

**SISTEM INFORMASI KUALITAS AIR LAYAK KONSUMSI BERBASIS
MIKROKONTROLER ARDUINO UNO MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY MAMDANI***

SKRIPSI

**Oleh :
CIKA NURQUEEN PARADIS
NIM. 18650039**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**SISTEM INFORMASI KUALITAS AIR LAYAK KONSUMSI BERBASIS
MIKROKONTROLER ARDUINO UNO MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY MAMDANI***

SKRIPSI

**Oleh :
CIKA NURQUEEN PARADIS
NIM. 18650039**

**Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

**SISTEM INFORMASI KUALITAS AIR LAYAK KONSUMSI BERBASIS
MIKROKONTROLER ARDUINO UNO MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY MAMDANI***

SKRIPSI

**Oleh :
CIKA NURQUEEN PARADIS
NIM. 18650039**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal : 20 Juni 2023

Pembimbing I

Dr. Muhammad Faisal, M.T
NIP. 19740510 200501 1 007

Pembimbing II

Prof. Dr. Suhartono, M.Kom
NIP. 19680519 200312 1001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

SISTEM INFORMASI KUALITAS AIR LAYAK KONSUMSI BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO MENGGUNAKAN METODE *FUZZY MAMDANI*

SKRIPSI

Oleh:
CIKA NURQUEEN PARADIS
NIM. 18650039

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Pada Tanggal 20 Juni 2023

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Dr. Ririen Kusumawati, M.Kom
NIP. 19720309 200501 2 002

Anggota Penguji I : Johan Ericka Wahyu P, M.Kom
NIP. 19831213 2019031 1 004

Anggota Penguji II : Dr. Muhammad Faisal, M.T
NIP. 19740510 200501 1 007

Anggota Penguji III : Prof. Dr. Suhartono, M.Kom
NIP. 19680519 200312 1001



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Cika Nurqueen Paradis
NIM : 18650039
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jurusan : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Sistem Informasi Kualitas Air Layak Konsumsi Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 21 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,



Cika Nurqueen Paradis

NIM. 18650039

MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu kemudahan

“No pain, no gain”

Tidak ada hasil, tanpa usaha

HALAMAN PERSEMBAHAN

أَلْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Puji Syukur kehadiran Allah SWT, shalawat dan salam kepada Rasul-Nya

Penulis persembahkan sebuah karya ini kepada:

Kepada orang tua penulis, Bapak Sugianto dan Ibu Marlina yang selalu memberikan segala bentuk dukungan dan motivasi agar penulis mampu menyelesaikan skripsi. Kepada keluarga besar penulis dari pihak Ayah maupun pihak Ibu yang senantiasa bangga dan menyemangati penulis dalam melaksanakan kuliah.

Kepada bapak Dr. M. Faisal, M.T selaku dosen pembimbing I dan bapak Prof. Dr. Suhartono, M.Kom dosen pembimbing II yang telah dengan sabar membimbing dan memberikan pengarahan agar dapat menyelesaikan skripsi. Serta seluruh dosen di prodi Teknik Informatika Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengajarkan ilmu-ilmu baru bagi penulis.

Teman-teman Teknik Informatika angkatan 2018 Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis. Serta seluruh orang yang pernah terlibat dan membantu baik secara langsung maupun secara tidak langsung, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah *rabbilalamin*, segala puji syukur ke hadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas skripsi yang berjudul “Sistem Informasi Kualitas Air Layak Konsumsi Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*” dengan baik dan lancar. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat kelulusan bagi mahasiswa Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Keberhasilan penulisan skripsi ini tidak lepas dari dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrul Kurniawan M.MT. selaku Ketua Program Studi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. M. Faisal, M.T selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktunya dalam membimbing dan memberikan dorongan, arahan dan saran kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Prof. Dr. Suhartono, M.Kom selaku dosen pembimbing II yang juga bersedia meluangkan waktunya dalam memberikan arahan dan membimbing kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

6. Dr. Ririen Kusumawati, M.Kom. selaku Dosen Penguji 1 dan Johan Ericka Wahyu P, M.Kom. yang telah memberikan ilmu, kritik, saran, dan masukan untuk penulis agar penulis dapat menyelesaikan dan mengerjakan tugas skripsi dengan baik.
7. Roro Inda Melani, M.T, M.Sc selaku dosen wali yang senantiasa membantu serta turut memberikan motivasi dan ilmu untuk penulis selama menjalani masa studi pada Program Studi Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Bapak Sugianto dan Ibu Marlina selaku kedua orang tua penulis serta Keluarga besar saya yang selalu mendukung, memberikan motivasi, memberikan semangat dan doa sehingga penulis bisa mengerjakan skripsi dengan lancar dan diberikan kemudahan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Segenap civitas akademik Jurusan Teknik Informatika, dan seluruh dosen yang telah memberikan ilmu dan arahan semasa kuliah.
10. Teman-teman Teknik Informatika Angkatan 2018 yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi khususnya Asfilia Nova Anggraini, Aulia Ananda Salsabila, Laili Khairani dan Mauren Helvia Devi yang telah memotivasi untuk menyelesaikan tahapan skripsi. Muhammad Iman Nurhadi yang senang hati mendukung penulis dengan memberikan saran dan kritik terhadap penulisan skripsi.

11. Diri sendiri yang telah berusaha dan pantang menyerah dalam menghadapi segala cobaan dan drama yang terjadi selama masa studi hingga selesainya tugas skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih masih terdapat kekurangan. Maka dari itu penulis dengan senang hati menerima segala saran dan kritik yang membangun. Disamping itu penulis juga berharap skripsi ini bermanfaat bagi semua orang yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 2 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	v
HALAMAN MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
المُلخَص.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pernyataan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terkait.....	5
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Kualitas Air	10
2.2.2 Arduino Uno.....	15
2.2.3 Arduino IDE.....	18
2.2.4 Sensor Suhu.....	17
2.2.5 Sensor <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS).....	18
2.2.6 Relay.....	19
2.2.7 Pompa Air.....	20
2.2.8 Metode <i>Fuzzy</i>	20
2.2.9 Himpunan <i>Fuzzy</i>	24
2.2.10 <i>Fuzzy Mamdani</i>	25
2.2.11 Fungsi Keanggotaan.....	27
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI	31
3.1 Analisis Kebutuhan.....	32
3.1.1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	32
3.1.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	32
3.2 Desain Penelitian	32
3.2.1 Pengumpulan Data.....	33
3.2.2 Diagram Blok	33
3.2.3 Desain Sistem.....	34
3.3 Analisis Metode <i>fuzzy Mamdani</i>	35
3.3.1 Pembentukan Himpunan <i>fuzzy</i> (<i>fuzzyfikasi</i>).....	35
3.3.2 <i>Inference System</i>	39

3.3.3 Defuzzyfikasi	41
3.4 Rencana Pengujian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil	43
4.1.1 Implementasi <i>Fuzzy</i> Pada Mikrokontroler	43
4.1.2 Pengujian Alat	45
4.2 Pembahasan.....	54
4.2.1 Pengujian Keseluruhan Sistem	54
4.2.2 Rangkaian Sistem.....	59
4.2.3 Integrasi Islam	60
BAB V PENUTUP.....	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arduino Uno (Atmega328)	13
Gambar 2.2 Sensor suhu DS18B20.....	17
Gambar 2.3 Sensor TDS SEN0244.....	18
Gambar 2.4 Relay	19
Gambar 2.5 Pompa air	20
Gambar 2.6 Representasi kurva Naik	27
Gambar 2.7 Representasi kurva turun.....	28
Gambar 2.8 Representasi kurva segitiga.....	29
Gambar 2.9 Representasi kurva trapesium	29
Gambar 3.1 Alur penelitian.....	31
Gambar 3.2 Diagram blok.....	33
Gambar 3.3 Desain sistem	34
Gambar 3.4 Alur metode fuzzy.....	35
Gambar 3.5 Variabel Suhu.....	36
Gambar 3.6 Variabel Total Dissolved Solids (TDS)	37
Gambar 3.7 Variabel kualitas air	38
Gambar 3.8 Hasil rule base.....	40
Gambar 4.1 Source Code Fuzzifikasi	44
Gambar 4.2 Source Code Inference System	45
Gambar 4.3 Hasil eksperimen sensor suhu	46
Gambar 4.4 hasil eksperimen termometer air	47
Gambar 4.5 Hasil eksperimen sensor TDS	50
Gambar 4.6 Hasil eksperimen pengukuran TDS meter	51
Gambar 4.7 Output sistem pengukuran air mineral	55
Gambar 4.8 Output sistem pengukuran air campur tanah.....	56
Gambar 4.9 Output sistem pengukuran air sumur	57
Gambar 4.10 Rangkaian Sistem.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino.....	15
Tabel 3.1 Hasil Rule Based.....	39
Tabel 3.2 Confusion Matrix	42
Tabel 4.1 Pengukuran suhu air mineral	47
Tabel 4.2 Pengukuran suhu air bersih campur tanah	48
Tabel 4.3 Pengukuran suhu air sumur.....	49
Tabel 4.4 Pengukuran TDS air Mineral	51
Tabel 4.5 Pengukuran TDS air bersih campur tanah	52
Tabel 4.6 Pengukuran TDS air sumur.....	53
Tabel 4.7 Pengujian keseluruhan air mineral	54
Tabel 4.8 Pengujian air campur tanah.....	55
Tabel 4.9 Pengujian keseluruhan air sumur	56
Tabel 4.10 Pengujian keseluruhan sistem	57

ABSTRAK

Paradis, Cika Nurqueen. 2023. “**Sistem Informasi Kualitas Air Layak Konsumsi Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani**”. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. M. Faisal, M.T, (II) Prof. Dr. Suhartono S.Si M.Kom

Kata Kunci : Air, Fuzzy, Arduino

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang berperan penting bagi semua makhluk hidup untuk keberlangsungan hidupnya. Keseharian makhluk hidup tidak terlepas dari penggunaan air, salah satunya yaitu air untuk dikonsumsi atau diminum. Air dianggap layak konsumsi apabila memenuhi syarat fisika dan syarat kimia. Syarat fisika antara lain tidak berbau, tidak berwarna, dan suhu normal. Persyaratan kimia di antaranya kandungan air layak konsumsi yang terlarut dalam air lebih kecil dari 500mg/L (TDS<500 ppm). Penelitian ini menggunakan dua sistem input yaitu sensor TDS dan sensor suhu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan air untuk dikonsumsi dengan menggunakan sensor suhu dan TDS dengan menggunakan *fuzzy mamdani* sebagai sistem pendukung keputusan. Data diproses menggunakan arduino uno untuk menentukan kualitas air dan pengolahan data menggunakan metode *fuzzy mamdani*. Dalam hal ini, peneliti menggunakan metode *fuzzy mamdani* karena hasilnya dapat mempresentasikan kondisi yang sebenarnya atau lebih mendekati penalaran manusia. Penelitian ini menggunakan tiga sampel air yakni air mineral, air campur tanah dan air sumur. Masing-masing air sampel diukur menggunakan sensor suhu dengan termometer dan sensor TDS dengan TDS meter. Berdasarkan data pengujian keseluruhan sistem, tingkat akurasi *fuzzy mamdani* dalam menentukan kualitas air layak konsumsi yakni sebesar 80%.

ABSTRACT

Paradis, Cika Nurqueen. 2023. **“Water Quality Information System Based on Arduino Uno Microcontroller Using Fuzzy Mamdani Method”**. Theses. Department of Informatics Engineering Faculty of Science and Technology Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisor: (I) Dr. M. Faisal, M.T, (II) Prof. Dr. Suhartono S.Si M.Kom

Water is one of the natural resources that is important for all living things for their survival. The daily life of living things cannot be separated from the use of water, one of which is water for consumption or drinking. water is considered suitable for consumption if it meets the physical and chemical requirements. Physical requirements include odorless, colorless, and normal temperature. Chemical requirements include consumable water content dissolved in water smaller than 500 mg/L (TDS <500 ppm). This research uses two input systems, namely the TDS sensor and the temperature sensor. This study aims to determine the level of water eligibility for consumption using temperature and TDS sensors using *fuzzy mamdani* as a decision support system. The data is processed using arduino uno to determine water quality and to manage data using the *fuzzy mamdani* method. In this case, researchers use the *fuzzy mamdani* method because the results can present actual conditions or are closer to human reasoning. This research uses three water samples: mineral water, mixed soil water, and well water. Each water sample is measured using a temperature sensor with a thermometer and a TDS sensor with a TDS meter. Based on test data for the entire system, the level of accuracy of the mamdani fuzzy in determining the quality of water suitable for consumption is 80%.

Keywords: Water, Fuzzy, Arduino

الملخص

فرداس, جيكا نور قوين, 2023, نظام معلومات جودة المياه للاستهلاك على أساس **Arduino Uno Mikrokontroller** باستخدام طريقة **Fuzzy Mamdani**, برنامج دراسة هندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. مش رف: (١) دكتور محمد فيصل شهادة هندسة دكتور. (٢) دكتور سوهارتونو سي إم كوم.

الكلمات الرئيسية: ماء, **Fuzzy**, **Arduino Uno**

الماء مورد طبيعي يلعب دورًا مهمًا لجميع الكائنات الحية من أجل بقائها. الحياة اليومية للكائنات الحية لا تنفصل عن استعمال الماء، ومنها الماء للاستهلاك أو الشرب. تعتبر المياه صالحة للاستهلاك إذا كانت تفي بالمتطلبات الفيزيائية والكيميائية. تشمل المتطلبات المادية درجة حرارة عديمة الرائحة واللون وعادية. تتضمن المتطلبات الكيميائية محتوى الماء المناسب للاستهلاك المذاب في الماء أقل من 500 مجم / لتر ($TDS < 500$ جزء في المليون). تستخدم هذه الدراسة نظامي إدخال، وهما مستشعر **TDS** ومستشعر درجة الحرارة. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد مستوى ملاءمة المياه للاستهلاك باستخدام مجسات درجة الحرارة واستخدام **TDS** باستخدام **Fuzzy Mamdani** كنظام دعم القرار. تتم معالجة البيانات باستخدام **arduino uno** لتحديد جودة المياه ومعالجة البيانات باستخدام طريقة **Fuzzy Mamdani**. في هذه الحالة، يستخدم الباحث طريقة **Fuzzy mamdani** لأن النتائج يمكن أن تقدم ظروفًا فعلية أو أقرب إلى التفكير البشري. استخدمت هذه الدراسة ثلاث عينات للمياه وهي المياه المعدنية ومياه التربة المختلطة ومياه الآبار. تم قياس كل عينة ماء باستخدام مستشعر درجة حرارة مع مقياس حرارة ومستشعر **TDS** بمقياس **TDS**. بناءً على بيانات الاختبار للنظام بأكمله، فإن مستوى دقة **Fuzzy Mamdani** في تحديد جودة المياه الصالحة للاستهلاك هو 80%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air memiliki peranan yang penting dalam kelangsungan hidup semua makhluk di dunia ini karena diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. Sesuai dengan peraturan kesehatan Indonesia yang tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010, air yang telah melalui proses penyulingan atau tidak diolah dapat dikonsumsi secara langsung dan aman untuk diminum. Proses pengujian untuk memastikan kadar air yang aman untuk dikonsumsi tidak melampaui standar yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia dalam peraturan tentang air minum. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PES/IV/2010, air dianggap aman untuk digunakan apabila memenuhi syarat-syarat fisik dan kimiawi tertentu. Persyaratan fisik mencakup tidak memiliki bau, tidak berwarna, dan suhu yang normal. Persyaratan kimia mencakup kandungan larut air dalam air minum yang tidak melebihi 500 mg/L (TDS<500 ppm) (Permenkes RI, 2010).

Menurut Al-qadharwi (2019) kebersihan merupakan kunci komponen terpenting dari sikap beradab. Islam memandang kemurnian menjadi sistem ibadah dan peradaban. Karenanya, menjaga kebersihan sudah menjadi bagian integral dari rutinitas harian seorang Muslim. Salah satu cara untuk mempertahankan kesehatan adalah dengan menerapkan pola hidup yang bersih dan sehat. Keadaan sehat adalah karunia Allah yang harus kita syukuri dan hargai di setiap waktu, karena melalui kesehatan kita dapat menikmati segala keindahan hidup, seperti melaksanakan

rutinitas dan beribadah dengan sepenuh hati. Islam adalah agama yang mengajarkan pemeluknya untuk mengutamakan kesehatan dan keselamatan lingkungannya, dibuktikan dengan hadits yang diriwayatkan oleh HR. Tirmidzi. Hadist yang diriwayatkan oleh HR. Tirmidzi mengenai kebersihan yaitu:

إِنَّ اللَّهَ طَيِّبٌ يُحِبُّ الطَّيِّبَ, نَظِيفٌ يُحِبُّ النَّظَافَةَ, كَرِيمٌ يُحِبُّ الْكِرَامَ, جَوَادٌ يُحِبُّ الْجُودَ, فَتَطَهَّرُوا أَفْيَتَكُمْ

"Dari Rasulullah Shallallahu 'alaihi wa sallam: Sesungguhnya Allah Subhaanahu Wa Ta'ala itu suci yang menyukai hal-hal yang suci, Dia Maha Bersih yang menyukai kebersihan, Dia Maha Mulia yang menyukai kemuliaan, Dia Maha Indah yang menyukai keindahan, karena itu bersihkanlah tempat-tempatmu." (HR. Tirmidzi).

Kebutuhan air bersih sangat penting bagi masyarakat Indonesia, salah satunya air minum atau air untuk dikonsumsi. Penggunaan air minum di pedesaan masih menggunakan air minum dari sumur milik pribadi. Sebagian besar sumber air yang diperoleh dari sumur seringkali sangat keruh dan kotor. selain sumur pribadi, PDAM juga sering mengalami kekeruhan air rusaknya pipa saluran air. Sampai saat ini, masyarakat Indonesia masih menghadapi banyak masalah yang rumit dan belum dapat terselesaikan yakni masih rendahnya tingkat kesadaran masyarakat tentang kualitas air layak konsumsi. Sedikit masyarakat di desa terpencil yang memahami kualitas air yang mereka gunakan, sebagian besar orang hanya tahu apa itu air kotor dan air bersih tetapi tidak tahu bagaimana kualitas air sebenarnya, karena semua unsur atau zat yang terlarut dalam air tidak dapat dilihat langsung dengan mata, sulit untuk menentukan apakah air tersebut aman untuk dikonsumsi atau tidak (Ardiansyah, 2016).

Teknologi semakin berkembang, Salah satu perkembangan teknologi yang diterapkan berbagai bidang yaitu mikrokontroler arduino. Arduino diciptakan

dengan tujuan membuat penggunaan elektronik menjadi lebih mudah di berbagai sektor atau bidang. Arduino perangkat elektronika yang bersifat terbuka banyak digunakan untuk membuat perangkat elektronik dan program yang mudah digunakan. Arduino memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi dan memonitor kondisi sekitarnya dengan menggunakan beragam jenis sensor, serta dapat mengontrol proyek-proyek di bidang elektronik (Zhou & Zhang, 2011).

Pengujian air layak konsumsi harus dilakukan dengan terus menerus dan sesuai dengan ketentuan air bersih yang berlaku di Indonesia. Berdasarkan permasalahan yang ada, peneliti berinisiatif untuk membuat “Sistem Informasi Kualitas Air Layak Konsumsi Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Menggunakan Metode *fuzzy mamdani*”. Sistem dibangun untuk mengukur kualitas air layak konsumsi dengan menggunakan arduino uno, sensor *total dissolved solids* (TDS) dan sensor suhu. Metode *fuzzy Mamdani* digunakan sebagai suatu sistem pendukung dalam mengevaluasi apakah air tersebut dapat dikonsumsi atau tidak.

1.2 Pernyataan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada pada latar belakang, masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun alat untuk mengukur kualitas air layak konsumsi berbasis mikrokontroler Arduino uno menggunakan metode *fuzzy mamdani*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengukur kualitas air layak konsumsi berdasarkan standar kualitas air bersih berbasis Arduino Uno menggunakan

metode *fuzzy mamdani*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain

1. Dapat mengetahui kualitas air layak konsumsi atau tidak layak konsumsi.
2. Dapat mengetahui suhu air dan kadar zat padat terlarut *Total Dissolved Solids* (TDS).
3. Dapat membantu memantau tingkat kualitas air layak konsumsi.

1.5 Batasan Masalah

Dengan luasnya objek penelitian, perlu adanya Batasan masalah. Batasan masalah pada penelitian ini yaitu

1. Penelitian ini menggunakan air mineral, air bersih campur tanah dan air sumur.
2. Sensor yang digunakan untuk menentukan kualitas air layak konsumsi yaitu sensor *total dissolved solids* (TDS) dan sensor suhu.
3. Untuk mendeteksi jumlah padatan terlarut air menggunakan *Gravity Analog TDS Meter* SKU SEN0244 dengan *range* sensor 0-1000 ppm.
4. Untuk mendeteksi suhu dalam air menggunakan sensor suhu DS18B20 waterproof dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ sampai -10°C .
5. Alat ukur manual yang digunakan untuk mengukur kualitas air adalah termometer air dan TDS Meter.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Terdapat beberapa penelitian terkait mengenai penelitian ini di antaranya:

- a. Dalam penelitian Wijaya *et al.* (2019) yang berjudul “Sistem Monitoring Kualitas Air Mineral Berbasis IoT (*Internet of Things*) Menggunakan Platform Node-Red Dan Metode Saw (*Simple Additive Weighting*)” menggunakan sensor *turbidity*, sensor pH, sensor TDS meter dan platform *node-red*. TDS Meter digunakan untuk mengetahui tingkat kekeruhan air dan zat-zat yang terlarut dalam air sedangkan platform *node-red* digunakan untuk membuat sistem monitoring kualitas air mineral. Sistem mengambil data dengan semua sensor, kemudian data yang diperoleh di kirimkan jaringan melalui MQTT Broker ke platform *node-red*, data yang tampil di inputkan ke dalam database untuk diolah menggunakan metode SAW, hasil perhitungan metode SAW ditampilkan oleh sistem.
- b. Ardiansyah (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Berbasis Arduino (Studi Kasus PDAM Patalassang)” menggunakan sensor pH untuk mengetahui kadar air dan sensor kekeruhan air untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini yaitu arduino uno digunakan untuk mengolah data sensor dan sistem ini dibuat dengan pemrograman delphi untuk menampilkan hasil pengukuran dari sensor yang digunakan. Apabila sistem dinyalakan maka akan melakukan proses inisialisasi pada bagian sistem monitoring, kemudian

mikrokontroler akan aktif otomatis. Data yang diambil dari sensor akan diolah ke Arduino Uno lalu dikirim ke laptop/PC menggunakan kabel USB, selanjutnya laptop akan menampilkan grafik tingkat kekeruhan pada air.

- c. Menurut penelitian Haikal *et al.* (2019) yang berjudul “Analisis Alat Pendeteksi Air Layak Minum Isi Ulang Dengan Air masak Berbasis Sensor PH dan Sensor TDS” menggunakan Modul *Bluetooth* yang berfungsi sebagai alat penghubung rangkaian smartphone, aplikasi *Blynk* untuk sistem monitoring, arduino uno, sensor pH dan sensor TDS. Sistem dapat bekerja apabila kedua sensor dihubungkan ke arduino dan modul *Bluetooth* kemudian menyambungkan arus tegangan ke arduino dengan kabel USB yang memiliki tegangan 5V. Hasil pengukuran dapat dilihat di layar smartphone yang telah dihubungkan dan menggunakan aplikasi *Blynk*.
- d. Muzaidi *et al.* (2021) melakukan penelitian untuk membuat sistem monitoring kualitas air layak pakai di sungai dalam jurnalnya yang berjudul “Sistem Monitoring Perairan Untuk Sanitasi Kualitas Air Layak Pakai Menggunakan *Wireless Sensor Network*” penelitian ini dilakukan pada air sungai yang ada di Kalimantan Selatan dengan menggunakan pH, sensor TDS, *Raspberry Phi* dan arduino uno. Arduino uno sebagai proses pengolahan data dan pengambilan data dari arduino. Kemudian arduino akan mengirimkan data ke *Raspberry Phi* untuk menerima data masukan dari arduino. Selanjutnya data yang tersimpan akan diolah menggunakan bahasa PHP.
- e. Pada penelitian yang dilakukan oleh Munsyi *et al.* (2017) yang berjudul “*An Implementation of Data Exchange Using Authenticated Attribute-Based*

Encryption for Environmental Monitoring”, peneliti mempunyai ide membuat sistem untuk memonitoring atau mengawasi tingkat kebersihan dan kesehatan di lingkungan. Berkembangnya teknologi saat ini, peneliti memanfaatkan teknologi IoT dengan menerapkan *wireless sensor network* untuk memperoleh data keadaan dan kondisi lingkungan tersebut. Penelitian ini berfokus pada kondisi lingkungan yang berhubungan dengan udara, kelembapan udara dan juga polusi.

- f. Cholilulloh & Syauqi (2018) pada penelitian yang berjudul “Implementasi Metode *fuzzy* pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan” menggunakan sensor suhu, kekeruhan air dan metode *fuzzy sugeno* untuk pengukuran tingkat kualitas air pada kolam bibit lele. Output pada penelitian ini yaitu kontrol pompa yang digunakan untuk mengisi atau mengganti air di kolam. Apabila air sudah melewati batas yang ditentukan maka air akan diganti dan apabila melebihi suhu yang ditentukan maka air akan diisi.
- g. Zainuddin *et al.* (2019) melakukan penelitian yang berjudul “*International Conference on Multimedia and Signal Processing*”, dalam penelitian tersebut menggunakan sensor pH, *temperatuer*, konduktivitas dan *Dissolved Oxygen* (DO) untuk mendeteksi kualitas air pada budidaya Udang. Sistem kerja menggunakan alat arduino uno dengan sensor yang terhubung *Raspberry Phi*, yang mana data yang dikirim ke *Rapsberry Pi* melalui *wireless sensor Network* (WNS) kemudian data tersebut akan disimpan pada sebuah database yang terhubung dengan jaringan wifi. Data tersebut akan dipantau dan diakses secara real-time melalui website ataupun pesan telegram.

Tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang

Nama Peneliti dan Judul	Penelitian terkait	Penelitian sekarang
Wijaya <i>et al.</i> (2019) Sistem Monitoring Kualitas Air Mineral Berbasis IoT (<i>Internet of Things</i>) Menggunakan Platform <i>Node-Red</i> Dan Metode Saw (<i>Simple Additive Weighting</i>)	Sistem mengambil data dengan semua sensor, kemudian data yang diperoleh di kirimkan jaringan melalui MQTT Broker ke platform <i>node-red</i> , data yang tampil di inputkan ke dalam database untuk diolah menggunakan metode SAW, hasil perhitungan metode SAW ditampilkan oleh sistem.	Pada penelitian sekarang, metode <i>fuzzy mamdani</i> diimplementasikan ke dalam program Arduino. Apabila hasil dari metode <i>fuzzy</i> kualitas air sesuai dengan ketentuan air maka pompa akan berhenti dan apabila kualitas air buruk maka pompa menyala.
Ardiansyah (2016) Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Berbasis Arduino (Studi Kasus PDAM Patalassang)	Arduino uno untuk mengolah data sensor dan sistem ini dibuat dengan pemrograman delphi untuk menampilkan hasil pengukuran "dari" sensor yang digunakan.	Metode <i>fuzzy mamdani</i> diimplementasikan ke dalam program Arduino sistem ini dibuat dengan pemrograman C+ untuk menampilkan hasil pengukuran dari sensor yang digunakan.
Haikal <i>et al.</i> (2019) Analisis Alat Pendeteksi Air Layak Minum Isi Ulang Dengan Air masak Berbasis Sensor PH dan Sensor TDS	Sistem dapat bekerja apabila kedua sensor dihubungkan ke arduino dan modul <i>Bluetooth</i> kemudian menyambungkan arus tegangan ke arduino dengan kabel USB yang memiliki tegangan 5V. hasil pengukuran dapat dilihat di layar <i>smartphone</i> yang telah dihubungkan dan menggunakan aplikasi <i>Blynk</i> .	Pada penelitian sekarang, metode <i>fuzzy Mamdani</i> diimplementasikan ke dalam program Arduino. Apabila hasil dari metode <i>fuzzy</i> kualitas air sesuai dengan ketentuan air maka pompa akan berhenti dan apabila kualitas air buruk maka pompa menyala.
Muzaidi <i>et al.</i> (2021) Sistem Monitoring Perairan untuk sanitasi kualitas air layak pakai menggunakan <i>Wireless Sensor Network</i>	Penelitian ini dilakukan pada air sungai yang ada di Kalimantan Selatan dengan menggunakan pH, sensor TDS, <i>Raspberry Phi</i> dan Arduino uno. Arduino uno sebagai proses pengolahan data dan pengambilan data dari arduino.	Data diambil dari air mineral, air bersih campur tanah dan air sumur dengan menggunakan sensor suhu, TDS dan arduino uno.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang

Nama Peneliti dan Judul	Penelitian terkait	Penelitian sekarang
Munsi et al. (2017) <i>An Implementation of Data Exchange Using Authenticated Attribute-Based Encryption for Environmental Monitoring</i>	Penelitian ini menerapkan <i>wireless senso network</i> untuk memperoleh data keadaan dan kondisi lingkungan tersebut. Penelitian ini berfokus pada kondisi lingkungan yang berhubungan dengan kelembapan udara dan juga polusi.	Penelitian sekarang menggunakan sensor suhu TDS dan juga Arduino Uno untuk mengolah data. Penelitian sekarang berfokus pada kualitas air layak konsumsi.
Cholilulloh & Syauqy (2018) Implementasi Metode <i>fuzzy</i> pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan	Output pada penelitian ini yaitu kontrol pompa berfungsi untuk mengganti dan mengisi kembali air di kolam. Apabila air telah melewati batas dan melebihi suhu yang ditentukan, maka air akan diganti.	Output yang digunakan pada penelitian sekarang yakni pompa air. Apabila hasil dari metode <i>fuzzy</i> kualitas air sesuai dengan ketentuan air maka pompa akan berhenti dan apabila kualitas air buruk maka pompa menyala.
Zainuddin et al. (2019) <i>International Conference on Multimedia and Signal Processing</i>	Arduino uno dengan sensor yang terhubung dengan <i>Raspberry Phi</i> , yang mana data yang dikirim ke <i>Raspberry phi</i> melalui <i>wireless sensor Network</i> (WNS) kemudian data tersebut akan disimpan pada sebuah database menggunakan jaringan wifi. Data tersebut akan dapat dipantau (diawasi) dan diakses secara <i>real-time</i> melalui website ataupun pesan chat telegram.	Penelitian sekarang menggunakan dua input yakni sensor suhu dan TDS. Data yang diperoleh dari sensor tersebut akan di proses melalui arduino uno dan metode <i>fuzzy</i> .
Munsi et al. (2017) <i>An Implementation of Data Exchange Using Authenticated Attribute-Based Encryption for Environmental Monitoring</i>	Penelitian ini menerapkan <i>wireless senso network</i> untuk memperoleh data keadaan dan kondisi lingkungan tersebut. Penelitian ini berfokus pada kondisi lingkungan yang berhubungan dengan kelembapan udara dan juga polusi.	Penelitian sekarang menggunakan sensor suhu TDS dan juga Arduino Uno untuk mengolah data. Penelitian sekarang berfokus pada kualitas air layak konsumsi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kualitas Air

Kualitas adalah karakter dari sesuatu sumber air yang selalu diperhatikan oleh pengguna. Kriteria kualitas air berfungsi sebagai patokan / syarat utama untuk kualitas air yang digunakan oleh pengguna. Suatu negara atau daerah menetapkan peraturan yang dikenal sebagai baku mutu air. Pengukuran tertentu terhadap air dapat dilakukan untuk mengetahui kualitasnya, seperti ukur fisika, biologi, kimia, atau kenampakan (warna dan bau). Pengelolaan kualitas air adalah cara untuk menjaga air sedemikian rupa sehingga tercapai kualitas air yang diharapkan sesuai dengan peruntukannya agar kondisi air tetap dalam keadaan alaminya.

Peraturan kualitas air adalah karakteristik kualitas yang diperlukan untuk pemanfaatan sumber air tertentu. Dengan adanya baku mutu air, masyarakat dapat mengukur kualitas jenis air. Setiap jenis air dapat diukur konsentrasi unsur yang terkandung dalam baku mutu, sehingga dapat diketahui syarat mutunya, dengan kata lain baku mutu dapat dijadikan acuan. Peraturan Menteri Kesehatan No.492/MENKES/PER/1V/2010 menetapkan standar kualitas air layak konsumsi. Biasanya, standar ini berbentuk pernyataan atau statistik. Persyaratan harus dipenuhi dan diikuti agar air tidak menimbulkan masalah teknis, kesehatan, atau estetika (*Sari et al.*, 2019).

Standar untuk kualitas air baku mutu didasarkan pada sifat fisik, kimia, radioaktif, dan bakteriologis air baku. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tahun 1910 membagi kualitas air menjadi berbagai kategori (Effendi, 2003).

- a. Kategori 1: Air yang langsung dapat diminum atau dikonsumsi secara langsung tanpa diproses.
- b. Kategori 2: Air yang dapat digunakan sebagai air baku untuk diminum atau konsumsi.
- c. Kategori 3: Air yang digunakan untuk peternakan dan perikanan
- d. Kategori 4: Air yang dapat digunakan dalam pertanian, ekonomi perkotaan, bisnis, pembangkit listrik tenaga air.

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum menyatakan bahwa air yang layak dikonsumsi dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah air yang mempunyai kualitas yang baik sebagai sumber air minum maupun air baku (air bersih), antara lain harus memenuhi persyaratan air bersih Persyaratan yang digunakan untuk menentukan kualitas air layak konsumsi antara lain:

1. Suhu

Suhu air dapat mempengaruhi penerimaan masyarakat terhadap air dan reaksi kimia yang diolah, terutama pada suhu tinggi. Suhu air yang baik adalah $\pm 30^{\circ}\text{C}$ dibandingkan dengan suhu udara di sekitarnya, yang dapat memberikan rasa segar dan sejuk, tetapi iklim setempat atau jenis sumber air akan mempengaruhi suhu air.

2. Rasa

Air minum biasanya tidak terasa atau tidak tawar. Berbagai zat yang berpotensi berbahaya dapat ditemukan dalam air yang tidak tawar. Rasa logam atau amis, rasa pahit, asin, dll.

3. Bau

Masyarakat tidak menyukai air minum yang berbau karena air yang berbau busuk berisi bahan organik mengalami dekomposisi dan dirusak oleh mikroorganisme air. Bau dalam air dapat menunjukkan kualitas air. Misalnya, tumbuhan algae dapat menyebabkan bau amis.

4. TDS

Seringkali, zat padat terlarut dalam air terdiri dari senyawa organik dan senyawa anorganik yang larut dalam air sumur atau air mineral. Ion Fe^{2+} adalah salah satu ion yang memiliki kemampuan untuk memengaruhi tingkat TDS dalam air. Kadar TDS yang tinggi dapat menyebabkan kerak alat rumah tangga, noda di air, dan memiliki rasa yang tidak enak. Selain itu, semakin tinggi tingkat TDS akan berdampak negatif pada sejumlah parameter air lainnya. Jumlah kontaminasi tertinggi pada air minum adalah 500 mg/L atau 500 ppm. Jika sampai memiliki jumlah TDS 1000 mg/L, dianjurkan agar air minum tidak dikonsumsi.

5. Warna

Kualitas air minum yang baik dan layak untuk diminum yaitu tidak berwarna, air berwarna memiliki bahan berbahaya lainnya dan juga air jernih dan tidak keruh, air tersusun dari butiran partikel tanah liat, yang artinya apabila air sangat keruh berarti jumlah kolid juga sangat tinggi.

2.2.2 Arduino Uno



Gambar 2.1 Arduino Uno (Atmega328)
Sumber: Zamrodah (2016)

Arduino uno merupakan sebuah papan elektro yang berbasis mikrokontroler Atmega328, suatu keping yang bersifat fungsional yang bekerja seperti komputer atau PC. Perangkat ini mempunyai komponen yang lengkap sehingga dapat mengontrol rangkaian dari yang sederhana hingga yang kompleks (Zamrodah, 2016). Hardware Arduino memiliki 14 pin input atau output yang dapat di atur dengan membuat program IDE. 6 pin *input analog* dapat membaca nilai input analog dan mengubahnya ke angka 0 sampai 1023, dan 6 pin output analog yaitu pin 3, 5, 6, 9 dan 11 dapat diprogram menjadi pin output analog dengan menggunakan program *Integrated Development Environment* (IDE) (Hasnan, 2017). *Software* arduino yang digunakan adalah *Integrated Development Environment* (IDE) suatu program yang mudah digunakan dalam membuat sebuah rancangan program untuk arduino uno. Dalam penggunaannya, Arduino dihubungkan pada komputer dengan menggunakan kabel USB dan dapat mengisi daya menggunakan adapter dengan tegangan 9 volt. Arduino dapat menjalankan

fungsi dengan baik menggunakan *Source Code IDE* dengan menggunakan bahasa yang ditentukan (Nduru *et al.*, 2022).

Arduino memiliki kelebihan dan kekurangan dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya (Zarkashie, 2021). Kelebihan arduino uno antara lain:

1. Harga arduino uno sangat terjangkau. Apabila dibandingkan dengan perangkat mikrokontroler lainnya, Arduino ini harganya sangat murah.
2. Arduino mempunyai modul (*shield*) yang siap dipakai dan dapat dihubungkan pada papan Arduino seperti *ethernet*, *SD Card*, *shield GPS* dan lain-lain.
3. Arduino uno mempunyai slot USB sehingga dapat memudahkan pengguna laptop yang tidak memiliki port serial dapat memakainya.
4. Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu C++. Bahasa yang cukup mudah karena arduino dilengkapi dengan *library* yang cukup lengkap.

Sedangkan kekurangan dari arduino uno antara lain :

1. Arduino memiliki memori yang kecil dibandingkan dengan *Raspberry Phi*. Kapasitas yang dimiliki oleh Arduino Uno sekitar 0,002 MB sedangkan kapasitas yang dimiliki *Raspberry Phi* sekitar 512 MB.
2. Arduino memiliki *Clock Speed* yang lebih rendah dibandingkan mikrokontroler lainnya.
3. Arduino tidak dilengkapi dengan modul *wired* secara *built in*. Arduino dapat dipadukan dengan konektivitas *wifi*, *ethernet* dan *Bluetooth* dengan cara dipasangkan ke Arduino secara *add-on* dengan menambahkan modulnya.
4. Ruang penyimpanan flash pada Arduino berkurang karena dipakai oleh *bootloader*.

Penelitian ini menggunakan Arduino Uno yang memiliki spesifikasi pada tabel

2.2 (Widyo, 2019).

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino

Spesifikasi	Arduino
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7 - 12 V
<i>Input Voltage (Limit)</i>	6 - 10 V
<i>Digital I/ Pins</i>	14
<i>PWM Digital I/O Pins</i>	6
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 Ma
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 Ma
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328)
<i>EEPROM</i>	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>LED_BUILTIN</i>	13
<i>Length</i>	68.6 mm
<i>Width</i>	53.4 mm
<i>Weight</i>	25 g

2.2.3 Arduino IDE

Arduino IDE adalah sebuah perangkat lunak yang memiliki sifat terbuka terdiri dari sejumlah komponen, menu, dan fasilitas untuk membuat, menjalankan, dan implementasi program. IDE adalah singkatan dari *Integrated Development Environment*, artinya lingkungan pengembangan yang terintegrasi. Fungsi dimasukkan menggunakan sintaks program dan kemudian dijalankan dengan memuat dan memeriksa program. Java adalah Bahasa pemrograman dalam IDE Arduino dan juga dilengkapi *library* bahasa C/C++. (Erintafifah, 2021).

Arduino IDE memiliki bagian-bagian tertentu yaitu

1. Struktur dasar penulisan *sketch*
 - a. *Void setup*, merupakan perintah menjalankan program hanya sekali.
 - b. *Void loop*, merupakan perintah pengoperasian program yang dilakukan secara terus menerus.
2. Sintaks pemrograman
 - a. *//*, digunakan untuk memberikan umpan balik hanya pada satu baris.
 - b. */**/*, digunakan untuk memberikan umpan balik lebih dari satu.
 - c. *{ }*, untuk menentukan kapan suatu program dimulai dan berakhir.
 - d. *;*, digunakan sebagai penutup program agar program dapat berjalan dan diproses.
3. Fitur-fitur pada arduino IDE beserta fungsinya
 - a. *Verify*, digunakan untuk mengecek kode program apakah program sudah bekerja atau masih error.
 - b. *Upload*, untuk memasukkan program ke dalam *board* yang ditentukan.
 - c. *New*, untuk membuka halaman *sketch* yang baru.
 - d. *Open*, untuk membuka proyek yang telah disimpan sebelumnya.
 - e. *Save*, untuk menyimpan *sketch* yang sudah selesai dibuat.

2.2.4 Sensor Suhu



Gambar 2.2 Sensor suhu DS18B20
Sumber: ramli (2016)

Suhu adalah kondisi panas udara yang dihasilkan oleh energi matahari ketika mengenai suatu objek. Intensitas sisi bumi tergantung pada banyak atau sedikitnya energi panas matahari yang diterima di tempat tersebut. Keadaan awan, durasi penyinaran matahari, dan keadaan permukaan adalah faktor yang bisa mempengaruhi tingkat suhu tersebut. Suhu di berbagai bagian permukaan bumi berbeda dengan suhu di daerah lain pada waktu yang sama karena penyebaran sinar matahari yang tidak merata (ramli, 2016).

Sensor suhu merupakan suatu komponen yang terdapat di elektronika yang dapat mengkonversi besaran panas menjadi besaran listrik sehingga sensor ini dapat mendeteksi perubahan suhu di sekitar lingkungan pada objek tertentu. Sensor suhu melakukan pengukuran terhadap jumlah energi panas/dingin yang dihasilkan oleh suatu objek sehingga memungkinkan kita untuk mengetahui atau mendeteksi gejala perubahan-perubahan suhu tersebut dalam bentuk output Analog maupun Digital. Contoh peralatan elektronik yang menggunakan sensor suhu yaitu termometer suhu ruangan, termometer Suhu badan, *Air Conditioner* (AC) (I Gede Suputra Widharma, 2021).

Pada penelitian ini menggunakan sensor suhu DS18B20. Sensor suhu DS18B20 adalah sensor digital yang menggunakan 1 wire untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, memiliki chip sensor DS18B20 yang dililit dengan probe berbahan *stainless steel* sehingga sensor ini bersifat *waterproof* serta nyaman digunakan. Tegangan yang dimiliki sensor suhu ini mencapai 3V sampai 5V dan juga dapat mengukur suhu dari -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan rentang akurasi -10°C - $+85^{\circ}\text{C}$ (Putra, 2020). Spesifikasi dari sensor suhu DS18B20 yaitu

1. Kecepatan untuk mengubah suhu maksimal 750 m/s.
2. Kode serial 64 Bit khusus untuk setiap sensor tertanam dalam ROM Internal.
3. Pengguna dapat memilih resolusi antara 9 dan 12 bit.

2.2.5 Sensor *Total Dissolved Solids* (TDS)



Gambar 2.3 Sensor TDS SEN0244
Sumber: Irawan *et al.* (2021)

(*Total Dissolved Solids*) TDS merupakan suatu peralatan elektronik berfungsi menghitung jumlah kadar zat partikel yang terlarut di dalam air. Pada larutan air terdapat zat partikel yang tidak dapat dilihat oleh mata manusia, biasanya berupa partikel padatan yang berasal dari pelarutan, pelapukan tanah dan batu. Limpahan dari air sumur, limbah rumah tangga, air industri, dan air pertanian

adalah sumber utama TDS dalam perairan. Dalam air yang mengandung mineral, partikel yang terlarut biasanya terdiri dari natrium (garam), kalsium, kalium, magnesium, nitrat, bikarbonat, klorinasi, dan belerang. Pestisida yang berasal dari aliran permukaan dan mengandung TDS dapat membahayakan manusia. Garam anorganik, kandungan organik, dan gas terlarut adalah komponen air minum yang terlarut (Irawan *et al.*, 2021). Spesifikasi dari sensor TDS SEN0244 yaitu (Effendi & Puspitaningrum, 2021)

1. Sensor TDS SEN0244 digunakan untuk mengukur TDS dan jumlah kandungan zat terlarut (ppm) dalam air minum, air industri, bendungan, kolam, tambak atau budaya, dan hidroponik.
2. Sensor TDS SEN0244 memiliki input tegangan 3.3 volt sampai 5.5 volt dan output tegangan 0 volt sampai 2.3 volt.
3. Sensor TDS SEN0244 dapat mengukur dari 0 hingga 1000 ppm

2.2.6 Relay



Gambar 2.4 Relay
Sumber: Zanoor (2020)

Relay adalah komponen elektronika saklar yang bekerja secara elektrik dan komponen elektromekanis yang terdiri dari dua bagian utama yaitu elektromagnetik (oil) dan mekanikal (sepasang kontak saklar). Relay menggunakan prinsip

elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dapat menghantarkan arus tegangan lebih tinggi dengan arus kecil. Relay adalah peralatan atau komponen listrik yang difungsikan sebagai saklar. Pada dasarnya, relay terdiri dari 2 tipe yang bekerja dengan prinsip induktif dan relay yang cara kerjanya menggunakan komponen elektronika daya atau dikenal dengan solid state relay. Relay memiliki batas tegangan dan arus yang berbeda, saat menggunakan relay harus memperhatikan batas tegangan dan arus beban. Tegangan aktif relay adalah +5V, +12V, +24V, dan seterusnya, kemampuan kontaktornya memiliki rating tegangan 110 V, 220 V, 380 V, dan seterusnya serta arus bebannya 1A, 2A, 10A dan seterusnya (Syahwil, 2017).

Relay memiliki tiga bagian utama, yaitu:

- a. *Common*, adalah bagian yang terhubung dengan *Normally Close* (dalam kondisi normal)
- b. *Coil* (kumparan) adalah bagian utama dari relai yang digunakan untuk membangkitkan medan magnet
- c. Kontak, yang didalamnya terdapat *Normally Open* dan *Normally Close*

2.2.7 Pompa air



Gambar 2.5 Pompa air
Sumber: Adhan (2022)

Pompa air adalah sebuah mesin atau alat yang menggunakan tenaga listrik untuk mengalirkan fluida pada saluran dari satu tempat ke tempat lain. Pada umumnya terjadi perbedaan tekanan antara sisi hisap dan sisi tekanan karena prinsip kerja pompa. Perbedaan tekanan ini menciptakan mekanisme di mana sisi intake tidak bergerak, dan tekanan berubah. Pompa air digunakan di berbagai aspek kehidupan kita sebagai hasil dari kemajuan teknologi saat ini. Pompa air membantu manusia dalam menghemat waktu dan menangani tugas (Syafrudin, 2019).

Penelitian ini menggunakan pompa air mini yang biasanya digunakan untuk proyek otomatisasi. Pompa mini mudah digunakan, ringan serta tidak membutuhkan banyak tenaga dan tidak menyebabkan suara yang keras. Spesifikasi dari pompa air mini arduino yaitu

1. Batas tegangan: 2.5 – 6 volt DC
2. Kapasitas pompa: 80 – 120 L/H
3. *Inside outlet*: 4.7mm / 0.18"
4. *Outside outlet*: 7.5mm / 0.3"
5. Tegangan kerja: 3 – 5 volt
6. Daya: 0,4 – 1,5 Watt
7. Arus: 120 – 330 mA

2.2.8 Metode *fuzzy*

Prof. Lutfy A. Zadeh, seorang profesor ilmu komputer dari Universitas *California, Barkeley* yang memperkenalkan metode *fuzzy* pertama kali pada tahun 1965. Metode *fuzzy* adalah pendekatan himpunan logika yang dapat digunakan untuk mengatasi gagasan penilaian yang ada di antara kebenaran (*true*) dan salah

(*false*). Dalam Bahasa Inggris *fuzzy* memiliki arti samar. Nilai kebenaran pada logika *fuzzy* tidak dapat ditentukan secara jelas. Fungsi keanggotaan pada logika *fuzzy* rentang nilai 0 sampai dengan 1. Rentang nilai ini menunjukkan suatu kondisi dimana suatu nilai dapat bernilai benar (*true*) dan salah (*false*) secara bersamaan tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika *fuzzy* dapat dipakai untuk menerjemahkan besaran nilai yang dapat dirasakan yaitu menggunakan bahasa (linguistik) dan angka, contohnya nilai besaran suhu di suatu lingkungan tempat dapat dirasakan dingin, sangat dingin, hangat, panas dan juga panas (Suhartono, 2018). Menurut Puryono (2014) Metode *fuzzy* merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk penelitian dengan penalaran dari logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* sering dipakai karena beberapa alasan yakni (Nurwirasaputra *et al.*, 2020)

- a. Logika *fuzzy* memakai konsep yang matematis sederhana sehingga dapat mudah dimengerti dan juga bersifat fleksibel.
- b. Dapat memodelkan fungsi non-linear yang kompleks dan sederhana.
- c. Dapat menangani logika *fuzzy* pada kesalahan data-data yang salah.

2.2.9 Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* memiliki dua nilai derajat keanggotaan yakni 0 dan 1. Himpunan *fuzzy* biasanya disebut dengan bilangan *crisp* yang berbentuk tegas dan disimbolkan dengan persamaan $A[x]$, yang mana A dengan nilai 1 merupakan suatu anggota himpunan, apabila A memiliki nilai 0 maka A merupakan tidak termasuk anggota himpunan. Pada himpunan *fuzzy* terdapat dua atribut kelompok yakni Linguistik dan Numerik. Linguistik merupakan sebuah kelompok yang dapat

mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu menggunakan Bahasa alami, seperti kelembapan, cahaya, suhu, keinginan, usia dan lain sebagainya. Sedangkan Numerik merupakan sebuah kelompok yang dapat mewakili ukuran dari suatu variabel (100, 200, 300), seperti tinggi badan, usia, berat badan dan lain sebagainya (Arief, 2021).

Hal yang perlu diperhatikan dalam mempelajari himpunan *fuzzy* yaitu (Sejati, 2008):

1. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang digunakan untuk membangun suatu sistem *fuzzy*. Contohnya usia, cahaya, suhu, dan lain sebagainya.

2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan himpunan yang terdiri dari dua kelompok yakni linguistik dan numerik. Suatu kelompok akan menggantikan suatu kondisi tertentu dalam suatu variabel. Salah satu contoh variabel Numerik yakni umur atau usia yang dibagi menjadi tiga himpunan *fuzzy* yaitu muda, parobaya dan tua dan salah satu contoh variabel Linguistik yakni *temperature* atau suhu yang dibagi menjadi lima himpunan *fuzzy* yaitu sejuk, normal, hangat, dingin dan panas.

3. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang dibolehkan untuk beroperasi dalam suatu variabel *fuzzy*. Himpunan bilangan riil yang nantinya dapat bertambah (naik) secara monoton dari arah kiri menuju ke arah kanan. Nilai semesta pembicaraan berupa bilangan negatif maupun bilangan positif. Contoh semesta

pembicaraan dalam peruntukan variabel umur: $[0, +(\infty)]$ dan untuk semesta pembicaraan variabel suhu: $[0, 40]$.

4. Domain himpunan *fuzzy*

Domain himpunan *fuzzy* merupakan keseluruhan nilai yang diinginkan dalam semesta pembicaraan dan diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Domain merupakan himpunan bilangan riil yang nantinya dapat bertambah (naik) secara monoton dari arah kiri menuju ke arah kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan negatif maupun bilangan positif. Contoh domain himpunan *fuzzy* berdasarkan variabel numerik umur yakni:

- a. Usia muda = $[0, 50]$
- b. Parobaya = $[40, 70]$
- c. Tua = $(40, \infty)$

2.2.10 *Fuzzy Mamdani*

Menurut Puryono (2014) Metode *fuzzy mamdani* merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk penelitian dengan penalaran dari logika *fuzzy*. Pada umumnya metode *fuzzy mamdani* sering disebut dengan metode Max-Min. Untuk mendapatkan suatu input metode *fuzzy mamdani* melakukan empat tahapan yaitu:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pembentukan himpunan *fuzzy*, juga dikenal sebagai fuzzyfikasi, adalah prosedur awal pembentukan himpunan *fuzzy* yang digunakan untuk mendapatkan nilai input sebagai nilai *crisp* dan untuk menentukan derajat input yang tepat. Selanjutnya, fungsi pengaburan untuk masing-masing variabel input ditentukan.

Fungsi ini akan mengubah nilai variabel input tegas, yang biasanya diwakili dalam bentuk angka, menjadi nilai pendekatan. Fungsi pengaburan biasanya didefinisikan sebagai pemetaan, di mana suatu kelas himpunan *fuzzy* dalam semesta (Susilo, 2006).

Kriteria dari fungsi pengaburan yakni:

- a. Suatu nilai tegas $a \in \mathbb{R}$, dapat diubah oleh fungsi pengaburan kesuatu himpunan *fuzzy* \tilde{A} dengan $\mu_{\tilde{A}}(a) = 1$, atau setidaknya a memiliki nilai tinggi pada derajat keanggotaannya.
- b. Apabila nilai input dipengaruhi oleh derau, fungsi pengaburan diharapkan untuk mengurangi derau sejauh mungkin.
- c. Fungsi pengaburan dimaksudkan untuk membantu menyederhanakan perhitungan yang akan dilakukan oleh sistem.

2. *Inference System*

Basis data sistem *fuzzy* terdiri dari basis data dan basis aturan. Basis data terdiri dari serangkaian fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* yang terkait dengan nilai linguistik dari variabel sistem kontrol. Basis aturan terdiri dari serangkaian implikasi samar yang bertindak sebagai aturan sistem. Jika sistem itu mempunyai m buah kaidah dengan $(n+1)$ variabel, maka bentuk umum kaidah ke- i ($i=1, \dots, m$) adalah

jika x_1 *adalah* A_{i1} *dan* *dan* x_n *adalah* A_{in} , *maka* y *adalah* B_i (2.1)

dimana x_j adalah variabel linguistik dengan semesta numeris X_j ($j = 1, \dots, n$)

(Susilo, 2006). Aturan kriteria dari *inference system* yaitu

- a. Lengkap, yakni untuk setiap $(x_1, \dots, x_n) \in X_1 \times \dots \times X_n$ maka terdapat $i \in \{1, \dots, m\}$ sedemikian sehingga $\mu_{A_{ij}}(x_j) \neq 0$ untuk semua $j \in \{1, \dots, n\}$. Singkatnya, untuk setiap nilai input terdapat setidaknya satu kaidah yang tersambung.
- b. Konsisten, yaitu tidak ada aturan dengan kaidah yang sama tetapi konsekuensi yang berbeda.
- c. Kontinu, yaitu tidak ada kaidah menggunakan himpunan *fuzzy* yang terkait dalam anteseden beririsan, tetapi himpunan *fuzzy* yang terkait dalam konsekuennya saling asing.

3. Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi dikenal dengan fungsi penegasan merupakan pemetaan, $f: K \rightarrow \mathbb{R}$ dimana K adalah kelas himpunan *fuzzy* yang menggambarkan himpunan *fuzzy* untuk bilangan riil tertentu. Output bilangan tegas ini menentukan langkah pengendalian selanjutnya yang dilakukan sistem, karena output sistem *fuzzy* adalah himpunan *fuzzy*, maka diperlukan suatu cara yang dapat mengubah nilai himpunan *fuzzy* tersebut menjadi himpunan bilangan tegas (Susilo, 2006). Kriteria fungsi penegasan yaitu

- a. Masuk akal, sehingga bilangan tegas $t(\tilde{A})$ dapat diterima secara intuitif sebagai representasi himpunan *fuzzy* \tilde{A} .
- b. Kemudahan komputasi, diharapkan fungsi penegasan tersebut relatif sederhana dan mudah dalam proses perhitungannya untuk memperoleh output bilangan tegas.

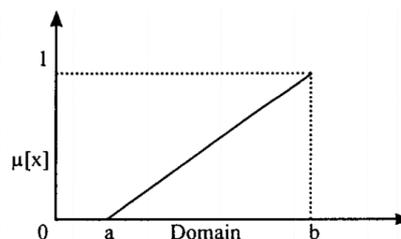
- c. Kontinu, artinya perubahan kecil pada \tilde{A} tidak akan memiliki efek perubahan besar pada \tilde{A} .

2.2.11 Fungsi keanggotaan

Menurut Simanjutak (2015), fungsi keanggotaan atau biasanya disebut *member function* adalah grafik atau kurva yang memproyeksikan titik-titik input data pada derajat keanggotaan domain. Nilai *member function* berkisar antara nol (0) dan satu (1). $\mu(x)$ adalah nilai keanggotaan variabel x . Aturan atau rule nilai keanggotaan variabel x digunakan sebagai faktor bobot untuk menentukan pengaruhnya saat melakukan inferensi. Fungsi keanggotaan yang dapat digunakan pada penelitian ini yaitu

1. Representasi Linear

Representasi linier adalah bentuk yang paling sederhana dan cocok untuk mendekati konsep yang kurang jelas atau ambigu. Representasi linier untuk menghubungkan input dengan derajat keanggotaannya direpresentasikan dengan menggambar garis lurus. Himpunan *fuzzy* linear memiliki dua kondisi. Nilai domain dengan derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju nilai domain dengan derajat keanggotaan lebih tinggi, maka himpunan naik. Gambar 2.6 merupakan kurva linier naik.

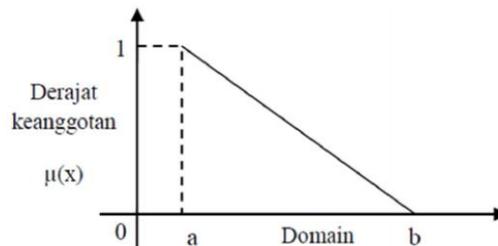


Gambar 2.6 Representasi kurva Naik

Fungsi keanggotaan dari kurva linear naik yakni

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

Kedua, apabila nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi berada di sisi kiri disebut himpunan kurva linier turun. Nilai domain dengan derajat keanggotaan lebih rendah kemudian bergerak menuju nilai domain dengan derajat keanggotaan lebih rendah. Gambar 2.7 merupakan kurva linier turun.



Gambar 2.7 Representasi kurva turun

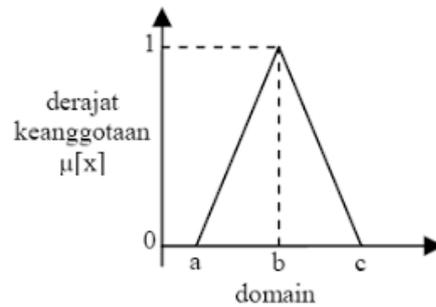
Fungsi keanggotaan dari kurva linear turun yakni

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ (b - x)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

2. Representasi Kurva segitiga

Representasi kurva segitiga merupakan kurva gabungan dua garis lurus linear yakni representasi kurva linear naik dan representasi kurva linier turun.

Gambar 2.8 merupakan representasi kurva segitiga.



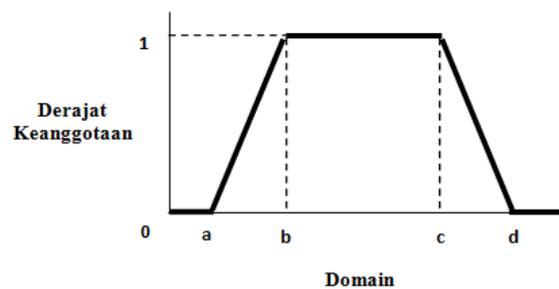
Gambar 2.8 Representasi kurva segitiga

Representasi kurva segitiga yang memiliki tiga (3) parameter fungsi keanggotaan yakni parameter a , b , c yang akan menentukan koordinat x dari tiga sudut. Fungsi keanggotaan dari Representasi kurva segitiga yakni

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ (x - a)/(b - a) & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.4)$$

3. Representasi Kurva Trapesium

Representasi kurva trapesium memiliki empat parameter yaitu parameter a , b , c , dan d . Representasi kurva trapesium hampir sama dengan kurva segitiga, hanya memiliki perbedaan pada trapesium terdapat beberapa titik yang memiliki derajat keanggotaan satu. Gambar 2.9 merupakan grafik representasi kurva Trapesium::



Gambar 2.9 Representasi kurva trapesium

Fungsi keanggotaan dari Representasi kurva segitiga yakni.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ 1; & a \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c) & x \geq d \end{cases} \quad (2.5)$$

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini berisi tentang desain dan implementasi yang meliputi analisis kebutuhan, prinsip kerja sistem, desain penelitian dan analisis dengan tujuan untuk mempermudah memahami cara kerja dan alur sistem yang akan dibuat. Penelitian ini juga membuat sistem untuk mengukur kualitas air menggunakan metode *fuzzy mamdani* berbasis arduino uno. Gambar 3.1 adalah prosedur dari alur penelitian ini.



Gambar 3.1 Alur penelitian

3.1 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan proses awal untuk menentukan dan mengumpulkan bahan perangkat keras (*hardware*) dan (*software*) yang dibutuhkan peneliti dalam membangun suatu sistem. Analisis kebutuhan sangat diperlukan untuk mendukung kinerja sistem. Kebutuhan perangkat keras yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu:

3.1.1 Kebutuhan Perangkat Keras

1. Laptop
2. Arduino Uno
3. Sensor suhu DS18B20
4. Sensor TDS SEN0244
5. Relay
6. Pompa

3.1.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

1. *Microsoft Windows* 10 64 bit
2. IDE Arduino Uno
3. Matlab
4. *Library* Sensor suhu dan TDS

3.2 Desain Penelitian

Suatu penelitian membutuhkan desain atau perancangan penelitian agar dapat lebih teratur dalam menjalankan penelitian. Penelitian ini menerapkan metode

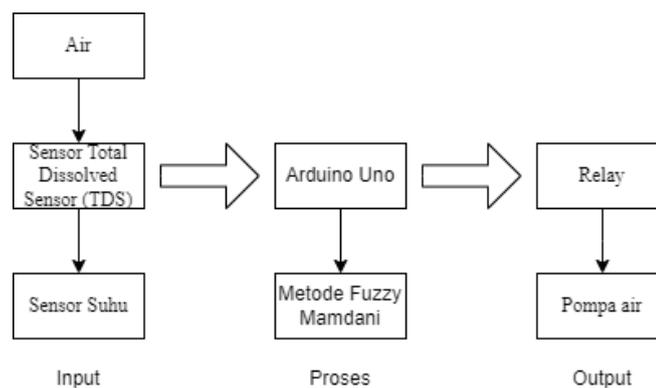
fuzzy Mamdani sebagai pembangun sistem informasi kualitas air layak konsumsi.

Apabila sistem menentukan kualitas air buruk maka pompa akan menyala.

3.2.1 Pengumpulan Data

Data diambil dari air mineral, air bersih campur tanah dan air sumur dengan menggunakan sensor suhu dan TDS dan arduino uno. Masyarakat banyak yang memanfaatkan air sumur tersebut tanpa mengetahui kualitas air yang sesuai dengan ketentuan air layak konsumsi.

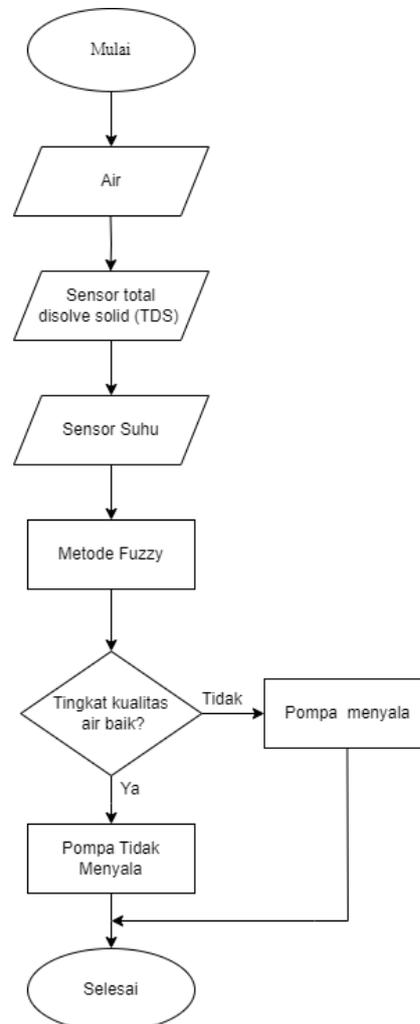
3.2.2 Diagram Blok



Gambar 3.2 Diagram blok
Sumber: diolah dari Susilo (2006)

Diagram blok merupakan sebuah perencanaan yang mana di dalamnya terdapat inti dari pembuatan sistem dan menjelaskan tentang proses kerja pada sistem. Berdasarkan gambar 3.2 diagram blok sistem tersebut, penelitian ini menggunakan dua sistem input yaitu sensor TDS dan sensor suhu. Kemudian data diproses menggunakan arduino uno untuk menentukan kualitas air dan untuk mengelola data menggunakan metode *fuzzy mamdani*. Setelah melalui proses Arduino, Output kemudian dikirimkan ke relay. Relay berfungsi untuk menyalakan pompa.

3.2.3 Desain Sistem



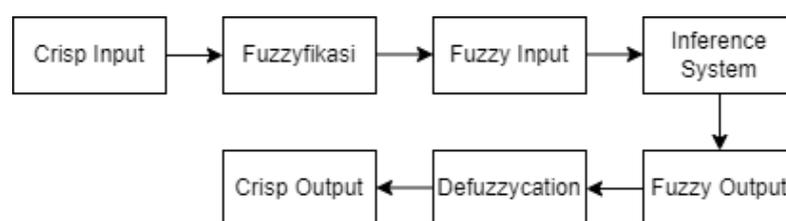
Gambar 3.3 Desain sistem
Sumber: diolah dari Susilo (2006)

Desain sistem dapat digambarkan dengan flowchart. Flowchart merupakan suatu diagram atau bagan yang berisi urutan proses suatu program. Setiap langkah digambarkan bentuk diagram dan dihubungkan dengan garis atau tanda panah. Pada gambar 3.3 terdapat dua input yakni sensor TDS SEN0244 dan sensor suhu jenis DS18B20. Dalam penelitian ini sensor TDS SEN0244 berfungsi untuk mendapatkan nilai tingkat partikel terlarut yang terdapat dalam air sedangkan sensor DS18B20

digunakan untuk mengukur suhu *temperature* di dalam air. Kemudian data yang diperoleh dari sensor tersebut akan di proses melalui arduino uno. Metode *fuzzy mamdani* diimplementasikan ke dalam program arduino. Apabila hasil dari metode *fuzzy* kualitas air sesuai dengan ketentuan air maka pompa akan berhenti dan apabila kualitas air buruk maka pompa menyala.

3.3 Analisis Metode *fuzzy Mamdani*

Pada penelitian ini menggunakan metode *fuzzy Mamdani*. Proses perhitungan metode *fuzzy* dimulai dari menentukan *crisp* atau nilai tegas pada sensor. Tahap kedua yakni pembentukan himpunan *fuzzy* (*fuzzyfikasi*) untuk memperoleh nilai fungsi keanggotaan. Selanjutnya, nilai fungsi keanggotaan dibuatkan *rule* pada *Inference System* untuk dijadikan acuan dalam menjelaskan hubungan antara variabel inputan dan variabel yang diproses. Pada tahap *Inference System* melakukan penalaran sehingga mendapatkan suatu sistem keputusan. Gambar 3.4 adalah alur metode *fuzzy* pada penelitian ini.



Gambar 3.4 Alur metode *fuzzy*
Sumber: diolah dari Susilo (2006)

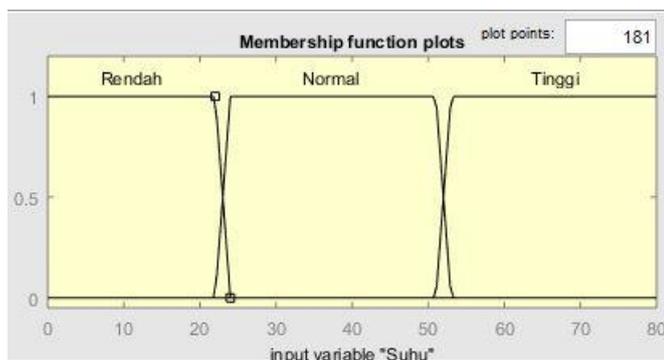
3.3.1 Pembentukan Himpunan *fuzzy* (*fuzzyfikasi*)

Fuzzyfikasi tahap awal dari metode *fuzzy*. Fuzzifikasi mengkonversi inputan data/*crisp set* ke dalam bentuk *fuzzy* input yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*), berupa nilai linguistik yang semantiknya ditentukan berdasarkan

fungsi keanggotaan tertentu. Fuzzifikasi untuk menentukan variabel input dan output serta himpunan *fuzzy*. Pada penelitian ini menggunakan dua variabel input yakni suhu, TDS dan satu variabel output yakni variabel kualitas air. Variabel *fuzzy* dan himpunan keanggotaan didapatkan dari nilai keanggotaan *fuzzy* untuk masing-masing variabel input dan output (Susilo, 2006).

Proses fuzzyfikasi dan fungsi keanggotaan variabel, suhu, tds dan kualitas air dari penelitian ini yaitu

1. Variabel Suhu



Gambar 3.5 Variabel Suhu

Berdasarkan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika suhu air memiliki rentang nilai 0°C sampai 80°C dengan klasifikasi Suhu Rendah (0°C – 24°C), Normal (22°C - 53°C), Tinggi (51°C - 80°C). Nilai keanggotaan dari masing-masing variabel suhu dengan menggunakan persamaan kurva trapesium dan segitiga. Adapun persamaan keanggotaan yang diperoleh dari kurva bentuk bahu kiri, kurva bahu kanan dan kurva segitiga pada variabel suhu yaitu dengan persamaan. Persamaan 3.1 merupakan fungsi keanggotaan suhu dingin berbentuk kurva bahu kiri.

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < 0 \text{ atau } x > 24 \\ 1; & 0 \leq x \leq 22 \\ (24 - x)/(24 - 22) & 22 \leq x \leq 24 \end{cases} \quad (3.1)$$

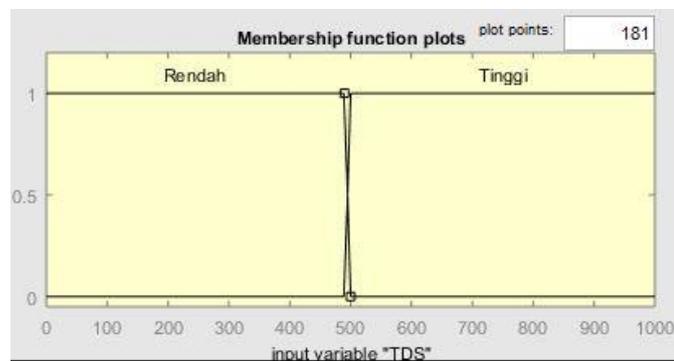
Persamaan 3.2 merupakan fungsi keanggotaan suhu normal berbentuk kurva segitiga.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 22 \\ 1; & 24 \leq x \leq 51 \\ (x - 22)/(24 - 22) & 22 \leq x \leq 24 \\ (51 - x)/(51 - 24) & 51 \leq x \leq 53 \end{cases} \quad (3.2)$$

Persamaan 3.3 merupakan fungsi keanggotaan suhu panas yang sangat tinggi berbentuk kurva bahu kanan.

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} (x - 51)/(53 - 51) & 51 \leq x \leq 53 \\ 1; & 53 \leq x \leq 80 \\ 0; & x < 52 \text{ atau } x > 80 \end{cases} \quad (3.3)$$

2. Variabel *Total Dissolved Solids* (TDS)



Gambar 3.6 Variabel *Total Dissolved Solids* (TDS)

Berdasarkan Peraturan menteri Kesehatan Republik Indonesia no.492/MENKES/PES/IV/2010. Jumlah air layak konsumsi *Total Dissolved Solids* (TDS) yang terlarut dalam air lebih kecil dari 500mg/L (TDS<500 ppm), air dikategorikan tidak bisa dikonsumsi ketika TDS menunjukkan angka 1000 mg/L. Variabel *Total Dissolved Solids* (TDS) memiliki nilai rentang dari 0 – 1000 ppm dengan klasifikasi rendah (0-500 ppm) dan tinggi (≥ 500 ppm). Satuan standar yang

digunakan untuk mengukur padatan zat yang terlarut yaitu ppm. Persamaan kurva trapesium digunakan untuk memperoleh penilaian keanggotaan dari setiap keanggotaan variabel TDS. Kurva trapesium digunakan untuk mendapatkan fungsi keanggotaan dari kurva bentuk bahu kanan dan kurva bahu kiri. Persamaan 3.4 merupakan fungsi keanggotaan rendah berbentuk kurva bahu kiri.

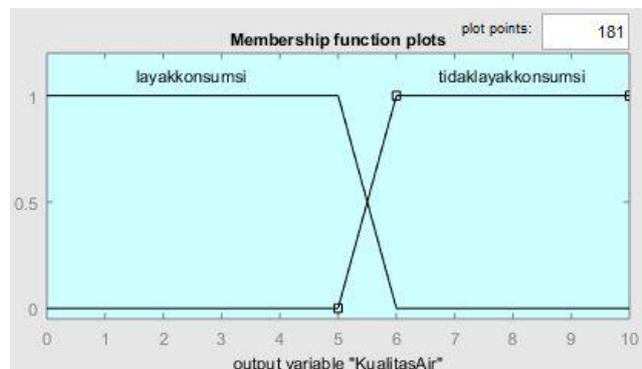
$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < 0 \text{ atau } x > 500 \\ 1; & 0 \leq x \leq 490 \\ (500 - x)/(500 - 490) & 490 \leq x \leq 500 \end{cases} \quad (3.4)$$

Persamaan 3.5 merupakan fungsi keanggotaan zat padat air terlarut tinggi berbentuk kurva bahu kanan.

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} (x - 490)/(500 - 490) & 490 \leq x \leq 500 \\ 1; & 500 \leq x \leq 1000 \\ 0; & x < 490 \text{ atau } x > 1000 \end{cases} \quad (3.5)$$

3. Variabel Kualitas Air

Menurut Arief (2021) Output derajat kualitas air dibagi menjadi dua bagian yaitu layak konsumsi (1-6) dan tidak layak konsumsi (5-10). Acuan yang digunakan untuk menyalakan pompa adalah derajat keanggotaan kualitas air.



Gambar 3.7 Variabel kualitas air

3.3.2 Inference System

Setelah perhitungan fuzzyfikasi langkah selanjutnya yakni *inference system* untuk pembentukan *rule based*. Proses Inferensi melakukan penalaran menggunakan *fuzzy* input dan aturan *fuzzy* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy* output. *Rule based* pada logika *fuzzy* merupakan suatu bentuk aturan relasi yang akan menentukan output dari inputan yang diberikan (Suhartono *et al.*, 2013). Tabel 3.1 adalah *rule based* pada penelitian ini.

Tabel 3.1 Hasil Rule Based

IF	Suhu	Tingkat TDS	Kualitas Air
R1	Rendah	Rendah	layak konsumsi
R2	Normal	Rendah	Layak konsumsi
R3	Tinggi	Rendah	Tidak layak konsumsi
R4	Rendah	Tinggi	Tidak layak konsumsi
R5	Normal	Tinggi	Tidak layak konsumsi
R6	Tinggi	Tinggi	Tidak layak konsumsi

Berdasarkan tabel 3.1 maka didapatkan *rule*:

[R1] Jika suhu rendah dan tingkat TDS rendah maka air layak konsumsi

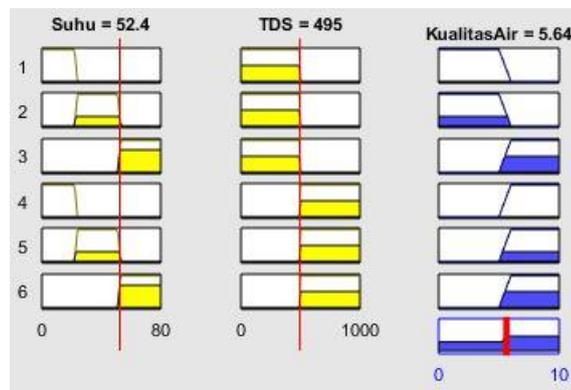
[R2] Jika suhu Normal dan tingkat TDS rendah maka air layak konsumsi

[R3] Jika suhu Tinggi dan tingkat TDS rendah maka air tidak layak konsumsi

[R4] Jika suhu rendah dan tingkat TDS tinggi maka air tidak layak konsumsi

[R5] Jika suhu normal dan tingkat TDS tinggi maka air layak tidak konsumsi

[R6] Jika suhu tinggi dan tingkat TDS tinggi maka air tidak layak konsumsi



Gambar 3.8 Hasil rule base

Gambar 3.8 merupakan hasil pembentukan rule base, penjelasan hasil rule base berdasarkan gambar 3.8 adalah

1. Rule base pertama tidak memenuhi aturan input suhu 52.4°C dan TDS 495, karena nilai suhu tidak termasuk rendah.
2. Rule base kedua memenuhi aturan input suhu 52.4°C dan TDS 495, karena suhu memenuhi nilai normal dan TDS nilai rendah.
3. Rule base ketiga memenuhi aturan input suhu 52.4°C dan TDS 495, karena suhu memenuhi nilai tinggi dan TDS nilai rendah.
4. Rule base keempat tidak memenuhi aturan input suhu 52.4°C dan TDS 495, karena nilai suhu tidak termasuk rendah.
5. Rule base kelima memenuhi aturan input suhu 52.4°C dan TDS 495, karena suhu memenuhi nilai normal dan TDS nilai tinggi.
6. Rule base keenam memenuhi aturan input suhu 52.4°C dan TDS 495, karena suhu memenuhi nilai tinggi dan TDS nilai tinggi.

Berdasarkan penjelasan pada gambar 3.8 yang memenuhi perhitungan input suhu 52.4°C dan TDS 495 ppm berada pada *rule based* nomor dua, tiga, lima dan enam.

3.3.3 Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi proses terakhir dari metode *fuzzy*. Defuzzyfikasi digunakan untuk mengkonversi nilai keanggotaan *fuzzy* menjadi keputusan tertentu atau bilangan *real*. *Input* dari langkah defuzzifikasi adalah himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari *inference* sistem *fuzzy*, sedangkan output suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy*. Apabila diketahui suatu himpunan *fuzzy* dalam suatu range tertentu, maka harus dapat diperoleh suatu nilai *crisp* (bilangan *real*) tertentu sebagai output atau hasil keputusannya. Berdasarkan gambar 3.8 input suhu 52.4°C dan TDS 495 ppm, tingkat kualitas defuzzyfikasi kualitas air dengan metode mamdani senilai 5.65, yang artinya kualitas air tidak layak konsumsi.

3.4 Rencana Pengujian

Dengan menguji sistem kualitas air minum yang akan dibuat, tujuannya adalah untuk menunjukkan bahwa sistem tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian pada sistem kualitas air layak konsumsi dilakukan dengan cara mengukur sensor suhu dan TDS. Perbandingan sensor suhu dengan termometer dan sensor TDS dengan TDS meter. Untuk menentukan error dan rata-rata error menggunakan persamaan 3.6.

$$Error = \frac{\text{sensor suhu} - \text{Termometer}}{\text{Termometer}} \times 100\% \quad (3.6)$$

$$Error = \frac{\text{sensor TDS} - \text{TDS Meter}}{\text{TDS Meter}} \times 100\%$$

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{\sum \text{Error}}{\sum \text{Data uji}}$$

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan membandingkan output suhu dan TDS dengan logika fuzzy pada mikrokontroler dibandingkan output hasil dari aplikasi matlab. Pengujian untuk mengetahui pengukuran tingkat akurasi dan kesalahan sistem. Pengukuran tingkat akurasi sistem dalam menentukan kualitas air layak minum menggunakan metode *confusion matrix* pada masing-masing fitur yang diukur. Tabel 3.2 merupakan perhitungan dan rumus akurasi menggunakan *confusion matrix*.

Tabel 3.2 *Confusion Matrix*

		Prediksi	
		False	True
Aktual	False	TN	FP
	True	FN	TP

Keterangan:

TN = True Negatif

FN = False Negatif

FP = False Positif

TP = True Positif

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (3.7)$$

$$Misclassification\ Rate = \frac{FP+FN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (3.8)$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan memaparkan tentang hasil yang telah dikerjakan dan akan dipaparkan yang meliputi implementasi *fuzzy* pada mikrokontroler, pengujian alat dan sistem. Pengujian alat dengan tujuan untuk mengukur kualitas air layak konsumsi atau tidak dari sistem kualitas air. Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode *fuzzy mamdani* untuk menguji nilai kelayakan air konsumsi.

4.1 Hasil

4.1.1 Implementasi *Fuzzy* Pada Mikrokontroler

1. Implementasi Proses Fuzzifikasi

Fuzzyfikasi merupakan tahap awal dari metode *fuzzy mamdani*. Yang berfungsi sabagai identifikasi nilai keanggotaan dari sensor suhu dan TDS berdasarkan data yang diperoleh dari sensor suhu dan TDS. Gambar 4.1 kode program untuk mengukur fungsi keanggotaan setiap variable *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini.

```

// Fuzzy input suhu
FuzzySet *rendahsuhu      = new FuzzySet(0, 0, 22, 24);
FuzzySet *normalsuhu     = new FuzzySet(22, 24, 51, 53);
FuzzySet *tinggisuhu     = new FuzzySet(51, 53, 80, 80);

// Fuzzy Input TDS
FuzzySet *rendahtds      = new FuzzySet(0, 0, 490, 500);
FuzzySet *tinggitds     = new FuzzySet(490, 500, 1000, 1000);

// -----FUZZYFIKASI INPUT-----
// input1 suhu
FuzzyInput *suhu = new FuzzyInput(1);

suhu ->addFuzzySet(rendahsuhu);
suhu ->addFuzzySet(normalsuhu);
suhu ->addFuzzySet(tinggisuhu);
fuzzy->addFuzzyInput(suhu);

// input2 tds
FuzzyInput *tdsValue = new FuzzyInput(2);

tdsValue ->addFuzzySet(rendahtds);
tdsValue ->addFuzzySet(tinggitds);
fuzzy->addFuzzyInput(tdsValue);

```

Gambar 4.1 Source Code Fuzzifikasi

Source code gambar 4.1 merupakan proses *fuzzyfikasi* untuk menentukan nilai suhu dan TDS berdasarkan peraturan kualitas air layak konsumsi. Pada input nilai sensor suhu terdapat tiga bagian suhu yaitu suhu rendah (0°C-24 °C), suhu normal (22°C–43°C) dan suhu tinggi (28°C-37°C). Nilai sensor TDS terdapat 2 bagian yaitu tds rendah (0–500 ppm) dan tds tinggi (500 ppm–1000 ppm).

2. Implementasi *Inference Fuzzy* dan *Defuzzyfikasi*

Langkah selanjutnya setelah mendapatkan nilai keanggotaan atau proses *fuzzyfikasi* langkah selanjutnya yaitu proses *inference* dan *defuzzyfikasi*. *Inference fuzzy* merupakan komponen utama dalam sistem kontrol *fuzzy* yang digunakan untuk mengambil keputusan berdasarkan aturan-aturan *fuzzy*. Sistem *inference* menghubungkan input yang diterima dengan aturan-aturan *fuzzy* yang telah ditentukan untuk menghasilkan output yang diinginkan. Setelah proses *inference*

proses selanjutnya yaitu *defuzzyfikasi*. Gambar 4.2 kode program untuk menentukan proses *inference* dan *defuzzyfikasi*.

```
// 1
FuzzyRuleAntecedent *rendahsuhu_rendahtds = new FuzzyRuleAntecedent();
rendahsuhu_rendahtds ->joinWithAND (rendahsuhu, rendahtds);

FuzzyRuleConsequent *kualitas_layakkonsumsi1 = new FuzzyRuleConsequent();
kualitas_layakkonsumsi1 ->addOutput (layakkonsumsi);

FuzzyRule *fuzzyRule1 = new FuzzyRule(1, rendahsuhu_rendahtds, kualitas_layakkonsumsi1);
fuzzy -> addFuzzyRule(fuzzyRule1);

//2
FuzzyRuleAntecedent *normalsuhu_rendahtds = new FuzzyRuleAntecedent();
normalsuhu_rendahtds ->joinWithAND (normalsuhu, rendahtds);

FuzzyRuleConsequent *kualitas_layakkonsumsi2 = new FuzzyRuleConsequent();
kualitas_layakkonsumsi2 ->addOutput (layakkonsumsi);

FuzzyRule *fuzzyRule2 = new FuzzyRule(2, normalsuhu_rendahtds, kualitas_layakkonsumsi2);
fuzzy -> addFuzzyRule(fuzzyRule2);

//3
FuzzyRuleAntecedent *tinggisuhu_rendahtds = new FuzzyRuleAntecedent();
tinggisuhu_rendahtds ->joinWithAND (tinggisuhu, rendahtds);

FuzzyRuleConsequent *kualitas_tidaklayakkonsumsi2 = new FuzzyRuleConsequent();
kualitas_tidaklayakkonsumsi2 ->addOutput (tidaklayakkonsumsi);

FuzzyRule *fuzzyRule3 = new FuzzyRule(3, tinggisuhu_rendahtds, kualitas_tidaklayakkonsumsi2);
fuzzy -> addFuzzyRule(fuzzyRule3);

// 4.
FuzzyRuleAntecedent *rendahsuhu_tinggitds = new FuzzyRuleAntecedent();
rendahsuhu_tinggitds ->joinWithAND (rendahsuhu, tinggitds);

FuzzyRuleConsequent *kualitas_tidaklayakkonsumsi3 = new FuzzyRuleConsequent();
kualitas_tidaklayakkonsumsi3 ->addOutput (tidaklayakkonsumsi);

FuzzyRule *fuzzyRule4 = new FuzzyRule(4, rendahsuhu_tinggitds, kualitas_tidaklayakkonsumsi3);
fuzzy -> addFuzzyRule(fuzzyRule4);

//5
FuzzyRuleAntecedent *normalsuhu_tinggitds = new FuzzyRuleAntecedent();
normalsuhu_tinggitds ->joinWithAND (normalsuhu, tinggitds);

FuzzyRuleConsequent *kualitas_tidaklayakkonsumsi4 = new FuzzyRuleConsequent();
kualitas_tidaklayakkonsumsi4 ->addOutput (tidaklayakkonsumsi);

FuzzyRule *fuzzyRule5 = new FuzzyRule(5, normalsuhu_tinggitds, kualitas_tidaklayakkonsumsi4);
fuzzy -> addFuzzyRule(fuzzyRule5);

//6
FuzzyRuleAntecedent *tinggisuhu_tinggitds = new FuzzyRuleAntecedent();
tinggisuhu_tinggitds ->joinWithAND (tinggisuhu, tinggitds);

FuzzyRuleConsequent *kualitas_tidaklayakkonsumsi5 = new FuzzyRuleConsequent();
kualitas_tidaklayakkonsumsi5 ->addOutput (tidaklayakkonsumsi);

FuzzyRule *fuzzyRule6 = new FuzzyRule(6, tinggisuhu_tinggitds, kualitas_tidaklayakkonsumsi5);
fuzzy -> addFuzzyRule(fuzzyRule6);
```

Gambar 4.2 Source Code Inference System

4.1.2 Pengujian Alat

Alat yang dirancang akan dilakukan pengujian untuk dilakukan evaluasi kemampuan masing-masing sensor Fuzzy serta menghitung rata-rata kesalahan dari setiap sensor yang digunakan. Diharapkan bahwa pengujian alat mendapat hasil yang baik

dan komponen alat dapat bekerja sesuai fungsinya. Pengukuran ini dilakukan selama 1 hari dengan memasukkan nilai input suhu dan TDS. Selisih dari hasil output menggunakan alat dengan hasil output alat ukur manual disebut dengan tingkat error. Alat ukur manual yang digunakan yaitu termometer air dan TDS meter. Tujuan dari pengujian alat ini adalah untuk menentukan apakah hasil pengujian sudah sesuai atau belum. Pengukuran dilakukan dengan mengambil sampel air mineral, air bersih yang tercampur dengan tanah, dan air sumur, Untuk meminimalkan tingkat kesalahan, pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali agar mendapatkan hasil yang akurat. Kemudian, rata-rata diambil dari ketiga percobaan pengukuran tersebut.

1. Sensor Suhu

Hasil dari output yang menggunakan termometer air dan sensor suhu dibandingkan untuk memperoleh nilai dari sensor suhu. Pada penelitian ini peneliti akan mengukur tiga sampel untuk mengukur nilai kualitas air. Pengukuran suhu akan dihitung tingkat kesalahan dan rata-rata error. Gambar 4.3 untuk mengukur sensor suhu DS18B20, gambar 4.4 untuk mengukur termometer air.



Gambar 4.3 Hasil eksperimen sensor suhu



Gambar 4.4 hasil eksperimen termometer air

a. Air Mineral

Tabel 4.1 Pengukuran suhu air mineral

Pengujian ke-	Suhu (°C)		Error (%)
	Termometer	Suhu	
1	26.50	26.62	0.45
2	26.40	26.56	0.60
3	26.40	26.50	0.37
Rata-rata Error			0.47

Data tabel 4.1 hasil nilai suhu dari termometer dan sensor suhu menggunakan sampel air mineral. Data yang diperoleh kemudian dihitung persentase dan nilai rata-rata error. Pengujian ketiga data tersebut terdapat error yang merupakan hasil dari perhitungan *relative error*. Berdasarkan perhitungan data yang pertama suhu air termometer dengan sensor suhu DS18B20 sebesar 0.45%. Persamaan 4.1 perhitungan error dengan membandingkan data pertama termometer suhu air dan sensor suhu DS18B20.

$$Error = \frac{sensorsuhu - Termometer}{Termometer} \times 100\% \quad (4.1)$$

$$Error = \frac{26.62 - 26.50}{26.50} \times 100\%$$

$$Error = 0.45$$

Rata-rata perbandingan antara sensor suhu dan termometer adalah 0.47%..

Persamaan 4.2 perhitungan rata-rata error dari sensor suhu 18b20 dan termometer.

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{Data uji}} \quad (4.2)$$

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{0.45+0.60+0.37}{3}$$

$$\text{Rata - rata Error} = 0.47$$

b. air bersih campur tanah

Tabel 4.2 Pengukuran suhu air bersih campur tanah

Pengujian ke-1	Suhu (°C)		Error (%)
	Termometer	suhu	
1	26.50	26.69	0.71
2	26.80	26.75	0.18
3	26.60	26.69	0.33
Rata-rata Error			1.22

Data tabel 4.2 merupakan hasil nilai suhu dari termometer dan sensor suhu menggunakan sampel air bersih campur tanah. Data yang diperoleh kemudian dihitung persentase dan nilai rata-rata error. Pengujian ketiga data tersebut terdapat error yang merupakan hasil dari perhitungan *relative error*. Berdasarkan perhitungan data yang pertama suhu air termometer dengan sensor suhu DS18B20 sebesar 0.71%. Persamaan 4.3 perhitungan error dengan membandingkan data pertama termometer suhu air dan sensor suhu DS18B20.

$$\text{Error} = \frac{\text{sensorsuhu} - \text{Termometer}}{\text{Termometer}} \times 100\% \quad (4.3)$$

$$\text{Error} = \frac{26.69 - 26.50}{26.50} \times 100\%$$

$$\text{Error} = 0.71$$

Rata-rata perbandingan antara sensor suhu dan termometer adalah 1.22%.

Persamaan 4.4 perhitungan rata-rata error dari sensor suhu DS18B20 dan termometer.

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{Data uji}} \quad (4.4)$$

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{0.71+0.18+0.33}{3}$$

$$\text{Rata - rata Error} = 1.22$$

c. Air Sumur

Tabel 4.3 Pengukuran suhu air sumur

Pengujian ke-	Suhu (°C)		Error (%)
	Termometer	Suhu	
1	26.50	26.75	0.94
2	26.70	26.81	0.41
3	26.80	26.81	0.03
Rata-rata Error			0.46

Data tabel 4.3 hasil nilai suhu dari termometer dan sensor suhu menggunakan sampel air sumur. Data yang diperoleh kemudian dihitung persentase dan nilai rata-rata error. Pengujian ketiga data tersebut terdapat error yang merupakan hasil dari perhitungan *relative error*. Berdasarkan perhitungan data yang pertama suhu air termometer dengan sensor suhu DS18B20 sebesar 0.94%. Persamaan 4.5 perhitungan error dengan membandingkan data pertama termometer suhu air dan sensor suhu DS18B20.

$$\text{Error} = \frac{\text{sensorsuhu} - \text{Termometer}}{\text{Termometer}} \times 100\% \quad (4.5)$$

$$\text{Error} = \frac{26.75 - 26.50}{26.50} \times 100\%$$

$$\text{Error} = 0.94$$

Rata-rata perbandingan antara sensor suhu dan termometer adalah 0.46%.
Persamaan 4.6 perhitungan rata-rata error dari sensor suhu DS18B20 dan termometer.

$$\text{Rata – rata Error} = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{Data uji}} \quad (4.6)$$

$$\text{Rata – rata Error} = \frac{0.94+0.41+0.03}{3}$$

$$\text{Rata – rata Error} = 0.46$$

2. Sensor TDS

Perbandingan dari hasil output sensor TDS dan TDS Meter adalah hasil ukur dari sensor TDS. Pada penelitian ini peneliti akan mengukur tiga sampel air dengan sensor TDS dan TDS meter. Pengukuran TDS akan dihitung tingkat kesalahan dan rata-rata error. Gambar 4.5 untuk mengukur sensor TDS. Gambar 4.6 untuk mengukur TDS Meter.



Gambar 4.5 Hasil eksperimen sensor TDS



Gambar 4.6 Hasil eksperimen pengukuran TDS meter

a. Air Mineral

Tabel 4.4 Pengukuran TDS air Mineral

Pengujian ke-	TDS (ppm)		Error (%)
	TDS Meter	TDS	
1	15	12	0.20
2	11	10	0.06
3	18	15	0.16
Rata-rata Error			0.14

Data tabel 4.4 hasil nilai dari TDS meter dan sensor TDS SEN0244 menggunakan sampel air mineral. Data yang diperoleh kemudian dihitung persentase dan nilai rata-rata error. Pengujian ketiga data tersebut terdapat error yang merupakan hasil dari perhitungan *relative error*. Berdasarkan perhitungan data yang pertama alat ukur manual TDS meter dan sensor TDS SEN0244 sebesar 0.20%. Di bawah ini adalah perhitungan error dengan membandingkan data pertama dari sensor TDS dan TDS meter.

$$Error = \frac{sensorTDS - TDS\ Meter}{TDS\ Meter} \times 100\% \quad (4.7)$$

$$Error = \frac{12 - 15}{15} \times 100\%$$

$$Error = 0.20$$

Rata-rata perbandingan antara sensor TDS dan TDS meter adalah 0.14%.

Persamaan 4.8 perhitungan rata-rata error dari sensor TDS dan TDS meter dari sampel air mineral.

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{\sum error}{\sum Data uji} \quad (4.8)$$

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{0.20+0.06+0.16}{3}$$

$$\text{Rata - rata Error} = 0.14$$

b. Air bersih campur tanah

Tabel 4.5 Pengukuran TDS air bersih campur tanah

Pengujian ke-	TDS (ppm)		Error (%)
	TDS Meter	TDS	
1	851	846	0.58
2	900	906	0.66
3	840	863	2.73
Rata-rata Error			1.32

Data tabel 4.5 merupakan hasil nilai dari TDS meter dan sensor TDS SEN0244 menggunakan sampel air bersih campur tanah. Data yang diperoleh kemudian dihitung persentase dan nilai rata-rata error. Pengujian ketiga data tersebut terdapat error yang merupakan hasil dari perhitungan *relative error*. Berdasarkan perhitungan data yang pertama TDS meter dan sensor TDS SEN0244 sebesar 0.58%. Persamaan 4.9 adalah perhitungan error dengan membandingkan data pertama TDS meter dan sensor TDS SEN0244.

$$Error = \frac{sensorTDS - TDSmeter}{TDSmeter} \times 100\% \quad (4.9)$$

$$Error = \frac{846 - 851}{851} \times 100\%$$

$$Error = 0.58$$

Rata-rata perbandingan antara sensor TDS dan TDS meter adalah 1.32%.

Persamaan 4.10 perhitungan rata-rata error dari sensor TDS dan TDS meter menggunakan sampel air bersih campur tanah.

$$\text{Rata – rata Error} = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{Data uji}} \quad (4.10)$$

$$\text{Rata – rata Error} = \frac{0.58+0.66+2.73}{3}$$

$$\text{Rata – rata Error} = 1.32$$

c. Air sumur

Tabel 4.6 Pengukuran TDS air sumur

Pengujian ke-	TDS (ppm)		Error (%)
	TDS Meter	TDS	
1	325	329	1.23
2	331	329	0.60
3	329	327	0.61
Rata-rata Error			0.81

Data tabel 4.6 hasil nilai dari TDS meter dan sensor TDS SEN0244 menggunakan sampel air sumur. Data yang diperoleh kemudian dihitung persentase dan nilai rata-rata error. Pengujian ketiga data tersebut terdapat error yang merupakan hasil dari perhitungan *relative error*. Berdasarkan perhitungan data yang pertama TDS meter dan sensor TDS SEN0244 sebesar 1.23%. Persamaan 4.11 perhitungan error dengan membandingkan data pertama TDS meter dan sensor TDS SEN0244.

$$\text{Error} = \frac{\text{sensorsuhu} - \text{TDSmeter}}{\text{TDSmeter}} \times 100\% \quad (4.11)$$

$$\text{Error} = \frac{329-325}{325} \times 100\%$$

$$\text{Error} = 1.23$$

Rata-rata perbandingan antara sensor TDS dan TDS meter adalah 0.81%.

Persamaan 4.12 perhitungan rata-rata error dari sensor TDS dan TDS meter menggunakan sampel air sumur.

$$\text{Rata – rata Error} = \frac{\Sigma \text{error}}{\Sigma \text{Data uji}} \quad (4.12)$$

$$\text{Rata – rata Error} = \frac{1.23+0.60+0.61}{3}$$

$$\text{Rata – rata Error} = 0.81$$

4.2 Pembahasan

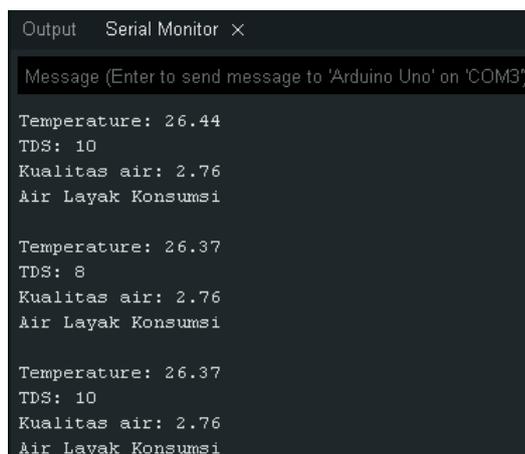
4.2.1 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dengan metode *fuzzy mamdani* digunakan untuk mengukur dan mengetahui tingkat kelayakan air. Data yang digunakan diambil dari sensor suhu air dan TDS lalu Data diolah dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani dan nilai output kualitas air. Hasil pengujian keseluruhan sistem dengan menggunakan metode *fuzzy mamdani yakni*

a. Air mineral

Tabel 4.7 Pengujian keseluruhan air mineral

No	Input		Output		Keterangan Kualitas air	
	Suhu	TDS	Mikrokont roler	Matlab	Mikrokont roler	Matlab
1	26.44	10	2.76	2.73	Layak Konsumsi	Layak Konsumsi
2	26.37	8	2.76	2.73	Layak Konsumsi	Layak Konsumsi
3	26.37	10	2.76	2.73	Layak Konsumsi	Layak Konsumsi



```

Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM3')

Temperature: 26.44
TDS: 10
Kualitas air: 2.76
Air Layak Konsumsi

Temperature: 26.37
TDS: 8
Kualitas air: 2.76
Air Layak Konsumsi

Temperature: 26.37
TDS: 10
Kualitas air: 2.76
Air Layak Konsumsi

```

Gambar 4.7 Output sistem pengukuran air mineral

Pengujian keseluruhan sistem yang pertama menggunakan sampel air mineral untuk diukur nilai kualitas air layak konsumsi atau tidak. Dari data tabel 4.7 menunjukkan hasil pengukuran sensor suhu, TDS, mikrokontroler dan matlab, output dari mikrokontroler berbanding sedikit dengan perhitungan Matlab. Gambar 4.7 adalah hasil program dari mikrokontroler arduino. Berdasarkan hasil gambar 4.7 dan tabel 4.7 Dapat diketahui bahwa sampel air mineral adalah layak untuk dikonsumsi dan sesuai dengan aturan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia.

b. Air campur tanah

Tabel 4.8 Pengujian air campur tanah

No	Input		Output		Kualitas air	
	Suhu	TDS	Mikrokont roler	Matlab	Mikrokontro ler	Matlab
1	26.50	823	7.74	7.77	Tidak Layak Konsumsi	Tidak Layak Konsumsi
2	26.50	823	7.74	7.77	Tidak Layak Konsumsi	Tidak Layak Konsumsi
3	26.50	826	7.74	7.77	Tidak Layak Konsumsi	Tidak Layak Konsumsi

```

Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM3')

Temperature: 26.50
TDS: 823
Kualitas air: 7.74
Air Tidak Layak Konsumsi

Temperature: 26.50
TDS: 823
Kualitas air: 7.74
Air Tidak Layak Konsumsi

Temperature: 26.50
TDS: 826
Kualitas air: 7.74
Air Tidak Layak Konsumsi

```

Gambar 4.8 Output sistem pengukuran air campur tanah

Pengujian keseluruhan sistem yang kedua menggunakan sampel air campur tanah untuk diukur nilai kualitas air layak konsumsi atau tidak. Dari data tabel 4.8 menunjukkan hasil pengukuran sensor suhu, TDS, mikrokontroler dan matlab, output dari mikrokontroler berbanding sedikit dengan perhitungan Matlab. Gambar 4.8 merupakan hasil program dari mikrokontroler arduino. Berdasarkan hasil 4.8 dan tabel 4.8, dapat diketahui bahwa sampel air campur tanah adalah tidak layak untuk dikonsumsi dan tidak sesuai dengan aturan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia.

c. Air sumur

Tabel 4.9 Pengujian keseluruhan air sumur

No	Input		Output		Kualitas air	
	Suhu	TDS	Mikrokont roler	Matlab	Mikrokont roler	Matlab
1	27.44	285	2.76	2.73	Layak Konsumsi	Layak Konsumsi
2	27.44	285	2.76	2.73	Layak Konsumsi	Layak Konsumsi
3	27.44	285	2.76	2.73	Layak Konsumsi	Layak Konsumsi

```

Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM3')
Temperature: 27.44
TDS: 285
Kualitas air: 2.76
Air Layak Konsumsi

Temperature: 27.44
TDS: 285
Kualitas air: 2.76
Air Layak Konsumsi

Temperature: 27.44
TDS: 285
Kualitas air: 2.76
Air Layak Konsumsi

```

Gambar 4.9 Output sistem pengukuran air sumur

Pada pengujian ini peneliti menggunakan sampel air sumur ketiga untuk diukur nilai kualitas air layak konsumsi atau tidak. Dari data tabel 4.9 menunjukkan hasil pengukuran sensor suhu, TDS, mikrokontroler dan matlab, output dari mikrokontroler berbanding sedikit dengan perhitungan Matlab. Gambar 4.9 merupakan hasil serial monitor dari Arduino IDE. Berdasarkan hasil gambar 4.9 dan tabel 4.9 dapat diketahui bahwa sampel air sumur adalah layak untuk dikonsumsi dan sesuai dengan aturan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia.

Tabel 4.10 Pengujian keseluruhan sistem

No	Input		Output Kualitas		<i>Fuzzy Mamdani</i>		Ket
	Suhu	TDS	Mikrokontroler	Matlab	Mikrokontroler	Matlab	
1	26.50	498	6.48	6.59	Tidak Layak	Tidak Layak	FP
2	26.79	498	6.48	6.59	Tidak Layak	Tidak Layak	FP
3	26.62	476	2.76	2.73	Layak	Layak	TN
4	26.62	436	2.76	2.73	Layak	Layak	TN
5	26.69	397	2.76	2.73	Layak	Layak	TN

Lanjutan tabel 4.10 Pengujian keseluruhan sistem

No	Input		Output Kualitas		Fuzzy Mamdani		Ket
	Suhu	TDS	Mikrokontroler	Matlab	Mikrokontroler	Matlab	
6	26.69	405	2.76	2.73	Layak	Layak	TN
7	26.62	399	2.76	2.73	Layak	Layak	TN
8	26.81	386	2.76	2.73	Layak	Layak	TN
9	26.12	397	2.76	2.73	Layak	Layak	TN
10	26.87	390	2.76	2.73	Layak	Layak	TN

Pengujian sistem secara keseluruhan dengan menggunakan metode *fuzzy mamdani* dilakukan untuk mengukur tingkat keakuratan perhitungan yang dilakukan oleh metode *fuzzy mamdani*. Data air yang digunakan untuk pengujian keseluruhan sistem ini yaitu air sumur. Data tabel 4.11, dapat dihitung untuk mengetahui nilai presisi dan kesalahan error menggunakan metode *confusion matrix*. Pengukuran presisi dan derajat kesalahan digunakan untuk menentukan kelayakan metode fuzzy. Persamaan 4.13 adalah perhitungan presisi dan error menggunakan metode *confusion matrix*.

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{Total\ data} \times 100\% \quad (4.13)$$

$$= \frac{0+8}{10} \times 100\%$$

$$= 80\%$$

$$Misclassification\ Rate = \frac{FP+FN}{Total\ data} \times 100\% \quad (4.13)$$

$$= \frac{2+0}{10} \times 100\%$$

$$= 20\%$$

Keterangan:

TP merupakan kondisi air layak konsumsi sesuai dari peraturan Kementerian Kesehatan.

TN merupakan kondisi air tidak layak konsumsi sesuai sesuai dari peraturan

Kementerian Kesehatan.

False Positive (FP) merupakan akumulasi catatan negatif yang dikelompokkan atas nama poin positif.

False Negatives (FN) merupakan akumulasi catatan baik yang dikelompokkan sebagai poin negatif.

Tingkat akurasi dihitung menggunakan *confusion matrix*. Tabel 4.10 merupakan hasil perbandingan kualitas air dengan metode *fuzzy mamdani* Berdasarkan Peraturan Kemenkes Republik Indonesia no.492/MENKES/PES/I V/2010. Pengujian keseluruhan sistem ini mendapatkan hasil tingkat kesalahan 80% dan nilai akurasi 20%, sehingga air sumur dikatakan bahwa sistem informasi kualitas air layak konsumsi berbasis mikrokontroler menggunakan metode *fuzzy mamdani*, karena nilai rata-rata setiap sensor dibawah 50% dan nilai akurasi 80% dalam menentukan kelayakan konsumsi air.

4.2.2 Rangkaian Sistem



Gambar 4.10 Rangkaian Sistem
Sumber: Hasil penelitian kualitas air

Gambar 4.10 menunjukkan rangkaian dari sistem kualitas air. Penelitian ini menggunakan dua sistem input yaitu sensor TDS dan sensor DS18B20. Data yang didapatkan oleh sensor tersebut di proses melalui arduino uno. Arduino uno merupakan wadah untuk menghitung *fuzzy mamdani* dan mengakses sensor.

Metode *fuzzy mamdani* diimplementasikan ke dalam program arduino. Hasil perhitungan output kualitas air dapat diketahui melalui layar serial monitor dari Arduino IDE.

Pada rangkaian sistem kualitas air, sensor suhu memiliki koneksi meliputi GND, VCC, dan DAT yang terhubung di arduino. Pin DAT dihubungkan dengan arduino melalui pin 3. Sensor TDS SEN0244 memiliki GND (-), VCC (+) dan analog sinyal output (A) yang dapat dihubungkan dengan arduino. Pin A0 berfungsi sebagai penghubung antara sinyal analog dengan Arduino. Relay berfungsi untuk memberikan perintah pompa menyala atau mati. Apabila pompa nyala maka air tidak layak konsumsi dan apabila pompa mati air dinyatakan layak konsumsi. Relay memiliki tiga port yaitu NO, NC dan COM. Pada penelitian ini menggunakan port NO dan COM kabelnya dihubungkan dengan pompa. Relay memiliki GND, VCC dan IN yang dihubungkan dengan arduino. Pin 2 dihubungkan ke pin IN yang terdapat di relay.

4.2.3 Integrasi Islam

Dalam Al-Qur'an telah dijelaskan bahwa Allah Subhanahu wa ta'ala menurunkan air dari langit dengan ukuran kebutuhan hamba-Nya di bumi, untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup. Allah Subhanahu wa ta'ala berfirman dalam Q.S. An-Nahl ayat 10

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ

“Dia-lah yang telah menurunkan air (hujan) dari langit untuk kamu, sebagiannya menjadi minuman dan sebagiannya (menyuburkan) tumbuhan, padanya kamu menggembalakan ternakmu.” (Q.S. An-Nahl: 10)

Pada Q.S. An-Nahl ayat 10 dapat dijelaskan bahwa Allah yang telah menurunkan air hujan dari langit untuk menyediakan kebutuhan bagi semua makhluk hidup. Air digunakan untuk dikonsumsi dan diminum bagi manusia, hewan peliharaan dan untuk menyiram tumbuhan. Manusia juga dapat mengembala hewan ternak sehingga hewan dapat makan, minum dan mendapatkan hasil produk yang dikonsumsi contohnya daging dan susu.

Allah Subhanahu wa ta'ala berfirman dalam Q.S. Al-Baqarah ayat 168

يَأْتِيهَا النَّاسُ كُلُّوْا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِينٌ

“Wahai manusia! Makanlah dari (makanan) yang halal dan baik yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah setan. Sungguh, setan itu musuh yang nyata bagimu.” (Q.S. Al-Baqarah: 168)

Selain itu, perintah mengonsumsi segala sesuatu yang halal dan baik juga terdapat pada Q.S. Al-Maidah ayat 88:

وَكُلُّوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا وَأَتُوا اللَّهَ الَّذِي أَنْتُمْ بِهِ مُؤْمِنُونَ

“Dan makanlah dari apa yang telah diberikan Allah kepadamu sebagai rezeki yang halal dan baik, dan bertakwalah kepada Allah yang kamu beriman kepada-Nya.” (Q.S. Al-Maidah: 88)

Pada surah Al-Baqarah ayat 168 dan Al-Maidah ayat 88, dijelaskan bahwa orang muslim hanya boleh mengonsumsi makanan dan minuman yang memenuhi dua syarat yakni halal (diperbolehkan) dan baik (berkualitas baik). Makanan halal berarti diperbolehkan untuk dikonsumsi dan tidak dilarang oleh hukum syara', sedangkan makanan baik atau Thayyib berarti makanan yang kaya nutrisi dan baik untuk kesehatan. Manusia tidak diperkenankan mengikuti langkah setan yang

senantiasa menggoda dengan cara yang bertentangan dengan peraturan yang ditetapkan oleh Allah. Setan terus-menerus mencoba menipu manusia dengan segala tipu dayanya dan menggunakan segala cara untuk menjerumuskan manusia. Allah mengingatkan bahwa setan benar-benar musuh manusia.

Dalam hadits Rasulullah Muhammad Shallallahu ‘alaihi wassallam. dijelaskan bahwa

وَاللَّيْهَاتِي: الْمَاءُ طَاهِرٌ إِلَّا إِنْ تَغَيَّرَ رِيحُهُ, أَوْ طَعْمُهُ, أَوْ لَوْنُهُ; بِنَجَاسَةٍ تَخْدُثُ فِيهِ

“Menurut hadits yang diriwayatkan oleh Al-Baihaqi, Air itu suci dan menyucikan kecuali jika ia berubah baunya, rasanya, atau warnanya dengan suatu najis yang masuk di dalamnya.” [HR. Al-Baihaqi, 1:259]

Berdasarkan hadits yang diriwayatkan oleh HR. Al-Bayhaqi, 1:259 dapat disimpulkan bahwa ada dua jenis air, yaitu air suci dan air najis. Air yang bersih adalah air yang dalam keadaan aslinya, seperti air sumur dan air laut. Air yang tercemar adalah air yang telah mengalami perubahan akibat pencemaran, baik dalam jumlah yang besar maupun kecil, baik tercampur maupun tidak. Namun, jika air tersebut tercemar namun tidak mengubah salah satu dari tiga sifatnya (rasa, warna, bau), maka air tersebut tetap dianggap sebagai air suci yang sah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil dibangun sesuai dengan rancangan dan tujuan penelitian. Peneliti menggunakan tiga sampel air yakni air mineral, air campur tanah dan air sumur. Masing-masing air sampel diukur menggunakan sensor suhu dengan termometer dan sensor TDS dengan TDS meter. Penerapan metode *fuzzy mamdani* sebagai sistem pendukung keputusan dalam menentukan air layak konsumsi memiliki tingkat akurasi sebesar 80% dan tingkat kesalahan sebesar 20%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan agar dapat memperluas pengembangan dan manfaat dari sistem maka peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya.

1. Menambahkan sensor dan variabel-variabel air sesuai dengan syarat air layak konsumsi berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
2. Menggunakan Mikrokontroler dengan kapasitas memori yang lebih besar.
3. Diharapkan kedepannya mampu dikembangkan dengan menggunakan aplikasi mobile.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-qadharwi, Y. (2019). *Fiqih Peradaban: Sunah Sebagai Paradigma Ilmu Pengetahuan; Penerjemah, Faizah Firdaus* (D. Ilmu (ed.); 1st ed.).
- Ardiansyah. (2016). *Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Berbasis Arduino (Studi Kasus PDAM Patalassang)*. 1–75.
- Arief. (2021). *Sistem Monitoring Dan Perbaikan Derajat Keasaman (Ph) Air Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani*. 3(March), 6.
- Cholilulloh, M., & Syaury, D. (2018). Implementasi Metode Fuzzy Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(5), 1813–1822.
- Effendi, H. (2003). Standar Kualitas Air Baku. *Jurnal Biologi*.
- Effendi, H., & Puspitaningrum, R. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Pemakaian Air PAM dan Mutu Air Pada Komplek Perumahan dengan Jaringan Nirkabel LoRa Berbasis Arduino Uno. *Sinusoida*, 23(1), 50–60.
- Erintafifah. (2021, Oktober). Mengenal Perangkat Lunak Arduino IDE. Retrieved Maret Rabu, 2022, from <https://www.kmtech.id/post/mengenal-perangkat-lunak-arduino-ide>
- Febrianti, F., Adi Wibowo, S., & Vendyansyah, N. (2021). IMPLEMENTASI IoT(Internet Of Things) Monitoring Kualitas Air Dan Sistem Administrasi Pada Pengelola Air Bersih Skala Kecil. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(1), 171–178. <https://doi.org/10.36040/jati.v5i1.3249>
- Haikal, M. A., Solly Aryza Lubis ST., M. E., & Muhammad Rizki Syahputra, ST., M. (2019). *Analisis Kualitas Alat Pendeteksi Air Layak Minum Isi Ulang Dengan Air Masak Berbasis Sensor*.
- Hasnan, M. (2017). Rancang bangun sistem pengering gabah dengan menggunakan arduino. *Jurnal Teknik Informatika*, 1, 1–72.
- Irawan, Y., Febriani, A., Wahyuni, R., & Devis, Y. (2021). Water quality measurement and filtering tools using Arduino Uno, PH sensor and TDS meter sensor. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(5), 357–362. <https://doi.org/10.18196/jrc.25107>
- I Gede Suputra Widharma. (2021). *Sensor Suhu Dalam Telemetri Berbasis IoT. October*.
- Munsi, M., Sudarsono, A., & Al Rasyid, M. U. H. (2017). Secure data sensor access using attribute-based encryption with revocation for environmental monitoring. *2016 International Conference on Knowledge Creation and*

Intelligent Computing, KCIC 2016, 73–79.
<https://doi.org/10.1109/KCIC.2016.7883628>

- Muzaidi, I., Ansari, R., Anggarini, E., Sipil, T., Banjarmasin, U. M., Syarkawi, J. G., & Kuala, B. (2021). *Sistem Monitoring Perairan Untuk Sanitasi Kualitas Air Layak Pakai Menggunakan Wireless Sensor Networks*. 13, 80–87.
- Nduru, S., Hafiz, A. Al, & Pane, D. H. (2022). Implementasi Metode Fuzzy Berbasis Internet Of Things (IoT) Untuk Peringatan Dini Banjir. *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 1(1), 26.
<https://doi.org/10.53513/jursik.v1i1.4805>
- Nurwirasaputra, H. F., Sumaryo, S., & ... (2020). Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air Secara Real-time Untuk Budidaya Perikanan Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *EProceedings ...*, 7(2), 2992–2999.
<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/13031%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/viewFile/13031/13400>
- Permenkes RI. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. In *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia* (p. MENKES).
- Puryono, D. A. (2014). Metode Fuzzy Inferensi System Mamdani Untuk Menentukan Bantuan Modal Usaha Bagi UMKM Ramah Lingkungan. *Jurnal STIMIKA*, 1(1), 1–6.
- Putra, E. K. (2020). *Sistem Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Bibit Ikan Hias Menggunakan Metode Fuzzy Mamadani Berbasis Internet of Things*.
- Rahim, Ramli, dkk. (2016). Karakteristik Data Temperatur Udara dan Kenyamanan Termal di Makassar. TEMU ILMIAH IPLBI.
- Sari, Y., Putra, A. Y., & Muham, A. O. (2019). SAMPEL AIR SUMUR WARGA DI KECAMATAN DUMAI TIMUR Program Studi Pendidikan Kimia , Universitas Islam Riau. *Journal of Research and Education Chemistry (JREC)*, 1(2), 9–14.
- Sejati, Y. (2008). *Implementasi Fuzzy Set Dan Fuzzy Inference System Tsukamoto Pada Penentuan Harga Beli Handphone Bekas*.
- Simanjutak, M. (2015). Analisis Galat Fungsi Keanggotaan Fuzzy Pada Metode Mamdani Dan Metode Sugeno. *Tesis*, 1–88.
- Suhartono. (2018). Identification of canaries bird's chirp quality using statistic analysis, sound analysis and fuzzy mamdani method. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 16(2), 690–702.
<https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v16i2.8537>
- Suhartono, Hariadi, M., & Purnomo, M. H. (2013). Plant growth modeling of Zinnia

- Elegans Jacq using fuzzy mamdani and L-system approach with Mathematica. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 50(1), 1–6.
- Susilo, F. (2006). *Himpunan dan Logika Kabur serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Syafrudin. (2019). *Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Bawang Merah Dengan Metode Fuzzy Sugeno Berbasis Arduino Uno* (Vol. 561, Issue 3).
- Syahwil, M. (2017). *Panduan Mudah Belajar Arduino Menggunakan Simulasi Proteus* (Andi (ed.)).
- Widyo, J. (2019). *Modul Belajar Arduino Uno*.
- Wijaya, A. E., Bani, R., Sukarni, S., Studi, P., Informatika, T., & Weighting, S. A. (2019). *Sistem Monitoring Kualitas Air Mineral Berbasis IoT (Internet of Things) Menggunakan Platform Node-Red Dan Metode SAW (Simple Adding Weighting) Anderias*. 96–106.
- Zainuddin, Z., Idris, R., & Azis, A. (2019). *Water Quality Monitoring System for Vannamae Shrimp Cultivation Based on Wireless Sensor Network In Taipa, Mappakasunggu District, Takalar*. January. <https://doi.org/10.2991/icmeme-18.2019.20>
- Zamrodah, Y. (2016). *Arduino*. 15(2), 1–23.
- Zarkashie, M. F. (2021). Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kualitas Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi Berbasis Arduino Uno. In *Jurnal Teknik Elektro* (Vol. 2, Issue 12).
- Zhou, Q., & Zhang, J. (2011). Internet of things and geography review and prospect. *Proceedings - 2011 International Conference on Multimedia and Signal Processing, CMSP 2011*, 2, 47–51. <https://doi.org/10.1109/CMSP.2011.101>