

TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN TINGKAT KUALITAS AIR KALI SURABAYA
DENGAN METODE *FUZZY ANALYSIS* (SEGMENT
GUNUNGSARI - JAGIR)**

HERRANI DYAH PRASETYATI

03211840000067

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

19550128 198503 2 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN TINGKAT KUALITAS AIR KALI SURABAYA
DENGAN METODE *FUZZY ANALYSIS* (SEGMENT
GUNUNGSARI - JAGIR)**

HERRANI DYAH PRASETYATI

NRP 03211840000067

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

NIP 19550128 198503 2 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



FINAL PROJECT - RE 184804

**STUDY OF WATER QUALITY LEVEL IN SURABAYA RIVER
USING FUZZY ANALYSIS METHOD (GUNUNGSARI - JAGIR
SEGMENT)**

HERRANI DYAH PRASETYATI

NRP 03211840000067

Advisor

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

NIP 19550128 198503 2 001

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty Of Civil, Planning and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN TINGKAT KUALITAS AIR KALI SURABAYA DENGAN METODE *FUZZY ANALYSIS* (SEGMENT GUNUNGSARI – JAGIR)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **HERRANI DYAH PRASETYATI**

NRP. 0321184000067

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

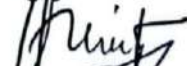
1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

Pembimbing



2. Ir. Atiek Moesriati, M.Kes

Penguji



3. Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, M.T.

Penguji



4. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.Sc, S.P.S

Penguji



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa / NRP : Herrani Dyah Prasetyati / 03211840000067

Departemen : Teknik Lingkungan

Dosen Pembimbing / NIP : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc /

19550128 198503 2 001

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Kajian Tingkat Kualitas Air Kali Surabaya Dengan Metode *Fuzzy Analysis* (Segmen Gunungsari – Jagir)” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui

Dosen Pembimbing,



(Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc)

NIP. 19550128 198503 2 001

Surabaya, 26 Juli 2022

Mahasiswa,



(Herrani Dyah Prasetyati)

NRP. 03211840000067

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KAJIAN TINGKAT KUALITAS AIR KALI SURABAYA DENGAN METODE *FUZZY ANALYSIS* (SEGMENT GUNUNGSARI – JAGIR)

Nama Mahasiswa / NRP : Herrani Dyah Prasetyati / 0321184000067

Departemen : Teknik Lingkungan FTSPK – ITS

Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

ABSTRAK

Kali Surabaya merupakan anak Sungai Brantas yang memiliki panjang 41 km dari DAM Mlirip Mojokerto dan berakhir di DAM Jagir Surabaya. Adanya kawasan permukiman padat penduduk, industri, pertanian, dan kegiatan lain di sekitar Kali Surabaya menyebabkan terjadinya pencemaran sungai karena limbah domestik maupun limbah industri. Pemerintah Daerah Kota Surabaya memiliki rencana yaitu, kawasan sempadan sungai yang ada di Kota Surabaya dapat difungsikan sebagai fungsi lindung dan kawasan wisata. Klasifikasi air yang dapat digunakan sebagai tempat wisata adalah kelas II. Berdasarkan pemantauan yang dilakukan oleh Perum Jasa Tirta pada tahun 2016, parameter suhu, TSS, BOD dan DO air Kali Surabaya tidak memenuhi baku mutu air kelas II. Berdasarkan latar belakang yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir dan menentukan cara penyelesaian pencemaran yang terjadi pada segmen tersebut.

Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir adalah salah satu metode *Fuzzy Analysis*, yaitu *Fuzzy Mamdani*. Metode ini membutuhkan data kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir. Setelah mengidentifikasi tingkat kualitas air, yang selanjutnya adalah menentukan cara penyelesaian pencemaran yang terjadi menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Metode ini membutuhkan data yaitu kuesioner dari para ahli.

Hasil dari identifikasi tingkat kualitas air Kali Surabaya pada tahun 2017-2022 dengan metode *Fuzzy Mamdani* didapatkan bahwa pada musim kemarau cenderung tercemar sedang dengan nilai pada masing-masing titik adalah 8,6; 8,2 dan 7,3. Saat musim hujan cenderung tercemar sedang dan tercemar berat dengan nilai 11; 11 dan 10,9. Hasil dari penentuan cara penyelesaian pencemaran di Kali Surabaya yang efektif menggunakan metode AHP adalah aspek teknis (0,797). Sedangkan, empat alternatif dengan bobot tertinggi adalah penegakan peraturan yang berlaku (0,307), peningkatan peran dari masyarakat (0,212), penataan lahan di tepi sungai (0,173) dan pembangunan IPAL (0,120).

Kata Kunci: AHP, *Fuzzy Mamdani*, Kali Surabaya, Kualitas Air Sungai, Penyelesaian Pencemaran.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

STUDY OF WATER QUALITY LEVEL IN SURABAYA RIVER USING *FUZZY ANALYSIS* METHOD (GUNUNGSARI – JAGIR SEGMENT)

Student Name / NRP : **Herrani Dyah Prasetyati / 0321184000067**
Department : **Environmental Engineering FTSPK – ITS**
Advisor : **Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc**

ABSTRACT

Surabaya River is a tributary of the Brantas River which has a length of 41 km from the Mlirip Mojokerto Dam and ends at the Jagir Surabaya Dam. The existence of densely populated residential areas, industry, agriculture, and other activities around the Surabaya River causes river pollution due to domestic and industrial waste. The Surabaya City Government has a plan, namely, the river border area in the city of Surabaya can function as a protected function and a tourist area. The classification of water that can be used as a tourist area is class II. Based on the monitoring conducted by Perum Jasa Tirta in 2016, the temperature, TSS, BOD and DO of Surabaya River water did not eligible for the class II water quality standards. Based on the existing background, the purpose of this study is to identify the water quality level of the Surabaya River in the Gunungsari - Jagir segment and determine how to solve the pollution that occurs in that segment.

The method used to identify the water quality level of Surabaya River in the Gunungsari - Jagir segment is one of the Fuzzy Analysis methods, namely Fuzzy Mamdani. This method requires water quality data from the Surabaya River for the Gunungsari – Jagir segment. After identifying the level of water quality, the next step is to determine how to resolve the pollution that occurred in the Surabaya River using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. This method requires data, namely questionnaires from experts.

The results of the identification of the water quality level of the Surabaya River in 2017-2022 using the Fuzzy Mamdani method, found that in the dry season it tends to be moderately polluted with a value at each point of 8,6; 8,2 and 7,3. During the rainy season, it tends to be moderately polluted and heavily polluted with a value of 11; 11 and 10,9. The result of determining how to solve pollution in Surabaya River that is effective using the AHP method is the technical aspect (0.797). Meanwhile, the four alternatives with the highest weight are enforcement of applicable regulations (0.307), increasing the role of the society (0.212), land management on the riverside (0.173), and WWTP construction (0.120).

Keywords: **AHP, *Fuzzy* Mamdani, Surabaya River, River Water Quality, Pollution Solution.**

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat, rahmat dan anugerah-Nya yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul "Kajian Tingkat Kualitas Air Kali Surabaya Dengan Metode *Fuzzy Analysis* (Segmen Gunungsari – Jagir)". Penyusunan laporan ini tidak terlepas dari doa, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak dalam penyelesaiannya. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Puji Syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat, rahmat dan anugerah-Nya yang tak terhingga.
2. Setyo Herupurwoko dan Damayanti Sadtyasari, selaku orang tua terkasih yang telah memberikan doa, dukungan, kasih sayang dan dukungan baik secara moril dan materil.
3. Herninda Dyah Prasetyari, Eko Pudjianto Nugroho, Herwidya Dyah Prasetyani dan Adi Bambang Guritno, selaku kakak yang telah memberikan doa dan dukungan.
4. Arsenio Gilang Nugraha dan Arvind Pranadipa Guritno selaku keponakan yang selalu menjadi penghibur di saat jenuh.
5. Iyuk Bawon, Pak Karim dan Bu Siti yang telah memberikan doa dan dukungan.
6. Saudara-saudara penulis yang telah memberikan doa, dukungan dan bantuan.
7. Ibu Ervin Nurhayati, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen wali yang telah memberikan arahan, motivasi dan membimbing selama berkuliah di Teknik Lingkungan ITS
8. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah berkenan meluangkan waktu, membimbing, memberikan ilmu yang bermanfaat serta motivasi.
9. Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes, Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, M.T. dan Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.ScES selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberikan kritik, saran dan motivasi.
10. Filienike, Ahimsa, Priscilla, Deva, Nisrina, Safira, Dinnar, Salsabila, Amel dan Yona sebagai sahabat yang telah memberikan doa, dukungan dan motivasi.
11. Alya, Nineis, Vika dan Carissa sebagai teman satu bimbingan tugas akhir yang telah bersama-sama saling membantu, bertukar pikiran dan memberikan dukungan.
12. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2018 yang telah bersama-sama saling berbagi dukungan.
13. Serta semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam karya penulisan ini masih jauh dari sempurna dan terdapat kekurangan baik secara materi maupun teknis penulisannya. Namun demikian, penulis telah berupaya dengan segala kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki untuk dapat menyelesaikan laporan ini. Penulis dengan rendah hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan penulisan di lain kesempatan.

Surabaya, 26 Juli 2022

Penulis

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Ruang Lingkup.....	2
1.5 Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Gambaran Umum Kota Surabaya	3
2.2 Gambaran Umum Kali Surabaya	3
2.3 Daerah Aliran Sungai.....	3
2.4 Definisi Pencemaran Air.....	4
2.5 Kelas Air Sungai	4
2.6 Parameter Kualitas Air.....	5
2.7 Logika <i>Fuzzy</i>	6
2.7.2 Operasi Himpunan <i>Fuzzy</i>	9
2.7.3 Metode <i>Fuzzy</i> Mamdani	9
2.8 <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP)	10
2.9 Penelitian Terdahulu	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Deskripsi Umum	13
3.2 Wilayah Penelitian	13
3.3 Kerangka Penelitian.....	13
3.4 Tahapan Penelitian.....	16

3.4.1	Ide Penelitian.....	16
3.4.2	Studi Literatur	16
3.4.3	Pengumpulan Data	16
3.4.4	Analisis dan Pembahasan.....	16
3.4.5	Kesimpulan dan Saran	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		19
4.1	Segmentasi Kali Surabaya.....	19
4.2	Curah Hujan Kota Surabaya.....	20
4.3	Kualitas Air Kali Surabaya.....	21
4.3.1	Suhu	22
4.3.2	pH.....	23
4.3.3	BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>).....	25
4.3.4	COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	27
4.3.5	TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	29
4.3.6	DO (<i>Dissolved Oxygen</i>)	31
4.4	Identifikasi Tingkat Kualitas Air Dengan Metode <i>Fuzzy Analysis</i>	33
4.4.1	Proses <i>Fuzzification</i>	36
4.4.2	Proses Aplikasi Fungsi Implikasi.....	44
4.4.3	Proses Komposisi Aturan.....	45
4.4.4	Proses <i>Defuzzification</i>	46
4.5	Penentuan Cara Penyelesaian Pencemaran di Kali Surabaya	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN A ATURAN APLIKASI FUNGSI IMPLIKASI		63
LAMPIRAN B PERHITUNGAN METODE <i>FUZZY MAMDANI</i>		67
LAMPIRAN C DATA KUALITAS AIR KALI SURABAYA.....		73
LAMPIRAN D KUESIONER CARA PENYELESAIAN PENCEMARAN DI KALI SURABAYA.....		83
LAMPIRAN E LEMBAR ASISTENSI DAN BERITA ACARA.....		93
BIODATA PENULIS		99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Fungsi Representasi Linear Naik.....	7
Gambar 2.2	Fungsi Representasi Linear Turun.....	7
Gambar 2.3	Fungsi Representasi Kurva Segitiga.....	8
Gambar 2.4	Fungsi Representasi Kurva Trapesium.....	8
Gambar 3.1	Peta Kali Surabaya Segmen Gunungsari – Jagir.....	13
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian.....	15
Gambar 4.1	Peta Segmen 1 (Titik 1 – Titik 2).....	19
Gambar 4.2	Peta Segmen 2 (Titik 2 – Titik 3).....	20
Gambar 4.3	Grafik Suhu Titik 1 Tahun 2017-2022.....	22
Gambar 4.4	Grafik Suhu Titik 2 Tahun 2017-2022.....	23
Gambar 4.5	Grafik Suhu Titik 3 Tahun 2017-2022.....	23
Gambar 4.6	Grafik pH Titik 1 Tahun 2017-2022.....	24
Gambar 4.7	Grafik pH Titik 2 Tahun 2017-2022.....	24
Gambar 4.8	Grafik pH Titik 3 Tahun 2017-2022.....	25
Gambar 4.9	Grafik Konsentrasi BOD Titik 1 Tahun 2017-2022.....	26
Gambar 4.10	Grafik Konsentrasi BOD Titik 2 Tahun 2017-2022.....	26
Gambar 4.11	Grafik Konsentrasi BOD Titik 3 Tahun 2017-2022.....	27
Gambar 4.12	Grafik Konsentrasi COD Titik 1 Tahun 2017-2022.....	28
Gambar 4.13	Grafik Konsentrasi COD Titik 2 Tahun 2017-2022.....	28
Gambar 4.14	Grafik Konsentrasi COD Titik 3 Tahun 2017-2022.....	29
Gambar 4.15	Grafik Konsentrasi TSS Titik 1 Tahun 2017-2022.....	30
Gambar 4.16	Grafik Konsentrasi TSS Titik 2 Tahun 2017-2022.....	30
Gambar 4.17	Grafik Konsentrasi TSS Titik 3 Tahun 2017-2022.....	31
Gambar 4.18	Grafik Konsentrasi DO Titik 1 Tahun 2017-2022.....	31
Gambar 4.19	Grafik Konsentrasi DO Titik 2 Tahun 2017-2022.....	32
Gambar 4.20	Grafik Konsentrasi DO Titik 3 Tahun 2017-2022.....	32
Gambar 4.21	Fungsi Keanggotaan Suhu.....	36
Gambar 4.22	Fungsi Keanggotaan pH.....	38
Gambar 4.23	Fungsi Keanggotaan BOD.....	39
Gambar 4.24	Fungsi Keanggotaan COD.....	40
Gambar 4.25	Fungsi Keanggotaan TSS.....	41
Gambar 4.26	Fungsi Keanggotaan DO.....	42
Gambar 4.27	Fungsi Keanggotaan Tingkat Kualitas Air.....	43

Gambar 4.28	Grafik Proses Komposisi Aturan.....	46
Gambar 4.29	Grafik Proses <i>Defuzzification</i>	47
Gambar 4.30	Hirarki AHP	51
Gambar 4.31	Penentuan Aspek Terpilih	52
Gambar 4.32	Penentuan Alternatif Terpilih.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku Mutu Air Berdasarkan Kelas Air	5
Tabel 2.2	Daftar Penelitian Terdahulu.....	11
Tabel 3.1	Data Pembagian Segmen dan Titik	13
Tabel 4.1	Data Curah Hujan Kota Surabaya Tahun 2017-2022.....	21
Tabel 4.2	Baku Mutu Air Kelas II.....	22
Tabel 4.3	Rata-Rata Per Parameter Pada Titik 1	34
Tabel 4.4	Rata-Rata Per Parameter Pada Titik 2	34
Tabel 4.5	Rata-Rata Per Parameter Pada Titik 3	35
Tabel 4.6	Semesta Untuk Tiap Variabel.....	36
Tabel 4.7	Klasifikasi Tingkat Kualitas Air Sungai.....	43
Tabel 4.8	Hasil Contoh Perhitungan Aplikasi Fungsi Implikasi Kasus 1	45
Tabel 4.9	Hasil Contoh Perhitungan Aplikasi Fungsi Implikasi Kasus 2	45
Tabel 4.10	Hasil Contoh Perhitungan Komposisi Aturan Kasus 2	46
Tabel 4.11	Hasil <i>Defuzzification</i> Tingkat Kualitas Air Kali Surabaya Segmen Gunungsari – Jagir	48

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan zat yang paling penting yang dibutuhkan oleh manusia setelah udara. Manusia menggunakan air untuk minum, mandi, mencuci pakaian dan lainnya. Salah satu sumber air dapat berasal dari air permukaan, seperti danau dan sungai. Kualitas sungai di suatu daerah sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Jika kesadaran manusia akan kebersihan sungai tinggi, maka kualitas air sungai juga akan baik dan tetap sesuai dengan standar air bersih yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Yogafanny, 2015). Pencemaran air pada sungai dapat terjadi karena limbah dari beberapa sektor, seperti sektor industri, sektor permukiman, sektor pertanian dan sektor lainnya (Hakim & Nur, 2020). Adanya pencemaran ini dapat menimbulkan dampak negatif ke lingkungan sekitar, bukan hanya memberikan dampak ke manusia, namun juga ke biota yang hidup di dalam sungai yaitu menyebabkan hewan dan tumbuhan mati (Puspitasari, 2009). Dampak pencemaran air sungai terhadap kesehatan manusia adalah munculnya penyakit diare, gangguan kulit dan dermatitis (Sugierster et al., 2021).

Kali Surabaya merupakan anak Sungai Brantas yang memiliki panjang 41 km dari DAM Mirip Mojokerto dan berakhir di DAM Jagir Surabaya (Prahutama, 2013). Adanya kawasan permukiman padat penduduk, industri, pertanian, peternakan dan fasilitas umum di sekitar Kali Surabaya menyebabkan terjadinya pencemaran sungai karena limbah domestik maupun limbah industri. Menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya Tahun 2014-2034, kawasan sempadan sungai yang ada di Kota Surabaya dapat difungsikan sebagai fungsi lindung dan kawasan wisata. Menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi air yang dapat digunakan sebagai tempat wisata adalah kelas II. Berdasarkan pemantauan yang dilakukan Perum Jasa Tirta pada tahun 2016, pH dan COD air Kali Surabaya telah memenuhi baku mutu air kelas II, namun untuk suhu, TSS, BOD dan DO air Kali Surabaya tidak memenuhi baku mutu air kelas II.

Berdasarkan permasalahan yang disebutkan, maka perlu dilakukan penelitian mengenai tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir agar dapat memenuhi baku mutu air kelas II. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, tingkat kualitas air dapat ditentukan menggunakan metode STORET atau metode Indeks Pencemaran. Namun, kedua metode ini memiliki kelemahan yaitu, metode ini lebih dipengaruhi oleh parameter biologi dibandingkan dengan parameter fisika dan kimia (Widyastiti, 2018). Selain itu, kekurangan dari metode ini adalah metode ini digunakan secara manual dengan cara menghitung masing-masing parameter sehingga membutuhkan waktu yang lama. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka identifikasi tingkat kualitas air dalam penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Analysis*. Penggunaan metode ini lebih mendekati logika manusia dan memiliki hasil berupa himpunan *fuzzy* (Charlina, 2016). Kelebihan lain dari metode *Fuzzy Analysis* adalah mengatasi ketidakjelasan penggunaan batas dalam beberapa klasifikasi yang digunakan, karena jika ada sedikit peningkatan atau penurunan dari suatu data, maka dapat mengubah hasil dari klasifikasi (Arya & Srivastava, 2019). Setelah mengidentifikasi tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir, selanjutnya adalah menyusun cara penyelesaian pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Alasan dipilihnya

metode AHP adalah metode ini mudah dipahami untuk berbagai permasalahan yang tidak terstruktur, dapat digunakan untuk saling ketergantungan elemen dalam satu sistem dan dapat memberikan skala dalam mengukur hal-hal untuk mendapat prioritas (Tabrani et al., 2017).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka dapat disusun rumusan masalah dari penelitian ini seperti berikut.

1. Bagaimana tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir?
2. Bagaimana penyelesaian pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir menggunakan metode *Fuzzy Analysis*.
2. Menentukan cara penyelesaian pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)*.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang direncanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Wilayah studi adalah Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir. Hulu terletak di pintu air Gunungsari dan hilir berada di pintu air Jagir.
2. Data yang digunakan adalah data sekunder dan data primer. Data sekunder berupa peta Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir dan data kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir tahun 2017-2022. Sedangkan, data primer berupa kuesioner para ahli.
3. Parameter kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir yang digunakan adalah suhu, pH, BOD, COD, TSS, dan DO.
4. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir adalah *Fuzzy Analysis*. Sedangkan, metode yang digunakan untuk menentukan cara penyelesaian pencemaran yang terjadi pada Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir adalah *Analytic Hierarchy Process (AHP)*.
5. Baku mutu air sungai yang digunakan adalah baku mutu air kelas II berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya nomor 2 tahun 2004 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir.
2. Memberikan informasi cara penyelesaian pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Kota Surabaya

Kota Surabaya merupakan ibukota dari Provinsi Jawa Timur dan juga kota terbesar kedua di Indonesia setelah Kota Jakarta. Luas wilayah Kota Surabaya adalah $\pm 326,81 \text{ km}^2$ yang terbagi menjadi 31 kecamatan dan 154 kelurahan dengan total penduduk pada tahun 2020 adalah 2.874.314 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2021). Wilayah Kota Surabaya merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3 – 6 meter di atas permukaan air laut, kecuali di bagian Selatan kota yang memiliki ketinggian 25 – 50 meter di atas permukaan laut. Secara astronomis, Kota Surabaya terletak pada $7^\circ 9' - 7^\circ 21'$ Lintang Selatan dan $112^\circ 36' - 112^\circ 54'$ Bujur Timur. Secara geografis, Kota Surabaya memiliki batas-batas wilayah sebagai berikut.

- Sebelah Utara : Selat Madura
- Sebelah Timur : Selat Madura
- Sebelah Selatan : Kabupaten Sidoarjo
- Sebelah Barat : Kabupaten Gresik

Berdasarkan data dari Stasiun Meteorologi Juanda tahun 2020, curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember 2020 dengan curah hujan sebesar 655,2 mm. Sedangkan, curah hujan terendah terjadi pada bulan September 2020 dengan curah hujan 0,00 mm dan bulan Juli 2020 dengan curah hujan 2,50 mm (Badan Pusat Statistik, 2021).

2.2 Gambaran Umum Kali Surabaya

Sungai Brantas yang berhulu di Kota Mojokerto memiliki 2 cabang yaitu Kali Porong dan Kali Surabaya. Kali Surabaya merupakan salah satu sungai utama di Surabaya. Kali Surabaya memiliki panjang 41 km dari DAM Mlirip Mojokerto dan berakhir di DAM Jagir Surabaya (Prahutama, 2013). Berdasarkan data dari Perum Jasa Tirta, debit air Kali Surabaya berkisar antara 20 - 160 m^3/detik . Menurut Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur, Kali Surabaya memiliki kedalaman rata-rata antara 2 – 5 m dan lebar rata-rata 35 – 55 m. Sedangkan, kecepatan aliran rata-rata Kali Surabaya berkisar antara 0,15 – 0,45 m/detik.

Menurut Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, Kali Surabaya memiliki beberapa fungsi sebagai berikut.

1. Sebagai sumber air baku bagi PDAM Surabaya, kegiatan industri, kawasan perumahan dan pertanian
2. Pengendali banjir Kota Surabaya dan sekitarnya dengan adanya pengaturan debit di pintu air Mlirip dan Gunungsari
3. Sebagai sarana wisata, olahraga air dan transportasi air
4. Pemasok air sebagai aliran dasar (*base flow*) sebesar $\pm 7,5 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang memiliki fungsi untuk pengenceran air limbah industri dan domestik serta mempertahankan ekosistem sungai, baik di Kali Surabaya maupun saluran drainase kota.

2.3 Daerah Aliran Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 37 tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai pasal 1, daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke

laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 38 tahun 2011 tentang Sungai, sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan aliran air mulai dari hulu sampai muara yang dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Sungai adalah tempat berkumpulnya air yang mengalir menuju ke tempat yang lebih rendah. Sungai sebagai sumber air memiliki fungsi yang sangat penting bagi aktivitas manusia. Sungai memiliki beberapa fungsi, yaitu, sebagai jalur transportasi, untuk keperluan mandi dan cuci, dan lainnya yang merupakan fungsi yang menunjang sosial dan ekonomi masyarakat (Rochgiyanti, 2011).

2.4 Definisi Pencemaran Air

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Faktor yang mempengaruhi terjadinya pencemaran air ini adalah aktivitas industri dan aktivitas manusia yang dapat menurunkan kualitas air sungai. Pencemaran air sungai juga dapat terjadi karena proses alam, salah satunya karena iklim, contohnya pada saat musim kemarau, volume air sungai lebih sedikit daripada musim hujan, sehingga kemampuan sungai untuk menjadi penetral bahan pencemar juga akan berkurang (Idrus, 2015). Pencemaran air dapat menimbulkan dampak negatif ke manusia seperti munculnya penyakit diare, gangguan kulit dan dermatitis (Sugierster et al., 2021). Selain itu, pencemaran air, juga memberikan dampak negatif ke biota yang hidup di dalam sungai yaitu menyebabkan hewan dan tumbuhan mati (Puspitasari, 2009).

2.5 Kelas Air Sungai

Dalam upaya pengendalian pencemaran air sungai, Pemerintah Kota Surabaya menetapkan kelas sungai menjadi empat kelas dan masing-masing memiliki baku mutu yang berbeda sesuai dengan peruntukannya. Menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya nomor 2 tahun 2004 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi mutu air dibedakan menjadi empat, yaitu diantaranya sebagai berikut.

1. Kelas I, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas II, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar dan air payau, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan/atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas III, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar dan air payau, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan/atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas IV, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan/atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Setiap kelas air sungai memiliki baku mutu berdasarkan peruntukannya. Baku mutu setiap kelas air sungai dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Berdasarkan Kelas Air

No	Parameter	Satuan	Kelas			
			I	II	III	IV
1	Suhu	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5
2	TSS	mg/L	50	50	400	400
3	pH		6 – 9	6 – 9	6 – 9	6 – 9
4	BOD	mg/L	2	3	6	12
5	COD	mg/L	10	25	50	100
6	DO	mg/L	6	4	3	0

Sumber: Peraturan Daerah Kota Surabaya nomor 2 tahun 2004

2.6 Parameter Kualitas Air

Untuk menentukan tingkat kualitas air sungai, maka Langkah awal yang harus dilakukan adalah mengetahui parameter fisik dan kimia dari sungai. Parameter fisik yaitu suhu dan TSS, sedangkan parameter kimia yaitu pH, BOD, COD dan DO.

1. Parameter Fisik

a. Suhu

Peningkatan suhu pada sungai dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu, intensitas sinar matahari yang masuk ke sungai cukup tinggi dan adanya vegetasi di sekitar bantaran sungai. Hubungan antara suhu sungai dengan parameter TSS pada sungai adalah semakin tinggi suhu air sungai, maka semakin tinggi pula konsentrasi TSS pada sungai (Marlina et al., 2017). Suhu juga berpengaruh terhadap kelarutan oksigen di dalam air, proses metabolisme dan reaksi-reaksi kimia dalam sungai. Semakin meningkat suhu, maka semakin meningkat metabolisme tubuh organisme di sungai, termasuk bakteri pengurai, yang menyebabkan meningkatnya proses dekomposisi bahan organik dan kebutuhan oksigen terlarut menjadi tinggi. Proses ini menyebabkan kandungan oksigen terlarut di dalam air menurun (Gazali et al., 2013).

b. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah zat padat tersuspensi yang menimbulkan kekeruhan pada sungai sehingga menyebabkan berkurangnya oksigen dalam air sungai. Kekeruhan air dapat disebabkan oleh zat padat tersuspensi organik dan anorganik. Zat organik dapat berasal dari pelapukan hewan dan tanaman, sedangkan zat anorganik dapat berasal dari pelapukan batuan dan logam. Peningkatan TSS ini dapat menyebabkan terganggunya proses respirasi biota air karena terakumulasinya zat tersuspensi pada saluran pernapasan dan menghambat masuknya cahaya matahari untuk masuk ke dalam air (Suryani, 2019).

2. Parameter Kimia

a. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) adalah ukuran dari konsentrasi ion hidrogen yang akan menentukan sifat asam atau basa dari suatu perairan. Perubahan pH pada sungai dapat berpengaruh pada proses fisika, kimia dan biologi dari biota air sungai, daya racun bahan pencemaran dan kelarutan beberapa gas serta menentukan bentuk zat di dalam sungai (Gazali et al., 2013).

b. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk degradasi bahan organik yang mudah didegradasi (*biodegradable*) dalam kondisi aerobik (Agustira et al., 2013). Peningkatan konsentrasi BOD menunjukkan derajat pengotor dari air limbah yang semakin besar. Hal ini karena

meningkatnya jumlah bahan organik pada perairan yang berdampak pada menurunnya kandungan oksigen terlarut dalam perairan (Gazali et al., 2013).

c. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk degradasi seluruh bahan organik yang terkandung dalam air baik yang mudah didegradasi (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi (*non-biodegradable*) (Agustira et al., 2013). Nilai COD selalu lebih besar daripada nilai BOD, karena nilai COD menunjukkan jumlah total bahan organik yang terkandung dalam air. Peningkatan konsentrasi COD dapat disebabkan oleh adanya bahan organik dalam sungai yang bersumber dari adanya permukiman pada penduduk di sekitar sungai (Marlina et al., 2017).

d. DO (*Dissolved Oxygen*)

DO (*Dissolved Oxygen*) adalah oksigen yang terlarut dalam air yang diperlukan oleh biota perairan untuk respirasi dan metabolisme serta digunakan mikroorganisme dalam proses degradasi bahan organik. Oksigen terlarut ini dapat berasal dari proses fotosintesis, difusi udara dan turbulensi atau pergolakan air. Semakin tinggi kandungan bahan organik dalam perairan, maka semakin banyak oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk proses degradasi yang juga berdampak pada penurunan kandungan oksigen terlarut dalam perairan (Gazali et al., 2013). Rendahnya kandungan oksigen terlarut juga merupakan indikasi terjadinya pencemaran akibat limbah permukiman pada suatu perairan (Irwan et al., 2017).

2.7 Logika Fuzzy

Fuzzy merupakan kata sifat yang menggambarkan sesuatu yang tidak jelas, meragukan, tidak tepat, dan lainnya. Konsep himpunan *fuzzy* merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk menangani ketidakpastian batas yang tidak jelas antara satu kondisi dengan kondisi yang lain (Kusumadewi & Purnomo, 2010). Logika *fuzzy* dikategorikan menjadi tiga, yaitu, Sugeno, Mamdani dan Tsukamoto. Berikut ini merupakan beberapa alasan penggunaan logika *fuzzy*.

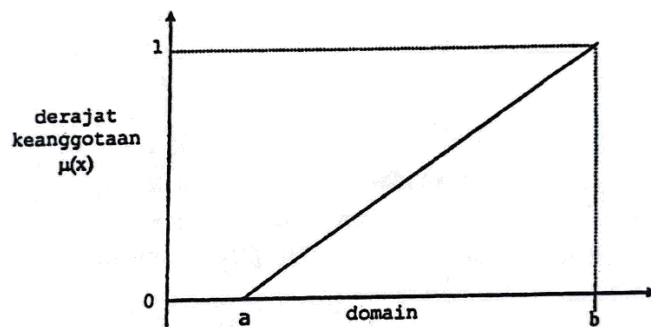
- Mudah dipahami
- Fleksibel
- Memiliki toleransi terhadap data yang kurang tepat
- Mampu memodelkan fungsi non linear yang kompleks
- Dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung
- Dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional

Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut. Yang pertama adalah linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami atau kata-kata. Yang kedua adalah numeris, yaitu suatu nilai atau angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel (Kusumadewi & Purnomo, 2010). Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan *input* data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval 0 sampai 1. Cara untuk mendapatkan fungsi keanggotaan dapat melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan yaitu representasi linear (naik dan turun), representasi kurva segitiga dan representasi kurva trapesium seperti berikut.

1. Fungsi Representasi Linear

Pemetaan *input* ke derajat keanggotaan pada fungsi representasi linear digambarkan dalam garis lurus. Fungsi representasi linear terdiri dari dua fungsi, yaitu linear naik dan linear turun. Pada fungsi representasi linear naik, kenaikan himpunan dimulai pada domain nol [0] bergerak ke kanan menuju nilai domain yang lebih tinggi. Berikut ini adalah persamaan untuk fungsi representasi linear naik dan grafiknya pada Gambar 2.1.

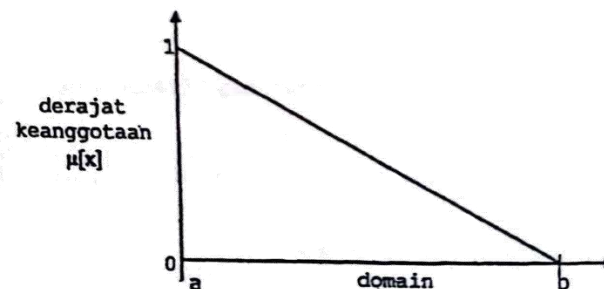
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$



Gambar 2.1 Fungsi Representasi Linear Naik
Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010)

Pada fungsi representasi linear turun, garis lurus dimulai pada nilai domain tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke kanan menuju nilai domain yang lebih rendah. Berikut ini adalah persamaan untuk fungsi representasi linear turun dan grafiknya pada Gambar 2.2.

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

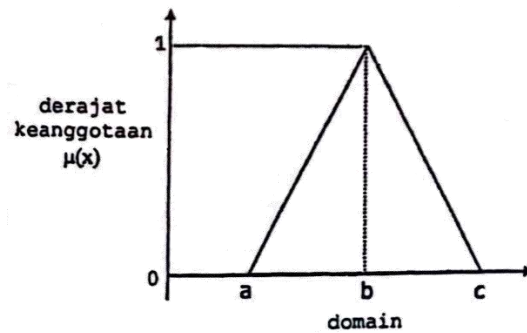


Gambar 2.2 Fungsi Representasi Linear Turun
Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010)

2. Fungsi Representasi Kurva Segitiga

Fungsi ini pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis lurus. Fungsi keanggotaan ini ditandai dengan tiga huruf (a,b,c) yang akan menentukan koordinat x. Berikut ini adalah persamaan untuk fungsi representasi kurva segitiga dan grafiknya pada Gambar 2.3.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases}$$



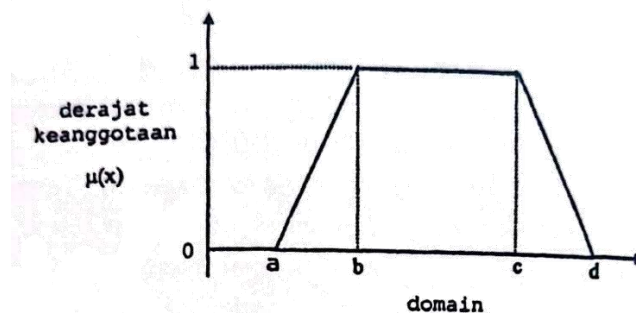
Gambar 2.3 Fungsi Representasi Kurva Segitiga

Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010)

3. Fungsi Representasi Kurva Trapesium

Fungsi ini pada dasarnya seperti bentuk segitiga, yang berbeda adalah pada beberapa titik memiliki nilai keanggotaan satu. Berikut ini adalah persamaan untuk fungsi representasi kurva trapesium dan grafiknya pada Gambar 2.4.

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



Gambar 2.4 Fungsi Representasi Kurva Trapesium

Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010)

2.7.2 Operasi Himpunan *Fuzzy*

Operasi himpunan *fuzzy* diciptakan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Operasi ini terdiri dari tiga operator dasar seperti berikut.

1. Operator AND

Operator AND digunakan untuk hasil operasi dua himpunan. α predikat diperoleh dengan mengambil nilai minimum antara kedua himpunan. Berikut merupakan rumus dari operator AND.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

2. Operator OR

Operator OR berhubungan dengan operasi *union*, α predikat diperoleh dengan mengambil nilai maksimum antara kedua himpunan. Berikut merupakan rumus dari operator OR.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

3. Operator NOT

Operator NOT berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan, α predikat diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen dengan nilai 1 (satu).

2.7.3 Metode *Fuzzy Mamdani*

Metode *Fuzzy Mamdani* merupakan salah satu logika *fuzzy*. Metode ini sering dikenal dengan nama metode min-max, karena dalam metode ini menggunakan struktur sederhana fungsi min-max. Metode ini diciptakan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Kusumadewi & Purnomo, 2010). Untuk mendapatkan *output* menggunakan metode ini, diperlukan 4 tahap sebagai berikut.

1. *Fuzzification* (Pembentukan Himpunan *Fuzzy*)

Pada tahap ini, variable *input* dan *output* dibagi menjadi satu atau lebih dalam himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada tahap ini, fungsi implikasi yang digunakan adalah operator AND atau fungsi min. Bentuk umum aturan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ THEN } y \text{ is } B$$

Dengan x dan y adalah skalar, A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti IF disebut anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut konsekuen.

3. Komposisi Aturan

Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy mamdani*, yaitu, max, additive dan probabilistic OR (*probor*). Penjelasan dari ketiga metode tersebut adalah sebagai berikut.

a. Metode Max

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi tiap-tiap proposisi.

b. Metode Additive

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

c. Metode Probabilistik OR

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

4. Defuzzification (Penegasan)

Input dari tahap ini adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang didapatkan adalah suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* dalam range tertentu. Sehingga perlu diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai *output*. Ada lima metode yang umum digunakan dalam tahap ini yaitu sebagai berikut.

a. Metode Centroid (Composite Moment)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

b. Metode Bisektor

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

c. Metode Mean of Maximum (MOM)

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

d. Metode Largest of Maximum (LOM)

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

e. Metode Smallest of Maximum (SOM)

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

2.8 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) adalah suatu metode pembuatan keputusan. AHP digunakan untuk menentukan keputusan dari permasalahan yang kompleks atau ketidakpastian yang memiliki banyak kriteria penilaian (Saaty, 1994). Metode AHP akan menguraikan masalah yang kompleks menjadi suatu hierarki. Hierarki merupakan suatu representasi dari permasalahan kompleks dalam suatu struktur multilevel. Level pertama merupakan tujuan, lalu level factor, level kriteria, level sub kriteria dan seterusnya hingga level terakhir yaitu alternatif. Terdapat empat prinsip dasar AHP yaitu sebagai berikut.

1. Decomposition (Dekomposisi)

Yang dilakukan pada tahap ini adalah pemecahan permasalahan yang kompleks menjadi beberapa unsur yang sederhana. Pemecahan ini akan menghasilkan beberapa tingkatan dari permasalahan yang nantinya akan tersusun menjadi hierarki.

2. Comparative Judgement (Penilaian Komparatif)

Yang dilakukan pada tahap ini adalah pembuatan penilaian mengenai kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu yang berkaitan dengan tingkat di atasnya. Tahap ini merupakan inti dari metode AHP karena berpengaruh terhadap prioritas elemen-elemen. Hasil dari tahap ini lebih baik disajikan dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan.

3. Synthesis of Priority (Sintesis Prioritas)

Yang dilakukan pada tahap ini adalah melakukan sintesis di antara prioritas lokal untuk mendapatkan prioritas global. Prioritas lokal didapatkan dari vektor eigen

dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Pengurutan elemen-elemen menurut kepentingan relatif melalui prosedur sintesis disebut dengan *priority setting*.

4. *Logical Consistency* (Konsistensi Lokal)

Yang dilakukan pada tahap ini adalah melakukan penilaian kepentingan relatif yang konsisten antara satu kriteria dengan kriteria lainnya. Tahap ini merupakan karakteristik penting pada metode AHP.

Alasan sering digunakannya AHP sebagai metode pengambil keputusan adalah sebagai berikut.

- Terbukti sukses dalam beberapa pemecahan masalah pada suatu kasus
- AHP mampu mengkombinasikan sistem hierarki kriteria ke cara analitis
- Penggunaan matriks perbandingan berpasangan yang dilakukan berulang-ulang untuk menciptakan data yang konsisten

Selain memiliki kelebihan, metode AHP juga memiliki kelemahan yaitu sebagai berikut.

- Orang yang dilibatkan harus orang yang memiliki pengetahuan atau pengalaman yang berhubungan dengan metode AHP
- Perbaikan keputusan dilakukan melalui pengulangan kembali proses AHP dari tahap awal

2.9 Penelitian Terdahulu

Ide penelitian ini juga didapatkan dari beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk menentukan atau mengidentifikasi tingkat kualitas air sungai. Daftar penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Daftar Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Charlina (2016)	Sistem Penentuan Tingkat Pencemaran Air Sungai Menggunakan Metode <i>Fuzzy Mamdani</i> pada Aplikasi Android Berbasis Web	Penentuan tingkat kualitas air Sungai di Kabupaten Tulungagung yang berjumlah 12 sungai menggunakan parameter pH, BOD, COD dan DO. Hasil yang didapatkan adalah kualitas air Sungai 1 adalah tercemar ringan dengan nilai 4,6, Sungai 2 adalah tercemar sedang dengan nilai 5,9, Sungai 3 adalah tercemar ringan 2,9, Sungai 4 adalah tercemar sedang dengan nilai 5,9, Sungai 5 adalah tercemar sedang dengan nilai 9,7, Sungai 6 adalah tercemar sedang dengan nilai 9,9, Sungai 7 adalah tercemar sedang dengan nilai 6,6, Sungai 8 adalah tercemar ringan dengan nilai 4,5, Sungai 9 adalah tercemar ringan dengan nilai 1,8, Sungai 10 adalah baik dengan nilai 0,75, Sungai 11 adalah baik dengan nilai 0,75 dan Sungai 12 adalah tercemar ringan dengan nilai 1,8.

No	Peneliti	Judul	Hasil
2.	Anggraeni et al. (2017)	Klasifikasi Kualitas Air Sungai Winongo Menggunakan <i>Fuzzy Inference System</i> (FIS) Metode Mamdani	Penentuan tingkat kualitas air Sungai Winongo menggunakan parameter warna, TDS, TSS, BOD, COD, DO, pH, klorin bebas, nitrat, nitrit, timbal, coliform, coli tinja, fenol serta minyak dan lemak. Hasil yang didapatkan adalah kualitas air Sungai Winongo pada tahun 2007 adalah tercemar berat dengan nilai 41,7, pada tahun 2008 adalah tercemar berat dengan nilai 33, pada tahun 2009 adalah tercemar berat dengan nilai 36, pada tahun 2010 adalah tercemar berat dengan nilai 44,1, pada tahun 2011 adalah tercemar berat dengan nilai 49,7, pada tahun 2012 adalah tercemar berat dengan nilai 41,7, pada tahun 2013 adalah tercemar berat dengan nilai 41, pada tahun 2014 adalah tercemar berat dengan nilai 38, pada tahun 2015 adalah tercemar berat dengan nilai 39 dan pada tahun 2016 adalah tercemar berat dengan nilai 49,8.
3.	Widyastiti (2018)	Penerapan Metode <i>Fuzzy Mamdani</i> untuk Menentukan Tingkat Kualitas Air Sungai Lintas Provinsi di Pulau Jawa	Penentuan tingkat kualitas air sungai lintas provinsi di Pulau Jawa menggunakan parameter TSS, DO, BOD dan COD. Hasil yang didapatkan adalah kualitas air sungai di Provinsi Banten adalah tercemar berat dengan nilai 12,5, lalu di Provinsi DKI Jakarta adalah tercemar berat dengan nilai 12,5, lalu di Provinsi Jawa Barat adalah tercemar berat dengan nilai 12,9, lalu di Provinsi Jawa Tengah adalah tercemar berat dengan nilai 12,5, lalu di Provinsi DI Yogyakarta adalah tercemar ringan dengan nilai 4,67, dan di Provinsi Jawa Timur adalah tercemar sedang dengan nilai 8,03.

BAB III

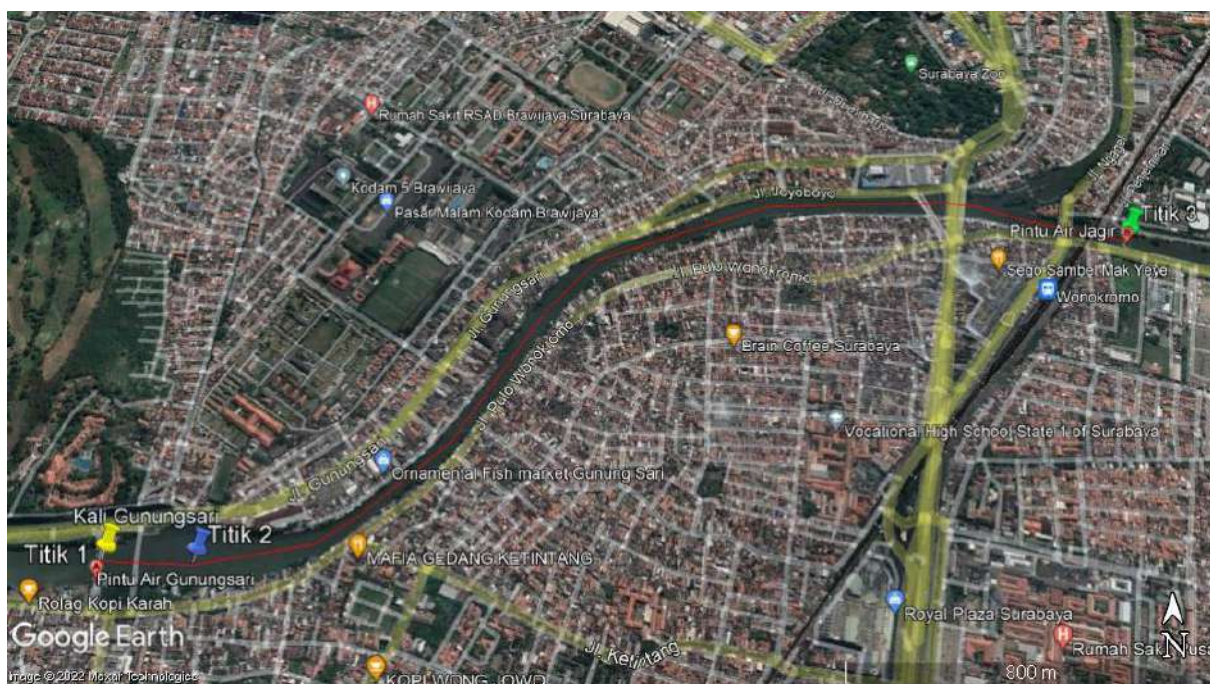
METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Umum

Penelitian ini memiliki tujuan menentukan tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir. Setelah mengetahui tingkat kualitas air, maka selanjutnya adalah menentukan cara penyelesaian pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir. Metode penelitian ini digunakan sebagai dasar prosedur dan langkah-langkah sistematis yang harus dilakukan dalam melakukan penelitian.

3.2 Wilayah Penelitian

Kali Surabaya merupakan salah satu sungai utama di Surabaya yang memiliki panjang 41 km. Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah Kali Surabaya mulai dari segmen Gunungsari hingga Jagir. Pada segmen ini, hulu terletak di pintu air Gunungsari dan hilir terletak di pintu air Jagir dengan panjang 2,84 km seperti yang terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Kali Surabaya Segmen Gunungsari – Jagir
Sumber: Google Earth (2022)

Untuk data pembagian tiap segmen dan titik dapat dilihat pada tabel 3.1.

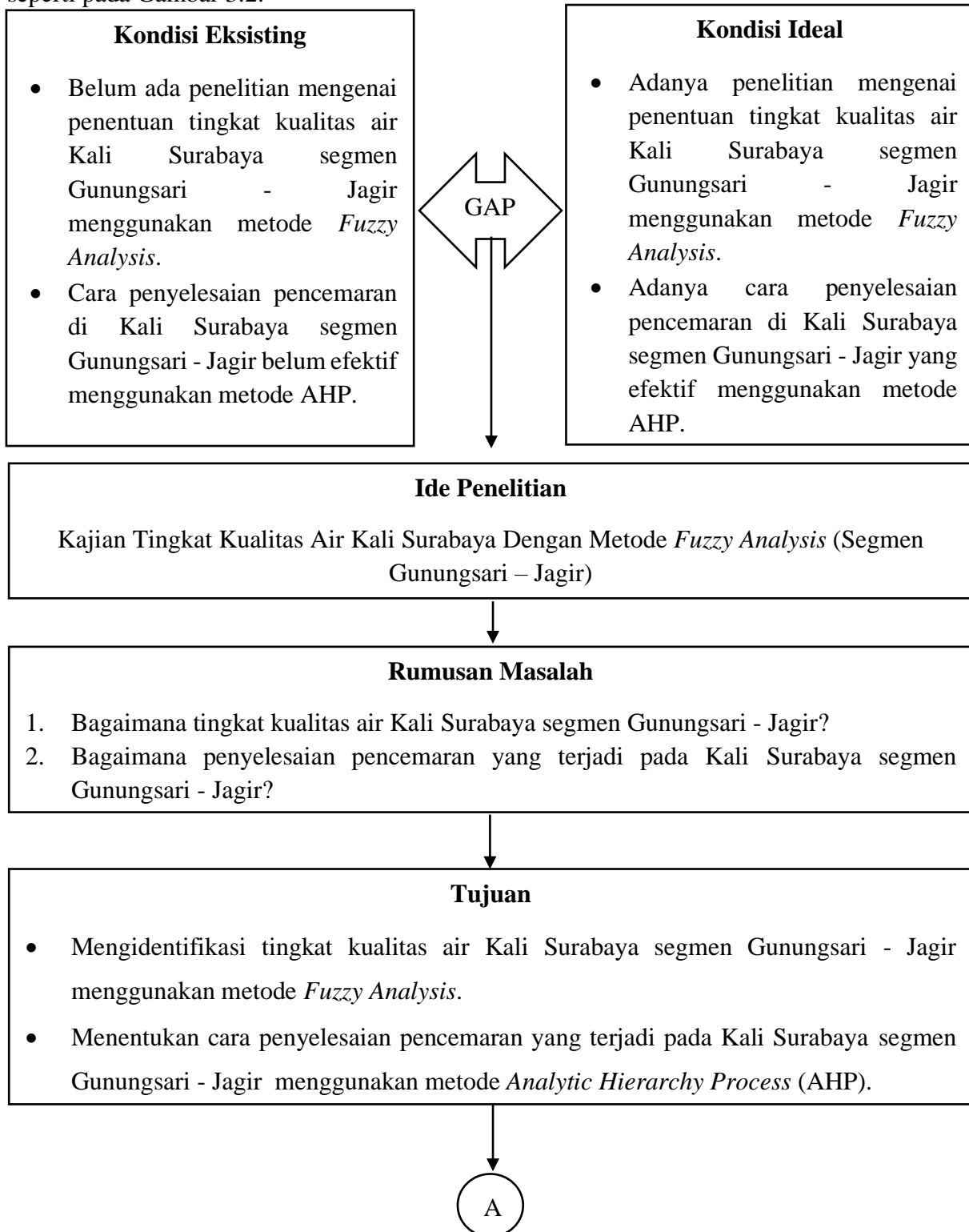
Tabel 3.1 Data Pembagian Segmen dan Titik

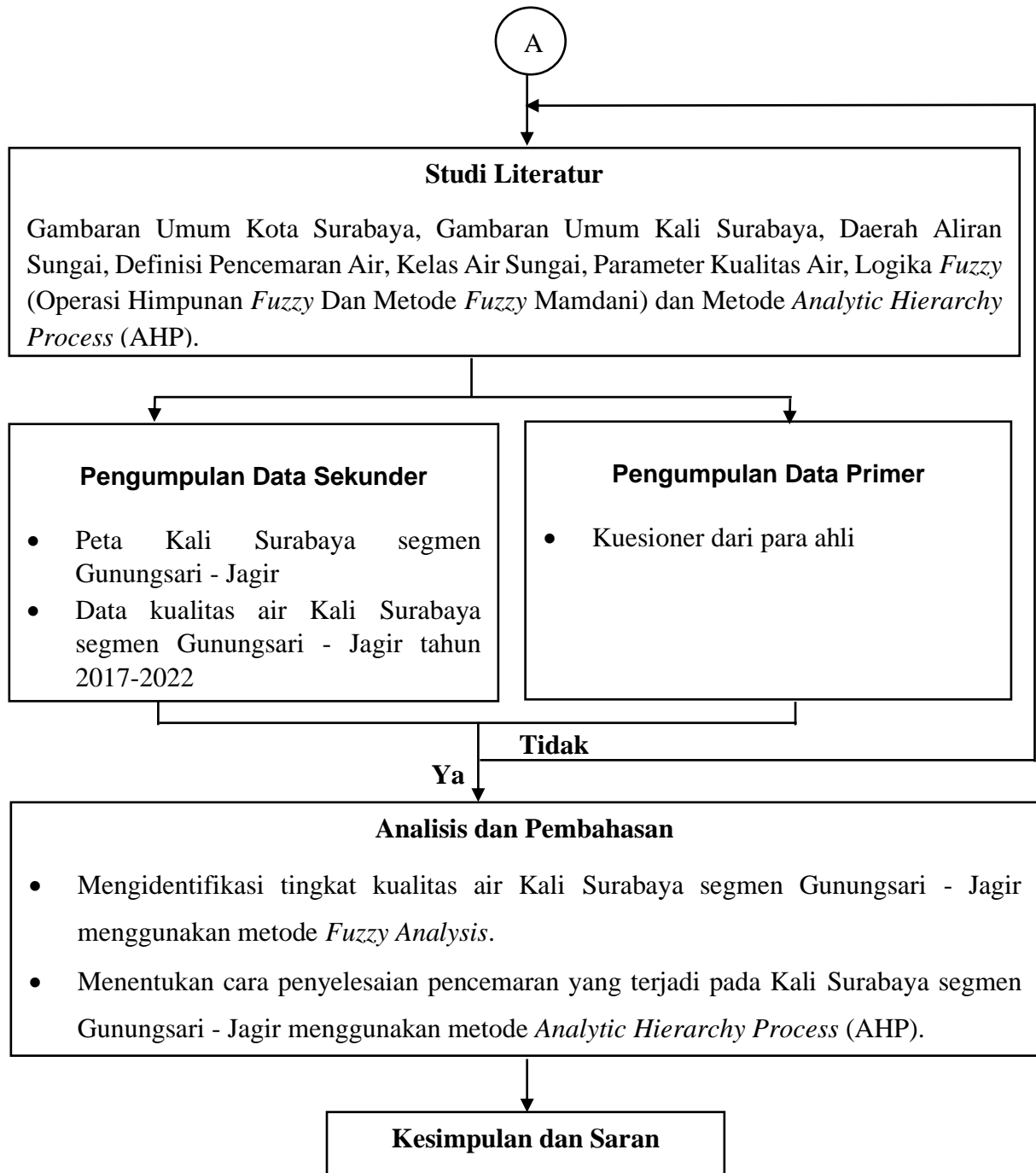
Segmen	Panjang	Koordinat Hulu	Koordinat Hilir
1 (Titik 1 – 2)	0,2 km	-7.303684, 112.726035	-7.308077, 112.722582
2 (Titik 2 – 3)	2,64 km	-7.308077, 112.722582	-7.300416, 112.740473

3.3 Kerangka Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan metode penelitian yang dirancang berdasarkan adanya suatu permasalahan terhadap ide penelitian. Metode penelitian disusun secara sistematis dan rinci untuk menjadi pedoman dalam mempermudah proses pengerjaan dan mengurangi

risiko yang dapat terjadi selama proses pengerjaan. Kerangka studi dari penelitian ini dijelaskan seperti pada Gambar 3.2.





Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap. Tahap tersebut meliputi pencarian ide penelitian, melakukan studi literatur, pengumpulan data, analisis data dan pembahasan serta penarikan kesimpulan dan saran. Tahapan penelitian ini perlu disusun secara sistematis supaya dapat membantu pelaksanaan penelitian sesuai dengan prosedur, sehingga mampu menjawab tujuan yang ingin dicapai.

3.4.1 Ide Penelitian

Ide penelitian didapatkan setelah menganalisis gap antara kondisi ideal dan kondisi eksisting pada objek penelitian yaitu Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir.

3.4.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi terkait penelitian yang akan dilakukan serta menambah pemahaman. Adapun sumber pustaka yang digunakan pada penelitian ini berasal dari jurnal penelitian nasional maupun internasional, buku teks, laporan tugas akhir, tesis dan disertasi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur yang akan dipelajari pada penelitian ini antara lain adalah mengenai gambaran umum Kota Surabaya, gambaran umum Kali Surabaya, daerah aliran sungai, definisi pencemaran air, kelas air sungai, parameter kualitas air, logika *fuzzy* (operasi himpunan *fuzzy* dan metode *fuzzy* mamdani) serta metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

3.4.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua, yaitu data sekunder dan data primer. Pengumpulan data sekunder dari penelitian ini meliputi peta Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir dan data kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir tahun 2017-2022. Sedangkan, data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah kuesioner dari para ahli. Data parameter kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir meliputi suhu, pH, BOD, COD, TSS dan DO.

Pada tahap pengumpulan data ini, setelah semua data yang diperlukan terkumpul, maka dilakukan pemeriksaan apakah data yang didapatkan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Jika sesuai, maka dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu analisis dan pembahasan. Jika tidak sesuai, maka tahap penelitian kembali ke studi literatur.

3.4.4 Analisis dan Pembahasan

Analisis data dan pembahasan dalam penelitian adalah mengolah data yang didapatkan menggunakan metode *fuzzy analysis* (*Fuzzy Mamdani*) dan *software* MATLAB untuk mengidentifikasi tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir. Data yang digunakan dalam metode ini adalah data kualitas air Kali Surabaya tahun 2017-2022 yang didapatkan dari Perum Jasa Tirta I. Berikut ini adalah tahap dari metode *Fuzzy Mamdani*.

- *Fuzzification* : pembentukan himpunan fuzzy
- Aplikasi fungsi implikasi : menggunakan operator AND atau fungsi minimum
- Komposisi aturan : menggunakan metode inferensi sistem maksimum
- *Defuzzification* : menggunakan metode centroid

Setelah itu, akan dilakukan penentuan cara penyelesaian pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya segmen Gunungsari - Jagir menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *software Expert Choice* 11. Alternatif cara penyelesaian pencemaran didapatkan dari studi literatur, berupa jurnal, makalah, tugas akhir, dan lainnya. Berikut ini adalah tahap dari metode AHP.

- Dekomposisi : pemecahan masalah yang kompleks menjadi beberapa unsur yang sederhana
- Penilaian komparatif : pembuatan penilaian dua elemen pada suatu tingkat dengan tingkat di atasnya
- Sintesis prioritas : dilakukan untuk mendapatkan prioritas global
- Konsistensi lokal : melakukan penilaian antara satu kriteria dengan kriteria lainnya

3.4.5 Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan dari data yang telah didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menarik kesimpulan dan saran. Kesimpulan adalah fakta pengujian yang didapatkan dari analisis data dan pembahasan, kesimpulan juga dapat menjawab tujuan awal dari penelitian ini. Sedangkan, saran adalah ulasan yang ditujukan untuk perbaikan bagi penelitian selanjutnya.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

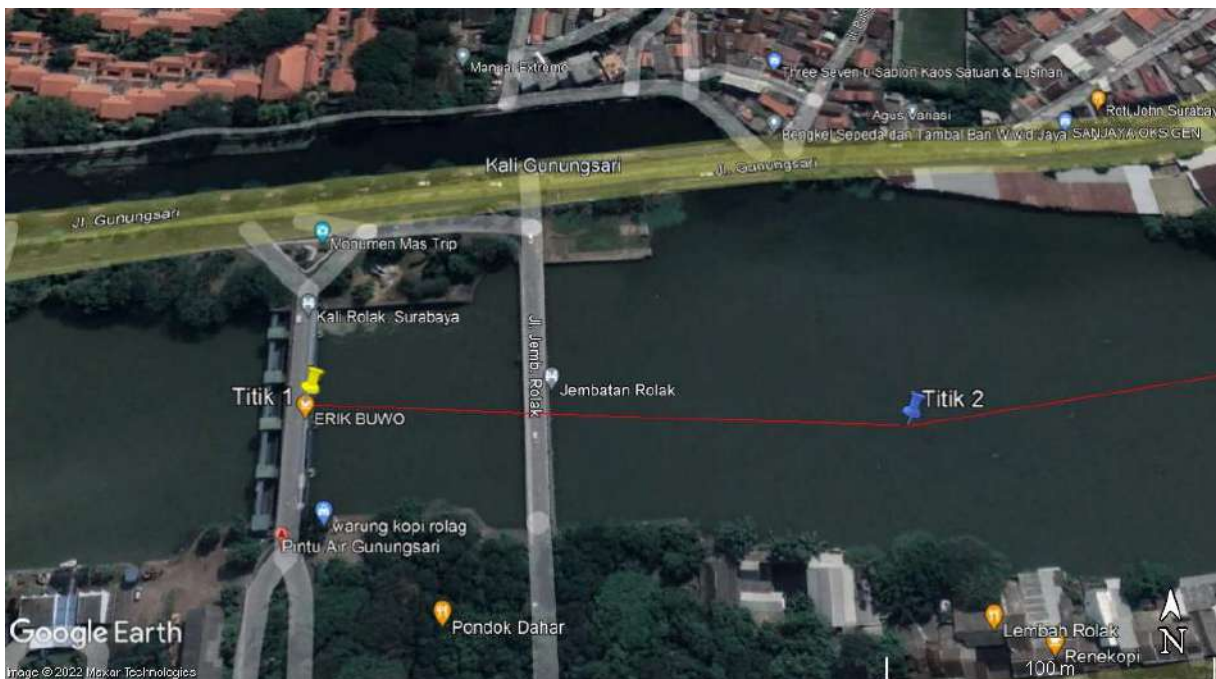
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Segmentasi Kali Surabaya

Pada penelitian ini, Kali Surabaya dibagi menjadi beberapa segmen dengan hulu yaitu pintu air Gunungsari dan hilir yaitu pintu air Jagir yang memiliki panjang 2,84 km. Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir dibagi menjadi 2 segmen dengan 3 titik. Pembagian segmen dan titik ini sesuai dengan titik pemantauan secara berkala yang dilakukan oleh Perum Jasa Tirta I. Berikut ini merupakan karakteristik pada tiap segmen.

1. Segmen 1 (titik 1 – titik 2)

Segmen 1 menghubungkan titik 1 dengan titik 2 yang memiliki panjang 0,2 km. Titik 1 berada di pintu air Gunungsari yang terletak di Karah, Kecamatan Jambangan. Sedangkan, titik 2 berada di muara kali Kedurus atau Kali Gunungsari. Segmentasi pada segmen ini berdasarkan adanya akhir dari Kali Kedurus yang akan masuk ke Kali Surabaya. Peta segmen 1 dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta Segmen 1 (Titik 1 – Titik 2)

Sumber: Google Earth (2022)

2. Segmen 2 (titik 2 – titik 3)

Segmen 2 menghubungkan titik 2 dengan titik 3 yang memiliki panjang 2.64 km. Titik 2 berada di muara kali Kedurus atau Kali Gunungsari. Sedangkan, titik 3 berada di pintu air Jagir yang terletak di Jagir, Kecamatan Wonokromo. Segmentasi pada segmen ini berdasarkan adanya akhir dari Kali Kedurus yang akan masuk ke Kali Surabaya, sedangkan pintu air Jagir merupakan akhir dari Kali Surabaya sebelum menuju anak sungainya, yaitu Kali Wonokromo. Peta segmen 2 dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Peta Segmen 2 (Titik 2 – Titik 3)
 Sumber: Google Earth (2022)

4.2 Curah Hujan Kota Surabaya

Kualitas air sungai selain dipengaruhi oleh faktor adanya limbah domestik dan industri, juga dipengaruhi oleh faktor alam, salah satunya adalah pengaruh dari intensitas curah hujan (Xu et al., 2019). Curah hujan dengan tingkat tertentu dapat berpengaruh pada jumlah kontaminan dan zat pencemar yang masuk ke sungai melalui limpasan air permukaan oleh air hujan, sedangkan pada musim kemarau kondisi sungai cenderung akan mengalami eutrofikasi (Ariani et al., 2021).

Klasifikasi iklim yang digunakan Indonesia salah satunya adalah sistem klasifikasi iklim Oldeman, yang menyatakan bahwa suatu bulan disebut bulan basah jika memiliki curah hujan bulanan lebih besar dari 200 mm dan disebut bulan kering jika memiliki curah hujan bulanan lebih kecil dari 100 mm (Nasution & Nuh, 2018). Data curah hujan Kota Surabaya tahun 2017-2022 menurut data dari Stasiun Meteorologi Perak II dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Kota Surabaya Tahun 2017-2022

Bulan	Curah Hujan (mm)					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Januari	366,3	868,0	380,4	209,1	323,9	9,5
Februari	248,5	643,6	339,0	475,8	496,6	9,8
Maret	244,0	582,4	227,3	348,5	278,6	-
April	102,1	890,9	288,2	327,2	45,3	-
Mei	157,9	592,7	5,6	91,1	125,6	-
Juni	91,5	635,4	-	31,5	78,5	-
Juli	22,4	0,0	-	21,7	-	-
Agustus	-	1,1	-	14,0	1,9	-
September	11,3	0,0	-	0,0	88,5	-
Oktober	26,6	0,0	-	88,6	15,8	-
November	326,6	640,1	25,1	133,7	147,5	-
Desember	291,1	1438,3	133,2	429,8	484,7	-
Rata-Rata	171,7	524,4	199,8	180,9	189,7	9,7

Sumber: BPS Kota Surabaya (2018); BPS Kota Surabaya (2019); BPS Kota Surabaya (2020); BPS Kota Surabaya (2021); BPS Kota Surabaya (2022); *dataonline.bmkg.go.id* (2022)

Berdasarkan data curah hujan Kota Surabaya pada tabel 4.1, maka dapat diketahui bahwa bulan kering terjadi pada Bulan Juni hingga Bulan Oktober. Sedangkan, bulan basah terjadi pada Bulan November hingga Bulan Mei.

4.3 Kualitas Air Kali Surabaya

Kualitas air sungai merupakan kondisi yang menggambarkan kesesuaian air untuk penggunaan tertentu dan merupakan komponen penting sebagai indikator baik atau buruknya suatu daerah aliran sungai. Kualitas air sungai dapat dinyatakan dalam beberapa parameter. Parameter tersebut dapat diketahui dengan melakukan pengujian, baik uji kimia, fisik maupun biologi (Setyowati, 2015). Pengukuran parameter dilakukan berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku.

Data kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari Perum Jasa Tirta I. Parameter yang digunakan adalah suhu, pH, BOD, COD, TSS, dan DO. Pada segmen ini, Perum Jasa Tirta I memiliki 3 titik pemantauan dengan periode pemantauan yang berbeda. Berikut ini merupakan periode pemantauan pada masing-masing titik.

1. Pintu Air Gunungsari : 1 bulan
2. Muara Kali Kedurus : 3 bulan
3. Pintu Air Jagir : 2 minggu

Data kualitas air yang didapatkan ini kemudian akan dibandingkan dengan baku mutu air kelas II sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Surabaya nomor 2 tahun 2004 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

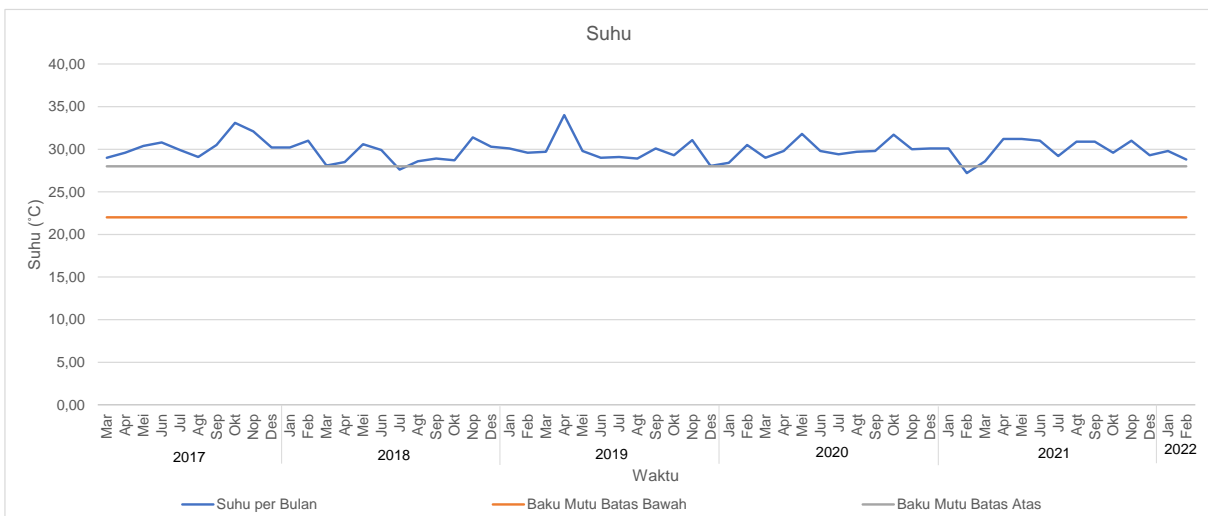
Tabel 4.2 Baku Mutu Air Kelas II

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	Suhu	°C	Deviasi 3
2	TSS	mg/L	50
3	pH		6 – 9
4	BOD	mg/L	3
5	COD	mg/L	25
6	DO	mg/L	4

Sumber: Peraturan Daerah Kota Surabaya nomor 2 tahun 2004

4.3.1 Suhu

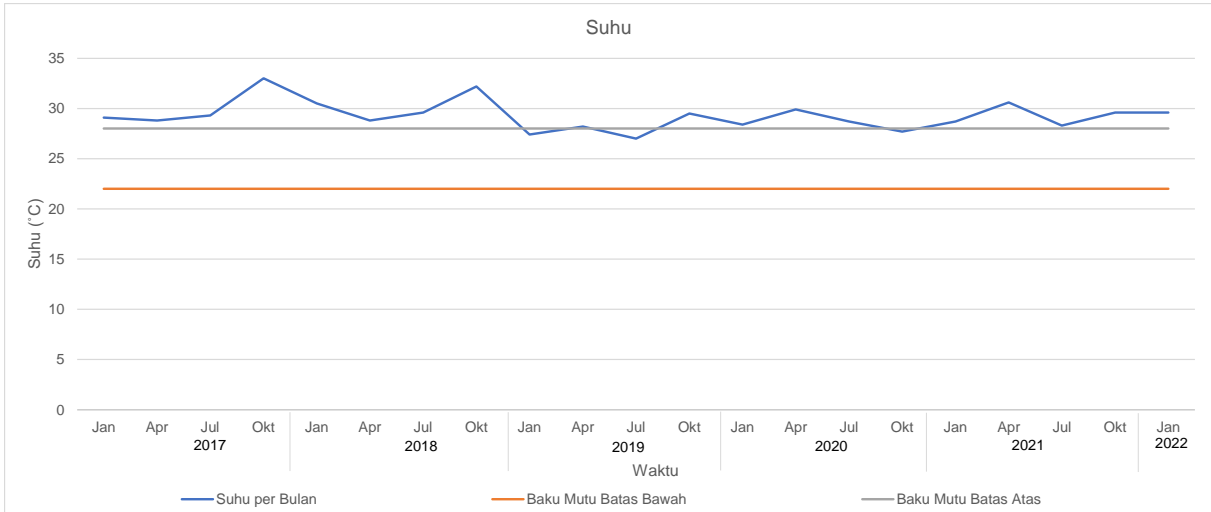
Suhu berpengaruh terhadap konsentrasi TSS dan kelarutan oksigen di dalam air, proses metabolisme biota serta reaksi-reaksi kimia dalam sungai. Baku mutu suhu untuk air kelas II adalah deviasi 3. Pengertian dari deviasi 3 adalah $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu normal air. Jika suhu normal air 25°C , maka baku mutu suhu untuk air kelas II adalah $22^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$ (Rosyidah, 2018). Gambar 4.3 hingga Gambar 4.5 merupakan grafik suhu dari tahun 2017-2022 pada masing-masing titik.



Gambar 4.3 Grafik Suhu Titik 1 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

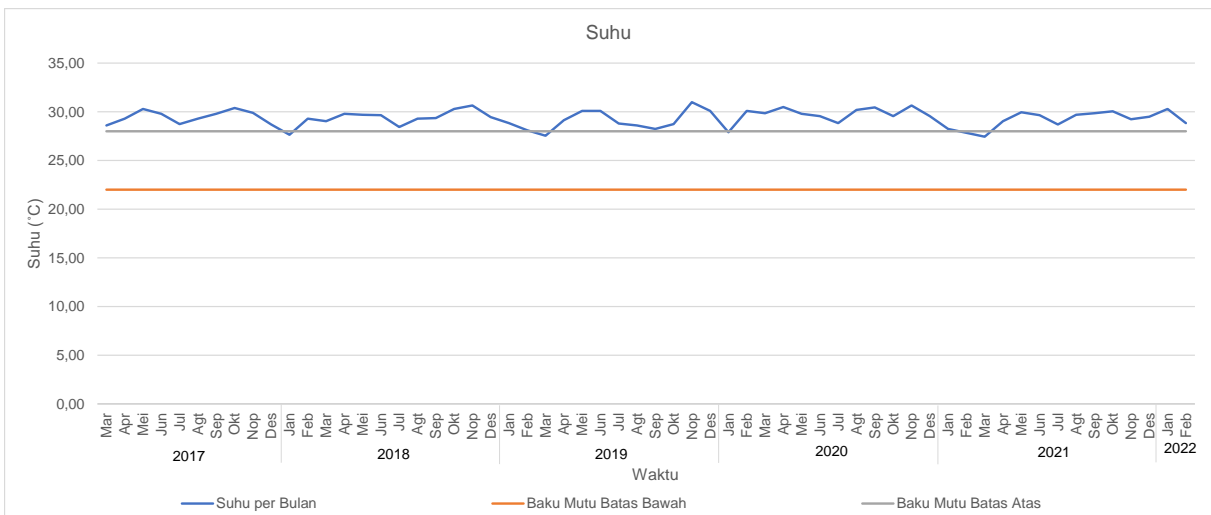
Dari grafik pada Gambar 4.3, dapat diketahui bahwa suhu air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Gunungsari melebihi baku mutu air kelas II. Pada titik ini, suhu terendah terletak pada $27,2^{\circ}\text{C}$, sedangkan suhu tertinggi terletak pada 34°C .



Gambar 4.4 Grafik Suhu Titik 2 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.4, dapat diketahui bahwa suhu air pada Kali Surabaya di titik Muara Kali Kedurus melebihi baku mutu air kelas II. Pada titik ini, suhu terendah terletak pada 27°C, sedangkan suhu tertinggi terletak pada 33°C.



Gambar 4.5 Grafik Suhu Titik 3 Tahun 2017-2022

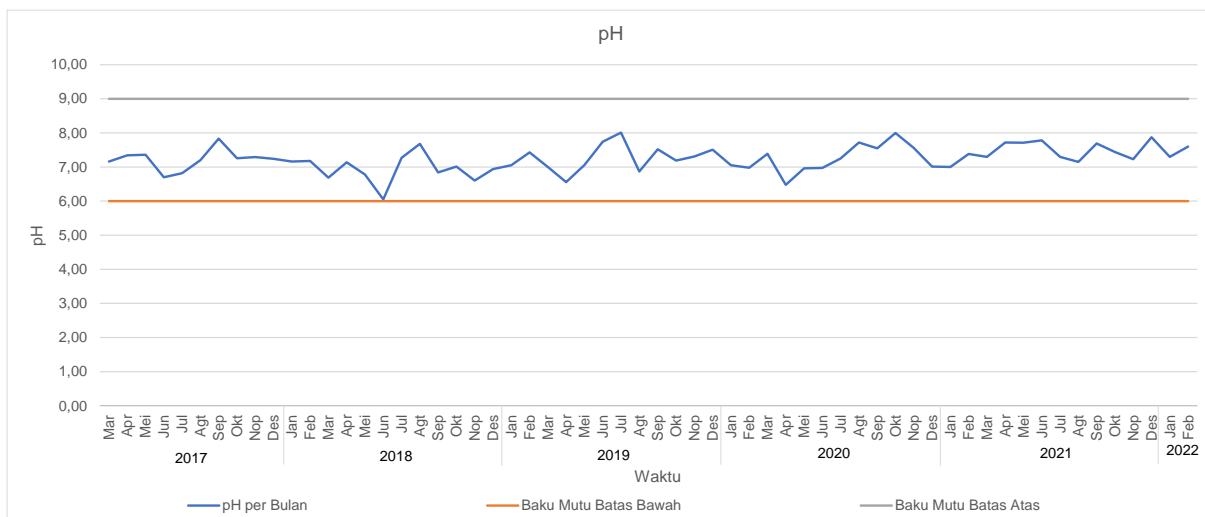
Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.5, dapat diketahui bahwa suhu air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Jagir melebihi baku mutu air kelas II. Pada titik ini, suhu terendah terletak pada 27,45°C, sedangkan suhu tertinggi terletak pada 31°C. Suhu air rata-rata pada musim hujan adalah $26,58 \pm 1,38^{\circ}\text{C}$ dan puncaknya adalah 35°C pada musim kemarau (Naillah et al., 2021). Tingginya suhu pada titik 1, 2 dan 3 dapat dipengaruhi oleh kedalaman sungai dan intensitas cahaya yang masuk ke dalam sungai (Sidabutar et al., 2019).

4.3.2 pH

Derajat keasaman (pH) adalah ukuran dari konsentrasi ion hidrogen yang akan menentukan sifat asam atau basa dari suatu perairan. Kondisi perairan yang tidak memenuhi

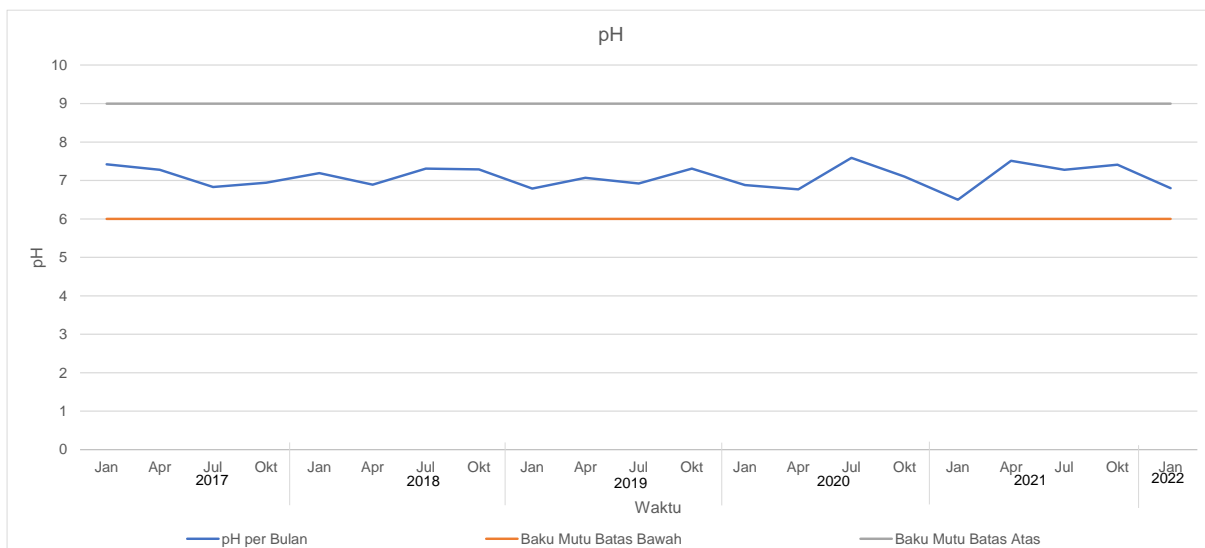
nilai ideal dapat membahayakan organisme di dalamnya karena akan mengganggu proses metabolisme dan respirasi (Hamuna et al., 2018). Gambar 4.6 hingga Gambar 4.8 merupakan grafik pH dari tahun 2017-2022 pada masing-masing titik.



Gambar 4.6 Grafik pH Titik 1 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

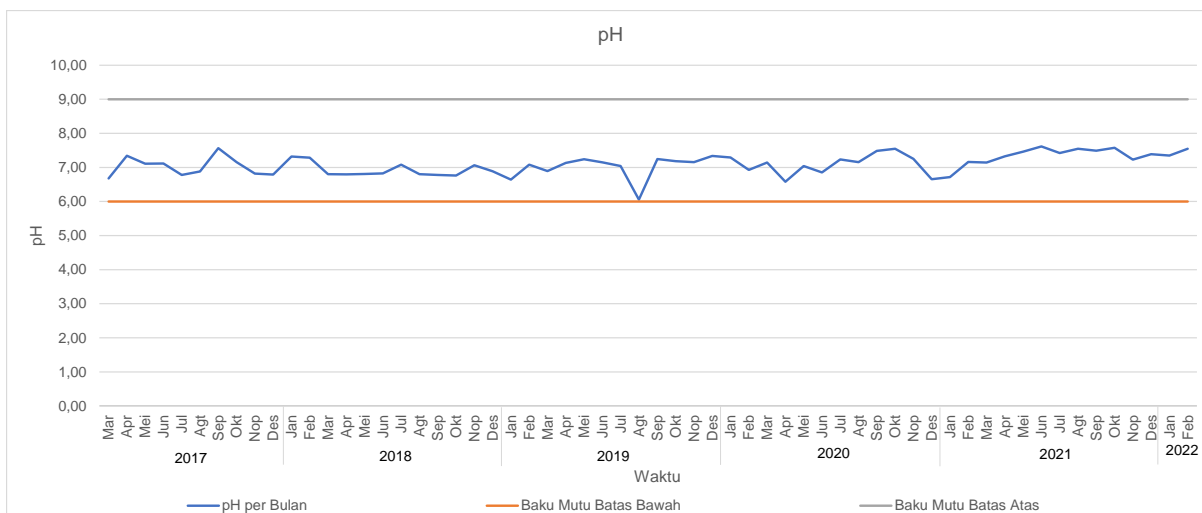
Dari grafik pada Gambar 4.6, dapat diketahui bahwa pH air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Gunungsari telah memenuhi baku mutu air kelas II. Pada titik ini, pH terendah terletak pada angka 6,05, sedangkan pH tertinggi terletak pada angka 8,01.



Gambar 4.7 Grafik pH Titik 2 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.7, dapat diketahui bahwa pH air pada Kali Surabaya di titik Muara Kali Kedurus telah memenuhi baku mutu air kelas II. Pada titik ini, pH terendah terletak pada angka 6,5, sedangkan pH tertinggi terletak pada angka 7,59.



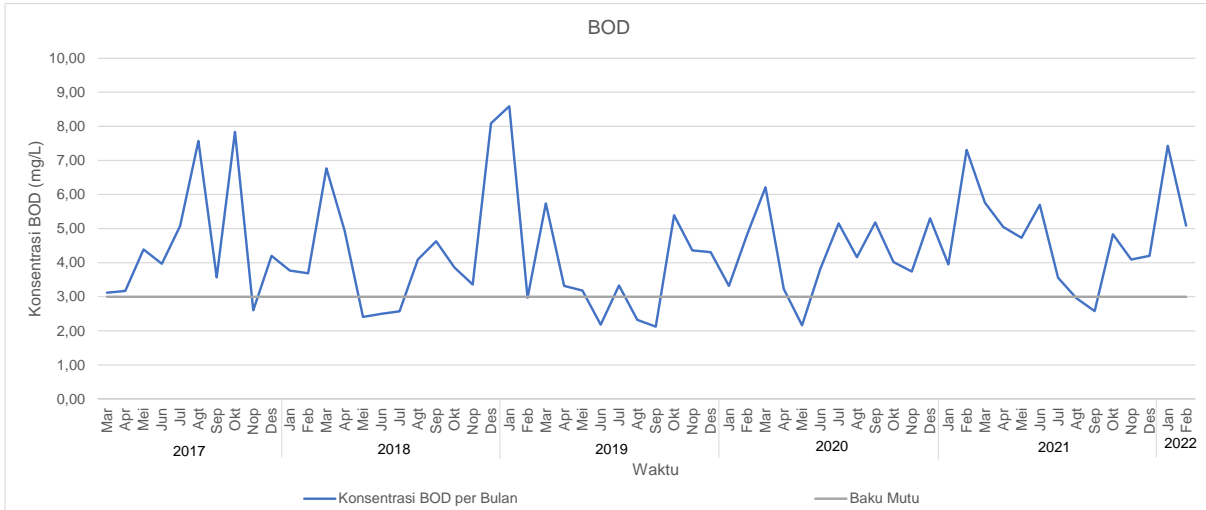
Gambar 4.8 Grafik pH Titik 3 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.7, dapat diketahui bahwa pH air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Jagir telah memenuhi baku mutu air kelas II. Pada titik ini, pH terendah terletak pada angka 6,06, sedangkan pH tertinggi terletak pada angka 7,62. Baku mutu pH untuk air kelas II adalah 6-9. pH yang cocok bagi organisme akuatik bergantung pada jenis organisme tersebut. Namun, sebagian besar biota perairan memiliki pH ideal yaitu 7-7,5. Jika nilai pH 6-6,5 maka keanekaragaman plankton akan menurun (Djoharam et al., 2018).

4.3.3 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

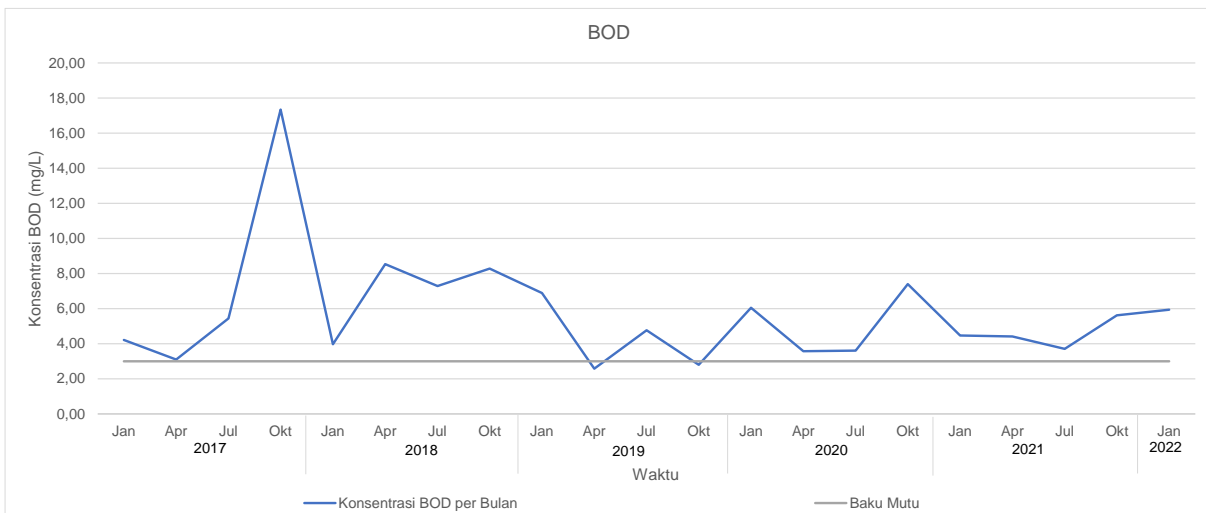
BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk degradasi bahan organik yang mudah didegradasi (*biodegradable*) dalam kondisi aerobik. Nilai BOD akan semakin tinggi jika terdapat banyak bahan organik di perairan. Sebaliknya, nilai BOD akan semakin rendah jika bahan organik di perairan berkurang (Daroini & Arisandi, 2020). Gambar 4.9 hingga Gambar 4.11 merupakan grafik konsentrasi BOD dari tahun 2017-2022 pada masing-masing titik.



Gambar 4.9 Grafik Konsentrasi BOD Titik 1 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

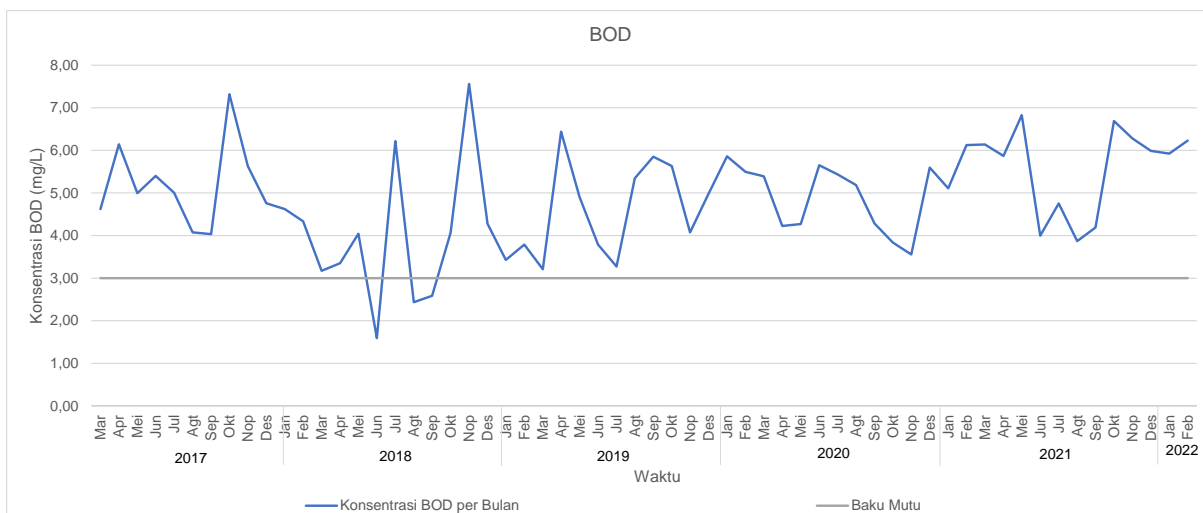
Dari grafik pada Gambar 4.9, dapat diketahui bahwa konsentrasi BOD air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Gunungsari sebagian besar melampaui baku mutu air kelas II. Pada titik ini, konsentrasi BOD terendah terletak pada angka 2,12 mg/L, sedangkan konsentrasi BOD tertinggi terletak pada angka 8,59 mg/L.



Gambar 4.10 Grafik Konsentrasi BOD Titik 2 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.10, dapat diketahui bahwa konsentrasi BOD air pada Kali Surabaya di titik Muara Kali Kedurus sebagian besar melampaui baku mutu air kelas II. Pada titik ini, konsentrasi BOD terendah terletak pada angka 2,57 mg/L, sedangkan konsentrasi BOD tertinggi terletak pada angka 17,34 mg/L.



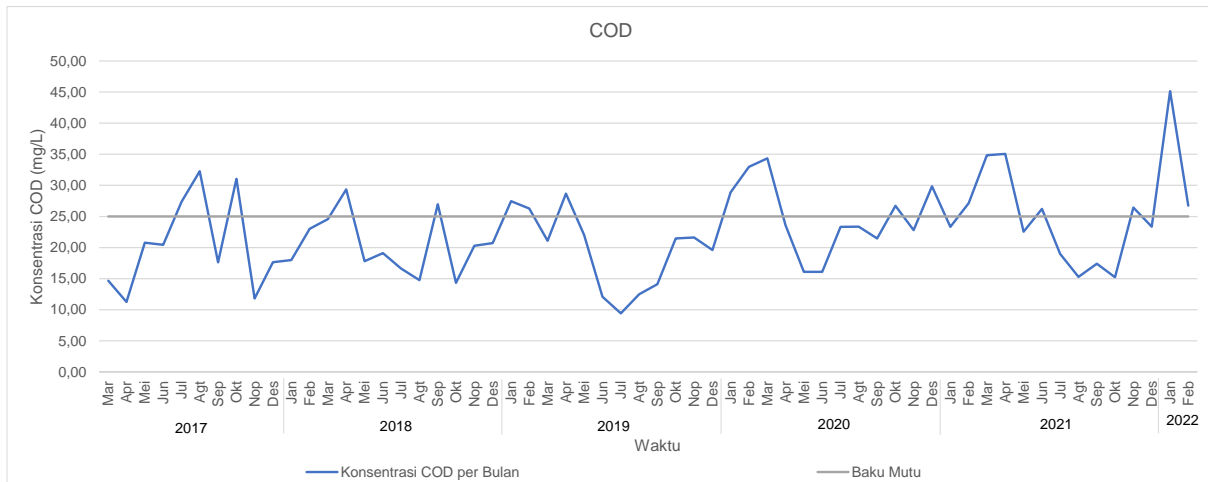
Gambar 4.11 Grafik Konsentrasi BOD Titik 3 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.11, dapat diketahui bahwa konsentrasi BOD air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Jagir sebagian besar melampaui baku mutu air kelas II. Pada titik ini, konsentrasi BOD terendah terletak pada angka 1,6 mg/L, sedangkan konsentrasi BOD tertinggi terletak pada angka 7,56 mg/L. Tingginya nilai BOD di Kali Surabaya ini dapat disebabkan oleh banyaknya limbah rumah tangga yang masuk ke dalam sungai, sebagian besar dari limbah tersebut adalah limbah deterjen dan limbah sisa makanan (Aufar, 2019).

4.3.4 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

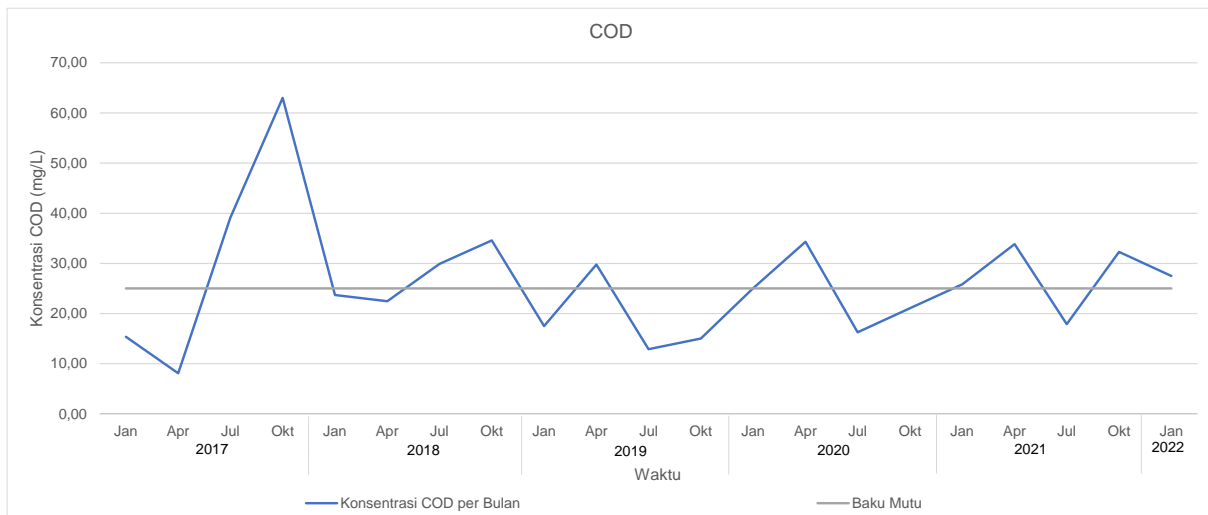
COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk degradasi seluruh bahan organik yang terkandung dalam air baik yang mudah didegradasi (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi (*non-biodegradable*). Peningkatan konsentrasi COD dapat disebabkan oleh adanya bahan organik dalam sungai yang bersumber dari adanya permukiman pada penduduk di sekitar sungai (Marlina et al., 2017). Gambar 4.12 hingga Gambar 4.14 merupakan grafik konsentrasi COD dari tahun 2017-2022 pada masing-masing titik.



Gambar 4.12 Grafik Konsentrasi COD Titik 1 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

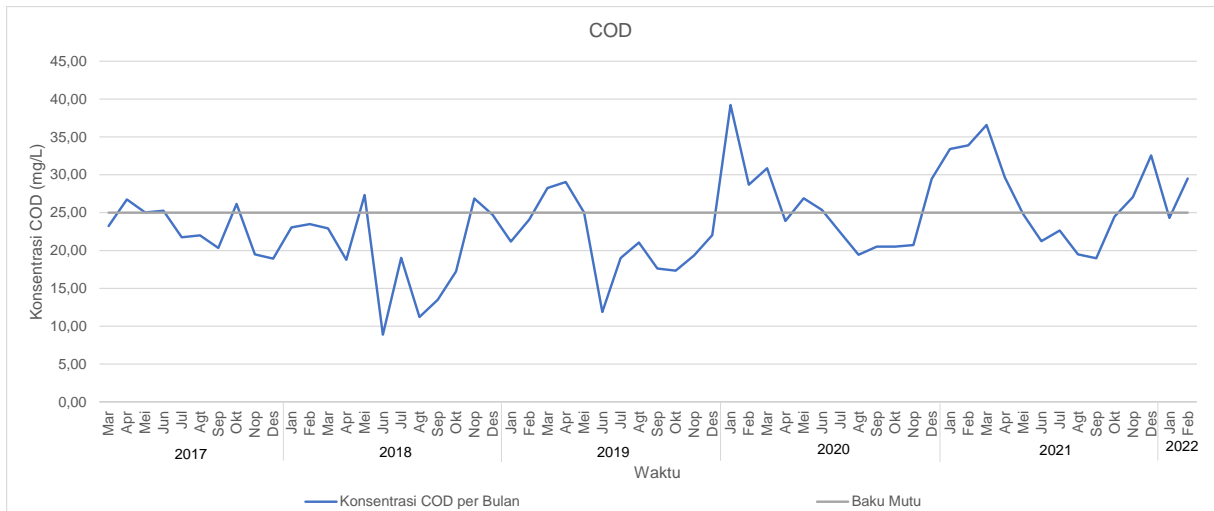
Dari grafik pada Gambar 4.12, dapat diketahui bahwa konsentrasi COD air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Gunungsari sebagian besar memenuhi baku mutu air kelas II. Pada titik ini, konsentrasi COD terendah terletak pada angka 9,41 mg/L, sedangkan konsentrasi COD tertinggi terletak pada angka 45,13 mg/L.



Gambar 4.13 Grafik Konsentrasi COD Titik 2 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.13, dapat diketahui bahwa konsentrasi COD air pada Kali Surabaya di titik Muara Kali Kedurus beberapa memenuhi baku mutu air kelas II. Namun ada pula yang melampaui baku mutu. Pada titik ini, konsentrasi COD terendah terletak pada angka 8,09 mg/L, sedangkan konsentrasi COD tertinggi terletak pada angka 63 mg/L.



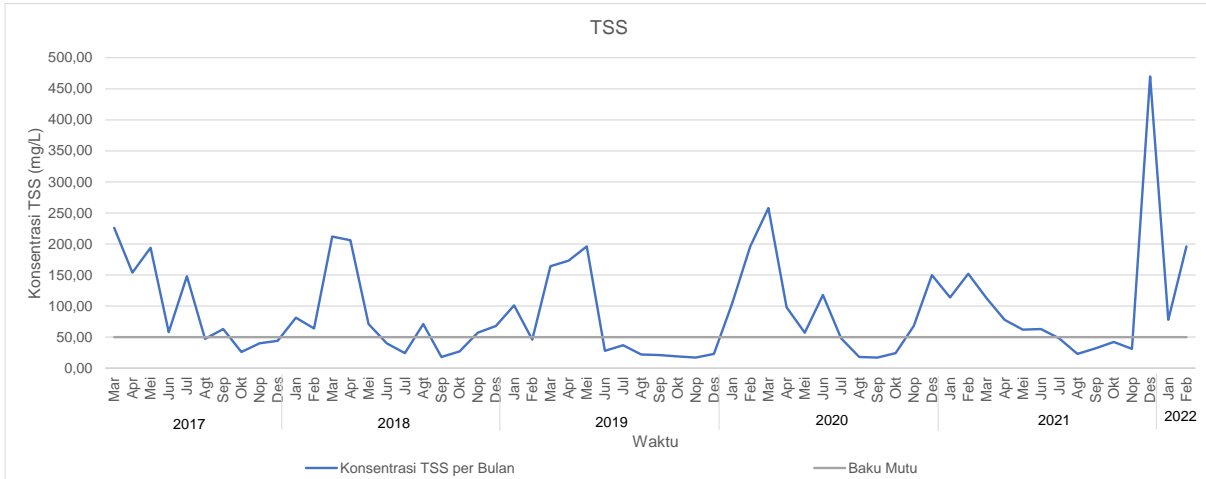
Gambar 4.14 Grafik Konsentrasi COD Titik 3 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.14, dapat diketahui bahwa konsentrasi COD air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Jagir sebagian besar memenuhi baku mutu air kelas II. Pada titik ini, konsentrasi COD terendah terletak pada angka 8,89 mg/L, sedangkan konsentrasi COD tertinggi terletak pada angka 39,22 mg/L. Pada beberapa tahun dan titik, terjadi peningkatan konsentrasi COD sehingga melampaui baku mutu. Peningkatan ini rata-rata terjadi pada saat musim hujan, karena pada saat musim hujan terjadi penggelontoran pembuangan air limbah industri maupun limbah rumah tangga (Yudo & Said, 2019).

4.3.5 TSS (*Total Suspended Solid*)

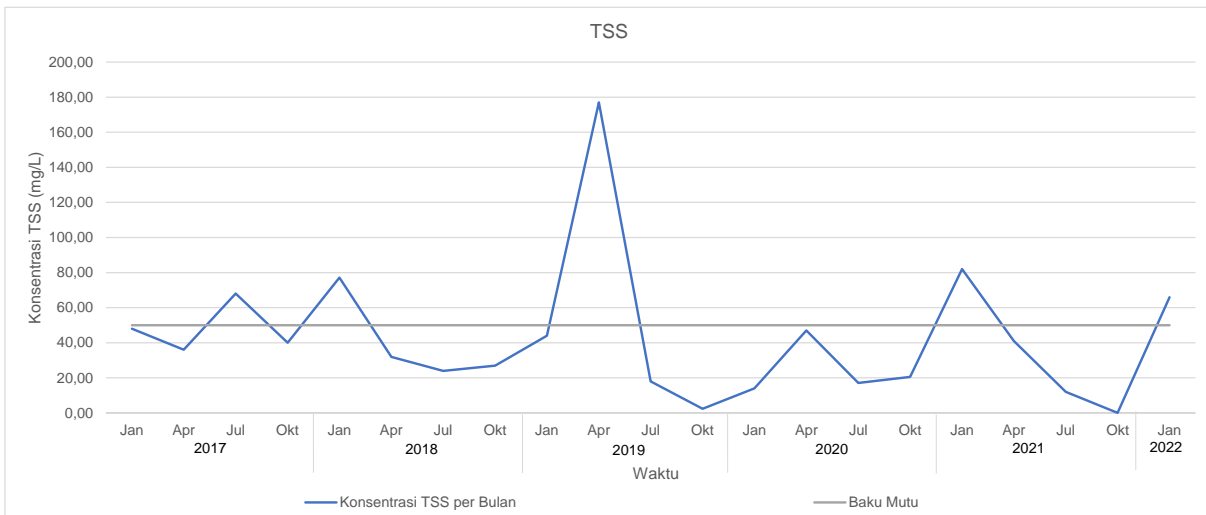
TSS (*Total Suspended Solid*) adalah zat padat tersuspensi yang menimbulkan kekeruhan pada sungai sehingga menyebabkan berkurangnya oksigen dalam air sungai. Kekeruhan air dapat disebabkan oleh zat padat tersuspensi organik dan anorganik. Tingginya konsentrasi TSS akan mengurangi cahaya matahari yang masuk ke sungai sehingga mengganggu proses fotosintesis dari tumbuhan air dan fitoplankton serta dapat mengganggu biota laut yang lain (Purba et al., 2018). Gambar 4.15 hingga Gambar 4.17 merupakan grafik konsentrasi TSS dari tahun 2017-2022 pada masing-masing titik.



Gambar 4.15 Grafik Konsentrasi TSS Titik 1 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

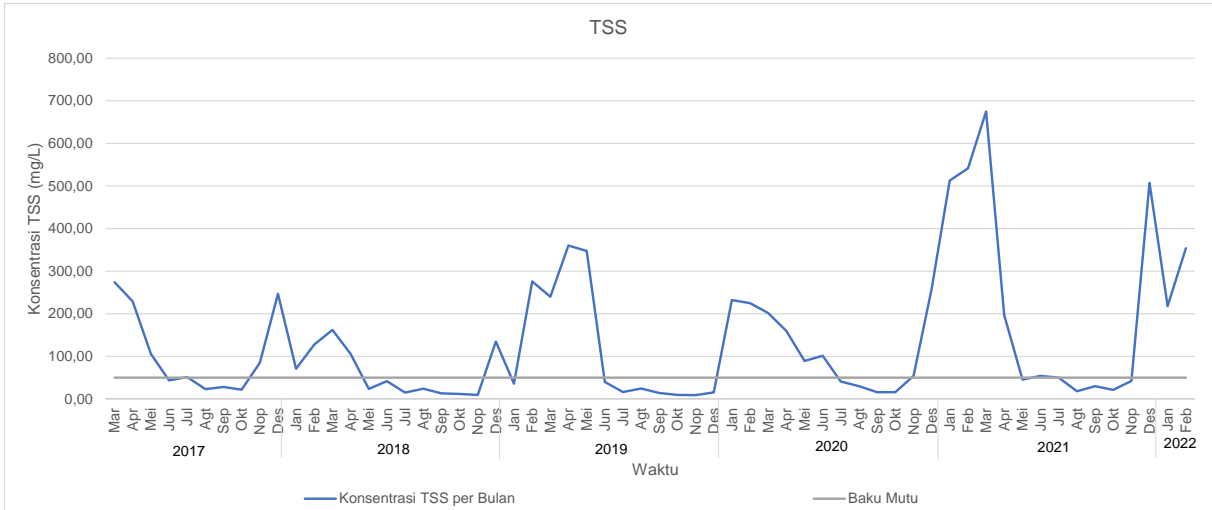
Dari grafik pada Gambar 4.15, dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Gunungsari sebagian besar melampaui baku mutu air kelas II. Pada titik ini, konsentrasi TSS terendah terletak pada angka 17 mg/L, sedangkan konsentrasi TSS tertinggi terletak pada angka 470 mg/L.



Gambar 4.16 Grafik Konsentrasi TSS Titik 2 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.16, dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS air pada Kali Surabaya di titik Muara Kali Kedurus sebagian besar memenuhi baku mutu air kelas II. Pada titik ini, konsentrasi TSS terendah terletak pada angka 2,36 mg/L, sedangkan konsentrasi TSS tertinggi terletak pada angka 177 mg/L.



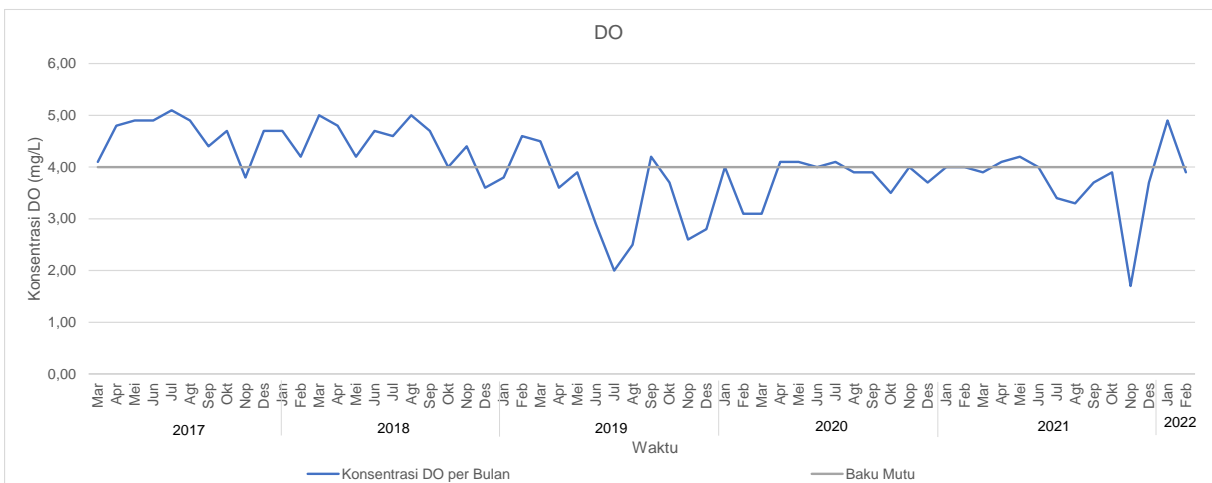
Gambar 4.17 Grafik Konsentrasi TSS Titik 3 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.17, dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Jagir sebagian besar melampaui baku mutu air kelas II. Pada titik ini, konsentrasi TSS terendah terletak pada angka 9 mg/L, sedangkan konsentrasi TSS tertinggi terletak pada angka 674,65 mg/L. Peningkatan konsentrasi TSS rata-rata terjadi pada saat musim hujan. Peningkatan konsentrasi TSS dapat disebabkan oleh meningkatnya debit air sungai, baik dari hujan maupun air dari limbah rumah tangga atau industri (Yudo & Said, 2019).

4.3.6 DO (*Dissolved Oxygen*)

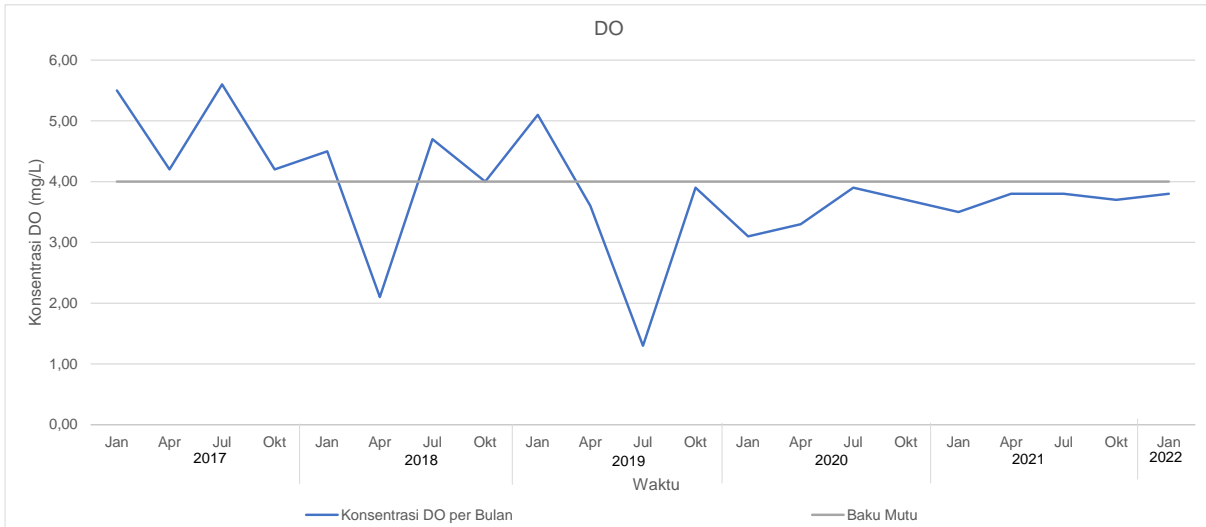
DO (*Dissolved Oxygen*) adalah oksigen yang terlarut dalam air yang diperlukan oleh biota perairan untuk respirasi dan metabolisme serta digunakan mikroorganisme dalam proses degradasi bahan organik. Semakin tinggi nilai DO, maka mengindikasikan bahwa air sungai tersebut memiliki kualitas air yang baik (Aruan & Siahaan, 2017). Gambar 4.18 hingga Gambar 4.20 merupakan grafik konsentrasi DO dari tahun 2017-2022 pada masing-masing titik.



Gambar 4.18 Grafik Konsentrasi DO Titik 1 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

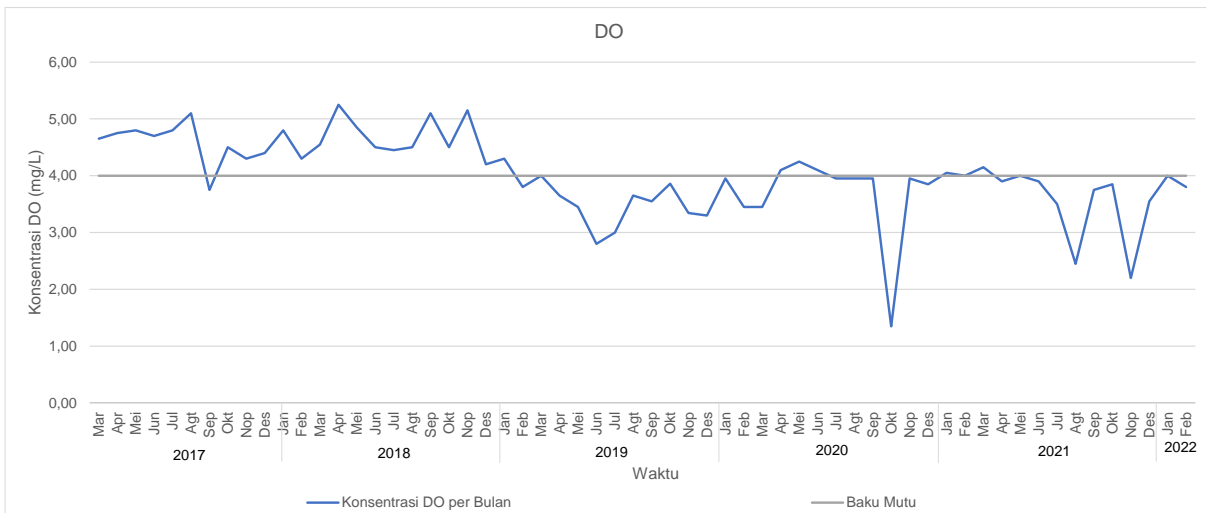
Dari grafik pada Gambar 4.18, dapat diketahui bahwa konsentrasi DO air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Gunungsari sebagian besar telah memenuhi baku mutu air kelas II, yaitu di atas 4 mg/L. Pada titik ini, konsentrasi DO terendah terletak pada angka 1,7 mg/L, sedangkan konsentrasi DO tertinggi terletak pada angka 5,1 mg/L.



Gambar 4.19 Grafik Konsentrasi DO Titik 2 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.19, dapat diketahui bahwa konsentrasi DO air pada Kali Surabaya di titik Muara Kali Kedurus sebagian besar melampaui baku mutu air kelas II, yaitu di bawah 4 mg/L. Pada titik ini, konsentrasi DO terendah terletak pada angka 1,3 mg/L, sedangkan konsentrasi DO tertinggi terletak pada angka 5,6 mg/L.



Gambar 4.20 Grafik Konsentrasi DO Titik 3 Tahun 2017-2022

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Dari grafik pada Gambar 4.20, dapat diketahui bahwa konsentrasi DO air pada Kali Surabaya di titik Pintu Air Jagir sebagian besar melampaui baku mutu air kelas II, yaitu di bawah 4 mg/L. Pada titik ini, konsentrasi DO terendah terletak pada angka 1,35 mg/L,

sedangkan konsentrasi DO tertinggi terletak pada angka 5,25 mg/L. Konsentrasi DO yang rendah dapat menyebabkan kematian pada biota di dalam sungai dan menyebabkan kondisi sungai menjadi anaerob sehingga akan muncul gas hidrogen sulfida (H_2S), yaitu penyebab bau (Yudo & Said, 2019).

4.4 Identifikasi Tingkat Kualitas Air Dengan Metode *Fuzzy Analysis*

Dalam penelitian ini, identifikasi tingkat kualitas air Kali Surabaya Segmen Gunungsari – Jagir akan dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy Analysis* yang akan dibantu dengan aplikasi MATLAB. Metode *Fuzzy Analysis* yang digunakan adalah *Fuzzy Mamdani*. Pada penelitian ini akan digunakan enam parameter kualitas air sungai.

Identifikasi tingkat kualitas air Kali Surabaya Segmen Gunungsari – Jagir pada penelitian ini menggunakan rata-rata parameter pada tiap tahun dan musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan pada tiap titik. Rata-rata per parameter di tiap titik dapat dilihat pada Tabel 4.3 hingga tabel 4.5.

Tabel 4.3 Rata-Rata Per Parameter Pada Titik 1

Tahun	Rata-Rata per Parameter											
	Musim Kemarau						Musim Hujan					
	Suhu (°C)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	DO (mg/L)
2017	30,68	7,16	5,61	25,74	68,40	4,80	30,26	7,28	3,50	15,23	131,60	4,46
2018	28,74	6,97	3,53	18,35	36,00	4,60	30,01	6,93	4,72	21,97	108,49	4,41
2019	29,28	7,47	3,07	13,91	25,40	3,06	30,33	7,13	4,64	23,82	102,86	3,69
2020	30,08	7,50	4,47	22,19	45,00	3,88	29,94	7,06	4,11	26,93	133,00	3,73
2021	30,32	7,47	3,93	18,62	41,60	3,66	29,80	7,46	5,01	27,52	145,71	3,66
2022	-	-	-	-	-	-	29,30	7,45	6,26	35,94	137,00	4,40

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Tabel 4.4 Rata-Rata Per Parameter Pada Titik 2

Tahun	Rata-Rata per Parameter											
	Musim Kemarau						Musim Hujan					
	Suhu (°C)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	DO (mg/L)
2017	31,15	6,89	11,39	51,06	54,00	4,90	28,95	7,35	3,66	11,73	42,00	4,85
2018	30,90	7,30	7,78	32,25	25,50	4,35	29,65	7,04	6,25	23,08	54,55	3,30
2019	28,25	7,12	3,78	13,95	10,18	2,60	27,80	6,93	4,73	23,65	110,50	4,35
2020	28,20	7,35	5,50	18,67	18,80	3,80	29,15	6,83	4,81	29,68	30,50	3,20
2021	28,95	7,35	4,66	25,09	12,00	3,75	29,65	7,01	4,44	29,84	61,50	3,65
2022	-	-	-	-	-	-	29,60	6,80	5,93	27,49	66,00	3,80

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Tabel 4.5 Rata-Rata Per Parameter Pada Titik 3

Tahun	Rata-Rata per Parameter											
	Musim Kemarau						Musim Hujan					
	Suhu (°C)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	DO (mg/L)
2017	29,61	7,10	5,17	23,09	33,61	4,57	29,36	6,95	5,23	22,68	188,11	4,58
2018	29,41	6,85	3,38	13,98	21,20	4,61	29,37	6,99	4,48	23,88	90,71	4,73
2019	28,90	6,94	4,78	17,39	20,90	3,37	29,26	7,07	4,40	24,14	183,43	3,69
2020	29,72	7,26	4,88	21,64	40,90	3,46	29,76	6,98	4,91	28,54	174,21	3,86
2021	29,59	7,53	4,70	21,36	34,70	3,49	28,76	7,20	6,05	31,14	360,16	3,69
2022	-	-	-	-	-	-	29,58	7,45	6,08	26,90	286,00	3,90

Sumber: Perum Jasa Tirta I (2022)

Proses penentuan tingkat kualitas air sungai menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dilakukan dengan empat langkah sebagai berikut (Kusumadewi & Purnomo, 2010).

- *Fuzzification* : pembentukan himpunan fuzzy untuk variabel *input* dan *output*.
- Aplikasi fungsi implikasi : menggunakan operator AND atau fungsi minimum
- Komposisi aturan : menggunakan metode inferensi sistem maksimum
- *Defuzzification* : menggunakan metode centroid

4.4.1 Proses *Fuzzification*

Langkah pertama dalam penentuan tingkat kualitas air sungai adalah pembentukan himpunan fuzzy untuk variabel *input*, yaitu enam parameter kualitas air yang meliputi suhu, pH, BOD, COD, TSS dan DO serta untuk variabel *output* yaitu tingkat kualitas air sungai. Penentuan semesta pada tiap variabel dimulai dari angka nol (0) hingga angka rata-rata konsentrasi terbesar pada masing-masing parameter. Pembentukan semesta untuk tiap variabel dapat dilihat di tabel 4.6.

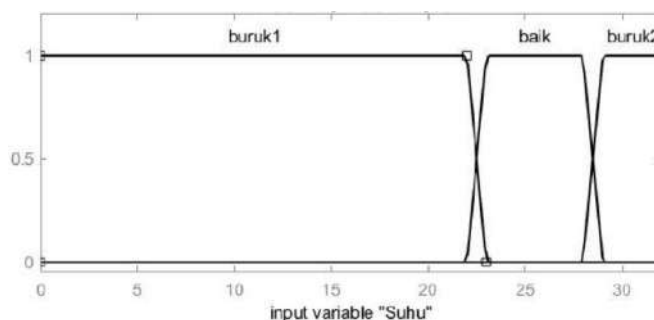
Tabel 4.6 Semesta Untuk Tiap Variabel

Fungsi	Variabel	Semesta
<i>Input</i>	Suhu	[0 32]
	pH	[0 14]
	BOD	[0 12]
	COD	[0 52]
	TSS	[0 365]
	DO	[0 6]
<i>Output</i>	Tingkat Kualitas Air	[0 15]

Setelah pembentukan semesta untuk tiap variabel, langkah berikutnya ada pembentukan domain untuk pembentukan grafik fungsi keanggotaan dari tiap variabel. Berikut ini merupakan pembentukan himpunan *fuzzy* untuk variabel *input* dan variabel *output* pada penelitian ini.

1. Parameter Suhu

Variabel suhu memiliki tiga himpunan *fuzzy* yaitu *buruk1*, *baik* dan *buruk2*. Suhu pada air kelas II dianggap buruk jika kurang dari 23°C dan lebih dari 28°C. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan dari variabel suhu.



Gambar 4.21 Fungsi Keanggotaan Suhu

$$\mu_{\text{buruk1}}[x] = \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq 22 \\ \frac{23-x}{23-22}; & 22 \leq x \leq 23 \\ 0; & x \geq 23 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{baik}}[x] = \begin{cases} 1; & 23 \leq x \leq 28 \\ \frac{x-22}{23-22}; & 22 \leq x \leq 23 \\ \frac{29-x}{29-28}; & 28 \leq x \leq 29 \\ 0; & x \leq 22 \text{ atau } x \geq 29 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{buruk2}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 28 \\ \frac{x-28}{29-28}; & 28 \leq x \leq 29 \\ 1; & 29 \leq x \leq 32 \end{cases}$$

Berikut ini merupakan proses *Fuzzification* untuk parameter suhu yang ada di titik 2 pada saat musim hujan tahun 2017.

➤ Parameter Suhu = 28,95°C

- $\mu_{\text{buruk1}}[28,95] = 0$
- $\mu_{\text{baik}}[28,95] = \frac{29-x}{29-28} = \frac{29-28,95}{29-28} = 0,05$
- $\mu_{\text{buruk2}}[28,95] = \frac{x-28}{29-28} = \frac{28,95-28}{29-28} = 0,95$

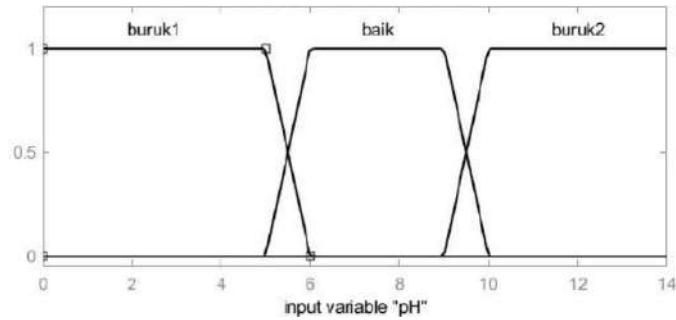
Berikut ini merupakan hasil dari proses *Fuzzification* untuk parameter suhu yang ada di titik 2 pada saat musim kemarau tahun 2017. Untuk perhitungan lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.

➤ Parameter Suhu = 31,15 °C

- $\mu_{\text{buruk1}}[31,15] = 0$
- $\mu_{\text{baik}}[31,15] = 0$
- $\mu_{\text{buruk2}}[31,15] = 1$

2. Parameter pH

Variabel pH memiliki tiga himpunan *fuzzy* yaitu buruk1, baik dan buruk2. pH pada air kelas II dianggap buruk jika kurang dari 6 dan lebih dari 9. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan dari variabel pH.



Gambar 4.22 Fungsi Keanggotaan pH

$$\mu_{\text{buruk1}}[x] = \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq 5 \\ \frac{6-x}{6-5}; & 5 \leq x \leq 6 \\ 0; & x \geq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{baik}}[x] = \begin{cases} 1; & 6 \leq x \leq 9 \\ \frac{x-5}{6-5}; & 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{10-x}{10-9}; & 9 \leq x \leq 10 \\ 0; & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{buruk2}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 9 \\ \frac{x-9}{10-9}; & 9 \leq x \leq 10 \\ 1; & 10 \leq x \leq 14 \end{cases}$$

Berikut ini merupakan proses *Fuzzification* untuk parameter pH yang ada di titik 2 pada saat musim hujan tahun 2017.

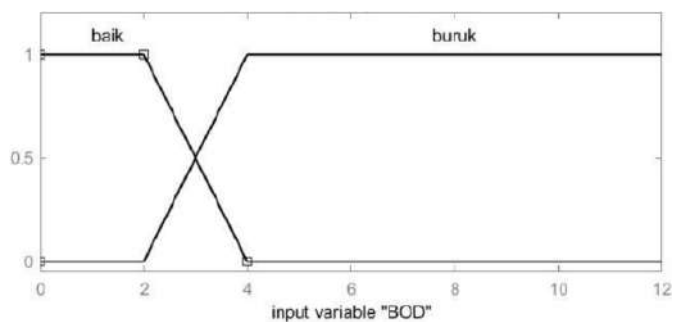
- Parameter pH = 7,35
 - $\mu_{\text{buruk1}}[7,35] = 0$
 - $\mu_{\text{baik}}[7,35] = 1$
 - $\mu_{\text{buruk2}}[7,35] = 0$

Berikut ini merupakan hasil dari proses *Fuzzification* untuk parameter pH yang ada di titik 2 pada saat musim kemarau tahun 2017. Untuk perhitungan lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.

- Parameter pH = 6,89
 - $\mu_{\text{buruk1}}[6,89] = 0$
 - $\mu_{\text{baik}}[6,89] = 1$
 - $\mu_{\text{buruk2}}[6,89] = 0$

3. Parameter BOD

Variabel BOD memiliki dua himpunan *fuzzy* yaitu baik dan buruk. Konsentrasi BOD pada air kelas II dianggap buruk jika lebih dari 3 mg/L. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan dari variabel BOD.



Gambar 4.23 Fungsi Keanggotaan BOD

$$\mu_{\text{baik}}[x] = \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq 2 \\ \frac{4-x}{4-2}; & 2 \leq x \leq 4 \\ 0; & x \geq 4 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{buruk}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2}; & 2 \leq x \leq 4 \\ 1; & 4 \leq x \leq 12 \end{cases}$$

Berikut ini merupakan proses *Fuzzification* untuk parameter BOD yang ada di titik 2 pada saat musim hujan tahun 2017.

➤ Parameter BOD = 3,66 mg/L

- $\mu_{\text{baik}}[3,66] = \frac{4-x}{4-2} = \frac{4-3,66}{4-2} = 0,17$
- $\mu_{\text{buruk}}[3,66] = \frac{x-2}{4-2} = \frac{3,66-2}{4-2} = 0,83$

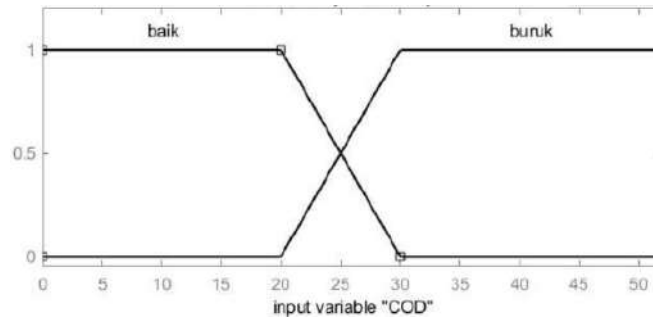
Berikut ini merupakan hasil dari proses *Fuzzification* untuk parameter BOD yang ada di titik 2 pada saat musim kemarau tahun 2017. Untuk perhitungan lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.

➤ Parameter BOD = 11,39 mg/L

- $\mu_{\text{baik}}[11,39] = 0$
- $\mu_{\text{buruk}}[11,39] = 1$

4. Parameter COD

Variabel COD memiliki dua himpunan *fuzzy* yaitu baik dan buruk. Konsentrasi COD pada air kelas II dianggap buruk jika lebih dari 25 mg/L. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan dari variabel COD.



Gambar 4.24 Fungsi Keanggotaan COD

$$\mu_{\text{baik}}[x] = \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq 20 \\ \frac{30-x}{30-20}; & 20 \leq x \leq 30 \\ 0; & x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{buruk}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{30-20}; & 20 \leq x \leq 30 \\ 1; & 30 \leq x \leq 52 \end{cases}$$

Berikut ini merupakan proses *Fuzzification* untuk parameter COD yang ada di titik 2 pada saat musim hujan tahun 2017.

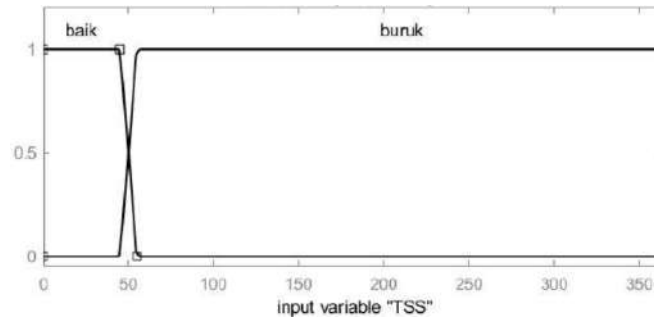
- Parameter COD = 11,73 mg/L
 - $\mu_{\text{baik}}[11,73] = 1$
 - $\mu_{\text{buruk}}[11,73] = 0$

Berikut ini merupakan hasil dari proses *Fuzzification* untuk parameter COD yang ada di titik 2 pada saat musim kemarau tahun 2017. Untuk perhitungan lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.

- Parameter COD = 51,06 mg/L
 - $\mu_{\text{baik}}[51,06] = 0$
 - $\mu_{\text{buruk}}[51,06] = 1$

5. Parameter TSS

Variabel TSS memiliki dua himpunan *fuzzy* yaitu baik dan buruk. Konsentrasi TSS pada air kelas II dianggap buruk jika lebih dari 50 mg/L. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan dari variabel TSS.



Gambar 4.25 Fungsi Keanggotaan TSS

$$\mu_{\text{baik}}[x] = \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq 45 \\ \frac{55-x}{55-45}; & 45 \leq x \leq 55 \\ 0; & x \geq 55 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{buruk}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 45 \\ \frac{x-45}{55-45}; & 45 \leq x \leq 55 \\ 1; & 55 \leq x \leq 365 \end{cases}$$

Berikut ini merupakan proses *Fuzzification* untuk parameter TSS yang ada di titik 2 pada saat musim hujan tahun 2017.

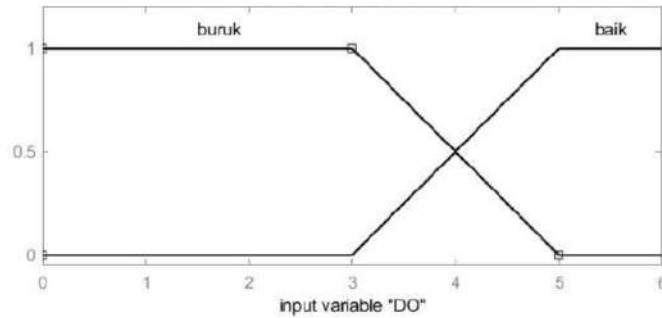
- Parameter TSS = 42,00 mg/L
 - $\mu_{\text{baik}}[42,00] = 1$
 - $\mu_{\text{buruk}}[42,00] = 0$

Berikut ini merupakan hasil dari proses *Fuzzification* untuk parameter TSS yang ada di titik 2 pada saat musim kemarau tahun 2017. Untuk perhitungan lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.

- Parameter TSS = 54,00 mg/L
 - $\mu_{\text{baik}}[54,00] = 0,1$
 - $\mu_{\text{buruk}}[54,00] = 0,9$

6. Parameter DO

Variabel DO memiliki dua himpunan *fuzzy* yaitu baik dan buruk. Konsentrasi DO pada air kelas II dianggap buruk jika kurang dari 4 mg/L. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan dari variabel DO.



Gambar 4.26 Fungsi Keanggotaan DO

$$\mu_{\text{buruk}}[x] = \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq 3 \\ \frac{5-x}{5-3}; & 3 \leq x \leq 5 \\ 0; & x \geq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{baik}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 3 \\ \frac{x-3}{5-3}; & 3 \leq x \leq 5 \\ 1; & 5 \leq x \leq 6 \end{cases}$$

Berikut ini merupakan proses *Fuzzification* untuk parameter DO yang ada di titik 2 pada saat musim hujan tahun 2017.

➤ Parameter DO = 4,85 mg/L

- $\mu_{\text{buruk}}[4,85] = \frac{5-x}{5-3} = \frac{5-4,85}{5-3} = 0,075$
- $\mu_{\text{baik}}[4,85] = \frac{x-3}{5-3} = \frac{4,85-3}{5-3} = 0,925$

Berikut ini merupakan hasil dari proses *Fuzzification* untuk parameter DO yang ada di titik 2 pada saat musim kemarau tahun 2017. Untuk perhitungan lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.

➤ Parameter DO = 4,90 mg/L

- $\mu_{\text{buruk}}[4,90] = 0,05$
- $\mu_{\text{baik}}[4,90] = 0,95$

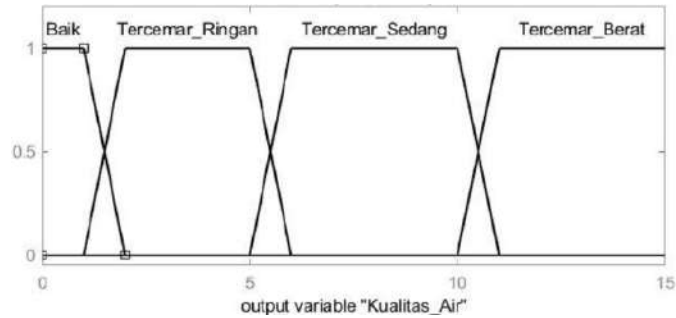
7. Tingkat Kualitas Air

Variabel tingkat kualitas air sungai memiliki empat himpunan *fuzzy* yaitu memenuhi baku mutu (baik), tercemar ringan, tercemar sedang dan tercemar berat seperti yang terlihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Klasifikasi Tingkat Kualitas Air Sungai

Nilai Tingkat Kualitas Air Sungai	Keterangan
$0 \leq x < 1$	Memenuhi baku mutu (baik)
$1 \leq x < 5$	Tercemar ringan
$5 \leq x < 10$	Tercemar sedang
≥ 10	Tercemar berat

Berikut ini adalah fungsi keanggotaan dari tingkat kualitas air.



Gambar 4.27 Fungsi Keanggotaan Tingkat Kualitas Air

$$\mu_{\text{Baik}}[x] = \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq 1 \\ \frac{2-x}{2-1}; & 1 \leq x \leq 2 \\ 0; & x \geq 2 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tercemar_Ringan}}[x] = \begin{cases} 1; & 2 \leq x \leq 5 \\ \frac{x-1}{2-1}; & 1 \leq x \leq 2 \\ \frac{6-x}{6-5}; & 5 \leq x \leq 6 \\ 0; & x \leq 1 \text{ atau } x \geq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tercemar_Sedang}}[x] = \begin{cases} 1; & 6 \leq x \leq 10 \\ \frac{x-5}{6-5}; & 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{11-x}{11-10}; & 10 \leq x \leq 11 \\ 0; & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 11 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tercemar_Berat}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 10 \\ \frac{x-10}{11-10}; & 10 \leq x \leq 11 \\ 1; & 11 \leq x \leq 15 \end{cases}$$

4.4.2 Proses Aplikasi Fungsi Implikasi

Langkah kedua dalam penentuan tingkat kualitas air sungai adalah pembentukan aturan yang menyatakan hubungan antara variabel *input* dan variabel *output* (Widyastiti, 2018). Operator yang akan digunakan dalam menghubungkan kedua variabel *input* adalah operator AND, sedangkan operator yang akan menghubungkan variabel *input* dan variabel *output* adalah operator IF-THEN. Berdasarkan data yang didapatkan, maka dapat dibentuk aturan sebanyak 144 aturan yang didapatkan dari perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Fungsi} &= \text{Jumlah } \mu_{\text{suhu}} \times \text{Jumlah } \mu_{\text{pH}} \times \text{Jumlah } \mu_{\text{BOD}} \times \text{Jumlah } \mu_{\text{COD}} \times \text{Jumlah } \mu_{\text{TSS}} \\ &\quad \times \text{Jumlah } \mu_{\text{DO}} \\ &= 3 \times 3 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \\ &= 144 \text{ aturan} \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan beberapa aturan yang digunakan dalam penentuan kualitas air sungai. Untuk semua aturan yang ada dapat dilihat pada Lampiran A.

[R1] If (Suhu is baik) and (pH is baik) and (BOD is baik) and (COD is baik) and (TSS is baik) and (DO is baik) then (Kualitas_Air is Baik)

[R5] If (Suhu is baik) and (pH is baik) and (BOD is baik) and (COD is buruk) and (TSS is baik) and (DO is baik) then (Kualitas_Air is Tercemar_Ringan)

[R14] If (Suhu is buruk1) and (pH is baik) and (BOD is baik) and (COD is baik) and (TSS is baik) and (DO is buruk) then (Kualitas_Air is Tercemar_Ringan)

[R55] If (Suhu is buruk2) and (pH is baik) and (BOD is buruk) and (COD is buruk) and (TSS is baik) and (DO is baik) then (Kualitas_Air is Tercemar_Sedang)

[R85] If (Suhu is buruk1) and (pH is buruk2) and (BOD is buruk) and (COD is baik) and (TSS is baik) and (DO is buruk) then (Kualitas_Air is Tercemar_Sedang)

[R130] If (Suhu is baik) and (pH is buruk2) and (BOD is buruk) and (COD is buruk) and (TSS is buruk) and (DO is buruk) then (Kualitas_Air is Tercemar_Berat)

[R144] If (Suhu is buruk2) and (pH is buruk2) and (BOD is buruk) and (COD is buruk) and (TSS is buruk) and (DO is buruk) then (Kualitas_Air is Tercemar_Berat)

Berdasarkan hasil *Fuzzification* pada parameter kualitas air sungai yang ada di titik 2 pada saat musim hujan tahun 2017, maka berikut ini adalah aturan yang digunakan pada proses aplikasi fungsi implikasi.

[R1] If (Suhu is baik) and (pH is baik) and (BOD is baik) and (COD is baik) and (TSS is baik) and (DO is baik) then (Kualitas_Air is Baik)

$$\begin{aligned}
[R1] &= \text{MIN}(\mu_{\text{baik}}[28,95]; \mu_{\text{baik}}[7,35]; \mu_{\text{baik}}[3,66]; \mu_{\text{baik}}[11,73]; \mu_{\text{baik}}[42,00]; \\
&\quad \mu_{\text{baik}}[4,85]) \\
&= \text{MIN}(0,05; 1; 0,17; 1; 1; 0,925) \\
&= 0,05
\end{aligned}$$

Berikut ini adalah aturan lain yang dapat digunakan dan juga hasil dari perhitungan seperti yang terlihat pada Tabel 4.8. Langkah perhitungan pada kasus 1 ini dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel 4.8 Hasil Contoh Perhitungan Aplikasi Fungsi Implikasi Kasus 1

Aturan	Suhu	pH	BOD	COD	TSS	DO	Klasifikasi	Hasil
[R3]	buruk2	baik	baik	baik	baik	baik	Tercemar Ringan	0,17
[R6]	baik	baik	buruk	baik	baik	baik	Tercemar Ringan	0,05
[R9]	baik	baik	baik	baik	baik	buruk	Tercemar Ringan	0,05
[R16]	buruk2	baik	buruk	baik	baik	baik	Tercemar Ringan	0,83
[R19]	buruk2	baik	baik	baik	baik	buruk	Tercemar Ringan	0,075
[R32]	baik	baik	buruk	baik	baik	buruk	Tercemar Ringan	0,05
[R57]	buruk2	baik	buruk	baik	baik	buruk	Tercemar Sedang	0,075

Berikut ini adalah hasil dari perhitungan langkah aplikasi fungsi implikasi pada kasus 2, yaitu kualitas air di titik 2 pada saat musim kemarau tahun 2017 seperti yang terlihat pada Tabel 4.9. Langkah perhitungan pada kasus 2 dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel 4.9 Hasil Contoh Perhitungan Aplikasi Fungsi Implikasi Kasus 2

Aturan	Suhu	pH	BOD	COD	TSS	DO	Klasifikasi	Hasil
[R55]	buruk2	baik	buruk	buruk	baik	baik	Tercemar Sedang	0,10
[R106]	buruk2	baik	buruk	buruk	buruk	baik	Tercemar Sedang	0,90
[R107]	buruk2	baik	buruk	buruk	baik	buruk	Tercemar Sedang	0,05
[R132]	buruk2	baik	buruk	buruk	buruk	buruk	Tercemar Berat	0,05

4.4.3 Proses Komposisi Aturan

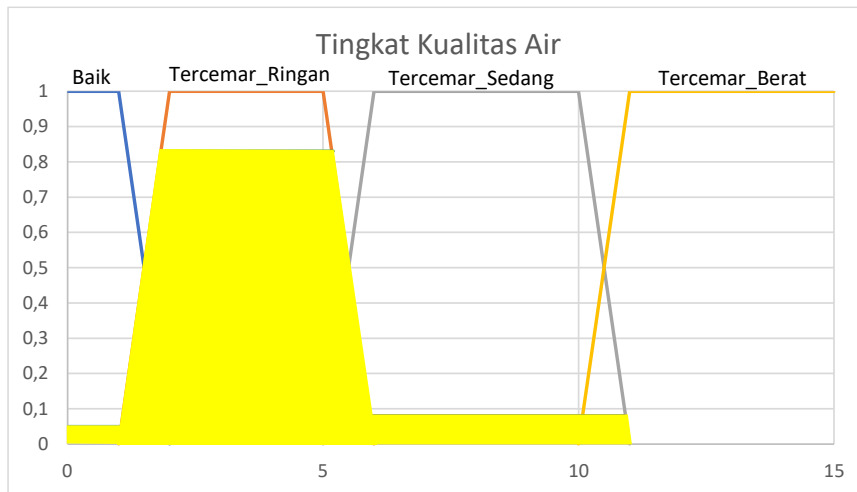
Langkah ketiga dalam penentuan tingkat kualitas air sungai adalah proses komposisi aturan yaitu inferensi dari kumpulan data dan korelasi antar aturan. Pada proses komposisi aturan yang digunakan pada metode *Fuzzy Mamdani* menggunakan fungsi MAX yaitu dengan cara mengambil nilai maksimum dari *output* aturan. Berikut ini merupakan proses komposisi aturan untuk parameter kualitas air sungai yang ada di titik 2 pada saat musim hujan tahun 2017 yaitu dengan mencari nilai maksimum dari nilai minimum dari masing-masing aturan dan klasifikasi yang digunakan.

$$\begin{aligned}
\mu_{\text{Baik}}(z) &= \text{MAX}(R1) \\
&= \text{MAX}(0,05) \\
&= 0,05
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Tercemar_Ringan}}(z) &= \text{MAX}(R3; R6; R9; R16; R19; R32) \\ &= \text{MAX}(0,17; 0,05; 0,05; 0,83; 0,075; 0,05) \\ &= 0,83 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Tercemar_Sedang}}(z) &= \text{MAX}(R57) \\ &= \text{MAX}(0,075) \\ &= 0,075 \end{aligned}$$

Grafik dari proses komposisi aturan ini dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Grafik Proses Komposisi Aturan

Berikut ini adalah hasil dari perhitungan langkah komposisi aturan pada kasus 2, yaitu kualitas air di titik 2 pada saat musim kemarau tahun 2017 seperti yang terlihat pada Tabel 4.10. Langkah perhitungan pada kasus 2 dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel 4.10 Hasil Contoh Perhitungan Komposisi Aturan Kasus 2

No	Klasifikasi	Hasil
1.	Tercemar_Sedang	0,90
2.	Tercemar_Berat	0,05

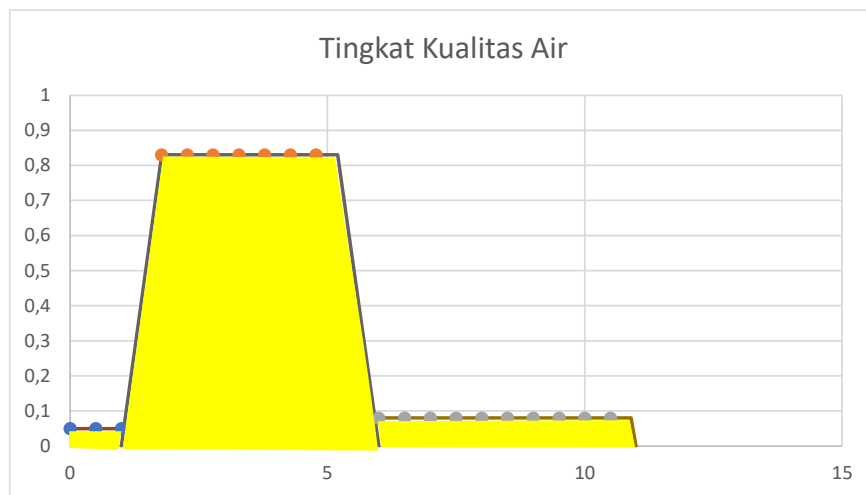
4.4.4 Proses Defuzzification

Langkah terakhir dalam penentuan tingkat kualitas air sungai adalah proses *defuzzification* atau proses pemetaan dari himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas untuk mendapat *output*. Metode yang digunakan pada langkah ini adalah metode Centroid, yaitu nilai tegas didapatkan dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Berikut ini adalah rumus dari metode centroid.

$$z^* = \frac{\int \mu(z)z \, dz}{\int \mu(z) \, dz}$$

Berdasarkan rumus metode centroid, nilai z dapat dihitung menggunakan jumlah fungsi untuk daerah hasil *fuzzification* dibagi dengan jumlah titik daerah komposisi. Nilai maksimal

yang didapatkan saat proses komposisi aturan menjadi tinggi masing-masing grafik klasifikasi. Setelah itu, ditentukan titik-titik secara acak pada masing-masing klasifikasi dengan kelipatan 0,5. Rumus dari menghitung nilai z adalah momen dibagi dengan luas. Momen didapatkan dari jumlah nilai titik kelipatan dikalikan dengan nilai maksimal masing-masing klasifikasi. Sedangkan, luas didapatkan dari jumlah nilai maksimal dikalikan dengan jumlah titik kelipatan masing-masing klasifikasi (Charlina, 2016). Berikut ini adalah perhitungan proses *defuzzification* dan Gambar 4.29 merupakan grafik dari proses ini.



Gambar 4.29 Grafik Proses *Defuzzification*

$$\begin{aligned}
 z^* &= \frac{(1,5 \times 0,05) + (22,96 \times 0,83) + (82,5 \times 0,075)}{(0,05 \times 3) + (0,83 \times 7) + (0,08 \times 10)} \\
 &= \frac{25,26}{6,69} \\
 &= 3,77 \text{ (Tercemar Ringan)}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan bahwa tingkat air Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir di titik 2 pada saat musim hujan tahun 2017 adalah tercemar ringan dengan nilai 3,77. Jika dari proses *fuzzification* hingga *defuzzification* dilakukan menggunakan aplikasi MATLAB, maka nilai yang didapatkan adalah 3,94, yang dimana memiliki selisih sebesar 0,17 dengan perhitungan manual. Namun, kedua nilai yang didapatkan masih tetap dalam *range* yang sama yaitu lebih dari sama dengan satu dan kurang dari 5 yang artinya memiliki hasil yang sama yaitu tercemar ringan.

Dari hasil perhitungan langkah komposisi aturan pada kasus 2, yaitu kualitas air di titik 2 pada saat musim kemarau tahun 2017 didapatkan bahwa kualitas air pada kasus ini adalah tercemar sedang dengan nilai 8,17. Jika dari proses *fuzzification* hingga *defuzzification* dilakukan menggunakan aplikasi MATLAB, maka nilai yang didapatkan adalah 8,21, yang dimana memiliki selisih sebesar 0,04 dengan perhitungan manual. Namun, kedua nilai yang didapatkan masih tetap dalam *range* yang sama yaitu lebih dari sama dengan lima dan kurang dari sepuluh yang artinya memiliki hasil yang sama yaitu tercemar sedang. Untuk perhitungan yang lebih lengkap dari kasus 2 dapat dilihat pada Lampiran B.

Berikut ini adalah Tabel 4.11 yang merupakan hasil *defuzzification* pada kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir di tiap tahun dan tiap musim.

Tabel 4.11 Hasil *Defuzzification* Tingkat Kualitas Air Kali Surabaya Segmen Gunungsari – Jagir

Titik	Tahun	Tingkat Kualitas Air Sungai			
		Musim Kemarau		Musim Hujan	
		Hasil Defuzzifikasi	Klasifikasi	Hasil Defuzzifikasi	Klasifikasi
1 (Pintu Air Gunungsari)	2017	8,59	Tercemar Sedang	6,99	Tercemar Sedang
	2018	4,42	Tercemar Ringan	8,90	Tercemar Sedang
	2019	6,15	Tercemar Sedang	9,62	Tercemar Sedang
	2020	6,25	Tercemar Sedang	10,80	Tercemar Berat
	2021	6,69	Tercemar Sedang	11,00	Tercemar Berat
	2022	-	-	9,26	Tercemar Sedang
2 (Muara Kali Kedurus)	2017	8,21	Tercemar Sedang	3,94	Tercemar Ringan
	2018	8,00	Tercemar Sedang	9,07	Tercemar Sedang
	2019	4,87	Tercemar Ringan	5,41	Tercemar Sedang
	2020	4,85	Tercemar Ringan	7,86	Tercemar Sedang
	2021	6,32	Tercemar Sedang	11,00	Tercemar Berat
	2022	-	-	10,60	Tercemar Berat
3 (Pintu Air Jagir)	2017	5,16	Tercemar Sedang	8,92	Tercemar Sedang
	2018	4,71	Tercemar Ringan	8,73	Tercemar Sedang
	2019	7,27	Tercemar Sedang	9,77	Tercemar Sedang
	2020	7,09	Tercemar Sedang	10,50	Tercemar Berat
	2021	7,03	Tercemar Sedang	10,90	Tercemar Berat
	2022	-	-	10,40	Tercemar Berat

Berdasarkan hasil defuzzifikasi, dapat disimpulkan bahwa pada saat musim kemarau, kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir rata-rata masuk pada klasifikasi tercemar sedang. Sedangkan, pada saat musim hujan, kualitas air rata-rata masuk pada klasifikasi tercemar sedang, namun ada pula yang masuk pada klasifikasi tercemar berat. Kondisi tercemar berat yang terjadi pada saat musim hujan dapat terjadi karena adanya peningkatan konsentrasi pada parameter TSS. Untuk penelitian selanjutnya, parameter yang digunakan dapat ditambah meliputi parameter fisika, kimia dan biologi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan optimal.

4.5 Penentuan Cara Penyelesaian Pencemaran di Kali Surabaya

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menjaga agar kualitas air Kali Surabaya sesuai dengan baku mutu air kelas II adalah dengan menentukan alternatif-alternatif cara penyelesaian pencemaran yang terjadi. Penyusunan alternatif cara penyelesaian pencemaran di Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir akan dilakukan berdasarkan studi literatur. Dari beberapa alternatif yang ditemukan maka akan dilakukan perumusan berdasarkan kuesioner dari metode AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Sebelum menyusun cara penyelesaian pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya, maka perlu mengetahui dahulu kondisi di Kali Surabaya terutama pada segmen Gunungsari – Jagir. Berikut ini adalah kondisi di Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir.

1. Berdasarkan identifikasi kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*, didapatkan bahwa pada tahun 2017-2022, di

musim kemarau Kali Surabaya pada segmen ini cenderung tercemar sedang. Sedangkan, pada saat musim hujan cenderung tercemar sedang, namun ada kalanya masuk pada klasifikasi tercemar berat. Klasifikasi tercemar sedang dan tercemar berat ini dapat disebabkan oleh tingginya konsentrasi TSS. Peningkatan konsentrasi TSS pada saat musim hujan dapat disebabkan oleh meningkatnya debit air sungai, baik dari hujan maupun air dari limbah rumah tangga atau industri (Yudo & Said, 2019). Pada titik 3, yaitu pintu air Jagir, rata-rata peningkatan konsentrasi TSS bersamaan dengan peningkatan konsentrasi BOD dan COD, hal ini dapat disebabkan oleh banyaknya limbah domestik atau industri yang masuk ke dalam sungai yang dilakukan pada saat hujan (Yudo & Said, 2019).

2. Pencemaran di Kali Surabaya didominasi oleh limbah domestik yaitu limbah rumah tangga. Selain itu, limbah industri serta pertanian juga menjadi penyumbang yang menyebabkan pencemaran di hilir Kali Surabaya. Hal ini dapat menyebabkan penurunan DO pada sungai. Pengendalian pencemaran di Kali Surabaya pada hilir dapat dilakukan dengan mengontrol buangan limbah ke dalam sungai, salah satunya adalah pembangunan IPAL (Putri, 2018). Kondisi Kali Surabaya di bagian hulu relatif lebih baik daripada kondisi Kali Surabaya di bagian hilir, hal ini disebabkan karena banyaknya jenis penggunaan lahan dan besarnya jumlah masyarakat yang tinggal di sekitar Kali Surabaya bagian hilir (Yulfiah et al., 2019).

Alternatif cara penyelesaian pencemaran pada sungai dibagi menjadi dua aspek yaitu, aspek teknis dan aspek non-teknis.

1. Aspek Teknis

Cara penyelesaian pencemaran air sungai dengan cara perlakuan terhadap limbah yang dibuang ke sungai, misalnya dengan cara mengubah proses, mengelola limbah atau menambah alat bantu yang dapat mengurangi konsentrasi kualitas limbah sebelum dibuang ke sungai agar sesuai baku mutu yang telah ditetapkan (Farizi, 2021).

2. Aspek Non-Teknis

Cara penyelesaian pencemaran air sungai dengan cara menciptakan peraturan perundangan yang dapat merencanakan, mengawasi dan mengatur segala macam bentuk kegiatan dan teknologi yang berpotensi menyebabkan pencemaran pada air sungai. Peraturan perundangan ini diharapkan dapat memberikan gambaran jelas mengenai kegiatan yang akan dilaksanakan, misalnya seperti AMDAL (Farizi, 2021).

Dari kedua aspek, maka akan disusun beberapa alternatif pada masing-masing aspek. Penyusunan alternatif-alternatif ini disesuaikan dengan kondisi Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, berikut ini merupakan alternatif berdasarkan aspek teknis.

1. Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Salah satu cara penyelesaian pencemaran adalah dengan cara mengelola limbah sebelum dibuang ke sungai. Cara mengelola limbah dapat dilakukan dengan pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) baik untuk industri di sekitar sungai maupun IPAL domestik komunal. Pemilihan unit yang digunakan dalam IPAL harus mempertimbangkan debit dan karakteristik air limbah, kualitas efluen air limbah yang terolah, adanya lahan dan sumber energi, serta kemudahan dan biaya operasi dan perawatan (Purwatinigrum, 2018). Adanya IPAL juga diperlukan pemantauan dan pengawasan secara berkala supaya air buangan yang telah terolah tetap sesuai dengan baku mutu sebelum dibuang ke sungai. Pemantauan dan pengawasan atau monitoring ini dapat dilakukan dengan cara pendekatan teknologi, institusi dan sosial.

a. Pendekatan Teknologi

Pendekatan secara teknologi untuk kegiatan monitoring IPAL dilakukan dengan cara memantau kualitas *output* IPAL menggunakan teknologi yang ada, salah satu contohnya adalah menggunakan alat sensor. Alat sensor ini digunakan untuk menentukan kualitas air limbah yang telah diolah, contohnya seperti pH, kekeruhan dan suhu (Faza et al., 2021). Hasil yang didapatkan dari alat sensor ini adalah berupa grafik kualitas air limbah pada masing-masing parameter yang dapat dilihat pada sistem komputer (Hafiidhudin et al., 2018).

b. Pendekatan Institusi

Pendekatan oleh institusi terkait untuk kegiatan monitoring IPAL dapat dilakukan dengan cara *online* maupun secara langsung. Monitoring secara *online* dapat dilakukan dengan cara memasang teknologi pada *outlet* IPAL industri maupun domestik sebelum dibuang ke sungai, hasil dari pengukuran kualitas ini akan terhubung ke internet (Yudo, 2016). Monitoring secara langsung dilakukan secara *real-time*, dengan cara memantau langsung ke IPAL.

c. Pendekatan Sosial

Pendekatan secara sosial dilakukan oleh masyarakat yang ada di sekitar IPAL komunal. Pendekatan ini dapat dilakukan dengan cara melihat fisik dari air yang diolah di IPAL, contohnya warna dan bau, maupun fisik dari unit-unit IPAL yang ada, contohnya keadaan bak kontrol masih baik atau terjadi kebocoran. Pendekatan dari masyarakat juga dapat berupa pengadaan iuran dana jika terjadi kerusakan pada IPAL (Lastari, 2020). Menurut Fu'adah & Setyowati (2016), partisipasi masyarakat juga dapat berupa saling menegur apabila ada kegiatan yang tidak sesuai dengan aturan yang disepakati dan penarikan keputusan atau pendapat agar kegiatan yang ada sesuai dengan yang diharapkan oleh masyarakat.

Sedangkan, berikut ini merupakan alternatif berdasarkan aspek non-teknis.

1. Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai

Kali Surabaya melewati beberapa kecamatan, sehingga di sepanjang sungai terdapat permukiman padat. Penanaman pohon atau pembuatan taman dapat menjadi solusi bagi sepanjang sungai yang digunakan sebagai permukiman padat (Alifia & Purnomo, 2016). Selain itu, adanya taman juga dapat menciptakan tempat rekreasi bagi masyarakat serta kawasan untuk menjaga lingkungan di perkotaan (Gunawan & Susetyaningsih, 2021).

2. Penataan lahan di tepi sungai

Tata ruang memiliki fungsi untuk mencegah kerusakan lingkungan hidup dengan memperhatikan daya dukung dan daya tampung sumber daya alam di daerah yang bersangkutan, dimana dalam penelitian ini adalah di sungai (Cahyani, 2019). Pemanfaatan lahan di tepi Kali Surabaya menurut Dinas Pengairan Provinsi Jawa Timur ada 35 jenis penggunaan lahan, beberapa diantaranya adalah sebagai permukiman dan tempat usaha atau industri (Yulfiah et al., 2019).

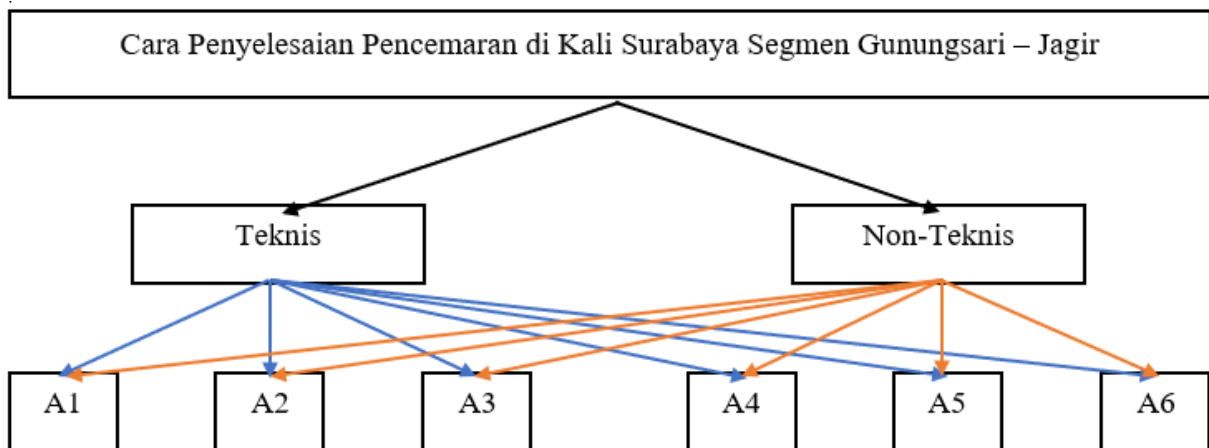
3. Peningkatan peran dari masyarakat

Dalam menjaga kualitas air sungai diperlukan peran dari masyarakat. Dalam hal ini, masyarakat dapat dilibatkan pada empat kegiatan, yaitu tahap pembuatan keputusan, tahap implementasi, tahap evaluasi dan tahap mendapatkan manfaat dari kegiatan yang berhubungan dengan menjaga kualitas air sungai (Hartati, 2018). Peran dari masyarakat juga dapat dilakukan dengan bentuk pelaporan pada pihak berwajib jika ada pihak-pihak yang mencemari sungai (Hanisa et al., 2017).

4. Penegakan peraturan yang berlaku
Beberapa pelanggaran dapat terjadi di sekitar sungai, pelanggaran ini terkadang mengganggu fungsi dari sungai. Pelanggaran ini dapat terus terjadi jika tidak ada penegakan hukum atau yang berlaku. Bentuk penegakan hukum dapat dilakukan melalui beberapa kegiatan yaitu, koordinasi dengan dinas/instansi terkait, sosialisasi, pendataan serta melalui teguran dan sanksi (Prastiandiani, 2016).
5. Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih
Selain memerlukan peran aktif dari masyarakat dalam menjaga kualitas air sungai, diperlukan juga pengetahuan untuk masyarakat mengenai gaya hidup bersih. Pemberian pengetahuan terhadap masyarakat ini dapat melalui sosialisasi. Sosialisasi ini dapat berisi mengenai pentingnya sanitasi lingkungan agar tidak memberikan efek negatif bagi manusia dan lingkungan sekitar. Dari sosialisasi ini diharapkan dapat menumbuhkan kesadaran masyarakat untuk menjaga kebersihan lingkungan terutama kebersihan sungai (Sa'ban et al., 2021).

Setelah menyusun aspek dan alternatif cara penyelesaian pencemaran di Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir, selanjutnya adalah pembuatan kuesioner. Kuesioner ini berisi pembobotan antar alternatif. Pembobotan ini berupa penilaian numerik sesuai prioritas antar dua alternatif. Hasil dari pembobotan ini akan didapatkan alternatif cara penyelesaian pencemaran dengan nilai prioritas paling tinggi. Berikut ini adalah tahapan untuk menemukan hasil dari pembobotan.

1. Identifikasi faktor dan kriteria dalam penentuan alternatif
2. Menyusun hirarki AHP berdasarkan aspek dan alternatif yang didapatkan dari studi literatur seperti yang terlihat pada Gambar 4.30.
3. Menentukan bobot prioritas dengan cara membandingkan antar alternatif
4. Mengukur konsistensi pemberian bobot dalam perbandingan antar alternatif



Gambar 4.30 Hirarki AHP

Keterangan:

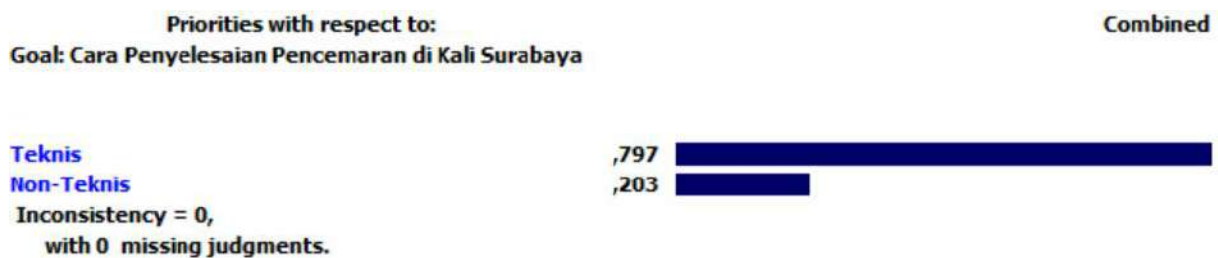
- A1 : Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)
 A2 : Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai
 A3 : Penataan lahan di tepi sungai
 A4 : Peningkatan peran dari masyarakat

A5 : Penegakan peraturan yang berlaku

A6 : Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih

Hasil pembobotan kuesioner didapatkan dari responden yang dipilih sebagai *keyperson*. Pada penelitian ini terdapat enam responden dari instansi serta dosen. Pemberian dan pengisian kuesioner dilaksanakan pada bulan April hingga Mei 2022. Responden yang dipilih merupakan orang-orang yang mengetahui tentang cara penyelesaian pencemaran di sungai. Namun, untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penambahan responden kuesioner sehingga hasil yang didapatkan lebih optimal dan representatif. Metode AHP tidak bisa digunakan jika ada penilaian yang salah dari responden (Mailisa et al., 2021; Tabrani et al., 2017).

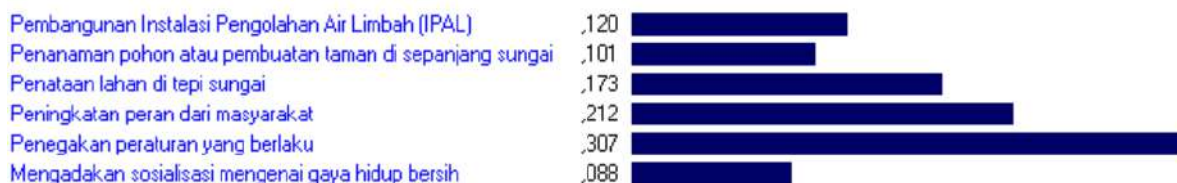
Hasil dari pembobotan kuesioner akan diinput ke dalam *software* Expert Choice 11 untuk mendapatkan prioritas aspek dan alternatif dengan bobot paling tinggi. Hasil dari pembobotan dikatakan valid jika nilai *inconsistency* $\leq 10\%$. Jika nilai *inconsistency* $> 10\%$, maka harus dilakukan pengisian kuesioner ulang (Trisnawati & Masduqi, 2014).



Gambar 4.31 Penentuan Aspek Terpilih

Gambar 4.31 merupakan hasil dari aspek yang terpilih dari beberapa kuesioner yang telah terkumpul. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa hasil pembobotan dari nilai terbesar ke terkecil adalah aspek teknis dengan bobot 0,797 dan aspek non-teknis dengan bobot 0,203. Nilai inkonsistensi didapatkan sebesar 0,0 yang menunjukkan bahwa pembobotan dari aspek ini telah valid karena kurang dari 0,1. Aspek teknis yang merupakan aspek dengan bobot tertinggi dianggap sebagai faktor yang paling berpengaruh dalam pencapaian tujuan dibandingkan dengan aspek non-teknis. Aspek teknis terdiri dari pembangunan IPAL yang disertai dengan pemantauan dan pengawasan secara berkala. Penyebab utama pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya adalah pembuangan langsung limbah domestik dan limbah industri tanpa proses pengolahan, terutama limbah domestik berupa limbah deterjen dan limbah sisa makanan. Beban pencemar di hulu Kali Surabaya lebih tinggi daripada di hilir Kali Surabaya, karena sumber pencemar di hilir lebih banyak daripada di hulu. Penggunaan lahan pada hilir Kali Surabaya didominasi oleh permukiman padat penduduk (Aufar, 2019).

Combined instance -- Synthesis with respect to:
 Goal: Cara Penyelesaian Pencemaran di Kali Surabaya
 Overall Inconsistency = ,10



Gambar 4.32 Penentuan Alternatif Terpilih

Gambar 4.32 merupakan hasil dari alternatif yang terpilih dari beberapa kuesioner yang telah terkumpul. Nilai inkonsistensi didapatkan sebesar 0,1 yang menunjukkan bahwa pembobotan dari alternatif ini telah valid karena tidak lebih dari 0,1. Berikut ini adalah empat hasil pembobotan dengan nilai paling besar yang dianggap dapat menjadi prioritas utama dalam cara penyelesaian pencemaran di Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir.

1. Penegakan peraturan yang berlaku dengan bobot 0,307
 Penegakan peraturan mengenai pelestarian lingkungan hidup dan pencegahan pencemaran, termasuk pencemaran air telah diatur dalam Undang-Undang nomor 11 tahun 2020 tentang Cipta Kerja. Dalam UU ini juga mengatur sanksi yang akan diberikan bagi seseorang atau lebih yang melakukan perbuatan tertentu dan mengakibatkan kerusakan atau pencemaran lingkungan, seperti sanksi administratif dan melakukan pemulihan fungsi lingkungan hidup oleh penanggung jawab. Industri di Kali Surabaya biasanya membuang limbah pada waktu tengah malam ketika petugas dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya sudah tidak melakukan pengawasan, maka dari itu diperlukan perizinan dan pengawasan yang dilakukan secara berkala (Syaputri, 2017).
2. Peningkatan peran dari masyarakat dengan bobot 0,212
 Pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya sebagian besar disebabkan oleh limbah rumah tangga, terutama limbah deterjen dan limbah sisa makanan. Maka dari itu, selain peran pemerintah, juga diperlukan peran dari masyarakat, terutama yang bermukim di sekitar Kali Surabaya. Walikota Surabaya mengharapkan masyarakat yang mengetahui terjadinya pencemaran air dapat menyampaikan pengaduan atau informasi ke Walikota, perangkat daerah atau instansi terkait. Selain itu juga dapat dilakukan kegiatan yang berbasis peran aktif masyarakat seperti mengembangkan kesadaran masyarakat terkait dengan pencemaran Kali Surabaya, berbagi ilmu mengenai pencemaran air dan pencegahannya serta menumbuhkan perilaku menjaga dan memperbaiki lingkungan, terutama sungai (Yulfiah, 2020).
3. Penataan lahan di tepi sungai dengan bobot 0,173
 Lahan di tepi Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir yang merupakan hilir Kali Surabaya didominasi oleh permukiman warga. Tujuan dari penataan lahan di tepi sungai adalah penertiban bangunan atau kegiatan di tepi Kali Surabaya. Adanya bangunan atau kegiatan di tepi Kali Surabaya ini harus ditegaskan untuk tidak melakukan kegiatan yang dapat mencemari Kali Surabaya (Wardana, 2019). Penataan lahan di tepi Kali Surabaya ini selain membutuhkan kesadaran dari masyarakat, juga memerlukan prosedur penegakan hukum mengenai penataan lahan dari instansi terkait.

4. Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan bobot 0,120
Pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya bagian hilir didominasi oleh limbah domestik karena banyaknya permukiman di tepi sungai. Permasalahan ini dapat diatasi dengan cara pembangunan IPAL Domestik atau kegiatan sanitasi sejenis yang dapat mengurangi pembuangan limbah langsung ke dalam sungai. Fungsi IPAL komunal selain digunakan untuk mengolah air limbah, juga dapat digunakan untuk sistem drainase dan sanitasi (Noor & Soedjono, 2019). Selain IPAL domestik, juga diperlukan IPAL bagi industri yang ada di sekitar Kali Surabaya. Penggunaan IPAL tidak akan berjalan dengan baik jika tidak disertai dengan pemantauan dan pengawasan secara berkala. Pemantauan dan pengawasan ini dilakukan dengan tujuan agar IPAL dapat terus bekerja dengan optimal sehingga air buangan yang terolah tidak akan mencemari sungai ketika dibuang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir dari tahun 2017-2022 menggunakan metode *Fuzzy Analysis (Fuzzy Mamdani)* adalah sebagai berikut.
 - Titik 1 saat musim kemarau cenderung tercemar sedang dengan nilai paling tinggi 8,59. Saat musim hujan cenderung tercemar sedang, namun ada saatnya tercemar berat dengan nilai paling tinggi 11.
 - Titik 2 saat musim kemarau cenderung tercemar sedang dengan nilai paling tinggi 8,21. Saat musim hujan cenderung tercemar sedang, namun ada saatnya tercemar berat dengan nilai paling tinggi 11.
 - Titik 3 saat musim kemarau cenderung tercemar sedang dengan nilai paling tinggi 7,27. Saat musim hujan cenderung tercemar sedang, namun ada saatnya tercemar berat dengan nilai paling tinggi 10,9.
2. Hasil pembobotan pemilihan alternatif cara penyelesaian pencemaran Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir menggunakan metode AHP didapatkan aspek dengan bobot tertinggi adalah aspek teknis (0,797). Sedangkan, empat alternatif dengan bobot tertinggi adalah penegakan peraturan yang berlaku (0,307), peningkatan peran dari masyarakat (0,212), penataan lahan di tepi sungai (0,173) dan pembangunan IPAL (0,120).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Parameter yang digunakan dapat ditambah meliputi parameter fisika, kimia dan biologi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan optimal.
2. Responden kuesioner dapat ditambah sehingga hasil yang didapatkan lebih optimal dan representatif.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Agustira, R., Lubis, K. S., & Jamilah. (2013). Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai Pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(3), 615–625. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.32734/jaet.v1i3.2939>
- Alifia, N., & Purnomo, Y. (2016). Identifikasi Letak dan Jenis Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Permukiman Perkotaan. *Langkau Betang*, 3(2), 25–38. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26418/lantang.v3i2.18329>
- Anggraeni, N., Arifiana, G., & Abadi, A. M. (2017). Klasifikasi Kualitas Air Sungai Winongo Menggunakan Fuzzy Inference System (FIS) Metode Mamdani. *Seminar Matematika Dan Pendidikan Matematika UNY*.
- Ariani, Y. W., Damai, A. A., & Kartini, N. (2021). Pemantauan Kualitas Air Sungai Perairan Sungai Semuong di dalam Hutan Lindung Register 39, Desa Gunung Doh, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 26(1), 7–12.
- Aruan, D. G. R., & Siahaan, M. A. (2017). Penentuan Kadar Dissolved Oxygen (DO) Pada Air Sungai Sidoras di Daerah Butar Kecamatan Pagaran Kabupaten Tapanuli Utara. *Jurnal Analis Laboratorium Medik*, 2(1), 1–5.
- Arya, L., & Srivastava, G. (2019). Fuzzy Models for Water Quality Assessment. *2nd International Conference on Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques*, 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/ICICT46931.2019.8977693>
- Aufar, D. V. G. (2019). Analisis Kualitas Air Sungai Pada Aliran Sungai Kali Surabaya. *Swara Bhumi*, 5(8), 1–6.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Kota Surabaya Dalam Angka 2021*. Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.
- Cahyani, F. A. (2019). Upaya Peningkatan Daya Dukung Lingkungan Hidup Melalui Instrumen Pencegahan Kerusakan Lingkungan Hidup Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Nurani Hukum: Jurnal Ilmu Hukum*, 2(1), 53–60. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.51825/nhk.v2i1.5488>
- Charlina, M. (2016). *Sistem Penentuan Tingkat Pencemaran Air Sungai Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani pada Aplikasi Android Berbasis Web* [Skripsi]. Universitas Brawijaya.
- Daroini, T. A., & Arisandi, A. (2020). Analisis BOD (Biological Oxygen Demand) di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Juvenil*, 1(4), 558–566. <https://doi.org/https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i4.9037>
- Djoharam, V., Riani, E., & Yani, M. (2018). Analisis Kualitas Air dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Pesanggrahan di Wilayah Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(1), 127–133. <https://doi.org/https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.127-133>

- Farizi, M. A. al. (2021). *Perilaku Masyarakat Tepi Sungai Dalam Masalah Sampah Di Sekitar Sungai* [Skripsi]. Universitas Lambung Mangkurat.
- Faza, J., Purnama, S. I., & Syifa, F. T. (2021). Sistem Monitoring Tingkat pH, Kekeruhan dan Suhu Air Limbah Batik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Berbasis LoRa. *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, 3(1), 10–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.20895/jtece.v3i1.146>
- Fu'adah, A. M., & Setyowati, Rr. N. (2016). Aktivitas Partisipasi Masyarakat Kelurahan Jambangan dalam Kegiatan Green and Clean Kota Surabaya. *Kajian Moral Dan Kewarganegaraan*, 2(4), 441–455.
- Gazali, I., Widiatmono, R., & Wirosodarmo, R. (2013). Evaluasi Dampak Pembuangan Limbah Cair Pabrik Kertas Terhadap Kualitas Air Sungai Klintar Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 1(2), 1–8.
- Gunawan, G., & Susetyaningsih, A. (2021). Pemanfaatan Sempadan Sungai Sebagai Ruang Terbuka Hijau. *Jurnal Konstruksi*, 19(1), 179–190.
- Hafidhudin, Notosudjono, D., & Fiddiansyah, D. B. (2018). Prototipe Sistem Otomatisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan Monitoring Secara Realtime Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1), 1–13.
- Hakim, M. N., & Nur, A. (2020). Analisis Dampak Pencemaran Air Sungai Kahung Terhadap Ekonomi Masyarakat Desa Belangian. *Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Pembangunan*, 3(2), 342–355. <https://doi.org/https://doi.org/10.20527/jiep.v3i2.2538>
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, Maury, H. K., & Alianto. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>
- Hanisa, E., Nugraha, W. D., & Sarminingsih, A. (2017). Penentuan Status Mutu Air Sungai Berdasarkan Metode Indeks kualitas Air-National Sanitation Foundation (IKA-NSF) Sebagai Pengendalian Kualitas Lingkungan (Studi Kasus: Sungai Gelis, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–15.
- Hartati. (2018). Peran Serta Masyarakat Dalam Meningkatkan Kualitas Lingkungan Daerah Aliran Sungai Batanghari di Desa Sungai Duren. *Al-Risalah Forum Kajian Hukum Dan Sosial Kemasyarakatan*, 18(1), 13–28. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.30631/al-risalah.v18i2.132>
- Idrus, S. W. al. (2015). Analisis Pencemaran Air Menggunakan Metode Sederhana Pada Sungai Jangkuk, Kekalik dan Sekarbela Kota Mataram. *Jurnal Pijar MIPA*, 10(1), 37–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.31764/paedagogia.v5i2.85>
- Irwan, M., Alianto, & Toja, Y. T. (2017). Kondisi Fisik Kimia Air Sungai yang Bermuara di Teluk Sawaibu Kabupaten Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 1(1), 81–92.

- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Mendukung Keputusan* (2nd ed.). Graha Ilmu.
- Lastari, M. D. (2020). *Evaluasi Kinerja IPAL Komunal pada Hulu Sungai Winongo, Sungai Code, dan Sungai Gajah Wong di Kabupaten Sleman* [Tugas Akhir]. Universitas Islam Indonesia.
- Mailisa, E. R., Yulianto, B., & Warsito, B. (2021). Strategi Peningkatan Kualitas Air Sungai: Studi Kasus Sungai Sani. *Jurnal Litbang*, 17(2), 101–114. <https://doi.org/https://doi.org/10.33658/jl.v17i2.268>
- Marlina, N., Hudori, & Hafidh, R. (2017). Pengaruh Kekasaran Saluran dan Suhu Air Sungai Pada Parameter Kualitas Air COD, TSS di Sungai Winongo Menggunakan Software QUAL2Kw. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 9(2), 122–133.
- Naillah, A., Budiarti, L. Y., & Heriyani, F. (2021). Literature Review: Analisis Kualitas Air Sungai Dengan Tinjauan Parameter pH, Suhu, BOD, COD, DO Terhadap Coliform. *Homeostasis*, 4(2), 487–494.
- Nasution, M. I., & Nuh, M. (2018). Kajian Iklim Berdasarkan Klasifikasi Oldeman di Kabupaten Langkat. *JISTech*, 3(2), 1–19. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30829/jistech.v3i2.3157>
- Noor, D. A. I., & Soedjono, E. S. (2019). Water Pollution Factor Analysis and Management in Surabaya River - Indonesia. *Journal For Advanced Research in Applied Sciences*, 2(2), 6–12.
- Prahutama, A. (2013). Estimasi Kandungan DO (Dissolved Oxygen) di Kali Surabaya dengan Metode Kriging. *Jurnal Statistika*, 1(2), 9–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.26714/jsunimus.1.2.2013.%25p>
- Prastiandiani, D. (2016). Penegakan Hukum Atas Pelanggaran Pemanfaatan Sempadan Sungai di Kabupaten Sidoarjo. *JKMP*, 4(2), 117–234. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21070/jkmp.v4i2.695>
- Purba, R. H., Mubarak, & Galib, M. (2018). Sebaran Total Suspended Solid (TSS) di Kawasan Muara Sungai Kampar Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 23(1), 21–30. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31258/jpk.23.1.21-30>
- Purwatiningrum, O. (2018). Gambaran Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Komunal di Kelurahan Simokerto, Kecamatan Simokerto, Kota Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 241–251. <https://doi.org/https://doi.org/10.20473/jkl.v10i2.2018.211-219>
- Puspitasari, D. E. (2009). Dampak Pencemaran Air Terhadap Kesehatan Lingkungan Dalam Perspektif Hukum Lingkungan (Studi Kasus Sungai Code di Kelurahan Wirogunan Kecamatan Mergangsan dan Kelurahan Prawirodirjan Kecamatan Gondomanan Yogyakarta). *Mimbar Hukum*, 21(1), 23–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/jmh.16254>

- Putri, F. A. (2018). *Prediksi Pencemaran Air Kali Surabaya Segmen Karangpilang-Ngagel Dengan Metode STELLA (Structural Thinking, Experiential Learning Laboratory with Animation)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rochgiyanti. (2011). Fungsi Sungai Bagi Masyarakat di Tepian Sungai Kuin Kota Banjarmasin. *Jurnal Komunitas*, 3(1), 51–59. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/komunitas.v3i1.2293>
- Rosyidah, M. (2018). Analisis Pencemaran Air Sungai Musi Akibat Aktivitas Industri (Studi Kasus Kecamatan Kertapati Palembang). *Jurnal Redoks*, 3(1), 21–32. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31851/redoks.v3i1.2788>
- Saaty, T. L. (1994). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with The Analytic Hierarchy Process*. Pittsburg RWS Publications.
- Sa'ban, L. M. A., Sadat, A., & Nazar, A. (2021). Meningkatkan Pengetahuan Masyarakat Dalam Perbaikan Sanitasi Lingkungan. *DINAMISIA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 10–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.31849/dinamisia.v5i1.4365>
- Setyowati, R. D. N. (2015). Status Kualitas Air DAS Cisanggarung, Jawa Barat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(1), 37–45. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29080/alard.v1i1.32>
- Sidabutar, E. A., Sartimbul, A., & Handayani, M. (2019). Distribusi Suhu, Salinitas dan Oksigen Terlarut Terhadap Kedalaman di Perairan Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1), 46–52. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.6>
- Sugierster, F., Firmansyah, Y. W., Widyantoro, W., Fuadi, M. F., Afrina, Y., & Hardiyanto, A. (2021). Dampak Pencemaran Sungai di Indonesia Terhadap Gangguan Kesehatan: Literature Review. *Jurnal Riset Kesehatan*, 13(1), 120–133. <https://doi.org/https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v13i1.1848>
- Suryani. (2019). Kualitas Parameter Fisik dan Kimia Perairan Sungai Sago Kota Pekanbaru Tahun 2016. *Jurnal Katalisator*, 4(1), 32–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.22216/jk.v4i1.2834>
- Syaputri, M. D. (2017). Peran Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya Dalam Pengendalian Pencemaran Air Sungai Brantas. *Refleksi Hukum*, 1(2), 131–146.
- Tabrani, Siswanto, & Suprayogi, I. (2017). Strategi Pengendalian Pencemaran Sungai Kampar dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) (Studi Kasus: DAS Kampar Segmen Propinsi Sumatera Barat). *Jom FTEKNIK*, 4(1), 1–11.
- Trisnawati, A., & Masduqi, A. (2014). Analisis Kualitas dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Kali Surabaya. *Jurnal Purifikasi*, 14(2), 90–98. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12962/j25983806.v14.i2.14>
- Wardana, R. M. (2019). *Penentuan Strategi Penanggulangan Pencemaran Sungai Kalimas Dengan Metode ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) [Skripsi]*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Widyastiti, M. (2018). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani untuk Menentukan Tingkat Kualitas Air Sungai Lintas Provinsi di Pulau Jawa. *Ekologia*, 18(1), 17–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.33751/ekol.v18i1.803>
- Xu, G., Li, P., Lu, K., Tantai, Z., Zhang, J., Ren, Z., Wang, X., Yu, K., Shi, P., & Cheng, Y. (2019). Seasonal Changes in Water Quality and Its Main Influencing Factors in The Dan River Basin. *Catena*, 173(1), 131–140. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2018.10.014>
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktivitas Warga di Sempadan Sungai Terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 7(1), 41–50.
- Yudo, S. (2016). Pengembangan Sistem Pemantauan Kualitas Air Untuk Memantau Air Limbah Industri Secara Online. *Jurnal Air Indonesia*, 9(1), 89–98. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29122/jai.v9i1.2478>
- Yudo, S., & Said, N. I. (2019). Kondisi Kualitas Air Sungai Surabaya Studi Kasus: Peningkatan Kualitas Air Baku PDAM Surabaya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1), 19–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.29122/jtl.v20i1.2547>
- Yulfiah. (2020). Perumusan Strategi Pemulihan Kali Surabaya Berbasis Peran Serta Masyarakat. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan Dan Kelautan (SEMITAN II)*, 405–410. <https://doi.org/https://doi.org/10.31284/p.semitan.2020.1042>
- Yulfiah, Suzantho, F., & Kusuma, M. N. (2019). Agihan Kualitas Air Kali Surabaya Berdasarkan Perbedaan Penggunaan Lahan. *Serambi Engineering*, 4(1), 426–431. <https://doi.org/https://doi.org/10.32672/jse.v4i1.975>

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN A

ATURAN APLIKASI FUNGSI IMPLIKASI

Aturan	Parameter						Klasifikasi
	Suhu	pH	BOD	COD	TSS	DO	
1	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik
2	Buruk1	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
3	Buruk2	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
4	Baik	Buruk1	Baik	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
5	Baik	Buruk2	Baik	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
6	Baik	Baik	Buruk	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
7	Baik	Baik	Baik	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
8	Baik	Baik	Baik	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Ringan
9	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Ringan
10	Buruk1	Buruk1	Baik	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
11	Buruk1	Baik	Buruk	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
12	Buruk1	Baik	Baik	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
13	Buruk1	Baik	Baik	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Ringan
14	Buruk1	Baik	Baik	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Ringan
15	Buruk2	Buruk2	Baik	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
16	Buruk2	Baik	Buruk	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
17	Buruk2	Baik	Baik	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
18	Buruk2	Baik	Baik	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Ringan
19	Buruk2	Baik	Baik	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Ringan
20	Buruk2	Buruk1	Baik	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
21	Baik	Buruk1	Buruk	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
22	Baik	Buruk1	Baik	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
23	Baik	Buruk1	Baik	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Ringan
24	Baik	Buruk1	Baik	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Ringan
25	Buruk1	Buruk2	Baik	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
26	Baik	Buruk2	Buruk	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
27	Baik	Buruk2	Baik	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
28	Baik	Buruk2	Baik	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Ringan
29	Baik	Buruk2	Baik	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Ringan
30	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Ringan
31	Baik	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Ringan
32	Baik	Baik	Buruk	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Ringan
33	Baik	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Ringan
34	Baik	Baik	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Ringan
35	Baik	Baik	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Ringan
36	Buruk1	Buruk1	Buruk	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
37	Buruk1	Buruk2	Buruk	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
38	Buruk1	Buruk1	Baik	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang

Aturan	Parameter						Klasifikasi
	Suhu	pH	BOD	COD	TSS	DO	
39	Buruk1	Buruk2	Baik	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
40	Buruk1	Buruk1	Baik	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
41	Buruk1	Buruk2	Baik	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
42	Buruk1	Buruk1	Baik	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
43	Buruk1	Buruk2	Baik	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
44	Buruk2	Buruk1	Buruk	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
45	Buruk2	Buruk2	Buruk	Baik	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
46	Buruk2	Buruk1	Baik	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
47	Buruk2	Buruk2	Baik	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
48	Buruk2	Buruk1	Baik	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
49	Buruk2	Buruk2	Baik	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
50	Buruk2	Buruk1	Baik	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
51	Buruk2	Buruk2	Baik	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
52	Buruk1	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
53	Buruk1	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
54	Buruk1	Baik	Buruk	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
55	Buruk2	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
56	Buruk2	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
57	Buruk2	Baik	Buruk	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
58	Baik	Buruk1	Buruk	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
59	Baik	Buruk1	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
60	Baik	Buruk1	Buruk	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
61	Baik	Buruk2	Buruk	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
62	Baik	Buruk2	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
63	Baik	Buruk2	Buruk	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
64	Buruk1	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
65	Buruk1	Baik	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
66	Buruk2	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
67	Buruk2	Baik	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
68	Baik	Buruk1	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
69	Baik	Buruk1	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
70	Baik	Buruk2	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
71	Baik	Buruk2	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
72	Buruk1	Baik	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
73	Buruk2	Baik	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
74	Baik	Buruk1	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
75	Baik	Buruk2	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
76	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
77	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
78	Baik	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
79	Baik	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
80	Buruk1	Buruk1	Buruk	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
81	Buruk1	Buruk2	Buruk	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang

Aturan	Parameter						Klasifikasi
	Suhu	pH	BOD	COD	TSS	DO	
82	Buruk1	Buruk1	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
83	Buruk1	Buruk2	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
84	Buruk1	Buruk1	Buruk	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
85	Buruk1	Buruk2	Buruk	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
86	Buruk2	Buruk1	Buruk	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
87	Buruk2	Buruk2	Buruk	Buruk	Baik	Baik	Tercemar_Sedang
88	Buruk2	Buruk1	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
89	Buruk2	Buruk2	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
90	Buruk2	Buruk1	Buruk	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
91	Buruk2	Buruk2	Buruk	Baik	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
92	Buruk1	Buruk1	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
93	Buruk1	Buruk2	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
94	Buruk1	Buruk1	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
95	Buruk1	Buruk2	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
96	Buruk2	Buruk1	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
97	Buruk2	Buruk2	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
98	Buruk2	Buruk1	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
99	Buruk2	Buruk2	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
100	Buruk1	Buruk1	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
101	Buruk1	Buruk2	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
102	Buruk2	Buruk1	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
103	Buruk2	Buruk2	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
104	Buruk1	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
105	Buruk1	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
106	Buruk2	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
107	Buruk2	Baik	Buruk	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
108	Baik	Buruk1	Buruk	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
109	Baik	Buruk1	Buruk	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
110	Baik	Buruk2	Buruk	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Sedang
111	Baik	Buruk2	Buruk	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Sedang
112	Buruk1	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
113	Buruk2	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
114	Baik	Buruk1	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
115	Baik	Buruk2	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
116	Buruk1	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
117	Buruk2	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
118	Baik	Buruk1	Buruk	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
119	Baik	Buruk2	Buruk	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
120	Baik	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Sedang
121	Buruk1	Buruk1	Buruk	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Berat
122	Buruk1	Buruk2	Buruk	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Berat
123	Buruk1	Buruk1	Buruk	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Berat
124	Buruk1	Buruk2	Buruk	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Berat

Aturan	Parameter						Klasifikasi
	Suhu	pH	BOD	COD	TSS	DO	
125	Buruk2	Buruk1	Buruk	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Berat
126	Buruk2	Buruk2	Buruk	Buruk	Buruk	Baik	Tercemar_Berat
127	Buruk2	Buruk1	Buruk	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Berat
128	Buruk2	Buruk2	Buruk	Buruk	Baik	Buruk	Tercemar_Berat
129	Baik	Buruk1	Buruk	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
130	Baik	Buruk2	Buruk	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
131	Buruk1	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
132	Buruk2	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
133	Buruk1	Buruk1	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
134	Buruk1	Buruk2	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
135	Buruk2	Buruk1	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
136	Buruk2	Buruk2	Baik	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
137	Buruk1	Buruk1	Buruk	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
138	Buruk1	Buruk2	Buruk	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
139	Buruk2	Buruk1	Buruk	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
140	Buruk2	Buruk2	Buruk	Baik	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
141	Buruk1	Buruk1	Buruk	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
142	Buruk1	Buruk2	Buruk	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
143	Buruk2	Buruk1	Buruk	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat
144	Buruk2	Buruk2	Buruk	Buruk	Buruk	Buruk	Tercemar_Berat

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN METODE *FUZZY* MAMDANI

1. Perhitungan Metode *Fuzzy* Mamdani di titik 2 di musim hujan tahun 2017

a. Langkah Aplikasi Fungsi Implikasi

[R3] If (Suhu is buruk2) and (pH is baik) and (BOD is baik) and (COD is baik) and (TSS is baik) and (DO is baik) then (Kualitas_Air is Tercemar_Ringan)

$$\begin{aligned} [R3] &= \text{MIN}(\mu_{\text{buruk2}}[28,95]; \mu_{\text{baik}}[7,35]; \mu_{\text{baik}}[3,66]; \mu_{\text{baik}}[11,73]; \mu_{\text{baik}}[42,00]; \\ &\quad \mu_{\text{baik}}[4,85]) \\ &= \text{MIN}(0,95; 1; 0,17; 1; 1; 0,925) \\ &= 0,17 \end{aligned}$$

[R6] If (Suhu is baik) and (pH is baik) and (BOD is buruk) and (COD is baik) and (TSS is baik) and (DO is baik) then (Kualitas_Air is Tercemar_Ringan)

$$\begin{aligned} [R6] &= \text{MIN}(\mu_{\text{baik}}[28,95]; \mu_{\text{baik}}[7,35]; \mu_{\text{buruk}}[3,66]; \mu_{\text{baik}}[11,73]; \mu_{\text{baik}}[42,00]; \\ &\quad \mu_{\text{baik}}[4,85]) \\ &= \text{MIN}(0,05; 1; 0,83; 1; 1; 0,925) \\ &= 0,05 \end{aligned}$$

[R9] If (Suhu is baik) and (pH is baik) and (BOD is baik) and (COD is baik) and (TSS is baik) and (DO is buruk) then (Kualitas_Air is Tercemar_Ringan)

$$\begin{aligned} [R9] &= \text{MIN}(\mu_{\text{baik}}[28,95]; \mu_{\text{baik}}[7,35]; \mu_{\text{baik}}[3,66]; \mu_{\text{baik}}[11,73]; \mu_{\text{baik}}[42,00]; \\ &\quad \mu_{\text{buruk}}[4,85]) \\ &= \text{MIN}(0,05; 1; 0,17; 1; 1; 0,075) \\ &= 0,05 \end{aligned}$$

[R16] If (Suhu is buruk2) and (pH is baik) and (BOD is buruk) and (COD is baik) and (TSS is baik) and (DO is baik) then (Kualitas_Air is Tercemar_Ringan)

$$\begin{aligned} [R16] &= \text{MIN}(\mu_{\text{buruk2}}[28,95]; \mu_{\text{baik}}[7,35]; \mu_{\text{buruk}}[3,66]; \mu_{\text{baik}}[11,73]; \\ &\quad \mu_{\text{baik}}[42,00]; \mu_{\text{baik}}[4,85]) \\ &= \text{MIN}(0,95; 1; 0,83; 1; 1; 0,925) \\ &= 0,83 \end{aligned}$$

[R19] If (Suhu is buruk2) and (pH is baik) and (BOD is baik) and (COD is baik) and (TSS is baik) and (DO is buruk) then (Kualitas_Air is Tercemar_Ringan)

$$\begin{aligned}
 [R19] &= \text{MIN}(\mu_{\text{buruk2}}[28,95]; \mu_{\text{baik}}[7,35]; \mu_{\text{baik}}[3,66]; \mu_{\text{baik}}[11,73]; \mu_{\text{baik}}[42,00]; \\
 &\quad \mu_{\text{buruk}}[4,85]) \\
 &= \text{MIN}(0,95; 1; 0,17; 1; 1; 0,075) \\
 &= 0,075
 \end{aligned}$$

[R32] If (Suhu is baik) and (pH is baik) and (BOD is buruk) and (COD is baik) and (TSS is baik) and (DO is buruk) then (Kualitas_Air is Tercemar_Ringan)

$$\begin{aligned}
 [R32] &= \text{MIN}(\mu_{\text{baik}}[28,95]; \mu_{\text{baik}}[7,35]; \mu_{\text{buruk}}[3,66]; \mu_{\text{baik}}[11,73]; \mu_{\text{baik}}[42,00]; \\
 &\quad \mu_{\text{buruk}}[4,85]) \\
 &= \text{MIN}(0,05; 1; 0,83; 1; 1; 0,075) \\
 &= 0,05
 \end{aligned}$$

[R57] If (Suhu is buruk2) and (pH is baik) and (BOD is buruk) and (COD is baik) and (TSS is baik) and (DO is buruk) then (Kualitas_Air is Tercemar_Sedang)

$$\begin{aligned}
 [R57] &= \text{MIN}(\mu_{\text{buruk2}}[28,95]; \mu_{\text{baik}}[7,35]; \mu_{\text{buruk}}[3,66]; \mu_{\text{baik}}[11,73]; \\
 &\quad \mu_{\text{baik}}[42,00]; \mu_{\text{buruk}}[4,85]) \\
 &= \text{MIN}(0,95; 1; 0,83; 1; 1; 0,075) \\
 &= 0,075
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Metode *Fuzzy Mamdani* di titik 2 di musim kemarau tahun 2017

Berikut ini adalah kualitas air Kali Surabaya di titik 2 (Muara Kali Kedurus) di musim kemarau tahun 2017.

Tahun	Rata-Rata per Parameter					
	Musim Kemarau					
	Suhu (°C)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	DO (mg/L)
2017	31,15	6,89	11,39	51,06	54,00	4,90

a. Langkah *Fuzzification*

- Parameter Suhu = 31,15 °C
 - $\mu_{\text{buruk1}}[31,15] = 0$
 - $\mu_{\text{baik}}[31,15] = 0$
 - $\mu_{\text{buruk2}}[31,15] = 1$
- Parameter pH = 6,89
 - $\mu_{\text{buruk1}}[6,89] = 0$
 - $\mu_{\text{baik}}[6,89] = 1$
 - $\mu_{\text{buruk2}}[6,89] = 0$

➤ Parameter BOD	= 11,39 mg/L
• $\mu_{\text{baik}}[11,39]$	= 0
• $\mu_{\text{buruk}}[11,39]$	= 1
➤ Parameter COD	= 51,06 mg/L
• $\mu_{\text{baik}}[51,06]$	= 0
• $\mu_{\text{buruk}}[51,06]$	= 1
➤ Parameter TSS	= 54,00 mg/L
• $\mu_{\text{baik}}[54,00]$	$= \frac{55-x}{55-45}$ $= \frac{55-54}{55-45}$ $= 0,1$
• $\mu_{\text{buruk}}[54,00]$	$= \frac{x-45}{55-45}$ $= \frac{54-45}{55-45}$ $= 0,9$
➤ Parameter DO	= 4,90 mg/L
• $\mu_{\text{buruk}}[4,90]$	$= \frac{5-x}{5-3}$ $= \frac{5-4,90}{5-3}$ $= 0,05$
• $\mu_{\text{baik}}[4,90]$	$= \frac{x-3}{5-3}$ $= \frac{4,90-3}{5-3}$ $= 0,95$

b. Langkah Aplikasi Fungsi Implikasi

[R55] If (Suhu is buruk2) and (pH is baik) and (BOD is buruk) and (COD is buruk) and (TSS is baik) and (DO is baik) then (Kualitas_Air is Tercemar_Sedang)

$$\begin{aligned}
 [R55] &= \text{MIN}(\mu_{\text{buruk2}}[31,15]; \mu_{\text{baik}}[6,89]; \mu_{\text{buruk}}[11,39]; \mu_{\text{buruk}}[51,06]; \\
 &\quad \mu_{\text{baik}}[54,00]; \mu_{\text{baik}}[4,90]) \\
 &= \text{MIN}(1; 1; 1; 1; 0,1; 0,95) \\
 &= 0,1
 \end{aligned}$$

[R106] If (Suhu is buruk2) and (pH is baik) and (BOD is buruk) and (COD is buruk) and (TSS is buruk) and (DO is baik) then (Kualitas_Air is Tercemar_Sedang)

$$\begin{aligned}
 [R106] &= \text{MIN}(\mu_{\text{buruk2}}[31,15]; \mu_{\text{baik}}[6,89]; \mu_{\text{buruk}}[11,39]; \mu_{\text{buruk}}[51,06]; \\
 &\quad \mu_{\text{buruk}}[54,00]; \mu_{\text{baik}}[4,90]) \\
 &= \text{MIN}(1; 1; 1; 1; 0,9; 0,95) \\
 &= 0,9
 \end{aligned}$$

[R107] If (Suhu is buruk2) and (pH is baik) and (BOD is buruk) and (COD is buruk) and (TSS is baik) and (DO is buruk) then (Kualitas_Air is Tercemar_Sedang)

$$\begin{aligned}
 [R107] &= \text{MIN}(\mu_{\text{buruk2}}[31,15]; \mu_{\text{baik}}[6,89]; \mu_{\text{buruk}}[11,39]; \mu_{\text{buruk}}[51,06]; \\
 &\quad \mu_{\text{baik}}[54,00]; \mu_{\text{buruk}}[4,90]) \\
 &= \text{MIN}(1; 1; 1; 1; 0,1; 0,05) \\
 &= 0,05
 \end{aligned}$$

[R132] If (Suhu is buruk2) and (pH is baik) and (BOD is buruk) and (COD is buruk) and (TSS is buruk) and (DO is buruk) then (Kualitas_Air is Tercemar_Berat)

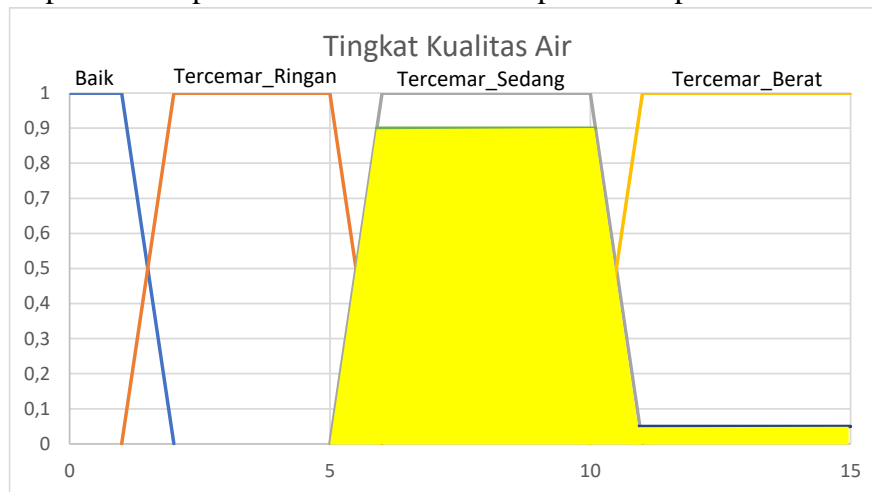
$$\begin{aligned}
 [R132] &= \text{MIN}(\mu_{\text{buruk2}}[31,15]; \mu_{\text{baik}}[6,89]; \mu_{\text{buruk}}[11,39]; \mu_{\text{buruk}}[51,06]; \\
 &\quad \mu_{\text{buruk}}[54,00]; \mu_{\text{buruk}}[4,90]) \\
 &= \text{MIN}(1; 1; 1; 1; 0,9; 0,05) \\
 &= 0,05
 \end{aligned}$$

c. Langkah Komposisi Aturan

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{Tercemar_Sedang}}(z) &= \text{MAX}(R55; R106; R107) \\
 &= \text{MAX}(0,1; 0,9; 0,05) \\
 &= 0,9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{Tercemar_Berat}}(z) &= \text{MAX}(R132) \\
 &= \text{MAX}(0,05) \\
 &= 0,05
 \end{aligned}$$

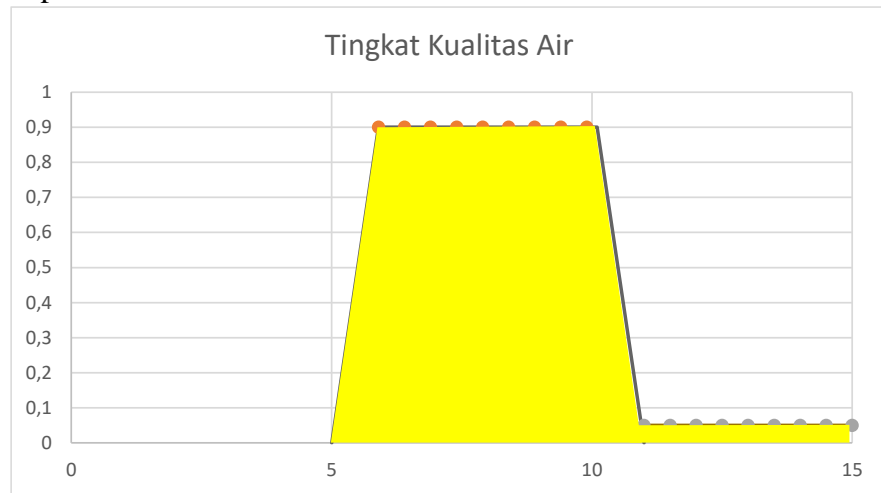
Grafik dari proses komposisi aturan kasus 2 ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Proses Komposisi Aturan Kasus 2

d. Langkah Defuzzification

Berikut ini adalah perhitungan proses *defuzzification* kasus 2 dan Gambar 2 merupakan grafik dari proses ini.



Gambar 2 Grafik Proses Defuzzification Kasus 2

$$\begin{aligned} z^* &= \frac{(71,1 \times 0,9) + (117 \times 0,05)}{(0,9 \times 9) + (0,05 \times 9)} \\ &= \frac{68,94}{8,55} \\ &= 8,17 \text{ (Tercemar Sedang)} \end{aligned}$$

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN C

DATA KUALITAS AIR KALI SURABAYA

Tabel 1. Data Suhu Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Gunungsari

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	-	30,20	30,10	28,40	30,10	29,80
Feb	-	31,00	29,60	30,50	27,20	28,80
Mar	29,00	28,10	29,70	29,00	28,60	-
Apr	29,60	28,50	34,00	29,80	31,20	-
Mei	30,40	30,60	29,80	31,80	31,20	-
Jun	30,80	29,90	29,00	29,80	31,00	-
Jul	29,90	27,60	29,10	29,40	29,20	-
Agt	29,10	28,60	28,90	29,70	30,90	-
Sep	30,50	28,90	30,10	29,80	30,90	-
Okt	33,10	28,70	29,30	31,70	29,60	-
Nop	32,10	31,40	31,08	30,00	31,00	-
Des	30,20	30,30	28,05	30,10	29,30	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 2. Data pH Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Gunungsari

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	-	7,16	7,05	7,05	7,00	7,30
Feb	-	7,18	7,43	6,98	7,38	7,60
Mar	7,16	6,69	7,00	7,39	7,30	-
Apr	7,34	7,14	6,56	6,48	7,72	-
Mei	7,36	6,78	7,06	6,96	7,71	-
Jun	6,70	6,05	7,74	6,97	7,78	-
Jul	6,82	7,27	8,01	7,25	7,30	-
Agt	7,20	7,68	6,87	7,72	7,15	-
Sep	7,83	6,84	7,52	7,55	7,69	-
Okt	7,26	7,01	7,19	8,00	7,44	-
Nop	7,29	6,60	7,31	7,56	7,23	-
Des	7,24	6,94	7,51	7,01	7,87	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 3. Data Konsentrasi BOD Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Gunungsari

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	-	3,77	8,59	3,32	3,95	7,43
Feb	-	3,69	2,97	4,83	7,31	5,09
Mar	3,12	6,77	5,74	6,21	5,76	-
Apr	3,17	4,93	3,32	3,23	5,05	-
Mei	4,39	2,41	3,18	2,16	4,73	-
Jun	3,97	2,50	2,18	3,82	5,70	-
Jul	5,08	2,57	3,33	5,15	3,56	-
Agt	7,57	4,09	2,32	4,16	2,96	-
Sep	3,57	4,63	2,12	5,18	2,58	-
Okt	7,84	3,86	5,39	4,02	4,83	-
Nop	2,60	3,36	4,36	3,74	4,09	-
Des	4,20	8,09	4,31	5,30	4,20	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 4. Data Konsentrasi COD Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Gunungsari

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	-	18,00	27,45	28,89	23,31	45,13
Feb	-	23,02	26,27	32,98	27,13	26,75
Mar	14,66	24,58	21,10	34,33	34,83	-
Apr	11,25	29,35	28,66	23,60	35,05	-
Mei	20,77	17,81	22,02	16,10	22,54	-
Jun	20,45	19,11	12,09	16,10	26,21	-
Jul	27,35	16,61	9,41	23,31	18,97	-
Agt	32,25	14,76	12,48	23,36	15,30	-
Sep	17,62	26,95	14,10	21,47	17,41	-
Okt	31,05	14,31	21,45	26,72	15,22	-
Nop	11,80	20,28	21,61	22,80	26,43	-
Des	17,66	20,73	19,61	29,83	23,35	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 5. Data Konsentrasi TSS Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Gunungsari

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	-	81,40	101,00	104,00	114,00	78,00
Feb	-	64,00	46,00	196,00	152,00	196,00
Mar	226,00	212,00	164,00	258,00	113,00	-
Apr	154,00	206,00	173,00	98,00	78,00	
Mei	194,00	71,00	196,00	57,00	62,00	-
Jun	58,00	40,00	28,00	118,00	63,00	-
Jul	148,00	24,00	37,00	48,00	48,00	-
Agt	47,00	71,00	22,00	18,00	23,00	-
Sep	63,00	18,00	21,00	17,00	32,00	-
Okt	26,00	27,00	19,00	24,00	42,00	-
Nop	40,00	57,00	17,00	68,00	31,00	-
Des	44,00	68,00	23,00	150,00	470,00	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 6. Data Konsentrasi DO Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Gunungsari

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	-	4,70	3,80	4,00	4,00	4,90
Feb	-	4,20	4,60	3,10	4,00	3,90
Mar	4,10	5,00	4,50	3,10	3,90	-
Apr	4,80	4,80	3,60	4,10	4,10	-
Mei	4,90	4,20	3,90	4,10	4,20	-
Jun	4,90	4,70	2,90	4,00	4,00	-
Jul	5,10	4,60	2,00	4,10	3,40	-
Agt	4,90	5,00	2,50	3,90	3,30	-
Sep	4,40	4,70	4,20	3,90	3,70	-
Okt	4,70	4,00	3,70	3,50	3,90	-
Nop	3,80	4,40	2,60	4,00	1,70	-
Des	4,70	3,60	2,80	3,70	3,70	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 7. Data Suhu Air Kali Surabaya Titik Muara Kali Kedurus

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	29,1	30,5	27,4	28,4	28,7	29,6
Apr	28,8	28,8	28,2	29,9	30,6	-
Jul	29,3	29,6	27	28,7	28,3	-
Okt	33	32,2	29,5	27,7	29,6	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 8. Data pH Air Kali Surabaya Titik Muara Kali Kedurus

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	7,42	7,19	6,79	6,88	6,5	6,8
Apr	7,28	6,89	7,07	6,77	7,51	-
Jul	6,83	7,31	6,92	7,59	7,28	-
Okt	6,94	7,29	7,31	7,1	7,41	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 9. Data Konsentrasi BOD Air Kali Surabaya Titik Muara Kali Kedurus

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	4,21	3,97	6,89	6,05	4,47	5,93
Apr	3,10	8,53	2,57	3,57	4,41	-
Jul	5,44	7,28	4,76	3,60	3,70	-
Okt	17,34	8,28	2,80	7,39	5,61	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 10. Data Konsentrasi COD Air Kali Surabaya Titik Muara Kali Kedurus

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	15,36	23,69	17,52	25,07	25,82	27,49
Apr	8,09	22,47	29,78	34,29	33,86	-
Jul	39,12	29,91	12,89	16,27	17,90	-
Okt	63,00	34,59	15,01	21,07	32,28	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 11. Data Konsentrasi TSS Air Kali Surabaya Titik Muara Kali Kedurus

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	48,00	77,10	44,00	14,00	82,00	66,00
Apr	36,00	32,00	177,00	47,00	41,00	-
Jul	68,00	24,00	18,00	17,10	12,00	-
Okt	40,00	27,00	2,36	20,50	-	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 12. Data Konsentrasi DO Air Kali Surabaya Titik Muara Kali Kedurus

Bulan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	5,50	4,50	5,10	3,10	3,50	3,80
Apr	4,20	2,10	3,60	3,30	3,80	-
Jul	5,60	4,70	1,30	3,90	3,80	-
Okt	4,20	4,00	3,90	3,70	3,70	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 13. Data Suhu Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Jagir

Bulan	Dekade	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	1	-	28,50	29,70	28,40	29,30	29,70
	2	-	26,80	28,00	27,40	27,20	30,90
Rata-Rata		-	27,65	28,85	27,90	28,25	30,30
Peb	1	-	26,80	27,70	32,00	28,20	28,90
	2	-	31,80	28,50	28,20	27,50	28,80
Rata-Rata		-	29,30	28,10	30,10	27,85	28,85
Mar	1	28,60	28,40	29,50	28,70	27,80	-
	2	28,60	29,70	25,60	31,00	27,10	-
Rata-Rata		28,60	29,05	27,55	29,85	27,45	-
Apr	1	29,00	29,30	29,40	31,00	29,50	-
	2	29,60	30,30	28,90	30,00	28,60	-
Rata-Rata		29,30	29,80	29,15	30,50	29,05	-
Mei	1	31,10	30,20	30,10	30,60	30,00	-
	2	29,50	29,20	30,10	29,00	29,90	-
Rata-Rata		30,30	29,70	30,10	29,80	29,95	-
Jun	1	29,40	29,60	30,00	30,30	29,90	-
	2	30,20	29,70	30,20	28,80	29,40	-
Rata-Rata		29,80	29,65	30,10	29,55	29,65	-
Jul	1	29,70	28,60	28,10	28,50	28,90	-
	2	27,80	28,30	29,50	29,20	28,50	-
Rata-Rata		28,75	28,45	28,80	28,85	28,70	-
Agt	1	28,80	28,60	28,60	29,60	29,50	-
	2	29,80	30,00	28,60	30,80	29,90	-
Rata-Rata		29,30	29,30	28,60	30,20	29,70	-
Sep	1	29,20	28,60	28,90	29,60	30,50	-
	2	30,40	30,10	27,60	31,30	29,20	-
Rata-Rata		29,80	29,35	28,25	30,45	29,85	-
Okt	1	29,90	28,80	28,90	28,30	29,60	-
	2	30,90	31,80	28,60	30,80	30,50	-
Rata-Rata		30,40	30,30	28,75	29,55	30,05	-
Nop	1	31,70	30,80	31,90	29,60	29,60	-
	2	28,10	30,50	30,10	31,70	28,90	-
Rata-Rata		29,90	30,65	31,00	30,65	29,25	-
Des	1	29,40	29,30	28,40	30,10	28,90	-
	2	28,00	29,60	31,80	29,00	30,10	-
Rata-Rata		28,70	29,45	30,10	29,55	29,50	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 14. Data pH Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Jagir

Bulan	Dekade	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	1	-	6,84	6,83	7,12	6,56	7,30
	2	-	7,80	6,45	7,46	6,87	7,40
Rata-Rata		-	7,32	6,64	7,29	6,72	7,35
Peb	1	-	7,80	7,25	7,09	7,57	7,50
	2	-	6,77	6,91	6,76	6,75	7,60
Rata-Rata		-	7,29	7,08	6,93	7,16	7,55
Mar	1	6,49	6,79	6,59	7,29	7,21	-
	2	6,86	6,81	7,20	7,00	7,08	-
Rata-Rata		6,68	6,80	6,90	7,15	7,15	-
Apr	1	7,37	6,75	7,21	6,76	7,68	-
	2	7,32	6,84	7,06	6,40	6,97	-
Rata-Rata		7,35	6,80	7,14	6,58	7,33	-
Mei	1	6,82	6,89	7,24	6,96	7,51	-
	2	7,40	6,72	7,24	7,12	7,41	-
Rata-Rata		7,11	6,81	7,24	7,04	7,46	-
Jun	1	7,07	6,81	7,25	6,88	7,52	-
	2	7,16	6,84	7,05	6,83	7,71	-
Rata-Rata		7,12	6,83	7,15	6,86	7,62	-
Jul	1	6,96	7,21	6,60	7,53	7,40	-
	2	6,60	6,95	7,48	6,94	7,45	-
Rata-Rata		6,78	7,08	7,04	7,24	7,43	-
Agt	1	6,92	6,80	6,89	7,23	7,44	-
	2	6,84	6,80	5,22	7,08	7,66	-
Rata-Rata		6,88	6,80	6,06	7,16	7,55	-
Sep	1	7,68	6,72	7,33	7,69	7,50	-
	2	7,45	6,84	7,16	7,28	7,48	-
Rata-Rata		7,57	6,78	7,25	7,49	7,49	-
Okt	1	7,46	6,74	7,21	7,80	7,46	-
	2	6,85	6,78	7,16	7,30	7,69	-
Rata-Rata		7,16	6,76	7,19	7,55	7,58	-
Nop	1	7,04	6,78	7,21	7,22	7,25	-
	2	6,60	7,35	7,10	7,28	7,21	-
Rata-Rata		6,82	7,07	7,16	7,25	7,23	-
Des	1	6,94	6,99	7,54	7,01	7,56	-
	2	6,64	6,79	7,13	6,30	7,22	-
Rata-Rata		6,79	6,89	7,34	6,66	7,39	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 15. Data Konsentrasi BOD Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Jagir

Bulan	Dekade	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	1	-	5,45	2,80	5,02	3,84	4,89
	2	-	3,79	4,06	6,70	6,38	6,96
Rata-Rata		-	4,62	3,43	5,86	5,11	5,93
Peb	1	-	3,63	5,20	5,27	4,36	6,56
	2	-	5,04	2,38	5,72	7,89	5,90
Rata-Rata		-	4,34	3,79	5,50	6,13	6,23
Mar	1	4,04	3,31	2,16	5,04	7,18	-
	2	5,20	3,04	4,26	5,74	5,10	-
Rata-Rata		4,62	3,18	3,21	5,39	6,14	-
Apr	1	5,44	4,03	7,10	4,62	6,75	-
	2	6,85	2,67	5,78	3,83	4,99	-
Rata-Rata		6,15	3,35	6,44	4,23	5,87	-
Mei	1	4,63	3,93	6,21	4,38	4,87	-
	2	5,36	4,16	3,60	4,16	8,78	-
Rata-Rata		5,00	4,05	4,91	4,27	6,83	-
Jun	1	5,20	1,92	2,54	5,69	4,74	-
	2	5,60	1,27	5,04	5,61	3,26	-
Rata-Rata		5,40	1,60	3,79	5,65	4,00	-
Jul	1	3,58	7,98	3,13	4,93	5,24	-
	2	6,43	4,45	3,42	5,94	4,27	-
Rata-Rata		5,01	6,22	3,28	5,44	4,76	-
Agt	1	4,63	2,33	2,74	6,51	3,22	-
	2	3,52	2,54	7,95	3,86	4,52	-
Rata-Rata		4,08	2,44	5,35	5,19	3,87	-
Sep	1	4,07	2,70	1,97	3,88	4,10	-
	2	4,00	2,47	9,73	4,69	4,28	-
Rata-Rata		4,04	2,59	5,85	4,29	4,19	-
Okt	1	10,83	3,93	3,59	2,88	4,55	-
	2	3,81	4,20	7,68	4,80	8,83	-
Rata-Rata		7,32	4,07	5,64	3,84	6,69	-
Nop	1	4,63	3,12	3,04	3,32	5,90	-
	2	6,63	12,00	5,11	3,79	6,66	-
Rata-Rata		5,63	7,56	4,08	3,56	6,28	-
Des	1	4,78	2,78	3,51	5,25	8,43	-
	2	4,74	5,77	6,45	5,94	3,55	-
Rata-Rata		4,76	4,28	4,98	5,60	5,99	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 16. Data Konsentrasi COD Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Jagir

Bulan	Dekade	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	1	-	25,68	18,22	48,20	28,20	22,14
	2	-	20,45	24,17	30,23	38,58	26,46
Rata-Rata		-	23,07	21,20	39,22	33,39	24,30
Peb	1	-	20,08	30,83	29,78	23,45	32,32
	2	-	26,88	17,33	27,59	44,35	26,68
Rata-Rata		-	23,48	24,08	28,69	33,90	29,50
Mar	1	22,73	25,61	18,83	32,84	31,04	-
	2	23,75	20,24	37,67	28,88	42,12	-
Rata-Rata		23,24	22,93	28,25	30,86	36,58	-
Apr	1	26,86	24,23	22,35	28,17	31,40	-
	2	26,60	13,32	35,75	19,64	27,91	-
Rata-Rata		26,73	18,78	29,05	23,91	29,66	-
Mei	1	24,26	29,45	31,65	23,59	20,31	-
	2	25,79	25,22	18,42	30,20	29,34	-
Rata-Rata		25,03	27,34	25,04	26,90	24,83	-
Jun	1	24,70	12,40	11,56	23,22	22,12	-
	2	25,79	5,37	12,22	27,50	20,34	-
Rata-Rata		25,25	8,89	11,89	25,36	21,23	-
Jul	1	13,79	18,48	16,98	20,41	22,17	-
	2	29,68	19,59	21,04	24,37	23,12	-
Rata-Rata		21,74	19,04	19,01	22,39	22,65	-
Agt	1	21,30	10,74	8,13	17,60	15,85	-
	2	22,71	11,72	33,97	21,29	23,11	-
Rata-Rata		22,01	11,23	21,05	19,45	19,48	-
Sep	1	19,00	14,43	23,80	18,39	21,05	-
	2	21,68	12,56	11,46	22,62	16,91	-
Rata-Rata		20,34	13,50	17,63	20,51	18,98	-
Okt	1	30,77	19,31	14,83	18,39	21,73	-
	2	21,51	15,17	19,87	22,62	27,24	-
Rata-Rata		26,14	17,24	17,35	20,51	24,49	-
Nop	1	16,64	20,42	20,24	23,18	25,94	-
	2	22,34	33,31	18,44	18,27	28,17	-
Rata-Rata		19,49	26,87	19,34	20,73	27,06	-
Des	1	16,10	24,89	16,65	30,70	46,97	-
	2	21,74	24,54	27,43	28,22	18,16	-
Rata-Rata		18,92	24,72	22,04	29,46	32,57	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 17. Data Konsentrasi TSS Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Jagir

Bulan	Dekade	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	1	-	69,30	32,00	236,00	152,00	72,00
	2	-	72,90	40,00	228,00	873,30	364,00
Rata-Rata		-	71,10	36,00	232,00	512,65	218,00
Peb	1	-	48,00	472,00	258,00	186,00	412,00
	2	-	208,00	80,00	192,00	896,70	296,00
Rata-Rata		-	128,00	276,00	225,00	541,35	354,00
Mar	1	338,00	116,00	94,00	336,00	416,00	-
	2	210,00	208,00	386,00	67,00	933,30	-
Rata-Rata		274,00	162,00	240,00	201,50	674,65	-
Apr	1	281,40	164,00	360,00	272,00	240,00	-
	2	176,70	48,00	360,00	48,00	154,00	-
Rata-Rata		229,05	106,00	360,00	160,00	197,00	-
Mei	1	164,00	31,00	655,00	66,00	65,00	-
	2	47,00	16,00	40,00	112,00	26,00	-
Rata-Rata		105,50	23,50	347,50	89,00	45,50	-
Jun	1	57,10	49,00	40,00	99,00	81,00	-
	2	30,00	35,00	40,00	104,00	27,00	-
Rata-Rata		43,55	42,00	40,00	101,50	54,00	-
Jul	1	72,00	16,00	7,00	38,00	41,00	-
	2	31,00	14,00	26,00	44,00	59,00	-
Rata-Rata		51,50	15,00	16,50	41,00	50,00	-
Agt	1	16,00	22,00	25,00	21,00	8,00	-
	2	30,00	26,00	24,00	39,00	28,00	-
Rata-Rata		23,00	24,00	24,50	30,00	18,00	-
Sep	1	35,00	20,00	16,00	17,00	21,00	-
	2	21,00	6,00	12,00	15,00	39,00	-
Rata-Rata		28,00	13,00	14,00	16,00	30,00	-
Okt	1	18,00	17,00	10,00	20,00	22,00	-
	2	26,00	7,00	9,00	12,00	21,00	-
Rata-Rata		22,00	12,00	9,50	16,00	21,50	-
Nop	1	38,00	12,00	12,00	83,00	38,00	-
	2	132,00	7,00	6,00	25,00	47,00	-
Rata-Rata		85,00	9,50	9,00	54,00	42,50	-
Des	1	100,00	171,70	19,00	142,00	925,00	-
	2	394,00	98,00	12,00	374,00	90,00	-
Rata-Rata		247,00	134,85	15,50	258,00	507,50	-

Sumber: Perum Jasa Tirta (2022)

Tabel 18. Data Konsentrasi DO Air Kali Surabaya Titik Pintu Air Jagir

Bulan	Dekade	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	1	-	5,20	4,30	4,60	4,00	4,30
	2	-	4,40	4,30	3,30	4,10	3,70
Rata-Rata		-	4,80	4,30	3,95	4,05	4,00
Peb	1	-	4,60	3,80	4,00	3,90	3,80
	2	-	4,00	3,80	2,90	4,10	3,80
Rata-Rata		-	4,30	3,80	3,45	4,00	3,80
Mar	1	4,70	4,50	4,00	3,30	4,20	-
	2	4,60	4,60	4,00	3,60	4,10	-
Rata-Rata		4,65	4,55	4,00	3,45	4,15	-
Apr	1	4,70	5,80	3,40	4,00	3,90	-
	2	4,80	4,70	3,90	4,20	3,90	-
Rata-Rata		4,75	5,25	3,65	4,10	3,90	-
Mei	1	4,80	4,70	3,00	4,30	4,00	-
	2	4,80	5,00	3,90	4,20	4,00	-
Rata-Rata		4,80	4,85	3,45	4,25	4,00	-
Jun	1	4,60	4,60	1,80	4,00	4,00	-
	2	4,80	4,40	3,80	4,20	3,80	-
Rata-Rata		4,70	4,50	2,80	4,10	3,90	-
Jul	1	4,80	4,80	2,20	4,00	3,50	-
	2	4,80	4,10	3,80	3,90	3,50	-
Rata-Rata		4,80	4,45	3,00	3,95	3,50	-
Agt	1	5,00	5,00	3,40	4,00	1,50	-
	2	5,20	4,00	3,90	3,90	3,40	-
Rata-Rata		5,10	4,50	3,65	3,95	2,45	-
Sep	1	4,10	5,10	3,00	4,10	3,80	-
	2	3,40	5,10	4,10	3,80	3,70	-
Rata-Rata		3,75	5,10	3,55	3,95	3,75	-
Okt	1	4,00	4,60	4,02	0,50	3,70	-
	2	5,00	4,40	3,70	2,20	4,00	-
Rata-Rata		4,50	4,50	3,86	1,35	3,85	-
Nop	1	4,70	5,10	2,99	4,00	0,90	-
	2	3,90	5,20	3,70	3,90	3,50	-
Rata-Rata		4,30	5,15	3,35	3,95	2,20	-
Des	1	4,40	4,40	3,00	3,80	3,50	-
	2	4,40	4,00	3,60	3,90	3,60	-
Rata-Rata		4,40	4,20	3,30	3,85	3,55	-

LAMPIRAN D

KUESIONER CARA PENYELESAIAN PENCEMARAN DI KALI SURABAYA

Perkenalkan, nama saya Herrani Dyah Prasetyati, mahasiswi S1 Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Saat ini saya sedang melaksanakan penelitian mengenai **Kajian Tingkat Kualitas Air Kali Surabaya Dengan Metode *Fuzzy Analysis* (Segmen Gunungsari – Jagir)**. Hasil dari penelitian ini adalah mengetahui tingkat kualitas air Kali Surabaya segmen Gunungsari – Jagir dan cara penyelesaian pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya pada segmen tersebut agar kualitasnya sesuai dengan baku mutu air kelas II yang peruntukannya dapat digunakan sebagai sarana rekreasi, pembudidayaan ikan, peternakan, pengairan pertamanan dan/atau peruntukan lain.

Terkait dengan hal tersebut, saya memohon kesediaan Bapak/Ibu sebagai responden untuk mengisi kuesioner dengan pilihan cara penyelesaian pencemaran untuk diterapkan di Kali Surabaya. Apabila Bapak/Ibu membutuhkan informasi lebih lanjut, dapat menghubungi saya melalui data berikut ini.

Email : herranidyah@gmail.com

No. Telepon : 081357222303

Atas bantuan Bapak/Ibu, saya sampaikan terima kasih.

1. Identitas Responden

Nama :
Nama Instansi :
Jabatan :

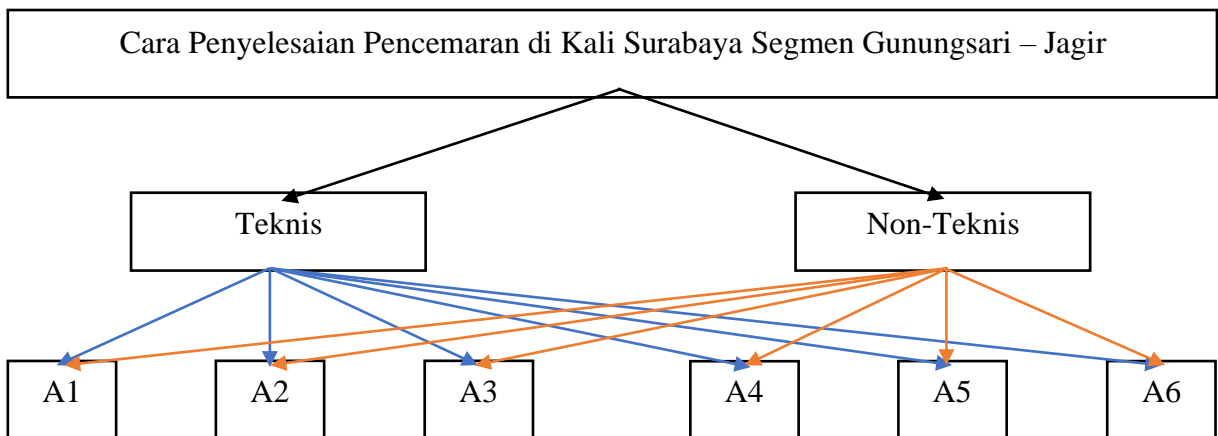
(Data Bapak/Ibu dijamin kerahasiannya dan hanya digunakan untuk kepentingan tugas akhir)

2. Petunjuk Pengisian

Dalam kuesioner ini terdapat dua bagian yang harus diisi. Bagian pertama adalah perbandingan aspek alternatif cara penyelesaian pencemaran pada sungai, bagian ini digunakan sebagai dasar dalam pemilihan alternatif cara penyelesaian pencemaran yang paling memungkinkan untuk diterapkan. Sedangkan, bagian kedua adalah perbandingan cara penyelesaian pencemaran dari masing-masing aspek. Pada kuesioner ini, responden dimohon untuk memberikan skala prioritas pada kedua bagian kuesioner dengan cara memberikan tanda lingkaran pada kolom skala. Berikut ini adalah skala prioritas dan penjelasan yang akan digunakan pada kuesioner ini.

Aspek	Alternatif	Keterangan
Non-Teknis	Penegakan hukum yang berlaku	Diperlukan agar tidak mengganggu fungsi dari sungai yang dapat dilakukan dengan beberapa kegiatan mulai dari koordinasi dengan dinas/instansi terkait hingga teraturan serta sanksi.
	Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih	Memberikan pengetahuan pada masyarakat mengenai pentingnya sanitasi lingkungan agar tidak memberikan efek negatif bagi manusia dan lingkungan sekitar. Dari kegiatan ini diharapkan dapat menumbuhkan kesadaran masyarakat untuk menjaga kebersihan lingkungan terutama kebersihan sungai

Berikut ini merupakan hirarki AHP (*Analytic Hierarchy Process*) yang disusun berdasarkan aspek-aspek serta alternatif upaya pengelolaan yang telah ditentukan.



Keterangan:

- A1 : Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)
- A2 : Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai
- A3 : Penataan lahan di tepi sungai
- A4 : Peningkatan peran dari masyarakat
- A5 : Penegakan peraturan yang berlaku
- A6 : Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih

Pada kuesioner ini, responden dimohon untuk membandingkan secara berpasangan 2 aspek dan 6 alternatif dengan memberikan **tanda lingkaran** pada aspek dan alternatif yang dirasa lebih penting.

Sebagai contoh :

A. Prioritas Aspek

Prioritas aspek berdasarkan dari kedua aspek, yaitu, aspek teknis dan aspek non-teknis. Dari kedua aspek ini mana yang menurut responden menjadi prioritas untuk mendasari dalam pemilihan alternatif cara penyelesaian pencemaran di Kali Surabaya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Aspek	Nilai									Aspek
Teknis	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Non-Teknis

Penjelasan dari jawaban tersebut adalah aspek teknis cukup penting dibandingkan dengan aspek non-teknis.

B. Prioritas Alternatif

Prioritas alternatif berdasarkan dari aspek teknis. Dari beberapa alternatif ini mana yang menurut responden menjadi prioritas untuk dipilih sebagai alternatif cara penyelesaian pencemaran yang memungkinkan untuk dilakukan di Kali Surabaya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Alternatif	Nilai									Alternatif
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penataan lahan di tepi sungai
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peningkatan peran dari masyarakat

Penjelasan dari jawaban tersebut adalah sebagai berikut.

- Kolom pertama: alternatif “Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)” **sangat menjawab sekali** aspek “Teknis” dibandingkan dengan alternatif “Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai”.
- Kolom kedua: alternatif “Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)” **cukup menjawab** aspek “Teknis” dibandingkan dengan alternatif “Penataan lahan di tepi sungai”
- Kolom ketiga: alternatif “Peningkatan peran dari masyarakat” **sedikit lebih menjawab** aspek “Teknis” dibandingkan dengan alternatif “Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)”

Berikut ini adalah hasil analisis tingkat kualitas air Kali Surabaya (segmen Gunungsari – Jagir) dengan menggunakan *Fuzzy Analysis*.

Titik	Tahun	Tingkat Kualitas Air Sungai	
		Musim Kemarau	Musim Hujan
1 (Pintu Air Gunungsari)	2017	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang
	2018	Tercemar Ringan	Tercemar Sedang
	2019	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang
	2020	Tercemar Sedang	Tercemar Berat
	2021	Tercemar Sedang	Tercemar Berat
	2022	-	Tercemar Berat
2 (Muara Kali Kedurus)	2017	Tercemar Sedang	Tercemar Ringan
	2018	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang
	2019	Tercemar Ringan	Tercemar Sedang
	2020	Tercemar Ringan	Tercemar Sedang
	2021	Tercemar Sedang	Tercemar Berat
	2022	-	Tercemar Berat
3 (Pintu Air Jagir)	2017	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang
	2018	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang
	2019	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang
	2020	Tercemar Sedang	Tercemar Berat
	2021	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang
	2022	-	Tercemar Berat

3. Pertanyaan Kuesioner

Pada tahap ini, responden dimohon untuk memberikan skala prioritas terhadap perbandingan aspek serta alternatif cara penyelesaian pencemaran di Kali Surabaya berikut dengan memberikan **tanda lingkaran**.

A. Prioritas Aspek

Aspek	Nilai									Aspek
Teknis	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Non-Teknis

B. Prioritas Alternatif

i. Alternatif Cara Penyelesaian Pencemaran Berdasarkan Aspek Teknis

Alternatif	Nilai									Alternatif
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penataan lahan di tepi sungai
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peningkatan peran dari masyarakat
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penegakan peraturan yang berlaku
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih
Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penataan lahan di tepi sungai
Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peningkatan peran dari masyarakat
Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penegakan peraturan yang berlaku

Alternatif	Nilai									Alternatif
Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih
Penataan lahan di tepi sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peningkatan peran dari masyarakat
Penataan lahan di tepi sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penegakan peraturan yang berlaku
Penataan lahan di tepi sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih
Peningkatan peran dari masyarakat	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penegakan peraturan yang berlaku
Peningkatan peran dari masyarakat	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih
Penegakan peraturan yang berlaku	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih

ii. Alternatif Cara Penyelesaian Pencemaran Berdasarkan Aspek Non-Teknis

Alternatif	Nilai									Alternatif
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penataan lahan di tepi sungai

Alternatif	Nilai									Alternatif
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peningkatan peran dari masyarakat
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penegakan peraturan yang berlaku
Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih
Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penataan lahan di tepi sungai
Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peningkatan peran dari masyarakat
Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penegakan peraturan yang berlaku
Penanaman pohon atau pembuatan taman di sepanjang sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih
Penataan lahan di tepi sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peningkatan peran dari masyarakat
Penataan lahan di tepi sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penegakan peraturan yang berlaku

Alternatif	Nilai									Alternatif
Penataan lahan di tepi sungai	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih
Peningkatan peran dari masyarakat	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Penegakan peraturan yang berlaku
Peningkatan peran dari masyarakat	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih
Penegakan peraturan yang berlaku	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mengadakan sosialisasi mengenai gaya hidup bersih

4. Saran

Terima Kasih

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN E

LEMBAR ASISTENSI DAN BERITA ACARA



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Herrani Dyah Prasetyati
NRP : 0321184000067
Judul : Kajian Tingkat Kualitas Air Kali Surabaya Dengan Metode *Fuzzy Analysis*
(Segmen Gunungsari – Jagir)

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	07/02/2022	Bimbingan mengenai pergantian judul karena adanya pergantian penggunaan data dari primer menjadi sekunder	
2	11/03/2022	Bimbingan mengenai pengumpulan data tugas akhir	
3	17/03/2022	Bimbingan mengenai jangka waktu untuk permintaan data yang disesuaikan dengan ketersediaan data dari instansi	
4	04/04/2022	Bimbingan mengenai pemilihan responden kuesioner AHP	
5	18/05/2022	Bimbingan mengenai persiapan presentasi seminar kemajuan	
6	31/05/2022	Bimbingan mengenai kelengkapan data yang dibutuhkan	
7	13/06/2022	Bimbingan mengenai bab 4 pada pengerjaan metode <i>Fuzzy</i> untuk identifikasi tingkat kualitas air Kali Surabaya	
8	21/06/2022	Bimbingan mengenai bab 4 pada pengerjaan metode AHP untuk menentukan cara penyelesaian pencemaran di Kali Surabaya	

Surabaya, 26 Juli 2022

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Rabu, 6 Juli 2022

Nilai TOEFL 477

Pukul : 16.00 - 17.15

Lokasi : Ruang TL 102 Departemen Teknik Lingkungan FTSPK ITS

Judul : Kajian Tingkat Kualitas Air Kali Surabaya Dengan Metode *Fuzzy Analysis* (Segmen Gunungsari - Jagir)

Nama : Herrani Dyah Prasetyati

Tanda Tangan

NRP. : 0321184000067

Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1,	Perbaikan dapat dilihat pd saran Prof Sarwolco
2	- " - B. Arieic
3	- " - P. Irwan

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Rabu, 6 Juli 2022
Pukul : 16.00 - 17.15
Lokasi : Ruang TL 102 Departemen Teknik Lingkungan FTSPK ITS
Judul : Kajian Tingkat Kualitas Air Kali Surabaya Dengan Metode Fuzzy Analysis (Segmen Gunungsari - Jagir)
Nama : Herrani Dyah Prasetyati
NRP. : 0321184000067
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
-	Salah ke-1 → Cek.
-	Apakah dengan penanganan penc ^{st.} se ^{AHP} literatur akan menjadikan penyelesaian pemecahan lebih efektif? Bisa dilakukannya penelitian : Teknologi, Instruksi & Fisik.
-	Cek Saran. ke 2.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Ir. Atiek Moesriati, Mkes

Dosen Pembimbing Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Rabu, 6 Juli 2022
Pukul : 16.00 - 17.15
Lokasi : Ruang TL 102 Departemen Teknik Lingkungan FTSPK ITS
Judul : Kajian Tingkat Kualitas Air Kali Surabaya Dengan Metode Fuzzy Analysis (Segmen Gunungsari - Jagir)
Nama : Herrani Dyah Prasetyati
NRP. : 0321184000067
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
①.	Sementara itu apa judul min-max.
②.	Ada 6 variabel bebas. dan 1 variabel terikat (hybrid kearah kirk). Model / persamaan 6 variabel berbasis variabel bebas. Keanggotaan = data? A Hp. → program desain atau dasar. 3 buah → jadi? → bentuk - rupa.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Ir. Irwan Bagyo S, MT

Dosen Pembimbing Prof. Dr. Ir. Nieke Karningroem, MSc



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Rabu, 6 Juli 2022
Pukul : 16.00 - 17.15
Lokasi : Ruang TL 102 Departemen Teknik Lingkungan FTSPK ITS
Judul : Kajian Tingkat Kualitas Air Kali Surabaya Dengan Metode Fuzzy Analysis (Segmen Gunungsari - Jagir)
Nama : Herrani Dyah Prasetyati
NRP. : 0321184000067
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
	Lulus

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES

Dosen Pembimbing Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 4 Juni 2000. Merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal, yaitu di TK Pertiwi Teladan Surabaya, SDN Kertajaya Surabaya, SMPN 1 Surabaya dan SMAN 4 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN tahun 2018, Penulis mengikuti SBMPTN dan diterima di Departemen Teknik Lingkungan FTSPK – ITS pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 03211840000067.

Selama perkuliahan, penulis aktif di beberapa organisasi seperti Persekutuan Mahasiswa Kristen (PMK) ITS dan kegiatan kerohanian Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) serta beberapa kegiatan kepanitiaan skala institut hingga himpunan/departemen.