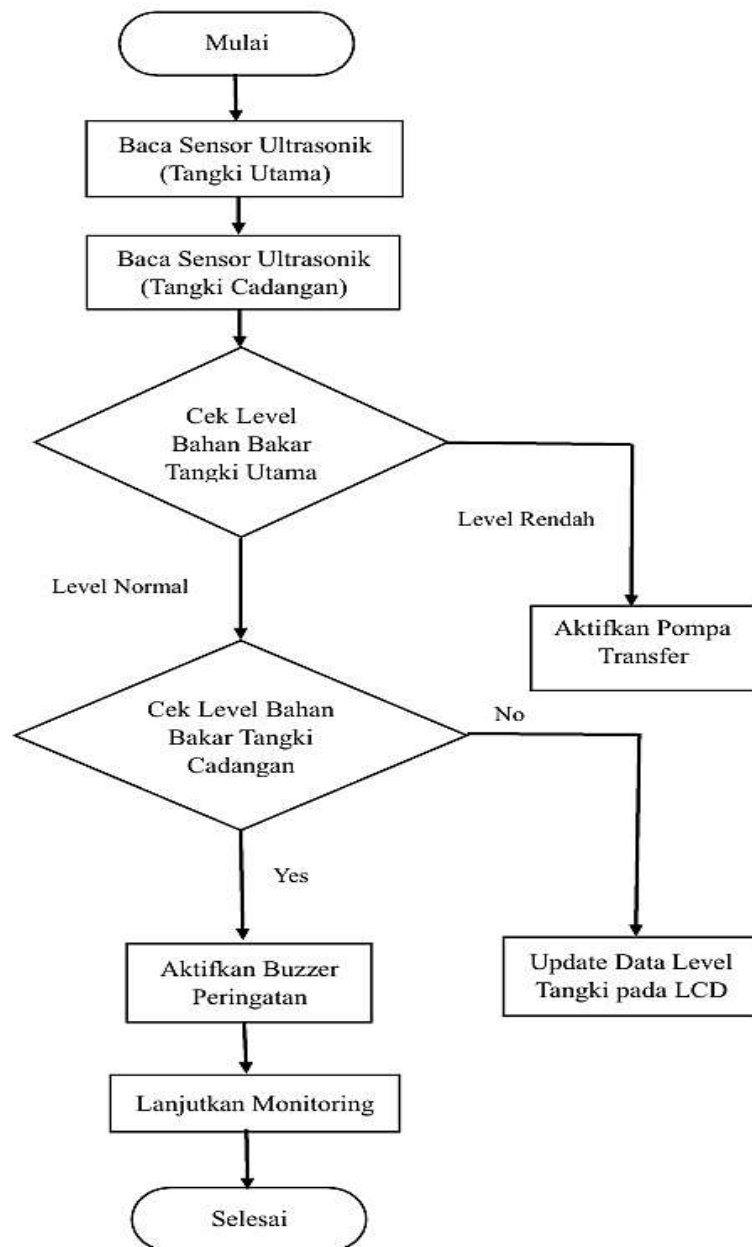
a) Perancangan dan Pembuatan Kode Program

Pada penelitian ini, dibutuhkan perangkat lunak (*software*) untuk membuat sistem kontrol pengisian bahan bakar otomatis dan monitoring level bahan bakar pada mesin genset yang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Perancangan perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE, yang merupakan compiler untuk memprogram Arduino Uno. Di software ini, Arduino Uno diprogram untuk menjalankan fungsi-fungsi yang telah ditentukan melalui sintaks pemrograman. data berupa informasi akan ditampilkan secara langsung pada layar LCD 16x2. Tahap perancangan mencakup pengendalian otomatis pengisian bahan bakar dari tangki cadangan ke tangki utama serta monitoring level minyak menggunakan sensor ultrasonik yang datanya ditampilkan pada LCD. Sistem ini dirancang agar dapat bekerja secara otomatis tanpa memerlukan konektivitas internet.

b) Diagram Alir Program

Pada proses perancangan perangkat lunak, selain membuat rancangan pemrograman, pada bagian ini juga disajikan diagram alir sebagai representasi

visual dari alur proses yang dilakukan dalam sistem yang dirancang. Diagram alir ini bertujuan untuk mempermudah pemahaman terkait tahapan-tahapan kerja sistem, mulai dari input hingga output, sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai logika dan mekanisme yang diterapkan yang ditunjukkan pada **Gambar 3.6** berikut.

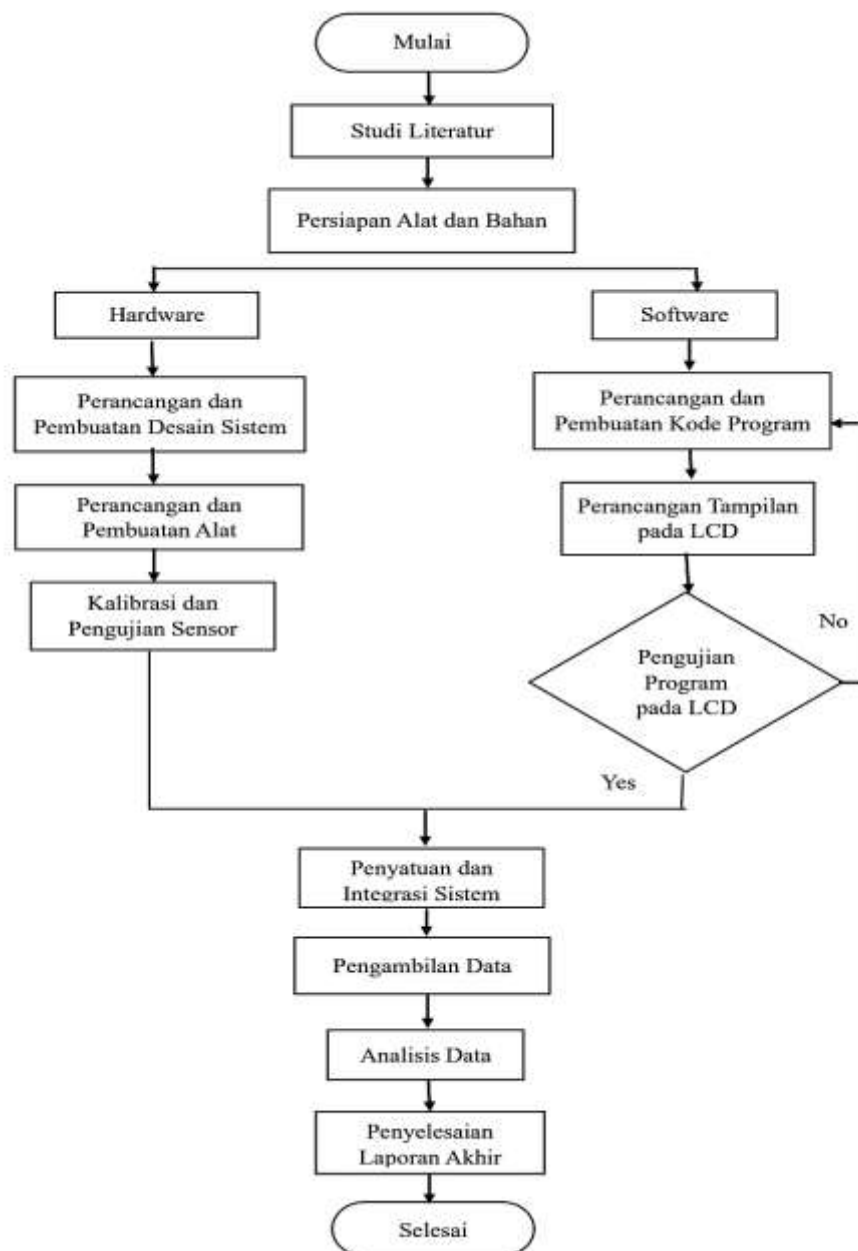


Gambar 3.6 Diagram Alir Pemrograman

3.3.3 Pengujian dan Integrasi Sistem

Pada tahap ini, dilakukan serangkaian pengujian untuk memastikan bahwa sistem yang telah dirancang dan dibangun dapat berfungsi dengan baik sesuai rancangan yang terdiri dari alur penelitian dari awal sampai akhir dan pengujian fungsional.

a) Alur Penelitian



Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian

b) Pengujian Fungsional

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem secara fungsional (sensor, pompa, alarm) yang bertujuan untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai rancangan. Pengujian dimulai dengan mengintegrasikan perangkat keras, yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi level bahan bakar pada tangki utama dan tangki cadangan. Semua komponen dikendalikan oleh Arduino Uno yang dihubungkan dengan *relay 2-channel* untuk mengontrol pompa dan *buzzer*. Sistem diuji dengan mensimulasikan kondisi nyata, seperti mengurangi level bahan bakar di tangki utama hingga mencapai ambang batas. Pada kondisi ini, pompa otomatis aktif untuk mentransfer bahan bakar dari tangki cadangan ke tangki utama, sementara data level tangki dan suhu mesin ditampilkan pada LCD. Jika level bahan bakar tangki cadangan mencapai batas kritis, alarm buzzer akan aktif sebagai peringatan.

3.4 Metode Penelitian

3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan langkah awal yang penting dalam penelitian untuk memahami topik yang akan diteliti melalui tinjauan terhadap sumber-sumber pustaka yang relevan dan terpercaya. Metode ini bertujuan untuk mengumpulkan, mengevaluasi, dan menganalisis informasi dari berbagai literatur yang ada, seperti buku, artikel jurnal, laporan penelitian, dan sumber lainnya. Dengan memanfaatkan studi literatur, peneliti dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang perkembangan teori dan penelitian terkait. Selain itu, studi literatur juga berfungsi untuk mendukung pengembangan kerangka konseptual dan metodologi penelitian yang akan digunakan. Dalam penelitian ini, studi literatur digunakan untuk mengeksplorasi teknologi dan sistem yang berkaitan dengan kontrol otomatis serta monitoring level bahan bakar pada genset, sebagai dasar dalam merancang sistem yang lebih efisien dan efektif.

3.4.2 Metode *Research and Development (R&D)*

Metode Research and Development (R&D) adalah pendekatan penelitian yang digunakan untuk mengembangkan dan memperbaiki produk atau sistem yang sudah ada. Dalam penelitian ini, metode R&D digunakan untuk merancang, menguji, dan mengevaluasi sistem kontrol otomatis dan pemantauan level bahan bakar pada mesin genset. Sebelum memulai pengembangan, penting bagi peneliti untuk melakukan studi literatur guna memahami konsep-konsep dasar yang berkaitan dengan teknologi yang akan digunakan, serta untuk melihat penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan. Studi literatur ini menjadi dasar teori yang memberikan wawasan tentang perkembangan terbaru dalam bidang kontrol otomatis, sensor ultrasonik, dan sistem monitoring berbasis mikrokontroler. Informasi yang didapat dari studi literatur ini akan membantu peneliti merancang prototipe yang lebih baik dan memperkaya pemahaman dalam mengatasi tantangan teknis yang mungkin muncul selama proses pengembangan.

3.4.3 Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini, metode analisis data yang digunakan adalah metode analisis kuantitatif. Dimana analisis data ini dilakukan setelah data dari pengujian atau sumber data lain terkumpul. Setelah data diperoleh, kemudian data dikelompokkan pada tabel menurut variabel, lalu melakukan identifikasi pada hasil pembacaan sensor pada tangki bahan bakar mesin genset. Diharapkan pada hasil penelitian ini mendapat keluaran data pengukuran jarak pada sensor ultrasonik, dan kekuatan bunyi pada sirene, serta berjalannya alat otomasi pengisian bahan bakar pada mesin genset. Sehingga dari data yang dihasilkan tersebut peneliti dapat menganalisis kondisi mesin genset pada operasional pengelolaan energi di BMKG.

3.4.4 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Metode pengujian sistem dilakukan oleh peneliti untuk memastikan setiap komponen dalam sistem bekerja dengan baik dan sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Pengujian dimulai dengan pengujian sensor, yang bertujuan untuk memastikan sensor dapat mendeteksi level bahan bakar dengan akurat. Kemudian, peneliti melakukan pengujian pada pompa untuk memeriksa apakah pompa dapat mentransfer bahan bakar antar tangki sesuai dengan perintah dari sistem. Selanjutnya, pengujian alarm dilakukan untuk memastikan buzzer atau alarm berbunyi dengan tepat ketika level bahan bakar mencapai batas kritis. Dalam hal ini juga dilakukan pengujian keseluruhan sistem untuk memastikan semua komponen sensor, pompa, dan alarm bekerja secara terkoordinasi dan sistem dapat berfungsi dengan lancar, memberikan peringatan atau tindakan yang tepat saat dibutuhkan. Tabel untuk pengujian sensor ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 3.4 Contoh Tabel Data Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk variasi jarak 5 cm, 10 cm, dan 15 cm, 20 cm, 25 cm, dan 30 cm

Variasi Jarak (cm)	Percobaan	Pengukuran Meteran (cm)	Pengukuran HC-SR04 (cm)	Akurasi (%)	Ralat (%)	σ
5	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
10						
	1					
	2					
	3					
	4					
15	5					
						
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
						

Variasi Jarak (cm)	Percobaan	Pengukuran Meteran (cm)	Pengukuran HC-SR04 (cm)	Akurasi (%)	Ralat (%)	σ
20	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
						
25	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
						
30	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
						

Pada **Tabel 3.4** berdasarkan data yang terkumpul perlu dilakukan kalibrasi sensor untuk mengetahui persentase nilai ralat (%), presisi dan akurasi alat. Adapun persamaan untuk mengetahui nilai rata-rata, nilai ralat, nilai akurasi dan nilai standar deviasi dapat dilihat pada **Persamaan 3.1**, **Persamaan 3.2**, **Persamaan 3.3**, dan **Persamaan 3.4**.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3.1)$$

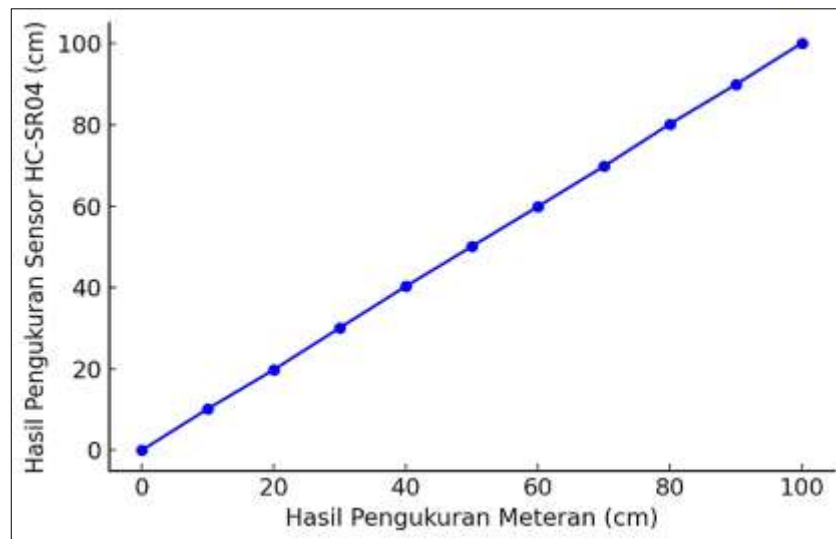
$$E (\%) = 100\% - E (\%) \quad (3.2)$$

$$A (\%) = \left[1 - \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right] \times 100\% \quad (3.3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\bar{X}_1 - \bar{X})^2}{n}} \quad (3.4)$$

Dengan, $\sum x_i$ adalah jumlah semua nilai data, n adalah banyak data, Y adalah nilai parameter referensi, X_n adalah nilai parameter terukur ke- n dan $\bar{X}_n$ adalah rata-rata nilai parameter terukur ke- n dan σ adalah standar deviasi (Setyawan *et al.*, 2018).

Hasil pengujian sensor pada tabel tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 3.8** berikut.



Gambar 3.8 Contoh Grafik Kalibrasi Sensor Pada Tangki Bahan Bakar

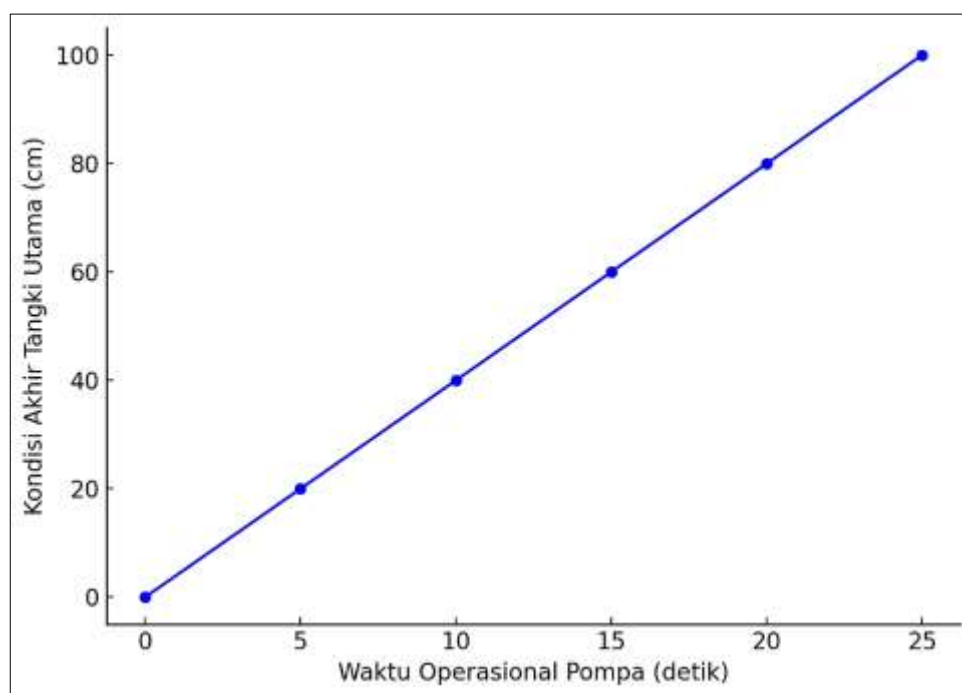
3.4.5 Pengujian Pada Pompa

Proses ini digunakan untuk mencatat hasil pengujian pompa dalam proses pengisian tangki utama dengan tujuan untuk menentukan durasi operasional pompa (waktu pengisian hingga tangki utama penuh) dan kondisi akhir tangki utama, yaitu ketinggian bahan bakar (dalam satuan cm) saat tangki dinyatakan penuh, yang akan dijadikan acuan untuk sistem *on/off* pompa secara otomatis. Pengujian pada pompa untuk pengisian tangki utama dapat ditunjukkan pada **Tabel 3.5** berikut.

Tabel 3.5 Contoh Tabel Pengujian Pada Pompa untuk Pengisian Tangki Utama

Percobaan	Kondisi Awal Tangki Utama (cm)	Kondisi Akhir Tangki Utama (cm)	Waktu Operasional pompa (detik)
1			
2			
3			
4			
5			
....			

Pada **Tabel 3.5** merupakan pengujian yang dilakukan terhadap pompa bahan bakar dalam mengisi sebuah tangki. Pada tabel tersebut, kondisi awal dan kondisi akhir tangki utama diukur dalam satuan cm menggunakan sensor ultrasonik. Kemudian, waktu operasi pompa diukur menggunakan *stopwatch* dalam satuan detik. Dalam hal ini waktu operasi pompa adalah durasi pompa bekerja untuk mencapai level target. Pada kondisi awal tangki utama (cm) merupakan ketinggian bahan bakar dalam tangki utama sebelum pompa dioperasikan, biasanya pada hal ini nilainya tetap dalam setiap pengujian untuk memastikan pengujian terstandarisasi (misalnya 10 cm). Sedangkan pada kondisi akhir tangki utama (cm), merupakan ketinggian bahan bakar dalam tangki utama setelah pompa selesai beroperasi. Nilai ini menunjukkan batas penuh tangki. Proses pengujian ini dilakukan dengan mengatur kondisi awal yang tetap, mengoperasikan pompa hingga tangki penuh, lalu mencatat data ketinggian akhir dan waktu operasional. Data ini kemudian digunakan untuk membuat grafik hubungan antara waktu operasional pompa dan ketinggian bahan bakar, serta menjadi parameter untuk menentukan kapan pompa otomatis menyala atau mati. Grafik pada pengujian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.9** berikut.



Gambar 3.9 Contoh Grafik Hubungan Antara Kondisi Akhir Tangki Utama (cm) dan Waktu Operasional Pompa (detik)

Pada **Gambar 3.9** Grafik di atas menggambarkan hubungan antara ketinggian tangki (sumbu-X) dan waktu operasional pompa (sumbu-Y) yang digunakan untuk mengisi tangki hingga penuh. Seperti yang terlihat, seiring dengan meningkatnya ketinggian bahan bakar di tangki (dari 5 hingga 70 cm), waktu operasional pompa juga meningkat secara linear. Pada titik awal (5 cm), waktu operasional pompa adalah nol detik, yang berarti pompa tidak aktif. Saat ketinggian bahan bakar mulai naik, waktu operasional pompa juga bertambah. Waktu operasional akan semakin panjang seiring dengan semakin penuh tangki, karena pompa terus bekerja lebih lama untuk mengisi tangki hingga mencapai level penuh (70 cm) yang menunjukkan bahwa semakin banyak volume yang harus dipompa untuk mencapai ketinggian tertentu, semakin lama waktu yang diperlukan untuk pengisian penuh.

3.4.6 Pengujian Pada *Buzzer*

Pengujian buzzer dilakukan untuk memastikan bahwa alarm dapat memberikan peringatan yang jelas ketika level bahan bakar pada tangki persediaan (tangki cadangan) berada di bawah batas ambang yang telah ditentukan. *Buzzer* akan diaktifkan jika level bahan bakar turun di bawah ambang batas yang telah diprogram, sebagai indikator bahwa bahan bakar dalam tangki cadangan hampir habis dan perlu diisi ulang. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan *buzzer* berfungsi dengan baik, memberikan peringatan yang tepat waktu, dan memungkinkan tindakan segera untuk mengisi ulang tangki cadangan sebelum bahan bakar habis. Pengujian pada *buzzer* dapat dilihat pada **Tabel 3.6** berikut.

Tabel 3.6 Contoh Tabel Pengujian Waktu Respon *Buzzer*

Percobaan	Level Tangki Cadangan (cm)	Buzzer Aktif (Ya/Tidak)	Waktu Respon (detik)	Respon Tangkap Buzzer (%)
1				
2				
3				
4				
5				
...				

Pada **Tabel 3.6**, level tangki cadangan (ketersediaan) adalah level bahan bakar saat pengujian. Kemudian, waktu respon adalah waktu pada saat level rendah terdeteksi hingga *buzzer* berbunyi. Dan keakuratan aktivasi dihitung berdasarkan keberhasilan *buzzer* aktif pada level tertentu.

3.4.7 Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen yang terlibat dalam sistem monitoring dan pengelolaan level bahan bakar berfungsi dengan baik dan saling terkoordinasi. Pengujian ini mencakup sensor ultrasonik, pompa, *buzzer*, dan sistem kontrol, untuk memverifikasi bahwa sistem dapat mendeteksi level bahan bakar secara akurat, mengaktifkan pompa untuk mengisi ulang tangki utama, dan memberi peringatan melalui *buzzer* saat level bahan bakar pada tangki cadangan berada di bawah batas ambang. Selain itu, pengujian keseluruhan bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja secara efisien, responsif, dan andal dalam menjaga ketersediaan bahan bakar untuk mesin genset. Pengujian keseluruhan sistem dapat dilihat pada **Tabel 3.7** berikut.

Tabel 3.7 Contoh Tabel Pengujian Sistem Keseluruhan

No.	Volume Tangki Utama (cm)	Status pompa	Volume Tangki Cadangan (cm)	Kondisi Alarm (Buzzer)	Keterangan
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
...					

Pada **Tabel 3.7** menggambarkan tentang pengujian keseluruhan sistem, ketika volume tangki utama berada pada kondisi rendah, (10 cm), sistem akan mendeteksi bahwa tangki utama membutuhkan pengisian ulang. Dalam kondisi ini, status pompa berubah menjadi ON, dan volume tangki cadangan yang masih penuh, (60 cm) maka akan menjadi sumber pengisian dan kondisi buzzer tetap OFF, karena sistem masih berada dalam kondisi normal. Setelah proses transfer selesai, volume tangki utama akan bertambah hingga penuh, yaitu 60 cm, dan status pompa otomatis berubah menjadi OFF untuk menghentikan proses pengisian. Pada saat yang sama, volume tangki cadangan berkurang (10 cm). Ketika volume tangki cadangan mencapai ambang batas rendah maka kondisi buzzer berubah menjadi ON sebagai tanda peringatan untuk segera mengisi ulang tangki cadangan. Secara keseluruhan, sistem ini dirancang untuk bekerja secara otomatis, memastikan transfer bahan bakar berjalan lancar tanpa intervensi manual, sekaligus memberikan peringatan saat diperlukan pengisian ulang.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Telah berhasil dirancang sebuah sistem kontrol otomatis berbasis Arduino Uno yang mampu melakukan monitoring terhadap volume bahan bakar pada tangki utama dan tangki cadangan mesin genset menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Sistem ini mampu membaca ketinggian bahan bakar secara *real-time* dan menampilkannya melalui LCD I2C.
2. Sistem mampu bekerja secara otomatis dalam mengaktifkan pompa apabila level bahan bakar di tangki utama mencapai ambang batas minimum yang telah ditentukan (20cm). Pompa akan memindahkan bahan bakar dari tangki cadangan ke tangki utama hingga level bahan bakar kembali normal.
3. Sistem juga dilengkapi dengan mekanisme peringatan berupa sirine *buzzer* yang aktif saat bahan bakar di tangki cadangan berada pada kondisi kritis. Hal ini memungkinkan pengguna mendapatkan notifikasi awal sebagai tindakan preventif untuk mencegah terhentinya operasional genset akibat kehabisan bahan bakar.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, diperlukan beberapa saran sebagai berikut.

1. Sistem yang dirancang dalam penelitian ini masih bersifat *prototype* dan belum diterapkan secara langsung pada mesin genset di lingkungan kerja sesungguhnya. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut diperlukan agar sistem mampu bekerja secara optimal dalam kondisi nyata, termasuk pada tekanan bahan bakar dan volume tangki yang lebih besar.

2. Disarankan untuk menambahkan fitur komunikasi berbasis *Internet of Things (IoT)*, seperti integrasi dengan modul WiFi (misalnya ESP8266), agar sistem dapat melakukan pemantauan jarak jauh secara *real-time* melalui perangkat mobile atau komputer.
3. Penggunaan sensor ultrasonik pada tangki yang bersifat reflektif dan berisi cairan sebaiknya diuji lebih lanjut untuk memastikan keakuratannya, atau dipertimbangkan untuk menggunakan jenis sensor level bahan bakar lain yang lebih presisi dalam kondisi lingkungan industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Alawiah, A., Rafi, A., dan Tahtawi, A. (2017). Sistem Kendali dan Pemantauan Ketinggian Air pada Tangki Berbasis Sensor Ultrasonik. *Jurnal Ilmiah Manajemen Informatika Dan Komputer*, 01(01), 25–30.
- Andriawan, R., Berliani, D., Sarigih, Y., dan Latifa, U. (2022). Rancangan Bangun Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Nodemcu ESP866 Berbasis Internet. *Science, and Physics Education Journal (SPEJ)*, 6(1), 33–41.
- Arief, U. M. (2011). Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air. *Jurnal Ilmiah “Elektrikal Enjiniring” UNHAS*, 09(02), 72–77.
- Arrahman, R. (2022). Rancang Bangun Pintu Gerbang Otomatis Menggunakan Arduino Uno R3. *Jurnal Portal Data*, 2(2), 1–14.
- Asnawir, Massaguni, M., dan Pitriadi, P. (2021). *Simulation Automatic Fuel Refiller For Standby Genset*. *Majalah Teknik Industri*, 29(1), 52–55.
- Awad, M. (2017). *Fault Detection of Fuel Systems Using Polynomial Regression Profile Monitoring*. *Quality and Reliability Engineering International*, 33(4), 905–920.
- Bastari, M. F., Daryanto, A., dan Haryanti, M. (2017). Otomatisasi Pada Generator 1100 watt (Genset) Sebagai Energi Alternatif Sumber Daya PLN. *Jurnal Teknologi Industri*, 6(1), 30–41.
- Bunga, P., Pakiding, M., dan Silimang Sartje. (2015). Perancangan Sistem Pengendalian Beban Dari Jarak Jauh Menggunakan Smart Relay. *Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(5), 65–75.
- Digikey. (2024). Arduino Uno R3 Datasheet. Diakses dari <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1943447/ARDUINO/UNO.html> pada 3 Desember 2024.
- Fatra, O., N, M. S. N. A., Pramesti, M. D., Rizki, M., Djokja, B., Palapessy, B. V., dan Yanti, A. H. (2023). Perencanaan Detektor Kontaminasi Bahan Bakar Pada Tangki Bulanan (*Main Fuel Tank*) Genset Di Bandar Udara Adisutjipto Yogyakarta. *Jurnal Teknik Mekanikal Bandara*, 1(2), 101–109.
- Frima Yudha, P. S., dan Sani, R. A. (2019). Implementasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino. *Jurnal Hasil Penelitian Bindang Fisika Einstein E-Journal*, 5(3), 19–26.

- Hakiki, M. I., Darusalam, U., dan Nathasia, N. D. (2020). Konfigurasi Arduino IDE Untuk Monitoring Pendeteksi Suhu dan Kelembapan Pada Ruang Data Center Menggunakan Sensor DHT11. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 4(1), 150-156.
- Hans, H., Hernando, M. F., Amalia. (2023). Optimalisasi Monitoring Peralatan Genset Manajemen Pemeliharaan, IoT, dan Desain. *Journal of Engineering and Transportation*, 1(1), 19–33.
- Handson. (n.d). *I2C Serial Interface 1602 LCD Module*. Diakses dari https://handsontec.com/dataspecs/module/I2C_1602_LCD.pdf pada 3 Desember 2024.
- Hardianto, M. Y., dan Adzillah, W. N. (2021). Pemanfaatan Generator Set 500 kVA Sebagai Cadangan Generator Set 1500 kVA di Bandara Husein Sastranegara Bandung . *Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 13–17.
- Ikhsan, Alfian, M., Yahya, M., dan Fiolana, Alif, F. (2018). Pendeteksi Kekeringan Air Di Tandon Rumah Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Qua Teknika*, 8(2), 17–29.
- Imansyah, I., Kurniawati, Z., dan Herianto, A. (2017). Rancangan Sistem Pengisian Tangki Utama Baham Bakar Genset Dari Tangki Cadangan Menggunakan Arduino Di Bandar Udara Internasional Juwata. *Jurnal Ilmiah Aviiasi Langit Biru*, 10(3), 53–62.
- Irawan, D., dan Gusniar, I. N. (2021). Perancangan poros engkol dan pin pada genset STAR SPG 1600. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 16(2), 60–64.
- Ismailov, A. S., and Jo‘rayev, Z. B. (2022). Study of arduino microcontroller board. “*Science and Education*” *Scientific Journal*, 3(3), 172–179.
- Jacobus, L., Setyowati, E., Patty, E. N. S., dan Bokol, F. (2023). Desain Sistem Pompa Air Tenaga Surya. *Elektriase: Jurnal Sains Dan Teknologi Elektro*, 13(01), 1–8.
- Jakaria, D. A., dan Fauzi, M. R. (2020). Aplikasi Smartphone Dengan Perintah Suara Untuk Mengendalikan Saklar Listrik Menggunakan Arduino. *JUTEKIN (Jurnal Teknik Informatika)*, 8(1), 21–30.
- Mubarak, A., Al’ Farisi, D. I., David, D., dan Masiku, R. L. (2020). Perancangan Prototipe Indikator Kapasitas Penyimpanan Level Tangki Minyak Dengan Sensor Ultra Sonic, DHT11, dan MQ-2 Secara Digital Berbasis Arduino Uno R3. *Jurnal Teknologi Elektro*, 11(2), 100–107.
- Muhammad, U., Mukhlisin, Nuardi, Mansur, A., dan Aditya Bachri Maulana, M. (2021). Rancang Bangun Power Supply Adjustable Current pada Sistem Pendingin Berbasis Termoelektrik. *Journal Of Electrical Engginering (Joule)*, 2(2), 106–110.
- Mukhtar, M., dan Pitriadi, P. (2021). Simulasi Sistem Pengisian Bahan Bakar Otomatis untuk Generator Set pada Unit Excavator 313D. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 19(2), 154–159.

- Muthmainnah, M., Tabriawan, D. B., dan Tazi, I. (2022). Karakterisasi Sensor MAX30102 Sebagai Alat Ukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Photoplethysmograph. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(3), 726–731.
- Nasution, A. H. M., Indriani, S., Fadhilah, N., Arifin, C., dan Tamba, S. P. (2019). Pengontrolan Lampu Jarak Jauh Dengan Nodemcu Menggunakan Blynk. *Jurnal TEKINKOM*, 2(1), 93–98.
- Nurlana, M. E., Murnomo, A., dan Abstrak, I. A. (2019). Pembuatan Power Supply dengan Tegangan Keluaran Variabel Menggunakan Keypad Berbasis Arduino Uno. *Edu Elekrika Journal*, 8(2), 53–59.
- Pane, R., Purnama, I., Dar Hasibuan, H., dan Rasyid Munthe, I. (2024). Automatic Monitoring System Iot (Internet Of Things) Based Water Tanks. *International Journal of Science, Technology & Management*, 5(4), 1008–1014.
- Pinout. (2020). HC-SR04 Ultrasonic Sensor Datasheet Diakses dari <https://www.datasheetcafe.com/hc-sr04-datasheet-detector-sensor/> pada 3 Desember 2024.
- Pinout. (2021). 5V Dual-Channels Relay Module. Diakses dari <https://components101.com/switches/5v-dual-channel-relay-module-pinout-features-applications-working-datasheet> pada 3 Desember 2024.
- Prasetyo, M. D., Rachmansyah, A. R., dan Dananjoyo, B. A. (2022). Detektor Kesalahan Pengisian Volume Bbm Menggunakan Sensor Ultrasonik Dan Sms Gateway. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 10(3), 157–166.
- Prastyo, A., Roza, I., Kusuma, B. S., dan Ananda, Y. (2024). Rancangan Fire Alarm untuk Pengamanan Kebakaran di Bandara Udara Merdey Papua Barat. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(4), 329–336.
- Pratika, M. T. S., Piarsa, I. N., dan Wiranatha, A. A. K. A. C. (2021). Rancang Bangun Wireless Relay dengan Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Komputer*, 2(3), 515–523.
- Prayetno, E., Nadapdap, T., Susanti, A. S., dan Miranda, D. (2021). PLTD Engine Tank Oil Volume Monitoring System using HC-SR04 Ultrasonic Sensor Based on Internet of Things (IoT). *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, 4(1), 134–138.
- Purwanto, H., D. (2020). Komparasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Dan JSN-SR04T Untuk Aplikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air. *Jurnal SIMETRIS*, 10(2), 717–724.
- Putra, B. A., dan Hartono, H. (2018). Rancang Bangun Kontrol Dan Monitoring Sistem Pengisian Bahan Bakar Pada Genset Di Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu. *Prosiding SNITP*. 1(2), 1–6.
- Putra, I. U., Saefulloh, S., Bakri, M., dan Darwis, D. (2022). Pengukur Tinggi Badan Digital Ultrasonik Berbasis Arduino Dengan Lcd Dan Output Suara. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 2(2), 1–14.

- Raposo, F. (2016). Evaluation of analytical calibration based on least-squares linear regression for instrumental techniques A tutorial review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 77, 167–185.
- Riyadi, A., dan Amri, H. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Limbah Oli Berbasis Arduino Uno Pada PT. Megapower Makmur Tbk Bengkalis. *Seminar Nasional Industri Dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis*, 2(1), 731–737.
- Saputro, B. (2017). Analisis Keandalan Generator Set Sebagai Power Supply Darurat Apabila Power Supply Dari Pln Mendadak Padam Di Morodadi Poultry Shop Blitar. *Jurnal Qua Teknika*, 7(2), 17–25.
- Sasongkojati, B., dan Fatkhurrohman, M. (2024). Analisis Prinsip Kerja Panel Sinkron Genset dengan Modul DEIF AGC-150 pada PT Tiga Kreasi Indonesia. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(4), 309–321.
- Setiyawan, H. R., Hadi, W., dan Hardianto, T. (2016). Sistem Kontrol Fuzzy Logic pada Generator DC Penguatan Terpisah Berbasis Arduino UNO R3 (Fuzzy Logic Control System on The Separately Excited DC Generator Based. *Berkala Sainstek*, 1(1), 55–60.
- Setiyo, S., Cahyadi, C. I., Saputra, W., Sudjoko, R. I., dan Faizah, F. (2023). Prototype Pengaturan Sistem Kontrol Otomasi Fuel Treatment Tangki Fuel Harian Dari Tangki Bulanan Genset Pada Power Station Bandar Udara. *Jurnal Kumparan Fisika*, 6(1), 55–64.
- Setyawan, D. W., Siswari, T., Himmah, F., Kholifah, L., dan Malde, S. (2023). Optimasi Digital Marketing : Tinjauan Kritis Atas Strategi Penjualan Pompa Air. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 4(2), 293–300.
- Sinaga, H. H., Permata, D., Soedjarwanto, N., dan Purwasih, N. (2021). Pompa Air Tenaga Surya untuk Irigasi Persawahan bagi Masyarakat Desa Karang Rejo, Pesawaran, Lampung. *Wikrama Parahita : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 22–26.
- Sitohang, E. P., Mamahit, D. J., dan Tulung, N. S. (2018). Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(2), 135–142.
- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., Eng, M., dan Sompie, S. R. U. A. (2016). Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(3), 13–23.
- Solihati, T. I., Nuraida, I., dan Hidayanti, N. (2020). Pemanfaatan Kardus Menjadi Tempat Sampah Pintar Berbasis Arduino UNO R3. *ABDIMAS: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 342–350.
- Susanto, H., Pramana, R., dan Mujahidin, M. (2013). Perancangan Sistem Telemetry Wireless Untuk Mengukur Suhu Dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 Atmega328p Dan Xbee Pro. *Jurnal Hasil Penelitian & Industri Terapan*, 4(1), 1–9.

- Syahputra, F., dan Ananda, Y. (2022). Perancangan Alarm Deteksi Gempa dan Peringatan Dini Berbasis Mikrokontroler ATmega 8. *Jurnal Mesteri*, 01(01), 17–25.
- Tahir, M., Mustafa, S. M. N., Enam, R. N., Ismat, N., dan Rizvi, H. H. (2022). Real Time Monitoring and Control of Electrical Diesel Generator through Internet of Things. *Pakistan Journal of Engineering and Technology*, 5(2), 112–118.
- Tawurisi, F., Mangindaan, G. M. C., Silimang, S., Elektro, T., Sam, U., Manado, R., dan Manado, J. K. B. (2019). Rancang Bangun Sistem Kendali Automatic Transfer Switch Perusahaan Listrik Negara Generator Set. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 8(3), 143–152.
- Wang, B., Ding, X., and Yue, F. (2017). *Determination of Polynomial Degree in the Regression of Drug Combinations. IEEE/CAA Journal Of Automatica Sinica*, 6(1), 41-47.
- Wenas, V. G. D. (2021). Prototipe Sistem Monitoring Tangki Prototipe Sistem Monitoring Tangki Bahan Bakar Genset Berbasis Aplikasi Blynk Dengan Nodemcu 8266. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 2(1), 1852–1871.
- Yusuf, M. S., Priyandoko, G., dan Setiawidayat, S. (2022). Prototipe Sistem Monitoring dan Controlling HSD Tank PLTGU Grati Berbasis IoT. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(2), 159–168.