

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR
LAYAK KONSUMSI BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO SEBAGAI
SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN**

SKRIPSI

Oleh :
DEWI ALFIYATUL ULA
NIM. 15650060



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR
LAYAK KONSUMSI BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO SEBAGAI
SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN**

SKRIPSI

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

**Oleh :
DEWI ALFIYATUL ULA
NIM. 15650060**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR
LAYAK KONSUMSI BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO SEBAGAI
SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN**

SKRIPSI

Oleh :

**DEWI ALFIYATUL ULA
NIM. 15650060**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal : 02 Desember 2020

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

Khadijah F.H. Holle, M.Kom
NIDT. 19900626 20160801 2 077

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

Dr. Cahyo Crysdiyan
NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR LAYAK KONSUMSI BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO SEBAGAI SISTEM PENDUKUNG

SKRIPSI

Oleh :

DEWI ALFIYATUL ULA
NIM. 15650060

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Pada Tanggal Desember 2020

Susunan Dewan Penguji		Tanda tangan
1. Penguji Utama	<u>Hani Nurhayati, M.T</u> : NIP. 19780625 200801 2 006	()
2. Ketua Penguji	<u>Ajib Hanani, M.T</u> : NIDT. 198840731 20160801 1 076	()
3. Sekretaris Penguji	<u>Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT</u> : NIP. 1771020 200912 1 001	()
4. Anggota Penguji	<u>Khadijah F.H.Holle, M.Kom</u> : NIDT. 19900626 20160801 2 077	()

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

Dr. Cahyo Crysdiان
NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dewi Alfiyatul Ula

NIM : 15650060

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Teknik Informatika

Judul : Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Layak

Konsumsi Berbasis Internet of Things Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Sebagai Sistem Pendukung Keputusan.

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

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Malang, 10 Desember 2020
Yang membuat pernyataan



Dewi Alfiyatul Ula
NIM. 1565060

MOTTO

وَمَا لِلدَّةِ إِلَّا بَعْدَ التَّعَبِ

Wamalladzatu Illa Ba'datta'ab

“No gain no pain”

“Tidak ada kenikmatan kecuali setelah kepayahan”



HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Puji syukur kehadiran Allah, shalawat dan salam bagi Rasul-Nya

Saya persembahkan sebuah karya ini kepada:

Kepada orang tua tersayang, ibu Siti Roikhatul Jannah dan bapak Supriyanto, serta nenek tercinta ibu Sri Wahyuti dan mak Yah yang selalu menjaga dan mendoakan saya. Kepada adik tercinta Dewi Himmatul Azizah, sahabat serta kakak yang saya sayangi Ana Zahtrotut Toyyibah. Serta semua keluarga dan teman-teman yang senantiasa mendukung dan mendoakan saya dalam penyusunan skripsi ini.

Kepada dosen pembimbing, Bapak Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT dan Ibu Khadijah F.H. Holle, M.Kom yang selalu memberi bimbingan dan motivasi dalam menyusun skripsi dengan sabar hingga penelitian ini terselesaikan dengan lancar. Kepada seluruh dosen Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membimbing dan memberikan ilmu kepada saya.

Tak lupa kepada sahabat-sahabat, keluarga besar Teknik Informatika 2015 dan orang-orang yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah mendukung dan mendoakan saya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

KATA PENGANTAR

AssalamualaikumWr. Wb.

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam. Segala kebaikan rahmat dan hidayat-Nya semoga tetap mengalir deras kepada kita semua. Shalawat serta salam atas junjungan nabi akhir zaman kita, nabi Muhammad SAW yang telah memberikan jalan terang bagi kita dari zaman yang biadab menuju zaman yang beradab.

Banyak pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjaan skripsi, baik itu bantuan dukungan moril maupun bantuan asupan materil. Atas segala bantuan-bantuan yang telah diberikan, penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Cahyo Crysdiyan selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Fachrul Kurniawan, M.M.T selaku dosen pembimbing utama saya yang telah membimbing , mengarahkan, memberi saran, motivasi dan

memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat bagi saya selama mengerjakan skripsi ini.

5. Khadijah F.H. Holle, M.Kom selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan kritik, saran dan motivasi yang membangun demi terselesaikannya penelitian skripsi ini yang lebih baik.
6. Ajib Hanani, M.T dan Hani Nurhayati, M.T selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan banyak saran untuk kebaikan penulis.
7. Kedua orang tua, Ibu Siti Roikhatul Jannah dan Bapak Supriyanto, serta Nenek saya Ibu Sri Wahyuti dan Mak Yah yang selalu memberikan dukungan yang tak terhingga, memberikan motivasi seluas angkasa, dan doa yang tak pernah berhenti dan selalu senantiasa menyertai setiap langkah penulis.
8. Adik, Dewi Himmahtul Azizah yang senantiasa memberikan dukungan semangat dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Sahabat saya, Ana, Zumei, Vicky, Munir, Farrah, Frisky, Reyhan, Arik, Husniah, Salma yang selalu menghibur dan memberi semangat kepada penulis selama ini.
10. Teman-teman Teknik Informatika Interface 2015, teman Ma'had kamar 42, dan seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Seperti halnya manusia biasa, penulis pun tak akan luput dari segala kesalahan baik itu disengaja maupun tidak, baik itu kesalahan kecil maupun besar dalam penulisan skripsi ini. Maka dari itu, secara terbuka penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Semoga kekurangan

yang saya miliki dapat disempurnakan oleh peneliti-peneliti selanjutnya serta semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua, *Amin*.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Malang, 16 Desember 2020

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
MOTTO... ..	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Masalah Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 IOT	8
2.3 Kualitas Air	10
2.4 Sistem Monitoring	14
2.5 Metode Fuzzy	16

2.5.1	Sistem Inferensi Fuzzy	18
2.5.2	Fuzzy Tsukamoto	19
BAB III	DESAIN SISTEM.....	27
3.1	Analisis Kebutuhan	27
3.1.1	Perangkat Keras (Hardware)	27
3.1.2	Perangkat Lunak (Software)	28
3.2	Desain Perancangan Sistem.....	28
3.2.1	Desain Perancangan Alat Monitoring	30
3.2.2	Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto	35
3.3	Rencana pengujian	47
3.3.1	Pengujian Sensor	47
3.3.2	Pengujian keseluruhan	49
BAB IV	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	52
4.1	Implementasi Sistem	52
4.1.1	Implementasi Hardware	52
4.1.2	Implementasi Website Monitoring.....	54
4.1.3	Implementasi Fuzzy Tsukamoto	57
4.2	Pengujian	66
4.2.1	Pengujian Sensor	66
4.2.2	Pengujian Fuzzy Tsukamoto pada Website Monitoring	72

BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1	Kesimpulan.....	80
5.2	Saran.....	81
	DAFTAR PUSTAKA	82
	LAMPIRAN.....	87



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Syarat Fisik Air Minum	12
Tabel 3.1 Tabel Variabel Suhu	36
Tabel 3.2 Tabel Variabel Kualitas	39
Tabel 3.3 Tabel Pembentukan Rule	41
Tabel 3.4 Hasil Pengujian Sensor Suhu	48
Tabel 3.5 Hasil Pengujian Sensor TDS.....	48
Tabel 3.6 Hasil Pengujian Sensor pH	48
Tabel 3.7 Hasil Pengujian Sensor Kekeruhan.....	49
Tabel 3.8 Tabel Pengujian Keseluruhan Sistem	49
Tabel 3.9 Tabel <i>Confusion Matrix</i>	50
Tabel 4.1 Tabel Pengujian Sensor Suhu pada Air Normal	66
Tabel 4.2 Tabel Pengujian Sensor Suhu pada Air Dingin	67
Tabel 4.3 Tabel Pengujian Sensor Suhu pada Air Hangat.....	67
Tabel 4.4 Tabel Pengujian Sensor TDS pada Air Lemon.....	68
Tabel 4.5 Tabel Pengujian Sensor TDS pada Air Bersih dengan Obat Maag	68
Tabel 4.6 Tabel Pengujian Sensor TDS pada Air Bersih Layak Minum.....	69
Tabel 4.7 Tabel Pengujian Sensor pH pada Air Lemon.....	69
Tabel 4.8 Tabel Pengujian Sensor pH pada Air Bersih dengan Obat Maag.....	70
Tabel 4.9 Tabel Pengujian Sensor pH pada Air Bersih Layak Minum.....	70
Tabel 4.10 Tabel Pengujian Sensor Kekeruhan pada Air Minum Dalam Kemasan	71
Tabel 4.11 Tabel Pengujian Sensor Kekeruhan pada Air dengan Tepung	72

Tabel 4.12 Tabel pengujian Fuzzy Tsukamoto 75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Flowchart Fuzzy Tsukamoto	20
Gambar 2.2 Representasi Linear Naik	21
Gambar 2.3 Representasi Linear Turun	22
Gambar 2.4 Representasi Linear Segitiga	23
Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapesium	24
Gambar 3.1 Desain Sistem Monitoring	29
Gambar 3.2 Blok Diagram Perancangan Alat Monitoring	30
Gambar 3.3 TDS Meter SEN0244	31
Gambar 3.4 Sensor Suhu DS18B120	31
Gambar 3.5 pH Sensor Module MSP 340	32
Gambar 3.6 Analog Turbidity Sensor B12008	32
Gambar 3.7 Power Supply Module MB102	33
Gambar 3.8 Arduino Uno	34
Gambar 3.9 ESP8266 Wifi Module	34
Gambar 3.10 Flowchart Fuzzy Tsukamoto Sistem	35
Gambar 3.11 Representasi Fungsi Keanggotaan Suhu	36
Gambar 3.12 Representasi Fungsi Keanggotaan TDS	37
Gambar 3.13 Representasi Fungsi Keanggotaan pH	38
Gambar 3.14 Representasi Fungsi Keanggotaan Kekeruhan	39
Gambar 3.15 Representasi Fungsi Keanggotaan Kualitas	40
Gambar 3.16 Nilai Keanggotaan Variabel Suhu	42
Gambar 3.17 Nilai Keanggotaan Variabel TDS	43

Gambar 3.18 Nilai Keanggotaan Variabel pH	44
Gambar 3.19 Nilai Keanggotaan Variabel Kekkeruhan	44
Gambar 3.20 Nilai Keanggotaan Variabel Output	47
Gambar 4.1 Gambar Skema Implementasi Hardware.....	52
Gambar 4.2 Tampilan tab Beranda	55
Gambar 4.3 Tampilan Data Monitoring.....	55
Gambar 4.4 Tampilan Download PDF keseluruhan Data.....	56
Gambar 4.5 Tampilan Tab Laporan	56
Gambar 4.6 Tampilan Data Monitoring Pada Tanggal yang Ditentukan	57
Gambar 4.7 Tampilan PDF Data Monitoring pada Tanggal yang Ditentukan	57
Gambar 4.8 Souce Code Fungsi Keanggotaan Suhu	573
Gambar 4.9 Souce Code Fungsi Keanggotaan TDS	59
Gambar 4.10 Souce Code Fungsi Keanggotaan pH.....	60
Gambar 4.11 Souce Code Fungsi Keanggotaan Kekkeruhan	61
Gambar 4.12 Souce Code Rule Fuzzy	62
Gambar 4.13 Souce Code Proses Implikasi	65
Gambar 4.14 Souce Code Proses Defuzzifikasi.....	65
Gambar 4.15 Air dengan Larutan Tepung	72
Gambar 4.16 Grafik Data Pengamatan Tanggal 29 September 2019	73
Gambar 4.17 Grafik Kualitas Air.....	73

ABSTRAK

Ula, Dewi Alfiya. 2020. **Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Layak Konsumsi Berbasis IoT Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Sebagai Sistem Pendukung Keputusan.** Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing: (I) Dr. Fachrul Kurniawan, M.T. (II) Khadijah F.H. Holle, M.Kom

Kata Kunci : Monitoring, Air, Fuzzy Tsukamoto, *IoT*

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi makhluk hidup untuk melangsungkan kehidupan. Keseharian makhluk hidup tidak terlepas dari penggunaan air, salah satunya yaitu untuk dikonsumsi atau diminum. Air yang baik untuk dikonsumsi makhluk hidup merupakan air yang tidak tercemar oleh apapun. Air yang tercemar sangat berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup, karena memiliki sifat racun (toksik). Penelitian ini dilakukan pada salah satu DAS (Daerah Aliran Sungai) di Kota Malang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan air untuk dikonsumsi dengan menggunakan parameter suhu, TDS, pH, dan kekeruhan dengan menggunakan fuzzy tsukamoto sebagai sistem pendukung keputusan.

Sensor-sensor yang digunakan meliputi, sensor suhu *DS18B120 Probe* dengan tingkat rata-rata kesalahan sebesar 1,26%, sensor TDS *SEN0244* dengan tingkat rata-rata kesalahan sebesar 3,59%, sensor pH *MSP 340* dengan rata-rata tingkat kesalahan sebesar 5,85%, dan yang terakhir sensor kekeruhan *Analog Turbidity Sensor B12008* dengan rata-rata tingkat kesalahan sebesar 37%. Data air yang diperoleh dari keempat sensor tersebut diolah menggunakan fuzzy tsukamoto sebagai sistem pendukung keputusan yang mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990 untuk menentukan tingkat kelayakan air. Dari hasil perhitungan fuzzy tsukamoto pada penelitian ini, tingkat akurasi fuzzy tsukamoto dalam menentukan kualitas air layak konsumsi yakni sebesar 70%.

ABSTRACT

Ula, Dewi Alfiyatul. 20. **Design of a Water Quality Monitoring System Based on IoT Using the Fuzzy Tsukamoto Method as a Decision Support System.** Minithesis. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.

Counselor: (I) Fahcrul Kurniawan, M.T. (II) Khadijah F.H. Holle, M.Kom.

Keyword : Monitoring, Water, Fuzzy Tsukamoto, *IoT*.

Water is one of the natural resources which is very important for living things to sustain life. The daily life of living things is inseparable from the use of water, one of which is for consumption or drinking. Water that is good for consumption by living things is water that is not polluted by anything. Contaminated water is very dangerous for the health of living things, because it has toxic properties (toxic). This research was conducted in one of the watersheds in Malang City. This study aims to determine the feasibility level of water consumption by using the parameters of temperature, TDS, pH, and turbidity using fuzzy Tsukamoto as a decision support system.

The sensors used include, the DS18B120 Probe temperature sensor with an average error rate of 1.26%, the TDS SEN0244 sensor with an average error rate of 3.59%, the MSP 340 pH sensor with an average error rate of 5 , 85%, and the last one is the analogue turbidity sensor B12008 with an average error rate of 37%. Water data obtained from the four sensors is processed using fuzzy Tsukamoto as a decision support system which refers to the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia Number: 416 / MENKES / PER / IX / 1990 to determine the feasibility of water. From the results of the Tsukamoto fuzzy calculations in this study, the accuracy of Tsukamoto fuzzy in determining the quality of water suitable for consumption is 70%.

ملخص البحث

اولى، ديوي الفياتول. 2020. تصميم نظام مراقبة جودة المياه صديق للاستهلاك يعتمد على إنترنت الأشياء باستخدام طريقة **Fuzzy Tsukamoto** كنظام دعم القرار. البحث العلمي. قسم تقنية المعلومات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرفة: (I) فخر الكورنياوان الماجستير. (II) خديجة ف. ه. هولي الماجستير.

الكلمات الرئيسية : المراقبة ، المياه ، *IoT* ، *Fuzzy Tsukamoto*.

الماء هو أحد الموارد الطبيعية المهمة جداً للكائنات الحية لاستدامة الحياة. الحياة اليومية للكائنات الحية لا تنفصل عن استعمال الماء ، إحداهما للاستهلاك أو الشرب. المياه الصالحة للاستهلاك الكائنات الحية هي المياه التي لا تلوث بشيء. تشكل المياه الملوثة خطورة كبيرة على صحة الكائنات الحية ، لما لها من خصائص سامة (سامة). تم إجراء هذا البحث في أحد مستجمعات المياه (مستجمعات المياه) في مدينة مالانج. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد مستوى جدوى المياه للاستهلاك باستخدام معايير درجة الحرارة ، والمواد الصلبة الذائبة ، ودرجة الحموضة ، والعمارة باستخدام *Tsukamoto* الضبابي كنظام دعم القرار.

تشمل المستشعرات المستخدمة ، مستشعر درجة حرارة المسبار *DS18B120* بمتوسط معدل خطأ 1.26% ، ومستشعر *TDS SEN0244* بمتوسط معدل خطأ 3.59% ، ومستشعر *MSP 340* درجة الحموضة بمتوسط معدل خطأ 5.85% وأخرها هو مستشعر التعكر التناظري *B12008* بمتوسط معدل خطأ 37%. تتم معالجة بيانات المياه التي تم الحصول عليها من أجهزة الاستشعار الأربعة باستخدام *Tsukamoto* الضبابي كنظام دعم القرار الذي يشير إلى لائحة وزير الصحة في جمهورية إندونيسيا رقم: 416/MENKES/PER/IX/1990 لتحديد جدوى المياه. من نتائج حساب *Tsukamoto* الضبابي في هذه الدراسة ، فإن معدل دقة *Tsukamoto* الضبابي في تحديد جودة المياه المناسبة للاستهلاك هو 70%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber kehidupan yang tidak dapat digantikan oleh yang lain. Semua makhluk hidup memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya. Air yang baik untuk dikonsumsi makhluk hidup merupakan air yang tidak tercemar oleh apapun. Pencemaran sendiri merupakan perubahan suatu kondisi, dari bentuk awal menjadi lebih buruk (ainuddin and widyawati, 2017). Perubahan yang dimaksud terjadi karena adanya kontaminasi dari bahan-bahan pencemar, baik secara fisik, kimia atau biologi. Pencemaran menyebabkan perubahan faktor abiotik, baik secara alamiah ataupun karena ulah manusia, yang sudah melebihi ambang batas toleransi ekosistem makhluk hidup (Darmono, 2001).

Air yang tercemar sangat berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup, karena memiliki sifat racun (toksik) yang telah melebihi ambang batas. Salah satu penyebab pencemaran air yaitu, masuknya senyawa kimia yang biasanya terdapat di daerah padat penduduk, dimana kebanyakan penduduk membuang sampah kedalam sungai, serta penggunaan pestisida yang berlebihan.

Allah SWT memerintahkan kita untuk mengonsumsi sesuatu yang tidak berbahaya bagi tubuh, seperti yang terkandung dalam QS. Al-Maidah : 88

وَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا، وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي أَنْتُمْ بِهِ ء مُؤْمِنُونَ

Artinya: “Dan makanlah makanan yang halal lagi baik dari apa yang Allah telah rezezikikan kepadamu, dan bertakwalah kepada Allah yang kamu beriman kepada-Nya.” (QS. Al-Maidah : 88).

Syaikh Dr. Muhammad Sulaiman Al Asyqar menafsirkan ayat tersebut dalam Zubdatut Tafsir Min Fathil Qadir sebagai berikut, orang mukmin diperbolehkan untuk mengonsumsi makanan dan minuman yang telah di berikan oleh Allah dengan halal (tidak yang diharamkan) dan baik (tidak kotor), serta diperintahkan untuk beriman kepada Allah dengan menjalankan perintah dan menjauhi larangan-Nya.

Salah satu senyawa kimia yang sangat berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup diantaranya adalah zat logam seperti Timbal atau *Plumbum* (Pb). Pb merupakan salah satu jenis logam non-esensial, dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan dapat bersifat racun (Yudo, 2006). Pb banyak digunakan dalam industri baterai, kabel, elektroplating, pestisida, dan lain sebagainya (Indrirawati, 2017).

Saat ini, jarang pula masyarakat yang paham akan kualitas air yang mereka konsumsi, kebanyakan masyarakat hanya mengenali air bersih dan kotor, tanpa mengetahui kelayakan air tersebut. Karena tidak semua zat yang terkandung dalam air dapat dilihat secara kasat mata, sehingga akan susah untuk mengetahui air tersebut sesuai dengan baku mutu air minum atau tidak. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah alat monitoring kualitas air layak minum secara real-time dengan mendeteksi

kadar kandungan zat terlarut, suhu, kekeruhan dan pH pada air berbasis IoT dengan menggunakan fuzzy tsukamoto sebagai sistem pendukung keputusan.

1.2 Masalah Penelitian

1. Seberapa besar tingkat kesalahan sensor suhu, sensor TDS, sensor pH dan sensor kekeruhan yang digunakan dalam pembacaan data air?
2. Seberapa akurat fuzzy tsukamoto sebagai sistem pendukung keputusan dalam menentukan kualitas air layak minum?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui tingkat kesalahan sensor suhu, sensor TDS, sensor pH dan sensor kekeruhan yang digunakan dalam pembacaan data air.
2. Mengetahui tingkat akurasi fuzzy tsukamoto sebagai sistem pendukung keputusan dalam menentukan kualitas air layak minum.

1.4 Batasan Penelitian

Untuk menghindari penyimpangan ataupun pelebaran pokok masalah penelitian, terdapat beberapa batasan masalah, yaitu sebagai berikut:

- a. Alat monitoring ini difokuskan untuk menentukan kualitas air layak minum secara real-time dengan menggunakan mengukur suhu, TDS, pH, dan kekeruhan.
- b. Aplikasi monitoring menggunakan web dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto sebagai sistem keputusan dalam menentukan air layak minum atau tidak dengan parameter Suhu, TDS, pH, dan kekeruhan.
- c. Dalam penelitian ini, peneliti memonitoring salah satu sungai yang berada

di Dusun Gondang.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai alat penentu kualitas air layak minum
- b. Sebagai alat untuk mendeteksi jika terjadi pencemaran air
- c. Membantu memantau kualitas air yang dikonsumsi sehari-hari



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini, diantaranya:

- a. Rakhmadi *et.al* (2015) telah melakukan penelitian yang berjudul “*Design Of Detection Device For Cu Contaminated Water Using Induction Principle*”. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan prinsip induksi untuk mendeteksi air yang tercemar oleh tembaga (*Cu*). selain itu, peneliti juga menggunakan karakterisasi stabilitas dan kepresisian sensor alat deteksi. Dari hasil penelitian tersebut, alat deteksi ini, memiliki tingkat kepresisian sebesar 99,86%, dan prinsip induksinya memiliki kestabilan pada menit pertama atau pada detik ke-60 sejak alat dihidupkan. Implementasi alat ini memiliki tingkat keberhasilan sebesar 100%, angka tersebut diperoleh dari semua sampel yang diujikan, sampel air yang tercemar dan tidak tercemar dapat dikenali dengan benar.
- b. Sukoasih *et.al* (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “*Hubungan Antara Suhu, pH dan Berbagai Variasi Jarak dengan Kadar Timbal (Pb) Pada Badan Air Sungai Rompang dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016*” mengungkapkan bahwa, kadar Pb pada air dipengaruhi oleh suhu dan pH, pada suhu rendah, Pb akan mengalami

pengendapan. Sedangkan pada suhu yang tinggi, logam berat akan larut dalam air dan pada pH rendah kelarutan logam berat akan lebih tinggi sehingga akan menyebabkan toksisitas logam berat yang semakin besar pula.

- c. Faisal (2016) dalam penelitiannya yang berjudul "*Pendeteksian Dan Penyaringan Kadar Logam Dalam Air Dengan Mikrokontroler AT Mega 8535*" menyebutkan bahwa perancangan alat deteksi logam pada air dengan menggunakan metode konduktansi membutuhkan sensor yang baik dan tidak bereaksi terhadap air. Dalam penelitian ini, peneliti mendeteksi kadar logam dalam air dalam bentuk PPM (Part per Million) dengan menggunakan sensor yang terbuat dari tembaga yang sangat mudah bereaksi dengan air, sehingga mengakibatkan alat pendeteksi tidak akurat dan nilai PPM berubah-ubah saat dilakukan 3x uji coba pada tiap sampel. PPM sendiri dapat diartikan sebagai perbandingan konsentrasi zat terlarut dengan zat pelarut, dimana zat pelarutnya adalah air.
- d. Wiranto *et.al* (2016) dalam penelitiannya yang berjudul "*Online Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Udang Berbasis WSN dan IoT*" menggunakan beberapa parameter untuk menentukan kualitas air dalam pembudidayaan udang, antara lain, DO (*Dissolved Oxygen*), pH, konduktivitas, dan temperatur. Sistem menggunakan arduino uno dengan beberapa node sensor yang terhubung dengan komponen utamanya yaitu

Raspberry Pi 2 (Rpi2) dan Xbee. Data dari beberapa node dikirim ke Rpi2 dengan menggunakan Wireless Sensor Network (WSN) dan disimpan pada database menggunakan jaringan Wifi. Data ini nantinya dapat diakses melalui website ataupun melalui telegram messenger.

- e. Faricha *et.al* (2017) melakukan penelitian untuk merancang alat monitoring kualitas air PDAM berbasis IoT dalam jurnalnya yang berjudul “*Analisa Studi Tentang Perancangan Alat Monitoring Kualitas Air PDAM Berbasis Internet of Things*”. Penelitian ini dilakukan pada beberapa titik di kota Surabaya dengan menggunakan sensor suhu, sensor kekeruhan, sensor konduktivitas, dan sensor gas oksigen yang terintegrasi sebagai sensor array. data yang berasal dari sensor-sensor tersebut nantinya akan ditransmisikan ke mikrokontroler yaitu Arduino Mega 2560 R3 yang memiliki modul IoT dan compatible dengan modul WiFi ES8266 sehingga dapat diakses dimana dan kapan saja.
- f. Maulana (2017) membuat alat pendeteksi kualitas air minum dengan menggunakan daya hantar listrik yang ada pada air, dalam penelitiannya yang berjudul “*Perancangan Alat Pendeteksi Kualitas Air Minum Menggunakan Elektrolisis dan Konduktivitas Berbasis Arduino Uno*”. Dalam penelitian ini, digunakan logam alumunium dan besi sebagai elektroda yang berfungsi untuk mereduksi H₂O, logam stainless sebagai sel elektroda untuk konduktivitas yang berfungsi untuk menangkap daya hantar listrik air, dan juga menggunakan LCD untuk menampilkan

output. Dari hasil penelitian ini, didapat rata-rata error pada pengukuran konduktivitas sebesar 2,32%, pengukuran TDS sebesar 2,63% dan pada proses elektrolisis, alat mampu menampilkan zat terlarut yang terdapat pada air minum dengan baik.

- g. Widowati et.al (2019) dalam penelitiannya yang berjudul “Deteksi lokasi Pencemaran Air Sungai Citarum Berbasis IoT menggunakan Fuzzy *Inference System*” menggunakan 4 sensor, yaitu sensor suhu, sensor total padatan terlarut, sensor pH, dan sensor kekeruhan air untuk mengklasifikasi kualitas air tergolong baik, kurang baik, dan buruk. Sedangkan untuk pengambilan keputusan dalam menyelesaikan masalah ketidakpastian dan ambiguitas linguistik, peneliti menggunakan FIS metode mamdani untuk Sistem pendukung keputusannya.

2.2 IOT

Internet of Things atau yang biasa dikenal dengan sebutan IoT merupakan objek-objek atau benda-benda yang didalamnya tertanam sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya yang bertujuan untuk menghubungkan dan bertukar data dengan sistem lain melalui internet. IoT memiliki tantangan utama yaitu, dapat menghubungkan dunia fisik dan dunia informasi. Seperti mengolah data yang diperoleh dari interaksi pengguna dan alat yang digunakan. Alat yang digunakan biasanya memiliki sensor yang nantinya dapat mengirim data mentah fisik secara real-time dan mengubahnya sesuai dengan format yang ditentukan, sehingga dapat mempermudah dalam

pengolahan data (Suresh *et.al* , 2014).

Dalam penerapannya, Internet of Things juga dapat mengidentifikasi, mendeteksi, melacak, memonitoring objek dan memicu proses terkait, secara otomatis dan real-time, pengembangan dan penerapan teknologi lainnya yang membawa dampak besar pada masyarakat manajemen ekonomi, operasi produksi, sosial manajemen, bahkan kehidupan pribadi (Zhou and Zhang, 2011).

Sejak awal dikenalnya internet pada tahun 1989, banyak kegiatan dilakukan dengan memanfaatkan internet. Pada tahun 1990, diciptakan perangkat pemanggang roti yang dapat dikendalikan melalui internet. Pada tahun 1994, Steve Mann menciptakan WearCam, dan pada tahun 1997, Paul Saffo memberikan penjelasan singkat pertama tentang sensor dan masa depan (Junaidi, 2015). Namun, istilah Internet of Things atau IoT mulai dikenalkan oleh Kevin Ashton, co founder and executive director of the Auto-ID Center di MIT dalam sebuah presentasinya pada tahun 1999.

Internet Of Things menggunakan beberapa teknologi yang secara garis besar digabungkan menjadi satu kesatuan, diantaranya sensor sebagai pembaca data, koneksi internet dengan beberapa macam topologi, radio frequency identification (RFID), wireless sensor network (WSN) dan teknologi yang terus akan bertambah sesuai dengan kebutuhan (Wang *et.al*, 2013).

Dari beberapa penelitian, IoT sudah banyak diterapkan diberbagai macam bidang. Seperti bidang kesehatan, informatika, geografis, industri, dan masih

banyak lagi. Seperti dalam bidang medis atau kesehatan, Health care monitoring yakni riset tentang monitoring kesehatan pasien menggunakan wireless sensor yang dipasangkan pada tubuh pasien, beberapa hal yang dipantau seperti, psikologi pasien, tekanan darah, detak jantung, dan lain-lain yang dapat di remote melalui peralatan yang terhubung ke internet dengan tetap memperhatikan kerahasiaan data pasien (Cahyono, 2016).

Contoh lain dari pemanfaatan IoT yaitu pada bidang pertanian, seperti smart monitoring agriculture dengan menggunakan beberapa sensor, diantaranya sensor suhu dan kelembaban, sensor pH air, sensor pH tanah, dan sensor air tanah yang digunakan untuk mengidentifikasi data pertanian dan dari data yang diperoleh dapat membantu petani di Indonesia menyelesaikan masalah yang sering terjadi (Kurniawan *et.al*, 2018).

2.3 Kualitas Air

Kualitas air merupakan karakteristik mutu yang diperlukan sebagai acuan untuk pemanfaatan dari beberapa sumber air, yang meliputi sifat air, kandungan makhluk hidup, zat energi atau komponen dalam air (Effendi, 2003). Kualitas air dinyatakan dalam beberapa parameter diantaranya, parameter fisika yang meliputi kekeruhan, suhu, dan padatan terlarut, yang kedua yaitu parameter kimia yang meliputi kadar logam, PH, BOD, oksigen terlarut, dan yang terakhir yaitu parameter biologi yang meliputi keberadaan plankton, bakteri dan lain sebagainya.

Masyarakat memiliki kebutuhan yang bervariasi dalam pemanfaatan air dan

bergantung pada iklim dan kebiasaan. Peraturan pemerintah No. 20 tahun 1990 mengelompokkan kualitas air menjadi beberapa golongan menurut peruntukannya (Effendi, 2003), diantaranya:

- 1) Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung, tanpa pengolahan terlebih dahulu.
- 2) Golongan B, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
- 3) Golongan C, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
- 4) Golongan D, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, usaha di perkotaan, industri, dan pembangkit listrik tenaga air.

Banyaknya golongan air ini membuat masyarakat tidak bisa sembarangan menjadikan air sebagai air minum sehari-hari. Karena setiap golongan memiliki batas kelayakan masing-masing, hanya air bersih yang diperbolehkan untuk konsumsi minum sehari-hari. Dilansir dari lipi.go.id, berdasarkan syarat Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), air minum yang ideal adalah air yang aman dikonsumsi, jernih, tidak berbau, tidak berasa aneh, bersuhu wajar, bersih dari bakteri, dan mengandung sedikit mineral. Sedangkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal: 3 september 1990 harus memenuhi syarat fisika sebagai berikut:

Tabel 2.1 Tabel Syarat Fisik Air Minum

No	Parameter	Satuan	Kadar Maximum yang diperbolehkan	Keterangan
1.	Bau	-	-	Tidak berbau
2.	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/l	1000	-
3.	Kekeruhan	Skala NTU	5	Merupakan batas maksimum
4.	Rasa	-	-	Tidak berasa
5.	Suhu	°C	Suhu Udara ± 3 °C	-
6.	Warna	TCU	15	-
7.	pH	-	6,5 - 8,5	Merupakan batas minimum dan maksimum

Dari segi parameter fisika, air yang baik merupakan air yang tidak berasa, berbau dan tidak berwarna, dan yang tidak berbahaya bagi kesehatan, diantaranya pH, bau, rasa, warna, kekeruhan, suhu, dan jumlah zat padat terlarut. Sifat fisika terdiri atas (Aryani, 2017):

1. Jernih atau tidak keruh, air yang keruh disebabkan oleh adanya butiran-butiran koloid dari tanah liat, semakin banyak kandungan koloid maka air semakin keruh.
2. Tidak berwarna, air yang berwarna berarti mengandung bahan- bahan lain yang berbahaya bagi kesehatan.
3. tidak berasa, rasa asin disebabkan adanya garam-garam tertentu yang larut dalam air, sedangkan rasa asam diakibatkan adanya asam organik maupun asam anorganik.
4. tidak berbau, air yang berbau busuk mengandung bahan organik yang sedang mengalami dekomposisi oleh mikroorganisme air.
5. suhunya normal, suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama

agar tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/pipa, yang dapat membahayakan kesehatan dan menghambat pertumbuhan mikro-organisme.

6. tidak banyaknya padatan yang terlarut di dalamnya.

Sesuai dengan kebijakan dari Environmental Protection Agency (EPA), menyarankan bahwa kadar maksimum kontaminan pada air minum adalah sebesar 500 mg/L (500 ppm), saat angka menunjukkan TDS mencapai 1000 mg/L maka sangat dianjurkan untuk tidak dikonsumsi (Ilyas *et.al*, 2013). Suhu air sebaiknya 20-30°C (sejuk) agar tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran atau pipa yang dapat membahayakan kesehatan, dengan kadar maksimum kekeruhan sebesar 5 NTU untuk standar air minum (Gusril, 2016). Suhu mempengaruhi konsentrasi logam berat pada air, penurunan suhu air yang lebih dingin akan memudahkan logam berat mengendap di sedimen, sedangkan kenaikan suhu air akan membuat senyawa logam berat akan larut.

Pencemaran air oleh logam berat bisa ditandai dengan naiknya suhu air. Konsentrasi logam berat tertinggi ditemukan pada suhu 38°C, sedangkan konsentrasi logam berat terendah juga dijumpai pada suhu yang lebih rendah pula (Budimawan *et.al*, 2015). Peningkatan suhu perairan cenderung menaikkan akumulasi dan toksisitas logam berat, hal ini dikarenakan meningkatnya laju metabolisme dari organisme air (Sukoasih *et.al*, 2016).

Pemantauan kualitas air pada perairan umum memiliki tujuan sebagai berikut (Effendi, 2003):

- a. Mengetahui nilai kualitas air dalam bentuk parameter fisika, kimia, dan biologi.
- b. Membandingkan nilai kualitas air tersebut dengan baku mutu sesuai dengan peruntukannya, menurut Peraturan Pemerintah RI No. 20 Tahun 1990.
- c. Menilai kelayakan suatu sumber daya air untuk kepentingan tertentu.

Air yang melebihi batas ambang yang sudah ditetapkan dapat dikatakan air tercemar. Air yang tercemar logam berat sangat berbahaya bagi makhluk hidup yang mengonsumsinya secara terus menerus, salah satu contoh logam berat yang biasanya terkandung pada air yakni timbal (Pb). Dampak yang ditimbulkan dari mengonsumsi air yang tercemar Pb bagi kesehatan yaitu dapat menimbulkan kerusakan pada pembentukan sel darah merah, logam bersifat akumulatif dalam tubuh, sehingga akan menimbulkan efek dalam jangka panjang. Selain Pb, logam berat yang biasanya ditemukan pada air yang tercemar yaitu adalah Kadmium (Cd). Cd biasanya berasal dari pencemaran oleh limbah pabrik, seperti pabrik tekstil, baterai, cat, plastik, dan lain-lain. Kadmium merupakan logam yang bila masuk ke dalam tubuh akan mengendap dan terakumulasi dalam waktu tertentu dan menyebabkan kerusakan, pada tulang, ginjal, testis, jantung, hati, otak dan sistem darah (Indriawati, 2017).

2.4 Sistem Monitoring

Sistem merupakan penggabungan dari beberapa komponen atau elemen untuk mencapai tujuan tertentu. Sedangkan deteksi adalah suatu proses untuk

memeriksa atau melakukan pemeriksaan yang bertujuan untuk memecahkan suatu masalah dengan berbagai cara dan metode yang diterapkan, sehingga menghasilkan sebuah solusi (Maulana, 2017). Untuk mendeteksi sesuatu digunakan sensor-sensor yang sesuai dengan kebutuhan. Sensor sendiri merupakan suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya (Ghani, 2017).

Sistem monitoring adalah proses pengumpulan dan analisis informasi berdasarkan indikator yang ditetapkan secara sistematis dan kontinu tentang kegiatan atau program sehingga dapat dilakukan tindakan koreksi untuk penyempurnaan program atau kegiatan itu selanjutnya agar sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai (Widiastuti and Susanto, 2014).

Pada dasarnya, monitoring mempunyai dua fungsi yang saling berkaitan, yaitu *compliance monitoring* yang berfungsi untuk memastikan proses sesuai dengan harapan atau rencana, dan *performance monitoring* yang berfungsi untuk mengetahui perkembangan organisasi dalam pencapaian target yang diharapkan (Effendy and Nuqoba, 2016). Sistem monitoring dapat bekerja secara baik jika dirancang dan dilakukan secara efektif. Menurut Mercy (2005) Berikut ini merupakan beberapa kriteria sistem monitoring yang efektif (Muhamad, 2017):

1. *User friendly*, sistem monitoring harus dirancang dengan

sederhana namun tepat sasaran. Sistem monitoring harus mudah digunakan oleh user-nya, maka dari itu harus memiliki konsep sederhana, mudah dimengerti, dan berbobot (bermakna).

2. Fokus pada beberapa indikator utama. Indikator yang terlalu banyak akan mengakibatkan sistem yang tidak terarah dan tidak terfokus pada aktivitas monitoring. Maka dari itu, fokus diarahkan pada indikator utama yang benar-benar mewakili bagian yang dipantau.
3. Perencanaan matang terhadap aspek-aspek teknis. Perancangan sistem memiliki tujuan aplikasi teknis yang terstruktur dan terarah. Aspek teknis dapat menggunakan pedoman 5W1H, meliputi apa, mengapa, siapa, kapan, dimana, dan bagaimana pelaksanaan sistem monitoring.
4. Prosedur pengumpulan dan penggalian data. Data yang didapatkan dalam melakukan monitoring pada *ongoing process* harus memiliki prosedur yang tepat dan sesuai. Hal ini ditujukan untuk memudahkan pelaksanaan proses input dan menghindari output data yang tidak akurat.

2.5 Metode Fuzzy

Pada tahun 1965, Prof. Lutfi A. Zadeh seorang peneliti di Universitas California di Berkeley memperkenalkan metode fuzzy untuk pertama kalinya. Professor Zadeh menganggap bahwa logika benar atau salah tidak bisa mewakili setiap pemikiran manusia, lalu dikembangkanlah logika fuzzy yang

dapat mempresentasikan setiap keadaan maupun dapat mewakili pemikiran manusia. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai yaitu 0 atau 1, logika fuzzy memiliki nilai derajat keanggotaan antara 0 hingga 1. Logika fuzzy digunakan untuk mengubah suatu besaran yang diuraikan menggunakan bahasa (linguistic) dengan menunjukkan sejauh mana nilai itu salah seperti sangat bagus, bagus, sedang, buruk dan sangat buruk (Jumadi *et.al*, 2017).

a. Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu linguistik dan numeris. Himpunan linguistik merupakan penamaan suatu kelompok yang

mewakili sebuah keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa sehari-hari seperti, TINGGI, SEDANG, RENDAH.

Sedangkan himpunan numeris merupakan nilai atau angka yang menunjukkan ukuran suatu variabel seperti, 10, 20, 30, dst. Beberapa

hal yang perlu diketahui untuk memahami sistem fuzzy (Kusumadewi dan Purnomo, 2004):

b. Variabel fuzzy

Variabel fuzzy merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem fuzzy. Seperti, umur, temperatur, permintaan, dsb.

c. Himpunan fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy. Contoh:

- Variabel umur, terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu: MUDA, PAROBAYA, TUA.

- Variabel temperatur terbagi menjadi 5 himpunan fuzzy, yaitu: DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT, dan PANAS.

d. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan adalah bilangan real yang dapat naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan yang dalam beberapa kasus tidak terdapat batas atas. Contoh:

- Semesta pembicaraan untuk variabel umur: $[0 +\infty]$
- Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur: $[0 40]$

e. Domain

Domain himpunan merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Contoh:

- MUDA = $[0, 45]$
- PAROBAYA = $[35, 55]$
- TUA = $[45, \infty]$

Himpunan fuzzy memiliki operasi-operasi dasar yang dibutuhkan dalam proses inferensi atau penalaran.

2.5.1 Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi fuzzy berfungsi untuk menarik kesimpulan dari penggabungan beberapa aturan berdasarkan data yang tersedia. Maka

pada sistem inferensi fuzzy setidaknya harus terdapat 2 variabel fuzzy. Sistem inferensi fuzzy merupakan suatu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy yang berupa *if-then*, dan penalaran fuzzy (Kusumadewi dan Hartati, 2006). Sistem inferensi fuzzy dapat mengevaluasi rule secara simultan untuk menghasilkan kesimpulan meskipun urutan rule yang diberikan acak (Naba, 2009). Terdapat beberapa jenis sistem inferensi fuzzy diantaranya yaitu, Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. Pada dasarnya, sistem inferensi fuzzy memiliki 4 unit (Gaddafi, 2016), diantaranya:

- a. Unit fuzzifikasi
- b. Unit penalaran logika fuzzy
- c. Unit basis pengetahuan, yang terdiri dari basis data dan basis aturan
- d. Unit fuzzifikasi (penegasan)

2.5.2 Fuzzy Tsukamoto

Fuzzy tsukamoto merupakan suatu jenis sistem inferensi yang sangat fleksibel dan lebih cocok digunakan masukan yang diterima dari manusia bukan mesin (Thamrin *et.al*, 2012). Pada metode tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan berbentuk *if-then* memiliki fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α -predikat atau disebut juga fire strength (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

Misalkan terdapat dua variabel input yaitu $V_1(x)$ dan $V_2(y)$, serta terdapat 1 variabel output $V_3(z)$, Variabel 1 mempunyai 2 himpunan

yaitu A_1 dan A_2 . Variabel 2 mempunyai 2 himpunan yaitu B_1 dan B_2 . Variabel 3 juga mempunyai 2 himpunan yaitu C_1 dan C_2 (monoton). Maka ada dua aturan yang digunakan, yaitu:

$$\begin{aligned} [R1] \text{ IF } (x \text{ is } A_1) \text{ and } (y \text{ is } B_2) \text{ THEN } (z \text{ is } C_1) \\ [R2] \text{ IF } (x \text{ is } A_2) \text{ and } (y \text{ is } B_1) \text{ THEN } (z \text{ is } C_2) \end{aligned} \quad (2.1)$$

Fuzzy tsukamoto adalah metode yang memiliki toleransi pada data dan sangat fleksibel, juga bersifat intuitif dan mampu memberikan tanggapan berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu (Thamrin *et.al*, 2012). Terdapat 4 tahap dalam analisis menggunakan fuzzy tsukamoto (Agustin, 2015), diantaranya:



Gambar 2.1 Flowchart Fuzzy Tsukamoto

1) Proses Fuzzifikasi

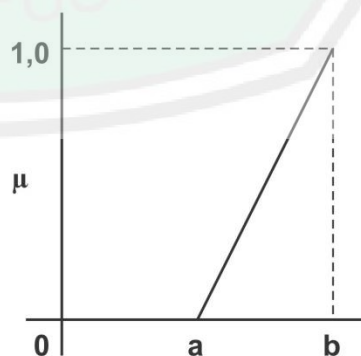
Fuzzifikasi merupakan proses dimana masukan tegas (crisp) menjadi nilai masukan fuzzy dengan mengubah variabel numerik menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan.

Terdapat beberapa fungsi dalam mendapatkan nilai keanggotaan, diantaranya:

- Representasi Linear

Representasi linear ini merupakan bentuk paling sederhana dari pemetaan input menjadi derajat keanggotaan yang digambarkan dengan suatu garis lurus. Terdapat dua keadaan pada himpunan fuzzy linear.

Pertama, representasi linear NAIK, kenaikan nilai derajat keanggotaan ($\mu(x)$) dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju nilai dominan yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

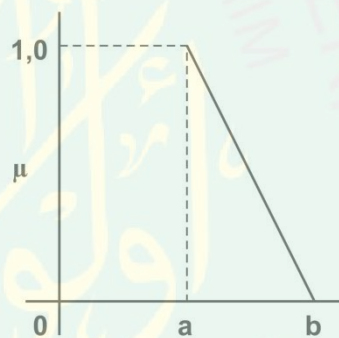


Gambar2.2 Representasi Linear Naik

Fungsi keanggotaan:

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

Kedua yaitu representasi linear TURUN, ini merupakan kebalikan dari fungsi representasi linear naik, garis lurus dimulai dari domain yang memiliki nilai keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, lalu bergerak turun menuju nilai dominan yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



Gambar 2.3 Representasi Linear Turun

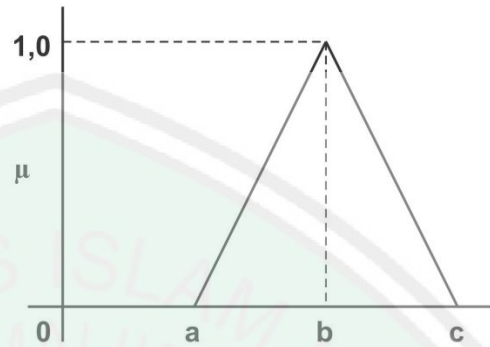
Fungsi keanggotaan:

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

- Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya adalah gabungan antara 2 linear. Disebut fungsi keanggotaan segitiga jika terdapat 3

parameter, yaitu $(a, b, c \in R)$ dengan $(a \leq b \leq c)$ dan dinyatakan dengan segitiga (x, a, b, c) .



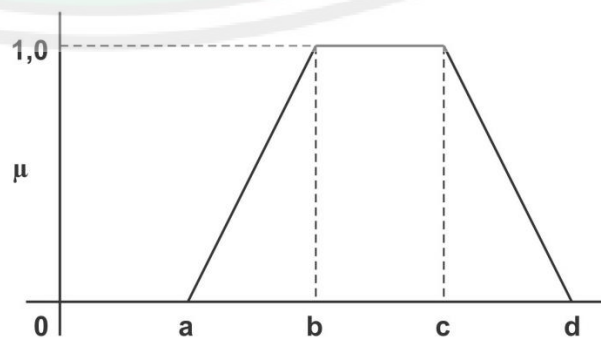
Gambar 2.4 Representasi Linear Segitiga

Fungsi keanggotaan:

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

- Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium tidak jauh berbeda dengan kurva segitiga, karena sama-sama merupakan gabungan dari 2 linear, namun pada kurva trapesium terdapat beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan:

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

2) Pembentukan rule if-then

Proses pembentukan rule if-then ini dibentuk untuk memperoleh hasil keluaran tegas (crisp). Pada metode tsukamoto, proses inferensi menggunakan rule berbentuk “if-then” dengan operasi AND, yang nantinya dipilih nilai yang paling minimum (MIN) dari 2 variabel yang ada (Khairina, 2016).

Jika $(a_1 \text{ adalah } A_1) \cap \dots \cap (a_n \text{ adalah } A_n)$ maka $(b \text{ adalah } k)$ dengan,

a_1, \dots, a_n : variabel input

b : variabel output

$(a_1 \text{ adalah } A_1) \cap \dots \cap (a_n \text{ adalah } A_n)$: anteseden

$(b \text{ adalah } k)$: konsekuen

3) Analisis logika Fuzzy

Setiap aturan yang telah dibentuk merupakan suatu pernyataan implikasi. Implikasi adalah proses mendapatkan output sebuah if-then rule berdasarkan derajat kebenaran antecedent. Hasil fungsi

implikasi disebut α -predikat atau biasa dituliskan hanya dengan α . Analisis logika fuzzy yang digunakan pada tahap ini yaitu fungsi implikasi *min* yang berfungsi untuk mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan fuzzy.

$$\alpha_i = \mu_{A \cap B} = \min(\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(y)), \forall i = 1, 2, 3, \dots \quad (2.6)$$

dengan,

α_i : nilai minimal dari derajat keanggotaan pada rule ke- i

$\mu_{A_i}(x)$: derajat keanggotaan himpunan fuzzy A pada rule ke- i

$\mu_{B_i}(y)$: derajat keanggotaan himpunan fuzzy B pada rule ke- i

4) Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses dimana inputan berupa bilangan fuzzy menghasilkan output berupa bilangan tegas (crisp). Proses defuzzifikasi pada metode tsukamoto menggunakan defuzzifikasi rata-rata terbobot yang dirumuskan pada persamaan

$$z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\sum \alpha_i}, i = 1, 2, 3, \dots \quad (2.7)$$

Dengan,

z : nilai rata-rata terbobot

x_i : nilai konsekuen pada aturan ke- i

α_i : nilai α -predikat pada aturan ke- i



BAB III

DESAIN SISTEM

Pada bab ini menjelaskan tentang hal-hal yang berkaitan dengan desain sistem perancangan monitoring kualitas air layak konsumsi, yang meliputi:

3.1 Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan dilakukan dengan menganalisis perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan dalam membangun sistem monitoring air layak konsumsi. Berikut ini merupakan beberapa komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan dalam membangun sistem:

3.1.1 Perangkat Keras (Hardware)

- a. Hardware untuk membangun aplikasi web : Laptop dengan spesifikasi:
 - AMD A10-7300 Radeon R6, 10 Compute Cores 4C + 6G
1.90 GHz
 - RAM 4GB
 - 64-bit OS, x64-based processor
- b. TDS Conductivity Sensor
- c. Sensor DS18B20 Probe
- d. pH Sensor Module MSP340 Shield Arduino
- e. Analog Turbidity Sensor
- f. Arduino Uno
- g. Power Supply module MB102

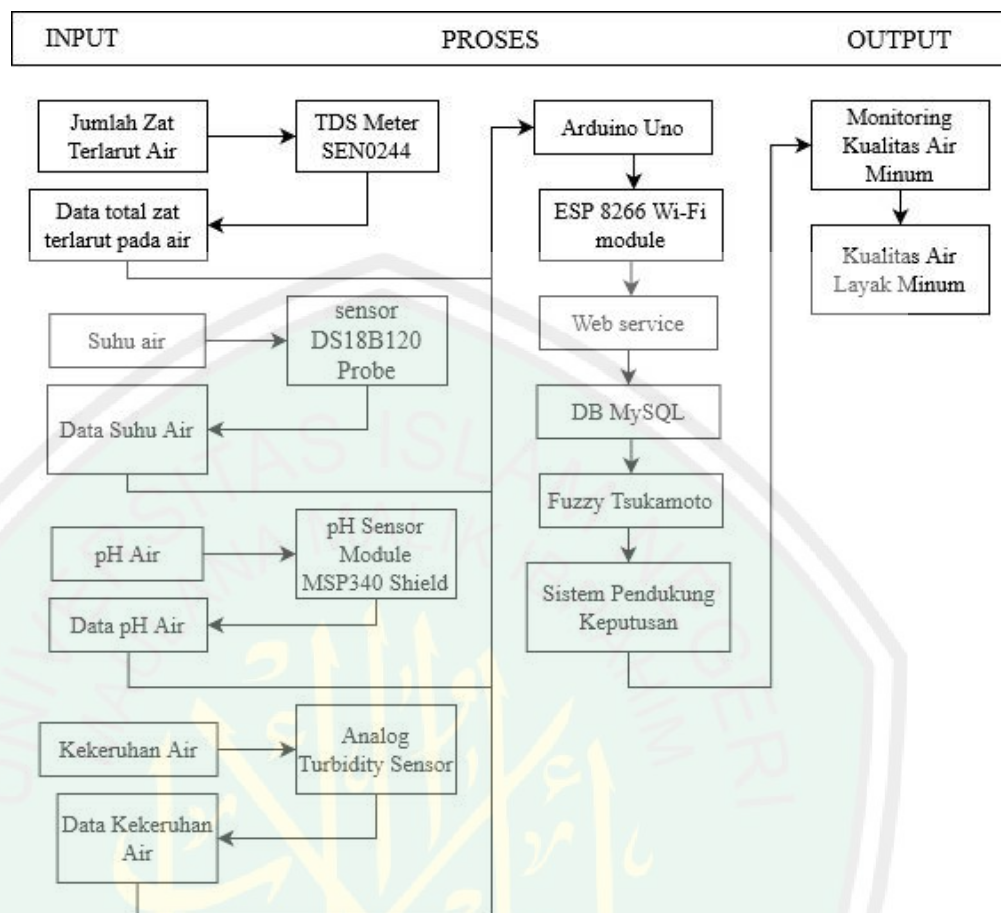
- h. ESP 8266 Wifi module
- i. TOTOLINK N100RE 150Mbps Mini Wireless Router Repeater
- j. Wi-Fi
- k. Kabel
- l. TDS Meter 3, termometer Suhu Air, dan pH meter untuk membandingkan data sensor.

3.1.2 Perangkat Lunak (Software)

- a. Arduino IDE
- b. Mysql
- c. PHP
- d. Sublime Text
- e. Xampp
- f. Matlab R2017a

3.2 Desain Perancangan Sistem

Tahap ini akan dijelaskan gambaran tentang alur perancangan sistem monitoring yang terdiri dari perancangan hardware dan software.

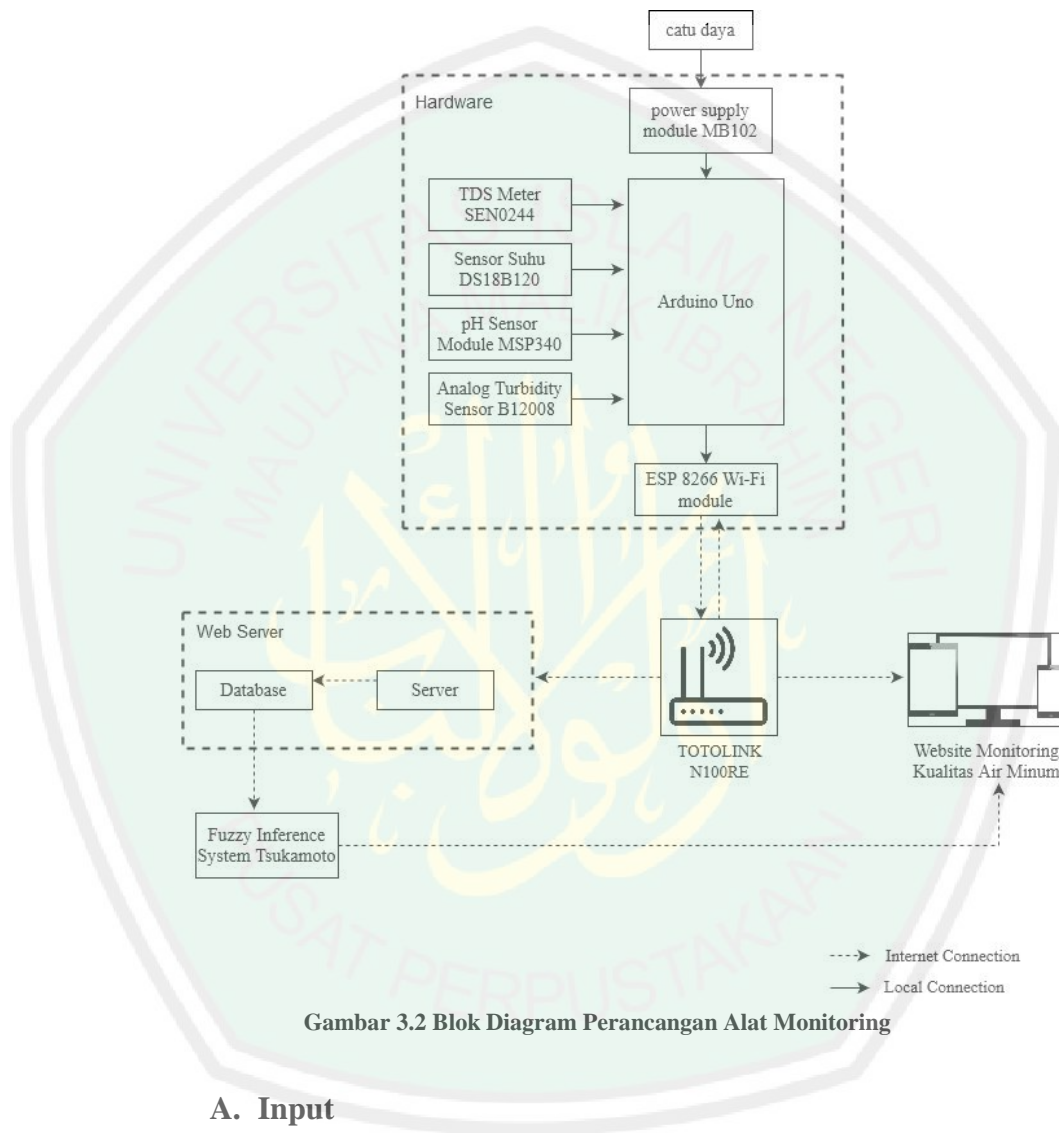


Gambar 3.1 Desain Sistem Monitoring

Sistem monitoring ini dibuat dengan tujuan untuk mengetahui kelayakan air minum untuk dikonsumsi. Parameter yang digunakan yaitu jumlah zat padat terlarut dalam air didapat dari *TDS Meter SEN0244*, data suhu air didapat dari penggunaan *sensor DS18B120*, data pH air dari pH sensor module MSP340, dan data kekeruhan air dari Turbidity Sensor B12008. Sensor-sensor ini nantinya akan dihubungkan menggunakan Arduino Uno yang telah dihubungkan dengan ESP8266 Wifi module. Setelah itu, data dari sensor akan disimpan di database. Data yang tersimpan di database akan diolah menggunakan fuzzy inferensi sistem metode tsukamoto sebagai sistem pengambil keputusan dalam menentukan kualitas air layak minum. Setelah itu,

data monitoring dan status kualitas air layak minum atau tidak, akan ditampilkan pada aplikasi web.

3.2.1 Desain Perancangan Alat Monitoring



Gambar 3.2 Blok Diagram Perancangan Alat Monitoring

A. Input

- a. TDS Meter SEN0244



Gambar 3.3 TDS Meter SEN0244

Sensor TDS pada dasarnya merupakan sebuah EC meter yang mempunyai 2 buah elektroda dengan jarak yang sama dimasukkan kedalam air dan digunakan untuk mengukur muatan. Output dari alat ini diinterpretasikan oleh TDS meter dan dikonversi menjadi angka ppm. Sensor ini mendukung input tegangan antara 3.3 - 5V, serta output tegangan analog yang dihasilkan berkisar pada 0 - 2.3V. pengukuran tds memiliki range dari 0 (nol) hingga 1000 ppm dengan akurasi $\pm 10\%$ pada suhu 25°C .

b. Sensor Suhu DS18B120 Probe



Gambar 3.4 Sensor Suhu DS18B120

Sensor suhu DS18B120 probe merupakan sensor suhu digital

dengan chip sensor DC18B20 dibungkus dengan probe berbahan stainless steel membuat probe sensor ini waterproof dan aman digunakan. Memiliki range power supply 3V-5V, dan memiliki range pengukuran dari -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$. Memiliki akurasi pada rentang -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$.

c. pH sensor module MSP 340



Gambar 3.5 pH Sensor Module MSP 340

Sensor ini dapat mengukur tingkat pH 0 hingga 14, bekerja pada range suhu $0-80^{\circ}\text{C}$. Titik netral pada $\text{pH } 7 \pm 0,5$ dengan waktu respons kurang dari 2 menit.

d. Analog Turbidity Sensor B12008



Gambar 3.6 Analog Turbidity Sensor B12008

Analog Turbidity Sensor For Arduino merupakan sensor yang berfungsi mengukur kualitas air dengan mendeteksi tingkat kekeruhannya. Sensor ini mendeteksi partikel tersuspensi dalam air dengan cara mengukur transmitansi dan hamburan cahaya yang berbanding lurus dengan kadar Total Suspended Solids (TSS). Semakin tinggi kadar TSS, maka semakin tinggi pula tingkat kekeruhan air tersebut. Sensor ini mendukung dua mode output, digital dan analog sehingga dapat dengan mudah diakses melalui Arduino atau mikrokontroler lainnya.

e. Power Supply module MB102



Gambar 3.7 Power Supply Module MB102

Module ini memiliki fungsi sebagai penurun tegangan inputan. Dikarenakan beberapa inputan yang tersambung pada Arduino memiliki daya sebesar 3 volt, maka dari itu alat ini diperlukan agar inputan yang memiliki daya dibawah 5 volt tetap dapat bekerja.

B. Proses



Gambar 3.8 Arduino Uno

Data yang diperoleh dari keempat sensor nantinya akan diterima oleh Arduino. Selanjutnya, Arduino akan disambungkan dengan ESP 8266 Wifi module yang menghubungkan arduino dengan router. Setelah arduino terhubung dengan jaringan, data air akan dikirim ke webserver dengan menggunakan router yang terhubung dengan internet. Dari web server, data akan disimpan dalam database.

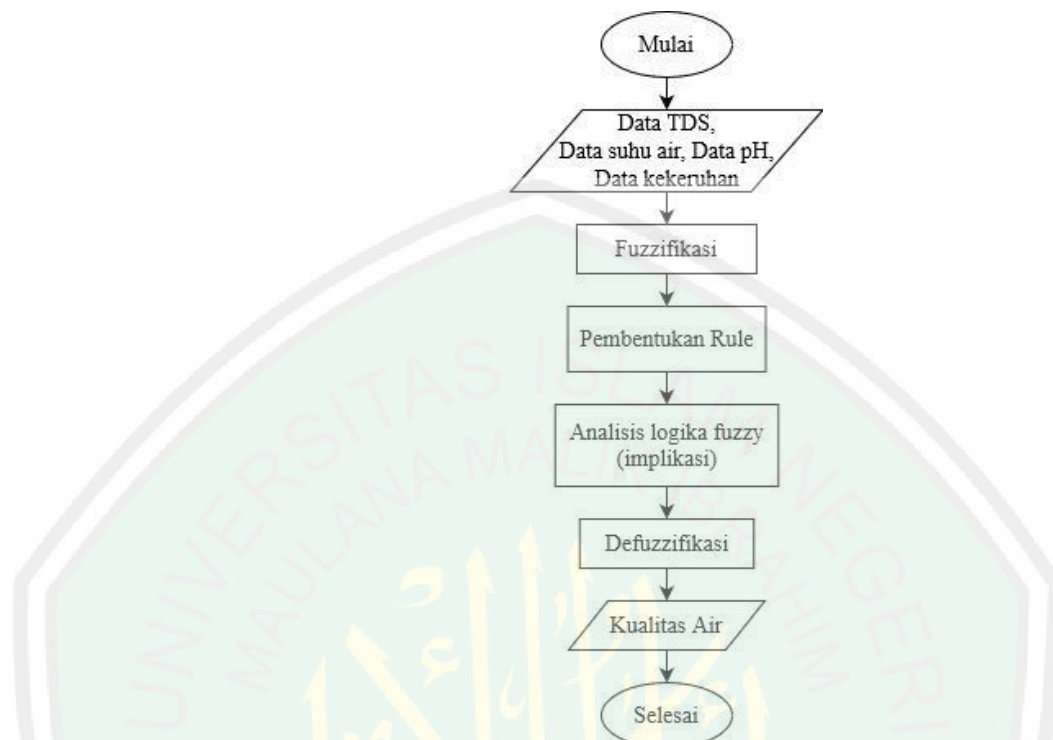


Gambar 3.9 ESP8266 Wifi Module

C. Output

Data yang tersimpan pada database akan ditampilkan pada aplikasi web dengan menggunakan Fuzzy Tsukamoto sebagai Sistem Pendukung Keputusan untuk menentukan status air layak minum atau tidak.

3.2.2 Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto



Gambar 3.10 Flowchart Fuzzy Tsukamoto Sistem

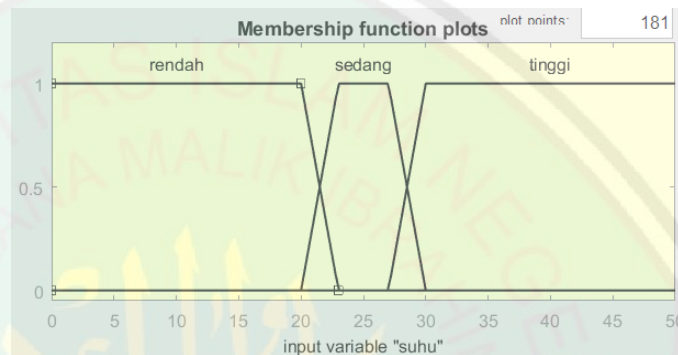
A. Fuzzifikasi

Dalam proses fuzzifikasi, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya adalah variabel fuzzy, himpunan fuzzy, dan domain. Dari ketiga hal tersebut dapat diperoleh nilai keanggotaan fuzzy untuk tiap variabel. Penelitian ini menggunakan 4 variabel input dan 1 variabel output, diantaranya adalah variabel suhu, variabel TDS (total zat terlarut pada air), pH, kekeruhan dan variabel kualitas. Pada masing masing variabel seperti di bawah:

- a) Variabel Input Suhu

Tabel 3.1. Tabel Variabel Suhu

No	Himpunan	Derajat Keanggotaan
1.	Rendah	0-23
2.	Sedang	20-30
3.	Tinggi	27-50



Gambar 3.11 Representasi Fungsi Keanggotaan Suhu

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{Rendah}(a) = \begin{cases} 1 & ; a \leq 20 \\ \frac{(23-a)}{(23-20)} & ; 20 < a < 23 \\ 0 & ; a \geq 23 \end{cases} \quad (3.1)$$

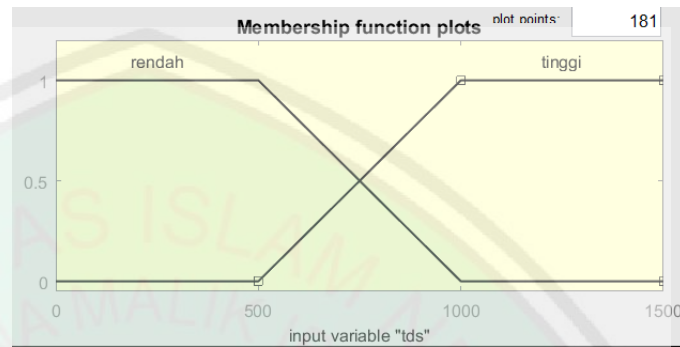
$$\mu_{Sedang}(a) = \begin{cases} 0 & ; a \leq 20 \text{ atau } a \geq 30 \\ \frac{(a-20)}{(23-20)} & ; 20 < a \leq 23 \\ 1 & ; 23 \leq a \leq 27 \\ \frac{(30-a)}{(30-27)} & ; 27 < a < 30 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{Tinggi}(a) = \begin{cases} 0 & ; a \leq 27 \\ \frac{(a-27)}{(30-27)} & ; 27 < a \leq 30 \\ 1 & ; a \geq 30 \end{cases} \quad (3.3)$$

b) Variabel Input TDS

Berdasarkan Peraturan Menetri Kesehatan Republik

Indonesia Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990. Jumlah zat terlarut dalam air layak minum memiliki angka maksimal sebesar 1000 ppm.



Gambar 3.12 Representasi Fungsi Keanggotaan TDS

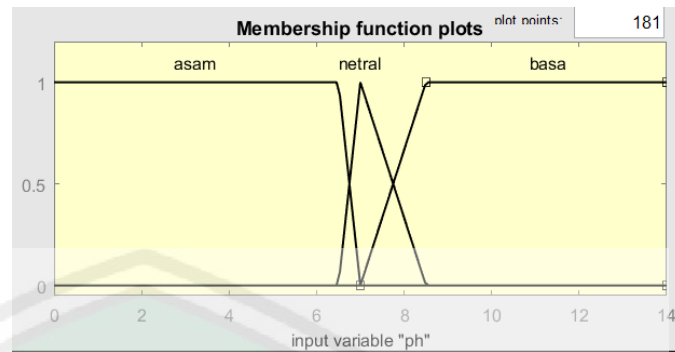
Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{Rendah}(b) = \begin{cases} 1 & ; b \leq 500 \\ \frac{(1000-b)}{(1000-500)} & ; 500 < b < 1000 \\ 0 & ; b \geq 1000 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu_{Tinggi}(b) = \begin{cases} 0 & ; b \leq 500 \\ \frac{(b-500)}{(1000-500)} & ; 500 < b \leq 1000 \\ 1 & ; b \geq 1000 \end{cases} \quad (3.5)$$

c) Variabel Input pH

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990. Kadar pH dalam air layak minum memiliki angka minimal dan maksimal sebesar 6,5-8,5.



Gambar 3.13 Representasi Fungsi Keanggotaan pH

Fungsi keanggotaan:

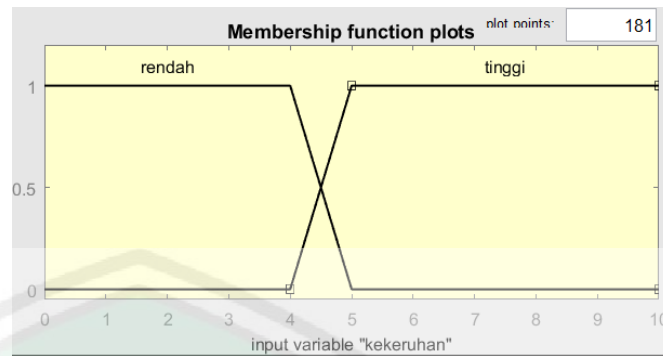
$$\mu_{Asam}(c) = \begin{cases} 1 & ; c \leq 6,5 \\ \frac{(7-c)}{(7-6,5)} & ; 6,5 < c < 7 \\ 0 & ; c \geq 7 \end{cases} \quad (3.6)$$

$$\mu_{Netral}(c) = \begin{cases} 0 & ; c \leq 6,5 \text{ atau } c \geq 8,5 \\ \frac{(c-6,5)}{(7-6,5)} & ; 6,5 < c < 7 \\ \frac{(8,5-c)}{(8,5-7)} & ; 7 < c < 8,5 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\mu_{Basa}(c) = \begin{cases} 0 & ; c \leq 7 \\ \frac{(c-7)}{(8,5-7)} & ; 7 < c \leq 8,5 \\ 1 & ; c \geq 8,5 \end{cases} \quad (3.8)$$

d) Variabel Input Kekерuhan

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990. Jumlah kekeruhan dalam air layak minum memiliki angka maksimal sebesar 5 NTU.



Gambar 3.14 Representasi Fungsi Keanggotaan Kekeruhan

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{Rendah}(d) = \begin{cases} 1 & ; d \leq 4 \\ \frac{(5-d)}{(5-4)} & ; 4 < d < 5 \\ 0 & ; d \geq 5 \end{cases} \quad (3.9)$$

$$\mu_{Tinggi}(d) = \begin{cases} 0 & ; d \leq 4 \\ \frac{(d-4)}{(5-4)} & ; 4 < d \leq 5 \\ 1 & ; d \geq 5 \end{cases} \quad (3.10)$$

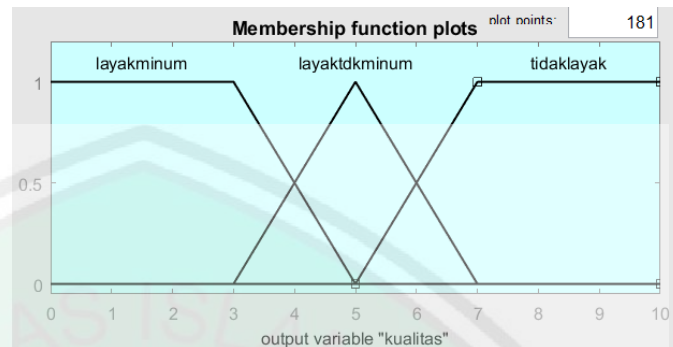
e) Variabel Output Kualitas

Pada output kali ini, terdapat 3 kategori air diantaranya, layak minum (L), layak tidak untuk minum (LTM), dan tidak layak (TL). Dimana air layak tidak untuk diminum merupakan air yang dapat digunakan sehari-hari tetapi bukan untuk kebutuhan pangan seperti, mandi, mencuci, menyiram tanaman, dll.

Tabel 3.2 Tabel Variabel Kualitas

No	Himpunan	Derajat Keanggotaan
1.	L	0-5
2.	LTM	3-7

3.	TL	5-10
----	----	------



Gambar 3.15 Representasi Fungsi Keanggotaan Kualitas

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{Layak}(z) = \begin{cases} 1 & ; z \leq 3 \\ \frac{(5-z)}{(5-3)} & ; 3 < z < 5 \\ 0 & ; z \geq 5 \end{cases} \quad (3.9)$$

$$\mu_{LayakTidakMinum}(z) = \begin{cases} 0 & ; z \leq 3 \text{ atau } z \geq 7 \\ \frac{(z-3)}{(5-3)} & ; 3 < z < 5 \\ \frac{(7-z)}{(7-5)} & ; 5 < z < 7 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$\mu_{Basa}(c) = \begin{cases} 0 & ; z \leq 5 \\ \frac{(z-5)}{(7-5)} & ; 5 < z \leq 7 \\ 1 & ; z \geq 7 \end{cases} \quad (3.13)$$

B. Pembentukan Rule

Setelah proses fuzzifikasi, proses selanjutnya yaitu adalah pembentukan aturan-aturan fuzzy. Aturan-aturan tersebut digunakan untuk menyatakan keterkaitan antara input dan output. Jumlah variabel dan himpunannya. Untuk mempermudah menentukan jumlah serta outputnya, maka sebelumnya buat

matriks untuk tiap himpunan suhu terhadap TDS, pH dan Kekeruhan, seperti pada tabel dibawah:

Tabel 3.3 Tabel Pembentukan Rule

RULE	SUHU	TDS	PH	KEKERUHAN	KUALITAS
1	rendah	rendah	asam	rendah	LTM
2	rendah	rendah	asam	tinggi	TL
3	rendah	rendah	netral	rendah	L
4	rendah	rendah	netral	tinggi	TL
5	rendah	rendah	basa	rendah	LTM
6	rendah	rendah	basa	tinggi	TL
7	rendah	tinggi	asam	rendah	TL
8	rendah	tinggi	asam	tinggi	TL
9	rendah	tinggi	netral	rendah	TL
10	rendah	tinggi	netral	tinggi	TL
11	rendah	tinggi	basa	rendah	TL
12	rendah	tinggi	basa	tinggi	TL
13	sedang	rendah	asam	rendah	LTM
14	sedang	rendah	asam	tinggi	TL
15	sedang	rendah	netral	rendah	L
16	sedang	rendah	netral	tinggi	TL
17	sedang	rendah	basa	rendah	LTM
18	sedang	rendah	basa	tinggi	TL
19	sedang	tinggi	asam	rendah	TL
20	sedang	tinggi	asam	tinggi	TL
21	sedang	tinggi	netral	rendah	TL
22	sedang	tinggi	netral	tinggi	TL
23	sedang	tinggi	basa	rendah	TL
24	sedang	tinggi	basa	tinggi	TL
25	tinggi	rendah	asam	rendah	TL
26	tinggi	rendah	asam	tinggi	TL
27	tinggi	rendah	netral	rendah	LTM
28	tinggi	rendah	netral	tinggi	TL
29	tinggi	rendah	basa	rendah	TL
30	tinggi	rendah	basa	tinggi	TL
31	tinggi	tinggi	asam	rendah	TL
32	tinggi	tinggi	asam	tinggi	TL
33	tinggi	tinggi	netral	rendah	TL
34	tinggi	tinggi	netral	tinggi	TL

35	tinggi	tinggi	basa	rendah	TL
36	tinggi	tinggi	basa	tinggi	TL

C. Implikasi

Setelah memperoleh nilai keanggotaan dari tiap variabel, tahap berikutnya adalah aplikasi fungsi implikasi dengan menggunakan metode MIN menggunakan rumus

$$\alpha_i = \mu_{A \cap B} = \min(\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(y)) \quad (3.14)$$

Fungsi implikasi ini nantinya digunakan untuk mencari nilai Z.

Dalam suatu kasus, air mempunyai data sebagai berikut

Suhu = 22,5°C

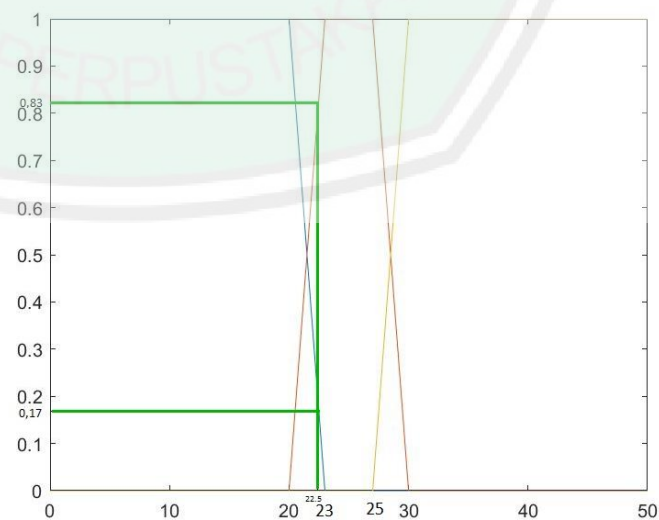
TDS = 400 ppm

pH = 6,7

Kekeruhan = 1,2 NTU

Berikut penyelesaiannya.

- a. Hitung nilai keanggotaan variabel Suhu



Gambar 3.16 Nilai Keanggotaan Variabel Suhu

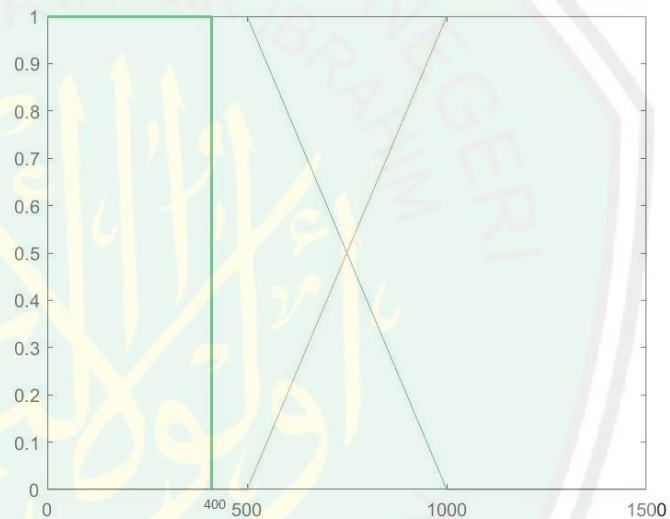
Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{Rendah}(a) = \frac{23-22,5}{23-20} = 0,17 \quad (3.15)$$

$$\mu_{Sedang}(a) = \frac{22,5-20}{23-20} = 0,83 \quad (3.16)$$

$$\mu_{Tinggi}(a) = 0 \quad (3.17)$$

b. Hitung nilai keanggotaan variabel TDS



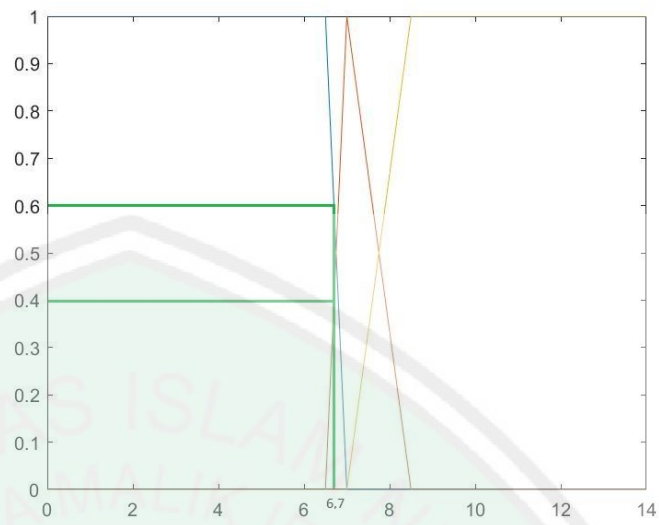
Gambar 3.17 Nilai Keanggotaan Variabel TDS

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{Rendah}(b) = 1 \quad (3.18)$$

$$\mu_{Tinggi}(b) = 0 \quad (3.19)$$

c. Hitung nilai keanggotaan variabel pH



Gambar 3.18 Nilai Keanggotaan Variabel pH

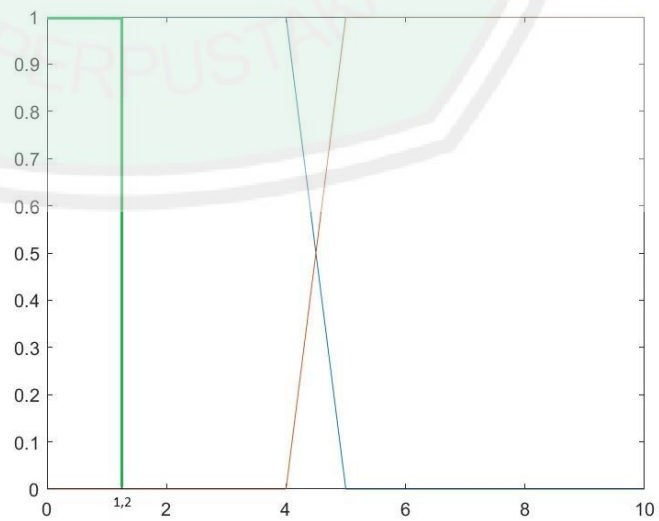
Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{Asam}(c) = \frac{7-6,7}{7-6,5} = 0,6 \quad (3.11)$$

$$\mu_{Netral}(c) = \frac{6,7-6,5}{7-6,5} = 0,4 \quad (3.12)$$

$$\mu_{Basa}(c) = 0 \quad (3.13)$$

d. Hitung nilai keanggotaan variabel Kekeruhan



Gambar 3.19 Nilai Keanggotaan Variabel Kekeruhan

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{Rendah}(d) = 1 \quad (3.14)$$

$$\mu_{Tinggi}(d) = 0 \quad (3.24)$$

Dari hasil perhitungan diatas, selanjutnya masukkan kedalam fungsi implikasi untuk setiap rulenya dengan menggunakan metode MIN.

$$\begin{aligned} [R1] &= \text{MIN} (\mu_{Rendah}(a), \mu_{Rendah}(b), \mu_{Asam}(c), \mu_{Rendah}(d)) \\ &= \text{MIN} (0,17 , 1 , 0,6 , 1) \\ &= 0,17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [R3] &= \text{MIN} (\mu_{Rendah}(a), \mu_{Rendah}(b), \mu_{Netral}(c), \mu_{Rendah}(d)) \\ &= \text{MIN} (0,17 , 1 , 0,4 , 1) \\ &= 0,17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [R13] &= \text{MIN} (\mu_{Sedang}(a), \mu_{Rendah}(b), \mu_{Asam}(c), \mu_{Rendah}(d)) \\ &= \text{MIN} (0,83 , 1 , 0,6 , 1) \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [R15] &= \text{MIN} (\mu_{Sedang}(a), \mu_{Rendah}(b), \mu_{Netral}(c), \mu_{Rendah}(d)) \\ &= \text{MIN} (0,83 , 1 , 0,4 , 1) \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

Setelah didapat nilai terendah atau MIN, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Z dari semua output sesuai dengan rule yang telah ditentukan sebelumnya.

$$\begin{aligned} [R1] \quad \mu_{LayakTidakMinum}(z) &\rightarrow \frac{z-3}{2} = 0,17 , z = 3,34 \\ \mu_{LayakTidakMinum}(z) &\rightarrow \frac{z-3}{2} = 0,17 , z = \mathbf{6,66} \end{aligned}$$

Fire Strength (FS) adalah 6,66

$$[R3] \quad \mu_{Layak}(z) \rightarrow \frac{5-z}{2} = 0,17 \quad , z = 4,66$$

Fire Strength (FS) adalah 4,66

$$[R13] \quad \mu_{LayakTidakMinum}(z) \rightarrow \frac{z-3}{2} = 0,6 \quad , z = 4,2$$

$$\mu_{LayakTidakMinum}(z) \rightarrow \frac{z-3}{2} = 0,6 \quad , z = 5,8$$

Fire Strength (FS) adalah 5,8

$$[R15] \quad \mu_{LayakTidakMinum}(z) \rightarrow \frac{z-3}{2} = 0,4 \quad , z = 3,8$$

$$\mu_{LayakTidakMinum}(z) \rightarrow \frac{z-3}{2} = 0,4 \quad , z = 6,2$$

Fire Strength (FS) adalah 6,2

D. Defuzzifikasi

Setelah mendapatkan nilai atau *Fire Strength*, maka nilai defuzzifikasi bisa didapat dengan menghitung nilai Z dengan menggunakan rumus:

$$z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\sum \alpha_i}, i = 1, 2, 3, \dots \quad (3.25)$$

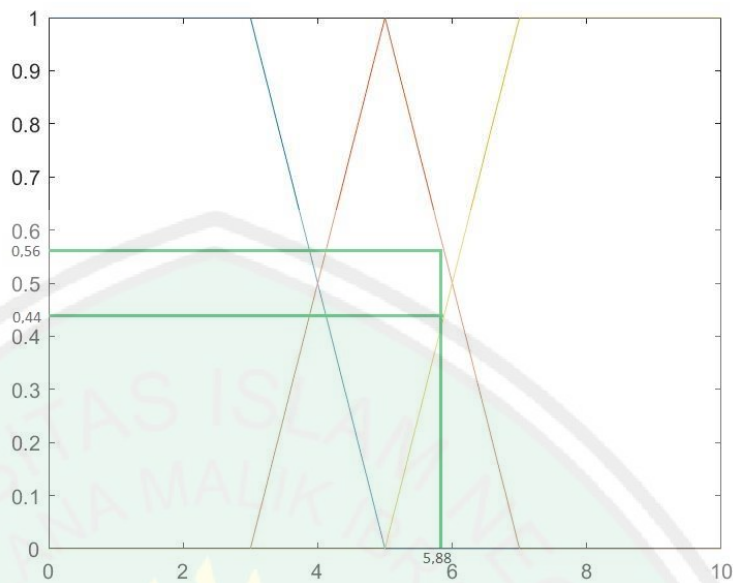
Maka akan didapat nilai berikut

$$Z = \frac{(6,66 \times 0,17) + (4,66 \times 0,17) + (5,8 \times 0,6) + (6,2 \times 0,4)}{0,17 + 0,17 + 0,6 + 0,4}$$

$$Z = \frac{1,13 + 0,79 + 3,48 + 2,48}{1,34}$$

$$Z = 5,88$$

Untuk mengetahui variabel linguistiknya, maka digunakan fungsi keanggotaan output, dan mengambil nilai terbesarnya



Gambar 3.20 Nilai Keanggotaan Variabel Output

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{Layak}(x) = \frac{5,88-5}{2} = 0,44 \quad (3.26)$$

$$\mu_{LayakTidakMinimum}(x) = \frac{7-5,88}{2} = 0,56 \quad (3.27)$$

Maka dapat dikatakan air tersebut layak tetapi tidak untuk diminum.

3.3 Rencana pengujian

3.3.1 Pengujian Sensor

Pengujian alat ini digunakan untuk mengetahui kemampuan tiap sensor dalam menentukan kandungan air. Untuk membandingkan keakuratan sensor dalam membaca data, maka digunakan alat pengukur manual di antaranya, TDS meter, dan pH meter. Untuk pengukuran kalibrasi sensor kekeruhan akan digunakan air minum kemasan merek

AQUA, dimana dalam penelitian oleh syabani (2018), memiliki nilai kekeruhan sebesar 0,6 NTU saat diuji menggunakan turbidity meter. Untuk mempermudah mengetahui tingkat error sensor digunakan tabel sebagai berikut

Tabel 3.4 Hasil Pengujian Sensor Suhu

Pengujian Ke-	Suhu (°C)		Error (%)
	Termometer	Sensor Suhu	
1			
2			
3			
4			
5			

Tabel 3.5 Hasil Pengujian Sensor TDS

Pengujian Ke	TDS (ppm)		Error (%)
	TDS Meter	Sensor TDS	
1			
2			
3			
4			
5			

Tabel 3.6 Hasil Pengujian Sensor pH

Pengujian Ke	pH		Error (%)
	pH Meter	Sensor pH	
1			
2			
3			
4			
5			

Tabel 3.7 Hasil Pengujian Sensor Kekeruhan

Pengujian Ke	Turbidity (NTU)		Error (%)
	Turbidity meter	Sensor Kekeruhan	
1			
2			
3			
4			
5			

3.3.2 Pengujian keseluruhan

Pada pengujian ini, dilakukan pengujian terhadap metode fuzzy yang diterapkan pada sistem. Fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini adalah Fuzzy Inference System metode Tsukamoto. Pengujian akan dilakukan sebanyak 10 kali, untuk mempermudah membandingkan output kualitas air berdasar fuzzy yang dihasilkan sistem dengan hasil kualitas air berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal: 3 september 1990, maka digunakan tabel sebagai berikut.

Tabel 3.8 Tabel Pengujian Keseluruhan Sistem

Uji Ke-	Sensor Suhu (°C)	Sensor TDS (ppm)	Sensor pH	Sensor Kekeruhan (NTU)	Output fuzzy	Permenkes	Kualitas air
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Setelah Data Diatas diperoleh, maka dapat dihitung nilai akurasi sistem dalam menentukan kualitas air layak minum menggunakan metode *Confusion Matrix*. *Confusion matrix* merupakan sebuah metode yang pada umumnya digunakan untuk menghitung akurasi pada konsep *data mining* (Alamsah *et.al*, 2017). Cara pengujian ini digambarkan dengan tabel yang menyatakan pengklasifikasian antara jumlah data uji yang benar dan jumlah data uji yang salah seperti berikut:

Tabel 3.9 Tabel *Confusion Matrix*

		Nilai Sebenarnya	
		TRUE	FALSE
Nilai Prediksi	TRUE	TP (True Positive) Correct Result	FP (False Positive) Unexpected Result
	FALSE	FN (False Negative) Missing Result	TN (True Negative) Correct Absence of Result

Keterangan:

- a) **True Positives (TP)** merupakan jumlah record data positif yang diklasifikasikan sebagai nilai positif.
- b) **False Positive (FP)** merupakan jumlah record data negatif yang diklasifikasikan sebagai nilai positif.
- c) **False Negative (FN)** merupakan jumlah record data positif yang diklasifikasikan sebagai nilai negatif.
- d) **True Negative (TN)** merupakan jumlah record data negatif yang diklasifikasikan sebagai nilai negatif.

Nilai yang dihasilkan dari metode *Confusion Matrix* adalah sebagai berikut:

- a) **Accuracy**, persentase jumlah record data yang diprediksi secara benar oleh algoritma.

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{\text{Total Data}} \times 100\% \quad (3.28)$$

- b) **Misclassification (Error) Rate**

$$\text{Misclassification Rate} = \frac{FP + FN}{\text{Total Data}} \times 100\% \quad (3.29)$$

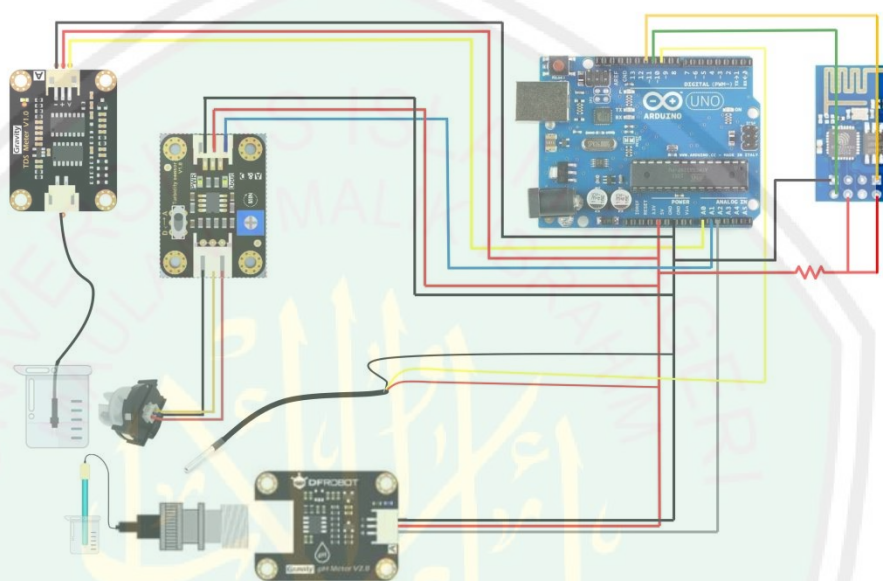


BAB IV

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Implementasi Sistem

4.1.1 Implementasi Hardware



Gambar 4.1 Gambar Skema Implementasi Hardware

A. Rangkaian Input

a. Sensor TDS

Sensor TDS memiliki dua buah probe yang digunakan untuk mendapatkan nilai TDS pada air dengan menggunakan metode *Electrical Conductivity*. Konduktivitas pada air sebanding dengan konsentrasi ion didalamnya. Maka semakin besar nilai konduktivitasnya, semakin besar pula kandungan zat terlarut dalam air. Sensor ini memiliki 3 pin diantaranya, pin DATA, VCC, dan GND. Pada perancangan sistem pin DATA dihubungkan dengan pin analog (A0), lalu pin VCC

dihubungkan pada pin output 5V, sedangkan pin GND dihubungkan pada pin ground pada arduino.

b. Sensor Kekeruhan

Pada sensor kekeruhan terdapat LED photodiode sebagai transmitter dan photodiode sebagai receiver. Cara kerja sensor ini yaitu transmitter akan memancarkan cahaya menuju receiver, jika cahaya yang dipancarkan terhalang oleh partikel-partikel, maka tegangan pada receiver akan mengalami perubahan. Sensor ini memiliki 3 pin, pada perancangan sistem pin DATA akan dihubungkan dengan pin analog (A1), pin VCC dihubungkan dengan pin output 5V, dan pin GND dihubungkan pada pin ground arduino.

c. Sensor Suhu

Pada sensor suhu terdapat 3 pin yaitu, pin DATA, VCC, dan GND. Pada perancangan sistem, pin DATA dihubungkan dengan pin digital (Pin 9), pin VCC dihubungkan dengan pin output 5V, dan pin GND akan dihubungkan dengan pin ground pada arduino,

d. Sensor pH

Pada sensor pH terdapat probe berupa elektroda kaca. Probe ini nantinya akan mengukur pH melalui aktivitas ion-ion hidrogen yang mengelilingi probe. Sensor ini memiliki 3 pin yaitu pin DATA, VCC, dan GND. Pada perancangan sistem, pin DATA

akan dihubungkan pada pin analog (A2), pin VCC dihubungkan dengan pin output 5V, dan pin GND akan dihubungkan dengan pin ground pada arduino.

B. Rangkaian Output

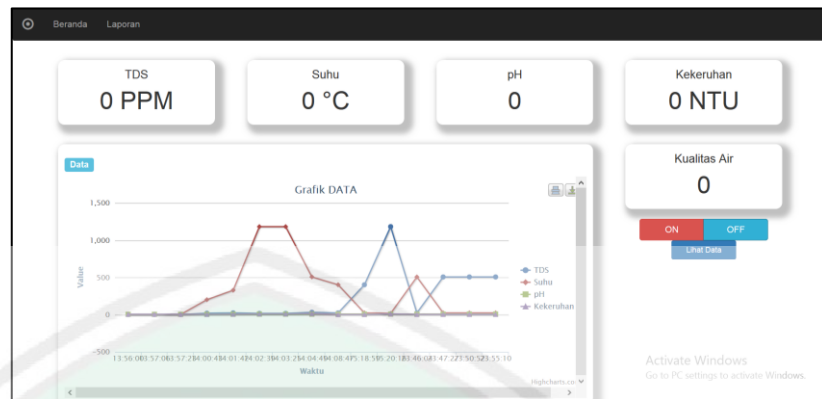
Rangkaian output pada penelitian ini menggunakan modul Wifi ESP8266. Module ini memiliki 8 pin diantaranya, pin RX, GPIO0, GPIO2, GND, 3V3, RST, ENABLE, TX. Pada perancangan sistem, pin 3V3 dan pin ENABLE dihubungkan dengan pin output 5V yang telah diberi resistor 2 kilo Ω , pin RX dan TX dihubungkan pada pin 11 dan 10 sebagai receiver dan transmitter.

4.1.2 Implementasi Website Monitoring

Website monitoring kualitas air layak konsumsi ini sudah melalui tahap hosting sehingga dapat diakses menggunakan smartphone maupun PC melalui <http://dewi15650060.monitoringairkonsumsi.com/>.

Berikut merupakan tampilan-tampilan menu yang terdapat pada website monitoring kualitas air layak konsumsi

- a. Tampilan tab “Beranda” website monitoring



Gambar 4.2 Tampilan tab Beranda

Gambar di atas merupakan tampilan awal website. Pada halaman awal terdapat 6 container diantaranya, data TDS, data suhu, data pH, data kekeruhan, kualitas, dan juga grafik yang menunjukkan statik data air yang didapat dari sensor-sensor. Terdapat tombol “ON/OFF” yang berfungsi untuk memulai pengambilan data air dari hardware melalui website. Selain itu terdapat tombol “Lihat Data” dimana ketika tombol tersebut ditekan, akan menampilkan seluruh data monitoring air.

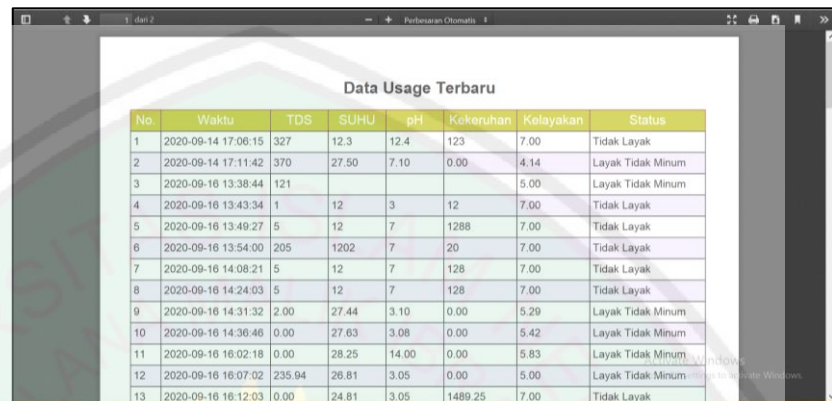
b. Tampilan saat tombol “Lihat Data” diklik

No	Waktu	TDS	Suhu	pH	Kekeruhan	Kelayakan	Status
1	2020-09-14 17:06:15	327	12.3	12.4	123	7.00	Tidak Layak
2	2020-09-14 17:11:42	370	27.50	7.10	0.00	4.14	Layak Tidak Minum
3	2020-09-16 13:38:44	121				5.00	Layak Tidak Minum
4	2020-09-16 13:43:34	1	12	3	12	7.00	Tidak Layak
5	2020-09-16 13:49:27	5	12	7	1288	7.00	Tidak Layak
6	2020-09-16 13:54:00	205	1202	7	20	7.00	Tidak Layak
7	2020-09-16 14:08:21	5	12	7	128	7.00	Tidak Layak
8	2020-09-16 14:24:03	5	12	7	128	7.00	Tidak Layak
9	2020-09-16 14:31:32	2.00	27.44	3.10	0.00	5.29	Layak Tidak Minum
10	2020-09-16 14:36:46	0.00	27.63	3.08	0.00	5.42	Layak Tidak Minum

Gambar 4.3 Tampilan Data Monitoring

Halaman ini menampilkan tabel berisi keseluruhan data monitoring air. Pada halaman ini terdapat tombol “Download

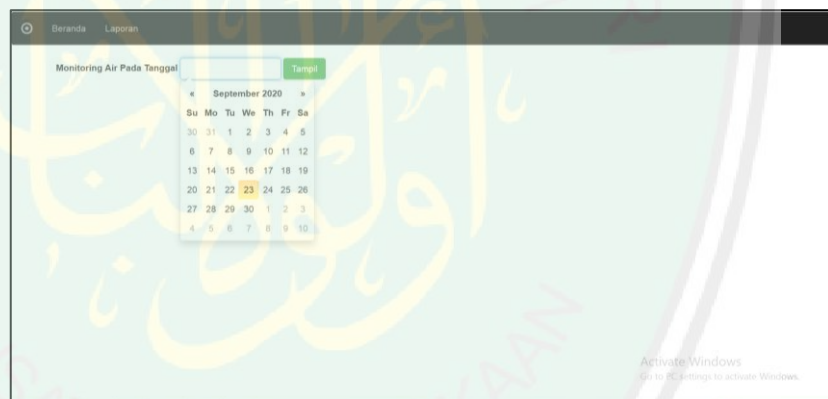
PDF” yang ketika di klik maka kita akan diarahkan ke tampilan file PDF dimana file tersebut dapat kita unduh maupun langsung kita print, seperti gambar dibawah ini.



No	Waktu	TDS	SUHU	pH	Kekeruhan	Kelayakan	Status
1	2020-09-14 17:06:15	327	12.3	12.4	123	7.00	Tidak Layak
2	2020-09-14 17:11:42	370	27.50	7.10	0.00	4.14	Layak Tidak Minum
3	2020-09-16 13:38:44	121				5.00	Layak Tidak Minum
4	2020-09-16 13:43:34	1	12	3	12	7.00	Tidak Layak
5	2020-09-16 13:49:27	5	12	7	1288	7.00	Tidak Layak
6	2020-09-16 13:54:00	205	1202	7	20	7.00	Tidak Layak
7	2020-09-16 14:08:21	5	12	7	128	7.00	Tidak Layak
8	2020-09-16 14:24:03	5	12	7	128	7.00	Tidak Layak
9	2020-09-16 14:31:32	2.00	27.44	3.10	0.00	5.29	Layak Tidak Minum
10	2020-09-16 14:36:46	0.00	27.63	3.08	0.00	5.42	Layak Tidak Minum
11	2020-09-16 16:02:18	0.00	28.25	14.00	0.00	5.83	Layak Tidak Minum
12	2020-09-16 16:07:02	235.94	26.81	3.05	0.00	5.00	Layak Tidak Minum
13	2020-09-16 16:12:03	0.00	24.81	3.05	1489.25	7.00	Tidak Layak

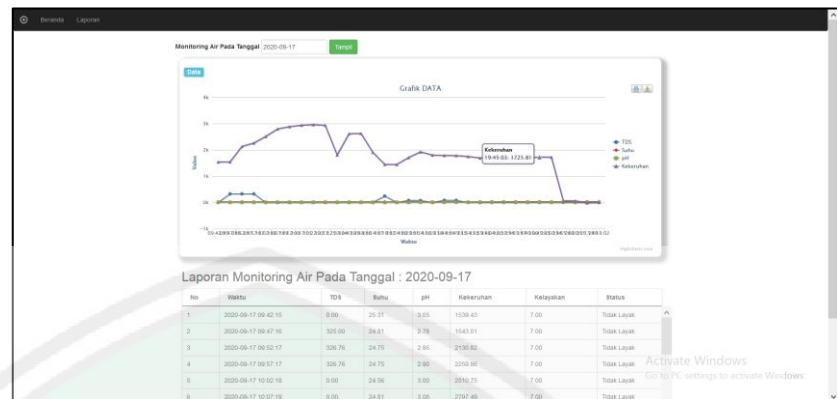
Gambar 4.4 Tampilan Download PDF keseluruhan Data

c. Tampilan tab “Laporan” website monitoring



Gambar 4.5 Tampilan Tab Laporan

Pada tab ini akan menampilkan grafik dan data monitoring air sesuai dengan tanggal yang dipilih. Setelah memilih tanggal dan tombol “Tampil” di klik, maka akan menampilkan data seperti gambar dibawah.



Gambar 4.6 Tampilan Data Monitoring Pada Tanggal yang Ditentukan

Pada bagian bawah halaman terdapat tombol “Download PDF” yang akan menampilkan tabel monitoring air pada tanggal yang telah dipilih seperti gambar dibawah ini.

Data Usage Pada Tanggal : 2020-09-17

No	Waktu	TDS	SUHU	pH	Kekeruhan	Kelayakan	Status
1	2020-09-17 09:42:15	0.00	25.31	3.05	1539.43	7.00	Tidak Layak
2	2020-09-17 09:47:16	325.00	24.81	2.78	1543.01	7.00	Tidak Layak
3	2020-09-17 09:52:17	326.76	24.75	2.86	2130.82	7.00	Tidak Layak
4	2020-09-17 09:57:17	326.76	24.75	2.90	2259.86	7.00	Tidak Layak
5	2020-09-17 10:02:18	0.00	24.56	3.00	2510.75	7.00	Tidak Layak
6	2020-09-17 10:07:19	0.00	24.81	3.08	2797.49	7.00	Tidak Layak
7	2020-09-17 10:12:00	0.00	24.94	3.08	2883.51	7.00	Tidak Layak
8	2020-09-17 10:17:01	0.00	25.13	3.08	2937.28	7.00	Tidak Layak
9	2020-09-17 10:22:02	0.00	25.06	3.05	2958.78	7.00	Tidak Layak
10	2020-09-17 12:33:25	0.00	25.63	3.15	2933.69	7.00	Tidak Layak
11	2020-09-17 12:38:04	0.00	25.81	3.12	1804.66	7.00	Tidak Layak
12	2020-09-17 12:43:05	0.00	25.69	3.08	2614.70	7.00	Tidak Layak
13	2020-09-17 12:48:06	0.00	25.69	3.08	2625.45	7.00	Tidak Layak

Gambar 4.7 Tampilan PDF Data Monitoring pada Tanggal yang Ditentukan

4.1.3 Implementasi Fuzzy Tsukamoto

Fuzzy Tsukamoto pada penelitian ini digunakan untuk menentukan nilai kelayakan dan status konsumsi air.

a. Source Code Proses Fuzzifikasi

Proses fuzzyfikasi ini digunakan untuk mengetahui nilai keanggotaan suhu, TDS, pH dan Kekeruhan dari data yang di dapat dari keempat sensor.

- Fungsi keanggotaan Suhu

```
function suhuRendah(){
  if(suhu <= 20){
    console.log("suhu rendah = 1");
    return 1;
  }else if(suhu > 20 && suhu < 23){
    console.log("suhu rendah = "+(Number((23
- suhu) / 3).toFixed(2)));
    return (23 - suhu) / 3;
  }else{
    console.log("suhu rendah = 0");
    return 0;
  }
}
function suhuSedang(){
  if(suhu >= 23 && suhu <= 27){
    console.log("suhu dsedang = 1");
    return 1;
  }else if(suhu > 20 && suhu < 23){
    console.log("suhu dsedang = "+((suhu -
20) / 3));
    return (suhu - 20) / 3;
  }else if(suhu > 27 && suhu < 30){
    console.log("suhu dsedang = "+(Number((30
- suhu) / 3).toFixed(2)));
    return (30 - suhu) / 3;
  }else{
    console.log("suhu dsedang = 0");
    return 0;
  }
}
function suhuTinggi(){
  if(suhu >= 30){
    console.log("suhu Tinggi = 1");
    return 1;
  }else if(suhu > 27 && suhu < 30){
    console.log("suhu Tinggi =
"+(Number((suhu - 27) / 3).toFixed(2)));
    return (suhu - 27) / 3;
  }else{
    console.log("suhu Tinggi = 0");
    return 0;
  }
}
```

Gambar 4.8 Source Code Fungsi Keanggotaan Suhu

Source code di atas merupakan proses fuzzyfikasi dalam menentukan suhu hasil pembacaan sensor termasuk suhu rendah, sedang, maupun tinggi. Suhu hasil pembacaan sensor diinisialisasikan sebagai “suhu”. “function suhuRendah” pada source code diatas merupakan fungsi pada persamaan 3.1, dan untuk “function suhuSedang” merupakan source code untuk fungsi pada persamaan 3.2, sedangkan “function suhuTinggi” merupakan source code untuk fungsi persamaan 3.3.

- Fungsi Keanggotaan TDS

```
function TDSRendah(){
  if(TDS <= 500){
    console.log("tds rendah =1");
    return 1;
  }else if(TDS > 500 && TDS < 1000){
    console.log("tds rendah =" + ((1000 - TDS) /
500));
    return (1000 - TDS) / 500;
  }else{
    console.log("tds rendah =0");
    return 0;
  }
}
function TDSTinggi(){
  if(TDS >= 1000){
    console.log("tds tinggi =1");
    return 1;
  }else if(TDS > 500 && TDS < 1000){
    console.log("tds tinggi =" + ((TDS - 500) /
500));
    return (TDS - 500) / 500;
  }else{
    console.log("tds tinggi =0");
    return 0;
  }
}
```

Gambar 4.9 Source Code Fungsi Keanggotaan TDS

Source code diatas digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan TDS. TDS hasil pembacaan sensor diinisialisasikan

sebagai “TDS”. Pada “function TDSRendah” merupakan source code dari persamaan 3.4. sedangkan pada “function TDSTinggi” merupakan source code persamaan 3.5.

- Fungsi Keanggotaan pH

```
function phAsam(){
  if(ph <= 6.5){
    console.log("ph asam = 1");
    return 1;
  }else if(ph > 6.5 && ph < 7){
    console.log("ph asam = "+((7 - ph) / 0.5));
    return (7 - ph) / 0.5;
  }else{
    console.log("ph asam = 0");
    return 0;
  }
}
function phNetral(){
  if(ph == 7){
    console.log("ph netral = 1");
    return 1;
  }else if(ph > 6.5 && ph < 7){
    console.log("ph netral = "+((ph - 6.5) /
0.5));
    return (ph - 6.5) / 0.5;
  }else if(ph > 7 && ph < 8.5){
    console.log("ph netral = "+((8.5 - ph) /
1.5));
    return (8.5 - ph) / 1.5;
  }else{
    console.log("ph netral = 0");
    return 0;
  }
}
function phBasa(){
  if(ph >= 8.5){
    console.log("ph basa=1");
    return 1;
  }else if(ph > 7 && ph < 8.5){
    console.log('ph basa'+((ph - 7) / 1.5));
    return (ph - 7) / 1.5;
  }else{
    console.log("ph basa=0");
    return 0;
  }
}
}
```

Gambar 4.10 Source Code Fungsi Keanggotaan pH

Source code diatas digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan pH. Nilai pH hasil pembacaan sensor diinisialisasikan sebagai “ph”. Pada “function phAsam” merupakan source code dari persamaan 3.6, sedangkan pada “function phNetral” merupakan source code persamaan 3.6, dan untuk source code pada “function phBasa” merupakan implementasi dari persamaan 3.7.

- Fungsi Keanggotaan Kekeruhan

```
function kekeruhanRendah(){
  if(kekeruhan <= 4){
    console.log("keruh rendah = 1");
    return 1;
  }else if(kekeruhan > 4 && kekeruhan < 5){
    console.log("keruh rendah = "+(5 -
kekeruhan) / 1));
    return (5 - kekeruhan) / 1;
  }else{
    console.log("keruh rendah = 0");
    return 0;
  }
}
function kekeruhanTinggi(){
  if(kekeruhan >= 5){
    console.log("keruh Tinggi = 1");
    return 1;
  }else if(kekeruhan > 4 && kekeruhan < 5){
    console.log("keruh Tinggi = "+((kekeruhan -
4) / 1));
    return (kekeruhan - 4) / 1;
  }else{
    console.log("keruh Tinggi = 0");
    return 0;
  }
}
```

Gambar 4.11 Source Code Fungsi Keanggotaan Kekeruhan

Source code diatas digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan Kekeruhan. Kekeruhan hasil pembacaan sensor diinisialisasikan sebagai “kekeruhan”. Pada “function

kekeruhanRendah” merupakan source code dari persamaan 3.9. sedangkan pada “function kekeruhanTinggi” merupakan source code persamaan 3.10.

b. Sistem Inferensi Fuzzy

Setelah menemukan nilai keanggotaan setiap variabel, selanjutnya yaitu proses implikasi, dengan mencari nilai MIN pada setiap rule, berikut ini merupakan source code proses implikasi.

```
function findMin(w,x, y, z){
    var tt=[w,x,y,z];
    var minim=Math.min.apply(Math,tt);
    return minim;
}
function aturan(){
    alfa[0]=findMin(suhuRendah(),TDSRendah(),phAsam(),kekeruhanRendah());console.log(alfa[0]);
    z[0] = ltm(alfa[0]);console.log(z[0]);
    alfa[1]=findMin(suhuRendah(),TDSRendah(),phAsam(),kekeruhanTinggi());console.log(alfa[1]);
    z[1] = tidaklayak(alfa[1]);console.log(z[1]);
    alfa[2]=findMin(suhuRendah(),TDSRendah(),phNetral(),kekeruhanRendah());console.log(alfa[2]);
    z[2] = layak(alfa[2]);console.log(z[2]);
    alfa[3]=findMin(suhuRendah(),TDSRendah(),phNetral(),kekeruhanTinggi());console.log(alfa[3]);
    z[3] = tidaklayak(alfa[3]);console.log(z[3]);
    alfa[4]=findMin(suhuRendah(),TDSRendah(),phBasa(),kekeruhanRendah());console.log(alfa[4]);
    z[4] = ltm(alfa[4]);console.log(z[4]);
    alfa[5]=findMin(suhuRendah(),TDSRendah(),phBasa(),kekeruhanTinggi());console.log(alfa[5]);
    z[5] = tidaklayak(alfa[5]);console.log(z[5]);
    alfa[6]=findMin(suhuRendah(),TDSTinggi(),phAsam(),kekeruhanRendah());console.log(alfa[6]);
    z[6] = tidaklayak(alfa[6]);console.log(z[6]);
    alfa[7]=findMin(suhuRendah(),TDSTinggi(),phAsam(),kekeruhanTinggi());console.log(alfa[7]);
    z[7] = tidaklayak(alfa[7]);console.log(z[7]);
    alfa[8]=findMin(suhuRendah(),TDSTinggi(),phNetral(),kekeruhanRendah());console.log(alfa[8]);
    z[8] = tidaklayak(alfa[8]);console.log(z[8]);
    alfa[9]=findMin(suhuRendah(),TDSTinggi(),phNetral(),kekeruhanTinggi());console.log(alfa[9]);
    z[9] = tidaklayak(alfa[9]);console.log(z[9]);
    alfa[10]=findMin(suhuRendah(),TDSTinggi(),phBasa(),kekeruhanRendah());console.log(alfa[10]);
```

```

z[10] = tidaklayak(alfa[10]);console.log(z[10]);
alfa[11]=findMin(suhuRendah(),TDSTinggi(),phBasa(),ke
keruhanTinggi());console.log(alfa[10]);
z[11] = tidaklayak(alfa[11]);console.log(z[11]);
alfa[12]=findMin(suhuSedang(),TDSRendah(),phAsam(),ke
keruhanRendah());console.log(alfa[11]);
z[12] = ltm(alfa[12]);console.log(z[12]);
alfa[13]=findMin(suhuSedang(),TDSRendah(),phAsam(),ke
keruhanTinggi());console.log(alfa[13]);
z[13] = tidaklayak(alfa[13]);console.log(z[13]);
alfa[14]=findMin(suhuSedang(),TDSRendah(),phNetral(),
kekeruhanRendah());console.log(alfa[14]);
z[14] = layak(alfa[14]);console.log(z[14]);
alfa[15]=findMin(suhuSedang(),TDSRendah(),phNetral(),
kekeruhanTinggi());console.log(alfa[15]);
z[15] = tidaklayak(alfa[15]);console.log(z[15]);
alfa[16]=findMin(suhuSedang(),TDSRendah(),phBasa(),ke
keruhanRendah());console.log(alfa[16]);
z[16] = ltm(alfa[16]);console.log(z[16]);
alfa[17]=findMin(suhuSedang(),TDSRendah(),phBasa(),ke
keruhanTinggi());console.log(alfa[17]);
z[17] = tidaklayak(alfa[17]);console.log(z[17]);
alfa[18]=findMin(suhuSedang(),TDSTinggi(),phAsam(),ke
keruhanRendah());console.log(alfa[18]);
z[18] = tidaklayak(alfa[18]);console.log(z[18]);
alfa[19]=findMin(suhuSedang(),TDSTinggi(),phAsam(),ke
keruhanTinggi());console.log(alfa[19]);
z[19] = tidaklayak(alfa[19]);console.log(z[19]);
alfa[20]=findMin(suhuSedang(),TDSTinggi(),phNetral(),
kekeruhanRendah());console.log(alfa[20]);
z[20] = tidaklayak(alfa[20]);console.log(z[20]);
alfa[21]=findMin(suhuSedang(),TDSTinggi(),phNetral(),
kekeruhanTinggi());console.log(alfa[21]);
z[21] = tidaklayak(alfa[21]);console.log(z[21]);
alfa[22]=findMin(suhuSedang(),TDSTinggi(),phBasa(),ke
keruhanRendah());console.log(alfa[22]);
z[22] = tidaklayak(alfa[22]);console.log(z[22]);
alfa[23]=findMin(suhuSedang(),TDSTinggi(),phBasa(),ke
keruhanTinggi());console.log(alfa[23]);
z[23] = tidaklayak(alfa[23]);console.log(z[23]);
alfa[24]=findMin(suhuTinggi(),TDSRendah(),phAsam(),ke
keruhanRendah());console.log(alfa[24]);
z[24] = tidaklayak(alfa[24]);console.log(z[24]);
alfa[25]=findMin(suhuTinggi(),TDSRendah(),phAsam(),ke
keruhanTinggi());console.log(alfa[25]);
z[25] = tidaklayak(alfa[25]);console.log(z[25]);
alfa[26]=findMin(suhuTinggi(),TDSRendah(),phNetral(),
kekeruhanRendah());console.log(alfa[26]);
z[26] = ltm(alfa[26]);console.log(z[26]);
alfa[27]=findMin(suhuTinggi(),TDSRendah(),phNetral(),
kekeruhanTinggi());console.log(alfa[27]);
z[27] = tidaklayak(alfa[27]);console.log(z[27]);
alfa[28]=findMin(suhuTinggi(),TDSRendah(),phBasa(),ke
keruhanRendah());console.log(alfa[28]);
z[28] = ltm(alfa[28]);console.log(z[28]);
alfa[29]=findMin(suhuTinggi(),TDSRendah(),phBasa(),ke

```

```

keruhanTinggi());console.log(alfa[29]);
z[29] = tidaklayak(alfa[29]);console.log(z[29]);
alfa[30]=findMin(suhuTinggi(),TDSTinggi(),phAsam(),ke
keruhanRendah());console.log(alfa[30]);
z[30] = tidaklayak(alfa[30]);console.log(z[30]);
alfa[31]=findMin(suhuTinggi(),TDSTinggi(),phAsam(),ke
keruhanTinggi());console.log(alfa[31]);
z[31] = tidaklayak(alfa[31]);console.log(z[31]);
alfa[32]=findMin(suhuTinggi(),TDSTinggi(),phNetral(),
kekeruhanRendah());console.log(alfa[32]);
z[32] = tidaklayak(alfa[32]);console.log(z[32]);
alfa[33]=findMin(suhuTinggi(),TDSTinggi(),phNetral(),
kekeruhanTinggi());console.log(alfa[33]);
z[33] = tidaklayak(alfa[33]);console.log(z[33]);
alfa[34]=findMin(suhuTinggi(),TDSTinggi(),phBasa(),ke
keruhanRendah());console.log(alfa[34]);
z[34] = tidaklayak(alfa[34]);console.log(z[34]);
alfa[35]=findMin(suhuTinggi(),TDSTinggi(),phBasa(),ke
keruhanTinggi());console.log(alfa[35]);
z[35] = tidaklayak(alfa[35]);console.log(z[35]);}

```

Gambar 4.12 Source Code Rule Fuzzy

Setelah didapat nilai MIN dari setiap rule yang ada, selanjutnya mencari nilai Fire Strength atau yang biasa disebut dengan α -predikat. Berikut ini merupakan source code untuk mencari nilai α -predikat:

```

function layak(alfa){
  if(alfa > 0 && alfa < 1){
    return (5 - alfa * 2);
  }else if(alfa == 1){
    return 3;
  }else{
    return 5;
  }
}
function ltm(alfa){
  if(alfa > 0 && alfa < 1){
    var a=3+(alfa*2);
    var b=7-(alfa*2);
    console.log("nilai ltm a="+a+" dan b= "+b);
    if(a>b){
      return a;
    }else{
      return b;
    }
  }
  }else if(alfa == 1){
    return 5;
  }else{
    return 3;
  }
}

```

```

    }
  }
  function tidaklayak(alfa){
    if(alfa > 0 && alfa < 1){
      return (5 + alfa * 2);
    }else if(alfa == 1){
      return 7;
    }else{
      return 5;
    }
  }
}

```

Gambar 4.13 Source Code Proses Implikasi

c. Defuzzyfikasi

Setelah nilai α -predikat pada setiap rule didapatkan, langkah selanjutnya yaitu proses defuzzyfikasi seperti pada persamaan 2.7.

berikut ini merupakan implementasi persamaan 2.7 pada source code:

```

function defuzzyfikasi(){
  var temp1 = 0;
  var temp2 = 0;
  var hasil = 0;

  for(i = 0; i < 36; i++){
    if(alfa[i]>0){
      console.log("alfa ke : "+i+" nilai
alfa= "+alfa[i]+" nilai z="+z[i]);
    }
    temp1 = temp1 + (alfa[i] * z[i]);
    temp2 = temp2 + alfa[i];
  }
  console.log("xnya= "+temp1+" dan znya=
"+temp2 );

  hasil = temp1 / temp2;
  return Number(hasil).toFixed(2);
}

```

Gambar 4.14 Source Code Proses Defuzzyfikasi

4.2 Pengujian

4.2.1 Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui tingkat rata-rata kesalahan dari sensor-sensor yang digunakan dalam penelitian ini. Sensor-sensor yang diuji terdiri dari sensor suhu, sensor TDS, sensor pH, dan sensor kekeruhan. Tingkat kesalahan pembacaan sensor merupakan selisih dari output pembacaan alat dan output dari alat ukur manual. Maka digunakan alat ukur manual seperti thermometer air, TDS Meter, dan pH meter.

1. Sensor Suhu

Pengujian sensor air dengan cara membandingkan output thermometer air dan sensor suhu pada alat. Pengujian ini menggunakan 3 sampel air diantaranya, air normal dengan suhu ruangan, air es, dan air yang dipanaskan. Pengukuran suhu air dilakukan setiap 5 menit sekali selama 25 menit tiap sampel.

a. Air Normal

Tabel 4.1 Tabel Pengujian Sensor Suhu pada Air Normal

No	Waktu Pengujian	Alat Ukur Suhu (°C)		Error (%)
		Thermometer	Sensor suhu	
1.	25 Sept/12.40	27,3	27,25	0,18
2.	25 Sept/12.45	27,3	27,19	0,40
3.	25 Sept/12.50	27,3	27,13	0,62
4.	25 Sept/12.55	27,3	27,19	0,40
5.	25 Sept/13.00	27,3	27,19	0,40
Rata-rata		27,30	27,19	0,40

Pengukuran suhu pada suhu normal atau suhu ruangan memiliki rata-rata tingkat error sebesar 0,40%.

b. Air Dingin

Tabel 4.10 Tabel Pengujian Sensor Suhu pada Air Dingin

No	Waktu Pengujian	Alat Ukur Suhu (°C)		Error (%)
		Thermometer	Sensor suhu	
1.	25 Sept/17.45	17,1	17,25	0,88
2.	25 Sept/17.50	17,4	18,19	4,54
3.	25 Sept/17.55	13,1	13,44	2,60
4.	25 Sept/18.00	12	12,38	3,17
5.	25 Sept/18.05	12,8	13,06	2,03
Rata-rata		14,48	14,86	2,64

Pengukuran suhu pada air es atau suhu rendah memiliki rata-rata tingkat error sebesar 2,64%.

c. Air Hangat

Tabel 4.3 Tabel Pengujian Sensor Suhu pada Air Hangat

No	Waktu Pengujian	Alat Ukur Suhu (°C)		Error (%)
		Thermometer	Sensor suhu	
1.	25 Sept/18.15	42,5	41,5	2,35
2.	25 Sept/18.20	41,2	41,31	0,27
3.	25 Sept/18.25	39,8	40,13	0,83
4.	25 Sept/18.30	39,1	39,13	0,08
5.	25 Sept/18.35	38,3	38,25	0,13
Rata-rata		40,18	40,06	0,73

Pengukuran suhu pada air hangat atau suhu tinggi memiliki rata-rata tingkat error sebesar 0,73%.

Dari percobaan pada 3 sampel berbeda di atas, rata-rata error sensor dalam membaca suhu air yakni sebesar **1,26%**.

2. Sensor TDS

Pengujian sensor TDS yaitu dengan cara membandingkan output TDS meter dengan sensor TDS pada alat. Pengujian menggunakan 3 sampel air diantaranya, air bersih layak minum, air lemon, dan air minum dalam kemasan yang dicampur dengan obat maag.

a. Air Lemon

Tabel 4.4 Tabel Pengujian Sensor TDS pada Air Lemon

No	Waktu Pengujian	Alat Ukur TDS (ppm)		Error (%)
		TDS Meter	Sensor TDS	
1.	25 Sept/20.45	825	826,94	0,24
2.	25 Sept/20.50	820	803,1	2,06
3.	25 Sept/20.55	820	799,16	2,54
4.	25 Sept/21.00	820	799,16	2,54
5.	25 Sept/21.05	820	803,1	2,06
Rata-rata		821,00	806,29	1,89

Pengukuran TDS pada air lemon memiliki rata-rata tingkat error sebesar 1,89%.

b. Air Bersih Layak Minum dengan Obat Maag

Tabel 4.5 Tabel Pengujian Sensor TDS pada Air Bersih dengan Obat Maag

No	Waktu Pengujian	Alat Ukur TDS (ppm)		Error (%)
		TDS Meter	Sensor TDS	
1.	25 Sept/19.35	377	356,76	5,37
2.	25 Sept/19.40	383	369,1	3,63
3.	25 Sept/19.45	388	358,51	7,60
4.	25 Sept/19.50	389	356,76	8,29
5.	25 Sept/19.55	389	369,1	5,12
Rata-rata		385,20	362,05	6,00

Pengukuran TDS pada air bersih layak minum dengan campuran obat maag memiliki rata-rata tingkat error sebesar 6,00%.

c. Air Minum Bersih Layak Minum

Tabel 4.6 Tabel Pengujian Sensor TDS pada Air Bersih Layak Minum

No	Waktu Pengujian	Alat Ukur TDS (ppm)		Error (%)
		TDS Meter	Sensor TDS	
1.	25 Sept/12.40	174	186,86	7,39
2.	25 Sept/12.45	172	174,86	1,66
3.	25 Sept/12.50	172	178,57	3,82
4.	25 Sept/12.55	172	170,02	1,15
5.	25 Sept/13.00	172	172,81	0,47
Rata-rata		172,40	176,62	2,90

Pengukuran TDS pada air minum dalam kemasan memiliki rata-rata tingkat error sebesar 2,90%.

Dari percobaan pada 3 sampel berbeda di atas, rata-rata error sensor dalam membaca TDS air yakni sebesar **3,59%**.

3. Sensor pH

a. Air Lemon

Tabel 4.11 Tabel Pengujian Sensor pH pada Air Lemon

No	Waktu Pengujian	Alat Ukur pH		Error (%)
		pH Meter	Sensor pH	
1.	25 Sept/16.00	2,2	1,96	10,91
2.	25 Sept/16.05	2,3	1,91	16,96
3.	25 Sept/16.10	2,3	1,94	15,65
4.	25 Sept/16.15	2,3	1,91	16,96
5.	25 Sept/16.20	2,3	2,03	11,74
Rata-rata		2,28	1,95	14,44

Pengukuran pH pada air lemon memiliki rata-rata tingkat error sebesar 14,44%.

b. Air Bersih Layak Minum dengan Obat Maag

Tabel 4.8 Tabel Pengujian Sensor pH pada Air Bersih dengan Obat Maag

No	Waktu Pengujian	Alat Ukur pH		Error (%)
		pH Meter	Sensor pH	
1.	25 Sept/16.25	7,8	8,02	2,82
2.	25 Sept/16.30	7,8	7,83	0,38
3.	25 Sept/16.35	7,8	7,8	0,00
4.	25 Sept/16.40	7,8	7,8	0,00
5.	25 Sept/16.45	7,8	7,8	0,00
Rata-rata		7,80	7,85	0,64

Pengukuran TDS pada air bersih layak minum yang dicampur dengan obat maag memiliki rata-rata tingkat error sebesar 0,64%.

c. Air Minum Bersih Layak Minum

Tabel 4.9 Tabel Pengujian Sensor pH pada Air Bersih Layak Minum

No	Waktu Pengujian	Alat Ukur pH		Error (%)
		pH Meter	Sensor pH	
1.	25 Sept/12.40	7,1	7,01	1,27
2.	25 Sept/12.45	7,1	7,01	1,27
3.	25 Sept/12.50	7,2	6,96	3,33
4.	25 Sept/12.55	7,2	6,99	2,92
5.	25 Sept/13.00	7,2	6,94	3,61
Rata-rata		7,16	6,98	2,48

Pengukuran TDS pada air minum dalam kemasan memiliki rata-rata tingkat error sebesar 2,48%.

Dari percobaan pada 3 sampel berbeda di atas, rata-rata error sensor dalam membaca pH air yakni sebesar **5,85%**.

4. Sensor Kekeruhan

Pengujian sensor kekeruhan, menggunakan salah satu merk air minum dalam kemasan dimana dalam penelitian oleh syabani (2018), memiliki

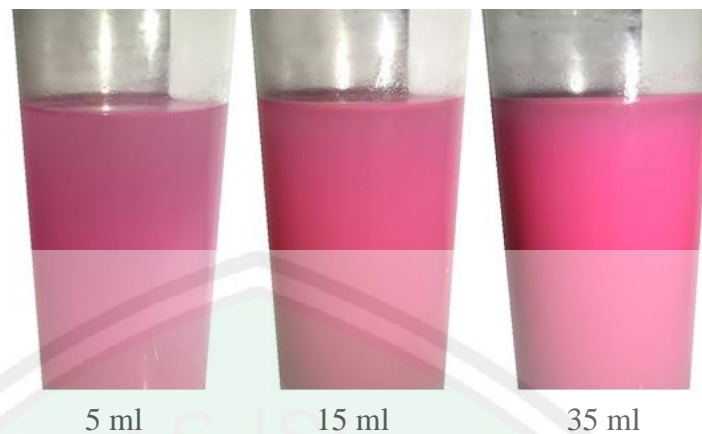
nilai kekeruhan sebesar 0,6 NTU saat diuji menggunakan turbidity meter.

Tabel 4.10 Tabel Pengujian Sensor Kekeruhan pada Air Minum Dalam Kemasan

No	Waktu Pengujian	Alat Ukur Kekeruhan (NTU)		Error (%)
		Turbidity meter	Sensor Kekeruhan	
1.	25 Sept/15.25	0,6	0,49	18,33
2.	25 Sept/15.30	0,6	0,49	18,33
3.	25 Sept/15.35	0,6	0,44	26,67
4.	25 Sept/15.40	0,6	1,20	100
5.	25 Sept/15.45	0,6	0,73	21,67
Rata-rata		0,6	0,67	37,00

Pengukuran kekeruhan pada air minum dalam kemasan memiliki rata-rata tingkat error sebesar 37%.

Untuk menguji sensor apakah dapat membaca kekeruhan, digunakan media tepung warna yang dilarutkan pada 200 ml air minum dalam kemasan dengan merk yang sama menggunakan berbagai takaran tepung untuk membandingkan sensor dalam membaca data kekeruhan air. Semakin banyak tepung yang ditambahkan, maka semakin tinggi pula nilai kekeruhan yang di dapat.



Gambar 4.15 Air dengan Larutan Tepung

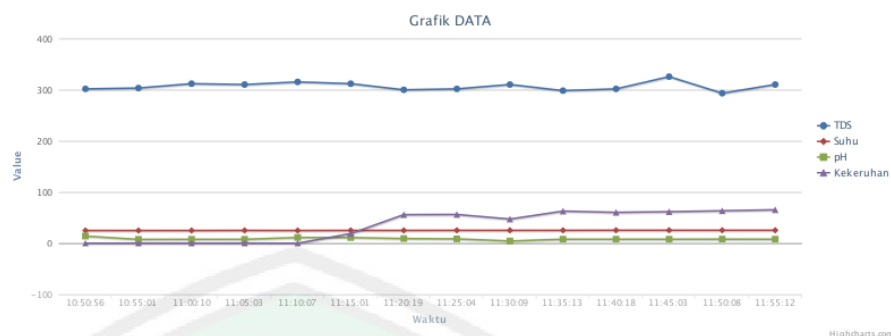
Tabel 4.11 Tabel Pengujian Sensor Kekeruhan pada Air dengan Tepung

No	5 ml larutan tepung (NTU)	15 ml larutan tepung (NTU)	30 ml larutan tepung (NTU)
1.	22	87	101
2.	22	85	103
3.	28	86	102
4.	22	83	102
5.	19	83	102

Dapat dilihat dari perbandingan kekeruhan tiap konsentrasi larutan tepung bahwa, semakin tinggi kekeruhan maka, data yang dibaca oleh sensor akan semakin tinggi pula.

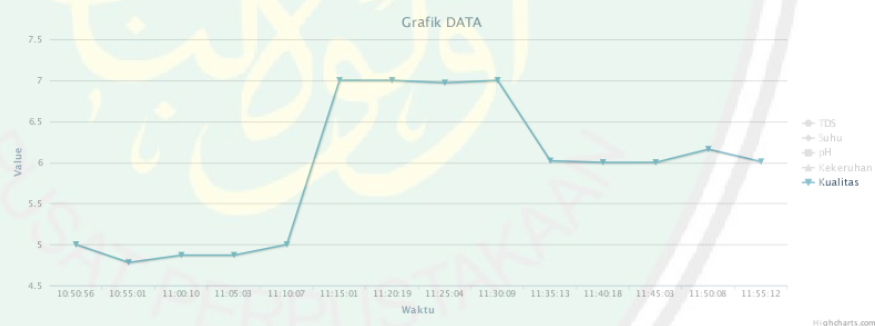
4.2.2 Pengujian Fuzzy Tsukamoto pada Website Monitoring

Pengamatan dilakukan pada tanggal 29 September 2020 di aliran sungai yang berada di jalan Karyawiguna, Dusun Gondang, Kabupaten Malang.



Gambar 4.16 Grafik Data Pengamatan Tanggal 29 September 2019

Dari grafik diatas, dapat dilihat pergerakan perubahan data air yang meliputi suhu, TDS, pH, dan kekeruhan. Lalu data tersebut akan tersimpan di dalam database setiap 5 menit sekali, setelah itu, data yang tersimpan akan dihitung menggunakan fuzzy tsukamoto untuk menentukan kualitas air. Di bawah ini merupakan grafik hasil perhitungan fuzzy tsukamoto dalam menentukan kualitas air layak konsumsi.



Gambar 4.17 Grafik Kualitas Air

Grafik diatas menunjukkan pergerakan perubahan kualitas air, kualitas air yang ditampilkan pada grafik merupakan hasil perhitungan fuzzy tsukamoto dari data air seperti, suhu, TDS, pH, dan juga kekeruhan. Semakin rendah hasil perhitungan oleh fuzzy

tsukamoto, maka semakin baik pula kualitas airnya, dan juga sebaliknya.

Untuk lebih jelasnya, data pada gambar 4.9 dan 4.10 akan disajikan pada tabel berikut:



Tabel 4.12 Tabel pengujian Fuzzy Tsukamoto

No	Waktu	Suhu (°C)	TDS (ppm)	pH	Kekeruhan (NTU)	Kualitas	Fuzzy Tsukamoto	Permenkes	Ket
1.	11.10	25,00	315,22	11,39	0,0	5,00	Layak Tidak Minum	Tidak Layak	FP
2.	11.15	25,06	311,80	11,13	18,85	7,00	Tidak Layak	Tidak Layak	TN
3.	11.20	25,13	299,87	9,20	55,82	7,00	Tidak Layak	Tidak Layak	TN
4.	11.25	25,19	301,57	8,49	56,29	6,97	Tidak Layak	Tidak Layak	TN
5.	11.30	25,25	310,09	4,35	47,26	7,00	Tidak Layak	Tidak Layak	TN
6.	11.35	25,31	298,17	7,86	62,75	6,02	Tidak Layak	Tidak Layak	TN
7.	11.40	25,38	301,57	7,80	60,28	6,00	Layak Tidak Minum	Tidak Layak	FP
8.	11.45	25,44	325,51	7,80	61,57	6,00	Layak Tidak Minum	Tidak Layak	FP
9.	11.50	25,44	293,07	8,05	63,45	6,16	Tidak Layak	Tidak Layak	TN
10.	11.55	25,44	310,09	7,83	65,33	6,01	Tidak Layak	Tidak Layak	TN

Dari data diatas, dapat dihitung nilai akurasi dan error menggunakan metode *Confusion Matrix*. Pengukuran tingkat akurasi dan error ini digunakan untuk mengetahui seberapa maksimal metode fuzzy bisa menganalisa tingkat kelayakan air untuk dikonsumsi. Berikut perhitungan akurasi dan error menggunakan metode *Confusion Matrix*.

$$\begin{aligned} \text{Accuracy} &= \frac{TP + TN}{\text{Total Data}} \times 100\% & (4.1) \\ &= \frac{0 + 7}{10} \times 100\% \\ &= 70\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Misclassification Rate} &= \frac{FP + FN}{\text{Total Data}} \times 100\% & (4.2) \\ &= \frac{3 + 0}{10} \times 100\% \\ &= 30\% \end{aligned}$$

Keterangan:

TP = kasus dimana kualitas air *Tidak Layak* menurut permenkes, dan kualitas air pada sistem menunjukkan *Tidak Layak*.

TP = kasus dimana kualitas air *Tidak Layak* menurut permenkes, dan kualitas air pada sistem menunjukkan *Layak Tidak Minum*.

Perhitungan akurasi menggunakan metode *Confusion Matrix* dari data di atas, menunjukkan bahwa perbandingan hasil perkiraan kualitas air metode fuzzy

tsukamoto yang diterapkan dalam sistem dengan kualitas air berdasar Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal: 3 september 1990, memiliki tingkat akurasi sebesar 70% dan nilai error sebesar 30%. Sehingga dapat dikatakan bahwa alat monitoring kualitas air layak konsumsi berbasis IoT dengan fuzzy tsukamoto sebagai sistem pendukung keputusan ini layak, karena setiap sensor memiliki rata-rata error kurang dari 50%, dan memiliki tingkat akurasi sebesar 70% dalam menentukan kelayakan air untuk dikonsumsi.

Manusia sangat membutuhkan air dalam melangsungkan kehidupannya. Allah menciptakan air salah satu tujuannya untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, hal ini terdapat dalam Al-Quran surah Al-Furqan ayat 49:

لِنُحْيِيَ بِهِ بَلْدَةً مَّيْتًا وَنُسْقِيَهُ مِمَّا خَلَقْنَا أَنْعَمًا وَأَنْبِيًا كَثِيرًا

Artinya: “agar Kami menghidupkan dengan air itu negeri (tanah) yang mati, dan agar Kami memberi minum dengan air itu sebagian besar dari makhluk Kami, binatang-binatang ternak dan manusia yang banyak.” (QS. Al-Furqan : 49).

Pada ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah menghidupkan tanah yang mati dan juga menyuburkan tanah yang gersang melalui hujan (air). Selain itu, sebagian dari air tersebut digunakan untuk melangsungkan kehidupan oleh makhluk hidup dengan mengonsumsinya.

Segala sesuatu yang dikonsumsi oleh makhluk hidup hendaknya baik dan tidak membahayakan kesehatan makhluk hidup yang mengonsumsinya. Seperti terdapat dalam QS. Al-Baqarah : 168

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ

مُبِينٌ

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

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

وَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا ۗ وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي أَنْتُمْ بِهِ ء مُؤْمِنُونَ

Artinya: *“Dan makanlah makanan yang halal lagi baik dari apa yang Allah telah rezezikikan kepadamu, dan bertakwalah kepada Allah yang kamu beriman kepada-Nya.”* (QS. Al-Maidah : 88).

Dari kedua ayat di atas, makanan yang diperbolehkan untuk dikonsumsi umat islam adalah yang memenuhi 2 syarat, yakni halal dan juga baik. Halal artinya diperbolehkan untuk dimakan atau diminum, serta tidak dilarang oleh

hukum syara'. Sedangkan baik yang dimaksud yakni, bersih, suci dan tidak membahayakan tubuh.

Agama islam juga mengajarkan umatnya agar senantiasa menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan, seperti hadist yang diriwayatkan oleh Tirmidzi

عَنْ سَعْدِ ابْنِ أَبِي وَقَّاصٍ عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: إِنَّ اللَّهَ طَيِّبٌ يُحِبُّ
الطَّيِّبَ نَظِيفٌ يُحِبُّ النَّظَافَةَ كَرِيمٌ يُحِبُّ الْكِرَامَ جَوَادٌ يُحِبُّ الْجُودَ فَانظِفُوا
أَفْنِيَتَكُمْ وَلَا تَشْهَبُوا بِالْيَهُودِ

Artinya: *Diriwayatkan dari Sa'ad bin Al-Musayyib dari Rasulullah SAW. Beliau bersabda: "Sesungguhnya Allah SWT. Itu suci yang menyukai hal-hal yang suci, Dia Maha bersih yang menyukai kebersihan, Dia Maha mulia yang menyukai kemuliaan, Dia Maha indah yang menyukai keindahan, karena itu bersihkanlah tempat-tempatmu. Dan jangan meniru orang-orang Yahudi."* (HR. Tirmidzi).

Dari beberapa ayat Al-Quran dan Hadist di atas, dapat dilihat bahwa Allah memerintahkan kita untuk mengonsumsi sesuatu yang tidak membahayakan tubuh, serta senantiasa menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan. Allah juga memerintahkan kita untuk selalu beriman, yaitu dengan cara menjalankan perintah dan menjauhi larangannya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pembacaan tiap sensor memiliki tingkat rata-rata error sebagai berikut, sensor suhu memiliki tingkat rata-rata error sebesar 1,26% dengan 3 uji sampel berbeda yang tersaji pada tabel 4.1, tabel 4.2, dan tabel 4.3. Sensor TDS memiliki tingkat rata-rata error sebesar sebesar 3,59% dengan 3 uji sampel berbeda yang tersaji pada tabel 4.4, tabel 4.5, dan tabel 4.6. Sensor pH memiliki tingkat rata-rata error sebesar sebesar sebesar 5,85% dengan 3 uji sampel berbeda yang tersaji pada tabel 4.7, tabel 4.8, dan tabel 4.9. Dan sensor kekeruhan memiliki tingkat rata-rata error sebesar sebesar sebesar 37% dengan 3 uji sampel berbeda yang tersaji pada tabel 4.10, tabel 4.11, dan tabel 4.12.
2. Penerapan fuzzy tsukamoto sebagai sistem pendukung keputusan dalam menentukan air layak konsumsi, memiliki tingkat akurasi dan error masing-masing sebesar 70% dan 30% dengan data saji pada tabel 4.12 halaman 73.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambahkan variable-variable air sesuai dengan syarat air layak minum berdasar Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
2. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan module gps, sehingga dapat memudahkan user mengetahui titik sumber air yang sedang dimonitor.
3. Penelitian selanjutnya dapat menambah rancangan pembangkit listrik portable maupun memanfaatkan aliran air sebagai pembangkit listrik untuk menghidupkan arduino, sehingga saat pemasangan alat di lapangan tidak mengalami kesulitan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, VR. (2015). *Aplikasi Pengambilan Keputusan dengan Metode Tsukamoto pada Penentuan Tingkat Kepuasan Pelanggan (Studi Kasus di Toko Kencana Kediri)*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ainuddin, A., & Widyawati. (2017). *Studi Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) di Perairan Sungai Tabobo Kecamatan Malifut Kabupaten Halmahera Utara*. Jurnal Ecosystem. 17(1).
- Alamsah, D., et.al. (2017). *Klasifikasi Untuk Diagnosa Diabetes Menggunakan Metode Bayesian Regularization Neural Network (RBNN)*. Universitas Padjajaran: Jurnal Informatika Vol. 11, No. 1
- Aryani, T. (2017). *Analisis Kualitas Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di Yogyakarta Ditinjau dari Parameter Fisika dan Kimia Air*. Yogyakarta: Media Ilmu Kesehatan Vol. 6, No. 1.
- Budimawan., et.al. (2015). *Kandungan Logam Berat Pb-Cd dan Kualitas Air di Perairan Biringkassi, Bungoro, pangkep*. Agrokomples, Vol. 4, No. 9.
- Cahyono, GH. (2016). *Internet of Things: Sejarah, Teknologi, dan Penerapannya*. Forum Teknologi, Vol. 06, No.3.
- Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air, bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Effendy, F., & Nuqoba, B. (2016). *Sistem Monitoring Online untuk Perusahaan Multi Cabang*. Jurnal ProTekInfo, Vol. 3, No. 1, ISSN: 2406-7741.
- Faisal. (2016). *Pendeteksian dan Penyaringan Kadar Logam Dalam Air Dengan Mikrikontroler AT MEGA 8535*. Jurnal Insitek, Vol. 1, No. 1, ISSN: 2541-1179.
- Gaddafi, M. (2016). *Analisis Perbandingan Metode Tsukamoto dan Mamdani dalam Optimasi Produk barang*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Fakultas Sains dan Teknologi, Jurusan Teknik Informatika.
- Ghani, RI., et.al. (2017). *Sensor*. Universitas Sumatera Utara, Jurusan Ilmu Komputer.
- Gusril, H. (2016). *Studi Kualitas Air Minum PDAM di Kota Duri Riau*. Bukittinggi: Jurnal Geografi. ISSN 2085-8167.
- Ilyas, IN., et.al. (2013). *Penurunan Kadar TDS Pada Limbah Tahu Dengan Teknologi Biofilm Menggunakan Media Biofilter Kerikil Hasil Letusan Gunung Merapi Dalam Bentuk Random*. Semarang. Universitas Diponegoro: Jurnal Lingkungan Hidup, Vol. 2, No. 3.

Indrirawati, SM. (2017). *Pencemaran Logam Berat Pb dan Cd dan Keluhan Kesehatan Pada Masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan*. STIKes Sumatera Utara: Jurnal JUMANTIK, Vol. 2, No. 2.

Jumadi., et.al. (2017). *Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, dan Mamdani Studi Kasus: Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung*. Bandung: Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung: Jurnal Teknik Informatika, ISSN: 1979-9160.

Juniadi, A. (2015). *Internet of Things, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya : Review*. Universitas Widyatama: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan, Vol. Q, No. 3. ISSN : 2407 – 3911.

Kurniawan, F., et.al. (2018). *Smart Monitoring Agriculture Based on Internet of Things*. IEEE: The 2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology.

Kusumadewi, S and Hartati, S. (2006). *Neuro Fuzzy Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2004). *Aplikasi Logika fuzzy untuk Sistem Pendukung Keputusan Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Maulana, I. (2017). *Perrancangan Alat Pendeteksi Kualitas Air Minum Menggunakan Elektrolisis dan Konduktivitas Berbasis Arduino Uno*.

Universitas Negeri Yogyakarta, Fakultas Teknik, Prodi Teknik Elektronika.

Muhammad, H. (2017). *Sistem Monitoring infus menggunakan Arduino*. Makassar: Universitas Alauddin Makassar.

Naba, A. (2009). *Belajar cepat Fuzzy Logic menggunakan matlab*. Yogyakarta: Andi Offset.

Rakhmadi, FA., et.al. (2015). *Design of Detection Device for Cu Contaminated Water Using Induction principle*. Indonesian Journal of Applied Physics, Vol. 5, No. 1, Halaman 79. ISSN: 2089–0133.

Sukoasih, A., et.al. (2016). *Hubungan Antara Suhu, pH, dan Berbagai Variasi Jarak Dengan Kadar Timbal (Pb) Pada Badan Air Sungai Rompong dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016*. Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang, Jurusan Kesehatan Lingkungan.

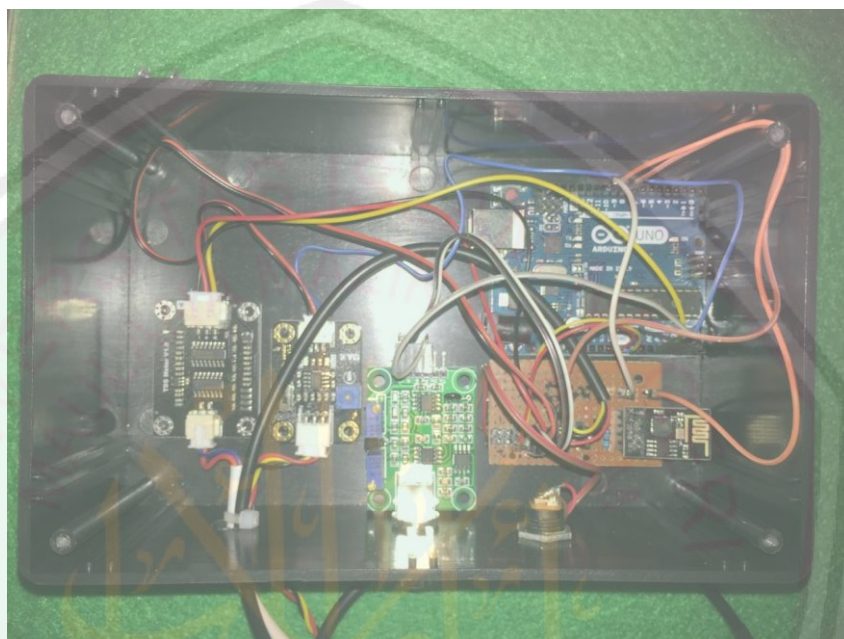
Suresh, P., et.al. (2014). *A state of the art review on the Internet of Things (IoT) History , Technology and fields of deployment*.

Syabani, I. (2018). *Portabel Turbidity meter Dilengkapi Penyimpanan Data Berbasis Arduino*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

- Thamrin, F., *et.al.* (2012). *Studi Inferensi Fuzzy Tsukamoto untuk Penentuan Faktor Pembebanan Trafo PLN*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Wang, C., *et.al.* (2013). *Guest Editorial Special issue on Internet of Things (IoT): Architecture, Protocols and Services*. IEEE: Sensor Journal, Vol. 13, No. 10.
- Widiastuti, NI., & Susanto, R. (2014). *Kajian Sistem Monitoring Dokumen Akreditasi Teknik Informatika UNIKOM*. Universitas Komputer Indonesia: Majalah Ilmiah UNIKOM, Vol. 12, No. 2.
- Widowati, GA., *et.al.* (2019). *Deteksi Lokasi Pencemaran Air Sungai Citarum Berbasis IoT Menggunakan Fuzzy Inference System*. Bandung: Jurnal On Computing, Vol. 4, Issue 3.
- Wiranto, G., *et.al.* (2016). *Online Water Quality monitoring in Shrimp Aquaculture Based on WSN and IOT*. Bandung. INKOM, Vol. 10, No. 2, November 2016: 81-86.
- Yudo, S. (2006). *Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta*. Teknologi Lingkungan-BPPT: JAI Vol.2, No. 1
- Zhou, Q., & Zhang, J. (2011). *Internet of Things: Review and Prospect*. IEEE: International Conference on Multimedia and Signal Processing.

LAMPIRAN

1. Rangkaian Arduino dengan sensor Suhu, TDS, pH, dan Kekeruhan



2. Dokumentasi pengujian sensor dengan alat ukur manual



3. Dokumentasi pemasangan alat monitoring di lapangan pada 29 September 2020



