

**Sistem Peringatan Dini Kualitas Air Sumur Berbasis *Fuzzy* pada
*Internet Of Things***

LAPORAN TUGAS AKHIR



DISUSUN OLEH :

AHMAD MU'ALIM

NIM 32601601025

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2021**

**Sistem Peringatan Dini Kualitas Air Sumur Berbasis *Fuzzy* pada
*Internet Of Things***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Sultan Agung Semarang



DISUSUN OLEH :

AHMAD MU'ALIM

NIM 32601601025

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2021**

FINAL PROJECT

Early Warning System Well Water Quality Based on Fuzzy on the Internet of Things

Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S-1) in the
Informatics Engineering Study Program, Faculty of Industrial Technology, Sultan
Agung Semarang Islamic University



Arranged by :

AHMAD MU'ALIM

NIM 32601601025

**MAJORING OF INFORMATICS ENGINEERING
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY
SEMARANG**

2021

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul **“SISTEM PERINGATAN DINI KUALITAS AIR SUMUR BERBASIS *FUZZY* PADA *INTERNET OF THINGS*”** ini disusun oleh :

Nama : Ahmad Mu'alim

NIM 32601601025

Program Studi : Teknik Informatika

Telah disahkan oleh Dosen Pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Mengesahkan,

Pembimbing I



Ir. Suryani Alifah, MT. Ph.D.
NIDN. 0625036901

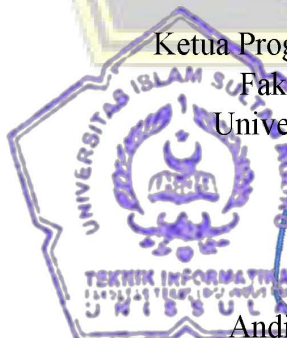
Pembimbing II



Andi Riansyah, ST, M.Kom
NIDN. 0609108802

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Sultan Agung



Andi Riansyah, ST, M.Kom
NIDN. 0609108802

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan tugas akhir dengan judul “**SISTEM PERINGATAN DINI KUALITAS AIR SUMUR DI PADAT HUNI BERBASIS FUZZY PADA INTERNET OF THINGS**” ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada:

Hari :

Tanggal :

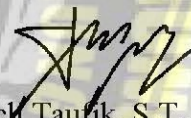
TIM PENGUJI

Anggota I



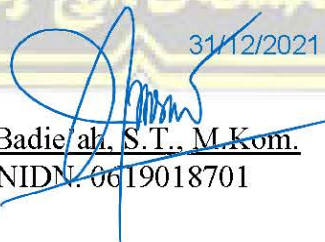
Bagus Satrio W P, S.Kom., M.Cs.
NIDN. 1027118801

Anggota II



Moch Taufik, S.T., M.IT.
NIDN. 0622037502

Ketua Penguji



31/12/2021

Badie'ah, S.T., M.Kom.
NIDN. 0619018701

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN JUDUL TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ahmad Mu'alim

NIM : 32601601025

Judul Tugas Akhir : Sistem Peringatan Dini Kualitas Air Sumur Berbasis Fuzzy pada Internet of Things

Dengan bahwa ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Informatika tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang,

Yang Menyatakan,



Ahmad Mu'alim

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ahmad Mu'alim

NIM : 32601601025

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Teknologi industri

Alamat Asal : Desa Ketip RT 03/02 – Kecamatan Juwana – Kabupaten Pati

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul : Sistem Peringatan Dini Kualitas Air Sumur Berbasis *Fuzzy* pada *Internet of Things*.

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan diinternet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan agung.

Semarang,

Yang menyatakan,



Ahmad Mu'alim

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaanirrahim,

Alhamdulillah, Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, shalawat serta salam kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW yang telah membawa risalah Islam yang penuh dengan ilmu pengetahuan, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini yang berjudul: “Sistem Peringatan Dini Kualitas Air Sumur Berbasis *Fuzzy* pada *Internet Of Things*”.

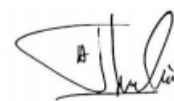
Penyusunan laporan Tugas Akhir merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Informatika Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dengan selesainya penyusunan Laporan Tugas ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ayahanda Sugito dan Ibunda Suwarsi yang tercinta, yang selalu memberikan dukungan moril dan materil, sehingga Penulis dapat menyelesaikan studi strata satu (S1) dengan baik, semoga letih dan peluh kalian dalam mendidiknya akan Allah balas dengan surga;
2. Ibu Dr. Novi Marlyana, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
3. Bapak Andi Riansyah, S.T., M.Kom. selaku Ketua Prodi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
4. Ibu Ir. Suryani Alifah, S.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Andi Riansyah, S.T., M.Kom. yang telah banyak memberikan arahan dan nasehat kepada Penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;

Penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir Ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran bagi pengembangan dan perbaikan Tugas Akhir ini di masa yang akan datang. Akhir kata apabila ada uraian dan penjelasan yang kurang berkenan, penulis mengucapkan permohonan maaf yang sebesar-besarnya.

Semarang,

Penulis



Ahmad Mu'alim

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN JUDUL TUGAS AKHIR.....	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Pembatasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Sumur Gali.....	8
2.2.2 Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi	8

2.2.3	Internet of Things	11
2.2.4	Arduino Uno	12
2.2.5	Wemos D1 Mini	12
2.2.6	Sensor Turbidity	13
2.2.7	Sensor TDS Meter	14
2.2.8	Sensor pH Meter	16
2.2.9	Firebase.....	17
2.2.10	LCD (Liquid Crystal Display).....	18
2.2.11	Prototype Sistem.....	19
2.2.12	Logika Fuzzy	20
2.2.13	Keanggotaan Fuzzy	22
2.2.14	Fuzzy Mamdani	24
BAB III METODE PENELITIAN		28
3.1	Alur penelitian.....	28
3.2	Bahan penelitian.....	30
3.3	Alat penelitian	30
3.4	Konsep Sistem.....	32
3.5	Data Flow Diagram.....	33
3.6	Flowchart	34
3.7	Metode Penelitian	36
3.8	Variabel input.....	37
3.8.1	Kekeruhan.....	37
3.8.2	TDS.....	38
3.8.3	pH	39
3.8.4	Output	39

3.8.5	Perancangan Hardware	45
3.8.6	Desain Interface Monitoring di Mobile App	46
BAB IV HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN		49
4.1	Implementasi	49
4.1.1	Implementasi Perangkat Mobile	49
4.1.2	Implementasi <i>Cloud Computing</i>	52
4.1.3	Implementasi Perangkat Keras	54
4.1.4	Implementasi Sistem.....	55
4.2	Pengujian Sistem.....	73
4.2.1	Pengujian Perangkat Keras	73
4.2.2	Pengujian Server Firebase	74
4.2.3	Pengujian Sistem Monitoring Pada Mobile App	74
4.2.4	Pengujian Sistem Early Warning System	75
4.3	Analisis Penelitian.....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran.....	77
Daftar Pustaka		79
Lampiran		82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Representasi Kurva linier turun.....	22
Gambar 2. 2 Representasi Kurva linier naik	23
Gambar 2. 3 Representasi Kurva Segitiga	24
Gambar 2. 4 Representasi Kurva Trapesium	24
Gambar 3. 1 Sensor Turbidity	30
Gambar 3. 2 Sensor TDS Meter	31
Gambar 3. 3 Sensor pH Meter	31
Gambar 3. 4 Arduino Uno.....	31
Gambar 3. 5 Wemos D1 Mini	31
Gambar 3. 6 Kabel Jumper.....	32
Gambar 3. 7 Gambaran konsep alur sistem	32
Gambar 3. 8 Data Flow Diagram	33
Gambar 3. 9 Flowchart 1.....	34
Gambar 3. 10 Flowchart 2.....	35
Gambar 3. 11 Tahapan Fuzzy Mamdani	36
Gambar 3. 12 Derajat keanggotaan kekeruhan	37
Gambar 3. 13 Derajat keanggotaan TDS	38
Gambar 3. 14 Derajat keanggotaan pH.....	39
Gambar 3. 15 Derajat keanggotaan output kualitas air sumur	40
Gambar 3. 16 Rangkaian sistem.....	45
Gambar 3. 17 Desain interface mobile application.....	46
Gambar 3. 18 Desain interface mobile application (Menu Home)	46
Gambar 3. 19 Desain interface mobile application (Menu Grafik)	47
Gambar 3. 20 Gambar Notifikasi pada Mobile App.....	47
Gambar 4. 1 Tampilan Menu Beranda.....	49
Gambar 4. 2 Tampilan Menu Grafik.....	50
Gambar 4. 3 Tampilan Notifikasi.....	50
Gambar 4. 4 Plugin yang digunakan pada Mobile Application	51
Gambar 4. 5 File Konfigurasi Mobile Application dengan Firebase	51

Gambar 4. 6 File konfigurasi Firestore	51
Gambar 4. 7 File konfigurasi Firebase Cloud Messaging.....	52
Gambar 4. 8 Tampilan data pada Firestore	52
Gambar 4. 9 Tampilan Private Key.....	53
Gambar 4. 10 Tampilan Token Key.....	53
Gambar 4. 11 Rangkaian Elektronik dalam box	54
Gambar 4. 12 Implementasi Perangkat Keras dalam Pengujian	54
Gambar 4. 13 Library ArduinoJson	55
Gambar 4. 14 Library Firebase Arduino Client	55
Gambar 4. 15 Himpunan Keketukan	56
Gambar 4. 16 Himpunan TDS	56
Gambar 4. 17 Himpunan pH	57
Gambar 4. 18 Himpunan Output.....	57
Gambar 4. 19 Aplikasi fungsi implikasi Rule 1	59
Gambar 4. 20 Aplikasi fungsi implikasi Rule 2.....	60
Gambar 4. 21 Aplikasi fungsi implikasi Rule 3	60
Gambar 4. 22 Aplikasi fungsi implikasi Rule 4.....	61
Gambar 4. 23 Aplikasi fungsi implikasi Rule 5.....	61
Gambar 4. 24 Aplikasi fungsi implikasi Rule 6.....	61
Gambar 4. 25 Aplikasi fungsi implikasi Rule 7.....	62
Gambar 4. 26 Aplikasi fungsi implikasi Rule 8.....	62
Gambar 4. 27 Aplikasi fungsi implikasi Rule 9.....	63
Gambar 4. 28 Aplikasi fungsi implikasi Rule 10.....	63
Gambar 4. 29 Aplikasi fungsi implikasi Rule 11	63
Gambar 4. 30 Aplikasi fungsi implikasi Rule 12.....	64
Gambar 4. 31 Aplikasi fungsi implikasi Rule 13.....	64
Gambar 4. 32 Aplikasi fungsi implikasi Rule 14.....	65
Gambar 4. 33 Aplikasi fungsi implikasi Rule 15.....	65
Gambar 4. 34 Aplikasi fungsi implikasi Rule 16.....	65
Gambar 4. 35 Aplikasi fungsi implikasi Rule 17.....	66
Gambar 4. 36 Aplikasi fungsi implikasi Rule 18.....	66

Gambar 4. 37 Aplikasi fungsi implikasi Rule 19.....	67
Gambar 4. 38 Aplikasi fungsi implikasi Rule 20.....	67
Gambar 4. 39 Aplikasi fungsi implikasi Rule 21.....	67
Gambar 4. 40 Aplikasi fungsi implikasi Rule 22.....	68
Gambar 4. 41 Aplikasi fungsi implikasi Rule 23.....	68
Gambar 4. 42 Aplikasi fungsi implikasi Rule 24.....	69
Gambar 4. 43 Aplikasi fungsi implikasi Rule 25.....	69
Gambar 4. 44 Aplikasi fungsi implikasi Rule 26.....	69
Gambar 4. 45 Aplikasi fungsi implikasi Rule 27.....	70
Gambar 4. 46 Daerah hasil komposisi aturan	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi	9
Tabel 2. 2 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi	9
Tabel 2. 3 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi	10
Tabel 3. 1 Status output kualitas air sumur	41
Tabel 4. 1 Pengujian Perangkat Keras	73
Tabel 4. 2 Pengujian Server Firebase.....	74
Tabel 4. 3 Pengujian Sistem Monitoring Pada Mobile App	74
Tabel 4. 4 Pengujian Sistem Early Warning System	75

ABSTRAK

Air adalah sumber kehidupan, setiap makhluk hidup membutuhkan air untuk hidup. Jika tidak ada air maka seluruh kehidupan di dunia akan mati. Badan Kesehatan Dunia (WHO) memaparkan bahwa dua puluh lima persen dari kematian anak di bawah usia lima tahun yang ada di dunia dikarenakan oleh lingkungan yang tercemar atau tidak sehat, salah satunya adalah air. Air sumur merupakan sumber air alternatif yang digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan air bersih setiap hari. Pada penelitian ini yaitu merancang *prototype internet of things* untuk mengukur kualitas air sumur, dan juga sebuah *mobile application* yang digunakan untuk memantau dan mengirimkan notifikasi untuk peringatan dini kondisi kualitas air sumur. Untuk menentukan kondisi kualitas dari air sumur menggunakan metode *fuzzy mamdani*.

Kata Kunci : Air Sumur, Kualitas Air, *Internet of Things*, *Monitoring*, Sistem Peringatan Dini.

ABSTRACT

Water is the source of life, every living thing needs water to live. If there is no water then all life in the world will die. The World Health Organization (WHO) says that a quarter of the deaths of children under the age of live in the world are caused by an unhealthy or polluted environment, including dirty water and air. Well water is an alternative source of water used by the community to meet their daily clean water needs. In this study, namely designing an internet of things prototype to measure well water quality, and also a mobile application that used to monitor and send notifications for early warning of well water quality conditions. To determine the quality condition of well water using the fuzzy mamdani method.

Keywords : Well Water, Water Quality, Internet of Things, Monitoring, Early Warning System.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air adalah sumber kehidupan, setiap makhluk hidup membutuhkan air untuk hidup. Jika tidak ada air maka seluruh kehidupan di dunia akan mati. Dan kebutuhan manusia modern akan air tidak berhenti pada air mentah, manusia modern tidak bisa menggunakan air mentah secara langsung untuk digunakan sehari – hari. Air yang digunakan harus air bersih yang telah diolah dari air mentah dan harus memenuhi beberapa persyaratan sehingga dapat disebut sebagai air bersih. Definisi air bersih menurut peraturan menteri kesehatan nomor 416/MEN.KES/PER/IX/1990 adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak (Kemenkes RI, 1990). Dan persyaratan yang harus dipenuhi agar air dapat dikatakan air bersih juga tercantum pada peraturan tersebut yaitu kualitas air harus memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan mikrobiologi, Fisika, kimia, dan radioaktif.

Meskipun sudah ada standar air bersih yang diatur dalam peraturan pemerintah tersebut, masalah air bersih di Indonesia masih ada dan perlu diselesaikan. Badan Kesehatan Dunia (WHO) memaparkan bahwa dua puluh lima persen dari kematian anak di bawah usia lima tahun yang ada di dunia dikarenakan oleh lingkungan yang tercemar atau tidak sehat, termasuk air dan udara kotor, perokok pasif dan kebersihan kurang memadai. Lingkungan tercemar dan tidak sehat tersebut dapat mengakibatkan diare parah, malaria dan radang paru-paru, sehingga terjadi kematian 1,7 juta anak per tahunnya (Saputri, 2017). Untuk menghindari masalah tersebut diperlukan adanya pengawasan pemerintah terhadap kualitas air bersih, sesuai dengan peraturan menteri kesehatan nomor 416/MEN.KES/PER/IX/1990 bab III poin 1, Pengawasan kualitas air bertujuan untuk mencegah penurunan kualitas dan penggunaan air yang dapat mengganggu dan membahayakan kesehatan, serta meningkatkan kualitas air (Kemenkes RI, 1990).

Namun, kurangnya data yang diamati sering membatasi jumlah model kualitas air potensial yang praktis dapat dimanfaatkan maupun pengawasan terhadap penurunan kualitas air. Penelitian ini menyajikan model Sistem Monitoring Kualitas Air (SMKA). SMKA secara langsung memanfaatkan aliran data yang dihasilkan oleh model sistem untuk mendorong simulasi kualitas air. Model yang diperlukan dengan membatasi jumlah variabel yang disimulasikan serta proses diwakili hanya yang paling penting untuk manajemen kualitas air, dalam hal ini, nutrisi dan salinitas. SMKA mampu menggunakan data yang diamati terbatas untuk mensimulasikan distribusi frekuensi perwakilan kualitas air, dan pendekatan yang digunakan dalam SMKA pada aplikasi untuk mengambil dan mendistribusikan data.

Penelitian ini menjelaskan tentang permasalahan kebutuhan air bersih dengan alternatif lain yaitu pada air sumur. Sehingga penulis berniat untuk membuat sistem monitoring dan peringatan dini kualitas dari air sumur yang layak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari secara *real-time* berbasis *Internet of Things (IoT)*. Data yang akan digunakan didalam sistem adalah kekeruhan, pH, dan TDS yang terkandung dalam air sumur tersebut. Rancangan sistem akan menggunakan penerapan metode *fuzzy logic* untuk klasifikasi terkait.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang prototype sistem yang dapat memonitoring kualitas air sumur secara *real-time*?
2. Bagaimana sistem dapat berjalan sesuai dengan permasalahan yang telah diuraikan diatas, sehingga bisa memberikan peringatan dini kepada pengguna?

1.3. Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini batasan masalah berfungsi untuk mengatur ruang lingkup dalam penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Variabel *input* yang digunakan yaitu kekeruhan, TDS, dan pH air.
2. Penelitian ini hanya fokus pada air sumur, karena studi kasus yang dilakukan pada air sumur.
3. Standar kualitas air yang digunakan adalah air layak pakai dari Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendesain dan merealisasikan prototype yang bisa memonitoring kualitas air sumur secara *realtime*.
2. Memberikan peringatan dini kepada pengguna, apabila kondisi kualitas air sumur berada pada kondisi yang tidak sesuai dengan standar.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian sebagai berikut :

1. Membantu memonitoring kondisi kualitas air sumur secara *realtime*.
2. Memberikan peringatan dini terkait kualitas air sumur yang ada di dalam tandon air pengguna untuk mengetahui kelayakan penggunaan air sumur.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penulisan tugas akhir ini, penulis membuat suatu sistematika yang terdiri dari:

BAB 1: PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang pemilihan judul tugas akhir “Sistem Peringatan Dini Kualitas Air Sumur Berbasis *Fuzzy* pada *Internet Of Things*”, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini memuat dasar teori yang berfungsi sebagai sumber atau alat dalam memahami permasalahan yang berkaitan dengan

implementasi Logika *Fuzzy Inference System*, monitoring sistem dengan konsep *internet of things*.

BAB 3: METODE PENELITIAN

Bab ini mengungkapkan proses tahapan- tahapan penelitian dimulai dari analisa kebutuhan sistem, kemudian perancangan sistem hingga *prototype* jadi dibuat.

BAB 4: HASIL PENELITIAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Pada bab ini penulis memaparkan hasil penelitian yakni hasil dari pembuatan *prototype* sistem monitoring dan sistem peringatan dini pada kualitas air sumur.

BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab kelima berisi kesimpulan keseluruhan dari uraian bab-bab sebelumnya dan beserta saran dari hasil yang didapatkan, sehingga diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian Herlambang yang berjudul Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangannya. Pada penelitian ini sumber kehidupan ini persediaannya terbatas dan semakin hari semakin terpolusi oleh kegiatan manusia sendiri, namun masih terlalu banyak orang yang tidak mempunyai akses ke air. Sekalipun air merupakan sumber daya yang terbatas, konsumsi air telah meningkat dua kali lipat dalam 50 tahun terakhir dan kita gagal mencegah terjadinya penurunan mutu air. Pada saat yang sama, jurang antara tingkat pemakaian air di negara-negara kaya dan negara-negara miskin semakin dalam. Dewasa ini 1,2 milyar penduduk dunia tidak mempunyai akses ke air bersih dan hampir dua kali dari jumlah itu tidak mempunyai fasilitas sanitasi dasar yang memadai (Herlambang, 2016).

Pada penelitian Ismail *et al.* yang berjudul *Development of Smart Aquaculture Quality Monitoring (AQM) System with Internet of things (IoT)*. Pada penelitian ini sistem untuk meningkatkan hasil dari peternakan udang. Aquaculture Quality Monitoring (AQM) System merupakan sistem yang dirancang untuk memonitoring pH, oksigen terlarut, dan suhu air pada kolam udang. Sensor RFID dipakai untuk mengirimkan data ke pembacanya yang dirancang sebagai internet gateway. Konsumsi daya AVR yang rendah untuk manajemen daya yang efisien. M2M juga disematkan untuk komunikasi memanfaatkan mesh berbasis 802.15.4 protokol platform WSN. Internet gateway memanfaatkan Protokol TCP/IP untuk pengiriman kembali data yang diambil ke cloud database. Sistem ini juga bisa dilihat secara real-time melalui smartphone. Sebuah aplikasi mobile telah dikembangkan untuk pemberitahuan peringatan pada waktu data yang diterima melebihi data yang telah ditentukan, sehingga sistem dapat diakses dimana saja selama bandwidth terhubung ke internet (Ismail *et al.*, 2019).

Pada penelitian Marwanto dan Alifah yang berjudul *Temperature and Humidity Monitoring on IoT Based Shipment Tracking*. Pada penelitian ini yaitu pembuatan sistem pemantauan dan pelacakan terhadap kendaraan pengiriman barang. Di dalam sistem menggunakan arduino uno untuk microcontrollernya dan terdapat sensor RFID MFRC522, GPS Neo6M, DHT-11 dan RTC DS1307. Sistem ini bekerja untuk memantau kelembaban dan suhu, sedangkan untuk pelacakan menggunakan sensor Neo6M. Hasil dari pembacaan data sensor akan dikirim ke Clouduino kapan saja selama masih terhubung ke internet. Pengukuran dan pelacakan divisualisasikan ke Web menggunakan API Google Maps dengan menunjukkan penampilan hasilnya dalam dua kali percobaan yaitu, pengukuran statis dan mobilitas, dan sistem pengajuan. Hasil dari pengukuran statis, nilai interval rata-rata waktu transmisi data adalah 5,75 detik dari nilai interval yang dirancang 5 detik, nilai rata-rata penyimpangan dari interval waktu transmisi data adalah 0,75 detik, dan rata-rata waktu tunda antar data transmisi dan penerimaan adalah 0,3 detik. Sedangkan pengukuran dinamis, interval rata-rata nilai waktu transmisi data adalah 6,22 detik dari nilai interval yang dirancang 5 detik, nilai rata-rata penyimpangan dari interval waktu transmisi data adalah 1,22 detik, dan waktu tunda rata-rata antara pengiriman dan penerimaan data adalah 2,31 detik (Marwanto and Alifah, 2018a).

Pada penelitian Diputra, Marwanto dan Alifah yang berjudul *Coal Dust Controller on Indramayu Power Plants Conveyor Lane Based IoT*. Pada penelitian ini adalah pembuatan sistem deteksi dan pengendalian debu pembakaran batubara pembangkit listrik di Indramayu Jawa Barat. Perangkat prototipe yang dipasang sensor MQ2 untuk mendeteksi gas yang mudah terbakar, sensor MQ135 untuk mendeteksi CO₂ dan sensor Sharp GP2Y1010AU0F untuk mendeteksi debu. Jika level yang terdeteksi melebihi level yang telah di setup maka sprinkler akan menyembrotkan air. Hasil dari sensor nantinya bisa dikirim ke server ThingsPeak yang terdiri dari sensor metana, gas, CO₂ dan debu. Pengujian sistem ini menunjukkan

bahwa nilai sensor dapat dikirim dan relay dapat diaktifkan kapanpun level pembakaran yang telah di setup (Diputra, Marwanto and Alifah, 2018).

Pada penelitian Sarman, Marwanto dan Alifah yang berjudul *Monitoring The Usage of Marine Fuel Oil Aboard Ketapang-Gilimanuk Ship Based on Internet of things*. Pada penelitian ini membuat sistem yang dapat memonitor kinerja kapal terutama penggunaan MFO sebuah kapal. Dalam sistem ini menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04 dan sensor pendulum potensiometer untuk mengukur volume MFO dalam tangki kapal. Kedua sensor tersebut di tempat minyak MFO yang mengukur posisi kapal secara horizontal, miring kanan dan kiri dengan tingkat kemiringan 30 dan 40 derajat. Hasil dari penelitian ini adalah sensor pendulum potensiometer itu lebih baik ketika kondisi permukaan MFO rata dengan rata-rata sensor kesalahan 1,60%, sedangkan HC-SR04 memiliki sensor ultrasonic rata-rata kesalahan untuk 2,87%. Tetapi, pada permukaan yang miring kondisi MFO, penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 lebih baik dengan rata-rata kesalahan sebesar 3,21%, sedangkan sensor potensiometer pendulum memiliki rata-rata kesalahan untuk 8,66% (Sarman, Marwanto and Alifah, 2018).

Pada penelitian Marwanto dan Alifah yang berjudul *Control of AirCooling System Based on Fuzzy Logic*. Pada penelitian ini membuat sebuah prototipe pengendali kipas angin yang dapat mengontrol kecepatan kipas sesuai dengan suhu dan kelembaban di suatu ruangan. Dalam sistem ini terdapat sensor DHT-22 untuk mendeteksi kelembaban udara dan PIR sensor untuk mendeteksi keberadaan manusia di dalam ruangan. Untuk mengambil keputusan yang diproses menggunakan metode logika *fuzzy* sugeno. Tingkat keberhasilan dalam pengujian sistem ini yang dapat dicapai pengujian suhu rata-rata 3,89%, sedangkan untuk kelembaban rata-rata 3,21%. Sehingga sistem ini dapat mengontrol suhu dan kelembaban udara di dalam ruangan secara otomatis berdasarkan logika *fuzzy* (Marwanto and Alifah, 2018b).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sumur Gali

Sumur gali adalah satu konstruksi sumur yang paling umum dan meluas dipergunakan untuk mengambil air tanah bagi masyarakat kecil dan rumah-rumah perorangan sebagai air minum dengan kedalaman 7-10 meter dari permukaan tanah. Sumur gali menyediakan air yang berasal dari lapisan tanah yang relatif dekat dari permukaan tanah, oleh karena itu dengan mudah terkena kontaminasi melalui rembesan. Umumnya rembesan berasal dari tempat buangan kotoran manusia kakus/jamban dan hewan, juga dari limbah sumur itu sendiri, baik karena lantainya maupun saluran air limbahnya yang tidak kedap air. Keadaan konstruksi dan cara pengambilan air sumur pun dapat merupakan sumber kontaminasi, misalnya sumur dengan konstruksi terbuka dan pengambilan air dengan timba. Sumur dianggap mempunyai tingkat perlindungan sanitasi yang baik, bila tidak terdapat kontak langsung antara manusia dengan air di dalam sumur (Depkes RI, 2005). Keberadaan sumber air ini harus dilindungi dari aktivitas manusia ataupun hal lain yang dapat mencemari air. Sumber air ini harus memiliki tempat (lokasi) dan konstruksi yang terlindungi dari drainase permukaan dan banjir. Bila sarana air bersih ini dibuat dengan memenuhi persyaratan kesehatan, maka diharapkan pencemaran 7 dapat dikurangi, sehingga kualitas air yang diperoleh menjadi lebih baik (Suetra, 2018).

2.2.2 Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi

Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan parameter yang harus diperiksa secara berkala sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, sedangkan parameter tambahan hanya diwajibkan untuk diperiksa jika kondisi geohidrologi mengindikasikan adanya potensi pencemaran berkaitan dengan parameter tambahan. Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi tersebut digunakan untuk

pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi dapat digunakan sebagai air baku air minum (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Tabel 2. 1 berisi daftar parameter wajib untuk parameter fisik yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi.

Tabel 2. 1 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCU	50
3	Zat padart terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>)	mg/l	1000
4	Suhu	°C	Suhu udara $\pm$ 3
5	Rasa		Tidak berasa
6	Bau		Tidak berbau

Tabel 2. 2 berisi daftar parameter wajib untuk parameter biologi yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi yang meliputi total coliform dan escherichia coli dengan satuan/unit colony forming unit dalam 100 ml sampel air.

Tabel 2. 2 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1	Total coliform	CFU / 100ml	50
2	E. coli	CFU / 100ml	0

Tabel 2. 3 berisi daftar parameter kimia yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi yang meliputi 10 parameter wajib dan 10 parameter tambahan. Parameter tambahan ditetapkan oleh pemerintah daerah kabupaten/kota dan otoritas pelabuhan/bandar udara.

Tabel 2. 3 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Wajib			
1	pH	mg/l	6,5 – 8,5
2	Besi	mg/l	1
3	Fluorida	mg/l	1,5
4	Kesadahan (CaCO_3)	mg/l	500
5	Mangan	mg/l	0,5
6	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8	Sianida	mg/l	0,1
9	Deterjen	mg/l	0,05
10	Pestisida total	mg/l	0,1
Tambahan			
1	Air raksa	mg/l	0,001
2	Arsen	mg/l	0,05
3	Kadmium	mg/l	0,005
4	Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
5	Selenium	mg/l	0,01
6	Seng	mg/l	15
7	Sulfat	mg/l	400
8	Timbal	mg/l	0,05
9	Benzene	mg/l	0,01

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
10	Zat organik (KMNO ₄)	mg/l	10

2.2.3 Internet of Things

Internet of Things (IoT) pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. Meski telah diperkenalkan sejak 15 tahun yang lalu, hingga kini belum ada sebuah konsensus global mengenai definisi IoT. Namun secara umum konsep IoT diartikan sebagai sebuah kemampuan untuk menghubungkan objek-objek cerdas dan memungkinkannya untuk berinteraksi dengan objek lain, lingkungan maupun dengan peralatan komputasi cerdas lainnya melalui jaringan internet. IoT dalam berbagai bentuknya telah mulai diaplikasikan pada banyak aspek kehidupan manusia. Contohnya bahan pangan, elektronik, koleksi, peralatan apa saja, termasuk benda hidup yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang tertanam dan selalu aktif.

Salah satu tantangan yang harus diatasi untuk mendorong implementasi IoT secara luas adalah faktor keamanan. IoT merupakan sebuah sistem yang majemuk. Kemajemukannya bukan hanya karena keterlibatan berbagai entitas seperti data, mesin, RFID, sensor dan lain-lain, tetapi juga karena melibatkan berbagai peralatan dengan kemampuan komunikasi dan pengolahan data. Banyaknya entitas dan data yang terlibat, membuat IoT menghadapi resiko keamanan yang dapat mengancam dan membahayakan konsumen. Ancaman ini utamanya dilakukan dengan cara memungkinkan orang yang tidak berhak untuk mengakses data dan menyalahgunakan informasi personal, memfasilitasi serangan terhadap sistem yang lain, serta mengancam keselamatan personal penggunanya (Jamil, Saefudin and Marasabessy, 2019).

2.2.4 Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai USB to serial converter untuk komunikasi serial ke komputer melalui port USB.

"Uno" berarti satu di Italia dan diberi nama untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Versi 1.0 menjadi versi referensi Arduino ke depannya. Arduino Uno R3 adalah revisi terbaru dari serangkaian board Arduino, dan model referensi untuk platform Arduino.

Adapun data teknis board Arduino UNO R3 adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler: ATmega328
2. Tegangan Operasi: 5V
3. Tegangan Input (recommended): 7 - 12 V
4. Tegangan Input (limit): 6-20 V
5. Pin digital I/O: 14 (6 diantaranya pin PWM)
6. Pin Analog input: 6 – Arus DC per pin I/O: 40 mA
7. Arus DC untuk pin 3.3 V: 150 mA
8. Flash Memory: 32 KB dengan 0.5 KB digunakan untuk bootloader
9. EEPROM: 1 KB
10. Kecepatan Pewaktuan: 16 Mhz

2.2.5 Wemos D1 Mini

Modul *WiFi* ESP866 adalah modul *wifi* yang berfungsi sebagai tambahan mikrokontroler agar dapat terhubung dengan *wifi* dan membuat

koneksi TCP/IP. Modul *WiFi* ESP82266 yang digunakan adalah *Wemos D1 Mini*, modul ini merupakan modul development board yang berbasis *WiFi* dari keluarga ESP8266 yang dapat diprogram menggunakan software IDE Arduino seperti halnya NodeMCU. *Wemos D1 Mini* dapat *running stand-alone* tanpa perlu dihubungkan dengan mikrokontroler, hal tersebut dikarenakan didalamnya sudah terdapat CPU yang dapat memprogram melalui serial port serta dapat transfer program secara *wireless* (Rianto, 2020).

Spesifikasi dari *Wemos D1 mini* adalah:

1. Beroperasi pada tegangan operasional 3.3 V
2. Memiliki 11 pin digital IO termasuk didalamnya spesial pin untuk fungsi i2c, one-wire, PWM, SPI, interrupt
3. Memiliki 1 pin analog input atau ADC
4. Berbasis micro USB untuk fungsi pemrogramannya
5. Memory flash: 4Mbyte
6. Dimensi module: 34.2 mm x 25.6 mm
7. Clock speed: 80MHz/160 MHz
8. Length 34.2 mm, width 25.6 mm dan weight 10gram.
9. Menggunakan IC CH340G untuk serial komunikasinya

2.2.6 Sensor Turbidity

Sensor kekeruhan arduino gravitasi mendeteksi kualitas air dengan mengukur tingkat kekeruhan, atau kekeruhan. Ini menggunakan cahaya untuk mendeteksi partikel tersuspensi dalam air dengan mengukur transmitansi cahaya dan tingkat hamburan, yang berubah dengan jumlah total padatan tersuspensi (TSS) dalam air. Dengan meningkatnya TTS, tingkat kekeruhan cairan meningkat. Sensor kekeruhan digunakan untuk mengukur kualitas air di sungai dan aliran air, pengukuran air limbah dan efluen, instrumentasi kontrol untuk kolam pengendapan, penelitian angkutan sedimen, dan pengukuran laboratorium. Sensor cair ini menyediakan mode keluaran sinyal analog dan digital. Ambang disesuaikan

ketika dalam mode sinyal digital. Anda dapat memilih mode sesuai dengan MCU Anda (DFRobot, 2020a).

***CATATAN:**

Bagian atas probe tidak tahan air.

***Spesifikasi:**

1. Tegangan Pengoperasian: 5V DC
2. Operasi Saat Ini: 40mA (MAX)
3. Waktu Tanggapan: <500ms
4. Resistensi isolasi: 100 m (min)
5. Metode Output:
 - a) Output analog: 0-4.5V
 - b) Output Digital: Sinyal level Tinggi / Rendah (Anda dapat menyesuaikan nilai ambang dengan menyesuaikan potensiometer)
6. Suhu Operasional: 5 °C ~ 90 °C
7. Suhu Penyimpanan: -10 °C ~ 90 °C
8. Berat: 30g
9. Dimensi Adaptor: 38mm * 28mm * 10mm / 1.5 inci * 1.1 inci * 0.4 inci

2.2.7 Sensor TDS Meter

TDS (*Total Dissolved Solids*) menunjukkan berapa miligram padatan terlarut yang dilarutkan dalam satu liter air. Secara umum, semakin tinggi nilai TDS, padatan yang lebih mudah larut dilarutkan dalam air, dan semakin sedikit airnya. Oleh karena itu, nilai TDS dapat digunakan sebagai salah satu titik referensi untuk mencerminkan kebersihan air.

Pena TDS adalah peralatan yang banyak digunakan untuk mengukur nilai TDS. Harganya terjangkau, dan mudah digunakan, namun umumnya tidak dapat mengirimkan data ke sistem kontrol untuk pemantauan kualitas air secara online. Secara umum instrumen profesional memiliki akurasi tinggi dan dapat mengirim data ke sistem kontrol, tetapi harganya mahal untuk orang biasa. Untuk tujuan ini, kami telah meluncurkan kit sensor TDS analog yang kompatibel dengan Arduino, plug and play, dan mudah

digunakan. Sesuai dengan pengontrol Arduino, Anda dapat membangun detektor TDS dengan mudah untuk mengukur nilai TDS cairan tanpa perlu membeli peralatan mahal.

Produk ini mendukung input tegangan lebar 3.3 ~ 5.5V, dan output tegangan analog 0 ~ 2.3V, yang membuatnya kompatibel dengan sistem atau papan kontrol 5V atau 3.3V. Sumber eksitasi adalah sinyal AC, yang secara efektif dapat mencegah probe dari polarisasi dan memperpanjang umur probe, sementara itu dapat membantu meningkatkan stabilitas sinyal output. Probe TDS tahan air, dapat direndam dalam air untuk pengukuran waktu yang lama.

Produk ini dapat digunakan dalam aplikasi kualitas air, seperti analisis air domestik dan hidroponik. Dengan produk ini, Anda dapat dengan mudah membuat detektor TDS untuk mencerminkan kebersihan air untuk melindungi kesehatan Anda (DFRobot, 2020b).

***Perhatian:**

1. Probe tidak dapat digunakan dalam air di atas 55 derajat celcius.
2. Probe tidak dapat dibiarkan terlalu dekat dengan tepi wadah, jika tidak maka akan mempengaruhi pembacaan.
3. Kepala dan kabel probe tahan air, tetapi konektor dan papan pemancar sinyal tidak tahan air. Tolong hati-hati.

***Spesifikasi:**

1. Papan Pemancar Sinyal
2. Tegangan Input: 3.3 ~ 5.5V
3. Tegangan Output: 0 ~ 2.3V
4. Bekerja Saat Ini: 3 ~ 6mA
5. Rentang Pengukuran TDS: 0 ~ 1000ppm
6. Akurasi Pengukuran TDS: $\pm 10\%$ F.S. (25 °C)
7. Ukuran Modul: 42 * 32mm
8. Antarmuka Modul: PH2.0-3P
9. Antarmuka Elektroda: XH2.54-2P

***Probe TDS:**

1. Jumlah Jarum: 2
2. Total Panjang: 83cm
3. Antarmuka Koneksi: XH2.54-2P
4. Warna: Hitam
5. Lainnya: Probe Tahan Air

2.2.8 Sensor pH Meter

Perlu mengukur kualitas air dan parameter lainnya tetapi belum mendapatkan pH meter murah? Sulit menggunakan dengan Arduino? Di sinilah pH meter analog, dirancang khusus untuk pengontrol Arduino dan memiliki koneksi serta fitur yang sederhana, nyaman dan praktis. Ini memiliki LED yang berfungsi sebagai Indikator Daya, konektor BNC dan antarmuka sensor PH2.0. Untuk menggunakannya, cukup sambungkan sensor pH dengan konektor BNC, dan sambungkan antarmuka PH2.0 ke port input analog dari setiap pengontrol Arduino. Jika di program sebelumnya, Anda akan mendapatkan nilai pH dengan mudah. Hadir dalam kotak plastik kompak dengan busa untuk penyimpanan seluler yang lebih baik. Perhatian: Untuk memastikan keakuratan probe pH, Anda harus menggunakan solusi standar untuk mengkalibrasi secara teratur. Umumnya, periode tersebut sekitar setengah tahun. Jika Anda mengukur larutan berair yang kotor, Anda perlu meningkatkan frekuensi kalibrasi (DFRobot, 2020c).

***Aplikasi:**

1. Pengujian kualitas air
2. Akuakultur

***Spesifikasi:**

1. Modul Power: 5.00V
2. Ukuran Modul: 43mm × 32mm
3. Rentang Pengukuran: 0-14PH
4. Mengukur Suhu: 0-60 °C
5. Akurasi: ± 0,1pH (25 °C)

6. Waktu Respon: ≤ 1 menit
7. Sensor pH dengan Konektor BNC
8. PH2.0 Antarmuka (patch 3 kaki)
9. Potensiometer Penyesuaian Keuntungan
10. LED Indikator Daya
11. Panjang kabel dari sensor ke konektor BNC: 660mm

2.2.9 Firebase

Firebase adalah *Backend as a Service* (BaaS) yang saat ini dimiliki oleh Google. Firebase merupakan solusi yang ditawarkan oleh Google untuk mempermudah pengembangan aplikasi *mobile*. Dua fitur menarik dari Firebase adalah Firebase Remote Config dan Firebase Real Time Database. Selain itu juga terdapat fitur pendukung untuk aplikasi yang memerlukan *push notification* yaitu Firebase Notification Console.

Firebase Database merupakan penyimpanan basis data non-SQL yang memungkinkan untuk menyimpan beberapa tipe data. Tipe data itu antara lain String, Long, dan Boolean. Data pada Firebase Database disimpan sebagai objek JSON *tree*. Tidak seperti basis data SQL, tidak ada tabel dan baris pada basis data non-SQL. Ketika ada penambahan data, data tersebut akan menjadi *node* pada struktur JSON. *Node* merupakan simpul yang berisi data dan bisa memiliki cabang-cabang berupa *node* lainnya yang berisi data pula. Proses pengisian suatu data ke Firebase Database dikenal dengan istilah *push*.

Selain Firebase Database, Firebase menyediakan beberapa layanan lainnya yang juga dimanfaatkan dalam pengembangan aplikasi ini. Layanan tersebut antara lain Firebase Authentication, Storage, dan Cloud Messaging. Pada pengembangan aplikasi, layanan lainnya yang digunakan pada pengembangan aplikasi adalah Firebase Storage. Layaknya sebuah penyimpanan awan, Firebase Storage memungkinkan pengembang untuk mengunggah atau mengunduh sebuah berkas (Sandy, Januar and Hariadi, 2017).

2.2.10 LCD (Liquid Crystal Display)

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (Liquid Crystal Display) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (Liquid Cristal Display) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

Cara kerja LCD secara umum adalah port RW diberi logika rendah “0”. Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan ialah DB4 sampai dengan DB7. Sebagaimana terlihat pada tabel diskripsi, interface LCD merupakan sebuah parallel bus, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke LCD secara 4-bit atau 8-bit pada satu waktu. Jika mode 4-bit yang digunakan, maka 2 nibble data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB lalu 4-bit LSB dengan pulsa clock EN setiap nibblenya). Jalur kontrol EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa microcontroller mengirimkan data ke LCD. Untuk mengirim data ke LCD program harus menset EN ke kondisi high “1” dan kemudian menset dua jalur kontrol lainnya (RS dan RW) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus. Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus di set ke “0” dan tunggu beberapa saat (tergantung pada datasheet LCD), dan set EN kembali ke high “1”. Ketika jalur RS berada dalam kondisi low “0”, data yang dikirimkan ke LCD dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi kursor dll). Ketika RS dalam kondisi high atau “1”, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan di layar. Misal, untuk menampilkan huruf “A” pada layar maka RS harus di set ke “1”. Jalur kontrol R/W harus berada dalam kondisi low (0) saat informasi

pada data bus akan dituliskan ke LCD. Apabila R/W berada dalam kondisi high “1”, maka program akan melakukan query (pembacaan) data dari LCD. Instruksi pembacaan hanya satu, yaitu Get LCD status (membaca status LCD), lainnya merupakan instruksi penulisan. Jadi hampir setiap aplikasi yang menggunakan LCD, R/W selalu diset ke “0”. Jalur data dapat terdiri 4 atau 8 jalur (tergantung gmode yang dipilih pengguna), DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6 dan DB7 (Hermiyanty, Wandira Ayu Bertin, 2017).

2.2.11 Prototype Sistem

Prototyping merupakan metode pengembangan perangkat lunak, yang berupa model fisik kerja sistem dan berfungsi sebagai versi awal dari sistem. Dengan metode prototyping ini akan dihasilkan prototype sistem sebagai perantara pengembang dan pengguna agar dapat berinteraksi dalam proses kegiatan pengembangan sistem informasi. Agar proses pembuatan prototype ini berhasil dengan baik adalah dengan mendefinisikan aturan-aturan pada tahap awal, yaitu pengembang dan pengguna harus satu pemahaman bahwa prototype dibangun untuk mendefinisikan kebutuhan awal. Prototype akan dihilangkan atau ditambahkan pada bagiannya sehingga sesuai dengan perencanaan dan analisis yang dilakukan oleh pengembang sampai dengan ujicoba dilakukan secara simultan seiring dengan proses pengembangan (Purnomo, 2017).

Ada 4 metodologi prototyping yang paling utama yaitu:

1. Illustrative, menghasilkan contoh laporan dan tampilan layar.
2. Simulated, mensimulasikan beberapa alur kerja sistem tetapi tidak menggunakan data real.
3. Functional, mensimulasikan beberapa alur sistem yang sebenarnya dan menggunakan data real.
4. Evolutionary, menghasilkan model yang menjadi bagian dari operasional sistem.

2.2.12 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan suatu cabang ilmu *Artificial Intelligence* yaitu suatu ilmu pengetahuan yang membuat komputer dapat meniru kecerdasan manusia sehingga diharapkan komputer dapat melakukan hal-hal yang apabila dikerjakan manusia memerlukan kecerdasan. Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangat penting. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan yang berada antara 0 sampai dengan 1. Ungkapan logika Boolean menggambarkan nilai-nilai “benar” atau “salah”. Logika *fuzzy* menggunakan ungkapan misalnya “sangat lambat”, “sedang”, “sangat cepat” dan lain-lain untuk mengungkapkan derajat intensitasnya. Logika *fuzzy* menggunakan satu set aturan untuk menggambarkan perilakunya. Aturan-aturan tersebut menggambarkan sebuah kondisi yang diharapkan dan hasil yang diinginkan atau dicapai dengan menggunakan statement IF ... THEN. Logika *fuzzy* sering digunakan untuk mengekspresikan suatu nilai yang diterjemahkan dalam bahasa (*linguistic*), salah satu contohnya untuk mengekspresikan suhu dalam sebuah ruangan apakah ruangan tersebut dingin, hangat, atau panas.

Menurut (Kusumadewi, 2003) menyatakan bahwa ada beberapa kelebihan logika *fuzzy* sehingga kebanyakan orang menggunakan logika *fuzzy* tersebut, antara lain:

1. Konsep logika *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti, sehingga mudah untuk dipahami.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, sehingga mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks.

5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami. Logika *fuzzy* menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

Logika *Fuzzy* mempunyai beberapa komponen antara lain:

1. Variabel *Fuzzy*

Variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.

2. Himpunan *Fuzzy*

Suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Dalam himpunan *fuzzy* mempunyai dua atribut yaitu linguistik dan numeris. Linguistik adalah penamaan suatu group yang mewakili suatu kondisi atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami seperti dingin, sejuk dan normal sedangkan numeris adalah suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti 0, 1, 2 dst (Kusumadewi, 2003).

3. Semesta Pembicara

Seluruh nilai yang diizinkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.

Contoh:

Semesta pembicara untuk variabel permintaan: $[0 + \infty]$

Semesta pembicara untuk variabel temperatur: $[-10 \ 90]$

4. Domain Himpunan *Fuzzy*

Seluruh nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu Himpunan *Fuzzy*.

Contoh:

Domain Himpunan *Fuzzy* TURUN pada permintaan = $[0 \ 5000]$

Domain Himpunan *Fuzzy* NAIK pada permintaan = $[1000 + \infty]$

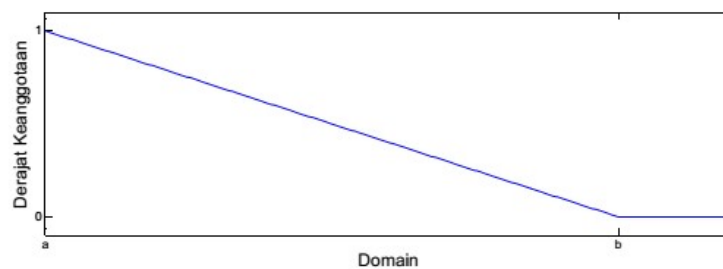
2.2.13 Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan merupakan fungsi yang memetakan elemen suatu himpunan ke nilai keanggotaan pada interval $[0,1]$. Fungsi keanggotaan yang membedakan himpunan *fuzzy* dengan himpunan tegas. Fungsi keanggotaan dapat direpresentasikan dengan berbagai cara, namun yang paling umum dan banyak dipakai dalam sistem yang dibuat berdasarkan logika *fuzzy* adalah representasi secara analitik.

Pemodelan yang tepat dibutuhkan karena model *fuzzy* sensitif terhadap jenis pendeskripsian himpunan *fuzzy*. Terdapat berbagai jenis pendeskripsian himpunan *fuzzy*, namun fungsi keanggotaan yang digunakan pada penelitian penulis yaitu representasi linier, segitiga dan trapesium (Trimartanti, 2011).

a. Representasi kurva linier

Representasi paling sederhana dalam fungsi keanggotaan yaitu representasi linier yang digambarkan sebagai suatu garis lurus. Keadaan himpunan *fuzzy* linier ada dua. Pertama, himpunan mengalami penurunan dari derajat keanggotaan satu bergerak ke kanan menuju derajat keanggotaan yang lebih rendah menuju nol. Hal tersebut tampak pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Representasi Kurva linier turun

Fungsi keanggotaan linier turun:

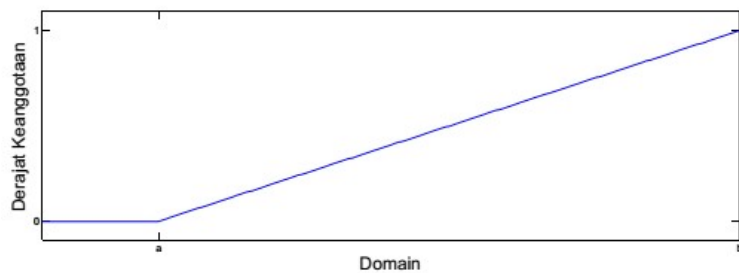
$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

Kedua, himpunan mengalami kenaikan dari derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju derajat keanggotaan yang lebih tinggi menuju satu. Hal tersebut tampak pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Representasi Kurva linier naik

Fungsi keanggotaan linier naik:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & x = b \end{cases} \quad (2)$$

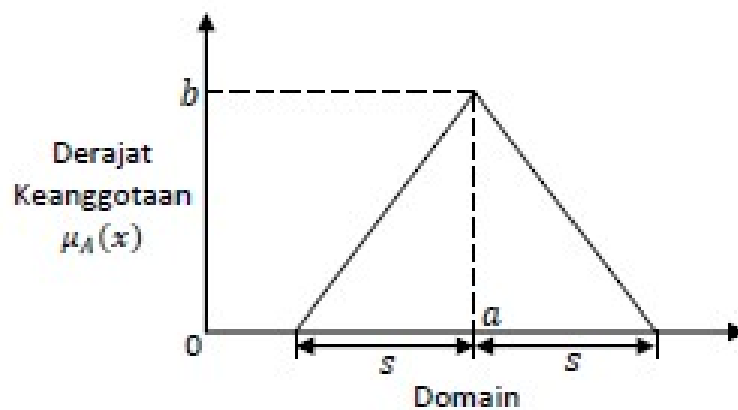
Keterangan:

a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

b. Representasi kurva segitiga

Representasi kurva segitiga merupakan gabungan dari representasi linier. Representasi kurva segitiga dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan dari representasi segitiga, adalah:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (3)$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

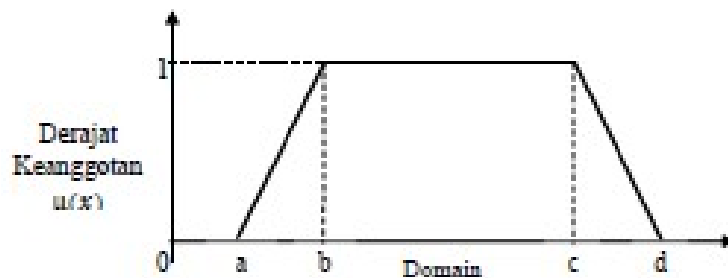
b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

c = nilai domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil

c. Representasi kurva trapesium

Representasi kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan

1. Representasi kurva trapesium dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan untuk representasi kurva trapesium, adalah:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (4)$$

2.2.14 Fuzzy Mamdani

Menurut (Dewi *et al.*, 2014) metode mamdani adalah metode yang sering dikenal sebagai metode Min-Max. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan yaitu:

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Pada metode mamdani ini, baik variabel input maupun variable output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada Metode Mamdani ini, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi Aturan

Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, diantaranya:

a. Metode *Max (Maximum)*

Solusi untuk himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{sf}(xi) = \max(\mu_{sf}(xi), \mu_{kf}(xi)) \quad (5)$$

Dengan:

$\mu_{sf}(x)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(x)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

Contoh ada 3 aturan (proposisi) sebagai berikut:

[R1] IF Biaya Produksi Rendah and Permintaan NAIK THEN
Produksi Barang Bertambah

[R2] IF Biaya Produksi STANDAR THEN Produksi Barang
NORMAL

[R3] IF Biaya Produksi TINGGI and Permintaan TURUN THEN
Produksi Barang BERKURANG

b. Metode *Addictive (Sun)*

Solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *boundedsum* terhadap semua output daerah *fuzzy*.

$$\mu_{sf}(xi) = \min(1, \mu_{sf}(xi) + \mu_{kf}(xi)) \quad (6)$$

Dengan:

$\mu_{sf}(x)$ = Nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(x)$ = Nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

c. Metode Probabilistik OR (probor)

Solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah *fuzzy*.

$$\mu_{sf}(x) = \mu_{sf}(xi) + \mu_{kf}(xi) - \mu_{sf}(xi) * \mu_{kf}(xi) \quad (7)$$

Dengan:

$\mu_{sf}(x)$ = Nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(x)$ = Nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

4. Penegasan (*defuzzy*)

Input dari proses *defuzzy* adalah suatu himpunan yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* dalam range tersebut, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output. Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan Mamdani, antara lain:

a. Metode *Centroid*

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

$$Z = \frac{\int z \mu_x(z) dz}{\int \mu_x(z) dz} \quad (8)$$

b. Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

$$Z_p \text{ sedemikian hingga } \int_R^{p1} \mu(z) dz = \int_p^{Rn} \mu(z) dz \quad (9)$$

c. Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maximum.

d. Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, solusi crisp dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alur penelitian

Alur penelitian dimulai dengan beberapa tahap yaitu:

a. Tahap Mengidentifikasi Masalah

Identifikasi masalah sebagai bagian dari proses penelitian dapat dipahami sebagai upaya mendefinisikan problem dan membuat definisi tersebut dapat diukur sebagai langkah awal penelitian. Pertama kali dalam penelitian ini, peneliti mengidentifikasikan dan mencari masalah apa saja yang ada di tempat penelitian. Setelah melakukan identifikasi, ternyata yang masih banyak menggunakan air sumur untuk keperluan sehari-hari masih banyak. Dan air yang dipakai belum memenuhi syarat penggunaan dari Kementerian Kesehatan yang berlaku. Sehingga menyebabkan masyarakat terdampak beberapa penyakit yang disebabkan oleh air yang kurang layak. Data kebutuhan air bersih di Indonesia masih tinggi. Pernah disampaikan juga oleh Bapak Nizam selaku Dirjen Dikti waktu sosialisasi Kampus Merdeka di UNISSULA.

b. Tahap mengumpulkan data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Pengumpulan data sebagai variabel input dan akan di proses untuk merancang sebuah sistem. Setelah menemukan masalah yang terjadi di tempat penelitian yaitu air yang masih belum layak untuk dipakai. Maka lanjut mengumpulkan variabel kualitas air yang sesuai dengan standar Kementerian Kesehatan yang berlaku. Data yang dibutuhkan untuk mengukur kualitas air antara lain yaitu, kekeruhan, warna, zat padat terlarut (total dissolved solid), suhu, suhu udara, rasa, bau, dan pH. Semua data yang telah dikumpulkan

guna untuk menunjang pembuatan sistem untuk mengukur kualitas air sumur yang akan digunakan oleh masyarakat yaitu layak atau tidak layak untuk digunakan.

c. Tahap studi literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori yang berkaitan dengan judul penelitian. Studi literatur dalam penelitian ini mencari penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *early warning system*, metode fuzzy mamdani, kualitas air sumur, dan juga *internet of things*. Setelah membaca dan memahami jurnal penelitian terdahulu ternyata fuzzy mamdani merupakan pengambilan keputusan terbaik untuk menyelesaikan suatu masalah atau kasus. Metode fuzzy mamdani lebih akurat karena kondisi setiap daerah fuzzynya diperhatikan secara detail dibandingkan metode fuzzy yang lainnya tidak memperhatikan hal itu.

d. Tahap perancangan alat

Perancangan alat IoT (Internet of Things) disesuaikan dengan kriteria kebutuhan. Perancangan alat berupa prototype, prototyping merupakan metode pengembangan perangkat lunak, yang berupa model fisik kerja sistem dan berfungsi sebagai versi awal dari sistem (Purnomo, 2017). Setelah masalah ditemukan, pengumpulan data dan studi literatur, kemudian lanjut merancang alat. Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa Arduino Uno, wemos D1 mini, sensor pH, sensor turbidity, dan sensor TDS. Jika alat sudah dirancang selanjutnya pemrograman pada Arduino Uno untuk microcontroller dan wemos D1 modul wifi esp8266 yang digunakan untuk mengirimkan data pada server (*cloud computing*).

e. Tahap implementasi

Implementasi sistem ini merupakan suatu penerapan atau tindakan yang dilakukan berdasarkan rencana yang telah disusun atau dibuat dengan cermat dan terperinci sebelumnya. Tahap ini hasil dari perancangan pada tahap sebelumnya di implementasikan dalam bahasa pemrograman. Jika sistem sudah di implementasikan dalam bahasa pemrograman maka sistem

akan dapat jalan. Bahasa pemrograman yang digunakan ialah bahasa C yang diimplementasikan di Arduino.

f. Tahap pengujian sistem dan maintenance alat

Pengujian sistem ini dilakukan untuk menguji apakah sistem sudah bekerja secara tepat dan apakah sistem sudah tercapai tujuan yang diinginkan oleh peneliti dalam sebuah penelitian ini. Pengujian sistem dalam penelitian ini memakai pengujian blackbox. Pengujian blackbox antara lain pengujian web interface, pengujian perangkat keras, pengujian *mobile app*, dan pengujian *early warning system*. Setelah alat dan sistem sudah dapat dijalankan dan berfungsi dengan baik, maka alat akan di maintenance agar tetap terawat dengan baik.

3.2 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kekeruhan, zat padat yang terlarut dalam air, dan pH pada air sumur. Data kekeruhan air diperoleh dari sensor turbidity. Selanjutnya ada data derajat keasaman (pH) diperoleh dari sensor pH, dan data zat atau partikel terlarut dalam air diperoleh dari sensor TDS.

3.3 Alat penelitian

Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah berupa perangkat keras dan perangkat lunak dengan spesifikasi sebagai berikut:

A. Perangkat keras

1. Laptop
2. Sensor Turbidity



Gambar 3. 1 Sensor Turbidity

3. Sensor TDS Meter



Gambar 3. 2 Sensor TDS Meter

4. Sensor pH Meter Air



Gambar 3. 3 Sensor pH Meter

5. Arduino Uno



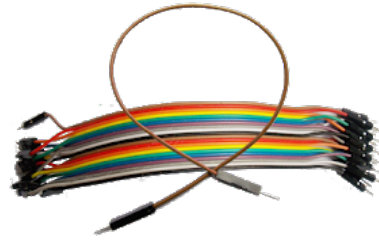
Gambar 3. 4 Arduino Uno

6. Wemos D1 Mini



Gambar 3. 5 Wemos D1 Mini

7. Kabel Jumper

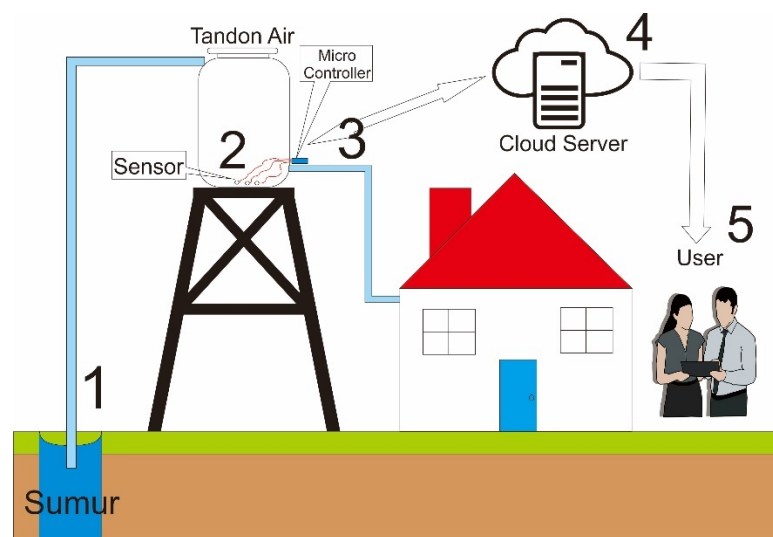


Gambar 3. 6 Kabel Jumper

B. Perangkat lunak

1. Web hosting : Cloud Computing (Firebase)
2. IDE :
 - Microcontroller (Arduino)
 - Flutter (Visual Studio Code)

3.4 Konsep Sistem



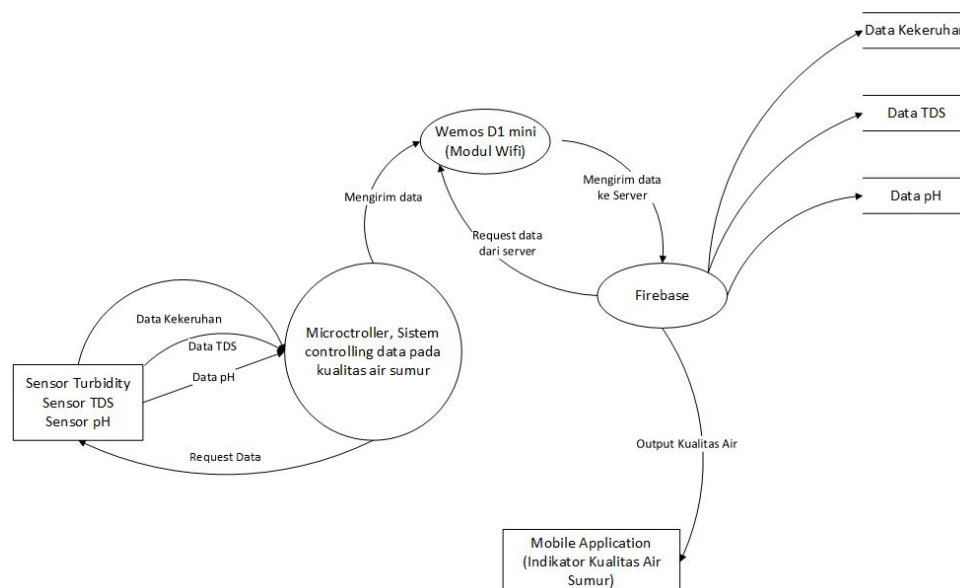
Gambar 3. 7 Gambaran konsep alur sistem

Keterangan:

1. Air dari sumur dipompa ke dalam tandon air yang ada di atap rumah, sebelum digunakan oleh warga.
2. Mikrokontroler memiliki *input* dan *output*, untuk *input* menggunakan sensor turbidity, sensor TDS meter dan sensor pH meter, ketiga sensor tersebut berada di dalam tandon air yang menampung air sumur.

3. Dari ketiga sensor tersebut mendapatkan data yang kemudian di kirim ke mikrokontroler untuk di proses.
4. Data yang sudah diproses didalam mikrokontroler di kirim ke *server Firebase* guna untuk memonitoring data kekeruhan, TDS dan pH air sumur.
5. Mobile application akan meminta data dari server firebase. Setelah data diterima, maka akan menampilkan dari ketiga sensor yaitu sensor turbidity, sensor TDS meter dan sensor pH meter, dan juga data dari hasil perhitungan *fuzzy mamdani* sehingga memperoleh kualitas air sumur untuk kelayakan pakai pada warga. Setelah dikirim ke *server Firebase*, *server* menampilkan data pada *mobile application* yang tersambung langsung pada alat.

3.5 Data Flow Diagram



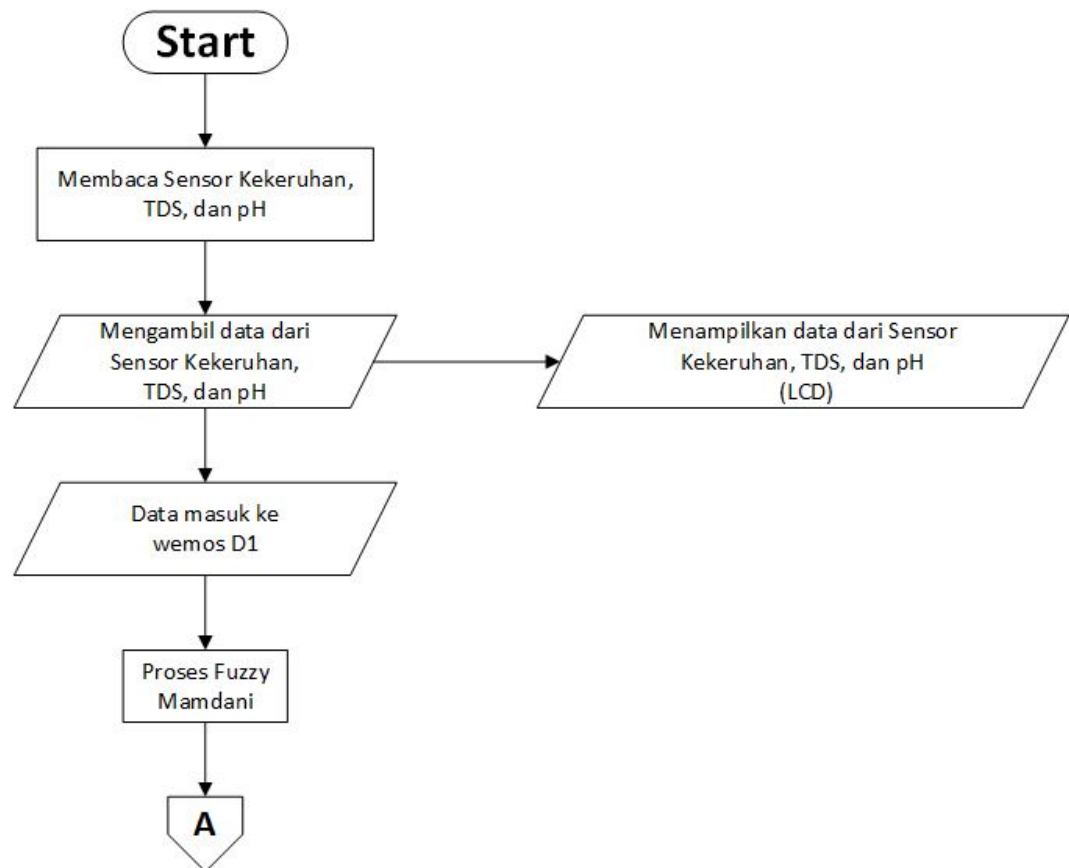
Gambar 3. 8 Data Flow Diagram

Pada gambar 3.8 merupakan proses aliran data sistem *controlling*. Sensor mengirim data ke mikrokontroler, Selanjutnya data diproses dan data dikirim ke *server* Firebase melalui Wemos D1 mini (Modul Wifi) guna untuk memonitoring datanya pada halaman *Mobile Application*. *Output* akan ditampilkan pada *mobile application*. Apabila terdapat perubahan pada hasil

perhitungan kualitas air sumur, maka akan mengirimkan notifikasi pada smartphone *pengguna* (warga).

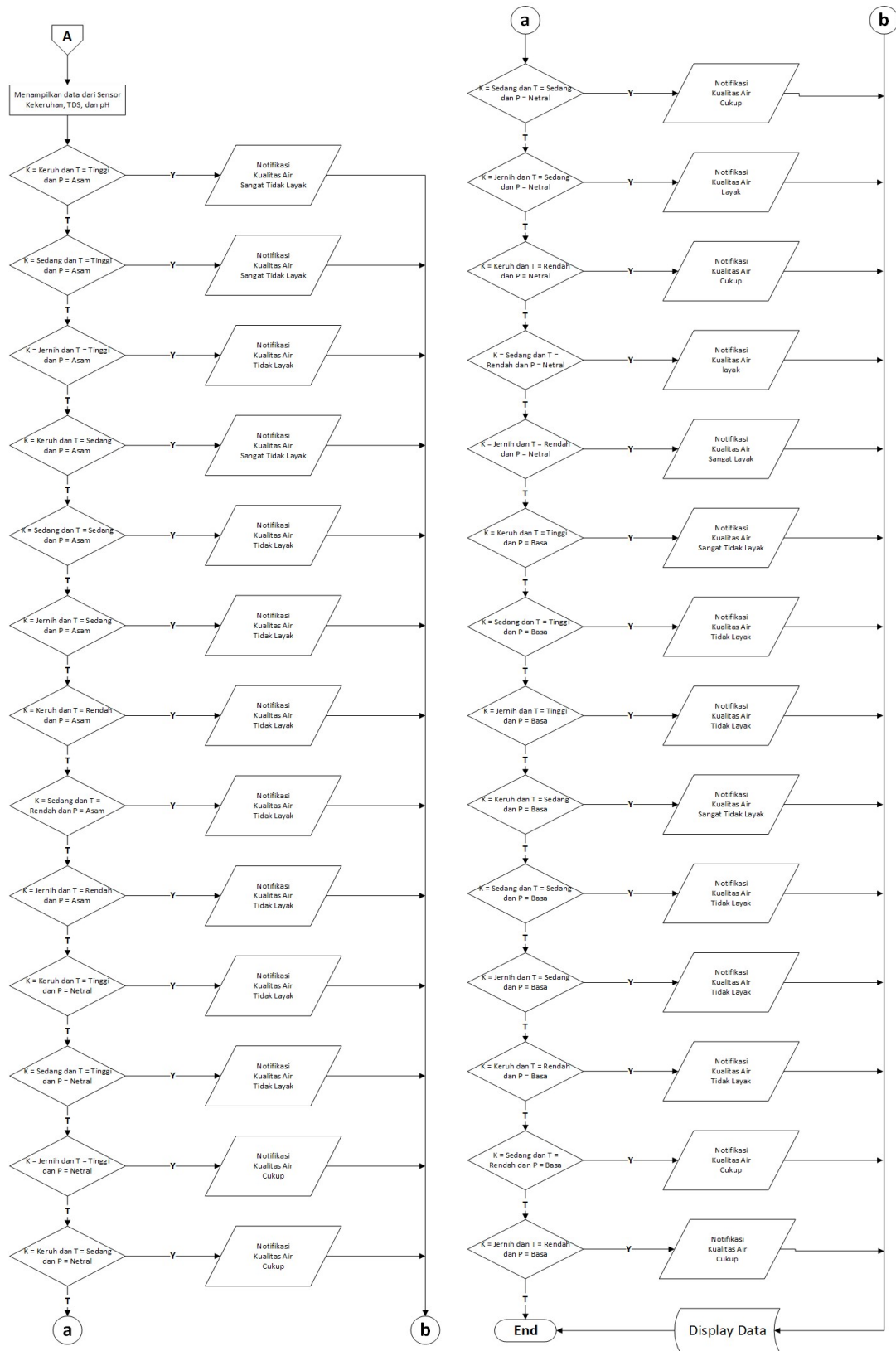
3.6 Flowchart

Flowchart untuk monitoring kualitas air sumur ditunjukkan pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Flowchart 1

Gambar 3.9 merupakan flowchart sistem dari mulai pengambilan data dari sensor sampai pada tahap *early warning system*. Tahap pertama mikrokontroler (Arduino) terhubung dengan Wemos D1 mini yang *connect* ke jaringan wifi yang sudah ditentukan. Setelah terhubung ke wifi, mikrokontroler akan menghubungkan ke server Firebase. Proses selanjutnya Arduino akan membaca sensor turbidity, sensor pH, dan sensor TDS.

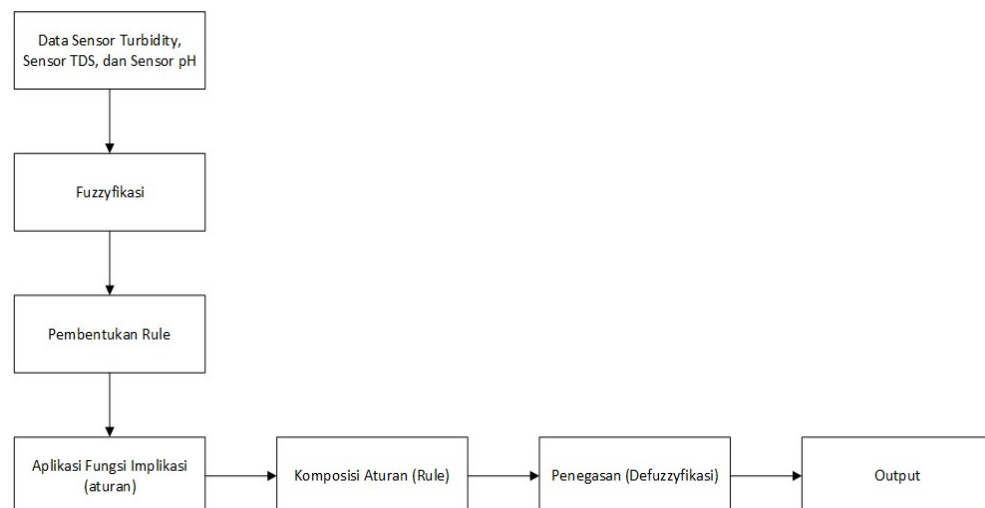


Gambar 3. 10 Flowchart 2

Gambar 3.10 merupakan flowchart rule fuzzy sistem. Mikrokontroler terhubung ke server, setelah mikrokontroler mengambil data dari sensor pH, sensor TDS, dan sensor turbidity untuk diproses pada fuzzy inferensi sistem. Proses ini akan mendapatkan nilai sebuah deFuzzyfikasi, dari nilai deFuzzyfikasi ini akan menjadi nilai output untuk menentukan kualitas air sumur. Data kekeruhan, pH, dan zat/padatan terlarut dan nilai defuzzifikasi akan dikirimkan ke server Firebase dan disimpan di masing-masing feed kemudian ditampilkan ke dashboard Firebase sehingga dapat dimonitoring melalui laptop / PC.

3.7 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Fuzzy Mamdani*. Variable input yang digunakan yaitu yang di dapat dari kekeruhan air menggunakan sensor turbidity, jumlah zat/padatan terlarut dalam air menggunakan sensor TDS, dan derajat keasaman didapat dari sensor pH. Output dari metode ini berupa nilai range 0-100. Adapun untuk proses metode dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Tahapan Fuzzy Mamdani

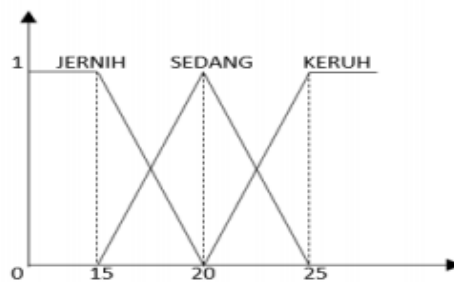
Gambar 3.11 merupakan proses fuzzy mamdani yang diterapkan di dalam sistem. Langkah pertama yaitu pengambilan data sensor yang meliputi kekeruhan air, zat/partikel terlarut dalam air, dan derajat keasaman air (pH) untuk dilakukan *Fuzzyfikasi*. Setelah proses Fuzzyfikasi selesai dilanjutkan

pada proses pembentukan rule (rule dalam bentuk IF ... THEN) dan proses fungsi implikasi memakai fungsi MIN. Selanjutnya tahap komposisi antar rule memakai fungsi MAX dan dilanjutkan *defuzzyfikasi* dengan metode Centroid. Pada metode ini, solusi crips diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy.

3.8 Variabel input

3.8.1 Kekeruhan

Proses Fuzzyfikasi pada variabel kekeruhan memiliki 3 himpunan fuzzy yaitu jernih, sedang, dan keruh. Untuk domain pada variabel kekeruhan jernih berada pada range 0-20, sedang 15-25, dan keruh ≥ 25 . Gambar 3.12 menunjukkan kurva derajat keanggotaan variabel kekeruhan.



Gambar 3. 12 Derajat keanggotaan kekeruhan

Gambar 3.12 merupakan kurva keanggotaan himpunan pada variabel kekeruhan. Jika nilai kurang dari 0, maka memiliki derajat keanggotaan jernih yang bernilai 1, semakin besar nilainya maka nilai derajat keanggotaan pada himpunan jernih akan semakin berkurang. Jika nilainya kurang atau lebih dari 15, maka berada pada derajat keanggotaan sedang akan semakin berkurang. Jika nilainya lebih dari 25, maka berada pada derajat keanggotaan 1 dengan kondisi keruh. Untuk perhitungan himpunan kekeruhan sebagai berikut:

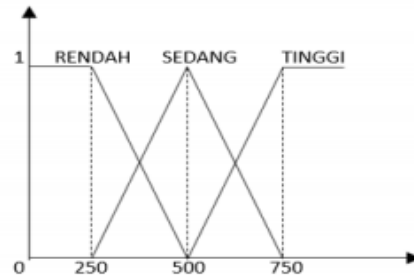
$$\mu_{\text{Jernih}}[z] = \begin{cases} 1; & z \leq 15 \\ (z - 15)/(20 - 15); & 15 \leq z \leq 20 \\ 0; & z \geq 20 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 15 \text{ atau } z \geq 25 \\ (z - 15)/(20 - 15); & 15 \leq z \leq 20 \\ (25 - z)/(25 - 20); & 20 \leq z \leq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Keruh}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 20 \\ (z - 20)/(25 - 20); & 20 \leq z \leq 25 \\ 1; & z \geq 25 \end{cases}$$

3.8.2 TDS

Proses Fuzzyfikasi pada variabel TDS memiliki 3 himpunan fuzzy yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Untuk domain pada variabel TDS rendah berada pada range 0-250, sedang 250-750, dan untuk tinggi ≥ 750 . Gambar 3.13 menunjukkan kurva derajat keanggotaan variabel TDS.



Gambar 3. 13 Derajat keanggotaan TDS

Gambar 3.13 merupakan kurva keanggotaan himpunan pada variabel TDS. Jika nilai kurang dari 250, maka memiliki derajat keanggotaan rendah yang bernilai 1, semakin besar nilainya maka nilai derajat keanggotaan pada himpunan rendah akan semakin berkurang. Jika nilainya kurang atau lebih dari 500, maka berada pada derajat keanggotaan sedang akan semakin berkurang. Jika nilainya lebih dari sama dengan 750 maka berada pada derajat keanggotaan 1 dengan kondisi tinggi. Untuk perhitungan himpunan TDS sebagai berikut:

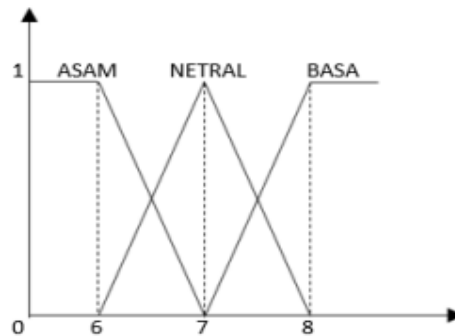
$$\mu_{\text{Rendah}}[z] = \begin{cases} 1; & z \leq 250 \\ (z - 250)/(500 - 250); & 250 \leq z \leq 500 \\ 0; & z \geq 500 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 250 \text{ atau } z \geq 750 \\ (z - 250)/(500 - 250); & 250 \leq z \leq 500 \\ (750 - x)/(750 - 500); & 500 \leq z \leq 750 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tinggi}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 500 \\ (z - 500)/(750 - 500); & 500 \leq z \leq 750 \\ 1; & z \geq 750 \end{cases}$$

3.8.3 pH

Proses *Fuzzyfikasi* pada variabel pH memiliki 3 himpunan *fuzzy* yaitu asam, netral, dan basa. Untuk domain pada variabel pH asam berada pada *range* 0-6, normal 6-8, dan untuk basa ≥ 8 . Gambar 3.14 menunjukkan kurva derajat keanggotaan variabel pH.



Gambar 3. 14 Derajat keanggotaan pH

Gambar 3.14 merupakan kurva keanggotaan himpunan pada variabel pH. Jika nilai kurang dari 6, maka memiliki derajat keanggotaan asam yang bernilai 1, semakin besar nilainya maka nilai derajat keanggotaan pada himpunan asam akan semakin berkurang. Jika nilainya kurang atau lebih dari 7, maka berada pada derajat keanggotaan netral akan semakin berkurang. Jika nilainya lebih dari sama dengan 8, maka berada pada derajat keanggotaan 1 dengan kondisi basa. Untuk perhitungan himpunan pH sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Asam}}[z] = \begin{cases} 1; & z \leq 6 \\ (z - 6)/(7 - 6); & 6 \leq z \leq 7 \\ 0; & z \geq 7 \end{cases}$$

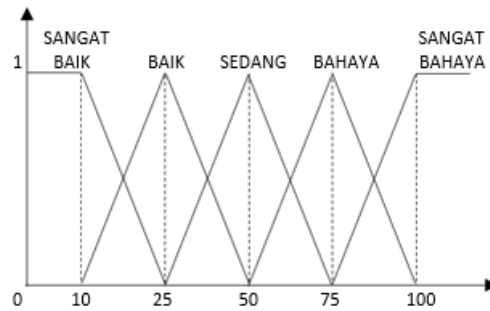
$$\mu_{\text{Netral}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 6 \text{ atau } z \geq 8 \\ (z - 6)/(7 - 6); & 6 \leq z \leq 7 \\ (8 - z)/(8 - 7); & 7 \leq z \leq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Basa}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 7 \\ (z - 7)/(8 - 7); & 7 \leq z \leq 8 \\ 1; & z \geq 8 \end{cases}$$

3.8.4 Output

Pada penelitian ini, *Output* berupa kualitas air sumur yang akan menjadi parameter untuk pengguna apakah air layak digunakan atau tidak nantinya?

Mengirimkan notifikasi pada smartphone pengguna. Dari nilai *range* 0-100 yang akan digunakan untuk menentukan kualitas air sumur. Kurva derajat keanggotaan *output* untuk kualitas air sumur ditunjukkan pada gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Derajat keanggotaan output kualitas air sumur

Gambar 3.15 merupakan derajat keanggotaan output kualitas air sumur, untuk domainnya di antara 0-25 untuk himpunan sangat baik, 10-50 untuk himpunan baik, 25-75 untuk sedang, 50-100 untuk bahaya, dan 75-100 untuk himpunan sangat bahaya.

Keterangan:

1. *Range* 0-25 = menunjukkan kualitas air sumur sangat baik digunakan.
2. *Range* 10-50 = menunjukkan kualitas air sumur baik digunakan.
3. *Range* 25-75 = menunjukkan kualitas air sumur cukup baik digunakan.
4. *Range* 50-100 = menunjukkan kualitas air sumur bahaya digunakan.
5. *Range* 75-100 = menunjukkan kualitas air sumur sangat bahaya digunakan.

Untuk perhitungan status kincir sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Sangat Baik}}[z] = \begin{cases} 1; & z \leq 10 \\ (z - 10)/(25 - 10); & 10 \leq z \leq 25 \\ 0; & z \geq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Baik}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 10 \text{ atau } z \geq 50 \\ (z - 10)/(25 - 10); & 10 \leq z \leq 25 \\ (50 - x)/(50 - 25); & 25 \leq z \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Cukup}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 10 \text{ atau } z \geq 50 \\ (z - 10)/(25 - 10); & 10 \leq z \leq 25 \\ (50 - x)/(50 - 25); & 25 \leq z \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Bahaya}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 25 \text{ atau } z \geq 75 \\ (z - 25)/(50 - 25); & 25 \leq z \leq 50 \\ (75 - x)/(75 - 50); & 50 \leq z \leq 75 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sangat Bahaya}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 75 \\ (z - 75)/(100 - 75); & 75 \leq z \leq 100 \\ 1; & z \geq 100 \end{cases}$$

Untuk menentukan nilai kualitas air sumur sangat layak menggunakan rumus nomor (10) yaitu nilai maksimal dikurangi *input*, kemudian dibagi dengan selisih antara maksimal dengan nilai minimal. Untuk mencari nilai layak menggunakan rumus nomor (11) dengan cara *input* dikurangi nilai minimal kemudian dibagi dengan selisih antara nilai maksimal dengan nilai minimal atau dengan cara nilai maksimal dikurangi *input* kemudian dibagi dengan selisih antara nilai maksimal dengan nilai minimal. Untuk mencari nilai sedang menggunakan rumus nomor (12) dengan cara *input* dikurangi nilai minimal kemudian dibagi dengan selisih antara nilai maksimal dengan nilai minimal atau dengan cara nilai maksimal dikurangi *input* kemudian dibagi dengan selisih antara nilai maksimal dengan nilai minimal. Untuk mencari nilai bahaya menggunakan rumus nomor (13) dengan cara *input* dikurangi nilai minimal kemudian dibagi dengan selisih antara nilai maksimal dengan nilai minimal atau dengan cara nilai maksimal dikurangi *input* kemudian dibagi dengan selisih antara nilai maksimal dengan nilai minimal. Dan untuk mencari nilai sangat bahaya menggunakan rumus nomor (14) dengan cara *input* dikurangi nilai minimal kemudian dibagi dengan selisih antara nilai maksimal dengan nilai minimal.

Tabel 3. 1 Status output kualitas air sumur

No	Kekeruhan	TDS	pH	Output Kualitas Air
1	Keruh	Tinggi	Asam	Sangat Tidak Layak
2	Sedang	Tinggi	Asam	Sangat Tidak Layak
3	Jernih	Tinggi	Asam	Tidak Layak

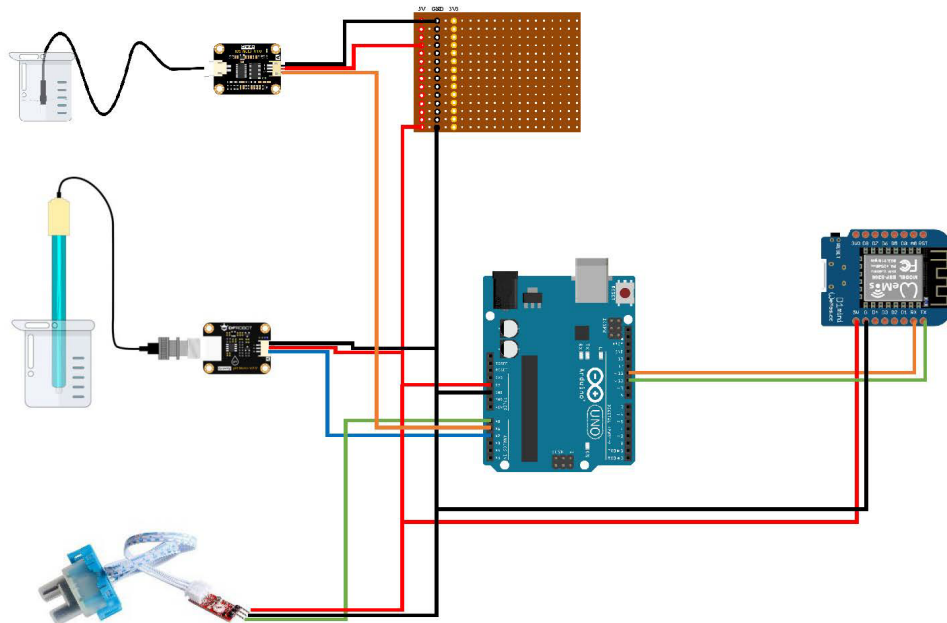
No	Kekeruhan	TDS	pH	Output Kualitas Air
4	Keruh	Sedang	Asam	Sangat Tidak Layak
5	Sedang	Sedang	Asam	Tidak Layak
6	Jernih	Sedang	Asam	Tidak Layak
7	Keruh	Rendah	Asam	Tidak Layak
8	Sedang	Rendah	Asam	Tidak Layak
9	Jernih	Rendah	Asam	Tidak Layak
10	Keruh	Tinggi	Netral	Tidak Layak
11	Sedang	Tinggi	Netral	Tidak Layak
12	Jernih	Tinggi	Netral	Cukup
13	Keruh	Sedang	Netral	Cukup
14	Sedang	Sedang	Netral	Cukup
15	Jernih	Sedang	Netral	Layak
26	Keruh	Rendah	Netral	Cukup
17	Sedang	Rendah	Netral	Layak
18	Jernih	Rendah	Netral	Sangat Layak
19	Keruh	Tinggi	Basa	Sangat Tidak Layak
20	Sedang	Tinggi	Basa	Tidak Layak
21	Jernih	Tinggi	Basa	Tidak Layak
22	Keruh	Sedang	Basa	Sangat Tidak Layak
23	Sedang	Sedang	Basa	Tidak Layak
24	Jernih	Sedang	Basa	Tidak Layak
25	Keruh	Rendah	Basa	Tidak Layak
26	Sedang	Rendah	Basa	Cukup
27	Jernih	Rendah	Basa	Cukup

Tabel 3.1 merupakan tabel aturan untuk *output* kualitas air sumur. *output* kualitas air sumur terdiri dari 27 aturan, aturan *output* ini memiliki *output* atau nilai yang berbeda untuk menentukan kualitas air sumur.

- 1) IF kekeruhan KERUH AND tds TINGGI AND pH ASAM THEN
kualitas air SANGAT TIDAK LAYAK
- 2) IF kekeruhan SEDANG AND tds TINGGI AND pH ASAM THEN
kualitas air SANGAT TIDAK LAYAK
- 3) IF kekeruhan JERNIH AND tds TINGGI AND pH ASAM THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 4) IF kekeruhan KERUH AND tds SEDANG AND pH ASAM THEN
kualitas air SANGAT TIDAK LAYAK
- 5) IF kekeruhan SEDANG AND tds SEDANG AND pH ASAM THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 6) IF kekeruhan JERNIH AND tds SEDANG AND pH ASAM THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 7) IF kekeruhan KERUH AND tds RENDAH AND pH ASAM THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 8) IF kekeruhan SEDANG AND tds RENDAH AND pH ASAM THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 9) IF kekeruhan JERNIH AND tds RENDAH AND pH ASAM THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 10) IF kekeruhan KERUH AND tds TINGGI AND pH NETRAL THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 11) IF kekeruhan SEDANG AND tds TINGGI AND pH NETRAL THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 12) IF kekeruhan JERNIH AND tds TINGGI AND pH NETRAL THEN
kualitas air NORMAL
- 13) IF kekeruhan KERUH AND tds SEDANG AND pH NETRAL THEN
kualitas air NORMAL
- 14) IF kekeruhan SEDANG AND tds SEDANG AND pH NETRAL THEN
kualitas air NORMAL
- 15) IF kekeruhan JERNIH AND tds SEDANG AND pH NETRAL THEN
kualitas air LAYAK

- 16) IF kekeruhan KERUH AND tds RENDAH AND pH NETRAL THEN
kualitas air NORMAL
- 17) IF kekeruhan SEDANG AND tds RENDAH AND pH NETRAL THEN
kualitas air LAYAK
- 18) IF kekeruhan JERNIH AND tds RENDAH AND pH NETRAL THEN
kualitas air SANGAT LAYAK
- 19) IF kekeruhan KERUH AND tds TINGGI AND pH BASA THEN
kualitas air SANGAT TIDAK LAYAK
- 20) IF kekeruhan SEDANG AND tds TINGGI AND pH BASA THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 21) IF kekeruhan JERNIH AND tds TINGGI AND pH BASA THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 22) IF kekeruhan KERUH AND tds SEDANG AND pH BASA THEN
kualitas air SANGAT TIDAK LAYAK
- 23) IF kekeruhan SEDANG AND tds SEDANG AND pH BASA THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 24) IF kekeruhan JERNIH AND tds SEDANG AND pH BASA THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 25) IF kekeruhan KERUH AND tds RENDAH AND pH BASA THEN
kualitas air TIDAK LAYAK
- 26) IF kekeruhan SEDANG AND tds RENDAH AND pH BASA THEN
kualitas air NORMAL
- 27) IF kekeruhan JERNIH AND tds RENDAH AND pH BASA THEN
kualitas air NORMAL

3.8.5 Perancangan Hardware

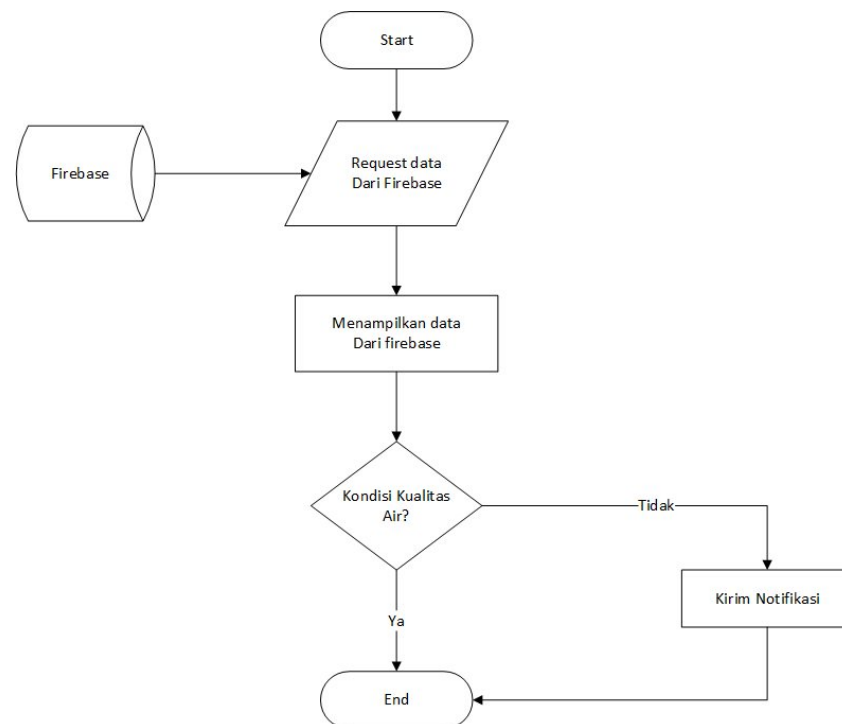


Gambar 3. 16 Rangkaian sistem

Gambar 3.16 merupakan gambar skema rangkaian dari *Early Warning System* kualitas air sumur berbasis fuzzy pada internet of things dengan keterangan sebagai berikut:

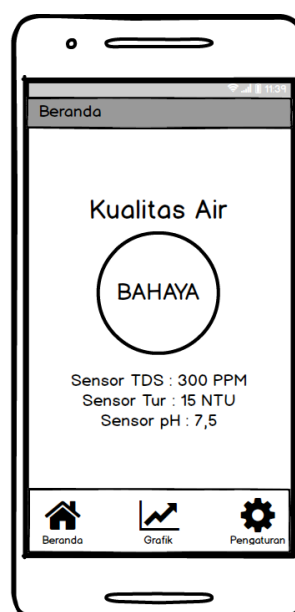
1. Mikrokontroler Arduino Uno R3
2. Sensor kekeruhan yang terhubung pada pin A0 dengan vcc 5v.
3. Sensor TDS terhubung pada pin A1 dengan vcc 5v.
4. Sensor pH meter terhubung pada pin A2 dengan vcc 5v.
5. Wemos D1 mini terhubung pada pin 10,11 dengan vcc 5v.

3.8.6 Desain Interface Monitoring di Mobile App



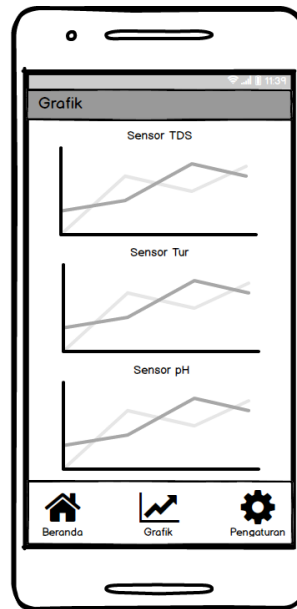
Gambar 3. 17 Desain interface mobile application

Gambar 3.17 merupakan flowchart mobile application. Pertama, mobile application akan request data dari firebase. Selanjutnya data akan ditampilkan pada mobile application. Mobile application akan mengirimkan notifikasi jika kualitas air dalam kondisi bahaya dan sangat bahaya.



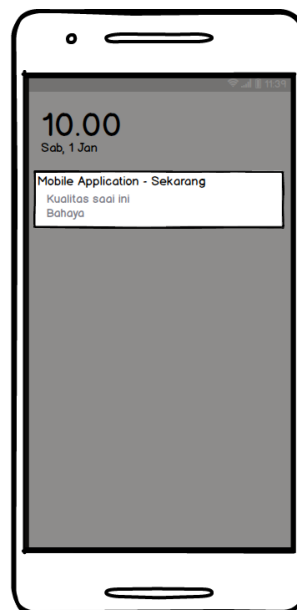
Gambar 3. 18 Desain interface mobile application (Menu Beranda)

Gambar 3.18 merupakan desain interface mobile application pada menu beranda yang menampilkan kondisi kualitas dari air sumur dan nilai terakhir dari ketiga sensor.



Gambar 3. 19 Desain interface mobile application (Menu Grafik)

Gambar 3.19 merupakan desain interface mobile application pada menu grafik dengan menampilkan 3 grafik dari 3 data, yaitu data kekeruhan air (Sensor Tur), zat/padatan terlarut pada air (Sensor TDS), dan keasaman air (Sensor pH).



Gambar 3. 20 Gambar Notifikasi pada Mobile App

Gambar 3.20 merupakan desain dari pengiriman notifikasi pada *mobile application* saat kondisi kualitas air sumur dalam kondisi bahaya.

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

4.1 Implementasi

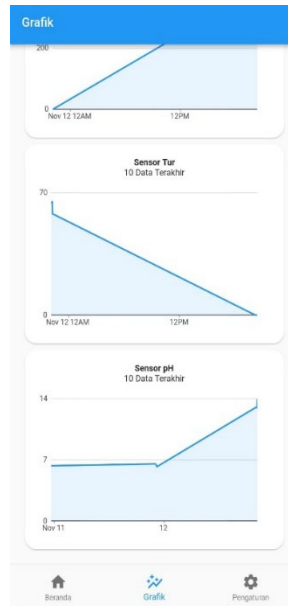
4.1.1 Implementasi Perangkat Mobile

Implementasi perangkat mobile merupakan hasil dari pengembangan mobile yang sudah dirancang sebelumnya, yang sudah menjadi aplikasi yang sudah siap digunakan oleh pengguna. Berikut adalah beberapa tampilan yang terdapat pada mobile application:



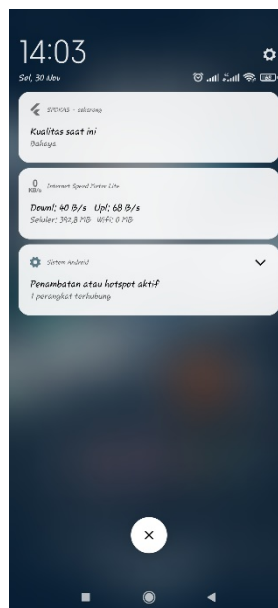
Gambar 4. 1 Tampilan Menu Beranda

Gambar 4. 1 merupakan *interface mobile application* pada menu beranda yang menampilkan kondisi kualitas dari air sumur dan nilai terakhir dari ketiga sensor.



Gambar 4. 2 Tampilan Menu Grafik

Gambar 4. 2 merupakan *interface mobile application* pada menu grafik dengan menampilkan 3 grafik dari 3 data, yaitu data kekeruhan air (Sensor Tur), zat/padatan terlarut pada air (Sensor TDS), dan keasaman air (Sensor pH).



Gambar 4. 3 Tampilan Notifikasi

Gambar 3.20 merupakan hasil dari pengiriman notifikasi pada *mobile application* saat kondisi kualitas air sumur dalam kondisi bahaya. Berikut adalah beberapa konfigurasi dan plugin yang digunakan pada *mobile application*:

```
cloud_firestore: ^2.5.3
firebase_messaging: ^10.0.7
firebase_core: ^1.6.0
flutter_local_notifications: ^8.2.0
```

Gambar 4. 4 Plugin yang digunakan pada *Mobile Application*

Gambar 4. 4 adalah plugin yang digunakan pada project *mobile application* untuk komunikasi dengan firebase.

```
() google-services.json x
android > app > () google-services.json > [ ] client > () > () client_info > () mobiledsk_app_id
1
2 {
3   "project_info": {
4     "project_number": "762100975735",
5     "firebase_url": "https://spdkas-c7975-default-rtb.asia-southeast1-
6     firebase.firebaseio.com",
7     "project_id": "spdkas-c7975",
8     "storage_bucket": "spdkas-c7975.appspot.com"
9   },
10  "client": [
11    {
12      "client_info": {
13        "mobilesdk_app_id": "1:762100975735:android:f461fb591062c9b1e3de72",
14        "android_client_info": {
15          "package_name": "com.muallim.spdkas"
16        }
17      },
18      "oauth_client": [
19        {
20          "client_id": "762100975735-mhhf04f58lagu6j3uq6f5d18diahgic.apps-
21          googleusercontent.com",
22          "client_type": 1,
23          "android_info": {
24            "package_name": "com.muallim.spdkas",
25            "certificate_hash": "ca718e718cb501af1e2dd973a9b130f8386cfab1"
26          }
27        },
28        {
29          "client_id": "762100975735-lqmfn7hbb4v9cebg3v4brmncndr9kd.apps-
30          googleusercontent.com",
31          "client_type": 3
32        }
33      ],
34      "api_key": [
35        {
36          "current_key": "AIzaSyC08CzIV_Ih0inkCx0N0gIZT1oTjswk67Q"
37        }
38      ]
39    }
40  ]
41 }
```

Gambar 4. 5 File Konfigurasi *Mobile Application* dengan Firebase

Gambar 4. 5 adalah file konfigurasi dari firebase yang didapatkan pada saat pembuatan project *mobile application android* yang digunakan untuk menghubungkan antara firebase dengan *mobile application*.

```
firestore.dart x
lib > data > firestore.dart > ...
1 import 'package:cloud_firestore/cloud_firestore.dart';
2 import 'package:spdkas/tool/fcm_service.dart';
3
4 class Firestore {
5   static final CollectionReference users =
6     FirebaseFirestore.instance.collection("users");
7   static final CollectionReference sensors =
8     FirebaseFirestore.instance.collection("sensors");
9   static final CollectionReference log =
10     FirebaseFirestore.instance.collection("log");
11   static final CollectionReference status =
12     FirebaseFirestore.instance.collection("log_status");
13
14   static Future token() async {
15     late String token;
16     try {
17       token = await FcmService().getToken();
18     } catch (e) {
19       return Future.error(e);
20     }
21
22     QuerySnapshot s = await users.get();
23     List r = s.docs.where((d) => d.get("token") == token).toList();
24     if(r.isEmpty){
25       await users.add({"token": token});
26     }
27   }
28 }
```

Gambar 4. 6 File konfigurasi Firestore

Gambar 4. 6 adalah file konfigurasi firestore yang digunakan untuk konfigurasi/komunikasi dari data yang ada di firestore ke mobile application.


```

fcm_service.dart x
lib > tool > fcm_service.dart > ...
1 import 'dart:developer';
2
3 import 'package:flutter_local_notifications/flutter_local_notifications.dart';
4 import 'package:firebase_messaging/firebase_messaging.dart';
5 import 'package:spdkaas/common/consts.dart';
6
7 class FcmService {
8   FirebaseMessaging? _messaging;
9   late FlutterLocalNotificationsPlugin _localNotification;
10
11   FcmService() {
12     _localNotification = FlutterLocalNotificationsPlugin();
13   }
14
15   void _instance() {
16     if (_messaging == null) {
17       FirebaseMessaging m = FirebaseMessaging.instance;
18       _messaging = m;
19     }
20   }
21
22   Future init() async {
23     _instance();
24     _configLocalNotification();
25     FirebaseMessaging.onMessage.listen((RemoteMessage message) {
26       _showNotification(message.notification!);
27     });
28     FirebaseMessaging.onMessageOpenedApp.listen((RemoteMessage message) {
29       log("onMessage: $message");
30     });
31   }
32
33   void _configLocalNotification() {
34     var initializationSettingsAndroid =
35       const AndroidInitializationSettings('ic_launcher');
36     var initializationSettingsIOS = const IOSInitializationSettings();
37     var initializationSettings = InitializationSettings(
38       android: initializationSettingsAndroid,
39       iOS: initializationSettingsIOS,
40     );
41     _localNotification.initialize(initializationSettings);
42   }

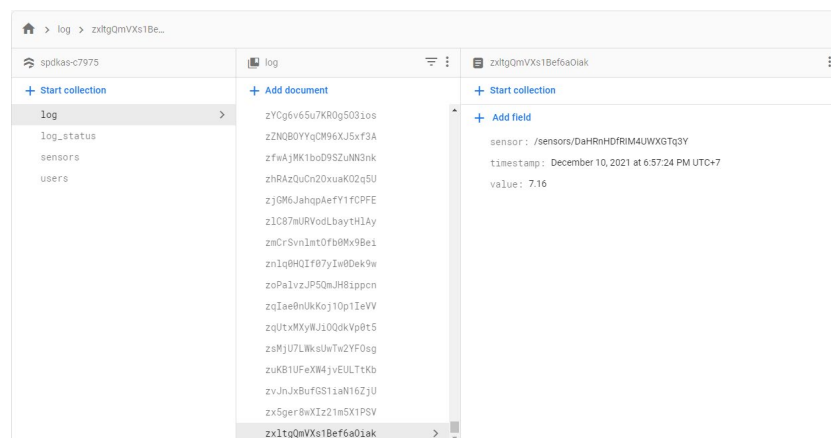
```

Gambar 4. 7 File konfigurasi Firebase *Cloud Messaging*

Gambar 4. 6 adalah file konfigurasi firebase *cloud messaging* yang digunakan untuk pembuatan sebuah notifikasi pada *mobile application*.

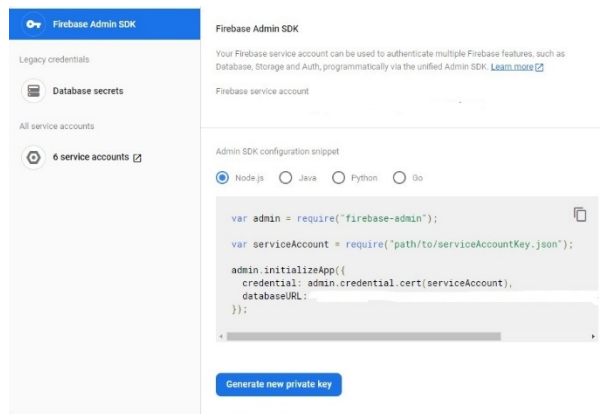
4.1.2 Implementasi *Cloud Computing*

Implementasi *cloud computing* merupakan hasil dari penerapan *cloud computing* yang digunakan untuk komputasi dalam sistem yang sudah dirancang sebelumnya. Pada penelitian ini, yaitu menggunakan firestore yang terdapat pada firebase. Berikut adalah beberapa tampilan dan konfigurasi yang terdapat pada cloud computing:



Gambar 4. 8 Tampilan data pada Firestore

Gambar 4. 8 adalah tampilan data pada firestore yang terdiri dari 3 kolom. Kolom pertama adalah collection, merupakan data yang digunakan pada sistem. Pada collection log yaitu data dari ketiga sensor yang telah dikirim dari perangkat keras ke firestore. Collection log_status yaitu data status atau kondisi kualitas air. Collection sensors yaitu berisi data ID sensor yang digunakan pada perangkat keras. Collection users yaitu berisi data token dari mobile application yang sudah di build/install pada smartphone pengguna. Kolom kedua adalah document, yaitu berisi ID document dari collection dari tiap pengiriman data dari perangkat keras. Kolom ketiga adalah field, yaitu berisi data dari tiap-tiap document yang terdapat pada collection.



Gambar 4. 9 Tampilan Private Key

Gambar 4. 9 adalah tampilan dari private key yang terdapat pada firebase. Private key ini berfungsi untuk komunikasi antara perangkat keras dan *cloud computing* (Firebase). Untuk mendapatkan private key dengan cara mengakses pada Menu Project Setting → Service Accounts.



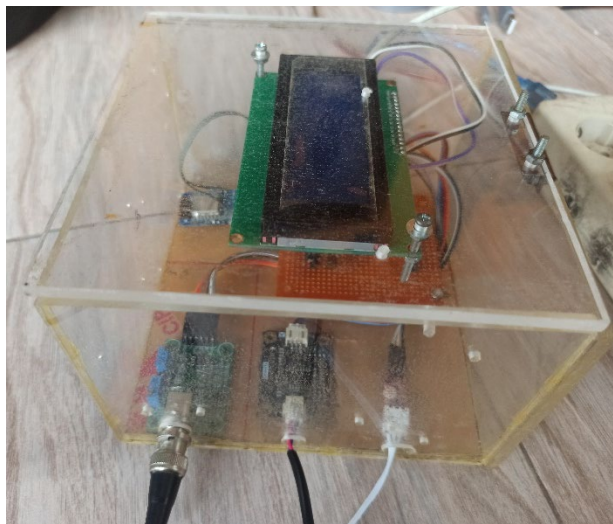
Gambar 4. 10 Tampilan Token Key

Gambar 4. 9 adalah tampilan dari token key yang terdapat pada firebase. Private key ini berfungsi untuk komunikasi antara *cloud computing* (Firebase) dengan *mobile application* dan untuk mengirimkan notifikasi pada *smartphone* pengguna sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Token

key ini bisa didapatkan dengan mengakses pada Menu Project Setting → Cloud Messaging.

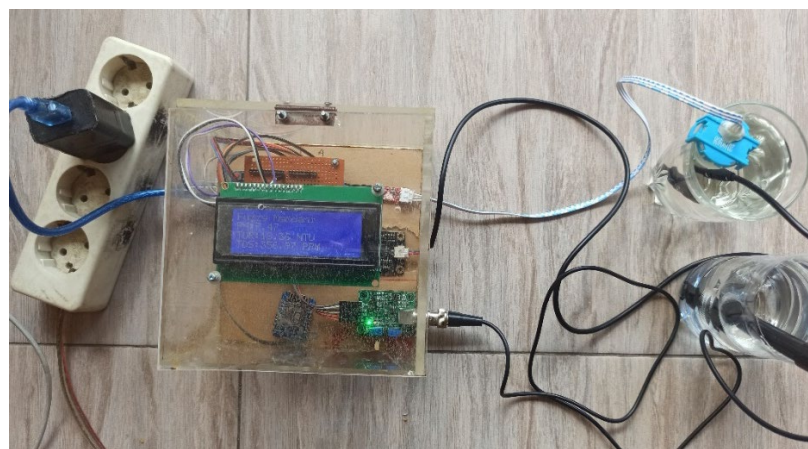
4.1.3 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras merupakan hasil dari pengembangan dari perancangan perangkat *internet of things* yang sudah didesain pada konsep sistem. Berikut adalah beberapa bentuk/wujud dari hasil perancangan perangkat keras:



Gambar 4. 11 Rangkaian Elektronik dalam box

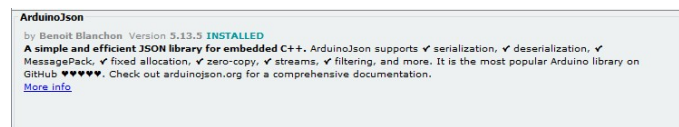
Gambar 4.11 merupakan gambar rangkaian elektronik yang terdiri dari arduino uno, sensor turbidity, sensor TDS meter, sensor pH meter, wemos D1 mini, dan LCD 20x4.



Gambar 4. 12 Implementasi Perangkat Keras dalam Pengujian

Gambar 4.12 merupakan gambar implementasi dari perangkat keras yang sudah di rangkaian dalam sebuah pengujian menggunakan air kran yang bersumber dari sumur yang berapa pada daerah perumahan di Kelurahan Tlogomulyo, Kecamatan Pedurungan, Kota Semarang.

Berikut adalah beberapa library yang digunakan pada implementasi perangkat keras:



Gambar 4. 13 Library ArduinoJson

Gambar 4. 13 adalah library yang digunakan pada Arduino IDE yang berfungsi untuk parse string json. Yang digunakan untuk terhubung dan mentransmisikan data terstruktur melalui koneksi jaringan, yaitu mengirimkan data antara server dan klien.



Gambar 4. 14 Library Firebase Arduino Client

Gambar 4. 14 adalah library yang digunakan untuk komunikasi antara perangkat keras dengan cloud computing (Firebase) dengan memasukkan beberapa key yang sesuai dengan key yang ada supaya bisa terhubung dengan benar.

4.1.4 Implementasi Sistem

Ada 4 tahapan pada metode mamdani yaitu:

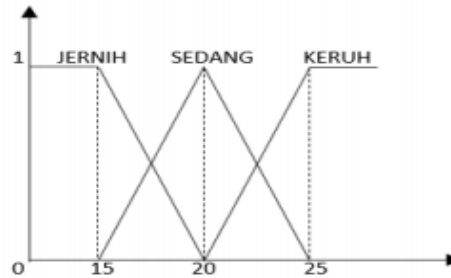
- A. Pembentukan himpunan fuzzy
- B. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)
- C. Komposisi aturan
- D. Penegasan (*Defuzzy*)

Kasus => Inputan : pH, TDS, Kekeruhan

Outputan : Kualitas Air

A. Pembentukan himpunan fuzzy

1. Variabel input Kekeruhan



Gambar 4. 15 Himpunan Kekeruhan

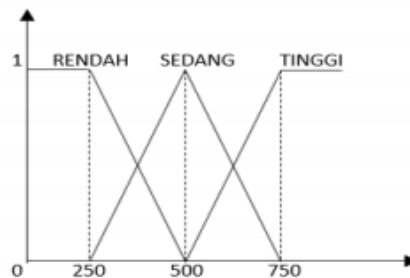
Untuk perhitungan himpunan kekeruhan sebagai berikut :

$$\mu_{\text{Jernih}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 15 \\ (20 - z)/(20 - 15); & 15 \leq z \leq 20 \\ 1; & z \geq 20 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 15 \text{ atau } z \geq 20 \\ (z - 15)/(20 - 15); & 15 \leq z \leq 20 \\ \frac{25-z}{25-20}; & 20 \leq z \leq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Keruh}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 20 \\ (z - 20)/(25 - 20); & 20 \leq z \leq 25 \\ 1; & z \geq 25 \end{cases}$$

2. Variabel input TDS



Gambar 4. 16 Himpunan TDS

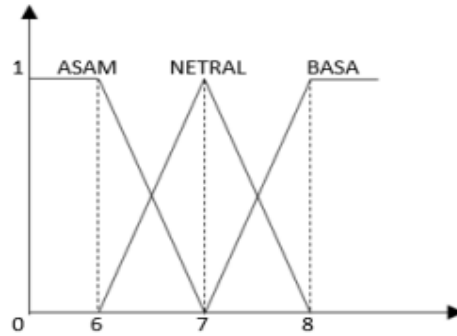
Untuk perhitungan himpunan TDS sebagai berikut :

$$\mu_{\text{Rendah}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 250 \\ (z - 250)/(500 - 250); & 250 \leq z \leq 500 \\ 1; & z \geq 500 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 250 \text{ atau } z \geq 750 \\ (z - 250)/(500 - 250); & 250 \leq z \leq 500 \\ \frac{750-z}{750-500}; & 500 \leq z \leq 750 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tinggi}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 500 \\ (z - 500)/(750 - 500); & 500 \leq z \leq 750 \\ 1; & z \geq 750 \end{cases}$$

3. Variabel input pH



Gambar 4. 17 Himpunan pH

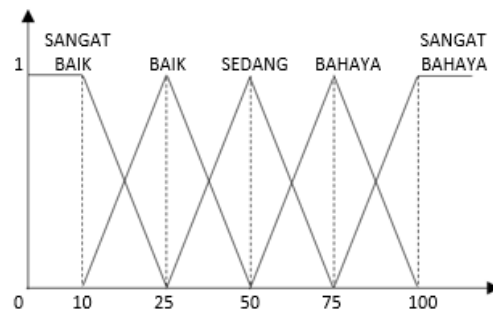
Untuk perhitungan himpunan pH sebagai berikut :

$$\mu_{\text{Asam}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 6 \\ (z - 6)/(7 - 6); & 6 \leq z \leq 7 \\ 1; & z \geq 7 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Netral}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 6 \text{ atau } z \geq 8 \\ (z - 6)/(7 - 6); & 6 \leq z \leq 7 \\ \frac{8-z}{8-7}; & 7 \leq z \leq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Basa}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 7 \\ (z - 7)/(8 - 7); & 7 \leq z \leq 8 \\ 1; & z \geq 8 \end{cases}$$

4. Derajat keanggotaan output



Gambar 4. 18 Himpunan Output

Keterangan :

1. *Range* 0-25 = menunjukkan kualitas air sumur sangat baik digunakan.
2. *Range* 10-50 = menunjukkan kualitas air sumur baik digunakan.
3. *Range* 25-75 = menunjukkan kualitas air sumur cukup baik digunakan.
4. *Range* 50-100 = menunjukkan kualitas air sumur bahaya digunakan.
5. *Range* 75-100 = menunjukkan kualitas air sumur sangat bahaya digunakan.

Untuk perhitungan status kualitas air sebagai berikut :

$$\mu_{\text{Sangat Baik}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 10 \\ (z - 10)/(25 - 10); & 10 \leq z \leq 25 \\ 1; & z \geq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Baik}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 10 \text{ atau } z \geq 50 \\ (z - 10)/(25 - 10); & 10 \leq z \leq 25 \\ \frac{50-x}{50-25}; & 25 \leq z \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Cukup}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 10 \text{ atau } z \geq 50 \\ (z - 10)/(25 - 10); & 10 \leq z \leq 25 \\ \frac{50-x}{50-25}; & 25 \leq z \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Bahaya}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 25 \text{ atau } z \geq 75 \\ (z - 25)/(50 - 25); & 25 \leq z \leq 50 \\ \frac{75-x}{75-50}; & 50 \leq z \leq 75 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sangat Bahaya}}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 75 \\ (z - 75)/(100 - 75); & 75 \leq z \leq 100 \\ 1; & z \geq 100 \end{cases}$$

B. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)

Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN. Variabel *input* yang digunakan yaitu kekeruhan 18,5 *ntu*, nilai variabel tersebut di dapat dari sensor dan sensor *turbidity*. TDS 352,4 *PPM*, nilai variabel tersebut di dapat dari sensor dan sensor *TDS Meter*. pH 7,8, nilai variabel tersebut di dapat dari sensor dan sensor *pH Meter*. Dari nilai *input* tersebut akan ditentukan nilai derajat keanggotaannya :

a. Derajat keanggotaan kekeruhan :

$$\mu_{\text{KekeruhanJernih}}[18,5] = \left\{ \frac{20-18,5}{20-15} = 0,3 \right.$$

$$\mu_{KekeruhanSedang} [18,5] = \left\{ \frac{18,5-15}{20-15} \right\} = 0,7$$

$$\mu_{KekeruhanKeruh} [18,5] = 0$$

b. Derajat keanggotaan TDS :

$$\mu_{TDSRendah} [352,4] = \left\{ \frac{500-352,4}{500-250} \right\} = 0,5$$

$$\mu_{TDSSedang} [352,4] = \left\{ \frac{352,4-250}{500-250} \right\} = 0,4$$

$$\mu_{TDSTinggi} [352,4] = 0$$

c. Derajat keanggotaan pH :

$$\mu_{pHAsam} [7,8] = 1$$

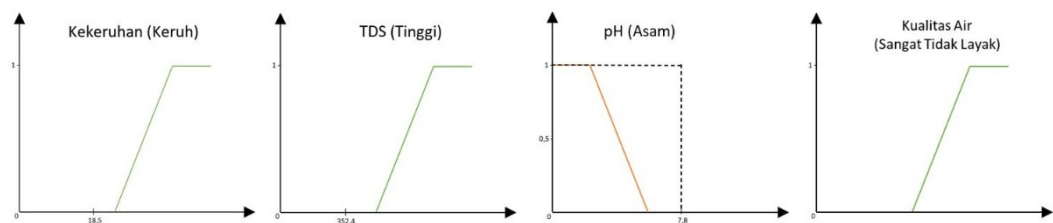
$$\mu_{pHNetral} [7,8] = \left\{ \frac{8-7,8}{8-7} \right\} = 0,2$$

$$\mu_{pHBasa} [7,8] = \left\{ \frac{7,8-7}{8-7} \right\} = 0,8$$

Implikasi aturan (Rule)

- 1) IF kekeruhan KERUH AND tds TINGGI AND pH ASAM THEN
kualitas air SANGAT TIDAK LAYAK

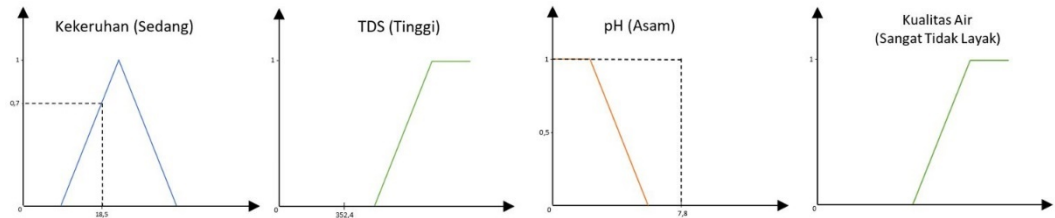
$$\begin{aligned} \alpha_{predikat}[1] &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanKeruh} [18,5], \mu_{tdsTinggi} [352,4], \\ &\quad \mu_{pHAsam} [7,8]) \\ &= \text{MIN} (0 ; 0 ; 1) \\ &= 0 \end{aligned}$$



Gambar 4. 19 Aplikasi fungsi implikasi Rule 1

- 2) IF kekeruhan SEDANG AND tds TINGGI AND pH ASAM THEN
kualitas air SANGAT TIDAK LAYAK

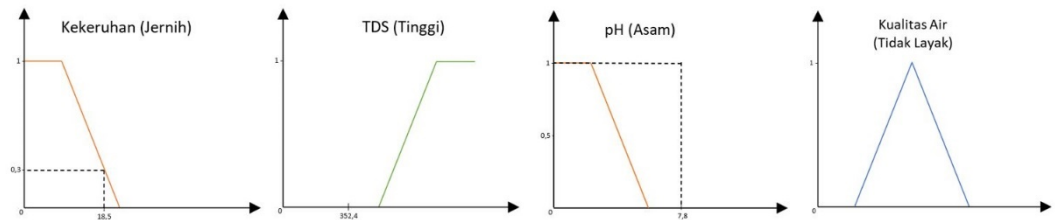
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[2]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanSedang} [18,5], \mu_{tdsTinggi} [352,4], \mu_{pHAsam} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0,7 ; 0 ; 1) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 20 Aplikasi fungsi implikasi Rule 2

- 3) IF kekeruhan JERNIH AND tds TINGGI AND pH ASAM THEN kualitas air TIDAK LAYAK

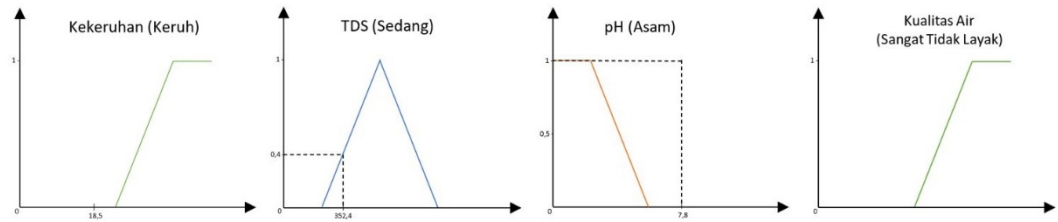
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[3]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanJernih} [18,5], \mu_{tdsTinggi} [352,4], \mu_{pHAsam} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0,3 ; 0 ; 1) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 21 Aplikasi fungsi implikasi Rule 3

- 4) IF kekeruhan KERUH AND tds SEDANG AND pH ASAM THEN kualitas air SANGAT TIDAK LAYAK

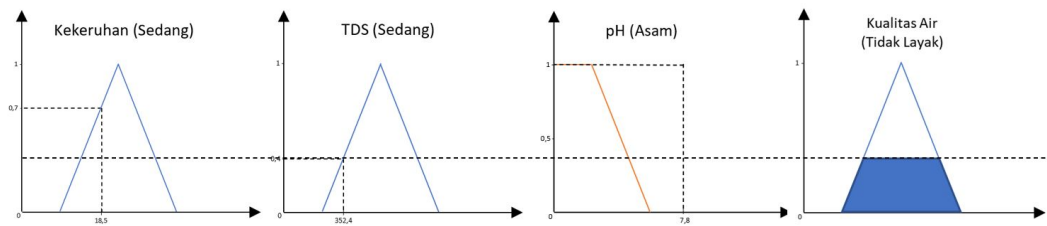
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[4]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanKeruh} [18,5], \mu_{tdsSedang} [352,4], \mu_{pHAsam} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0 ; 0,4 ; 1) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 22 Aplikasi fungsi implikasi Rule 4

- 5) IF kekeruhan SEDANG AND tds SEDANG AND pH ASAM THEN kualitas air TIDAK LAYAK

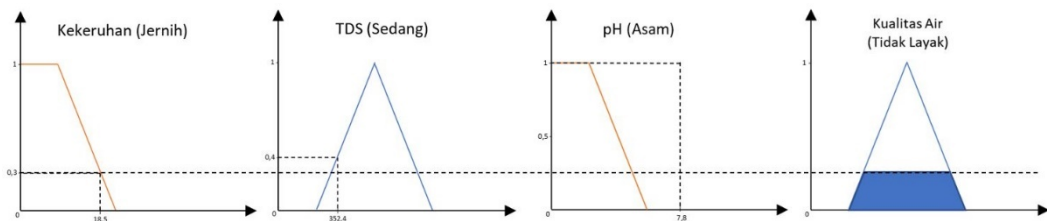
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[5]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanSedang} [18,5], \mu_{tdsSedang} [352,4], \mu_{pHAsam} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0,7 ; 0,4 ; 1) \\
 &= 0,4
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 23 Aplikasi fungsi implikasi Rule 5

- 6) IF kekeruhan JERNIH AND tds SEDANG AND pH ASAM THEN kualitas air TIDAK LAYAK

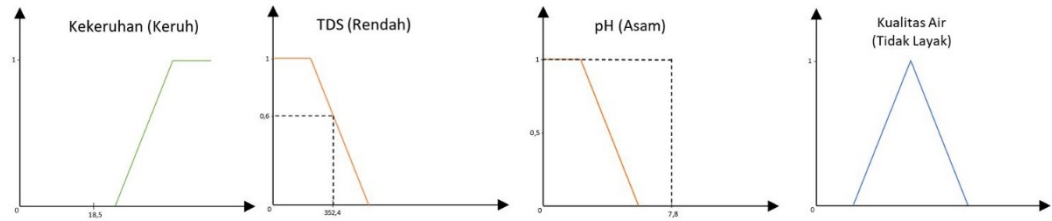
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[6]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanJernih} [18,5], \mu_{tdsSedang} [352,4], \mu_{pHAsam} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0,3 ; 0,4 ; 1) \\
 &= 0,3
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 24 Aplikasi fungsi implikasi Rule 6

- 7) IF kekeruhan KERUH AND tds RENDAH AND pH ASAM THEN
kualitas air TIDAK LAYAK

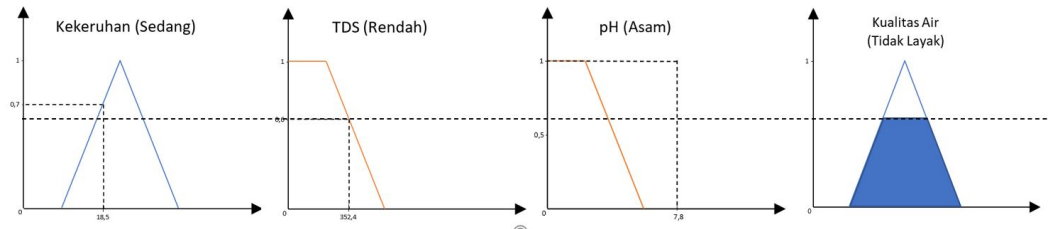
$$\begin{aligned}\alpha_{predikat}[7] &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanKeruh} [18,5], \mu_{tdsRendah} [352,4], \\ &\quad \mu_{pHAsam} [7,8]) \\ &= \text{MIN} (0 ; 0,5 ; 1) \\ &= 0\end{aligned}$$



Gambar 4. 25 Aplikasi fungsi implikasi Rule 7

- 8) IF kekeruhan SEDANG AND tds RENDAH AND pH ASAM THEN
kualitas air TIDAK LAYAK

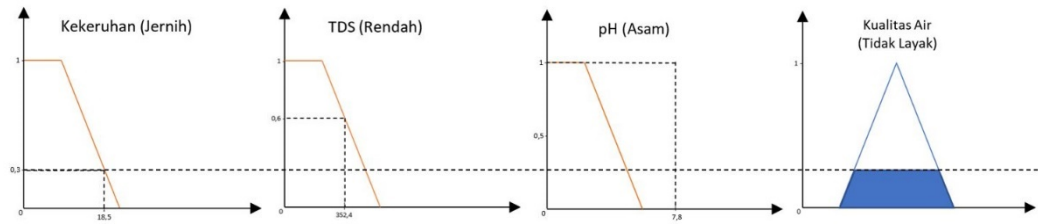
$$\begin{aligned}\alpha_{predikat}[8] &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanSedang} [18,5], \mu_{tdsRendah} \\ &\quad [352,4], \mu_{pHAsam} [7,8]) \\ &= \text{MIN} (0,7 ; 0,5 ; 1) \\ &= 0,5\end{aligned}$$



Gambar 4. 26 Aplikasi fungsi implikasi Rule 8

- 9) IF kekeruhan JERNIH AND tds RENDAH AND pH ASAM THEN
kualitas air TIDAK LAYAK

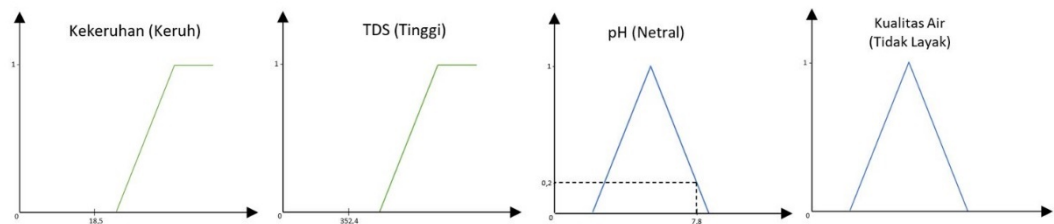
$$\begin{aligned}\alpha_{predikat}[9] &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanJernih} [18,5], \mu_{tdsRendah} [352,4], \\ &\quad \mu_{pHAsam} [7,8]) \\ &= \text{MIN} (0,3 ; 0,5 ; 1) \\ &= 0,3\end{aligned}$$



Gambar 4. 27 Aplikasi fungsi implikasi Rule 9

10) IF kekeruhan KERUH AND tds TINGGI AND pH NETRAL THEN
kualitas air TIDAK LAYAK

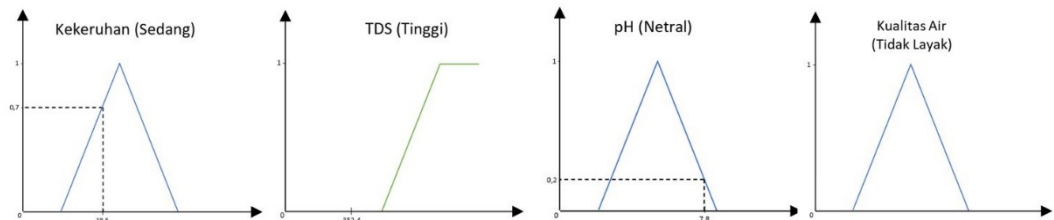
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[10]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanKeruh} [18,5], \mu_{tdsTinggi} [352,4], \\
 &\quad \mu_{pHNetral} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0 ; 0 ; 0,2) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 28 Aplikasi fungsi implikasi Rule 10

11) IF kekeruhan SEDANG AND tds TINGGI AND pH NETRAL THEN
kualitas air TIDAK LAYAK

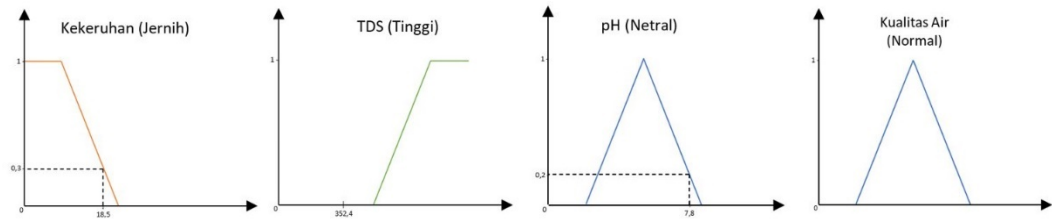
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[11]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanSedang} [18,5], \mu_{tdsTinggi} \\
 &\quad [352,4], \mu_{pHNetral} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0,7 ; 0 ; 0,2) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 29 Aplikasi fungsi implikasi Rule 11

- 12) IF kekeruhan JERNIH AND tds TINGGI AND pH NETRAL THEN
kualitas air NORMAL

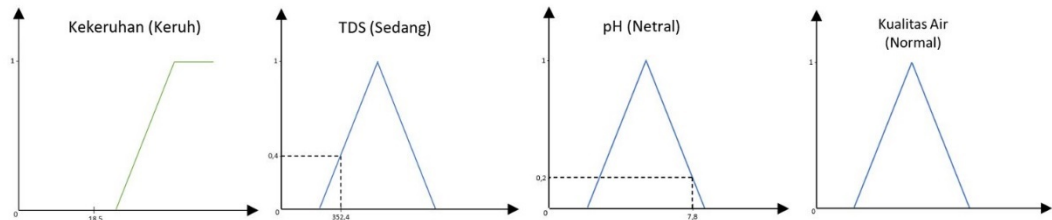
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat}[12] &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanJernih} [18,5], \mu_{tdsTinggi} [352,4], \\
 &\quad \mu_{pHNetral} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0,3 ; 0 ; 0,2) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 30 Aplikasi fungsi implikasi Rule 12

- 13) IF kekeruhan KERUH AND tds SEDANG AND pH NETRAL THEN
kualitas air NORMAL

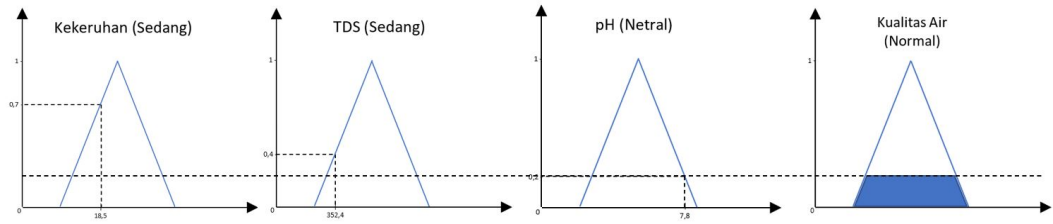
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat}[13] &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanKeruh} [18,5], \mu_{tdsSedang} \\
 &\quad [352,4], \mu_{pHNetral} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0 ; 0,4 ; 0,2) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 31 Aplikasi fungsi implikasi Rule 13

- 14) IF kekeruhan SEDANG AND tds SEDANG AND pH NETRAL THEN
kualitas air NORMAL

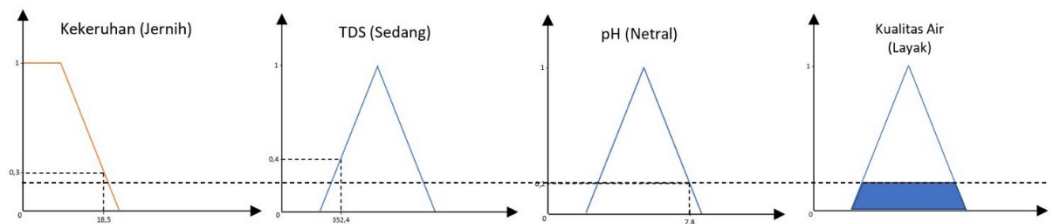
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat}[14] &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanSedang} [18,5], \mu_{tdsSedang} \\
 &\quad [352,4], \mu_{pHNetral} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0,7 ; 0,4 ; 0,2) \\
 &= 0,2
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 32 Aplikasi fungsi implikasi Rule 14

15) IF kekeruhan JERNIH AND tds SEDANG AND pH NETRAL THEN
kualitas air LAYAK

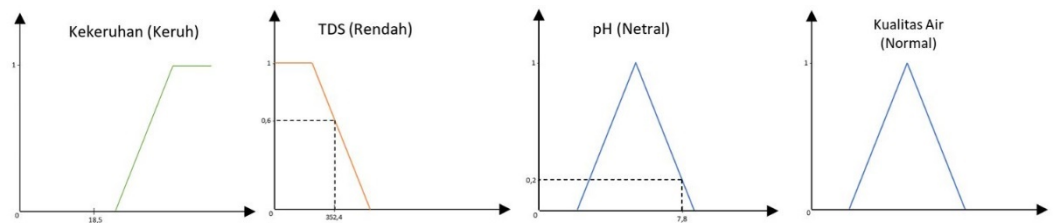
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[15]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanJernih} [18,5], \mu_{tdsSedang} [352,4], \mu_{pHNetral} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0,3 ; 0,4 ; 0,2) \\
 &= 0,2
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 33 Aplikasi fungsi implikasi Rule 15

16) IF kekeruhan KERUH AND tds RENDAH AND pH NETRAL THEN
kualitas air NORMAL

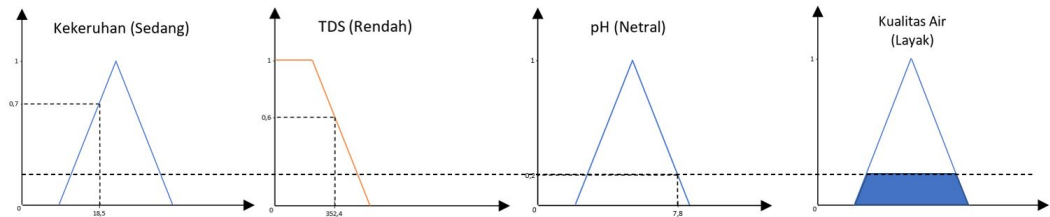
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[16]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanKeruh} [18,5], \mu_{tdsRendah} [352,4], \mu_{pHNetral} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0 ; 0,5 ; 0,2) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 34 Aplikasi fungsi implikasi Rule 16

- 17) IF kekeruhan SEDANG AND tds RENDAH AND pH NETRAL THEN
kualitas air LAYAK

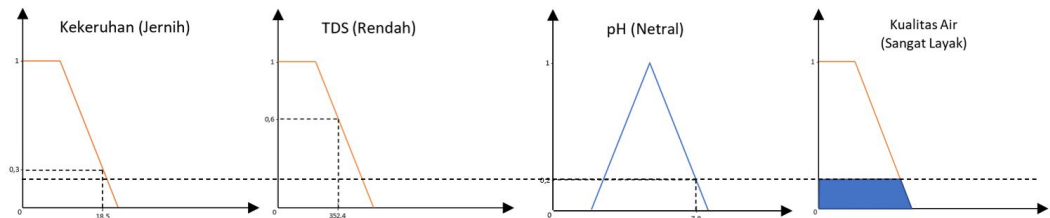
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat}[17] &= \min(\mu_{kekeruhanSedang}[18,5], \mu_{tdsRendah} \\
 &\quad [352,4], \mu_{pHNetral}[7,8]) \\
 &= \min(0,7 ; 0,5 ; 0,2) \\
 &= 0,2
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 35 Aplikasi fungsi implikasi Rule 17

- 18) IF kekeruhan JERNIH AND tds RENDAH AND pH NETRAL THEN
kualitas air SANGAT LAYAK

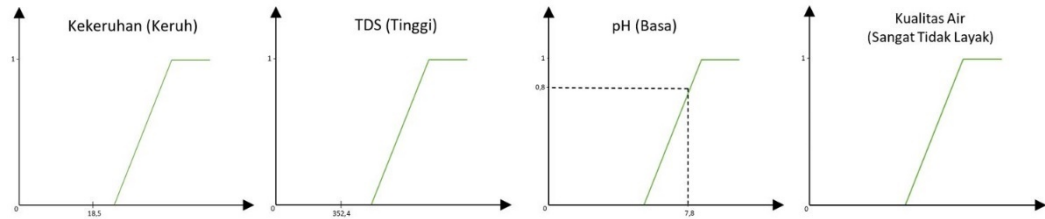
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat}[18] &= \min(\mu_{kekeruhanJernih}[18,5], \mu_{tdsRendah} \\
 &\quad [352,4], \mu_{pHNetral}[7,8]) \\
 &= \min(0,3 ; 0,5 ; 0,2) \\
 &= 0,2
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 36 Aplikasi fungsi implikasi Rule 18

- 19) IF kekeruhan KERUH AND tds TINGGI AND pH BASA THEN
kualitas air SANGAT TIDAK LAYAK

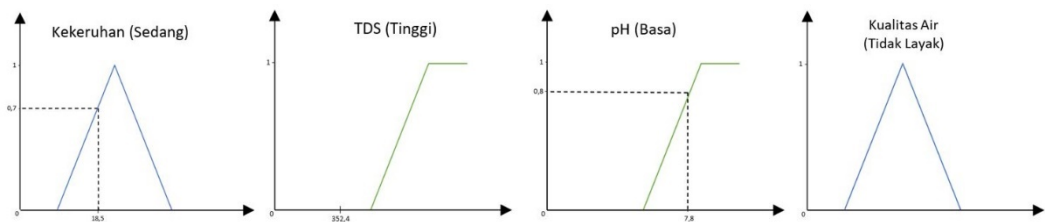
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat}[19] &= \min(\mu_{kekeruhanKeruh}[18,5], \mu_{tdsTinggi}[352,4], \\
 &\quad \mu_{pHBasa}[7,8]) \\
 &= \min(0 ; 0 ; 0,8) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 37 Aplikasi fungsi implikasi Rule 19

20) IF kekeruhan SEDANG AND tds TINGGI AND pH BASA THEN
kualitas air TIDAK LAYAK

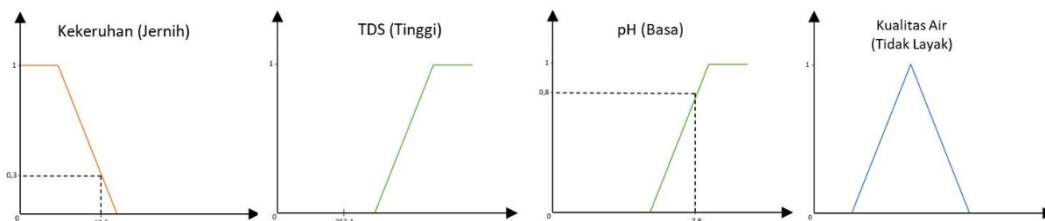
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[20]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanSedang} [18,5], \mu_{tdsTinggi} [352,4], \mu_{pHBasa} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0,7 ; 0 ; 0,8) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 38 Aplikasi fungsi implikasi Rule 20

21) IF kekeruhan JERNIH AND tds TINGGI AND pH BASA THEN
kualitas air TIDAK LAYAK

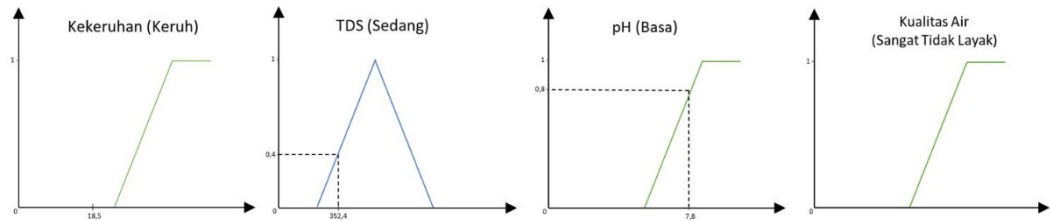
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[21]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanJernih} [18,5], \mu_{tdsTinggi} [352,4], \mu_{pHBasa} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0,3 ; 0 ; 0,8) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 39 Aplikasi fungsi implikasi Rule 21

22) IF kekeruhan KERUH AND tds SEDANG AND pH BASA THEN
kualitas air SANGAT TIDAK LAYAK

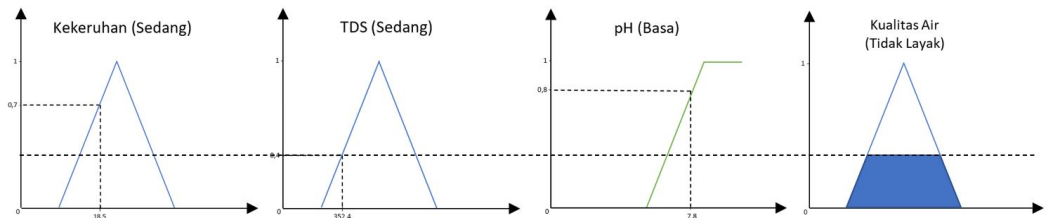
$$\begin{aligned}\alpha_{predikat[22]} &= \min(\mu_{kekeruhanKeruh}[18,5], \mu_{tdsSedang}[352,4], \mu_{pHBasa}[7,8]) \\ &= \min(0; 0,4; 0,8) \\ &= 0\end{aligned}$$



Gambar 4. 40 Aplikasi fungsi implikasi Rule 22

23) IF kekeruhan SEDANG AND tds SEDANG AND pH BASA THEN
kualitas air TIDAK LAYAK

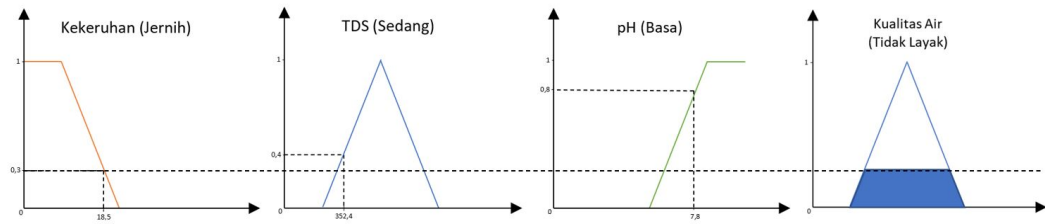
$$\begin{aligned}\alpha_{predikat[23]} &= \min(\mu_{kekeruhanSedang}[18,5], \mu_{tdsSedang}[352,4], \mu_{pHBasa}[7,8]) \\ &= \min(0,7; 0,4; 0,8) \\ &= 0,4\end{aligned}$$



Gambar 4. 41 Aplikasi fungsi implikasi Rule 23

24) IF kekeruhan JERNIH AND tds SEDANG AND pH BASA THEN
kualitas air TIDAK LAYAK

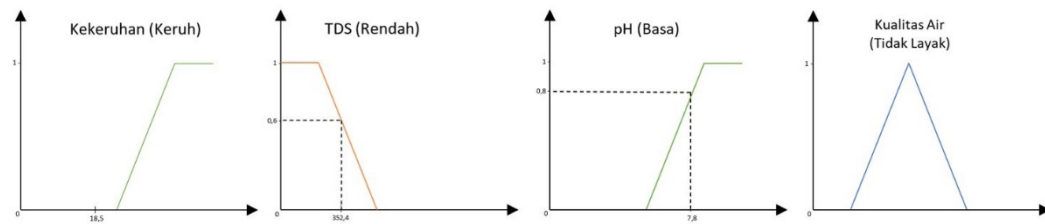
$$\begin{aligned}\alpha_{predikat[24]} &= \min(\mu_{kekeruhanJernih}[18,5], \mu_{tdSedang}[352,4], \\ &\quad \mu_{pHBasa}[7,8]) \\ &= \min(0,3; 0,4; 0,8) \\ &= 0,3\end{aligned}$$



Gambar 4. 42 Aplikasi fungsi implikasi Rule 24

25) IF kekeruhan KERUH AND tds RENDAH AND pH BASA THEN
kualitas air TIDAK LAYAK

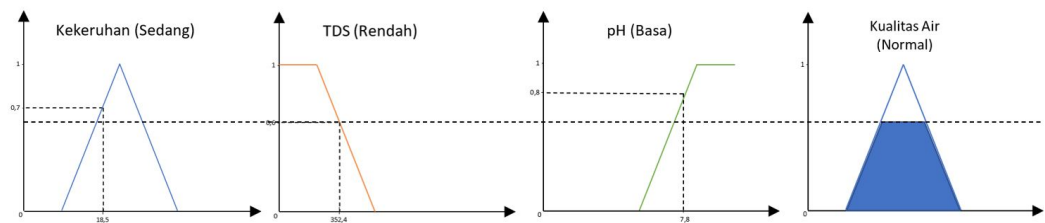
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[25]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanKeruh} [18,5], \mu_{tdsRendah} [352,4], \mu_{pHBasa} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0 ; 0,5 ; 0,8) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 43 Aplikasi fungsi implikasi Rule 25

26) IF kekeruhan SEDANG AND tds RENDAH AND pH BASA THEN
kualitas air NORMAL

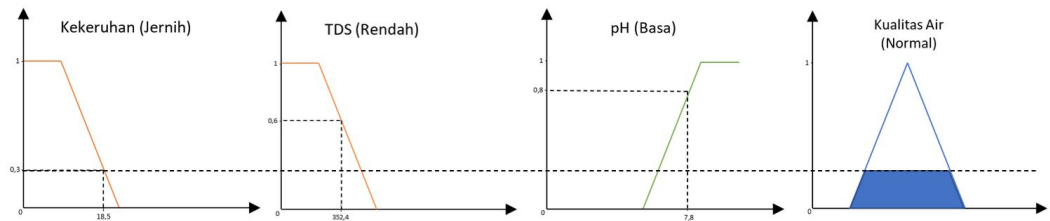
$$\begin{aligned}
 \alpha_{predikat[26]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanSedang} [18,5], \mu_{tdsRendah} [352,4], \mu_{pHBasa} [7,8]) \\
 &= \text{MIN} (0,7 ; 0,5 ; 0,8) \\
 &= 0,5
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 44 Aplikasi fungsi implikasi Rule 26

27) IF kekeruhan JERNIH AND tds RENDAH AND pH BASA THEN
kualitas air NORMAL

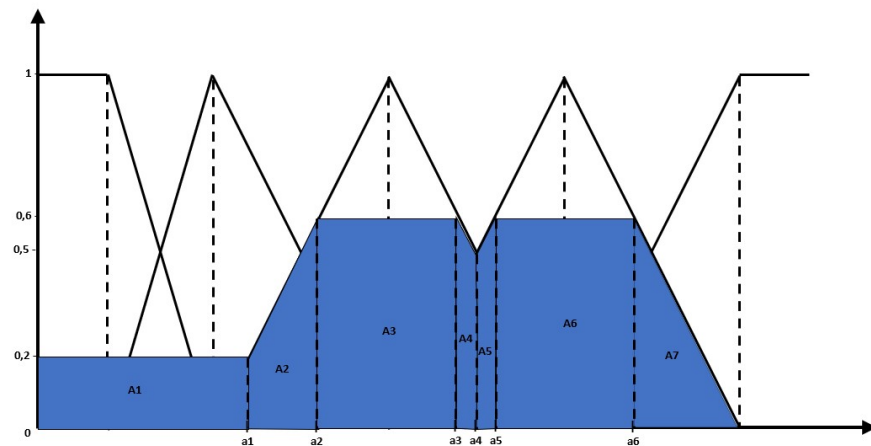
$$\begin{aligned}\alpha_{predikat[27]} &= \text{MIN} (\mu_{kekeruhanJernih} [18,5], \mu_{tdsRendah} [352,4], \mu_{pHBasa} [7,8]) \\ &= \text{MIN} (0,3 ; 0,5 ; 0,8) \\ &= 0,3\end{aligned}$$



Gambar 4. 45 Aplikasi fungsi implikasi Rule 27

C. Komposisi aturan

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator *OR* (*union*).



Gambar 4. 46 Daerah hasil komposisi aturan

Pada gambar 4.28 tersebut, daerah hasil di bagi menjadi 2 bagian yaitu A1 dan A2. Sekarang kita mencari nilai a1, a2, a3, a4, a5, dan a6.

$$\begin{aligned}a_1 &\gg 25 + (0,2 * (50 - 25)) \\ &= 25 + 5 \\ &= 25 + 5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
a_1 &= 30 \\
a_2 &\gg 25 + (0,6 * (50 - 25)) \\
&= 25 + 15 \\
a_2 &= 40 \\
a_3 &\gg 75 - (0,6 * (75 - 50)) \\
&= 75 - 15 \\
a_4 &= 60 \\
a_4 &\gg 75 - (0,5 * (75 - 50)) \\
&= 75 - 12,5 \\
a_4 &= 62,5 \\
a_5 &\gg 50 + (0,6 * (75 - 50)) \\
&= 50 + 15 \\
a_5 &= 65 \\
a_6 &\gg 100 - (0,6 * (100 - 75)) \\
&= 100 - 15 \\
a_6 &= 85
\end{aligned}$$

Fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi:

$$\mu[z] = \left\{ \begin{array}{ll} 0,2; & z \leq 30 \\ \frac{(z-30)}{(40-30)}; & 30 \leq z \leq 40 \\ 0,6; & 40 \leq z \leq 60 \\ \frac{62,5-z}{62,5-60} & 60 \leq z \leq 62,5 \\ \frac{(z-62,5)}{(65-62,5)}; & 62,5 \leq z \leq 65 \\ & 65 \leq z \leq 85 \\ & 85 \leq z \leq 100 \\ 0,6; & \\ \frac{100-z}{100-75}; & \end{array} \right\}$$

D. Penegasan (*Defuzzy*)

Metode yang digunakan adalah metode centroid.

$$\text{Rumus metode centroid} \rightarrow z^* = \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz} \quad \frac{(M) \rightarrow \text{Momen}}{(A) \rightarrow \text{Luas Daerah}}$$

Mencari $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7$, dan $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$.

$$M1 = \int_0^{30} (0,2)z \, dz = 90 - 0$$

$$= 90$$

$$M2 = \int_{30}^{40} \left(\frac{z-30}{10} \right) z \, dz = (-266,7) - (-450)$$

$$= 183,3$$

$$M3 = \int_{40}^{60} (0,6)z \, dz = 1080 - 480$$

$$= 600$$

$$M4 = \int_{60}^{62,5} \left(\frac{62,5-z}{2,5} \right) z \, dz = 16276 - 16200$$

$$= 76$$

$$M5 = \int_{62,5}^{65} \left(\frac{z-62,5}{2,5} \right) z \, dz = (-16195,8) - (-16276)$$

$$= 80,2$$

$$M6 = \int_{65}^{85} (0,6)z \, dz = 2167,5 - 1267,5$$

$$= 900$$

$$M7 = \int_{85}^{100} \left(\frac{100-z}{25} \right) z \, dz = 11111,1 - 10436,1$$

$$= 675$$

Kemudian menghitung luas setiap daerah (A):

$$A1 = 30 * 0,2 = 6$$

$$A2 = \frac{(0,2 + 0,6) * (40 - 30)}{2} = 4$$

$$A3 = (60 - 40) * 0,6 = 12$$

$$A4 = \frac{(0,6 + 0,5) * (62,5 - 60)}{2} = 1,4$$

$$A5 = \frac{(0,5 + 0,6) * (65 - 62,5)}{2} = 1,4$$

$$A6 = (85 - 65) * 0,6 = 12$$

$$A7 = \frac{(0,6 + 0) * (85 - 65)}{2} = 4,5$$

Titik pusat diperoleh dari:

$$z = \frac{90+183,3+600+76+80,2+900+675}{6+4+12+1,4+1,4+12+4,5} = \frac{1602,6}{41,3} = 63,1$$

Jadi, kondisi kualitas air sumur pada saat tersebut berada di titik 63,1 adalah bahaya untuk dipakai.

4.2 Pengujian Sistem

4.2.1 Pengujian Perangkat Keras

Tabel 4. 1 Pengujian Perangkat Keras

diuji	skenario uji	hasil yang diharapkan	hasil pengujian
Perangkat Keras	mengukur kekeruhan pada air sumur	sensor turbidity dapat mengukur kekeruhan pada air sumur	☒ Berhasil ☐ Tidak Berhasil
Perangkat Keras	mengukur kandungan mineral pada air sumur	sensor TDS dapat mengukur kekeruhan pada air sumur	☒ Berhasil ☐ Tidak Berhasil
Perangkat Keras	mengukur keasaman pada air sumur	sensor pH dapat mengukur kekeruhan pada air sumur	☒ Berhasil ☐ Tidak Berhasil
Perangkat Keras	menghubungkan Wemos D1 mini ke wifi sesuai dengan ssid dan password yang telah ditentukan	Wemos D1 mini dapat terhubung ke wifi	☒ Berhasil ☐ Tidak Berhasil

diuji	skenario uji	hasil yang diharapkan	hasil pengujian
Perangkat Keras	menghubungkan Wemos D1 mini ke server firebase	Wemos D1 mini dapat terhubung ke server firebase sesuai dengan project yang di buat	[√] Berhasil [] Tidak Berhasil

4.2.2 Pengujian Server Firebase

Tabel 4. 2 Pengujian Server Firebase

diuji	skenario uji	hasil yang diharapkan	hasil pengujian
Dashboard Server Firebase	melihat data kekeruhan air sumur	menampilkan data kekeruhan air sumur	[√] Berhasil [] Tidak Berhasil
Dashboard Server Firebase	melihat data kandungan mineral air sumur	menampilkan data kandungan mineral air sumur	[√] Berhasil [] Tidak Berhasil
Dashboard Server Firebase	melihat data keasaman air sumur	menampilkan data keasaman air sumur	[√] Berhasil [] Tidak Berhasil
Dashboard Server Firebase	melihat data kondisi kualitas air sumur	menampilkan data defuzzyfikasi kualitas air sumur	[√] Berhasil [] Tidak Berhasil

4.2.3 Pengujian Sistem Monitoring Pada Mobile App

Tabel 4. 3 Pengujian Sistem Monitoring Pada Mobile App

diuji	skenario uji	hasil yang diharapkan	hasil pengujian
Halaman Dashboard Sistem	melihat data kekeruhan air sumur	menampilkan data kekeruhan air sumur	[√] Berhasil [] Tidak Berhasil
Halaman Dashboard Sistem	melihat data kandungan mineral air sumur	menampilkan data kandungan mineral air sumur	[√] Berhasil [] Tidak Berhasil
Halaman Dashboard Sistem	melihat data keasaman air sumur	menampilkan data keasaman air sumur	[√] Berhasil [] Tidak Berhasil
Halaman Dashboard Sistem	melihat data kondisi kualitas air sumur	menampilkan data kondisi kualitas air sumur	[√] Berhasil [] Tidak Berhasil

4.2.4 Pengujian Sistem Early Warning System

Tabel 4. 4 Pengujian Sistem Early Warning System

diuji	skenario uji	hasil yang diharapkan	hasil pengujian
Smartphone <i>Pengguna</i>	mengirimkan notifikasi kondisi kualitas air sumur kepada <i>pengguna</i>	platform mobile akan mengirimkan notifikasi kepada pengguna di smartphone kondisi kualitas air sumur	[√] Berhasil [] Tidak Berhasil

4.3 Analisis Penelitian

Pada cloud server yang digunakan adalah firebase yang berbasis *free access*. Firebase hanya menyediakan fitur dan layanan yang terbatas. Sehingga, *storage* total yang disediakan hanya 1GiB. Ketersediaan *Read* 50.000 data per hari, *Write* 20.000 data per hari, dan penghapusan data tersedia 20.000 data per hari. Dengan keterbatasan tersebut, terjadi delay pada *write* 2-3 detik pada firebase dan *read* 3-5 detik pada *mobile application*.

Penerapan metode fuzzy mamdani berhasil diaplikasikan pada prototype yang telah dibuat pada penelitian ini. Sehingga, menghasilkan nilai yang relatif akurat dalam menentukan kualitas air sumur.

Pembuatan Prototype bisa berjalan dengan baik dan terdapat LCD mampu menampilkan data secara *realtime* ke *pengguna*. LCD menampilkan data dari tiga sensor yang digunakan saja, karena untuk proses fuzzy mamdani berada di wemos D1 mini.

Pada *mobile application* juga bisa berjalan dengan baik, terkait tampilan data dan pengiriman notifikasi kualitas air sumur. Terdapat dua menu, yaitu Beranda dan Grafik. Menu Beranda menampilkan informasi berupa data dari tiga sensor yang digunakan dan kualitas air sumur, sehingga *pengguna* bisa mengetahui data secara *realtime* pada *mobile application*. Menu Grafik menampilkan informasi berupa data dari ketiga sensor yang digunakan berupa grafik garis yang menampilkan 10 data terakhir dari data yang terkirim ke firebase.

Sistem peringatan dini pada penelitian ini berupa notifikasi terkait kualitas air sumur. Pada sistem yang dibuat, telah di *set-up* hanya pada kondisi kualitas air sumur berada pada kondisi bahaya dan sangat bahaya saja yang akan mengirimkan notifikasi pada smartphone yang telah di-*install* *mobile application* yang telah dibuat pada penelitian ini yang dimiliki *pengguna*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan penulis dari mulai perancangan, implementasi, sampai pengujian “Sistem Peringatan Dini Kualitas Air Sumur Berbasis *Fuzzy* pada *Internet of Things*” dengan mendapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan metode fuzzy mamdani berhasil diaplikasikan pada prototype yang telah dibuat pada penelitian ini. Sehingga, menghasilkan nilai yang relatif akurat dalam menentukan kualitas air sumur.
2. Server yang digunakan adalah Firebase yang free access. Sehingga, terjadi untuk write data dari arduino ke firebase terdapat delay antara 1-3 detik. Dan read pada mobile application terdapat delay antara 3-5 detik.
3. Dari penelitian ini, data yang telah didapat dari pengujian prototype dan sistem pada air sumur yang sudah dilakukan, yaitu nilai kekeruhan air sumur rata-rata sebesar 18,5 NTU, nilai TDS air sumur rata-rata sebesar 352,4 PPM, dan nilai pH air sumur sebesar 7,8 mg/l. Menghasilkan nilai dari perhitungan fuzzy mamdani mendapatkan nilai defuzzyfikasi sebesar 63,1 sehingga untuk kondisi kualitas air sumur yaitu bahaya / tidak layak untuk digunakan.
4. Pada mobile application berhasil menampilkan data dan kualitas air sumur secara realtime pada tampilan application. Mobile application akan mengirimkan notifikasi pada smartphone pengguna, apabila kualitas air sumur berada pada kondisi bahaya / sangat bahaya.

5.2 Saran

Berdasarkan dari kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya, mungkin bisa ditambahkan beberapa sensor lagi yang berkaitan dengan untuk mengukur kualitas air sumur, sehingga bisa memberikan kualitas air yang lebih baik.
2. Untuk penelitian selanjutnya, mungkin parameter dalam kualitas air bisa diganti. Yang awalnya dalam penelitian ini, hanya air untuk layak pakai, mungkin bisa diganti menjadi air layak konsumsi.
3. Untuk server yang dipakai bisa diganti dengan server yang berbayar atau yang memiliki kualitas yang baik supaya pengiriman dan permintaan datanya menjadi lebih cepat dan lebih real.
4. Mungkin dari *interface mobile application*-nya bisa diganti menjadi yang lebih menarik dan memperhatikan UI/UX, supaya pengguna juga nyaman dalam penggunaannya.
5. Dan juga dalam *mobile application*-nya bisa ditambahkan menu untuk melakukan pencetakan atau pengiriman rekap data, baik secara harian, mingguan, ataupun bulanan. Sehingga bisa menjadi bahan analisa data untuk kualitas air pada setiap daerah tertentu.

Daftar Pustaka

DFRobot (2020a)

Gravity__Analog_TDS_Sensor__Meter_For_Arduino_SKU__SEN0244-DFRobot. Available at:

https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_TDS_Sensor__Meter_For_Arduino_SKU__SEN0244 (Accessed: 28 March 2020).

DFRobot (2020b) *PH_meter_SKU__SEN0161_-DFRobot*. Available at:

https://wiki.dfrobot.com/PH_meter_SKU__SEN0161_ (Accessed: 28 March 2020).

DFRobot (2020c) *Turbidity_sensor_SKU__SEN0189-DFRobot*. Available at:

https://wiki.dfrobot.com/Turbidity_sensor_SKU__SEN0189#target_5 (Accessed: 28 March 2020).

Diputra, R. Y., Marwanto, A. and Alifah, S. (2018) 'Coal Dust Controller on Indramayu Power Plants Conveyor Lane Based Iot', *Journal of Telematics and Informatics*, 6(1), pp. 21–26. doi: 10.12928/jti.v6i1.

Herlambang, A. (2016) 'Pencemaran Air Dan Strategi', *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 2(1), pp. 16–29. Available at:

https://www.researchgate.net/profile/Arie_Herlambang/publication/265569345_PENCEMARAN_AIR_DAN_STRATEGI_PENGGULANGANNYA/links/573e734a08ae9ace841135fe/PENCEMARAN-AIR-DAN-STRATEGI-PENGGULANGANNYA.pdf.

Hermiyanty, Wandira Ayu Bertin, D. S. (2017) 'Sistem Monitoring Kualitas Air dan Suhu pada Kolam Ikan Berbasis IoT', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 8(9), pp. 1–58. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Ismail, W. *et al.* (2019) 'Development of Smart Aquaculture Quality Monitoring (AQM) System with Internet of Things (IoT)', (March).

Jamil, M., Saefudin, H. and Marasabessy, S. (2019) 'Sistem Peringatan Dini

- Kebakaran Hutan Menggunakan Modul Nodemcu Dan Bot Telegram Dengan Konsep Internet of Things (Iot)', *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*, 3(1), pp. 1–5. doi: 10.30865/komik.v3i1.1558.
- Kemenkes RI (1990) 'Permenkes No. 416 Tahun 1990 Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air', *Hukum Online*, (416), pp. 1–16. Available at: www.ptsmi.co.id.
- Kusumadewi, S. (2003) *Artificial Intelligence (Teknik Dan Aplikasinya)*. Ed. 1. Yogyakarta: Graha Ilmu : YOGYAKARTA., 2003.
- Marwanto, A. and Alifah, S. (2018a) 'Control of Air Cooling System Based on Fuzzy Logic', 6(1).
- Marwanto, A. and Alifah, S. (2018b) 'Temperature and Humidity Monitoring on IoT Based Shipment Tracking', *Journal of Telematics and Informatics*, 6(1), pp. 27–36. doi: 10.12928/jti.v6i1.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia (2017) 'Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum', *Peraturan Menteri kesehatan Republik Indonesia*, pp. 17–20.
- PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT REPUBLIK INDONESIA (2016) 'PENINGKATAN KUALITAS TERHADAP PERUMAHAN KUMUH DAN PERMUKIMAN KUMUH', pp. 14–16.
- Purnomo, D. (2017) 'Model Prototyping Pada Pengembangan Sistem Informasi', *J I M P - Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, 2(2), pp. 54–61. doi: 10.37438/jimp.v2i2.67.
- Rianto, Y. (2020) 'Mendekteksi gerakan kamera menggunakan wemos d1 r1 berbasis iot', (100).
- Sandy, L. A., Januar, R. and Hariadi, R. (2017) 'Rancang Bangun Aplikasi Chat pada Platform Android dengan Media Input berupa Canvas dan Shareable Canvas untuk Bekerja Dalam Satu Canvas secara Online', 6(2).

- Saputri, M. (2017) *WHO Klaim 1,7 Juta Anak Tewas Tiap Tahun Akibat Pencemaran*, *tirto.id*. Available at: <https://tirto.id/who-klaim-17-juta-anak-tewas-tiap-tahun-akibat-pencemaran-ckh6>.
- Sarman, S., Marwanto, A. and Alifah, S. (2018) 'Monitoring The Usage of Marine Fuel Oil Aboard Ketapang Gilimanuk Ship', *Proceeding of the Electrical Engineering Computer Science and Informatics*, 5(5), pp. 594–597. doi: 10.11591/eecs.v5i5.1721.
- Suetra, I. M. (2018) 'Kualitas Air Sumur Gali di Desa Sibang Kaja Kecamatan Abiansema Kabupaten Bandung Tahun 2018'. Available at: repository.poltekkes-denpasar.ac.id.
- Trimartanti, L. W. (2011) 'Penerapan Sistem Fuzzy Untuk Diagnosis Campuran Bahan Bakar Dan Udara Pada Mobil F15 Gurt', *Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta*, pp. 7–37. Available at: <http://eprints.uny.ac.id/43552/>.

Lampiran