



**OTOMATISASI MONITORING AIR  
TANKI DISTRIBUSI MENGGUNAKAN  
SENSOR ULTRASONIK DENGAN  
METODE *FUZZY LOGIC***

**Tugas Akhir**

**Oleh:  
MUHAMMAD JOHARI (4242211028)**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika  
Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Batam  
2025**

# Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)  
di  
Politeknik Negeri Batam

Disusun oleh:  
**MUHAMMAD JOHARI (4242211028)**

Tanggal Sidang: 05 November 2025

Disetujui oleh :



1. **ABDULLAH SANI, S.ST., M.Sc**  
NIK: 198101092021211003



1. **Dr. IMAN FAHRUZI, S.T., M.T**  
NIK: 197512132014041001



2. **ILLA ARYENI, S.T., M.T**  
NIK: 199001292022032006

# OTOMATISASI MONITORING AIR TANKI DISTRIBUSI MENGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

## Abstrak

Air memiliki peran penting dalam menunjang kegiatan industri, mulai dari proses produksi hingga kebutuhan operasional seperti sistem pendingin dan toilet. Ketersediaan air yang tidak stabil, terutama pada lokasi dengan akses terbatas, sering menimbulkan kendala dalam memonitoring jumlah air di tanki distribusi yang masih dilakukan secara manual. Penelitian ini bertujuan merancang sistem otomatisasi monitoring air tanki distribusi yang akan menampilkan jumlah, kategori dan persentase air tanpa harus melakukan pengecekan langsung kelokasi. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T untuk membaca permukaan air, kemudian data diolah oleh mikrokontroler Arduino Uno dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic* untuk menentukan kategori dan persentase air. Data hasil dikirim melalui modul LoRa SX1278 ke mikrokontroler ESP32 dan diteruskan ke WA Bot melalui API CallMeBot sebagai notifikasi bagi karyawan. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi *Fuzzy Logic*, serta pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu membaca permukaan air dengan akurasi tinggi sesudah dikalibrasi yaitu 99.5% , dan sistem *Fuzzy Logic* berhasil mengklasifikasi sesuai dengan rule yang ditetapkan. Pengiriman data melalui LoRa stabil hingga jarak 150 meter dengan efektivitas 100% tanpa kehilangan paket data. Sistem ini terbukti efektif dengan tingkat keberhasilan keseluruhan sebesar 99.73% dalam membantu karyawan memonitoring ketersediaan air secara otomatis.

Kata kunci: Monitoring, Tanki Air, Ultrasonik, *Fuzzy Logic*, LoRa.

# **AUTOMATION OF DISTRIBUTION TANK WATER MONITORING USING ULTRASONIC SENSOR WITH FUZZY LOGIC METHOD**

## ***Abstract***

Water plays an important role in supporting industrial activities, from production processes to operational needs such as cooling systems and toilets. Unstable water availability, especially in locations with limited access, often poses challenges in monitoring the amount of water in distribution tanks, which is still done manually. This study aims to design an automated distribution tank water monitoring system that will display the amount, category, and percentage of water without having to check the location directly. This system uses a JSN-SR04T ultrasonic sensor to read the water surface, then the data is processed by an Arduino Uno microcontroller using the Fuzzy Logic method to determine the category and percentage of water. The resulting data is sent via the LoRa SX1278 module to the ESP32 microcontroller and forwarded to WA Bot via the CallMeBot API as a notification for employees. The research methods include hardware and software design, Fuzzy Logic implementation, and system testing. Test results show that the ultrasonic sensor is capable of reading the water surface with high accuracy after calibration, namely 99.5%, and the Fuzzy Logic system successfully classifies according to the specified rules. Data transmission via LoRa is stable up to a distance of 150 meters with 100% effectiveness without data packet loss. This system has proven to be effective with an overall success rate of 99.73% in helping employees automatically monitor water availability.

*Keywords: Monitoring, Water Tank, Ultrasonic, Fuzzy Logic, LoRa.*

## Kata Pengantar

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kehadiran Allah Subhanhu Wa Ta'ala (SWT), yang telah memberikan rahmatnya yang melimpah dan kesehatan, sehingga peneliti bisa menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul "OTOMATISASI MONITORING AIR TANKI DISTRIBUSI MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DENGAN METODE FUZZY LOGIC", sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan kuliah pada prodi Teknologi Rekayasa Elektronika di Politeknik Negeri Batam.

Peneliti menyadari bahwa laporan tugas akhir ini tidak bisa diselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini peneliti dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil secara langsung maupun tidak langsung kepada peneliti dalam penyusunan laporan tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Kedua Orang tua dan keluarga yang selalu memberi do'a, dukungan dan nasihat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Iman Fahruzi, S.T.,M.T selaku Pembimbing Tugas Akhir yang membimbing dan memberikan arahan yang sangat berguna dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Semua dosen Teknologi Rekayasa Elektronika Politeknik Negeri Batam yang telah memberi bahan ajaran yang bermanfaat dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Erwin selaku Manager Departmen Mechanical Assembly yang telah memberi izin implementasi alat Tugas Akhir ini pada tanki air yang ada di perusahaan.
5. Team section maintenance yang sudah mengizinkan saya mengerjakan alat tugas akhir ini diimplementasikan pada tanki air yang yang dihandle oleh mereka.
6. Terima kasih juga kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang membantu dan peneliti berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta dunia pendidikan pada umumnya.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmatnya kepada kita semua.

## Daftar Isi

Lembar Pengesahan .....	i
Abstrak .....	ii
<i>Abstract</i> .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Daftar Isi .....	v
Daftar Gambar .....	vii
Daftar Tabel .....	viii
Daftar Lampiran .....	ix
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Batasan Masalah .....	2
BAB II .....	3
TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Studi Literatur .....	3
2.2 Dasar Teori .....	4
2.2.1 Fuzzy Logic .....	4
1. Metode Fuzzy Tsukamoto .....	5
2. Metode Fuzzy Mamdani .....	5
3. Metode Fuzzy Sugeno .....	5
2.2.2 Arduino Uno .....	5
2.2.3 ESP32 .....	6
2.2.4 Sensor Ultrasonik JSN-SR04T .....	6
2.2.5 Modul LoRa SX1278 .....	7
BAB III .....	8
METODOLOGI PENELITIAN .....	8
3.1 Perancangan Sistem .....	8
3.1.1 Blok Diagram Sistem .....	8
3.1.2 <i>Flowchart</i> Sistem .....	9
3.1.3 Ukuran Air Tanki Distribusi dari cm ke m <sup>3</sup> .....	10
3.2 Perancangan Desain Elektrikal .....	11
3.3 Perancangan Perangkat Lunak .....	13
3.4 Perancangan Fisik Alat .....	13
3.5 Perancangan Sistem <i>Fuzzy</i> .....	14
3.5.1 Membership <i>Fuzzy</i> .....	14
3.5.2 Fuzzifikasi .....	14
3.5.3 <i>Rule Base Fuzzy</i> .....	15
3.5.4 Defuzzifikasi .....	15

BAB IV .....	17
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	17
4.1 Hasil .....	17
4.1.1 Pengujian Sensor Sebelum dikalibrasi .....	17
4.1.2 Pengujian Sensor Sesudah dikalibrasi.....	19
4.1.3 Pengujian Modul LoRa SX1278 .....	20
4.1.4 Pengujian Alat dan Metode Fuzzy .....	31
4.1.5 Tampilan Notifikasi WA Bot.....	36
4.2 Pembahasan .....	38
BAB V.....	40
KESIMPULAN DAN SARAN .....	40
5.1 Kesimpulan .....	40
5.2 Saran .....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN .....	43

## Daftar Gambar

Gambar 1. Arduino Uno .....	6
Gambar 2. <i>ESP32 Wroom</i> .....	6
Gambar 3. Sensor Ultrasonik JSN-SR04T .....	7
Gambar 4. <i>Modul LoRa SX1278</i> .....	7
Gambar 5. Blok Diagram Sistem .....	8
Gambar 6. <i>Flowchart</i> Sistem .....	9
Gambar 7. Desain Elektrikal Alat .....	12
Gambar 8. <i>Flowchart</i> Program .....	13
Gambar 9. <i>Desain Mechanical</i> .....	13
Gambar 10. Membership kondisi air .....	14
Gambar 11. Rumus Fuzzifikasi .....	15
Gambar 12. Rumus Defuzzifikasi .....	15
Gambar 13. Grafik Kategori Air Hasil Proses Fuzzy .....	16
Gambar 14. Tampilan Serial Monitor dan WA Bot jarak 50 meter .....	26
Gambar 15. Tampilan Serial Monitor dan WA Bot jarak 150 meter .....	31
Gambar 16. Tampilan Notifikasi Pada WA Bot .....	36
Gambar 17. Kesesuaian Hasil WA Bot Dengan Pengukuran Tanki 10m <sup>3</sup> .....	37
Gambar 18. Kesesuaian Hasil WA Bot Dengan Pengukuran Tanki 11m <sup>3</sup> .....	38
Gambar 19. Sketsa distribusi air dari tanki ke seluruh bagian perusahaan ....	43
Gambar 20. Jarak Tanki Air ke beberapa lokasi 50 Meter, 150 Meter & 180 Meter. ....	43

## Daftar Tabel

Tabel 1. Ukuran Air.....	10
Tabel 2. Kategori Air Sesuai Jumlah.....	11
Tabel 3. <i>Rule Base Fuzzy</i> .....	15
Tabel 4. Data Hasil Pengujian Sensor Sebelum Kalibrasi .....	17
Tabel 5. Data Hasil pengujian Sensor Sesudah Dikalibrasi .....	19
Tabel 6. Data Hasil Pengujian Modul LoRa .....	21
Tabel 7. Hasil Pengujian Alat dan Metode Fuzzy.....	31

## Daftar Lampiran

Lampiran 1. Sketsa distribusi air dari tanki ke seluruh bagin perusahaan.....	43
Lampiran 2. Jarak Tanki Air ke beberapa lokasi 50 Meter, 150 Meter & 180 Meter. ....	43

# Bab 1. Pendahuluan

## 1.1. Latar Belakang

Air adalah komponen yang sangat vital yang dibutuhkan dunia saat ini. Semua makhluk hidup didunia ini tidak bisa terpisah dari kebutuhan akan air. Air adalah kebutuhan yang paling dasar bagi berlangsungnya kehidupan, sehingga tanpa air, kehidupan dibumi akan sulit. Sebagian elemen utama pada berbagai sector seperti rumah tangga, pertanian hingga industri [1]. Dalam dunia industri, air memiliki peranan penting dalam berbagai bagian proses produksi. Misalnya pada proses painting, air digunakan mencuci dan membersihkan produk menggunakan air dan sabun agar terbebas dari kotoran dan minyak sebelum dilakukan proses pengecatan, sehingga hasil painting menjadi lebih baik. Selain itu pada proses fabrikasi pemotongan plate menggunakan mesin plasma cutting, air berfungsi sebagai pendingin agar material yang dipotong tidak mengalami kerusakan akibat suhu panas. Begitu juga pada proses bubut dan milling, air digunakan untuk mendinginkan material agar hasil pengerjaan tetap presisi dan bagus.

Tidak hanya di area produksi, kebutuhan juga terdapat dibagian office seperti sistem pendingin ruangan yaitu Chiller yang menggunakan air sebagai media pendingin dalam sirkulasinya. Jika suplai air tidak tersedia, maka sistem pendinginan tidak akan berfungsi dengan baik dan dapat menyebabkan kerusakan pada motor pompa karena panas berlebih. Air juga digunakan untuk kebutuhan umum lainnya seperti toilet. Dengan begitu banyaknya peranan air pada dunia industri, menjaga ketersediaan air menjadi hal yang sangat penting bagi kelangsungan operasional perusahaan.

Namun, tidak semua perusahaan memiliki lokasi dengan akses air yang mudah. Beberapa perusahaan berada diarea yang lebih tinggi, sehingga suplai air dari sumber utama sering tidak stabil. Kondisi ini menyebabkan aliran air tidak selalu tersedia setiap saat. Untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan tanki air distribusi sebagai wadah penyimpanan sementara agar pasokan air tetap tersedia. Akan tetapi, tanki air juga tetap harus dimonitoring jumlahnya, namun saat ini proses monitoring masih dilakukan secara manual. Karyawan harus dtang langsung kelokasi tanki untuk melihat jumlah air. Cara ini memiliki beberapa kekurangan, terutama saat kondisi cuaca hujan dan juga akses menuju lokasi yang sulit dilalui[2].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu memonitoring jumlah air dalam tanki secara otomatis tanpa harus melakukan monitoring secara langsung ke lokasi. Oleh karena itu, penulis mengusulkan rancangan alat Otomatisasi Monitoring Air Tanki Distribusi menggunakan sensor Ultrasonik dengan Metode *Fuzzy Logic*. Sistem ini diharapkan dapat membantu karyawan memonitoring jumlah air dengan menampilkan informasi jumlah air,

persentase dan kategori. Dengan adanya sistem ini, proses monitoring menjadi lebih efisien, cepat dan dapat mengurangi resiko yang ada

## **1.2. Rumusan Masalah**

1. Mengapa kategori air harus dimonitoring?
2. Bagaimana merancang sistem otomatisasi monitoring air pada tanki distribusi yang dapat menentukan kategori air dan persentase air menggunakan metode *Fuzzy Logic* serta mengirimkan informasi tersebut kepada karyawan di area tanki yang tidak memiliki akses internet?

## **1.3. Tujuan**

1. Untuk mengetahui pentingnya melakukan monitoring tanki air distribusi.
2. Tujuan yang ingin dicapai ialah merancang dan mengembangkan sistem otomatisasi monitoring air tanki distribusi yang mampu menentukan kategori dan persentase air menggunakan metode *Fuzzy Logic*, serta mengirimkan informasi tersebut kepada karyawan meskipun diarea tanki air tersebut tidak memiliki akses internet.

## **1.4. Manfaat**

1. Memberikan solusi dalam memonitoring kategori air tanki distribusi tanpa harus datang kelokasi.
2. Pada area tanki air yang tidak memiliki akses internet, tetap bisa dimonitoring secara otomatis.

## **1.5. Batasan Masalah**

1. System hanya digunakan untuk memonitoring jumlah air pada satu tanki air distribusi dengan ketinggian maksimum 5 meter.
2. Pengiriman notifikasi hanya dilakukan menggunakan API CallMeBot.

## Bab 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Studi Literatur

Penyusunan proposal ini merujuk pada beberapa jurnal sebagai literature, penelitian yang berjudul “pendeteksi volume air secara otomatis menggunakan Fuzzy”. Prinsip kerja alat ini melibatkan sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi tinggi air serta sensor Water Flow untuk mengukur laju keluaran air dari keran. Informasi hasil deteksi ditampilkan ke LCD 2X16 dan menggunakan LED biru untuk penuh, kuning untuk setengah, merah untuk kosong sebagai penanda. Proses Fuzzy melalui tahap fuzzifikasi, evaluasi aturan dan defuzzifikasi dengan keluarannya status volume air. Perancangan dan pengujian dilakukan menggunakan software MATLAB 7.1 yang menunjukkan tingkat akurasi deteksi cukup baik. Hasil defuzzifikasi menunjukkan bahwa sistem dapat menentukan tingkat pengisian. Seperti misalnya output sebesar 119 yang termasuk dalam kategori normal. Dengan demikian, sistem ini berhasil memberikan solusi otomatis dan akurat dalam pemantauan volume air, untuk mencegah pemborosan dan efisiensi distribusi air dalam gedung [3].

Penelitian berikutnya yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Alat Monitoring Ketinggian Air Dalam Tanki Berbasis *Internet of Things* Menggunakan Aplikasi Blynk Android”. Penelitian ini merancang sistem monitoring ketinggian air dalam tanki berbasis IoT yang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik HC-SR05, dan aplikasi Blynk sebagai media pemantauan. Data hasil pengukuran dikirim melalui koneksi internet dan ditampilkan dalam bentuk status volume air dan kondisi pompa pada LCD 16x2 dan aplikasi Blynk. Sistem diuji menggunakan metode *black box* dan *white box* yang menunjukkan bahwa seluruh komponen bekerja dengan baik, dan pengujian langsung dilapangan menunjukkan bahwa sistem mampu mengaktifkan pompa saat air berada dibawah 20 % dan mematikan pompa ketika mencapai 85 %. Dengan ini, sistem mampu memberikan solusi otomatisasi yang handal dan mudah digunakan masyarakat dalam mengelola air tanki secara efisien.[4]. Lalu, penelitian yang berjudul “Monitoring Tanki Air Berbasis Internet of Things”, penelitian ini merancang sebuah alat monitoring tanki air dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, ESP8266 dengan aplikasi Blynk, hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dan dapat mengurangi pemborosan air. Namun sistem ini membutuhkan akses internet secara langsung pada area tanki yang ingin dimonitoring[12].

Kemudian penelitian yang berjudul “Monitoring Suhu dan Kelembapan Menggunakan LoRa Arduino dan ESP32 berbasis Internet Of Things melalui Aplikasi Mobile”. Dalam penelitian ini, peneliti merancang sebuah sistem pemantauan suhu dan kelembapan berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan teknologi LoRa (*Long Range*). Sistem ini terdiri dari dua bagian,

bagian utama yaitu *end node* yang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor DHT22 untuk membaca data lingkungan, serta *gateway* yang menggunakan ESP32. Data hasil pengukuran dikirimkan melalui LoRa, disimpan di Firebase, dan ditampilkan di aplikasi android yang dibuat dengan kondular. Alat ini dirancang untuk bisa bekerja dilingkungan tanpa internet serta hemat daya. Pengujian dilakuakn dalam tiga skenario yaitu verifikasi akurasi sensor, kondisi dengan penghalang (*barrier*) dan pengujian *line of sight*. Hasilnya menunjukkan tingkat akurasi suhu dengan rata-rata error sebesar 1,85% dan kelembapan sebesar 9,22% dan Hasil pengujian dengan penghalang memiliki tingkat persentase *pakcet loss* terbesar sebesar 61,11% dan hasil pengujian tanpa penghalang memiliki tingkat *pakcet loss* terbesar sebesar 54,44% pada jarak 250 m [5].

Berdasarkan referensi dari penelitian tersebut, maka muncul ide untuk membuat alat Otomatisasi Monitoring Air Tanki Distribusi menggunakan sensor Ultrasonik dengan Metode *Fuzzy Logic* yang mana sensor Ultrasonik yang digunakan yaitu jenis JSN-SR04T yang tahan air cocok untuk memonitoring tanki air pada luar ruangan atau gedung, dan juga menggunakan Modul LoRa Atau *Long Range*, dimana sistem ini bekerja dengan Sensor Ultrasonik yang terhubung ke Arduino Uno dan juga terhubung ke LoRa sebagai pengirim ketika data dari sensor diberikan ke pada Arduino Uno lalu Arduino mengolah menggunakan metode *Fuzzy Logic* setelah diolah datanya dikirim melalui LoRa pengirim ke LoRa penerima yang terhubung dengan ESP32 yang mana daerah tersebut memiliki akses internet sehingga ESP32 mengirimkan notifikasi melalui API CallMeBot ke aplikasi handphone untuk data kategori air dan persennya diketahui oleh karyawan.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 *Fuzzy Logic*

*Fuzzy Logic* pertama kali diperkenalkan oleh Profesor Luthfi A. Zadeh pada tahun 1965, yang merupakan seorang peneliti di Universitas California, Berkeley, sebagai respon terhadap keterbatasan logika biner tradisional dalam mempresentasikan kompleksitas pemikiran manusia. Berbeda dengan logika Boolean yang hanya mengenal nilai seperti 0 atau 1, hitam atau putih, *fuzzy logic* memungkinkan adanya derajat kebenaran antara 0 dan 1, sehingga mampu menangkap nuansa ketidakpastian dalam istilah verbal seperti dekat, sedang, lumayan jauh, sangat jauh. Dengan menggabungkan logika dan bahasa linguistik, logika *fuzzy* memberikan pendekatan yang lebih fleksibel dalam menggambarkan kondisi nyata[6]. Terdapat tiga metode *fuzzy logic* yaitu :

## 1. Metode Fuzzy Tsukamoto

Merupakan metode yang membantu dalam memberikan rekomendasi secara cepat, tepat dan akurat. Setiap konsekuensi pada aturan (*rule*) yang berbentuk *IF-THEN* harus dipresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton[13].

Tahapan yang digunakan metode Tsukamoto yaitu:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*.
2. Fuzzifikasi
3. Pembentukan basis pengetahuan atau rule dalam bentuk *IF-THEN*.
4. Implikasi dengan fungsi Min.
5. Defuzzifikasi menggunakan metode rata-rata.

## 2. Metode Fuzzy Mamdani

Merupakan metode yang paling populer dari sistem *fuzzy* karena mudah dipahami dan diterapkan. Metode ini menggunakan suatu sistem inferensi yang disebut "*Rule-Based System*" untuk mengolah data yang masuk dan mengeluarkan keputusan[14].

Tahapan yang digunakan metode Mamdani yaitu :

1. Pembuatan himpunan *fuzzy*.
2. Pembuatan aturan *fuzzy*.
3. Penggabungan aturan *fuzzy*.
4. Defuzzifikasi (*Centroid*).

## 3. Metode Fuzzy Sugeno

Metode *fuzzy* Sugeno diperkenalkan pada tahun 1985 oleh Takagi-Sugeno Kang. Penalaran metode Sugeno hampir mirip dengan Mamdani, hanya saja konsekuensi (*output*) tidak berupa himpunan *fuzzy* tetapi berupa konstanta atau persamaan linier[15].

Tahapan yang digunakan metode Sugeno yaitu :

1. Membership *Fuzzy*
2. Fuzzifikasi
3. *Rule Base Fuzzy*
4. Defuzzifikasi (*Weighted Average Methode*)

## 2.2.2 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan papan sirkuit yang dibuat berdasarkan mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno memiliki spesifikasi 14 pin untuk input dan output digital, dimana 6 pin diantaranya dapat berfungsi sebagai sinyal PWM (Pulse Width Modulation), 6 input analog, clock speed 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset [8].



**Gambar 1. Arduino Uno**

Gambar 1 menunjukkan arduino uno, arduino uno disini digunakan sebagai penerima data dari sensor, melakukan proses fuzzy logic setelah dilakukan proses fuzzy lalu data dikirim melalui LoRa pengirim kepada LoRa penerima.

### **2.2.3 ESP32**

ESP32 merupakan sebuah papan mikrokontroler yang dilengkapi dengan chip wifi 2,4 GHz. Selain itu, papan ini juga memiliki fitur Bluetooth yang dirancang dengan teknologi ultra-rendah daya dari TSMC. Papan ini diperkenalkan oleh Espressif sistem sebagai penerus dari papan sebelumnya, yaitu ESP8266. Papan ini menawarkan beberapa keunggulan termasuk penggunaan daya yang rendah, modul wifi yang terintegrasi, serta fitur bluetooth dengan mode ganda yang juga efisien dalam penggunaan daya. Papan ini cocok digunakan untuk teknologi internet of things (IoT) [9].



**Gambar 2. ESP32 Wroom**

Gambar 2 menunjukkan ESP32, ESP32 disini digunakan sebagai penerima data dari LoRa Penerima, lalu mengirimkan data melalui API CallMeBot ke WA Bot menggunakan jaringan internet.

### **2.2.4 Sensor Ultrasonik JSN-SR04T**

Sensor JSN-SR04T merupakan jenis sensor Ultrasonik yang digunakan untuk mengukur jarak suatu objek berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara frekuensi tinggi. Sensor ini bekerja dengan cara mengirimkan gelombang Ultrasonik kearah objek , lalu menerima kembali gelombang pantulan yang mengenai permukaan objek tersebut. Jarak antara sensor dengan objek dihitung berdasarkan waktu tempuh gelombang dari sensor ke objek dan kembali lagi kesensor. Sensor jenis ini memiliki kelebihan yaitu tahan air sehingga cocok untuk di luar ruangan dan juga bisa membaca sampai jarak maksimum 6 meter [10].



**Gambar 3. Sensor Ultrasonik JSN-SR04T**

Gambar 3 menunjukkan sensor ultrasonik JSN-SR04T, sensor ultrasonik JSN-SR04T disini digunakan sebagai pembaca jarak permukaan air lalu diberikan kepada arduino uno untuk diolah menggunakan metode fuzzy logic.

### **2.2.5 Modul LoRa SX1278**

LoRa (Long Range) adalah teknologi nirkabel yang dirancang untuk menghubungkan perangkat dalam suatu jaringan, dengan kemampuan utama mendukung pertukaran data jarak jauh tanpa menggunakan jaringan internet. LoRa memiliki parameter yaitu, modul ini bekerja dengan frekuensi 923 MHz, kekuatan pemancaran RF 0,1 W, Bandwidth 0,2MHz, Co-Ordinates DMS, tinggi AGL 1,6m, gain reciver 2,14, sensitivitas -120dBm, antenna penguatan 5,25dBi, propagation model Okumura-Hata (0,15-1,5GHz), resolusi medan 30m.98ft [11]. maka dari itu LoRa cocok Digunakan Untuk mengirimkan data dari daerah yang tidak memiliki akses internet.



**Gambar 4. Modul LoRa SX1278**

Gambar 4 menunjukkan sebuah modul LoRa SX1278, modul LoRa SX1278 disini digunakan sebagai pengirim data dan penerima data.

## Bab 3. Metodologi Penelitian

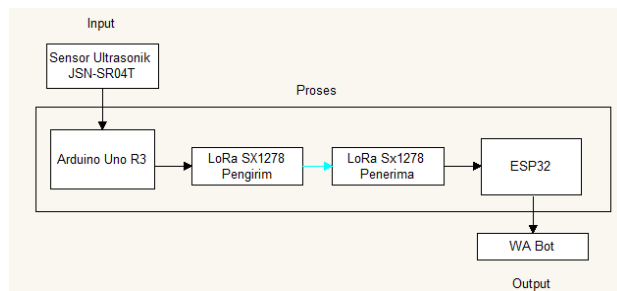
Pada Bab ini akan dibahas tentang perancangan dan pembangunan sistem secara menyeluruh. Proses pembuatan perangkat ini menggunakan metode reverse engineering, reverse engineering merupakan kegiatan untuk mengidentifikasi prinsip-prinsip teknologi suatu alat, barang, atau sistem dengan menganalisis strukturnya, fungsinya dan cara kerjanya. Proses ini biasanya melibatkan pemeriksaan mendalam tentang cara operasionalnya. Metode ini banyak digunakan dalam pengembangan produk yang dapat melakukan fungsi yang sama tanpa meniru elemen dari versi awalnya [7].

Perancangan alat adalah langkah pertama dalam proses pembuatan alat, yaitu mengidentifikasi masalah dan mencari solusi dengan menetapkan spesifikasi alat, cara kerja alat dan batasan dari ruang lingkupnya. Rancangan alat dimulai dengan merancang sistem, merancang perangkat keras, merancang perangkat lunak, Rancangan fisik alat, Rancangan proses *fuzzy* dan menguji fungsionalitas alat sesuai dengan prinsip kerja yang telah ditentukan selama proses perancangan.

### 3.1 Perancangan Sistem

#### 3.1.1 Blok Diagram Sistem

Untuk menggambarkan dengan jelas skema sistem yang telah dibuat, penting untuk memberikan penjelasan yang mendetail melalui penggunaan diagram blok. Ini adalah blok diagram alat Otomatisasi Monitoring Air Tanki Distribusi Menggunakan Sensor Ultrasonik Dengan Metode *Fuzzy Logic* yang terdiri dari Arduino Uno R3, ESP32, Sensor Ultrasonik, Modul LoRa SX1278.



Gambar 5. Blok Diagram

Gambar 5 menunjukkan diagram blok sistem yang terbagi tiga bagian yaitu yang pertama Input terdiri dari sensor ultrasonik JSN-SR04T, kedua Proses terdiri

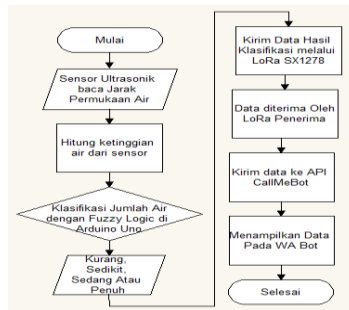
dari Arduino Uno R3, LoRa SX1278 pengirim, LoRa SX1278 penerima, ESP32 ketiga Outputnya WA Bot :

Diagram Blok :

- a. Sensor Ultrasonik  
Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi jarak antara permukaan air dengan sensor ultrasonik itu sendiri.
- b. Arduino Uno R3  
Berfungsi untuk menerima data dari Sensor Ultrasonik kemudian diolah untuk diklasifikasi menggunakan metode *Fuzzy Logic*.
- c. LoRa SX1278  
Memiliki 2 dua LoRa, LoRa pertama berfungsi untuk mengirimkan data yang sudah diklasifikasi oleh Arduino Uno R3 diberikan ke pada LoRa Penerima, LoRa kedua sebagai penerima data yang diberikan oleh LoRa Pengirim kemudian diberikan ke pada ESP32.
- d. ESP32  
Berfungsi sebagai penerima data yang diterima oleh LoRa Penerima untuk kemudian mengirimkan data yang diterima melalui API CallMeBot menggunakan jaringan internet.
- e. WA Bot  
Menerima data dari ESP32 untuk ditampilkan agar diketahui oleh pengguna kategori air dan persennya pada tanki air distribusi yang dimonitoring.

### 3.1.2 Flowchart Sistem

Bagan alir logika program digunakan untuk menggambarkan setiap langkah di dalam program computer secara logika. Bentuk Flowchart sistem ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 6. Flowchart Sistem

Gambar 6 menunjukkan flowchart sistem, proses dimulai dari sensor ultrasonik baca jarak permukaan air , lalu menghitung ketinggian air dari sensor ,

klasifikasi jumlah air dengan fuzzy logic di arduino uno, kemudian setelah dapat datanya kurang, sedikit, sedang atau penuh, data dikirm melalui LoRa pengirim kepada LoRa penerima setelah itu data dikirim melalui API CallMeBot ke WA Bot untuk di tampilkan:

Algoritma dari sistem tersebut ialah:

- a. Sensor Ultrasonik akan membaca berapa cm jarak dari sensor ke permukaan air.
- b. Berapa jarak yang dibaca akan diberikan kepada Arduino Uno.
- c. Arduino Uno akan melakukan proses klasifikasi dengan metode *Fuzzy Logic*.
- d. Data yang sudah diklasifikasi berupa data: Persen dan kurang, sedikit, sedang atau penuh.
- e. Setelah data selesai diklasifikasi data dikirimkan oleh LoRa SX1278 Pengirim yang terhubung ke Arduino Uno.
- f. Kemudian data diterima oleh LoRa SX1278 penerima yang terhubung ke ESP32.
- g. Data yang sudah diterima oleh ESP32, selanjutnya dikirimkan melalui API CallMeBot.
- h. Lalu data ditampilkan pada WA Bot untuk dilihat oleh karyawan berapa kategori air dan persennya lalu selesai.

### 3.1.3 Ukuran Air Tanki Distribusi dari cm ke m<sup>3</sup>

Tabel 1. Ukuran Air

No	Ukuran Air (cm)	Keterangan (m <sup>3</sup> )
1	185	4
2	173	5
3	160	6
4	147	7
5	137	8
6	124	9
7	108	10
8	95	11

No	Ukuran Air (cm)	Keterangan (m <sup>3</sup> )
9	77	12
10	62	13
11	48	14
12	37	15
13	21	16

Tabel 1 menunjukkan ukuran air dan keterangan dalam m<sup>3</sup> data terdiri dari 185 cm yaitu 4 m<sup>3</sup>, 173 cm yaitu 5 m<sup>3</sup>, 160 cm yaitu 6 m<sup>3</sup>, 147 cm yaitu 7 m<sup>3</sup>, 137 cm yaitu 8 m<sup>3</sup>, 124 cm yaitu 9 m<sup>3</sup>, 108 cm yaitu 10 m<sup>3</sup>, 95 cm yaitu 11 m<sup>3</sup>, 77 cm yaitu 12 m<sup>3</sup>, 62 cm yaitu 13 m<sup>3</sup>, 48 cm yaitu 14 m<sup>3</sup>, 37 cm yaitu 15 m<sup>3</sup>, 21 cm yaitu 16 m<sup>3</sup>. Data ini dirancang untuk jumlah air yang akan ditampilkan pada WA Bot.

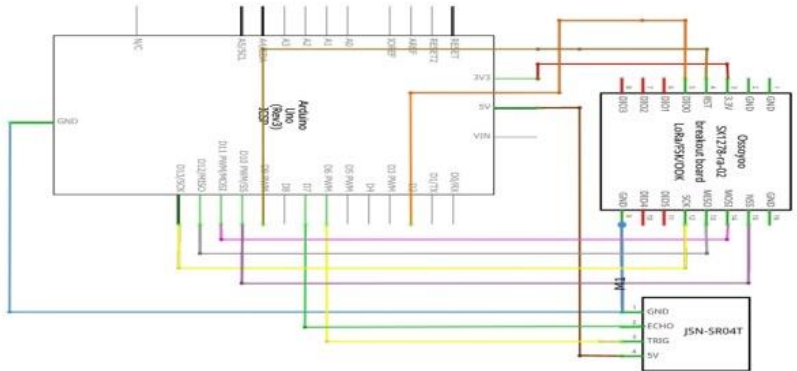
**Tabel 2. Kategori Air Sesuai Jumlah**

No	Jumlah Air (m <sup>3</sup> )	Keterangan Kategori Air
1	4-6	Kurang
2	7-10	Sedikit
3	11-13	Sedang
4	14-16	Penuh

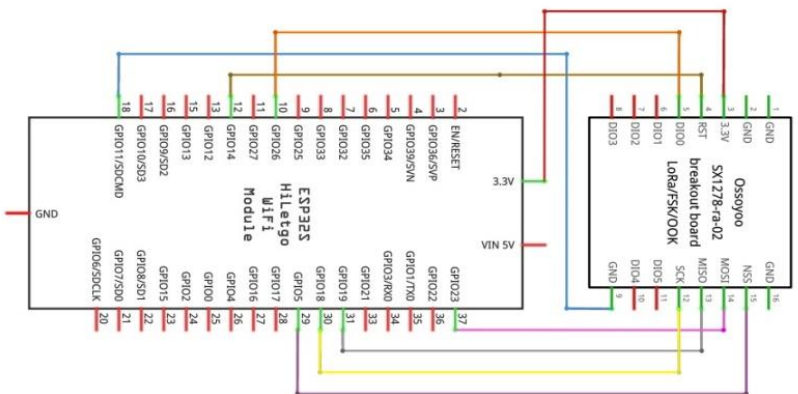
Tabel 2 menunjukkan jumlah air dan kategori air, dari data jumlah air bisa dilihat untuk 4-6 m<sup>3</sup> dikategorikan kurang, lalu 7-10 m<sup>3</sup> dikategorikan sedikit, 11-13 m<sup>3</sup> dikategorikan sedang, 14-16 m<sup>3</sup> dikategorikan penuh, data jumlah air ini akan didapatkan sebuah kategori ketika sudah melalui proses fuzzy logic dan akan ditampilkan pada WA Bot.

### 3.2 Perancangan Desain Elektrikal

Desain elektrikal yang digunakan untuk pembuatan alat ini dapat dilihat pada gambar 7. berikut:



*Transmitter*

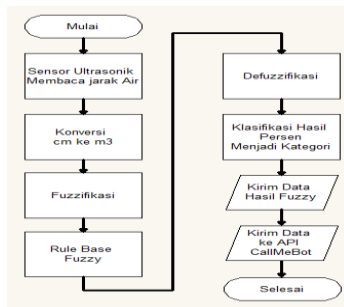


*Receiver*

**Gambar 7. Desain Elektrikal Alat.**

Gambar 7 menunjukkan sebuah Desain Elektrikal dan dapat dilihat ketahui bahwa alat terbagi dua yaitu bagian *Transmitter* dan *Receiver*, *Transmitter* terdiri dari Arduino Uno sebagai mikrokontroler, sensor ultrasonik sebagai input, LoRa Sx1278 sebagai pengirim data dan *Receiver* terdiri dari ESP32 sebagai Mikrokontroler, LoRa Sx1278 sebagai penerima data.

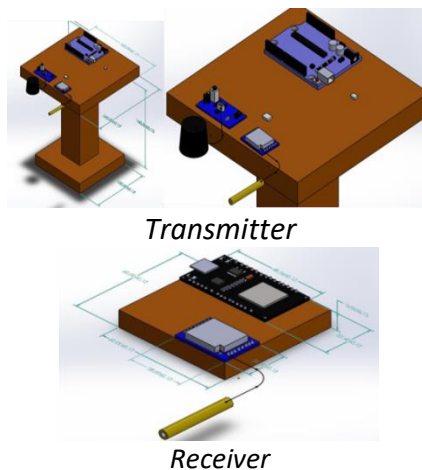
### 3.3 Perancangan Perangkat Lunak



**Gambar 8. Flowchart Program**

Gambar 8 menunjukkan alur kerja sistem pada program monitoring tanki air menggunakan metode fuzzy logic. Proses dimulai dengan sensor ultrasonik yang membaca jarak permukaan air, kemudian hasil pembacaan tersebut dikonversi dari cm ke  $m^3$  untuk mendapatkan nilai jumlah air. Data yang telah dikonversi selanjutnya diproses melalui tahap fuzzifikasi, rule base fuzzy, defuzzifikasi dan dikalsifikasi. Untuk menjadi nilai numeric, persentase dan kategori kurang, sedikit, sedang atau penuh. hasil akhirnya dikirim melalui API CallMeBot untuk ditampilkan pada WA Bot.

### 3.4 Perancangan Fisik Alat



**Gambar 9. Desain Mechanical**

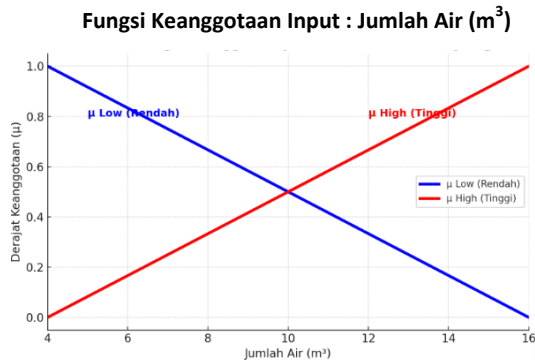
Gambar 9 menunjukkan sebuah Desain Mechanical, dapat dilihat bahwa alat terbagi dua bagian yaitu *Transmitter* dan *Receiver*, *Transmitter* terdiri dari Arduino Uno sebagai mikrokontroler, sensor ultrasonik sebagai input, LoRa Sx1278 sebagai pengirim data dan *Receiver* terdiri dari ESP32 sebagai Mikrokontroler, LoRa Sx1278 sebagai penerima data.

### 3.5 Perancangan Sistem Fuzzy

Penggunaan metode *fuzzy* disini untuk memudahkan karyawan mengetahui kategori air dan juga berapa persennya dengan input data yang tidak menentu atau tidak stabil.

#### 3.5.1 Membership Fuzzy

Membership *fuzzy* adalah sebuah inputan pada metode *fuzzy* yang mana pada sistem ini memiliki 1 membership yaitu Jumlah Air (m<sup>3</sup>) dari hasil pembacaan sensor Ultrasonik JSN-SR04T.



**Gambar 10. Membership kondisi air**

Gambar 10 menunjukkan sebuah grafik fungsi keanggotaan untuk kondisi jumlah air dalam sistem fuzzy. Grafik ini terdiri dari dua himpunan fuzzy, yaitu  $\mu$  Low (Rendah) yang digambarkan oleh garis biru dan  $\mu$  High (Tinggi) dengan garis merah. Sumbu horizontal mempresentasikan jumlah air dalam m<sup>3</sup>, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan derajat keanggotaan  $\mu$  dengan rentang nilai 0 hingga 1. Berdasarkan grafik tersebut, ketika jumlah air berada disekitar 4 m<sup>3</sup>, derajat keanggotaan kondisi rendah bernilai maksimal 1 pada sekitar 16 m<sup>3</sup>.

#### 3.5.2 Fuzzifikasi

Proses merubah nilai *crisp* kedalam himpunan *fuzzy* dan menentukan derajat keanggotaan di dalam himpunan *fuzzy*.

Rumus :

Low (rendah):

$$\mu_{low}(x) = \frac{16 - x}{12} \quad \text{untuk } 4 \leq x \leq 16$$

High (tinggi):

$$\mu_{high}(x) = \frac{x - 4}{12} \quad \text{untuk } 4 \leq x \leq 16$$

**Gambar 11. Rumus fuzzifikasi**

Gambar 11 menunjukkan sebuah rumus dari fuzzifikasi pada metode fuzzy yang saya gunakan untuk pembuatan alat ini. Rumus ini terdiri dari dua perhitungan yaitu Low dan High, sementara data inputnya ditandai X.

### 3.5.3 Rule Base Fuzzy

Aturan Fuzzy disusun menggunakan bentuk *IF-THEN*, dengan output nilai konstanta.

**Tabel 3. Rule Base Fuzzy**

Aturan IF-THEN	
1.	$Z_{Low} = \text{IF Jumlah Air Low THEN Output 20}$
2.	$Z_{High} = \text{IF Jumlah Air High THEN Output 90}$

Tabel 3. Menunjukkan sebuah Rule Base Fuzzy pada aturan fuzzy yang digunakan pada sistem ini, dimana aturan ini akan digunakan pada langkah defuzzifikasi. Terdiri dari dua yaitu  $Z_{Low}$  = jika jumlah air rendah maka output 20 dan  $Z_{High}$  = jika jumlah air tinggi maka output 90.

### 3.5.4 Defuzzifikasi

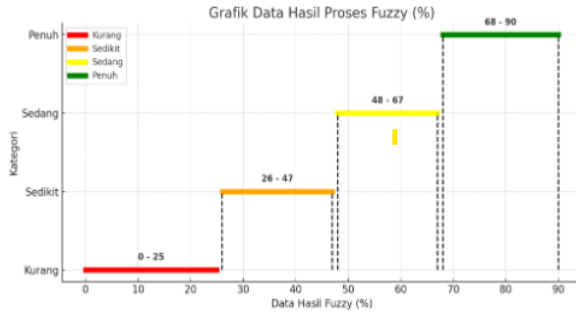
Defuzzifikasi merupakan proses merubah hasil keluaran fuzzy yang berupa derajat keanggotaan input dari masing masing fuzzy menjadi nilai tegas (*crisp*). Metode defuzzifikasi yang digunakan ialah metode *Weighted Average*, yang menghasilkan output dalam bentuk crisp (%).

Rumus yang digunakan (*Weighted Average*)

$$Z = \frac{(\mu_{low} \times Z_{low}) + (\mu_{high} \times Z_{high})}{\mu_{low} + \mu_{high}}$$

**Gambar 12. Rumus defuzzifikasi**

Gambar 12 menunjukkan rumus defuzzifikasi dengan metode *weighted average* yang digunakan untuk menentukan nilai keluaran akhir (Z) dari sistem fuzzy. Persamaan tersebut menghitung nilai Z sebagai rata-rata dari nilai konsekuensi  $Z_{Low}$  dan  $Z_{High}$  berdasarkan derajat keanggotaannya  $\mu_{Low}$  dan  $\mu_{High}$ .



**Gambar 13. Grafik Kategori Air Hasil Proses Fuzzy**

Gambar 13 menunjukkan grafik kategori air hasil proses fuzzy yang melalui tahapan fuzzifikasi, rule base fuzzy dan defuzzifikasi. Sumbu horizontal merupakan data hasil fuzzy, lalu sumbu vertikal merupakan kategori air.

## Bab 4. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini disajikan hasil pengujian dan kalibrasi sensor, pengujian Modul LoRa dengan pengukuran jarak dari permukaan air kesensor dan penggunaan metode *fuzzy* untuk menghasilkan jumlah air dalam  $m^3$  juga kategorinya airnya seperti kurang, sedikit, sedang dan penuh. Data diperoleh dari sensor Ultrasonik yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino Uno dan kemudian data diolah menggunakan metode *Fuzzy* untuk menghasilkan kategori dan persentase, setelah diolah data kemudian dikirim melalui LoRa pengirim ke LoRa penerima yang terhubung ke ESP32 untuk dikirim ke WA Bot untuk menampilkan datanya.

### 4.1 Hasil

#### 4.1.1 Pengujian sensor sebelum dikalibrasi

Pengujian pertama dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi awal dari sensor ultrasonik sebelum kalibrasi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap pengukuran manual menggunakan meteran.

**Tabel 4. Data Hasil Pengujian Sensor Sebelum Kalibrasi**

No	Jumlah Air ( $m^3$ )	Pembacaan Jarak Air (cm)		Selisih/ Error (cm)
		Sensor	Meteran	
1	4	189	185	4
2	5	177	173	4
3	6	164	160	4
4	7	151	147	4
5	8	141	137	4
6	9	128	124	4
7	10	112	108	4
8	11	97	95	2
9	12	79	77	2
10	13	64	62	2
11	14	50	48	2

No	Jumlah Air (m <sup>3</sup> )	Pembacaan Jarak Air (cm)		Selisih/ Error (cm)
		Sensor	Meteran	
12	15	39	37	2
13	16	23	21	2

Menghitung nilai akurasi.

$$\text{Error rata-rata} = (4+4+4+4+4+4+2+2+2+2+2)/13$$

$$= 40/13$$

$$= 3.08 \text{ cm}$$

$$\text{rata rata tinggi sebenarnya} = (185+173+160+147+137+124+108+95+77+62+48+37+21)/13$$

$$= 1374/13$$

$$= 105.7 \text{ cm}$$

$$\text{Akurasi sebelum kalibrasi} = (1 - 3.08/ 105.7) \times 100 = 97.1 \%$$

Tabel 4. Menunjukkan hasil pengujian sensor ultrasonik sebelum dilakukan kalibrasi. Data terdiri dari empat point, yaitu jumlah air (m<sup>3</sup>), pembacaan sensor dan pengukuran materan, serta kolom selisih atau error yang menunjukkan antara hasil sensor dan hasil pengukuran meteran. Dari tabel tersebut dapat dilihat nilai error pada jumlah air 4 m<sup>3</sup> hingga 10 m<sup>3</sup> yaitu 4 cm dan untuk jumlah air 11 m<sup>3</sup> hingga 16 m<sup>3</sup> yaitu 2 cm maka bisa diketahui bahwa semakin jauh jarak yang diukur maka error pembacaan sensor akan semakin besar, contohnya jarak 16 m<sup>3</sup> itu 21 cm dengan error 2cm, lalu jarak 4 m<sup>3</sup> 185 cm dengan error 4cm. maka setelah dihitung dengan rumus didapatkan nilai akurasi pembacaan sensor sebelum dikalibrasi sebesar 97.1 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor harus dilakukan kalibrasi agar didapatkan error yang lebih kecil agar nilai akurasi lebih besar.

Secara keseluruhan, pola error yang muncul relative konstan diawal pengujian dan menurun pada jumlah air yang lebih tinggi. Hal ini menandakan bahwa karakteristik pembacaan sensor sebelum dikalibrasi dipengaruhi oleh pantulan gelombang ultrasonik terhadap permukaan air yang kurang lurus. Akibatnya data pembacaan sensor belum sepenuhnya mempresentasikan nilai jarak sebenarnya sehingga proses kalibrasi diperlukan untuk meningkatkan keakuratan hasil pengukuran.

#### 4.1.2 Pengujian sensor sesudah kalibrasi

Pengujian kedua dilakukan setelah sensor dikalibrasi untuk memperbaiki selisih atau error yang terjadi pada pengujian sebelumnya. Proses kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan hasil pengukuran sensor dengan pengukuran manual pada pengujian sebelumnya.

**Tabel 5. Data Hasil pengujian Sensor Sesudah Dikalibrasi**

No	Jumlah Air (m <sup>3</sup> )	Pembacaan Jarak Air (cm)		Selisih/ Error (cm)
		Sensor	Meteran	
1	4	186	185	1
2	5	174	173	1
3	6	161	160	1
4	7	148	147	1
5	8	138	137	1
6	9	124,5	124	0,5
7	10	108,5	108	0,5
8	11	95,5	95	0,5
9	12	77,33	77	0,33
10	13	62,21	62	0,21
11	14	48,13	48	0,13
12	15	37,15	37	0,15
13	16	21,1	21	0,1

Menghitung nilai akurasi.

$$\begin{aligned}\text{Error rata rata} &= (1+1+1+1+0.5+0.5+0.5+0.33+0.21+0.13+0.15+0.1)/13 \\ &= 7.42/13 \\ &= 0.57 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rata rata tinggi sebenarnya} &= (185+173+160+147+137+124+108+95+77+62+48+37+21)/13 \\ &= 1374/13 \\ &= 105.7 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{Akurasi sesudah kalibrasi} = (1 - 0.57/ 105.7) \times 100 = 99.46 \%$$

Jadi akurasi pembacaan sensor lebih tinggi setelah dikalibrasi yaitu 99.46%

Tabel 5. Menunjukkan hasil pengujian sensor ultrasonik sesudah dilakukan kalibrasi. Data terdiri dari empat point, yaitu jumlah air ( $m^3$ ), pembacaan sensor dan pengukuran meteran, serta kolom selisih atau error yang menunjukkan antara hasil sensor dan hasil pengukuran meteran. Dari tabel tersebut dapat dilihat nilai error pada jumlah air  $4 m^3$  hingga  $8 m^3$  yaitu 1 cm, untuk jumlah air  $9 m^3$  hingga  $11 m^3$  yaitu 0.5 cm, untuk jumlah air  $12 m^3$  hingga  $15 m^3$  yaitu rata-rata dibawah 0.5 cm dan untuk jumlah air  $16 m^3$  hanya 0.1 cm, maka dari data tersebut bisa diketahui bahwa, setelah dilakukan kalibrasi error hasil pembacaan sensor lebih kecil bahkan mencapai 0.1 cm pada jarak  $16 m^3$ , setelah dihitung dengan rumus data pembacaan sensor sesudah kalibrasi didapatkan nilai akurasi pembacaan sensor yang lebih baik yaitu mencapai 99.46 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor sesudah dikalibrasi pembacaannya akan lebih akurat dan siap untuk digunakan.

Hasil kalibrasi ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonic mampu menyesuaikan pembacaan jarak dengan nilai actual secara optimal. Dilihat dari penurunan error hingga dibawah 1 cm menandakan proses kalibrasi yang berhasil dalam mengoreksi kesalahan pembacaan. Hal ini membuktikan bahwa refleksi gelombang ultrasonik telah diminimalkan dan sensor dapat memberikan data yang lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya. Dengan demikian, kalibrasi menjadi langkah yang krusial dalam memastikan reliabilitas sistem pengukuran ketinggian air.

#### **4.1.3 Pengujian Modul LoRa SX1278**

Pengujian modul LoRa dilakukan untuk mengetahui kemampuan komunikasi nirkabel antar perangkat transmitter dan receiver dalam berbagai jarak dan kondisi lingkungan seperti penghalang. Pada pengujian ini, dua hal yang diamati adalah RSSI (Received Signal Strength Indicator) dan Packet Loss. Nilai RSSI menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima oleh penerima (receiver), yang diukur dalam satuan decibel milliwatt (dBm), semakin nilainya mendekati angka nol, maka sinyal yang diterima semakin kuat. Sementara itu Packet Loss menunjukkan persentase data yang hilang selama proses pengiriman nilai 0% berarti data terkirim semua. Pengujian ini dilakukan pada jarak 50 meter, 150 meter dan 180 meter.

**Tabel 6. Data Hasil Pengujian Modul LoRa**

Pengiriman Data	Jarak Antar LoRa					
	50 meter		150 meter		180 meter	
	RSSI (dBm)	Packet Loss (%)	RSSI (dBm)	Packet Loss (%)	RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
1	-68	0.0	-94	0.0	0	0.0
2	-71	0.0	-94	0.0	0	0.0
3	-78	0.0	-95	0.0	0	0.0
4	-70	0.0	-93	0.0	0	0.0
5	-73	0.0	-95	0.0	0	0.0
6	-67	0.0	-95	0.0	0	0.0
7	-64	0.0	-93	0.0	0	0.0
8	-69	0.0	-92	0.0	0	0.0
9	-64	0.0	-95	0.0	0	0.0
10	-69	0.0	-94	0.0	0	0.0
11	-65	0.0	-94	0.0	0	0.0
12	-67	0.0	-94	0.0	0	0.0
13	-65	0.0	-94	0.0	0	0.0
14	-67	0.0	-94	0.0	0	0.0
15	-66	0.0	-94	0.0	0	0.0
16	-68	0.0	-93	0.0	0	0.0
17	-64	0.0	-93	0.0	0	0.0
18	-65	0.0	-95	0.0	0	0.0
19	-65	0.0	-95	0.0	0	0.0
20	-67	0.0	-94	0.0	0	0.0

Menghitung efektivitas pengiriman data LoRa.

Efektivitas LoRa jarak 50 meter =  $(1-0/20) \times 100 = 100\%$

Efektivitas LoRa jarak 150 meter =  $(1-0/20) \times 100 = 100\%$

Efektivitas LoRa jarak 180 meter = 0% (tidak ada data terkirim)

Jadi efektivitas sistem pengiriman data menggunakan LoRa 100% hingga jarak 150 meter.

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian modul LoRa SX1278 dalam proses pengiriman data pada jarak 50 meter, 150 meter dan 180 meter. Data yang di tampilkan meliputi nilai RSSI (Received Signal Strength Indikator) yang menunjukkan kekuatan sinyal dalam satuan dBm (decibel miliwatt), serta paket loss (%) yang menunjukkan persentase kehilangan data selama transmisi. Pada jarak 50 meter dengan 20 data rata rata nilai RSSI berada pada -64 sampai -78 dengan paket loss yaitu 0% dan untuk 150 meter dengan 20 data rata rata nilai RSSI berada pada -92 sampai -95 dengan paket loss yaitu 0%, semua data dapat terkirim tanpa kehilangan, sedangkan pada jarak 180 meter tidak ada data yang diterima, menunjukkan kegagalan transmisi total pada jarak 180 meter. maka dari data pada tabel didapatkan efektifitas pengiriman data pada jarak 50 meter dan 150 meter adalah 100%, sedangkan pada jarak 180 meter adalah 0%.

Berdasarkan hasil tersebut dapat dianalisa bahwa sistem komunikasi LoRa berfungsi optimal pada jarak hingga 150 meter dengan kekuatan sinyal yang masih cukup baik. kegagalan transmisi pada jarak 180 meter disebabkan oleh penurunan daya pancar dan peningkatan redaman sinyal akibat jarak dan hambatan yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa jangkauan efektif LoRapada konfigurasi ini berada dalam rentan menengah, cocok untuk diimplementasikan pada sistem yang membutuhkan komunikasi antar perangkat tanpa kehilangan data.

The image shows two screenshots of a WhatsApp chat interface. Each screenshot displays a series of messages from a 'WA Bot' containing transmission data. The messages are structured as follows:

- Message 1:** Jumlah Air : 16 m3, RSSI : -68 dBm, Persen : 90.0%, Paket Loss : 0.0 %, Kategori : Penuh, 16.14
- Message 2:** Jumlah Air : 16 m3, RSSI : -71 dBm, Persen : 90.0%, Paket Loss : 0.0 %, Kategori : Penuh, 16.15
- Message 3:** Jumlah Air : 16 m3, RSSI : -78 dBm, Persen : 90.0%, Paket Loss : 0.0 %, Kategori : Penuh, 16.16
- Message 4:** Jumlah Air : 16 m3, RSSI : -70 dBm, Persen : 90.0%, Paket Loss : 0.0 %, Kategori : Penuh, 16.17
- Message 5:** Jumlah Air : 16 m3, RSSI : -73 dBm, Persen : 90.0%, Paket Loss : 0.0 %, Kategori : Penuh, 16.18
- Message 6:** Jumlah Air : 16 m3, RSSI : -67 dBm, Persen : 90.0%, Paket Loss : 0.0 %, Kategori : Penuh, 16.19
- Message 7:** Jumlah Air : 16 m3, RSSI : -64 dBm, Persen : 90.0%, Paket Loss : 0.0 %, Kategori : Penuh, 16.20
- Message 8:** Jumlah Air : 16 m3, RSSI : -69 dBm, Persen : 90.0%, Paket Loss : 0.0 %, Kategori : Penuh, 16.21

The second screenshot shows a similar set of messages with the following RSSI values:

- Message 1:** RSSI : -64 dBm
- Message 2:** RSSI : -69 dBm
- Message 3:** RSSI : -65 dBm
- Message 4:** RSSI : -67 dBm
- Message 5:** RSSI : -65 dBm
- Message 6:** RSSI : -67 dBm
- Message 7:** RSSI : -66 dBm
- Message 8:** RSSI : -68 dBm

At the bottom of each chat window, there is a text input field with a plus icon and a speech bubble icon, containing the text 'Ketik pesan'.

### WA Bot

Jumlah Air : 10 m3	RSSI : -66 dBm	Packet Loss : 0.0 %	16.28
Person : 90.0%			
Kategori : Penuh			
-----			
Jumlah Air : 16 m3	RSSI : -64 dBm	Packet Loss : 0.0 %	16.29
Person : 90.0%			
Kategori : Penuh			
-----			
Jumlah Air : 16 m3	RSSI : -65 dBm	Packet Loss : 0.0 %	16.30
Person : 90.0%			
Kategori : Penuh			
-----			
Jumlah Air : 16 m3	RSSI : -65 dBm	Packet Loss : 0.0 %	16.31
Person : 90.0%			
Kategori : Penuh			
-----			
Jumlah Air : 16 m3	RSSI : -67 dBm	Packet Loss : 0.0 %	16.32
Person : 90.0%			
Kategori : Penuh			
-----			
Jumlah Air : 15 m3	RSSI : -67 dBm	Packet Loss : 0.0 %	16.33
Person : 84.2%			
Kategori : Penuh			
-----			
Jumlah Air : 15 m3	RSSI : -70 dBm	Packet Loss : 0.0 %	16.34
Person : 84.2%			
Kategori : Penuh			
-----			
Jumlah Air : 15 m3	RSSI : -65 dBm	Packet Loss : 0.0 %	16.35
Person : 84.2%			
Kategori : Penuh			

+ Ketik pesan

```

Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss | Arduino IDE 2.3.4
File Edit Sketch Tools Help
Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss.ino
1 #include <SPI.h>
Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud
16:11:25.319 -> LoRa penerima siap
16:11:25.319 -> =====
16:11:25.366 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Person:90.0%, Kategori:Penuh
16:11:25.399 -> Total Packet : 1
16:11:25.433 -> Gagal Terkirim: 0
16:11:25.466 -> Packet Loss : 0.00 %
16:11:25.466 -> =====
16:11:25.471 -> =====
16:11:25.504 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Person:90.0%, Kategori:Penuh
16:11:25.535 -> Total Packet : 2
16:11:25.575 -> Gagal Terkirim: 0
16:11:25.608 -> Packet Loss : 0.00 %
16:11:25.638 -> =====
16:11:25.655 -> =====
16:11:25.688 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Person:90.0%, Kategori:Penuh
16:11:25.721 -> Total Packet : 3
16:11:25.751 -> Gagal Terkirim: 0
16:11:25.784 -> Packet Loss : 0.00 %
16:11:25.788 -> =====
16:11:25.791 -> =====
16:11:25.849 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Person:90.0%, Kategori:Penuh
16:11:25.890 -> Total Packet : 4
16:11:25.900 -> Gagal Terkirim: 0
16:11:25.932 -> Packet Loss : 0.00 %
16:11:25.964 -> =====
16:11:25.968 -> =====

```

```

Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss | Arduino IDE 2.3.4
File Edit Sketch Tools Help
Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss.ino
1 #include <SPI.h>
Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud
16:11:25.721 -> Gagal Terkirim: 0
16:11:25.754 -> Packet Loss : 0.00 %
16:11:25.788 -> =====
16:12:25.791 -> =====
16:12:25.849 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Person:90.0%, Kategori:Penuh
16:12:25.900 -> Total Packet : 4
16:12:25.900 -> Gagal Terkirim: 0
16:12:25.932 -> Packet Loss : 0.00 %
16:12:25.964 -> =====
16:13:25.948 -> =====
16:13:26.002 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Person:90.0%, Kategori:Penuh
16:13:26.023 -> Total Packet : 5
16:13:26.023 -> Gagal Terkirim: 0
16:13:26.087 -> Packet Loss : 0.00 %
16:13:26.134 -> =====
16:14:26.102 -> =====
16:14:26.140 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Person:90.0%, Kategori:Penuh
16:14:26.174 -> Total Packet : 6
16:14:26.174 -> Gagal Terkirim: 0
16:14:26.207 -> Packet Loss : 0.00 %
16:14:26.241 -> =====
16:15:26.257 -> =====
16:15:26.257 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Person:90.0%, Kategori:Penuh
16:15:26.324 -> Total Packet : 7
16:15:26.324 -> Gagal Terkirim: 0
16:15:26.388 -> Packet Loss : 0.00 %

```

```

Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss | Arduino IDE 2.3.4
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss.ino
1 #include <SPI.h>
Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud
16:15:26.324 -> Gagal Terkirim: 0
16:15:26.388 -> Packet Loss : 0.00 %
16:15:26.435 -> =====
16:16:26.379 -> =====
16:16:26.432 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:16:26.478 -> Total Packet : 8
16:16:26.478 -> Gagal Terkirim: 0
16:16:26.511 -> Packet Loss : 0.00 %
16:16:26.544 -> =====
16:17:26.561 -> =====
16:17:26.561 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:17:26.661 -> Total Packet : 9
16:17:26.661 -> Gagal Terkirim: 0
16:17:26.661 -> Packet Loss : 0.00 %
16:17:26.694 -> =====
16:18:26.678 -> =====
16:18:26.748 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:18:26.777 -> Total Packet : 10
16:18:26.777 -> Gagal Terkirim: 0
16:18:26.811 -> Packet Loss : 0.00 %
16:18:26.845 -> =====
16:19:26.828 -> =====
16:19:26.905 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:19:26.928 -> Total Packet : 11
16:19:26.928 -> Gagal Terkirim: 0
16:19:26.961 -> Packet Loss : 0.00 %
Ln 3, Col 1 Arduino Uno on COM8

```

```

Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss | Arduino IDE 2.3.4
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss.ino
1 #include <SPI.h>
Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud
16:19:26.928 -> Gagal Terkirim: 0
16:19:26.961 -> Packet Loss : 0.00 %
16:19:26.995 -> =====
16:20:26.997 -> =====
16:20:27.066 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:20:27.079 -> Total Packet : 12
16:20:27.079 -> Gagal Terkirim: 0
16:20:27.112 -> Packet Loss : 0.00 %
16:20:27.145 -> =====
16:21:27.163 -> =====
16:21:27.241 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:21:27.243 -> Total Packet : 13
16:21:27.243 -> Gagal Terkirim: 0
16:21:27.263 -> Packet Loss : 0.00 %
16:21:27.297 -> =====
16:22:27.315 -> =====
16:22:27.315 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:22:27.389 -> Total Packet : 14
16:22:27.389 -> Gagal Terkirim: 0
16:22:27.415 -> Packet Loss : 0.00 %
16:22:27.495 -> =====
16:23:27.467 -> =====
16:23:27.467 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:23:27.546 -> Total Packet : 15
16:23:27.546 -> Gagal Terkirim: 0
16:23:27.599 -> Packet Loss : 0.00 %
Ln 3, Col 1 Arduino Uno on COM8

```

```

Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss | Arduino IDE 2.3.4
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss.ino
1 #include <SPI.h>

Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud
-----
16:23:27.546 -> Gagah Terkirim: 0
16:23:27.599 -> Packet Loss : 0.00 %
16:23:27.599 -> =====
16:24:27.610 ->
16:24:27.679 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:24:27.683 -> Total Packet : 16
16:24:27.683 -> Gagah Terkirim: 0
16:24:27.717 -> Packet Loss : 0.00 %
16:24:27.750 -> =====
16:25:27.763 ->
16:25:27.836 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:25:27.839 -> Total Packet : 17
16:25:27.839 -> Gagah Terkirim: 0
16:25:27.885 -> Packet Loss : 0.00 %
16:25:27.931 -> =====
16:26:27.919 ->
16:26:27.919 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:26:27.991 -> Total Packet : 18
16:26:27.991 -> Gagah Terkirim: 0
16:26:28.019 -> Packet Loss : 0.00 %
16:26:28.052 -> =====
16:27:28.071 ->
16:27:28.071 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:27:28.137 -> Total Packet : 19
16:27:28.137 -> Gagah Terkirim: 0
16:27:28.171 -> Packet Loss : 0.00 %
Ln 3, Col 1 Arduino Uno on COM8

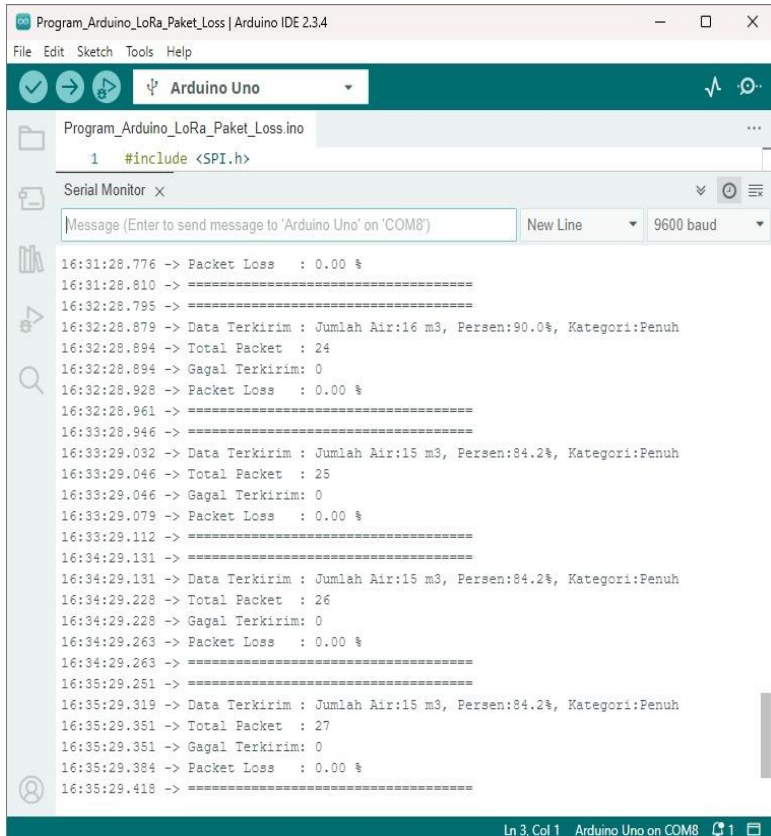
```

```

Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss | Arduino IDE 2.3.4
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
Program_Arduino_LoRa_Paket_Loss.ino
1 #include <SPI.h>

Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud
16:27:28.137 -> Gagah Terkirim: 0
16:27:28.171 -> Packet Loss : 0.00 %
16:27:28.204 -> =====
16:28:28.222 ->
16:28:28.222 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:28:28.301 -> Total Packet : 20
16:28:28.301 -> Gagah Terkirim: 0
16:28:28.322 -> Packet Loss : 0.00 %
16:28:28.401 -> =====
16:29:28.367 ->
16:29:28.435 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:29:28.440 -> Total Packet : 21
16:29:28.440 -> Gagah Terkirim: 0
16:29:28.473 -> Packet Loss : 0.00 %
16:29:28.510 -> =====
16:30:28.525 ->
16:30:28.525 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:30:28.595 -> Total Packet : 22
16:30:28.595 -> Gagah Terkirim: 0
16:30:28.625 -> Packet Loss : 0.00 %
16:30:28.659 -> =====
16:31:28.644 ->
16:31:28.708 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
16:31:28.744 -> Total Packet : 23
16:31:28.744 -> Gagah Terkirim: 0
16:31:28.776 -> Packet Loss : 0.00 %
Ln 3, Col 1 Arduino Uno on COM8

```



Gambar 14 tampilan serial monitor dan wa bot jarak 50 meter.

Gambar 14 menunjukkan tampilan pengiriman data dengan jarak 50 meter pada serial monitor yaitu sebelum data dikirim menggunakan LoRa dan pada WA Bot setelah data dikirim menggunakan LoRa, pada gambar serial monitor dapat terdiri dari jumlah air, persen, kategori total paket yang sudah dikirim dan paket loss/ paket yang gagal terkirim, lalu tampilan pada WA Bot terdiri dari jumlah air, persen, kategori, paket loss/ paket yang gagal terkirim dan RSSI. Paket loss merupakan paket atau data yang tidak terkirim dan RSSI merupakan kekuatan sinyal yang diterima oleh LoRa penerima dari LoRa pengirim dalam stuan dBm (decibel- miliwatt/ daya sinyal yang diterima LoRa penerima). Dari kedua tampilan tersebut dapat diketahui bahwa paket loss sebelum data dikirim melalui LoRa dan sesudah data dikirim melalui LoRa yaitu sama sama 0%. Maka dapat diketahui pada jarak 50 meter semua data dapat terkirim.

**WA Bot**

Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -94 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.49
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -94 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.50
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -95 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.53
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -93 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.55
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -95 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.56
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -95 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.57
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -93 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.58
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -92 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.59

+ Ketik pesan

**WA Bot**

Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -93 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.55
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -95 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.56
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -95 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.57
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -93 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.58
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -92 dBm Packet Loss : 0.0 % 06.59
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -95 dBm Packet Loss : 0.0 % 07.00
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -94 dBm Packet Loss : 0.0 % 07.01
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -94 dBm Packet Loss : 0.0 % 07.02

+ Ketik pesan

**WA Bot**

Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -94 dBm Packet Loss : 0.0 % 07.02
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -94 dBm Packet Loss : 0.0 % 07.04
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -94 dBm Packet Loss : 0.0 % 07.05
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -94 dBm Packet Loss : 0.0 % 07.06
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -94 dBm Packet Loss : 0.0 % 07.07
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -93 dBm Packet Loss : 0.0 % 07.08
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -93 dBm Packet Loss : 0.0 % 07.09
Jumlah Air : 16 m3 Persen : 90.0% Kategori : Penuh	RSSI : -95 dBm Packet Loss : 0.0 % 07.10

+ Ketik pesan

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss | Arduino IDE 2.34

File Edit Sketch Tools Help

Debugger: Debugging is not supported by Arduino Uno

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss.ino

```
1 #include <SPI.h>
```

Serial Monitor x

Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM5')

New Line 9600 baud

```
06:40:36.133 -> LoRa pengirim siap
06:40:36.133 -> =====
06:40:36.133 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:40:36.139 -> Total Packet : 1
06:40:36.233 -> Sgagal Terkirim: 0
06:40:36.266 -> Packet Loss : 0.00 %
06:40:36.266 -> =====
06:41:36.303 -> =====
06:41:36.303 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:41:36.370 -> Total Packet : 2
06:41:36.370 -> Sgagal Terkirim: 0
06:41:36.403 -> Packet Loss : 0.00 %
06:41:36.436 -> =====
06:42:36.453 -> =====
06:42:36.453 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:42:36.500 -> Total Packet : 3
06:42:36.520 -> Sgagal Terkirim: 0
06:42:36.553 -> Packet Loss : 0.00 %
06:42:36.587 -> =====
06:43:36.603 -> =====
06:43:36.603 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:43:36.670 -> Total Packet : 4
06:43:36.670 -> Sgagal Terkirim: 0
06:43:36.703 -> Packet Loss : 0.00 %
06:43:36.736 -> =====
06:44:36.721 -> =====
```

Office In 3, Col 1 Arduino Uno on COM5

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss | Arduino IDE 2.3.4

File Edit Sketch Tools Help

Arduino Uno

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss.ino

```
1 #include <SPI.h>
```

Serial Monitor x

Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud

```
06:42:36.520 -> Gagal Terkirim: 0
06:42:36.553 -> Packet Loss : 0.00 %
06:42:36.587 -> =====
06:43:36.603 -> =====
06:43:36.603 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:43:36.670 -> Total Packet : 4
06:43:36.670 -> Gagal Terkirim: 0
06:43:36.703 -> Packet Loss : 0.00 %
06:43:36.736 -> =====
06:44:36.721 -> =====
06:44:36.787 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:44:36.820 -> Total Packet : 5
06:44:36.820 -> Gagal Terkirim: 0
06:44:36.853 -> Packet Loss : 0.00 %
06:44:36.886 -> =====
06:45:36.885 -> =====
06:45:36.932 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:45:36.970 -> Total Packet : 6
06:45:36.970 -> Gagal Terkirim: 0
06:45:37.003 -> Packet Loss : 0.00 %
06:45:37.036 -> =====
06:46:37.047 -> =====
06:46:37.086 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:46:37.119 -> Total Packet : 7
06:46:37.119 -> Gagal Terkirim: 0
06:46:37.152 -> Packet Loss : 0.00 %
```

Offline Ln 3, Col 1 Arduino Uno on COM8

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss | Arduino IDE 2.3.4

File Edit Sketch Tools Help

Arduino Uno

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss.ino

```
1 #include <SPI.h>
```

Serial Monitor x

Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud

```
06:46:37.119 -> Gagal Terkirim: 0
06:46:37.152 -> Packet Loss : 0.00 %
06:46:37.186 -> =====
06:47:37.189 -> =====
06:47:37.236 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:47:37.300 -> Total Packet : 8
06:47:37.300 -> Gagal Terkirim: 0
06:47:37.337 -> Packet Loss : 0.00 %
06:47:37.337 -> =====
06:48:37.344 -> =====
06:48:37.402 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:48:37.419 -> Total Packet : 9
06:48:37.419 -> Gagal Terkirim: 0
06:48:37.453 -> Packet Loss : 0.00 %
06:48:37.486 -> =====
06:49:37.502 -> =====
06:49:37.502 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:49:37.569 -> Total Packet : 10
06:49:37.569 -> Gagal Terkirim: 0
06:49:37.603 -> Packet Loss : 0.00 %
06:49:37.636 -> =====
06:50:37.620 -> =====
06:50:37.653 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:50:37.720 -> Total Packet : 11
06:50:37.720 -> Gagal Terkirim: 0
06:50:37.753 -> Packet Loss : 0.00 %
```

Offline Ln 3, Col 1 Arduino Uno on COM8

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss | Arduino IDE 2.3.4

File Edit Sketch Tools Help

Arduino Uno Debug - Debugging is not supported by 'Arduino Uno'

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss.ino

```
1 #include <SPI.h>
```

Serial Monitor ×

Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud

```
06:50:37.720 -> Gagal Terkirim: 0
06:50:37.753 -> Packet Loss : 0.00 %
06:50:37.786 -> =====
06:51:37.804 -> =====
06:51:37.804 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:51:37.871 -> Total Packet : 12
06:51:37.871 -> Gagal Terkirim: 0
06:51:37.937 -> Packet Loss : 0.00 %
06:51:37.937 -> =====
06:52:37.946 -> =====
06:52:38.014 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:52:38.022 -> Total Packet : 13
06:52:38.022 -> Gagal Terkirim: 0
06:52:38.055 -> Packet Loss : 0.00 %
06:52:38.135 -> =====
06:53:38.074 -> =====
06:53:38.132 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:53:38.205 -> Total Packet : 14
06:53:38.205 -> Gagal Terkirim: 0
06:53:38.205 -> Packet Loss : 0.00 %
06:53:38.239 -> =====
06:54:38.251 -> =====
06:54:38.305 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:54:38.324 -> Total Packet : 15
06:54:38.324 -> Gagal Terkirim: 0
06:54:38.356 -> Packet Loss : 0.00 %
```

Offline Ln 3, Col 1 Arduino Uno on COM8

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss | Arduino IDE 2.3.4

File Edit Sketch Tools Help

Arduino Uno

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss.ino

```
1 #include <SPI.h>
```

Serial Monitor ×

Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud

```
06:54:38.324 -> Gagal Terkirim: 0
06:54:38.356 -> Packet Loss : 0.00 %
06:54:38.390 -> =====
06:55:38.375 -> =====
06:55:38.408 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:55:38.474 -> Total Packet : 16
06:55:38.474 -> Gagal Terkirim: 0
06:55:38.539 -> Packet Loss : 0.00 %
06:55:38.585 -> =====
06:56:38.548 -> =====
06:56:38.582 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:56:38.625 -> Total Packet : 17
06:56:38.625 -> Gagal Terkirim: 0
06:56:38.658 -> Packet Loss : 0.00 %
06:56:38.692 -> =====
06:57:38.698 -> =====
06:57:38.743 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:57:38.776 -> Total Packet : 18
06:57:38.776 -> Gagal Terkirim: 0
06:57:38.843 -> Packet Loss : 0.00 %
06:57:38.843 -> =====
06:58:38.861 -> =====
06:58:38.861 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:58:38.928 -> Total Packet : 19
06:58:38.928 -> Gagal Terkirim: 0
06:58:38.960 -> Packet Loss : 0.00 %
```

Offline Ln 3, Col 1 Arduino Uno on COM8

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss | Arduino IDE 2.3.4

File Edit Sketch Tools Help

Arduino Uno

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss.ino

```
1 #include <SPI.h>
```

Serial Monitor ×

Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud

```
06:58:38.928 -> Gagah Terkirim: 0
06:58:38.960 -> Packet Loss : 0.00 %
06:58:38.994 -> -----
06:59:39.012 -> -----
06:59:39.012 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
06:59:39.078 -> Total Packet : 20
06:59:39.078 -> Gagah Terkirim: 0
06:59:39.111 -> Packet Loss : 0.00 %
06:59:39.144 -> -----
07:00:39.154 -> -----
07:00:39.203 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
07:00:39.229 -> Total Packet : 21
07:00:39.229 -> Gagah Terkirim: 0
07:00:39.262 -> Packet Loss : 0.00 %
07:00:39.342 -> -----
07:01:39.304 -> -----
07:01:39.347 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
07:01:39.380 -> Total Packet : 22
07:01:39.380 -> Gagah Terkirim: 0
07:01:39.446 -> Packet Loss : 0.00 %
07:01:39.446 -> -----
07:02:39.462 -> -----
07:02:39.498 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
07:02:39.531 -> Total Packet : 23
07:02:39.531 -> Gagah Terkirim: 0
07:02:39.564 -> Packet Loss : 0.00 %
```

Offline Ln 3, Col 1 Arduino Uno on COM8

---

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss | Arduino IDE 2.3.4

File Edit Sketch Tools Help

Arduino Uno

Program\_Arduino\_LoRa\_Paket\_Loss.ino

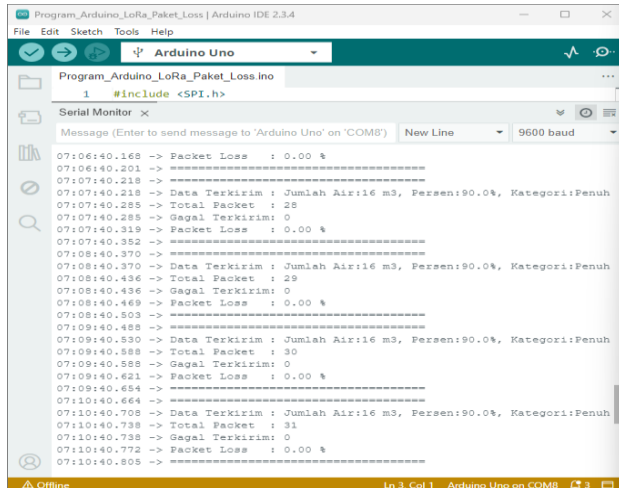
```
1 #include <SPI.h>
```

Serial Monitor ×

Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM8') New Line 9600 baud

```
07:02:39.531 -> Gagah Terkirim: 0
07:02:39.564 -> Packet Loss : 0.00 %
07:02:39.597 -> -----
07:03:39.615 -> -----
07:03:39.615 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
07:03:39.682 -> Total Packet : 24
07:03:39.682 -> Gagah Terkirim: 0
07:03:39.715 -> Packet Loss : 0.00 %
07:03:39.749 -> -----
07:04:39.763 -> -----
07:04:39.807 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
07:04:39.832 -> Total Packet : 25
07:04:39.832 -> Gagah Terkirim: 0
07:04:39.866 -> Packet Loss : 0.00 %
07:04:39.899 -> -----
07:05:39.918 -> -----
07:05:39.918 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
07:05:39.984 -> Total Packet : 26
07:05:39.984 -> Gagah Terkirim: 0
07:05:40.017 -> Packet Loss : 0.00 %
07:05:40.051 -> -----
07:06:40.068 -> -----
07:06:40.069 -> Data Terkirim : Jumlah Air:16 m3, Persen:90.0%, Kategori:Penuh
07:06:40.135 -> Total Packet : 27
07:06:40.135 -> Gagah Terkirim: 0
07:06:40.168 -> Packet Loss : 0.00 %
```

Offline Ln 3, Col 1 Arduino Uno on COM8



Gambar 15 tampilan serial monitor dan wa bot jarak 150 meter.

Gambar 15 menunjukkan tampilan pengiriman data dengan jarak 150 meter pada serial monitor yaitu sebelum data dikirim menggunakan LoRa dan pada WA Bot setelah data dikirim menggunakan LoRa, pada gambar serial monitor dapat terdiri dari jumlah air, persen, kategori total paket yang sudah dikirim dan paket loss/ paket yang gagal terkirim, lalu tampilan pada WA Bot terdiri dari jumlah air, persen, kategori, paket loss/ paket yang gagal terkirim dan RSSI. Paket loss merupakan paket atau data yang tidak terkirim dan RSSI merupakan kekuatan sinyal yang diterima oleh LoRa penerima dari LoRa pengirim dalam stuan dBm (decibel- miliwatt/ daya sinyal yang diterima LoRa penerima). Dari kedua tampilan tersebut dapat diketahui bahwa paket loss sebelum data dikirim melalui LoRa dan sesudah data dikirim melalui LoRa yaitu sama sama 0%. Maka dapat diketahui pada jarak 150 meter semua data dapat terkirim.

#### 4.1.4 Pengujian Alat dan Metode *Fuzzy*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat dan metode *fuzzy* sudah sesuai dengan yang dirancang pada bagian perancangan.

Tabel 7. Hasil Pengujian Alat dan Metode *Fuzzy*

No	Jumlah air (m <sup>3</sup> )	Fuzzy (%)	kategori	Keterangan	
				Sesuai	Tidak
1	4	20	Kurang	✓	

No	Jumlah air (m <sup>3</sup> )	Fuzzy (%)	kategori	Keterangan	
				Sesuai	Tidak
2	5	25,8	Kurang	✓	
3	6	31,7		✓	
4	7	37,5	Sedikit	✓	
5	8	43,3		✓	
6	9	49,2		✓	
7	10	55		✓	
8	11	60,8	Sedang	✓	
9	12	66,7		✓	
10	13	72,5		✓	
11	14	78,3	Penuh	✓	
12	15	84,2		✓	
13	16	90		✓	

Menghitung efektivitas sistem.

$$\text{Efektivitas sistem} = 99.46 + 100 / 2$$

$$= 99.73 \%$$

Maka dapat diketahui sistem ini efektif dengan tingkat keberhasilan yaitu 99.73%.

Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian sistem menggunakan metode fuzzy logic. Data terdiri dari jumlah air m<sup>3</sup>, nilai output fuzzy %, kategori, serta keterangan sesuai atau tidak. Dari data hasil pengujian, terlihat bahwa 4 m<sup>3</sup> output fuzzynya 20%, 5 m<sup>3</sup> output fuzzynya 25,8%, 6 m<sup>3</sup> output fuzzynya 31.7%, 7 m<sup>3</sup> output fuzzynya 37.5%, 8 m<sup>3</sup> output fuzzynya 43.3%, 9 m<sup>3</sup> output fuzzynya 49.2%, 10 m<sup>3</sup> output fuzzynya 55%, 11 m<sup>3</sup> output fuzzynya 60.8%, 12 m<sup>3</sup> output fuzzynya 66.7%, 13 m<sup>3</sup> output fuzzynya 72.5%, 14 m<sup>3</sup> output fuzzynya 78.3%, 15

m<sup>3</sup> output fuzzynya 84.2%, 16 m<sup>3</sup> output fuzzynya 90%. Keluaran fuzzy tersebut terbagi dalam beberapa kategori yaitu 4-6 kurang, 7-10 sedikit, 11-13 sedang dan 14-16 penuh output ini sudah sesuai dengan tabel 2 kategori air sesuai jumlah yang berada pada perancangan sistem, maka dari data tersebut efektifitas sistem setelah dilakukan perhitungan mencapai 99.73%.

Peningkatan nilai fuzzy yang proporsional dengan jumlah air menunjukkan bahwa sistem logika fuzzy telah berfungsi secara tepat dalam menginterpretasikan masukan sensor menjadi kategori yang telah ditetapkan. Nilai efektivitas yang tinggi membuktikan bahwa integrasi antara sensor ultrasonik, metode fuzzy logic dan modul LoRa menghasilkan sistem monitoring yang akurat dan efektif. Hal ini menunjukkan bahwa metode fuzzy logic dapat digunakan untuk memberikan hasil klasifikasi kategori air dengan tingkat keberhasilan yang tinggi.

Perhitungan manual menggunakan rumus fuzzy .

#### **Fuzzifikasi**

$$4 \text{ m}^3 \quad \mu_{\text{low}}(4) = (16-4)/12 = 1$$

$$\mu_{\text{high}}(4) = (4-4)/12 = 0$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20$$

$$Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (1 \times 20) + (0 \times 90) \\ = 20$$

#### **Fuzzifikasi**

$$5 \text{ m}^3 \quad \mu_{\text{low}}(5) = (16-5)/12 = 0,916666667$$

$$\mu_{\text{high}}(5) = (5-4)/12 = 0,083333333$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20$$

$$Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0,916666667 \times 20) + (0,083333333 \times 90) \\ = 25,8$$

#### **Fuzzifikasi**

$$6 \text{ m}^3 \quad \mu_{\text{low}}(6) = (16-6)/12 = 0,833333333$$

$$\mu_{\text{high}}(6) = (6-4)/12 = 0,166666667$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20$$

$$Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0,833333333 \times 20) + (0,166666667 \times 90) \\ = 31,7$$

#### Fuzzifikasi

$$7 \text{ m3} \quad \mu_{\text{low}}(7) = (16-7)/12 = 0,75 \\ \mu_{\text{high}}(7) = (7-4)/12 = 0,25$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20 \\ Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0,75 \times 20) + (0,25 \times 90) \\ = 37,5$$

#### Fuzzifikasi

$$8 \text{ m3} \quad \mu_{\text{low}}(8) = (16-8)/12 = 0,666666667 \\ \mu_{\text{high}}(8) = (8-4)/12 = 0,333333333$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20 \\ Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0,666666667 \times 20) + (0,333333333 \times 90) \\ = 43,3$$

#### Fuzzifikasi

$$9 \text{ m3} \quad \mu_{\text{low}}(9) = (16-9)/12 = 0,583333333 \\ \mu_{\text{high}}(9) = (9-4)/12 = 0,416666667$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20 \\ Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0,583333333 \times 20) + (0,416666667 \times 90) \\ = 49,2$$

#### Fuzzifikasi

$$10 \text{ m3} \quad \mu_{\text{low}}(10) = (16-10)/12 = 0,5 \\ \mu_{\text{high}}(10) = (10-4)/12 = 0,5$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20 \\ Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0,5 \times 20) + (0,5 \times 90) \\ = 55$$

#### Fuzzifikasi

$$11 \text{ m}^3 \quad \mu_{\text{low}}(11) = (16-11)/12 = 0,416666667$$

$$\mu_{\text{high}}(11) = (11-4)/12 = 0,583333333$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20$$

$$Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0,416666667 \times 20) + (0,583333333 \times 90) \\ = 60,8$$

**Fuzzifikasi**

$$12 \text{ m}^3 \quad \mu_{\text{low}}(12) = (16-12)/12 = 0,333333333$$

$$\mu_{\text{high}}(12) = (12-4)/12 = 0,666666667$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20$$

$$Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0,333333333 \times 20) + (0,666666667 \times 90) \\ = 66,7$$

**Fuzzifikasi**

$$13 \text{ m}^3 \quad \mu_{\text{low}}(13) = (16-13)/12 = 0,25$$

$$\mu_{\text{high}}(13) = (13-4)/12 = 0,75$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20$$

$$Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0,25 \times 20) + (0,75 \times 90) \\ = 72,5$$

**Fuzzifikasi**

$$14 \text{ m}^3 \quad \mu_{\text{low}}(14) = (16-14)/12 = 0,166666667$$

$$\mu_{\text{high}}(14) = (14-4)/12 = 0,833333333$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20$$

$$Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0,166666667 \times 20) + (0,833333333 \times 90) \\ = 78,3$$

**Fuzzifikasi**

$$15 \text{ m}^3 \quad \mu_{\text{low}}(15) = (16-15)/12 = 0,083333333$$

$$\mu_{\text{high}}(15) = (15-4)/12 = 0,916666667$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20$$

$$Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0,08333333333 \times 20) + (0,916666667 \times 90) \\ = 84,2$$

**Fuzzifikasi**

$$16 \text{ m}^3 \quad \mu_{\text{low}}(16) = (16-16)/12 = 0$$

$$\mu_{\text{high}}(16) = (16-4)/12 = 1$$

rule base

$$Z_{\text{low}} = \text{IF Low THEN } 20$$

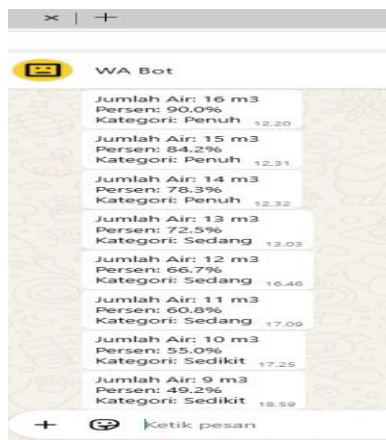
$$Z_{\text{high}} = \text{IF High THEN } 90$$

Defuzzifikasi

$$Z = (0 \times 20) + (1 \times 90) \\ = 90$$

Perhitungan manual diatas dimaksudkan untuk mengetahui apakah hasil perhitungan pada program dengan fuzzy sudah sesuai dengan perhitungan manual dengan rumus fuzzy, maka jika dilihat hasil pada tabel yang merupakan dari program dengan hasil perhitungan manual diatas menunjukkan hasil yang sudah sesuai antara keduanya.

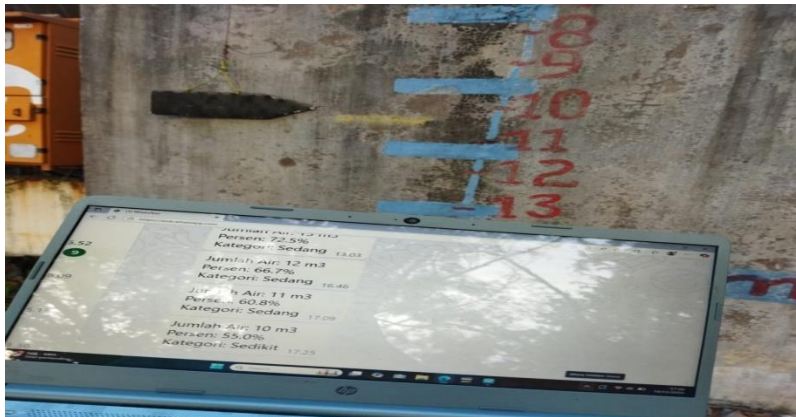
#### 4.1.5 Tampilan Notifikasi WA Bot



**Gambar 16. Tampilan Notifikasi Pada WA Bot**

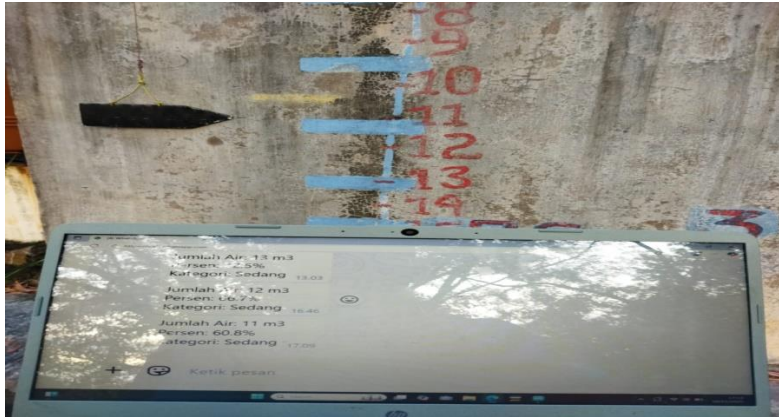
Gambar 16 menunjukkan hasil keluaran sistem yang ditampilkan pada WA Bot melalui API CallMeBot. Data yang dikirimkan berupa jumlah air dalam m<sup>3</sup>,

persentase % serta kategori air. Data tersebut sudah sesuai dengan tabel hasil pengujian mulai dari jumlah air 4 m<sup>3</sup> dengan persen 20% berada pada kategori kurang, jumlah air 5 m<sup>3</sup> dengan persen 25.8% berada pada kategori kurang, jumlah air 6 m<sup>3</sup> dengan persen 31.7% berada pada kategori kurang, jumlah air 7 m<sup>3</sup> dengan persen 37.5% berada pada kategori sedikit, jumlah air 8 m<sup>3</sup> dengan persen 43.3% berada pada kategori sedikit, jumlah air 9 m<sup>3</sup> dengan persen 49.2% berada pada kategori sedikit, jumlah air 10 m<sup>3</sup> dengan persen 55% berada pada kategori sedikit, jumlah air 11 m<sup>3</sup> dengan persen 60.8% berada pada kategori sedang, jumlah air 12 m<sup>3</sup> dengan persen 66.7% berada pada kategori sedang, jumlah air 13 m<sup>3</sup> dengan persen 72.5% berada pada kategori sedang, jumlah air 14 m<sup>3</sup> dengan persen 78.3% berada pada kategori penuh, jumlah air 15 m<sup>3</sup> dengan persen 84.2% berada pada kategori penuh, jumlah air 16 m<sup>3</sup> dengan persen 90% berada pada kategori penuh.



**Gambar 17. Kesesuaian Hasil Pada WA Bot Dengan Pengukuran Tanki 10m<sup>3</sup>**

Gambar 17 Menunjukkan kesesuaian data antara notifikasi WA Bot dengan kondisi aktual tanki seperti yang terlihat pada gambar yaitu jumlah air 10 m<sup>3</sup>. Pada kondisi ini sistem memberikan keluaran kategori sedikit dengan persentase 55%. Kesesuaian antara pengukuran tanki dengan notifikasi WA Bot ini membuktikan bahwa sistem pengiriman LoRa dan API CallMeBot sudah bekerja dengan baik sehingga data yang ditampilkan sesuai dengan kondisi aktual pada tanki.



**Gambar 18. Kesesuaian Hasil Pada WA Bot Dengan Pengukuran Tanki 11m<sup>3</sup>**

Gambar 18 Juga menunjukkan kesesuaian data antara notifikasi WA Bot dengan kondisi aktual tanki seperti yang terlihat pada gambar yaitu jumlah air 11 m<sup>3</sup>. Pada kondisi ini sistem memberikan keluaran kategori sedang dengan 60.8%. Kesesuaian antara pengukuran tanki dengan notifikasi WA Bot ini membuktikan bahwa sistem pengiriman LoRa dan API CallMeBot sudah bekerja dengan baik sehingga data yang ditampilkan sesuai dengan kondisi aktual pada tanki.

## **4.2 Pembahasan**

Pada sub bab ini, dilakukan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh dari alat tugas akhir yang telah dikerjakan, yaitu sistem otomatisasi monitoring air tanki distribusi. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik membaca jarak air dengan sensor, Arduino mengolah data menggunakan *fuzzy*, LoRa mengirim data yang telah diolah dan ESP32 mengirim data hasil melalui API CallMeBot untuk ditampilkan pada WA Bot.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem otomatisasi monitoring tanki air distribusi menggunakan sensor ultrasonik dengan metode *fuzzy logic* menunjukkan kinerja yang baik dan sesuai dengan tujuan penelitian. Sensor ultrasonik yang digunakan mampu membaca ketinggian air dengan akurasi tinggi setelah melalui proses kalibrasi. Sebelum kalibrasi, selisih antara pembacaan sensor dengan pengukuran manual mencapai 4 cm, namun setelah dilakukan kalibrasi selisih tersebut berhasil diperkecil hingga 1 cm bahkan lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa sensor telah bekerja dengan tingkat akurasi pembacaan yang tinggi.

Hasil pembacaan sensor yang akurat kemudian diolah menggunakan metode *fuzzy logic* yang berfungsi untuk mengklasifikasi jumlah air kedalam 4 kategori

yaitu kurang, sedikit, sedang dan penuh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem *fuzzy* menghasilkan keluaran yang konsisten dan sesuai dengan rule base yang telah ditetapkan pada tahap perancangan. Keluaran berupa nilai persentase memberikan informasi yang lebih jelas kepada pengguna mengenai kondisi air dalam tanki.

Selanjutnya, sistem komunikasi menggunakan modul LoRa SX1278 juga menunjukkan performa yang baik. Berdasarkan hasil uji jarak, LoRa mampu mengirimkan data secara stabil hingga jarak 150 meter Tanpa kehilangan data, bahkan ketika memiliki satu buah penghalang dinding. Hal ini membuktikan bahwa teknologi LoRa efisien untuk digunakan pada sistem monitoring jarak di 150 meter kebawah. Namun tidak cocok untuk jarak 180 meter keatas, sehingga dapat menjadi batas operasi efektif sistem.

Kinerja keseluruhan sistem terbukti baik dengan adanya hasil notifikasi yang dikirim melalui API CallMeBot ke WA Bot, seperti yang terlihat pada gambar bagian hasil diatas. Data yang dikirim dan ditampilkan berupa jumlah air dalam m<sup>3</sup>, persentase dalam % dan kategori air berupa kurang, sedikit, sedang dan penuh sesuai dengan pengukuran manual. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara sensor, Arduino, LoRa, ESP32 dan API CallMeBot telah berjalan secara efektif. Sistem dapat memberikan informasi kepada karyawan tanpa perlu memeriksa secara langsung ke lokasi tanki. Dengan demikian, sistem ini memberikan solusi praktis terhadap kendala yang ada jika melakukan monitoring secara manual.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang menggunakan Blynk atau Firebase untuk menampilkan data, sistem ini memiliki keunggulan pada sisi praktis dan efisiensi komunikasi. Penggunaan WA Bot sebagai media notifikasi lebih efektif karena hampir semua pengguna memiliki aplikasi ini di ponsel mereka. Selain itu penggunaan Modul LoRa juga memiliki keunggulan pada area yang tidak memiliki akses internet.

Secara keseluruhan, hasil menunjukkan bahwa sistem otomatisasi monitoring tanki air ditribusi ini telah bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu mendeteksi ketinggian air secara otomatis, mengubah data menjadi kategori dan persentase menggunakan metode *fuzzy logic*, mengirimkan data melalui LoRa secara lancar, serta menampilkan hasil melalui API CallMeBot ke WA Bot. Dengan kemampuan tersebut, sistem ini terbukti dapat meningkatkan efisiensi dan praktis dalam proses monitoring air, serta diimplementasikan di lingkungan yang tidak memiliki akses internet.

## Bab 5. Kesimpulan Dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring tanki air yang telah di buat pada tanki air distribusi yang ada di perusahaan telah berhasil di implementasikan. Sistem ini mampu memonitoring jumlah air secara langsung dengan otomatis.

Penerapan metode *fuzzy logic* untuk kategori dan persentase juga berhasil dilakukan hal ini memberikan kemudahan untuk mengetahui berapa persen dan dalam kategori apa air saat dikirimkan notifikasi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berjalan sesuai dengan tujuan utama yaitu untuk memudahkan karyawan mengetahui jumlah air, persentase dan kategori yang ada pada tanki air secara otomatis tanpa datang kelokasi tanki, sehingga dapat mengatasi kekurangan yang ada jika melakukan monitoring secara manual.

### 5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil, pembahasan dan kesimpulan yang telah disampaikan, ada beberapa dapat disampaikan untuk pengembangan sistem lebih lanjut:

1. Perlu dilakukan kalibrasi sensor ultrasonik untuk tahap awal pengerjaan alat, agar hasil pembacaan sensor lebih akurat.
2. Jika modul LoRa digunakan pada area yang memiliki banyak penghalang, seperti dinding dan pohon, sebaiknya memilih LoRa yang kualitasnya bagus agar jangkauan pengiriman datanya bisa lebih jauh dan data yang dikirim dapat terkirim dengan baik.
3. Jika alat yang dibuat menampilkan hasil setiap beberapa menit sebaiknya tidak menggunakan WA Bot, karena WA Bot membatasi menampilkan data 4 jam hanya bisa menampilkan 20 data.
4. Jika alat yang dibuat ingin tetap aktif saat listrik dari pemerintah off gunakan solar panel sumber listrik.

Beberapa saran dapat dijadikan landasan untuk penelitian atau pengembangan kedepannya dalam membuat alat.

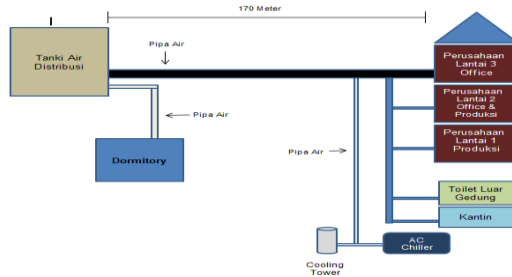
## Daftar Pustaka

- [1] I. Desti and A. Ula, "Analisis Sumber Daya Alam Air," *J. Sains Edukatika Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 17–24, 2021.
- [2] A. A. Poetra, R. Nandika, and T. K. Wijaya, "Prototipe Sistem Monitoring Ketinggian Air Pada Tangki Berbasis Internet of Things," *Sigma Tek.*, vol. 6, no. 1, pp. 097–108, 2023, doi: 10.33373/sigmateknika.v6i1.5148.
- [3] I. Adi, G. W. Nurcahyo, and J. Santoni, "Pendeteksi Volume Air Pendeteksi Volume Air Secara Otomatis Menggunakan Fuzzy," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 3, no. 1, pp. 11–16, 2019, doi: 10.29207/resti.v3i1.738.
- [4] Y. P. Nadib, Wahyuni, and M. Fahmi, "Rancang Bangun Sistem Alat Monitoring Ketinggian Air Dalam Tangki Berbasis Internet Of Things Menggunakan Aplikasi Blynk Android," *J. Sebatik*, vol. 28, no. 2, pp. 1–6, 2024, doi: 10.46984/sebatik.v28i2.0000.
- [5] P. I. Azizah, M. Arman, and A. Setyawan, "Monitoring Suhu dan Kelembapan Menggunakan LoRa Arduino dan ESP32 berbasis Internet Of Things melalui Aplikasi Mobile," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 14, no. 1, pp. 401–405, 2023, doi: 10.35313/irwns.v14i1.5418.
- [6] F. Azmi, I. Fawwaz, Muhathir, and N. P. Dharshinni, "Design of Water Level Detection Using Ultrasonic Sensor Based On Fuzzy Logic," *J. Inf. Technol. Educ. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 142–149, 2019, doi: 10.31289/JITE.V3i1.2668.
- [7] L. Hakim, "Reverse Engineering Pada Komponen Otomotif Dengan Metode Photogrammetry," *J. Tek. Mesin S-1*, vol. 11, no. 1, pp. 150–155, 2023.
- [8] A. F. Silvia, E. Haritman, and Y. Muladi, "Rancang Bangun Akses Kontrol Pintu Gerbang Berbasis Arduino Dan Android," *Electrans 2014*, vol. 13, no. 1, pp. 1–10, 2014.
- [9] M. Zaini, S. Safrudin, and M. Bachrudin, "Perancangan Sistem Monitoring Tegangan, Arus Dan Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis Iot," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 2, p. 139, 2020, doi: 10.24912/tesla.v0i0.9081.
- [10] D. Purwanto, H., "Komparasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Dan JSN-SR04T Untuk Apikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air," *J. SIMETRIS*, vol. 10, no. 2, pp. 717–724, 2020.
- [11] D. E. Susilo, A. E. Jayati, and P. Muliandhi, "Simulasi Perencanaan Jaringan Long Range ( LoRa )," vol. 12, no. 3, 2023.
- [12] M. H. Reza and K. Erwansyah, "Monitoring Tangki Air Berbasis Internet Of Things," vol. 2, pp. 139–146, 2023.

- [13] P. S. Matematika, F. Sains, U. I. N. Sultan, and S. Kasim, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dalam Menentukan Jumlah Produksi Tahu," vol. 18, no. 1, pp. 120–125, 2020.
- [14] M. Kastina *et al.*, "LOGIKA FUZZY METODE MAMDANI DALAM SISTEM KEPUTUSAN FUZZY PRODUKSI MENGGUNAKAN MATLAB," pp. 171–181, 2016.
- [15] M. Y. Simargolang, Y. H. Siregar, and H. S. Tamba, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY UNIVERSITAS ASAHAN," vol. 2, no. 2, pp. 122–128, 2018.

## Lampiran

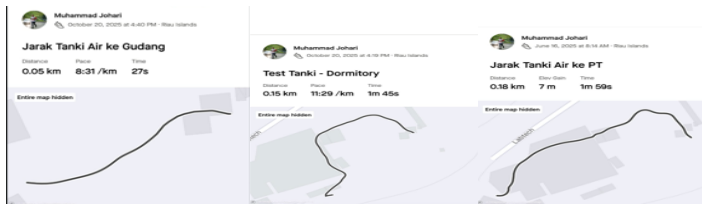
Lampiran 1. Sketsa distribusi air dari tanki ke seluruh bagian perusahaan.



**Gambar 19.** Sketsa distribusi air dari tanki ke seluruh bagian perusahaan.

Gambar 19 menunjukkan sebuah sketsa dari tanki air yang didistribusikan ke berbagai lokasi yang ada di perusahaan dengan jarak dari tanki ke perusahaan 180 meter. Tanki memiliki dua pipa keluaran yang pertama ke bagian perusahaan terdiri dari lantai 1, 2, 3, kemudian toilet luar gedung, kantin dan bagian pendingin ruangan atau AC. Yang kedua ke bagian dormitory.

Lampiran 2. Jarak Tanki Air ke beberapa lokasi 50 Meter, 150 Meter & 180 Meter.



**Gambar 20.** Jarak Tanki Air ke beberapa lokasi 50 Meter, 150 Meter & 180 Meter.

Gambar 20 menunjukkan sebuah jarak dari tanki ke gudang berjarak 50 meter, tanki ke dormitory jarak 150 meter dan tanki ke PT jarak 180 meter.