Jurnal Serambi Engineering JSE
Volume X, No.2, April 2025 Hal 13252 - 13262
p-ISSN : 2528-3561
e-ISSN : 2541-1934

Klasifikasi Kelayakan Kualitas Air Tanah Kota Surabaya Menggunakan Fuzzy Tipe Mamdani

Sulistiya Nengse[1*], Dian Candra Rini Novitasari[2]

[1]Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya
[2]Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya
***Koresponden email**: sulistiya.nengse@uinsa.ac.id

Diterima: 25 Maret 2025 Disetujui: 9 April 2025

Abstract
Surabaya is the second largest city in Indonesia which is densely populated. The need for fresh water for the population of Surabaya is 4.61 m^3/second, where many still use groundwater as a source of clean water. In this research, groundwater feasibility test will be carried out using 6 parameters at 31 points in the city of Surabaya. The water quality parameters to be tested are turbidity, temperature, pH, hardness ($CaCO_3$), E. coli bacteria, and Dissolved Oxygen. The method used in the classification of ground water feasibility is the Mamdani method because it has a broad field coverage and is easily understood by humans. The results showed that the average quality of groundwater in the city of Surabaya was: turbidity 2.34 NTU, temperature 28.6 ^oC, pH 7.4, hardness (CaCO3) 349.67 mg/liter, and E. coli bacteria 0,13 CFU/100 ml, and DO 1.93 mg/l. The results of the evaluation of the feasibility of groundwater are compared with water quality parameters for hygiene and sanitation purposed based on PerMenKes No. 32 of 2017, all parameters have met the quality standards and are suitable as a source of clean water except for the parameter of E. coli bacteria. Based on the modeling using Fuzzy Mamdani type, there are ten sampling points that have groundwater that is not suitable as a source of clean water. Management recommendations for the protection of groundwater resources in the city of Surabaya for the community and for decision making by the government are disinfection using chlorine.
Keywords: *groundwater, fuzzy, mamdani, classification, water quality*

Abstrak
Kota Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia yang padat penduduk. Kebutuhan air bersih penduduk Kota Surabaya adalah 4,61 m^3/detik, dimana masih banyak yang menggunakan air tanah sebagai sumber air bersihnya. Pada penelitian ini dilakukan uji kelayakan air tanah dengan menggunakan 6 parameter di 31 titik sampling di Kota Surabaya. Parameter kualitas air yang akan diuji adalah kekeruhan, suhu, pH, kesadahan ($CaCO_3$), bakteri E. coli, dan Dissolved Oxygen (DO). Metode yang digunakan dalam klasifikasi kelayakan air tanah yaitu Fuzzy tipe Mamdani karena mempunyai cakupan bidang yang luas dan mudah dipahami. Hasil penelitian menunjukkan kualitas rata-rata air tanah di Kota Surabaya adalah: kekeruhan 2,34 NTU, suhu 28,6 ^oC, pH 7,39, kesadahan ($CaCO_3$) 349,67 mg/liter, bakteri E. coli 0,13 CFU/100 ml, dan DO 1,93 mg/l. Hasil evaluasi kelayakan air tanah dibandingkan dengan parameter kualitas air untuk keperluan hygiene sanitasi berdasaran PerMenKes No. 32 Tahun 2017. Semua parameter telah memenuhi baku mutu dan layak dijadikan sebagai sumber air bersih kecuali parameter bakteri E. coli. Berdasarkan pemodelan menggunakan Fuzzy tipe Mamdani, terdapat sepuluh titik sampling yang memiliki air tanah tidak layak dijadikan sebagai sumber air bersih. Rekomendasi manajemen perlindungan sumber daya air tanah di Kota Surabaya bagi masyarakat maupun untuk pengambilan keputusan oleh pemerintah adalah dengan desinfeksi menggunakan klorin.
Kata Kunci: *Air tanah, Fuzzy, Mamdani, klasifikasi, kualitas air.*

1. Pendahuluan

Air adalah salah satu sumber alam paling penting bagi makhluk hidup (Wardani, dkk., 2021). Dalam kehidupan dan kelangsungan hidup manusia air digunakan dalam kebutuhan rumah tangga, industri, maupun pertanian. Perlindungan kualitas air merupakan salah satu masalah terpenting di Indonesia dan memiliki peran penting. Beberapa dekade terakhir, Indonesia mengalami peningkatan luar biasa dalam penggunaan air bersih, karena pertumbuhan populasi dan industrialisasi yang tinggi. Kegiatan urbanisasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi ketersediaan kualitas air bersih berkurang, terutama dalam kota-kota besar seperti kota Surabaya (Ramakrishnaiah, *et al.*, 2009).

Jurnal Serambi Engineering JSE
Volume X, No.2, April 2025 Hal 13252 - 13262
p-ISSN : 2528-3561
e-ISSN : 2541-1934

Kota Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia dengan jumlah penduduk 2.765.487 jiwa (Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2018). Menurut Ditjen Cipta Karya (2006), kebutuhan air bersih masyarakat sebesar 144 liter/orang/hari, dengan demikian jumlah konsumsi air bersih untuk memenuhi kebutuhan domistik kota Surabaya sebesar 4,61 m^3/detik. Jika ditambah dengan kebutuhan non domistik total kebutuhan air bersih kota Surabaya adalah 10,54 m^3/detik (Anugerah dan Purnomo, 2018). Pemerintahan Kota Surabaya melakukan upaya pemenuhan kebutuhan air bersih melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada menggunakan air sungai Surabaya dan mata air Umbulan sebagai sumber air baku. Namun, seiring dengan penduduk Kota Surabaya yang semakin meningkat dari tahun ke tahun maka perlu adanya alternatif lain, salah satunya adalah air tanah.

Masyarakat Kota Surabaya masih banyak yang menggunakan air tanah sebagai sumber air bersihnya. Akan tetapi, terdapat beberapa lokasi sumur yang berdekatan dengan tempat pembuangan sampah yang berpotensi mencemari air tanah, sehingga perlu dilakukan klasifikasi kelayakan air tanah di Kota Surabaya sebagai sumber air bersih. Untuk mengklasifikasi kualitas air tanah Kota Surabaya sebagai sumber air bersih, diperlukan uji parameter kualitas air bersih, seperti kekeruhan, warna, zat padat terlarut (*Total Dissolved Solid*), suhu, rasa, buah, total coliform, e.coli, pH, besi, fluoride, kesadahan ($CaCO_3$), mangan, nitrat sebagai N, nitrit sebagai N, sianida, deterjen, dan pestisida total.

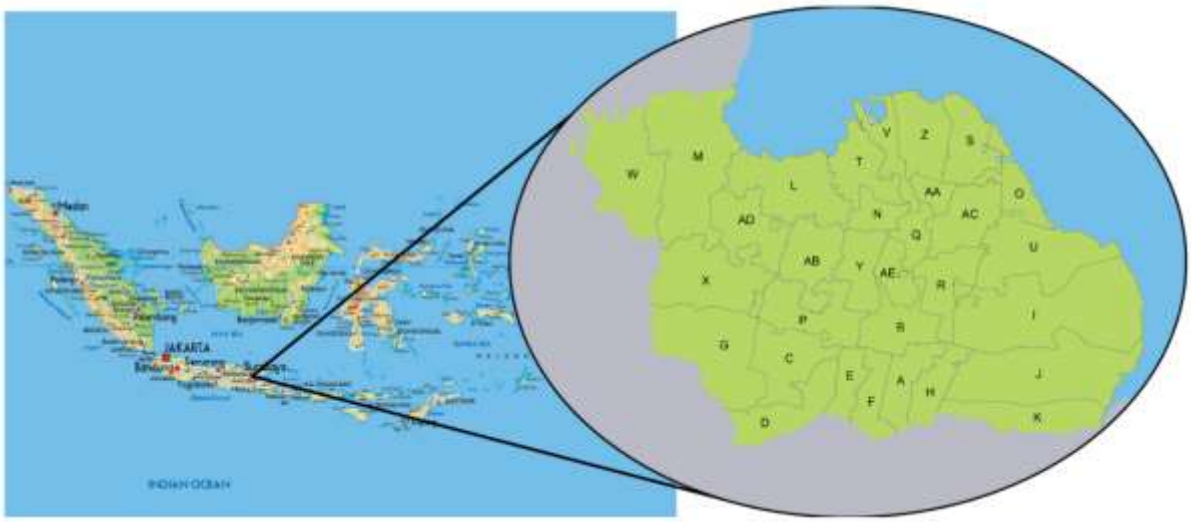
Terdapat banyak metode yang digunakan dalam mengklasifikasi kelayakan air bersih, salah satunya yaitu dengan logika Fuzzy (Afifi, dkk., 2021). Logika Fuzzy adalah gaya logika multi-nilai yang berhubungan dengan aproksimasi bukan ketetapan dengan memiliki nilai kebenaran antara 0 sampai 1 (Hiwarkar and Tryambak, 2013). Pengembangan metode logika Fuzzy memiliki sejumlah metode. Metode logika Fuzzy yang paling terkenal adalah Fuzzy Tsukamoto, Sugeno, dan Mamdani (Sari dan Wahyunggoro, 2016). Dalam pengambilan keputusan banyak para peneliti memilih menggunakan Fuzzy tipe Mamdani sebagai solusinya. Fuzzy tipe Mamdani merupakan metode yang mudah diterapkan dan telah banyak digunakan diberbagai bidang seperti sistem pendukung keputusan, kecerdasan buatan, dan lain sebagainya (Zulfikar, 2018). Perbedaan paling mendasar dari Tsukamoto, Sugeno, dan Mamdani berada dalam seberapa tajam output yang dihasilkan dari input Fuzzy. Dalam hal kegunaan, tipe Mamdani paling banyak digunakan, karena sebagaian besar memberikan hasil yang wajar dengan struktur yang lebih sederhana, serta interprestasi sifat dasar aturan yang mampu. Sugeno dan Tsukamoto memiliki kemampuan konsentrasi yang lemah. Fuzzy tipe Mamdani cukup efektif dalam melakukan klasifikasi (Kaur and Kaur, 2012). Kelebihan Fuzzy tipe Mamdani jika dibandingkan dengan metode lainnya yaitu bersifat intuitif, mempunyai cakupan bidang yang luas, dan telah sesuai dengan input informasi manusia (Elamvazuthi, *et al.*, 2010).

Penelitian kualitas air tanah telah banyak diteliti oleh beberapa peneliti diantaranya yaitu oleh D. Scannapieco, dkk dengan menggunakan 10 parameter diantaranya yaitu: 100-DO, BOD_3, COD, NH_4, NO_3, Total P, E. coli, Indicator score, PLM, EBI dengan menggunakan metode *logic fuzzy-based* (Scannapieco, *et al.*, 2012). Selain itu M. Vadiati, dkk juga melakukan penelitian kualitas air tanah dengan parameter Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Natrium (Na^{+}), Klorida (Cl^{-}), Sulfat (SO_4^{2-}), Nitrit (NO_3^{-}), dan TDS dengan menggunakan Fuzzy tipe Mamdani, dengan keluaran yang telah ditentukan oleh organisasi kesehatan dunia yang dikategorikan berdasarkan GQI (5 kategori), WQI (5 kategori) dan GWQI (3 kategori) (Vadiati, *et al.*, 2016). Peneliti lain yaitu A. Saberi Nasr, dkk mengidentifikasi dan mengklasifikasi kualita air tanah di Provinsi Yazd, Iran. Parameter yang diukur sebanyak 10 parameter kimia, diantaranya yaitu: pH, alkalinitas total, kesadahan total, zat padat terlarut (*Total Dissolved Solid*), Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Klorida (Cl^{-}), Sulfat (SO_4^{2-}), Nitrat (NO^{3-}), dan Fluoride (F^{-}) dengan menggunakan metode *Mamdani Fuzzy Inference System*. Membagi kualitas air tanah menjadi 3 kategori yaitu sangat layak, layak, dan tidak layak (Nasr and Rezaei, 2012).

2. Metode Penelitian

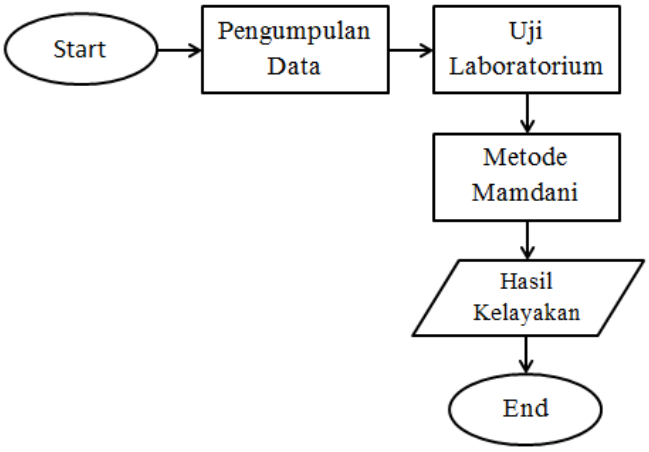
Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer. Pengambilan sampel air tanah dilakukan di 31 titik lokasi yang ada di kota Surabaya sesuai **Gambar 1**. Pengambilan sampel dimulai pada bulan Juli hingga Oktober 2019. Variabel dalam penelitian ini adalah kualitas air tanah yang meliputi parameter fisik, kimia, dan biologis. Parameter tersebut antara lain: kekeruhan, suhu, pH, kesadahan ($CaCO_3$), bakteri E. coli, dan *Dissolved Oxygen* (DO).

Jurnal Serambi Engineering JSE
Volume X, No.2, April 2025 Hal 13252 - 13262
p-ISSN : 2528-3561
e-ISSN : 2541-1934



Gambar 1: Peta titik lokasi sampling

Setelah pengambilan sampel dilakukan uji kualitas air untuk mengetahui nilai masing-masing parameter. Uji parameter suhu dan *Dissolved Oxygen* (DO) dilakukan di lapangan (lokasi sampling) langsung untuk mendapatkan data yang akurat. Sedangkan parameter kekeruhan, pH, kesadahan ($CaCO_3$), dan bakteri E. coli dianalisis di laboratorium. Setelah diketahui nilai masing-masing parameter, kemudian dilakukan pengklasifikasian kelayakan air tanah menggunakan pemodelan Fuzzy tipe Mamdani. Untuk memperoleh output klasifikasi layak atau tidak layak air bersih yang digunakan di kota Surabaya, tahapan yang dilakukan adalah: (1) Pembentuan himpunan Fuzzy; (2) Aplikasi fungsi implikasi; (3) Komposisi aturan; dan (4) Defuzzyfikasi. Adapun diagram alir penelitian ditampilkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2: Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Analisis Lapangan dan Laboratorium Kualitas Air Tanah

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum, parameter kualitas air terdiri dari parameter fisik, kimia, dan biologi. Parameter utama dalam penelitian ini adalah: kekeruhan, suhu, pH, kesadahan ($CaCO_3$), bakteri E. coli, dan *Dissolved Oxygen* (DO). **Tabel 1** berikut menampilkan hasil analisis lapangan dan laboratorium kualitas air tanah di 31 titik sampling di Kota Surabaya.

Berdasarkan PerMenKes No. 32 Tahun 2017, baku mutu kekeruhan pada air bersih untuk keperluan hygiene adalah 25 NTU. Hasil pengukuran lapangan terkait uji kekeruhan pada air sampel tanah yang dilakukan pada lokasi pengambilan 31 sampel di Kota Surabaya menunjukan kekeruhan mulai dari 0,52 hingga 10,53 NTU. Hal ini menunjukkan bahwa parameter kekeruhan tidak ada yang melampaui standar baku mutu. Air tanah cenderung memiliki kekeruhan rendah karena tidak terjadi kontaminasi langsung dengan lumpur dan partikel padat lainnya. selain itu, sifat tanah yang memiliki porositas berfungsi sebagai

filter alami sehingga air yang masuk dan keluar dari tanah lebih rendah kekeruhannya. Berbeda dengan air permukaan (sungai dan danau) yang cenderung memiliki kekeruhan tinggi akibat fitoplankton, buangan kegiatan manusia, penguraian zat organic, dan lainnya.

Tabel 1. Hasil analisis lapangan dan laboratorium kualitas air tanah di 31 titik sampling di Kota Surabaya

Titik Sampel	Kekeruhan Air (NTU)	Suhu Air (°C)	pH	Kesadahan (CaCO3) (mg/L)	e. Coli (CFU/100 mL)	Dissolved Oxygen (mg/L)
1	1,00	26,8	7,7	297,05	0,24	3,10
2	1,57	28,2	7,3	297,05	0,13	1,93
3	2,06	27,9	7,5	297,05	0,08	1,20
4	2,71	28,7	7,8	297,05	0,02	3,12
5	3,60	29,6	7,3	297,05	0,05	2,15
6	10,53	29,3	7,1	297,05	0,21	1,99
7	0,79	32,0	7,1	445,57	0,16	0,94
8	2,63	27,3	7,2	396,06	0,03	2,14
9	2,91	27,2	7,5	297,05	0,09	1,52
10	1,02	30,3	7,5	495,08	0,25	1,90
11	1,83	29,0	7,5	643,61	0,18	2,86
12	1,03	28,8	7,8	247,54	0,18	3,27
13	5,10	26,9	7,6	297,05	0,58	1,24
14	0,96	29,2	7,7	297,05	0,00	3,73
15	2,73	29,0	7,2	297,05	0,13	1,14
16	0,98	28,6	7,4	297,05	0,00	1,39
17	1,10	28,8	7,3	393,59	0,00	2,15
18	1,93	28,9	7,2	346,56	0,11	2,48
19	3,96	28,6	7,2	297,05	0,11	1,24
20	1,10	27,6	7,6	544,59	0,11	1,52
21	5,21	27,9	7,4	297,05	0,14	1,48
22	2,18	29,0	7,2	297,05	0,08	1,15
23	0,77	29,2	7,4	294,57	0,02	3,37
24	1,42	29,2	7,1	544,59	0,11	2,02
25	0,65	28,2	7,4	297,05	0,12	1,94
26	1,84	27,7	7,3	297,05	0,06	0,98
27	2,04	27,7	7,2	297,05	0,03	1,90
28	0,52	28,4	7,5	297,05	0,31	1,16
29	4,00	29,9	7,4	297,05	0,24	0,87
30	3,22	28,5	7,2	448,05	0,06	2,07
31	1,17	29,0	7,4	396,08	0,24	1,95
Rata-rata	2,34	28,6	7,3871	349,67	0,13	1,93

Baku mutu suhu pada air bersih untuk keperluan hygiene adalah kurang lebih 3°C dari suhu rata-rata udara ambient. Suhu udara ambient di Kota Surabaya adalah udara 32°C, sehingga range suhu yang memenuhi baku mutu adaah antara 29°C sampai 35°C. Hasil pengukuran lapangan terkait uji suhu pada air sampel tanah yang dilakukan di lokasi pengambilan sampel di Kota Surabaya hasilnya menunjukkan bahwa parameter suhu tidak melampaui standar baku mutu. Nilai rata-rata analisis lapangan suhu air tanah seluruh kecamatan di Kota Surabaya adalah 28.6°C. Terdapat beberapa lokasi sampling yang suhu air tanahnya lebih rendah 29 °C, misalkan di sampel yang diambil di Wonocolo dan Benowo yang menunjukkan angka 26 °C. akan tetapi, suhu tersebut masih aman digunakan sebagai air bersih. Air tanah memang cenderung

memiliki suhu di bawah baku mutu karena lokasi air tanah yang tidak terpapar sinar matahari secara langsung.

Baku mutu pH pada air bersih untuk keperluan hygiene adalah 6,5-8,5. Hasil pengukuran lapangan terkait uji pH pada air sampel tanah yang dilakukan pada lokasi pengambilan sampel di Kota Surabaya hasilnya menunjukan bahwa parameter pH tidak melampaui standar baku mutu. Nilai rata-rata analisa lapangan pH air tanah seluruh kecamatan di Kota Surabaya adalah 7,4 dengan range pH antara 7,1 hingga 7,8. Air tanah cenderung memiliki pH normal karena sifat tanah yang berfungsi sebagai filter alami. pH juga dipengaruhi oleh aktifitas fotosintesis fitoplankton dan tanaman air lainnya yang melepaskan ion H^+. Di dalam air tanah sedikit sekali ditemukan fitoplankton ataupun tanaman air sehingga pH air tanahnya cenderung normal.

Baku mutu kesadahan pada air bersih untuk keperluan hygiene adalah 500 mg/liter. Hasil analisis laboratorium terkait uji kesadahan pada air sampel tanah yang dilakukan pada lokasi pengambilan sampel di Kota Surabaya hasilnya menunjukkan bahwa ada berberapa sampel tidak memenuhi baku mutu. Lokasi air tanah yang melampaui standar baku mutu, antara lain: lokasi pengambilan sampel di Gunung Anyar (kesadahan 643,61 mg/l), lokasi pengambilan sampel di (kesadahan 544,59 mg/l), dan lokasi pengambilan sampel di Sambikerep (kesadahan 544,59 mg/l). Air tanah memang cenderung memiliki kesadahan yang tinggi karena air tanah kontak secara langsung dengan batuan kapur yang ada pada lapisan tanah (Said dan Ruliasih, 2008). Akan tetapi, jenis tanah Kota Surabaya sebagian besar tidak berjenis batuan kapur, sehingga nilai rata-rata analisis laboratorium kesadahan air tanah lokasi pengambilan sampel di Kota Surabaya adalah 349,67 mg/l, dimana angka tersebut masih di bawah ambang baku mutu.

Baku mutu E. coli pada air bersih untuk keperluan hygiene adalah 0 CFU/100ml. Hasil analisis laboratorium terkait uji bakteri E. coli pada air sampel tanah yang dilakukan pada seluruh lokasi pengambilan sampel di Kota Surabaya hasilnya menunjukan bahwa hanya tiga lokasi titik sampling, yaitu: titik sampling 14, 16, dan 17. Selain tiga lokasi tersebut, 28 lokasi lainnya mengandung bakteri E. coli lebih dari 0 CFU/100ml. Kandungan bakteri E. coli terbesar adalah 0,58 CFU/100ml yang diambil dari titik sampling 13. Akan tetapi, kandungan bakteri E. coli tersebut masih aman digunakan untuk keperluan higienitas seperti mandi, cuci, dan kakus. Apabila ingin dimanfaatkan sebagai air minum cukup dilakukan desinfeksi dengan pemanasan/perebusan terlebih dahulu untuk mematikan bakteri E. coli.

Baku mutu oksigen terlarut (Dissolved Oxygen) untuk media air pemandian umum berdasarkan peraturan yang sama adalah $\geq$ 4 mg/L. Hasil analisis menunjukkan kadar DO dalam air tanah di semua sampel kota Surabaya kurang dari baku mutu. Sumber DO dalam perairan dapat diperoleh dari hasil fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan hijau serta proses difusi dari udara (Tahir, 2016). Kondisi air tanah yang berada di bawah tanah menyebabkan minimnya tumbuhan air maupun fitoplankton, ditambah dengan penetrasi cahaya matahari yang minim sehingga proses fotosintesis sulit terjadi. Kondisi air tanah yang minim kontak dengan udara juga menyebabkan minimnya proses aerasi yang terjadi, sehingga kadar DO dalam air tanah rendah.

Jika dibandingkan dengan PerMenKes No. 32 Tahun 2017 maka semua parameter telah memenuhi baku mutu dan layak dijadikan sebagai sumber air bersih kecuali parameter bakteri E. coli dan DO. Hasil perbandingan kualitas air tanah rata-rata di Kota Surabaya dibandingkan dengan PerMenKes No. 32 Tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan analisis yang telah dipaparkan, rekomendasi manajemen sumber daya air tanah di Kota Surabaya yang dapat diajukan adalah dengan melakukan proses desinfeksi sebelum menggunakan air tanah Kota Surabaya. Sesuai dengan hasil analisis laboratorium, hanya tiga titik sampling yang memenuhi baku mutu untuk parameter bakteri E. *Coli*. Oleh karena itu, sebelum dimanfaatkan sebagai sumber air bersih, sebaiknya didesinfeksi terlebih dahulu. Desinfeksi sederhana bisa dilakukan masyarakat secara mandiri, misalkan dengan pemanasan (memasak) atau dengan pembubuhan desinfektan, misalkan kaporit. Senyawa klorin umumnya dikenal di pasaran dengan nama kaporit. Desinfeksi dengan senyawa klor sangat mudah dilakukan, cukup dengan membubuhkan klor 1 mg/liter dengan waktu kontak 30 menit sudah mampu mengurangi 99% bakteri E. *Coli* (Said dan Widayat, 2016). Instalasi untuk pembubuhan senyawa klorin bisa menggunakan bak kontaktor. Parameter DO yang rendah dapat ditingkatkan dengan cara aerasi.

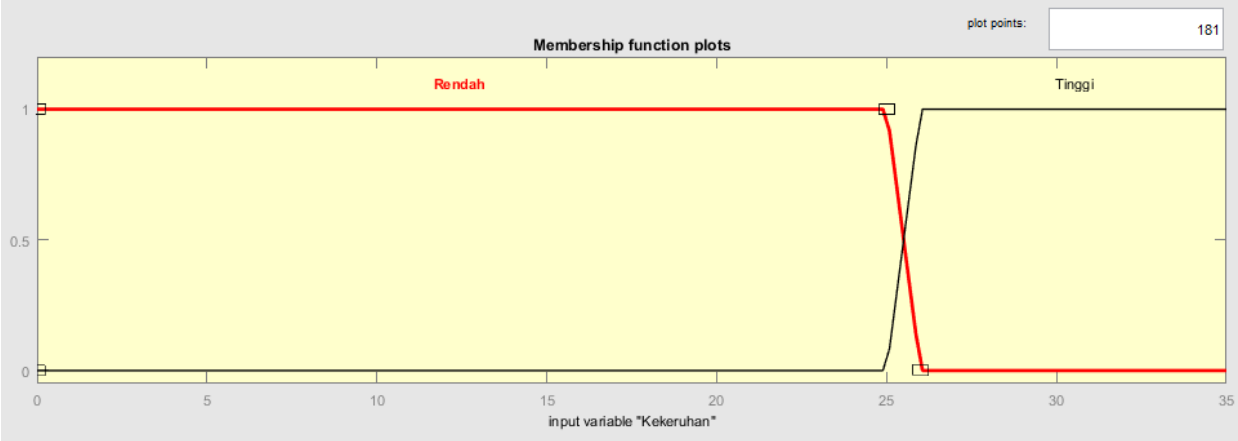
Tabel 2. Evaluasi kualitas air tanah rata-rata di Kota Surabaya berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan (PermenKes) No 32 Tahun 2017

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)	Kualitas Air Tanah rata-rata di Surabaya	Hasil Evaluasi
1	Kekeruhan	NTU	25	2,34	Memenuhi
2	Suhu	^{o}C	Suhu udara ± 3	28,6	Memenuhi
3	pH	-	6,5 – 8,5	7,4	Memenuhi
4	Kesadahan ($CaCO_3$)	mg/l	500	349,67	Memenuhi
5	Bakteri E. coli	CFU/100ml	0	0,13	Tidak Memenuhi
6	Dissolved Oxygen	(mg/L)	≥ 4	1,93	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil analisis dan Peraturan Menteri Kesehatan No 32 Tahun 2017

Klasifikasi Kualitas Air Tanah Kota Surabaya Menggunakan Fuzzy Tipe Mamdani

Keenam parameter wajib di atas merupakan variabel masukan (*input*) yang kemudian dimasukkan ke Toolbox FIS dalam *software* MATLAB. Langkah yang dilakakukan adalah membuka Toolbox FIS, ketik fuzzy pada *command window*, kemudian memasukkan semua variabel masukan (*input*), menentukan kriteria pross pembuatan sistem fuzzy, yaitu metode mamdani, and method min, or method max, implikasi min, aggregasi max, dan defuzzifikasi centroid. **Gambar 3** hingga **Gambar 7** menunjukkan fungsi keanggotaan parameter kekeruhan, suhu, pH, kesadahan ($CaCO_3$), bakteri E. coli, DO. Sedangkan **Gambar 8** adalah fungsi keanggotaan kelayakan.



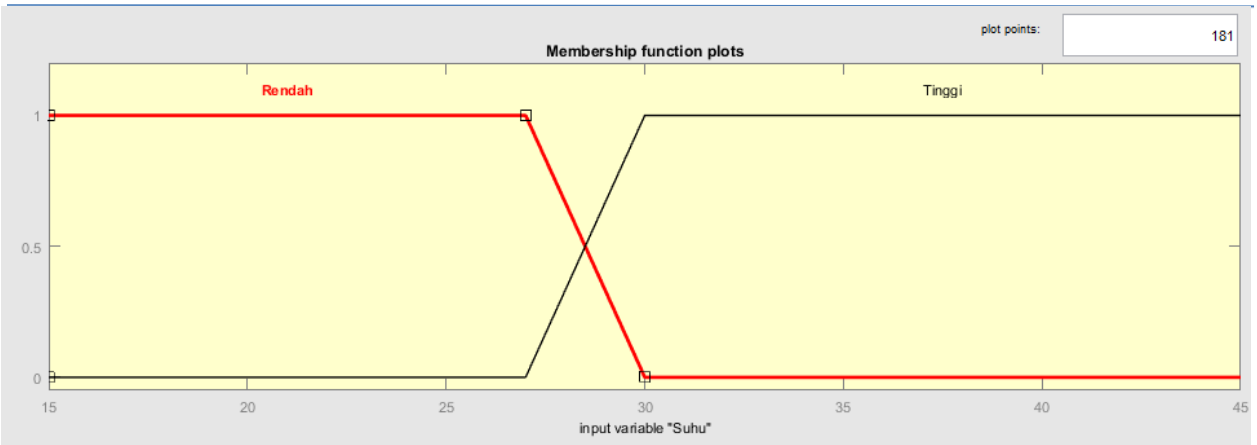
Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Kekeruhan

Pada variabel Kekeruhan terdapat himpunan fuzzy rendah, sedang, dan tinggi dengan standart baku mutu air sebesar 25 NTU. fungsi keanggotaan disetiap hmpunan yaitu:

$$\mu_{Rendah}\begin{cases}1 & ,x \le 25\\ \dfrac{26-x}{1} & ,25 \le x \le 26\\ 0 & ,x \ge 26\end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{Tinggi}\begin{cases}0 & ,x \le 25\\ \dfrac{x-25}{1} & ,25 \le x \le 26\\ 1 & ,x \ge 26\end{cases} \quad (2)$$

Jurnal Serambi Engineering JSE
Volume X, No.2, April 2025 Hal 13252 - 13262
p-ISSN : 2528-3561
e-ISSN : 2541-1934

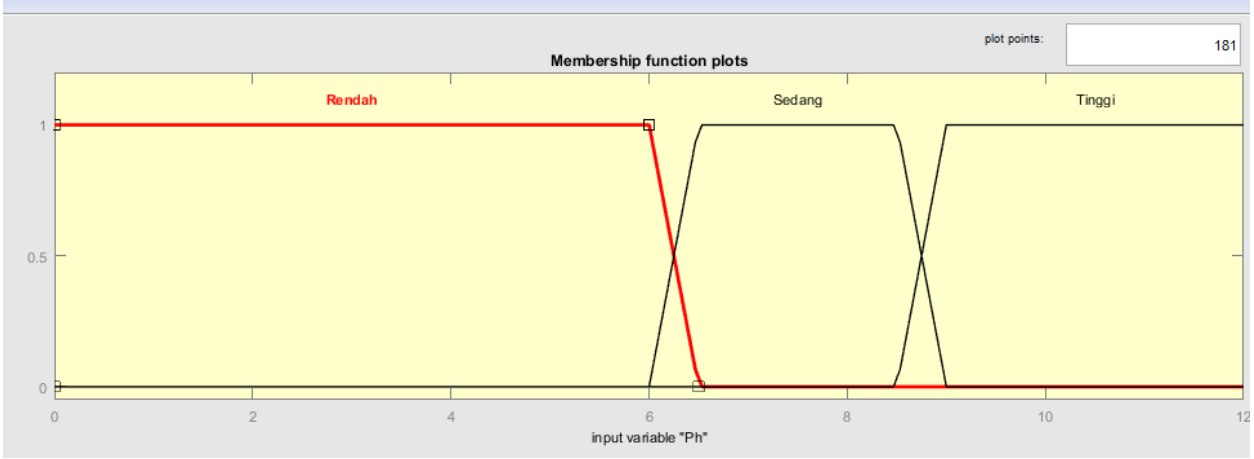


Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Suhu

Pada variabel Suhu terdapat himpunan fuzzy rendah, sedang, dan tinggi dengan standart baku mutu air sebesar ± 3. Berdasarkan **Gambar 4** diperoleh fungsi keanggotaan himpunan suhu yaitu:

$$\mu_{Rendah} \begin{cases} 1 & ,x \leq 27 \\ \dfrac{30-x}{3} & ,27 \leq x \leq 30 \\ 0 & ,x \geq 30 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{Tinggi} \begin{cases} 0 & ,x \leq 27 \\ \dfrac{x-27}{1} & ,27 \leq x \leq 30 \\ 1 & ,x \geq 30 \end{cases} \quad (4)$$



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan pH

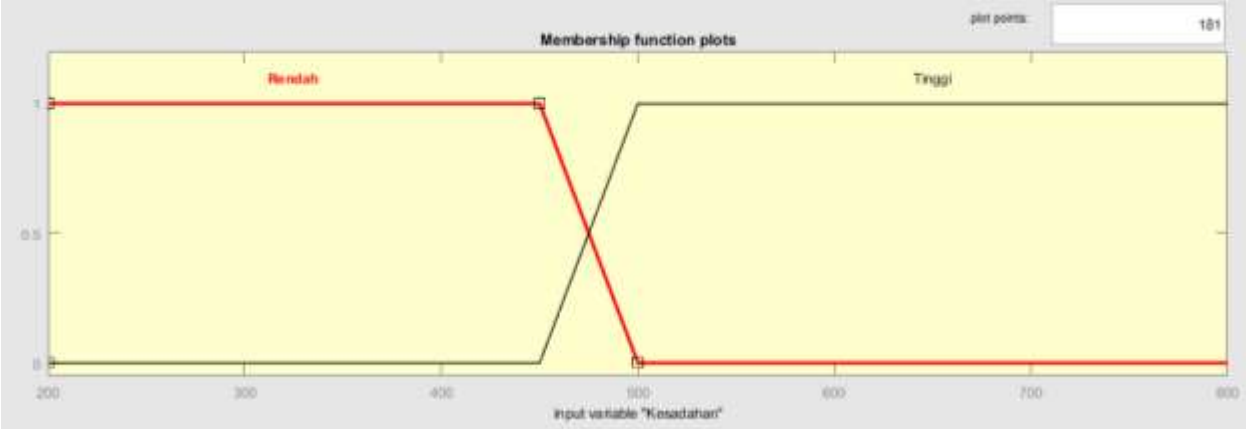
Pada variabel pH terdapat himpunan fuzzy rendah, sedang, dan tinggi dengan standart baku mutu air sebesar 6.5-8.5. Berdasarkan **Gambar 5** diperoleh fungsi keanggotaan himpunan pH yaitu:

$$\mu_{Rendah} = \begin{cases} 1 & ,x \leq 6 \\ \dfrac{6.5-x}{0.5} & ,6 \leq x \leq 6.5 \\ 0 & ,x \geq 6.5 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{Sedang} = \begin{cases} 0 & ,x \leq 6, x \leq 6.5 \\ \dfrac{x-6}{0.5} & ,6 \leq x \leq 6.5 \\ 1 & ,6.5 \leq x \leq 8.5 \\ \dfrac{9-x}{0.5} & ,8.5 \leq x \leq 9 \end{cases} \quad (6)$$

Jurnal Serambi Engineering JSE
Volume X, No.2, April 2025 Hal 13252 - 13262
p-ISSN : 2528-3561
e-ISSN : 2541-1934

$$\mu_{Tinggi} = \begin{cases} 0 & ,x \leq 9 \\ \dfrac{x - 8.5}{0.5} & ,8.5 \leq x \leq 9 \\ 1 & ,x \geq 9 \end{cases} \quad (7)$$

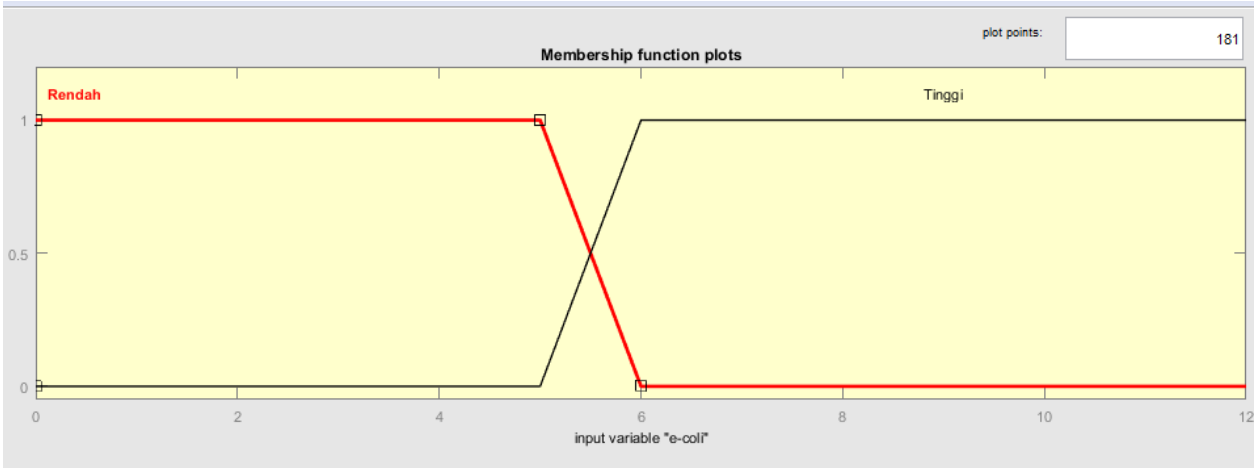


Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Kesadahan

Pada variabel Kesadahan terdapat himpunan fuzzy rendah dan tinggi dengan standart baku mutu air sebesar 500. Berdasarkan **Gambar 6** diperoleh fungsi keanggotaan himpunan Kesadahan yaitu:

$$\mu_{Rendah} = \begin{cases} 1 & ,x \leq 450 \\ \dfrac{500 - x}{50} & ,450 \leq x \leq 500 \\ 0 & ,x \geq 500 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{Tinggi} = \begin{cases} 0 & ,x \leq 450 \\ \dfrac{x - 450}{50} & ,450 \leq x \leq 500 \\ 1 & ,x \geq 500 \end{cases} \quad (9)$$

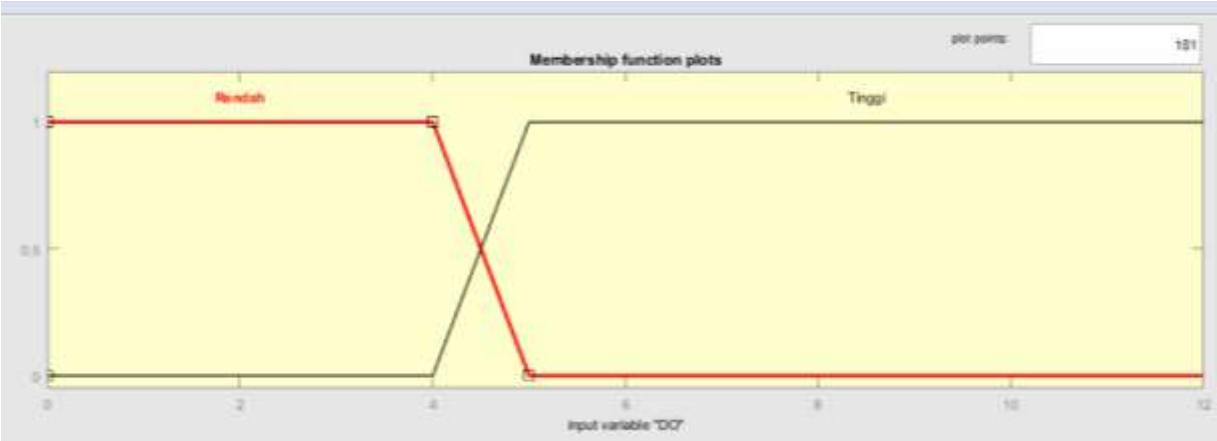


Gambar 7. Fungsi Keanggotaan E. coli

Pada variabel E-coli terdapat himpunan fuzzy rendah dan tinggi dengan standart baku mutu air sebesar 5. Berdasarkan **Gambar 7** diperoleh fungsi keanggotaan himpunan E-*Coli* yaitu:

$$\mu_{Rendah} = \begin{cases} 1 \,,x \leq 5 \\ \dfrac{6 - x}{1} \,,5 \leq x \leq 6 \\ 0 \,,x \geq 25 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{Tinggi} = \begin{cases} 0 & ,x \leq 4 \\ \dfrac{x-5}{1} & ,5 \leq x \leq 6 \\ 1 & ,x \geq 6 \end{cases} \quad (11)$$

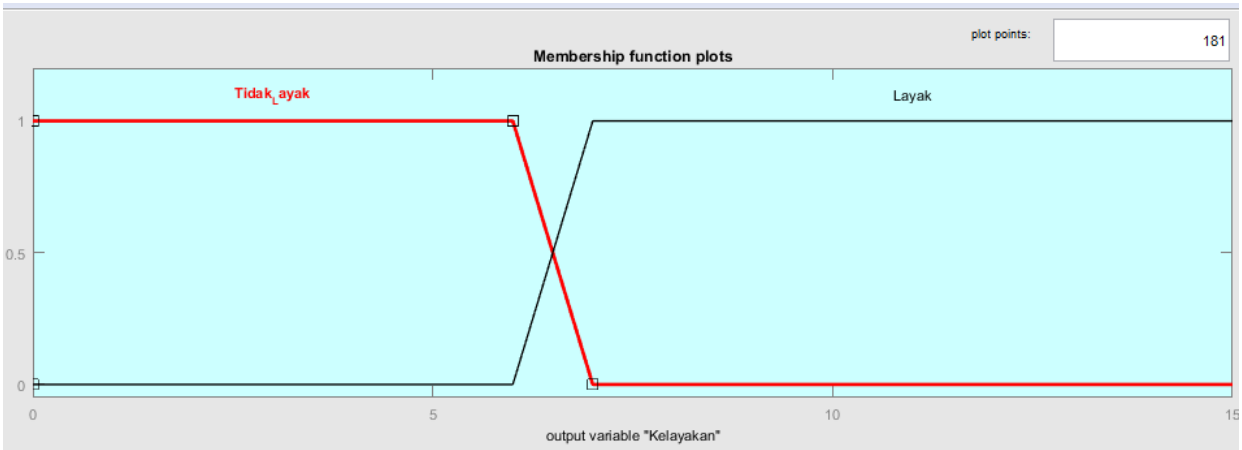


Gambar 8. Fungsi Keanggotaan DO

Pada variabel DO terdapat himpunan fuzzy rendah dan tinggi dengan standart baku mutu air sebesar 5-6. Berdasarkan **Gambar 8** diperoleh fungsi keanggotaan himpunan DO yaitu:

$$\mu_{Rendah} = \begin{cases} 1 & ,x \leq 4 \\ \dfrac{5-x}{1} & ,4 \leq x \leq 5 \\ 0 & ,x \geq 5 \end{cases} \quad (12)$$

$$\mu_{Tinggi} = \begin{cases} 0 & ,x \leq 4 \\ \dfrac{x-4}{50} & ,4 \leq x \leq 5 \\ 1 & ,x \geq 5 \end{cases} \quad (13)$$



Gambar 9. Fungsi Keanggotaan Kelayakan

Pada variabel Kelayakan terdapat himpunan fuzzy rendah dan tinggi dengan. Berdasarkan **Gambar 9** diperoleh fungsi himpunan Kelayakan yaitu:

$$\mu_{Rendah} = \begin{cases} 1 & ,x \leq 6 \\ \dfrac{6-x}{1} & ,6 \leq x \leq 7 \\ 0 & ,x \geq 7 \end{cases} \quad (12)$$

$$\mu_{Tinggi} = \begin{cases} 0 & ,x \leq 6 \\ \dfrac{x-6}{50} & ,6 \leq x \leq 7 \\ 1 & ,x \geq 7 \end{cases} \quad (13)$$

Pemodelan Fuzzy tipe Mamdani mengkasifikasi kualitas air tanah Kota Surabaya menjadi dua kategori yaitu layak atau tidak layak. Hasil simulasi yang menunjukkan angka kurang dari 6 maka bisa dikatakan "tidak layak", dan apabila hasil simulasi menunjukkan angka di atas 6 maka bisa dikatakan "layak". Dengan menggunakan metode Fuzzy tipe Mamdani diperoleh 10 titik diantara 31 titik sampel air tanah kota Surabaya yang tidak layak untuk digunakan seperti ditunjukkan oleh **Tabel 3** berikut.

Tabel 3. Hasil Klasifikasi Kelayakan Kualitas Air Tanah Kota Surabaya Menggunakan Fuzzy Tipe Mamdani

Titik Sampel	Hasil Kelayakan	Keterangan
1	10,7838582677165	Layak
2	8,22454194792670	Layak
3	8,91434619002822	Layak
4	6,99487739334899	Layak
5	4,48109243697479	Tidak Layak
6	5,36558948863636	Tidak Layak
7	3,22012542759407	Tidak Layak
8	10,1891226499552	Layak
9	10,3904204915605	Layak
10	3,24243010277379	Tidak Layak
11	3,29916573971079	Tidak Layak
12	6,73565615462869	Layak
13	10,7384615384615	Layak
14	5,64982412944074	Tidak Layak
15	6,20270969968932	Layak
16	7,24953395472702	Layak
17	6,73565615462869	Layak
18	6,47155319876839	Layak
19	7,24953395472702	Layak
20	3,26671348314607	Tidak Layak
21	8,91434619002822	Layak
22	6,20270969968932	Layak
23	5,64982412944074	Tidak Layak
24	3,28307926829268	Tidak Layak
25	8,22454194792670	Layak
26	9,35280517879163	Layak
27	9,35280517879163	Layak
28	7,74620418848169	Layak
29	3,54416635302975	Tidak Layak
30	7,50000000000000	Layak
31	6,20270969968932	Layak

Sumber: Hasil analisis

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah kualitas rata-rata air tanah di Kota Surabaya berdasarkan parameter utama yang diuji adalah: kekeruhan 2,34 NTU, suhu 28,6 ºC, pH 7,4, kesadahan ($CaCO_3$) 349,67 mg/liter, bakteri E. coli 0,13 CFU/100 ml, dan DO 1,93 mg/l. Hasil perbandingan kualitas air tanah Kota Surabaya dengan PerMenKes No. 32 Tahun 2017, semua parameter telah memenuhi baku mutu dan layak dijadikan sebagai sumber air bersih kecuali parameter bakteri E. coli dan DO. Berdasarkan pemodelan menggunakan Fuzzy tipe Mamdani, terdapat sepuluh titik sampling yang terklasifikasi tidak layak dijadikan sebagai sumber air bersih

5. Daftar Pustaka

Zulfikar, W.B., Jumadi, Prasetyo, P.K, dan Ramdhani, M.A. 2018. Implementation of Mamdani Fuzzy Method in Employee Promotion System. *Proceedings of The 2nd Annual Applied Science and Engineering Conference (AASEC)*. Hal. 1-5. DOI: 10.1088/1757-899X/288/1/012147

Afifi, F.W., Fitriyah, H., dan Setiawan, E. 2021. Sistem Klasifikasi Mutu Air PDAM Berdasarkan Zat Terlarut, pH, dan Turbidity Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno Berbasis Arduino. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. Vol. V, No. 8, Hal: 3578-3583.

Kaur, A. and Kaur, A. 2012. Comparison of Mamdani-Type and Sugeno-Type Fuzzy Inference Systems for Air Conditioning System. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, Vol. 2, Issue 2, pp. 323–325.

Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2018. Kota Surabaya dalam Angka 2018. Surabaya, Indonesia

Ramakrishnaiah, C.R., Sadashivaiah, C., and Ranganna, G. 2009. Assessment of Water Quality Index for the Groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. *E-Journal of Chemistry*, Vol. 6, No. 2, pp. 523–530. DOI: 10.1155/2009/757424

Direktorat Pengembangan Air Minum Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. 2005. Ringkasan Eksekutif Dialog Penajaman Pola Konsumsi dan Kebutuhan Pokok Minimal (Air Minum). Jakarta, Indonesia.

Scannapieco, D., Naddeo, V., Zarra, T., and Belgiorno, V. 2012. River Water Quality Assessment : A Comparison of Binary- and Fuzzy Logic-based Approaches. *Ecological Engineering*, Vol. 47, PP. 132–140. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2012.06.015

I. Elamvazuthi, P. Vasant, and J. F. Webb, "The Application of Mamdani Fuzzy Model for Auto Zoom Function of a Digital Camera,". *International Journal of Computer Sience and Information Security*, Vol. 6, No. 3, pp. 244–249, 2010.

Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2017. "Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*". Jakarta

Vadiati, M., Asghari-Moghaddam, A., Nakhaei, M., Adamowski, J. and Akbarzadeh, A.H. 2016. "A Fuzzy-Logic Based Decision-Making Approach For Identification of Groundwater Quality Based on Groundwater Quality Indices," *Journal of Environmental Management.*, Vol. 184, Part 2, pp. 255–270

Nasr, A.S., Rezael, M., and Barmaki, M.D. 2012. Analysis of Groundwater Quality using Mamdani Fuzzy Inference System (MFIS) in Yazd Province, Iran. *International Journal of Computer Application*, Vol. 59, No. 7. Pp. 45-53

Persada, R.C.P. dan Purnomo, A. 2018. Analisis Air Baku Prioritas Skala Kota (Studi Kasus: PDAM Surya Sembada Surabaya). Jurnal Teknik ITS, Vol. 7, No. 1, Hal: F224-F227

Hiwarkar T.A. and Iyer, R.S. 2013. "New Applications of Soft Computing, Artificial Intelligence, Fuzzy Logic & Genetic Algorithm in Bioinformatics". *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, Vol. 2. Issue 5, pp. 202-207

Said, N.I. 2008. Teknologi Pengolahan Air Minum "Teori dan Pengalaman Praktis". Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Pengebangan Sumberdaya Alam, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Said, N. I. dan Widayat, W. 2013. Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Pengebangan Sumberdaya Alam, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Sari, W.E. Wahyunggoro, O., and Fauziati, S. 2016. A Comparative Study on Fuzzy Mamdani-Sugeno-Tsukamoto for the Childhood Tuberculosis Diagnosis. *Proceedings of The 1st International Conference on Science and Technology 2015 (ICST-2015)*. Vol. 1775, Issue 1, pp. 070003-1 - 070003-6

Tahir, R.B. 2016. "Analisis Sebaran Kadar Oksigen (O_2) dan Kadar Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*) dengan Menggunakan Data in Situ dan Citra Satelir Landsat 8 (Studi Kasus: Wilayah Gili Iyang Kabupaten Sumenep). Tesis. Surabaya: Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Wardani, A.M., Pratama, B., Herlianna, C.D, Pratama, D.O., Janah, H.N.M., Tamara, L.A., Soliha, M. & Faizah, U.N. 2021. Konservasi Sumber Daya Air Guna Terjaganya Kualitas Serta Entitas Air Baku. *Proceeding of Integrative Science Education Seminar*. Vol. 1, No.1, pp. 117-126