

## ANALISIS KUALITAS AIR BERSIH DENGAN LOGIKA FUZZY MAMDANI

Misbah Anuri<sup>1</sup>, Sadrina<sup>2</sup>, Raihan Islamadina<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Pendidikan Teknik Elektro, Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam  
Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, 23111, Indonesia  
E-mail: 200211045@student.ar-raniry.ac.id, sadrina@ar-raniry.ac.id,  
\*raihanislamadina@ar-raniry.ac.id

### Abstract

Water is a vital resource essential for human survival, serving various household purposes such as consumption, bathing, and cleaning. PDAM Tirta Mountala Aceh Besar plays a crucial role as a water supplier, providing clean water to the community. However, there are instances where the water quality, characterized by turbidity and oil content, may compromise its safety for consumption. This study employs the Fuzzy Mamdani method to determine the safety status of the supplied water. The study involves the collection of water samples from both PDAM and household customers. Water quality measurements were conducted using a water tester (pH meter) and TDS EC tester. Parameters tested include turbidity, color, solid substances, temperature, and pH. Two rounds of testing were carried out for both PDAM and household water. The test results for PDAM water indicated turbidity and color values of 20 NTU and 30 NTU, respectively. Solid substance concentration, temperature, and pH were measured at 114 mg/l, 35.42 °C, and 7.90, respectively. Household water samples showed values of 140 mg/l, 35.06 °C, and 7.74 for the corresponding parameters. Fuzzy Mamdani logic analysis yielded safety values of 71.6 for PDAM water and 63.3 for household water, indicating that both sources are deemed safe for consumption. The application of Fuzzy Mamdani logic analysis using parameters such as turbidity, color, solid substances, temperature, and pH proved effective in determining the safety status of water from PDAM and household sources. The results affirm that the water supplied by PDAM Tirta Mountala Aceh Besar is safe for consumption, providing a quick and accurate decision-making tool for water quality assessment.

**Keywords:** *Water, Water Quality, Tirta Mountala Water Supply Company, Fuzzy Logic, Mamdani Fuzzy*

### Abstrak

Air sebagai salah satu sumber kebutuhan yang sangat diperlukan oleh manusia. Salah satu kegunaan air bagi manusia adalah untuk keperluan rumah tangga seperti konsumsi, mandi dan mencuci. Perusahaan Air Minum (PDAM) Tirta Mountala Aceh Besar sebagai salah satu penyuplai air bersih untuk masyarakat. Terkadang memiliki kondisi kualitas air bersih yang keruh, dan terdapat kandungan minyak di dalam air tersebut untuk keamanan air dapat digunakan untuk kebutuhan rumah tangga sedangkan kesehatan air tersebut tidak dapat dikonsumsi. Salah satu metode perhitungan yang dapat digunakan adalah metode Fuzzy Mamdani untuk mendapatkan status aman atau tidaknya air yang disalurkan. Pengujian dilakukan dengan pengambilan sampel air PDAM dan air rumah pelanggan. Adapun alat yang digunakan untuk mengukur kadar air adalah Tester air (pH meter) dan tester TDS EC. Pengujian sampel air dilakukan sebanyak 2 (dua) kali menggunakan air PDAM

dan air rumah pelanggan pengukuran yang dilakukan dengan (pH meter) dan TDS EC adalah kekeruhan dan warna, zat padat, suhu dan pH. Hasil pengujian berupa nilai kekeruhan 20 NTU dan warna 30 NTU, zat padat, suhu dan pH, pada air PDAM, sebesar masing-masing 114 mg/l, 35,42 °C, 7,90 sedangkan pada air rumah pelanggan memiliki nilai masing-masing 140 mg/l, 35,06 °C, 7,74. Berdasarkan pengujian air PDAM dan rumah pelanggan untuk hasil perhitungan logika fuzzy mamdani menghasilkan nilai sebesar 71,6 pada PDAM dan 63,3 untuk air rumah pelanggan. Hal ini berarti air dari PDAM dan air rumah pelanggan aman aman untuk dikonsumsi. Dengan analisis Logika Fuzzy untuk mengukur parameter wajib pada air dengan menggunakan metode mamdani dapat menyelesaikan suatu permasalahan dalam mengambil keputusan secara cepat dan tepat.

**Kata Kunci:** *Air, Kualitas Air, PDAM Tirta Mountala, Logika Fuzzy, Fuzzy Mamdani*

## 1. Pendahuluan

Air bersih merupakan salah satu jenis sumber daya berbasis air yang digunakan oleh manusia untuk kebutuhan rumah tangga seperti mencuci dan mandi, dan aktivitas sehari-hari serta untuk dikonsumsi. Air bersih harus bermutu baik dan memiliki parameter fisik dalam standar baku mutu kesehatan lingkungan biasa digunakan oleh manusia [1].

Aceh Besar merupakan kabupaten yang memiliki area yang sangat luas dibandingkan kota/ kabupaten lainnya di provinsi Aceh. Luas wilayah kabupaten aceh besar 2,969,00 km<sup>2</sup> dengan 23 kecamatan dan 604 desa untuk pelayanan air bersih di wilayah Aceh besar belum setara pada setiap area, terkadang kualitas air pada masing-masing kawasan terdapat beberapa perbedaan [2]. Pada sebagian area tertentu, air dapat disalurkan secara baik dan lancar kepada masyarakat, namun pada sebagian area, air belum dapat disalurkan dengan baik. Aceh Besar memiliki Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang diberi nama PDAM Tirta Mountala Aceh Besar di dirikan tahun 1993 maksud dan tujuan didirikannya PDAM Aceh Besar adalah untuk menyelenggarakan penyediaan dan pelayanan air bersih dan air minum demi kesejahteraan masyarakat serta aman digunakan dan memenuhi syarat Kesehatan [3].

Menurut warga kondisi air bersih yang disalurkan PDAM Tirta Mountala Aceh Besar sering keruh dan mati perlu pakai pompa air untuk mendapatkan air serta tidak lancar, terkadang adanya kandungan minyak didalam air, untuk keamanan air dapat digunakan untuk kebutuhan rumah tangga seperti mencuci dan mandi, dan untuk kesehatan air terkadang bisa digunakan terkadang tidak bisa digunakan. Salah satu cara mengatasi kualitas air bersih maka diperlukan sebuah metode yang mampu menentukan parameter wajib pada air metode untuk menilai air dalam kategori (bersih, aman untuk dikonsumsi atau tidak aman). Logika Fuzzy adalah sebuah metode yang cocok untuk mengatasi permasalahan yang terjadi, Logika Fuzzy adalah metode pendekatan untuk perhitungan berlandaskan derajat kebenaran yang dijelaskan dengan benar (1) atau salah (0) [4].

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air bersih yang disalurkan PDAM Tirta Mountala Aceh Besar dengan melakukan pengambilan sampel air PDAM dan air rumah pelanggan.

## 2. Metode Penelitian

Metode Penelitian ini menerapkan jenis eksperimen yaitu eksperimen sebenarnya (*True Experimental*). Eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh tertentu terhadap variabel lain dalam kondisi yang

dapat diubah. Sedangkan *True Experimental* adalah penelitian yang dapat mengontrol semua variabel luar yang mempengaruhi jalannya eksperimen, ciri utamanya adalah sampel yang digunakan pada kelompok eksperimen dan kontrol diambil secara acak dari populasi tertentu. Penelitian eksperimen adalah studi yang meneliti makna sebab akibat antara variabel bebas dengan variabel terikat, dimana variabel bebas dikontrol dapat dikendalikan agar dapat mendapatkan hubungan yang ditimbulkan pada variabel terika [5].

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan adalah dengan menguji sampel air dari PDAM dan air rumah pelanggan PDAM yang berjarak 2,2 KM dari dari WTP siron. Kemudian dilakukan pengukuran dari kedua air tersebut. Hasil dari pengukuran diuji coba dengan penerapan Logika Fuzzy untuk menilai kualitas airnya. Percobaan dilakukan dua kali dengan sampel air dari PDAM dan air dari rumah pelanggan. Data hasil uji coba akan dianalisa berdasarkan parameter kualitas air. Terakhir akan dilakukan pengambilan kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah penelitian.

Instrumen penelitian suatu teknik pengumpulan data diartikan sebagai bagian yang penting pada penelitian, dimana mendapatkan data ialah tujuan utama dari sebuah penelitian, dengan demikian agar mencapai tujuan yang ditentukan serta mendapatkan data-data yang objektif, maka kegiatan yang mesti dilaksanakan adalah dengan mengumpulkan data [6]. Instrumen pengumpulan adalah alat bantu yang peneliti gunakan untuk mengumpulkan data tentang karakteristik air melalui Tester Air (pH meter) Digital dan Tester TSD & EC (hold) Digital dan Software yang digunakan untuk mengoperasikan Logika Fuzzy mamdani yaitu matlab R2019a.

Peneliti sudah melakukan pengujian dengan mengambil sampel air dari PDAM Tirta Mountala dan air dari rumah pelanggan. Alat yang digunakan peneliti untuk mengukur parameter pada air yaitu Tester Air (pH meter) Digital dan Tester TSD Digital.

### 2.1. Hardware

Tabel 1 menunjukkan hardware digunakan untuk mencari data karakteristik air dapat dilihat.

TABEL 1. DAFTAR HARDWARE

Nama Alat	Fungsi
Tester Air (pH meter) Digital	Berfungsi mengukur derajat keasaman atau kebasaaan suatu cairan.
Tester TSD & EC (hold) Digital	Sebagai pengukur berat partikel (mineral, garam atau logam) dalam air.

### 2.2. Software

Software yang digunakan untuk mengoperasikan Logika Fuzzy mamdani yaitu matlab R2019a seperti pada gambar 1. Matlab R2019a sebagai alat untuk pemodelan logika fuzzy



Gambar .1. Aplikasi Matlab R2019a

### 2.3. Hasil pengujian

Pengujian dilakukan 2 kali, dengan mengambil sampel air pada PDAM Tirta Mountala di WTP siron dan air dari rumah pelanggan pengujian sampel air PDAM dan air rumah pelanggan dengan alat Tester Air (pH meter) dan Tester TDS & EC untuk mengetahui parameter air yang terkandung didalam air tersebut. Data hasil pengujian pada air PDAM dan air rumah pelanggan kemudian dikelompokkan untuk menentukan nilai *min-max*.

TABEL.2. HASIL PENGUJIAN AIR PDAM

Parameter Air	Pengujian Pertama		Pengujian Kedua	
	Unit	Kadar Air	Unit	Kadar Air
Kekeruhan	NTU	20	NTU	20
Warna	NTU	30	NTU	30
Zat Padat Terlarut	Mg/l	114	Mg/l	115
Suhu	°C	1,9 = 35,42 °F	°C	1,2 = 34,16 °F
Rasa		Tidak Berasa		Tidak Berasa
Bau		Tidak Berbau		Tidak Berbau
pH		7,90		7,90

TABEL 3. HASIL PENGUJIAN AIR RUMAH PELANGGAN PDAM

Parameter Air	Pengujian Pertama		Pengujian Kedua	
	Unit	Kadar Air	Unit	Kadar Air
Kekeruhan	NTU	20	NTU	20
Warna	NTU	30	NTU	30
Zat Padat Terlarut	Mg/l	140	Mg/l	141
Suhu	°C	1,7 = 35,06 °F	°C	1,7 = 35,06 °F
Rasa		Tidak Berasa		Tidak Berasa
Bau		Tidak Berbau		Tidak Berbau
pH		7,74		7,74

### 2.4. Perancangan Logika Fuzzy

Sistem ini akan mengambil data dari hasil pengujian dan kemudian akan dianalisis dengan logika fuzzy.[7]. Tahapan pertama adalah fuzzyfikasi, dimana tahapan ini menentukan himpunan keanggotaan dengan parameter dari variabel kekeruhan, warna, zat padat, suhu, dan pH. Pada tahapan ini nilainya berbentuk nilai crisp yang akan diubah ke dalam bentuk variabel linguistik. Perubahan dari nilai crisp ke variabel linguistic, dapat dilihat di Tabel 4.

TABEL 4. PERUBAHAN NILAI CRISP KE VARIABEL LINGUISTIK

Nilai crisp	Variabel Fuzzy
Kekeruhan (NTU)	
0-25 NTU	Sangat Baik
20-30 NTU	Baik
25-50 NTU	Buruk
Warna (NTU)	
0-30 NTU	Sangat Baik
20-40 NTU	Baik

30-70 NTU	Buruk
Zat Padat Terlarut (Mg/l)	
0-150 Mg/l	Sangat Baik
100-170 Mg/l	Baik
150-300 Mg/l	Buruk
Suhu °C	
0-30 °C	Sangat Baik
30-40 °C	Baik
40-50 °C	Buruk
pH	
0-6	Sangat Baik
5-10	Baik
8-15	Buruk

Tahapan kedua adalah rule base fuzzy, proses pembentukan rule yang akan digunakan untuk pengolahan data fuzzy, pada penelitian ini terdapat 5 masukan yaitu kekeruhan, warna, zat padat terlarut, suhu dan pH, masing-masing diantaranya memiliki 3 buah variable.[8]. Pada penelitian ini rule dibuat sesuai kebutuhan, maka didapatkan 10 rule.

Tahapan ketiga adalah tahapan inferensi. Dengan melakukan inferensi, maka akan ada luaran dari setiap rule, dimana terdapat 5 luaran dengan rentang 0 sampai 1. Hasil luaran yang didapatkan adalah bersih, kotor. Rentang nilai hasil luaran dapat dilihat di Tabel 5.

TABEL 5. RENTANG LUARAN

Nilai	Luaran
0-150	Bersih
100-300	Kotor

Tahapan yang terakhir adalah defuzzyfikasi. Defuzzyfikasi merupakan proses untuk mengubah nilai dari proses komposisi aturan menjadi bentuk nilai crisp.[9]. Hal ini dicapai dengan melakukan perhitungan nilai rata-rata dari nilai predikat yang dikalikan dengan nilai luaran; kemudian dibagi dengan jumlah nilai predikat. Persamaan (1) menunjukkan cara menghitung nilai dari proses komposisi aturan.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \mu_{\tilde{A}_i}(d_i)}{\sum_{i=1}^n d_i \mu_{\tilde{A}_i}(d_i)}$$

Keterangan:

Z = nilai hasil defuzzifikasi

$d_i$  = nilai keluaran

n = banyaknya aturan yang digunakan

i = derajat keanggotaan

## 2.5 Proses inferensi

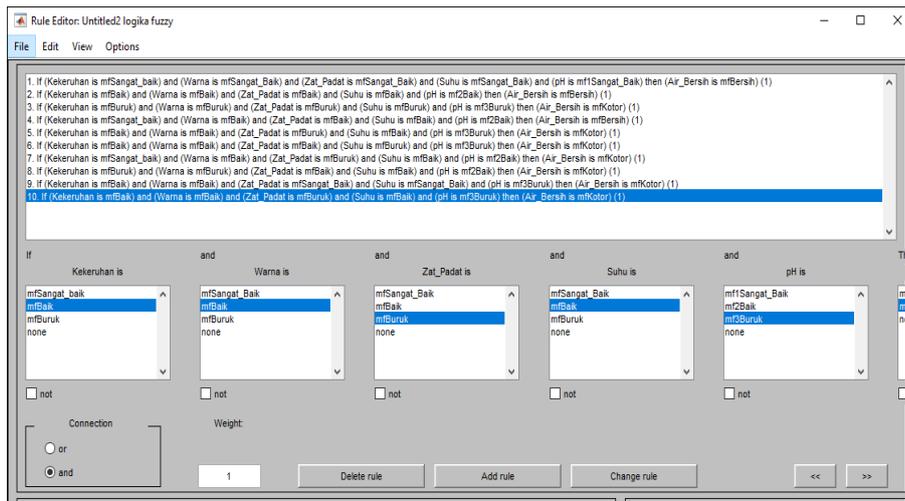
Sistem inferensi merupakan kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan Fuzzy, aturan Fuzzy berbentuk IF-THEN, dan penalaran Fuzzy. Manfaat dari inferensi Fuzzy yaitu sebagai alat untuk mewakili pengetahuan yang berbeda tentang suatu

masalah, serta untuk memodelkan interaksi.[10]. Pada penelitian ini proses inferensi meliputi baik dan buruknya air.

a. Aturan (Rule)

- [R1] Jika kekeruhan **sangat baik** dan warna **sangat baik** dan zat padat **sangat baik** dan suhu **sangat baik** dan pH **sangat baik** maka **air Bersih**
- [R2] jika kekeruhan **baik** dan warna **baik** dan zat padat **baik** dan suhu **baik** dan pH sangat **baik** maka **air Bersih**
- [R3] Jika kekeruhan **buruk** dan warna **buruk** dan zat padat **buruk** dan suhu **buruk** dan pH **buruk** maka **air Kotor**
- [R4] Jika kekeruhan **sangat baik** dan warna **baik** dan zat padat **baik** dan suhu **baik** dan pH **baik** maka **air Bersih**
- [R5] Jika kekeruhan **baik** dan warna **baik** dan zat padat **buruk** dan suhu **baik** dan pH **buruk** maka **air Kotor**
- [R6] Jika kekeruhan **baik** dan warna **baik** dan zat padat **baik** dan suhu **buruk** dan pH **buruk** maka **air Kotor**
- [R7] Jika kekeruhan **Sangat baik** dan warna **baik** dan zat padat **buruk** dan suhu **baik** dan pH **baik** maka **air Kotor**
- [R8] Jika kekeruhan **buruk** dan warna **buruk** dan zat padat **baik** dan suhu **baik** dan pH **baik** maka **air Kotor**
- [R9] Jika kekeruhan **baik** dan warna **baik** dan zat padat **sangat baik** dan suhu **sangat baik** dan pH **buruk** maka **air Kotor**
- [R10] Jika kekeruhan **baik** dan warna **baik** dan zat padat **buruk** dan suhu **baik** dan pH **buruk** maka **air Kotor**

R = Rule dari logika yang menyatakan bahwa jika A adalah benar dan A implies B adalah benar benar, maka dapat diasumsikan bahwa B benar. Seperti yang terlihat diatas proses inferensi menentukan aturan rule kemudian aturan tersebut di input ke dalam Logika Fuzzy mamdani seperti terlihat pada gambar 2.



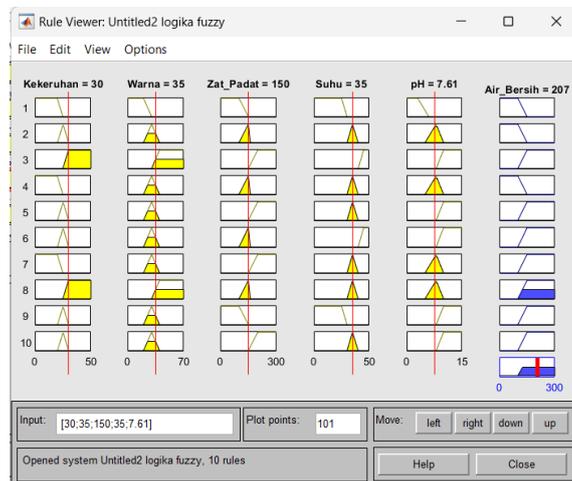
Gambar 2. Inferensi Rules Logika Fuzzy Mamdani

Pada gambar 2 adalah proses memasukkan aturan rule (inferensi) kedalam metode Logika Fuzzy mamdani data tersebut akan menghasilkan output dari setiap rule.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Fuzzyfikasi dan inferensi Logika Fuzzy mamdani

Hasil dari aturan rules tersebut akan di tampil dalam bentuk grafik input metode Logika Fuzzy mamdani grafik tersebut meliputi paramater air seperti ; Grafik kekeruhan, Grafik warna, Grafik zat padat, Grafik suhu, Grafik pH seperti terlihat pada gambar 3.

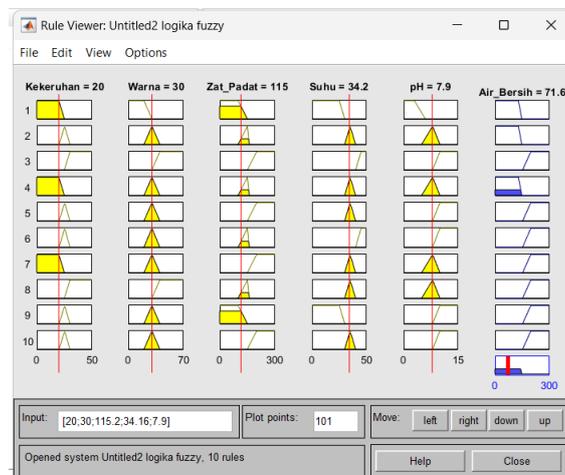


Gambar .3. Tampilan Hasil dari Logika Fuzzy mamdani

Gambar 3 adalah tampilan matriks dari logika mamdani dimana terdapat dua matriks yaitu matriks input dan matriks ouput. Matriks input didapat dari grafik input pada nilai keaggotaan kekeruhan, warna, zat padat, suhu dan pH air, sedangkan matriks output berasal hasil penjumlahan nilai input.

#### 3.2 Hasil pengujian air PDAM menggunakan Logika Fuzzy mamdani

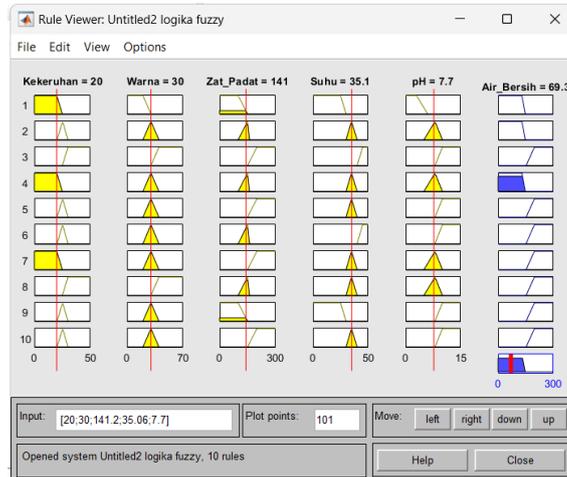
Logika Fuzzy mamdani mengukur paramater air dengan menginput nilai kekeruhan 20, warna 30, zat padat 115, suhu 34,2 dan pH 7,9 yang sudah didapat pada pengujian air. Gambar 4 menunjukkan Tampilan Hasil dari Logika Fuzzy Mamdani pada kualitas air bersih PDAM



Gambar .4. Tampilan Hasil Logika Mamdani

### 3.3 Hasil pengujian air rumah pelanggan menggunakan Logika Fuzzy mamdani

Logika Fuzzy mamdani mengukur paramater air rumah pelanggan dengan menginput nilai kekeruhan 20, warna 30, zat padat 141, suhu 35,1 dan pH 7,7 yang sudah didapat pada pengujian air. Gambar 5 menunjukkan Tampilan Hasil dari Logika Fuzzy Mamdani pada kualitas air bersih PDAM.



Gambar .5. Tampilan Hasil dari Logika Fuzzy Mamdani

### 3.4 Hasil Pengukuran air PDAM dan air rumah pelanggan

Tabel 6 menunjukkan hasil pengukuran air PDAM dan air rumah pelanggan menggunakan logika Fuzzy Mamdani.

TABEL .6. HASIL PENGUKURAN AIR PDAM DAN AIR RUMAH PELANGGAN

Parameter Air	Hasil Air PDAM		Hasil Air Rumah Pelanggan	
	Unit	Kadar Air	Unit	Kadar Air
Kekeruhan	NTU	20	NTU	20
Warna	NTU	30	NTU	30
Zat Padat Terlarut	Mg/l	115	Mg/l	141
Suhu	°C	1,2 = 34,16 °F	°C	1,7 = 35,06 °F
Rasa		Tidak Berasa		Tidak Berasa
Bau		Tidak Berbau		Tidak Berbau
pH		7,90		7,74
Output Logika Fuzzy Mamdani		71,6		69,3

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada air PDAM, dan air rumah pelanggan serta telah dilakukan pengujian pada kedua sampel air tersebut memiliki perbedaan dan kesamaan. Perbedaan pada hasil dari pengukuran air PDAM dan air rumah pelanggan ada pada zat padat, suhu dan pH air. Pada air PDAM zat padat yang terkandung ialah 115 mg/l, suhu 1,2 °C = 34,16 °F, dan pH 7,90 sedangkan pada air rumah pelanggan zat padat yang terkandung adalah 141 mg/l, suhu 1,7 °C = 35,06 °F, dan pH 7.74. Untuk hasil perhitungan Logika Fuzzy mamdani nilai ouput pada kedua sampel air tersebut berbeda yaitu sebesar 71,6 dan 69,3 dan dikategorikan air tersebut bersih hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 6.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang sudah dibahas sebelumnya, maka penelitian ini sudah berhasil dalam mengetahui kualitas air dari PDAM dan air yang sudah sampai ke rumah pelanggan kekeruhan, warna, zat padat terlarut, suhu, rasa, bau dan pH. Sistem berbasis sebuah platform ini juga dapat menampilkan informasi kualitas air dari hasil data pengukuran kekeruhan, warna, zat padat terlarut, suhu, rasa, bau dan pH di setiap area secara real-time atau secara langsung. Metode logika fuzzy Mamdani mendukung sistem ini secara keseluruhan dalam menentukan kategori kualitas air menggunakan sistem *min-max*. Kemudian sistem ini diuji dengan data dari dua kondisi, yaitu dari air PDAM dan air rumah pelanggan yang mana menampilkan kategori kualitas air yang sesuai untuk kebutuhan atau untuk konsumsi. Ke depannya, penelitian ini dapat ditingkatkan lagi dengan menambah jumlah parameter pengukuran kualitas air bisa menggunakan alat atau membuat alat sehingga sistem ini dapat menangkap lebih banyak data. Kemudian metode logika fuzzy Mamdani dan Sugeno juga dapat diterapkan agar ada perbandingan metode mana yang lebih cocok untuk digunakan.

#### 5. Saran

Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah dengan menambahkan beberapa metode logika agar data dapat dibandingkan. Sehingga perkiraan yang diberikan oleh sistem dapat menghasilkan luaran yang lebih akurat. Kemudian, metode logika fuzzy lain dapat diterapkan untuk menghasilkan data kadar kualitas air; seperti logika fuzzy Tsukamoto atau Sugeno. Saran selanjutnya adalah penggunaan alat yang lebih bagus dari segi kualitas dan keakuratan data supaya data yang didapatkan lebih akurat.

#### Referensi

- [1] "PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 32 TAHUN 2017"
- [2] Kabupaten Aceh Besar, Diakses Tanggal 28 Agustus 2020, Pukul 13:42, melalui [https://id.m.wikipedia.org/wiki/Kabupaten\\_Aceh\\_Besar](https://id.m.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Aceh_Besar)
- [3] TirtaMountala, 'Sejarah Tirta Mountala', *Pdamtirtamountala.Com*, 2018 <<https://pdamtirtamountala.com/profil/sejarah/>> [accessed 12 April 2023]
- [4] Saelan, Athia, (2009). 'Logika Fuzzy', *Makalah If2091 Struktur Diskrit Tahun 2009*, 1.13508029, 1–5
- [5] Ratminingsih, Ni Made, (2010) 'Penelitian Eksperimental Dalam Pembelajaran Bahasa Kedua', *Prasi*, 6.11, 31–40
- [6] Ratminingsih, Ni Made, (2010) 'Penelitian Eksperimental Dalam Pembelajaran Bahasa Kedua', *Prasi*, 6.11, 31–40
- [7] Ayuningtias, Laras Purwati, Mohamad Irfan, and Jumadi Jumadi, (2017) . 'Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani', *Jurnal Teknik Informatika*, 10.1, 9–16
- [8] Wardani, Akbar Rizky, Yuki Novia Nasution, and Fidia Deny Tisna Amijaya, (2017), . 'Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Mengoptimalkan Produksi Minyak Kelapa Sawit Di PT. Waru Kaltim Plantation Menggunakan Metode Mamdani', *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 12.2 94 <https://doi.org/10.30872/jim.v12i2.651>

- [9] Ayuningtias, Laras Purwati, Mohamad Irfan, and Jumadi Jumadi, (2017) .‘Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani’, *Jurnal Teknik Informatika*, 10.1, 9–16
- [10] Saiful Arifin and others, ‘Implementasi Logika Fuzzy Mamdani Untuk Mendeteksi Kerentanan Daerah Banjir Di Semarang Utara’, *Scientific Journal of Informatics*, 2.2 (2015), 2407–7658 <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/sji>.
- [11] Santya, Linda, *Dudih Gustian 5) 1,2,3,4,5) Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknik*