

**PENENTUAN TINGKAT KUALITAS AIR SUNGAI MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY TSUKAMOTO***

SKRIPSI

Oleh:
WILDAN ALIF RIODITAMA
NIM. 18650018



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**PENENTUAN TINGKAT KUALITAS AIR SUNGAI MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY TSUKAMOTO***

SKRIPSI

Oleh:
WILDAN ALIF RIODITAMA
NIM. 18650018

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

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENENTUAN TINGKAT KUALITAS AIR SUNGAI MENGGUNAKAN
FUZZY TSUKAMOTO**

SKRIPSI

Oleh:
WILDAN ALIF RIODITAMA
NIM. 18650018

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 09 Juni 2023

Pembimbing I



Agung Teguh Wibowo Almais, M.T
NIDT. 19860103201802011235

Pembimbing II



Syahiduz Zaman, M.Kom
NIP. 19700502 200501 1 005

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



Dr. Fachri Kurniawan, M.MT, IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

**PENENTUAN TINGKAT KUALITAS AIR SUNGAI MENGGUNAKAN
METODE FUZZY TSUKAMOTO**

SKRIPSI

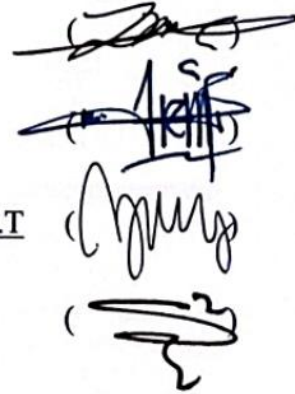
Oleh:

WILDAN ALIF RIODITAMA
NIM. 18650018

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Pada Tanggal: 20 Juni 2023

Susunan Dewan Penguji

- Ketua Penguji : Zainal Abidin, M.Kom
NIP. 19760613 200501 1 004
- Anggota Penguji I : Dr. Ririen Kusumawati, M.Kom
NIP. 19720309 200501 2 002
- Anggota Penguji II : Agung Teguh Wibowo Almais, M.T
NIDT. 19860103201802011235
- Anggota Penguji III : Syahiduz Zaman, M.Kom
NIP. 19700502 200501 1 005



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



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wildan Alif Rioditama
NIM : 18650018
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jurusan : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Penentuan Tingkat Kualitas Air Sungai Menggunakan Metode
Fuzzy Tsukamoto

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

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 09 Juni 2023

Yang Membuat pernyataan,



Wildan Alif Rioditama
NIM. 18650018

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puja syukur kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala, Shalawat serta salam kepada Rasul ahir zaman Shalallahu 'alaihi wasallam. Dengan segenap hati, penulis mempersembahkan karya ini kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Heriono dan Ibu Wiwik Yekti Muhawiyani yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dengan sabar, yang selalu mendoakan, yang selalu memarahi serta memberikan kasih sayang tak terhingga sepanjang masa.

Adik dari penulis Hafidz Rio Abdillah, nenek dari penulis Mbah Windarni yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan selama penulis menempuh pendidikan hingga saat ini. Tak lupa keluarga yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang juga memberikan doa untuk penulis.

Kepada Bapak Agung Teguh Wibowo Almais, M.T selaku dosen pembimbing I dan juga Bapak Syahiduz Zaman, M.Kom selaku dosen pembimbing II yang senantiasa sabar dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi dari awal hingga akhir. Tak lupa seluruh dosen dan staff program studi Teknik Informatika Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.

Teman-teman Unity of Informatics Force angkatan 18 yang selalu memberikan energi positif dan memberikan dukungan terhadap penulis. Dan juga semua orang yang telah membantu dalam menyelesaikan pendidikan, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan semesta alam Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan hidayah-Nya, sehingga peneliti diberikan kemudahan dan keberkahan dalam setiap menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat kelulusan bagi mahasiswa Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Keberhasilan penulisan skripsi ini tidak lepas dari dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Hariani, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Agung Teguh Wibowo Almais, M.T selaku Dosen Pembimbing I membimbing dalam menyelesaikan skripsi serta membantu selama perkuliahan.
5. Syahiduz Zaman, M.Kom selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dalam menyelesaikan skripsi.
6. Zainal Abidin, M.Kom selaku Dosen Penguji I yang memberikan arahan dalam menyelesaikan skripsi.
7. Dr. Ririen Kusumawati, S.Si., M.Kom selaku Dosen Penguji II yang memberikan arahan dalam menyelesaikan skripsi.

8. Teman-teman Unity of Informatics Force angkatan 18 yang telah memberikan semangat dan juga doa kepada penulis.
9. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu penulis berharap kritik serta saran untuk penelitian kedepannya. Penulis juga berharap terdapat manfaat yang bisa diambil dari skripsi penulis.

Waasalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 09 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
المخلص	xv
BAB I Pendahuluan	16
1.1 Latar Belakang.....	16
1.2 Rumusan Masalah.....	20
1.3 Tujuan Penelitian.....	20
1.4 Manfaat Penelitian.....	20
1.5 Batasan Masalah.....	21
BAB II Studi Pustaka	22
2.1 Penelitian Tentang Fuzzy Tsukamoto.....	22
2.2 Decision Support System.....	25
2.3 Pencemaran Air Sungai.....	26
2.3.1 Metode Fuzzy.....	28
2.3.2 Pengujian Akurasi.....	33
BAB III Metode Penelitian	35
3.1 Alur Penelitian.....	35
3.2 Sumber Data.....	36
3.3 Desain Sistem.....	37
3.4 Konseptual Framework.....	38
3.5 Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto.....	39
3.6 Perhitungan Manual.....	53
BAB IV Hasil dan Pembahasan	60
4.1 Implementasi Sistem.....	60
4.1.1 Desain Database.....	60
4.1.2 Tampilan Interface.....	64
4.2 Pengujian dan Pembahasan.....	69
4.3 Integrasi Islam.....	70

BAB V Kesimpulan dan Saran..... 74

5.1 Kesimpulan..... 74

5.2 Saran 74

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Perbandingan Penelitian	23
Tabel 2. 2 Tabel Standar Metode Indeks Pencemaran	27
Tabel 2. 3 Tabel Confusion Matrix	34
Tabel 3.1 Data Alternatif Titik Sungai	36
Tabel 3. 2 Rule Fuzzy Tsukamoto.....	51
Tabel 3. 3 Langkah Fuzzy Perhitungan Manual.....	56
Tabel 3. 4 Tabel Perhitungan Metode Indeks Pencemaran	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Linear Naik	30
Gambar 2. 2 Linear Turun	31
Gambar 2. 3 Kurva Segitiga	32
Gambar 2. 4 Kurva Trapesium	33
Gambar 3.1 Desain Penelitian	35
Gambar 3. 2 Desain Sistem	37
Gambar 3. 3 Alur Metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i>	38
Gambar 3. 4 Kurva Unsur Suhu	40
Gambar 3. 5 Kurva Fuzzy Unsur pH	42
Gambar 3. 6 Kurva Fuzzy Unsur DO	44
Gambar 3. 7 Kurva Fuzzy Unsur TDS	46
Gambar 3. 8 Kurva Fuzzy Unsur Output kualitas air sungai.....	48
Gambar 4. 1 Gambar ERD	60
Gambar 4. 2 Pseudocode Tabel Alternatif.....	61
Gambar 4. 3 Pseudocode Tabel Variabel	62
Gambar 4. 4 Pseudocode User.....	62
Gambar 4. 5 Pseudocode Matriks Awal	63
Gambar 4. 6 Pseudocode Hasil.....	63
Gambar 4. 7 Halaman Upload Daftar Sungai.....	64
Gambar 4. 8 Halaman Terisi Daftar Sungai	65
Gambar 4. 9 Halaman Upload Daftar Variabel	65
Gambar 4. 10 Halaman Terisi Daftar Variabel.....	66
Gambar 4. 11 Halaman Upload Data Nilai Titik Sungai.....	66
Gambar 4. 12 Halaman Terisi Daftar Nilai Titik Sungai terhadap Variabel.....	67
Gambar 4. 13 Halaman Hitung Kualitas Air Sungai	67
Gambar 4. 14 Tampilan Hasil Hitung Kualitas Air Sungai.....	68
Gambar 4. 15 Tampilan Modal Hitung Manual	68

ABSTRAK

Rioditama, Wildan Alif. 2023. *Penentuan Tingkat Kualitas Air Sungai Menggunakan Fuzzy Tsukamoto*. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Agung Teguh Wibowo Almasi, M.T (II) Syahiduz Zaman, M.Kom.

Kata Kunci: Sungai, SPK, *Fuzzy Tsukamoto*, Indeks Pencemaran Sungai, *Confusion Matrix*

Sungai menjadi bagian penting dari kehidupan masyarakat Indonesia. Namun menurut data dari BPS tahun 2020, bahwa 78% sungai di Indonesia tercemar berat. Implementasi penelitian terdahulu dalam menentukan tingkat kualitas air sungai banyak menggunakan metode *Fuzzy*, diantaranya metode *Fuzzy Tsukamoto*. Pada penelitian sebelumnya, metode *Fuzzy Tsukamoto* dibandingkan dengan metode *Storet* untuk mencari akurasi dari sistem. Penelitian ini mengimplementasikan SPK menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* yang akan dibandingkan dengan Metode Indeks Pencemaran untuk mengukur tingkat kualitas air sungai apakah tercemar ringan, sedang, berat maupun tidak tercemar atau sesuai baku mutu. Memakai data dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Malang tahun 2021 yang berjumlah 70 titik sungai. Hasil dari penelitian ini berupa tingkat kualitas air sungai dari titik sungai tersebut. Kemudian untuk menguji akurasi dari sistem, digunakan *confusion matrix*. Hasil pengujian akurasi menggunakan *confusion matrix* menunjukkan bahwa implementasi metode *Fuzzy Tsukamoto* memperoleh tingkat akurasi sebesar 85%.

ABSTRACT

Rioditama, Wildan Alif. 2023. *Determining Level of Water River Quality Using Fuzzy Tsukamoto Method*. Theses. Department of Informatics Engineering Faculty of Science and Technology Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisor: (I) Agung Teguh Wibowo Almasi, M.T (II) Syahiduz Zaman, M.Kom.

Keywords: River, DSS, Fuzzy Tsukamoto, *Water Pollution Index*, *Confusion Matrix*

Rivers are an important part of the life of Indonesian people. However, according to data from BPS for 2020, 78% of rivers in Indonesia are heavily polluted. The implementation of previous studies to determine the level of river water quality used many Fuzzy methods, including the Fuzzy Tsukamoto method. In previous research, the Fuzzy Tsukamoto method was compared with the Storet method to find the accuracy of the system. In this study, the authors implemented DSS using the Fuzzy Tsukamoto method which will be compared with the Pollution Index Method to measure the quality level of river water whether it is lightly, moderately, heavily polluted or not polluted or according to quality standards. Data obtained from the Malang Regency Environmental Service (DLH) in 2021, totaling 70 river points. The results of this study are the level of river water quality from that point of the river. Then to test the accuracy of the system, a confusion matrix is used. The results of accuracy testing using the confusion matrix show that the implementation of the Fuzzy Tsukamoto method obtains an accuracy rate of 85%.

الملخص

ريوديتاما، ولدان اليف، 2023. تحديد مستوى جودة مياه الأنهار باستخدام طريقة ضبابية تسوكاموتو
أطروحة برنامج دراسة هندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، مولانا مالك إبراهيم جامعة مالانغ الإسلامية الحكومية
المشرف الاول: اجونج تيجوه ويوهه الميس الما جستير، المشرف الثاني: شهيدوز زامان، الماجستير

الكلمات الدالة: النهر ، *DSS* ، *Fuzzy Tsukamoto* ، مؤشر تلوث المياه ، *Confusion Matrix*

النهر يشكل جزءًا هامًا في حياة مجتمع إندونيسيا. ولكن وفقًا للبيانات المقدمة من مكتب الإحصاء الإندونيسي لعام 2020، فإن 78٪ من الأنهار في إندونيسيا تعاني من تلوث شديد. تستخدم العديد من الدراسات السابقة في تحديد جودة مياه الأنهار أساليب ضبابية، بما في ذلك طريقة ضبابية تسوكاموتو. في البحث السابق، تم مقارنة طريقة ضبابية تسوكاموتو مع طريقة ستورت لتحديد دقة النظام. في هذا البحث، قام المؤلف بتنفيذ نظام دعم القرار باستخدام طريقة ضبابية تسوكاموتو وقام بمقارنتها مع طريقة مؤشر التلوث لقياس جودة مياه الأنهار إذا كانت ملوثة بشكل طفيف أو متوسط أو شديد أو غير ملوثة أو تلبي معايير الجودة. تم الحصول على البيانات من إدارة البيئة في مالانغ في عام 2021 من 70 نقطة على الأنهار. نتيجة هذا البحث هي مستوى جودة مياه الأنهار في تلك النقاط. ثم تم استخدام مصفوفة الالتباس 2021 .% لاختبار دقة النظام. أظهرت نتائج اختبار الدقة باستخدام مصفوفة الالتباس أن تنفيذ طريقة ضبابية تسوكاموتو حصل على دقة بنسبة 85 .%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai telah lama menjadi bagian penting dalam kehidupan masyarakat sehari-hari. Pemanfaatan sungai di Indonesia digunakan untuk irigasi pertanian, mencuci pakaian, mandi, bahkan digunakan untuk kebutuhan memasak. Meskipun pemanfaatan sungai untuk mendukung aktivitas sehari-hari mulai jarang dijumpai di perkotaan (Fadjarajani et al., 2018). Bahkan, tidak jarang bantaran sungai yang menjadi objek wisata yang mampu menarik banyak wisatawan dan mempengaruhi perekonomian warga sekitar seperti Kampung Warna Warni di bantaran Sungai Brantas, Kota Malang (Wulandari, 2017). Beberapa sungai juga dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik baik ditampung dalam bendungan maupun langsung memanfaatkan derasnya aliran sungai secara langsung. Air yang ditampung pada bendungan dapat dimanfaatkan untuk PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) sebagai suplai kebutuhan listrik yang cukup besar untuk masyarakat (Dwi Febrian dan Irkham Mamungkas, 2021). Dari berbagai manfaat tersebut, sungai tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat Indonesia dari lintas zaman, termasuk zaman sekarang.

Dilansir dari Redaksi Asia Today (2020) yang menyimpulkan data Badan Pusat Statistik (BPS), sungai di seluruh Indonesia dikategorikan menjadi beberapa tingkat pencemaran. 78% mengalami pencemaran berat, 14% mengalami pencemaran sedang, dan 8% mengalami pencemaran ringan. Dari hal tersebut,

dapat disimpulkan betapa banyak sungai yang mengalami pencemaran parah. Padahal pemanfaatan sungai sangat vital bagi kehidupan sehari-hari.

Jika pencemaran air sudah terjadi di hulu sungai, maka bagian tengah sungai dan hilir sungai akan terdampak pencemaran air. Jika pencegahan pencemaran air sungai sudah dilakukan baik di hulu, tengah, dan hilir sungai akan membuat sungai terjaga dari pencemaran bahkan jika terjadi pencemaran akan tergolong pencemaran yang rendah. Air sungai dikatakan tercemar jika banyak unsur dari 49 unsur yang melebihi batas ambang sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Pencemaran sungai disebabkan oleh limbah yang tercampur ke dalam sungai. Terkontaminasi sungai secara alamiah seperti limbah kebakaran hutan, letusan gunung berapi, disisi lain ada limbah yang berasal dari kegiatan manusia. Data Badan Pusat Statistik (BPS) Kesehatan dan Perumahan tahun 2019 (Badan Pusat Statistik, 2020), pembuangan limbah rumah tangga ke sungai berada pada angka 57,42%, pembuangan limbah rumah tangga ke lubang tanah 18,7%, pembuangan ke sumur resapan sebesar 1,67%. Sisanya masyarakat membuang limbah rumah tangga 1,28% pembuangan pada (Instalasi Pengelolaan Air Limbah) IPAL, dan 10,26% melalui *septic tank* (Badan Pusat Statistik, 2020). Pengelolaan limbah air harus dimaksimalkan secara baik sehingga limbah air tidak mencemari air sungai sehingga air sungai dapat digunakan kembali dalam pemanfaatan kegiatan sehari-hari. Khususnya sosialisasi pentingnya IPAL kepada masyarakat maupun industri

dalam penyaringan limbah cair yang akan dibuang ke sungai (Dinda Arba Fauzia & Frency Siska, 2022).

Allah telah menurunkan air dari langit untuk keberlangsungan kehidupan kita sebagai umat manusia. Sesungguhnya Islam telah mengajarkan kepada kita untuk selalu menjaga lingkungan kita, terlebih menjaga kelestarian air. Karena air menjadi sumber kehidupan sesuai firman Allah dalam Q.S Al Furqan ayat 49:

لِنُحْيِي بِهِ بَلَدَةً مَّيْتًا وَنُسْقِيهِ مِمَّا خَلَقْنَا أَنْعَامًا وَأَنَاسِيكُنِيرًا

“Agar (dengan air itu) Kami menghidupkan negeri yang mati (tandus), dan Kami memberi minum kepada sebagian apa yang telah Kami ciptakan, (berupa) hewan-hewan ternak dan manusia yang banyak.”

Menurut Tafsir Kementerian Agama Republik Indonesia bahwa setiap makhluk hidup membutuhkan air. Jika tidak, maka makhluk mampu bertahan hidup. Air merupakan anugerah Allah yang wajib disyukuri oleh manusia. Manusia lebih mengedepankan sifat sombong, takabur atas nikmat Allah. Padahal Allah yang mencukupi kehidupan mereka untuk hidup di dunia dengan pelbagai nikmat yang tidak terhitung.

Penentuan Tingkat Kualitas Air Sungai di Indonesia berpedoman pada metode Indeks Pencemaran, metode tersebut merujuk kepada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun 2003 (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2003). Metode Indeks Pencemaran merupakan metode untuk menentukan tingkat kualitas air sungai. Proses menghitung metode Indeks Pencemaran (IP) tergantung pada variabel-variabel yang digunakan. Hasil perhitungan akan diklasifikasikan dalam

empat golongan, tercemar berat, tercemar ringan, tercemar sedang maupun baku mutu (Arnop et al., 2019).

Penelitian terdahulu oleh Mazenda et al. (2014) untuk menentukan tingkat kualitas air sungai menggunakan Fuzzy Tsukamoto. Input yang dimasukkan adalah nilai dari setiap unsur yang akan diuji. Unsur yang digunakan antara lain Fenol, pH, COD, TSS, BOD, Minyak dan Lemak, serta DO. Hasil metode *Fuzzy Tsukamoto* dibandingkan dengan metode Storet. Hasil dari penelitian tersebut, metode Fuzzy Tsukamoto dapat menentukan tingkat kualitas air sungai yang dapat digolongkan menjadi empat kelas. Kelas tercemar berat, tercemar sedang, tercemar ringan maupun baku mutu atau baik.

Fokus penelitian ini menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk menentukan tingkat kualitas air sungai. Kelebihan Metode Fuzzy Tsukamoto terletak pada metode yang fleksibel, memberikan informasi yang dari input bersifat kualitatif (Falatehan et al., 2018). Data yang diambil dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang terdapat 70 data titik sungai dengan 4 unsur ditambah 15 data untuk menguji akurasi sistem. Metode *Fuzzy Tsukamoto* digunakan untuk mengukur tingkat pencemaran air sungai yang akan dibandingkan dengan metode Indeks Pencemaran sebagai pembanding. Berlandaskan pada paparan tersebut, maka penelitian ini berfokus pada penggunaan metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk mengukur dan menentukan kualitas air sungai yang akan dibandingkan dengan metode Indeks Pencemaran.

1.2 Rumusan Masalah

Berlandaskan paparan dari latar belakang, rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan sistem untuk mengukur tingkat pencemaran air sungai menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*?
2. Bagaimana akurasi yang diperoleh dari metode *Fuzzy Tsukamoto* terhadap metode Indeks Pencemaran?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian diharapkan menghasilkan:

1. Untuk mengetahui rancangan sistem untuk menentukan tingkat pencemaran air sungai berbasis website menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*.
2. Untuk mengetahui akurasi hasil dari metode *Fuzzy Tsukamoto* terhadap metode Indeks Pencemaran.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana merancang sistem untuk menentukan tingkat pencemaran air sungai menggunakan *Fuzzy Tsukamoto*.
2. Penelitian ini bertujuan mengetahui bagaimana akurasi hasil dari perhitungan *Fuzzy Tsukamoto*, terhadap metode Indeks Pencemaran.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini ialah:

1. Data sungai yang dipakai adalah data sungai kelas 2.
2. Data titik air sungai bersumber dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang tahun 2021 menggunakan 4 unsur berjumlah 70 titik dan 15 data uji sistem.
3. Sistem ini hanya mengimplementasikan unsur sesuai data sampel dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang sehingga tidak menambah unsur baru.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Tentang Fuzzy Tsukamoto

Pada sub bab ini menjelaskan penelitian terdahulu yang terkait metode *Fuzzy* dan pencemaran air sungai.

Menurut Mazenda et al. (2014) dalam penelitiannya mengenai implementasi *Fuzzy* pada Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Kualitas Air Sungai, menggunakan 7 unsur fisika dan kimia. Unsur tersebut diantaranya BOD, Minyak dan Lemak, TSS, COD, DO, dan pH. Metode *Fuzzy* yang digunakan ialah Metode *Fuzzy Tsukamoto*. Metode tersebut akan menentukan kelas air sungai tergolong baik atau baku mutu, tercemar berat, tercemar sedang, atau bahkan tercemar ringan. Metode *Fuzzy Tsukamoto* akan dikomparasikan dengan metode *Storet* dengan 60 data.

Penelitian yang dilakukan oleh Anggraeni et al. (2017) untuk mengklasifikasikan pencemaran air sungai Winongo menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* dari data 2007 sampai 2016 sebanyak 30 data. Unsur yang digunakan berjumlah 15 unsur. Klasifikasi air sungai untuk menggolongkan sungai winongo termasuk sungai yang tercemar berat, sedang, ringan, atau sesuai mutu baku air.

Menurut Penelitian yang dilakukan oleh Hermansyah (2022) mengenai Sistem untuk menentukan Status Mutu Air Sungai Kapuas dengan perbandingan Logika *Fuzzy Mamdani* dan Metode *Storet*, menggunakan beberapa unsur diantaranya *TSS, pH, COD, Nitrit, BOD*. Data yang digunakan berasal dari tahun 2010 sampai tahun 2018.

Penelitian yang dilakukan oleh Widyastiti (2018) untuk mengetahui tingkat kualitas air sungai lintas provinsi di Pulau Jawa menggunakan logika *Fuzzy Mamdani*. Data yang digunakan diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup tahun 2015. Unsur yang diamati adalah *TSS, DO, BOD, COD*. Hasil dari pengukuran bahwa status sungai Provinsi DKI Jakarta dan Jawa Barat tercemar berat, Provinsi Banten tercemar ringan sampai sedang, Provinsi Jawa Tengah tercemar ringan hingga berat, Provinsi Jogjakarta tercemar ringan, dan Provinsi Jawa Timur tercemar ringan hingga sedang.

Tabel 2. 1 Tabel Perbandingan Penelitian

NO	Penulis	Studi Kasus	Input	Metode	Hasil
1	Mazenda et al. (2014)	Metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i> untuk mengetahui tingkat kualitas titik air sungai pada Stasiun Waduk Sutami.	7 unsur yaitu diantaranya <i>BOD, pH, DO, COD, TSS, Fenol</i> dan Minyak.	<i>Metode Storet dan Metode Fuzzy Tsukamoto</i>	Metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i> dapat menentukan tingkat kualitas air sungai yang dikomparasikan dengan Metode <i>STORET</i> .
2	Anggraeni et al. (2017)	Penggunaan Metode <i>Fuzzy Mamdani</i> untuk mengetahui kualitas Sungai Winongo.	15 unsur yaitu <i>Fenol, Nitrat, Nitrit, DO, COD, pH, Klorin Bebas, Timbal, TDS, BOD, TSS, Minyak dan Lemak, Timbal, Warna, Coli Tinja dan Coliform</i>	<i>Metode Storet dan Metode Fuzzy Mamdani</i>	Metode <i>Fuzzy Mamdani</i> dapat mengukur kualitas air sungai Winongo 15 unsur yang dikomparasikan metode <i>Storet</i> .

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti

NO	Penulis	Studi Kasus	Input	Metode	Hasil
3	Widyastiti (2018)	Mengukur kualitas titik air sungai lintas provinsi di pulau Jawa menggunakan metode <i>Fuzzy Mamdani</i>	-	<i>Metode Fuzzy Mamdani</i> dan <i>Metode Storet</i>	Berdasarkan data tahun 2015, hasil dari pengukuran bahwa status sungai Provinsi DKI Jakarta dan Jawa Barat tercemar berat, Provinsi Banten tercemar ringan sampai sedang, Provinsi Jawa Tengah tercemar ringan hingga berat, Provinsi Jogjakarta tercemar ringan, dan Provinsi Jawa Timur tercemar ringan hingga sedang.
4	Hermansyah (2022)	Perbandingan metode <i>Fuzzy Mamdani</i> dan metode <i>Storet</i> dalam mengukur kualitas air Sungai Kapuas	5 unsur yaitu Nitrit, BOD, COD, Suhu, TSS, dan pH	<i>Metode Fuzzy Mamdani</i> dan <i>Metode Storet</i>	<i>Fuzzy Mamdani</i> mengukur kualitas air Sungai Kapuas dengan data dari 2010 sampai 2018.
5	Fokus Penelitian	Penentuan Tingkat Kecemaran Air Sungai di Kabupaten Malang menggunakan Metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i>	4 unsur yaitu Suhu, pH, DO, TDS.	Metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i> , <i>Metode Indeks Pencemaran</i> .	Perbandingan akurasi Metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i> dengan metode <i>Indeks Pencemaran</i> .

Pada tabel 2.1 menerangkan mengenai perbandingan referensi terdahulu dengan keterbaharuan penelitian

2.2 Decision Support System

Konsep Sistem Pendukung Keputusan dipaparkan oleh Michael S. Scoot Morton dalam istilah *Management Decision System* (Pairunan, 2012). Sistem Pendukung Keputusan atau SPK merupakan sistem yang membantu manusia dalam pengambilan sebuah keputusan berdasarkan data yang ada dengan diolah oleh sebuah model yang dijadikan acuan sehingga dapat menyelesaikan sebuah masalah yang kompleks (Yunaeti Anggraeni dan Agustina, 2016).

Sistem Pendukung keputusan pada dasarnya tidak dirancang untuk menggantikan proses yang asli dalam pengambilan keputusan melainkan untuk membantu dalam pengambilan keputusan. Menentukan keputusan dari sebuah masalah sering mengalami benturan dengan subyektifitas manusia dalam memilih sebuah alternatif. Sistem pendukung keputusan hadir dalam membantu mengidentifikasi masalah berdasarkan variabel yang ada dengan menghasilkan alternatif yang dipilih. Sehingga sistem pendukung keputusan menitik beratkan pada objektivitas pemilihan. Manfaat dari penggunaan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) diantaranya:

1. Menghemat waktu untuk memecahkan masalah, terutama pada masalah yang kompleks.
2. Menghasilkan solusi yang lebih akurat.
3. Pada masalah tertentu, SPK lebih bersifat objektif pada pemilihan alternatif.

4. Penghematan waktu, biaya, tenaga bagi organisasi sehingga bersifat efektif dalam pemilihan alternatif.

2.3 Pencemaran Air Sungai

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2021) pencemaran air adalah tercampurnya air dengan makhluk hidup, energi, zat oleh kegiatan manusia sehingga melebihi batas mutu air yang telah ditetapkan. Batas mutu air merupakan ukuran batas dari komponen dalam air sehingga air dikatakan tidak tercemar, namun jika komponen dalam air melebihi batas baku mutu air maka air akan tercemar. Dari pengertian tersebut, pencemaran air sungai adalah terkontaminasinya air sungai dengan zat, makhluk hidup, energi yang membuat kualitas air sungai tersebut tercemar atau tidak layak untuk digunakan.

Menurut Roza et al. (2019) bahwa sumber limbah air sungai berasal dari limbah rumah tangga, limbah industri, pertanian, limbah pertambangan. Pada limbah industri dihasilkan karena minyak tanah, bahan kimia padat maupun cair. Pada limbah rumah tangga dihasilkan oleh sampah yang padat seperti kaleng, plastic, kemudian sampah cair seperti detergen, air sisa mandi, bahkan MCK (Mandi, Cuci, Kakus), dan sampah organik seperti sayuran dan sisa makanan yang banyak dibuang langsung ke sungai.

Metode untuk menentukan tingkat kualitas pada air sungai di Indonesia, tercantum pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (2003) menggunakan metode Indeks Pencemaran. Metode Indeks Pencemaran dipaparkan oleh Nemerow dan Sumitomo dari Universitas Texas, USA sebagai metode untuk

mengukur tingkat kualitas air sungai. Rumus dan standard metode tersebut dituliskan pada rumus 2.1.

$$IP = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})^2 M + (C_i/L_{ij})^2 R}{2}} \quad (2.1)$$

Pada rumus 2.1 untuk menghitung nilai Indeks Pencemaran (*IP*), *C_i* merupakan nilai yang didapat dari pengambilan sampel air untuk mewakili setiap variabel, *L_{ij}* merupakan nilai standard sesuai batas ambang. Simbol *R* merupakan nilai rerata nilai *C_i/L_{ij}*, sedangkan simbol *M* ialah nilai maksimum dari nilai *C_i/L_{ij}*. Proses selanjutnya dihitung pada rumus Indeks Pencemaran. Hasil dari nilai Indeks Pencemaran akan digolongkan pada standard rumus Indeks Pencemaran pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Tabel Standar Metode Indeks Pencemaran

Standard Indeks Pencemaran	Baku Mutu
$0 \leq IP \leq 1,0$	Baik (<i>Good</i>)
$1 < IP \leq 5,0$	Tercemar Ringan
$5,0 < IP \leq 10$	Tercemar Sedang
$IP > 10$	Tercemar Berat

Sumber: Arnop et al. (2019)

Pada tabel 2.2 merupakan tabel standard metode Indeks Pencemaran, dimana air sungai dikatakan baik atau tidak tercemar jika nilai perhitungan Indeks Pencemaran lebih besar sama dengan dari 1 dan kurang sama dengan 1, jika air sungai mengalami pencemaran ringan nilai perhitungan Indeks Pencemaran lebih besar dari 1 dan kurang sama dengan 5, jika air sungai mengalami pencemaran sedang nilai perhitungan Indeks Pencemaran lebih besar dari 5 dan kurang sama dengan 10, sedangkan jika air sungai mengalami pencemaran berat nilai perhitungan Indeks Pencemaran lebih besar dari 10.

2.3.1 Metode Fuzzy

Logika *Fuzzy* dikembangkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari California University, Berkeley untuk memetakan input menjadi output. Metode Fuzzy dikembangkan atas dasar logika boolean. Jika pada logika boolean, bernilai antara 0 dan 1. Namun pada logika Fuzzy, nilai berada antara 0 dan 1. Jika dalam logika boolean hanya ada “Hitam dan Putih”, maka pada fuzzy terdapat nilai keanggotaan yang lebih banyak seperti “hitam, keabuan, dan putih” (Ravita et al., 2012).

Fuzzy memiliki beberapa metode, yaitu metode *Tsukamoto*, metode *Sugeno*, metode *Mamdani* (Athiyah et al., 2021). Pada penelitian berfokus pada Metode *Fuzzy Tsukamoto*, mengacu pada penelitian Mazenda et al. (2014) mengenai pengukuran kualitas air sungai menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*.

Metode *Fuzzy Tsukamoto* merupakan implementasi Fuzzy yang digunakan untuk mengolah data untuk diambil kesimpulan (Ferdiansyah dan Hidayat, 2018).

Tahapan metode Tsukamoto diantaranya:

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses perubahan inputan yang bersifat nilai tegas atau *crisp* menjadi himpunan fuzzy untuk menentukan derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy.

2. Pembentukan Rule

Proses merubah himpunan fuzzy yang telah melalui proses fuzzifikasi membentuk rule IF – THEN pada keanggotaan fuzzy.

3. Mesin Inferensi

Proses merubah masukan fuzzy dengan fuzzifikasi tiap rule menggunakan fungsi MIN. Sehingga didapatkan nilai alpha-predikat pada setiap rule. Nilai alpha predikat yang diperoleh digunakan untuk menghitung output setiap rule (mencari nilai z).

4. Defuzzifikasi

Proses merubah hasil dari mesin inferensi menjadi nilai tegas atau crisp. Hasil akhir diperoleh dengan metode *Weight Average* atau metode Rata-rata. Metode *Weight Average* dihitung dengan membagi nilai sigma alpha-predikat dikali nilai z dengan sigma alpha-predikat.

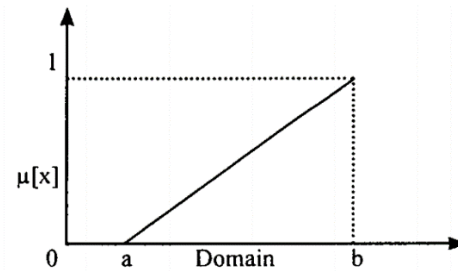
Fuzzy *Tsukamoto* memiliki *membership function* atau fungsi keanggotaan yang menggambarkan titik input data dalam nilai keanggotaan yang tersebar diantara interval 0 sampai 1. Untuk menggambarkan persebaran titik titik input data dapat menggunakan pendekatan fungsi, diantaranya:

1. Fungsi Linier

Fungsi Linear merupakan fungsi yang input data membentuk suatu garis lurus. Fungsi ini merupakan pemetaan yang paling sederhana dan dapat menjelaskan konsep yang kurang jelas. Terdapat dua jenis fungsi linear, ialah:

a. Fungsi Linear Naik

Fungsi Linear Naik merupakan fungsi Linear yang nilai keanggotaan dimulai dari 0 bergerak ke arah kanan menuju nilai domain yang derajat keanggotaanya lebih tinggi. Representasi linear naik di gambarkan dalam gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Linear Naik

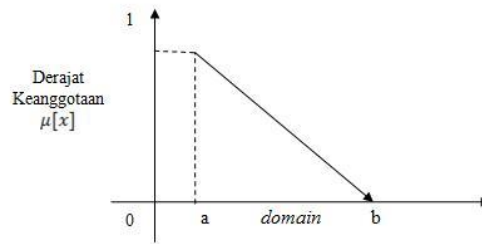
Pada Gambar 2.1 menggambarkan mengenai linear naik, rumus fungsi keanggotaan pada linear naik pada rumus 2.2.

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

Pada rumus 2.2, merupakan rumus fungsi keanggotaan, jika nilai kurang dari sama dengan a maka bernilai 0, jika nilai lebih dari a dan nilai kurang dari b maka nilainya adalah perhitungan dari x dikurangi a dibagi b dikurangi a, dan jika nilai lebih dari sama dengan b maka bernilai 1.

b. Fungsi Linear Turun

Fungsi Linear Turun merupakan fungsi Linear yang nilai keanggotaannya dimulai dari derajat keanggotaan tinggi pada sisi kiri kemudian turun sampai derajat keanggotaan lebih rendah pada sisi kanan. Representasi linear turun digambarkan pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Linear Turun

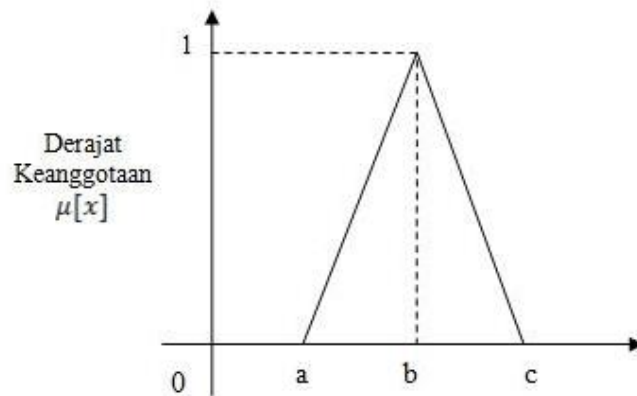
Pada Gambar 2.2 menggambarkan mengenai linear turun, rumus fungsi keanggotaan pada linear turun pada rumus 2.3.

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

Pada rumus 2.3, jika nilai kurang dari sama dengan a maka bernilai 1, jika nilai lebih dari a dan nilai kurang dari b maka nilainya dari perhitungan b dikurangi x dibagi dengan a dikurangi dari x, dan jika x lebih dari sama dengan b maka nilainya 0.

2. Fungsi Kurva Segitiga

Fungsi Kurva Segitiga merupakan fungsi keanggotaan yang terdiri dari gabungan fungsi linear naik dan fungsi linear turun sehingga membentuk fungsi segitiga. Representasi fungsi kurva segitiga digambarkan pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Kurva Segitiga

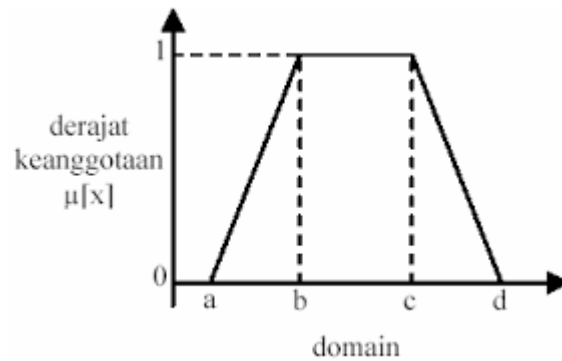
Pada Gambar 2.3 menggambarkan mengenai kurva segitiga, rumus fungsi keanggotaan pada kurva segitiga pada rumus 2.4.

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

Pada rumus 2.4, jika nilai x kurang dari sama dengan a atau nilai x lebih dari sama dengan c maka bernilai 0, jika nilai x lebih dari a dan nilai x kurang dari b maka nilai fuzzy dihitung dengan x dikurangi a dibagi b dikurangi a , sedangkan jika nilai x lebih dari b dan nilai x kurang dari c , maka nilai fuzzy dihitung dengan b dikurangi x dibagi c dikurangi a .

3. Fungsi Kurva Trapesium

Fungsi Kurva Trapesium merupakan fungsi keanggotaan yang memiliki gabungan fungsi linear naik dan fungsi linear turun, namun ada derajat keanggotaan yang bernilai 1 yang gambarkan sengan satu garis lurus datar. Representasi fungsi kurva trapesium digambarkan pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Kurva Trapesium

Pada Gambar 2.4 menggambarkan mengenai kurva trapesium, rumus fungsi keanggotaan pada kurva trapesium pada rumus 2.5.

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

Pada rumus 2.5, jika nilai x kurang dari sama dengan a dan nilai x lebih dari sama dengan d maka nilai fuzzy adalah 0, jika nilai x lebih dari a dan nilai x kurang dari b maka nilai fuzzy didapatkan dari x dikurangi a dibagi b dikurangi a , jika nilai x lebih dari c dan nilai x kurang dari d maka nilai fuzzy didapatkan dari d dikurangi x dan dibagi dengan d dikurangi c , dan jika nilai x lebih dari b dan nilai x kurang dari c maka nilai fuzzy bernilai 1.

2.3.2 Pengujian Akurasi

Untuk menguji akurasi menggunakan confusion matrix untuk mengukur tingkat akurasi dari sistem. Tabel Confusion matrix dapat menentukan jumlah data uji yang akurat atau salah terhadap data asli (Normawati dan Prayogi, 2021). Confusion matrix menggambarkan empat nilai, yaitu True Positive, False Positive,

False Negative, dan True Negative. Berikut gambar mengenai tabel confusion matrix:

Tabel 2. 3 Tabel Confusion Matrix

Jumlah data = n	Positive	Negative
Positive	TP	FP
Negative	FN	TN

Sumber: Normawati & Prayogi, (2021)

Keterangan pada tabel 2.3.

True Positive: Hasil sistem bernilai positif, dan data asli bernilai positif

False Positive: Hasil sistem bernilai positif, sedangkan data asli bernilai negatif

False Negative: Hasil sistem bernilai negatif, namun data asli bernilai positif

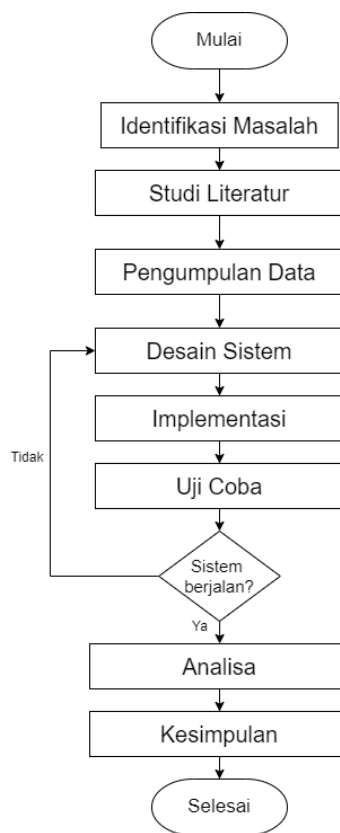
True Negative: Hasil sistem bernilai negatif, dan data asli bernilai negatif

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Dalam mencapai tujuan penelitian, terdapat beberapa tahapan alur yang harus dijalani. Tahapan-tahapan tersebut sebagaimana dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Penelitian dimulai dengan menentukan permasalahan yang ada, kemudian melakukan studi literatur, lalu mengumpulkan data, dilanjutkan dengan mendesain sistem, lalu implementasi sistem, setelah sistemnya rampung maka dilanjutkan dengan uji coba sistem terhadap data, jika sistemnya tidak berjalan maka kembali

ke desain sistem, namun jika berjalan maka analisa data, hasil analisa nantinya akan menjadi kesimpulan akhir dari tujuan penelitian.

3.2 Sumber Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh secara langsung dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang, serta data yang diperoleh dari penelitian sebelumnya dan Peraturan Pemerintah tentang penjelasan dan baku mutu dari unsur.

Pada tabel 3.1 merupakan data alternatif titik sungai.

Tabel 3.1 Data Alternatif Titik Sungai

No	Nama Titik Sungai	Lokasi	Daerah Aliran Sungai (DAS)
1	Sungai Lesti Wajak	Kecamatan Wajak	DAS Lesti
2	Sungai Polaman	Kecamatan Dampit	DAS Lesti
3	Sungai Tangsi/apus kidul	Kecamatan Tirtoyudo	DAS Lesti
4	Sungai Lesti Tawangrejani	Kecamatan Turen	DAS Lesti
5	Sungai Dusun Wonokerto	Kecamatan Bantur	DAS Lesti
6	Sungai Supit Urang	Kecamatan Gedangan	DAS Lesti
7	Sungai Goro	Kecamatan Sumbermanjing Wetan	DAS Lesti
8	Sungai Lesti Desa Suwaru	Kecamatan Pegelaran	DAS Lesti
9	Sungai Lesti Pagak	Kecamatan Pagak	DAS Lesti
10	Sungai Ketawang	Kecamatan Gondanglegi	DAS Lesti
11	DAM Sengkaling -Sungai Brantas	Kecamatan Dau	DAS Ambang
12	Sungai Curah Dengkol	Kecamatan Singosari	DAS Ambang
13	Sungai Bodo Ds. Ngijo	Kecamatan Karangploso	DAS Ambang
14	Sungai Jilu	Kecamatan Pakis	DAS Ambang
15	Sungai Cokro	Kecamatan Jabung	DAS Ambang
16	Sungai Lajing	Kecamatan Tumpang	DAS Ambang
17	Sungai Amprong	Kecamatan Poncokusumo	DAS Ambang
18	Sungai Meri	Kecamatan Tajinan	DAS Ambang
19	Sungai Brantas	Kecamatan Pakisaji	DAS Ambang
20	Sungai Brantas Kedungpendaringan	Kecamatan Kepanjen	DAS Ambang
21	Sungai Brantas Desa Kecopokan	Kecamatan Sumberpucung	DAS Melamon
22	Sungai Sukun	Kecamatan Kepanjen	DAS Melamon
23	Sungai Brantas Desa Dempok	Kecamatan Pagak	DAS Melamon
24	Sungai Biru	Kecamatan Kromengan	DAS Melamon
25	Sungai Kele Kecamatan Wonosari	Kecamatan Wonosari	DAS Melamon

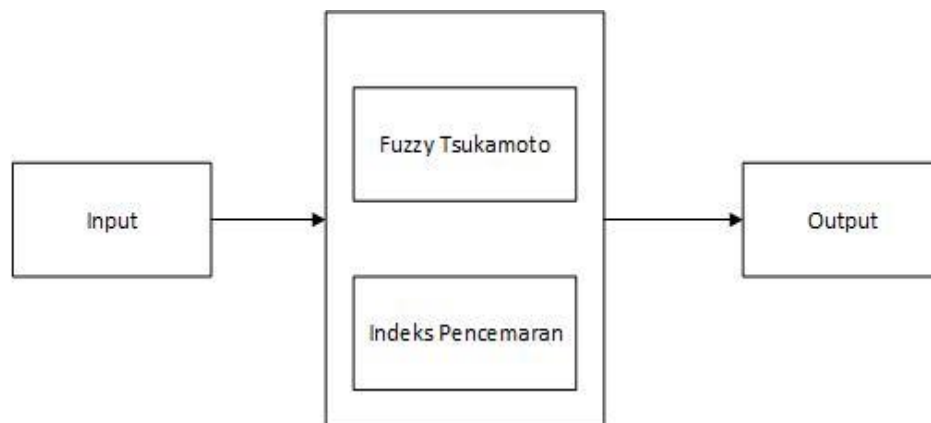
Lanjutan Tabel 3.1 Data Alternatif Sungai

No	Nama Titik Sungai	Lokasi	Daerah Aliran Sungai (DAS)
26	Sungai Camplungan	Kecamatan Ngajum	DAS Melamon
27	Sungai Metro Ngajum	Kecamatan Ngajum	DAS Melamon
28	Sungai Metro Pakisaji	Kecamatan Pakisaji	DAS Melamon
29	Sungai Bakalan	Kecamatan Wagir	DAS Melamon
30	Sungai Braholo	Kecamatan Dau	DAS Melamon

Pada tabel 3.1 merupakan seluruh titik sungai yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang yang berjumlah 30 titik sungai.

3.3 Desain Sistem

Pada Desain Sistem menjelaskan tentang gambaran desain sistem yang akan digunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Desain sistem menggambarkan proses mendapatkan hasil tingkat pencemaran sungai menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*, dan Indeks Pencemaran, serta didapatkan hasil pengujian. Langkah-langkah terlihat pada gambar 3.2 dibawah ini:



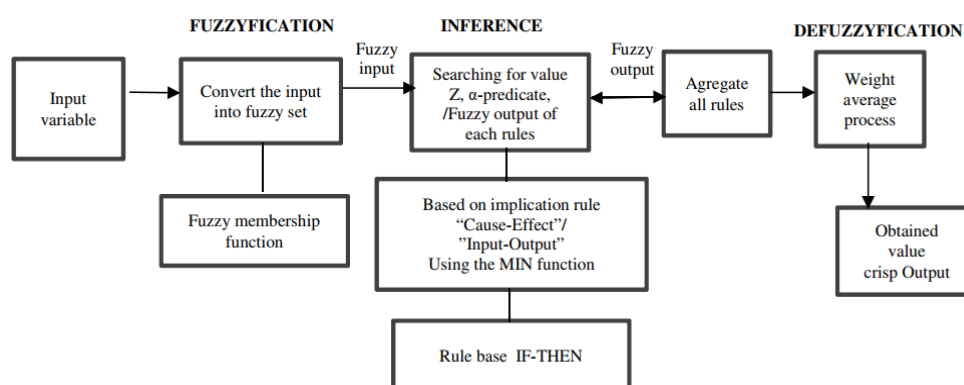
Gambar 3. 2 Desain Sistem

Pada gambar 3.2 dijelaskan bahwa ada input alternatif berupa titik sungai dari setiap Sub DAS (Daerah Aliran Sungai) yang berjumlah 70 titik sungai. Input berupa nilai dari setiap unsur. Perhitungan metode *Fuzzy Tsukamoto*, Indeks

Pencemaran untuk menghitung setiap alternatif titik sungai yang nantinya diperoleh hasil tingkat pencemaran titik sungai apakah tingkat pencemarannya berat, sedang, ringan, atau bahkan baik.

3.4 Konseptual Framework

Pada sub-bab ini akan menampilkan kerangka alur kerja konseptual menggunakan dua metode, yaitu *Fuzzy Tsukamoto* dan *Indeks Pencemaran*. Alur dari fuzzy Tsukamoto untuk menentukan tingkat kualitas air sungai sebagai berikut.



Gambar 3. 3 Alur Metode *Fuzzy Tsukamoto*
Sumber: Qur'ania dan Verananda, (2017)

Pada Gambar 3.3 menjelaskan tentang alur sistem untuk menentukan tingkat pencemaran air sungai menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Pada tahap pertama, masukkan nilai dari setiap variabel sungai yang akan ditentukan tingkat kualitas air sungai nya. Pada tahap kedua, masuk pada proses fuzzifikasi. Fuzzifikasi atau pembentukan himpunan fuzzy terdiri dari variabel input atau masukan dan output atau keluaran. Variabel Input merupakan nilai dari setiap variabel, sedangkan variabel output merupakan kualitas air sungai apakah berkualitas baik, tercemar ringan, tercemar sedang atau tercemar berat. Pada tahap ketiga adalah menghitung nilai alfa dengan rumus $\min(\text{fuzzifikasi})$ dan nilai z yang digunakan untuk menghitung alfa predikat. Hasil dari tahap ketiga berupa rule atau

aturan-aturan. Pada tahap selanjutnya merupakan defuzzifikasi. Defuzzifikasi merupakan tahap merubah rule menjadi nilai tegas. Hasil defuzzifikasi adalah tingkat kualitas air sungai dari hasil Fuzzy. Setelah defuzzifikasi hasil dari Fuzzy akan dibandingkan dengan hasil Indeks Pencemaran sehingga diperoleh hasil apakah kualitas air sungai tersebut tercemar ringan, sedang, berat atau tidak tercemar.

3.5 Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto

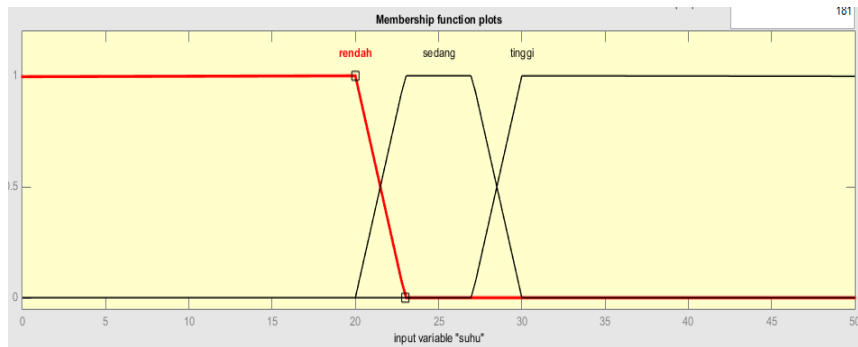
Alur metode Fuzzy Tsukamoto yang tertera pada gambar 3.3, terbagi menjadi beberapa tahap penghitungan metode, diantaranya:

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai input yang bersifat boolean (logika 0 dan 1) menjadi himpunan fuzzy (logika antara 0 dan 1). Untuk merubah nilai input nilai, perlu diubah dulu unsur atau variabel fuzzy ke dalam *membership function*. Membership function atau fungsi keanggotaan merupakan kurva yang memetakan derajat keanggotaan variabel atau unsur yang memiliki rentang nilai 0 hingga 1. Unsur yang dipakai pada penelitian ini adalah Suhu, pH, DO, dan TDS.

a. Suhu

Suhu mempengaruhi kadar oksigen dalam air. Jika kadar suhu dalam air melebihi batas ambang, maka akan membunuh makhluk hidup di air. Alat mengukur suhu air adalah Termometer. Berdasarkan Standard dari peraturan pemerintah Kementrian Lingkungan Hidup (2021) dan Gustien et al. (2019) range batas ambang dari suhu air sungai normal berkisar antara 22 hingga 28 °C. Sedangkan suhu rendah berkisar antara 0-23 °C, dan suhu tinggi berkisar antara 27-50 °C.



Gambar 3. 4 Kurva Unsur Suhu
Sumber: Gustien et al. (2019)

Pada gambar 3.4, merupakan kurva unsur suhu yang mempunyai tiga bagian fungsi keanggotaan, yaitu suhu rendah, suhu sedang, dan suhu tinggi. Penjelasan dari setiap rumus himpunan keanggotaan sebagai berikut.

Himpunan fuzzy Suhu Rendah

$$\mu_{suhu_rendah}(x) = \begin{cases} 0; & x \geq 23 \\ \frac{23 - x}{23 - 20}; & 20 < x < 23 \\ 1; & x \leq 20 \end{cases}$$

Pada suhu rendah, jika suhu diatas dan sama dengan 23, maka nilai fuzzy bernilai 0, jika nilai lebih besar 20 dan lebih kecil 23, maka nilai fuzzy akan didapatkan dari perhitungan $23 - x$ dibagi $23 - 20$, sedangkan jika nilai kurang dari sama dengan 20 maka nilai fuzzy bernilai 1.

Himpunan fuzzy Suhu Sedang

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

Pada suhu sedang, jika nilai kurang dari sama dengan 20 atau lebih dari sama dengan 30, maka nilai fuzzy bernilai 0. Jika kurang dari 23 dan lebih dari 20, maka

nilai fuzzy didapatkan dengan perhitungan $x - 20$ dibagi dengan $23-20$. Jika nilai lebih dari 27 dan kurang dari 30, maka nilai fuzzy didapatkan dari $30-x$ dibagi dengan $30-27$. Dan jika nilai kurang dari sama dengan 27 dan lebih dari sama dengan 23 maka bernilai 1.

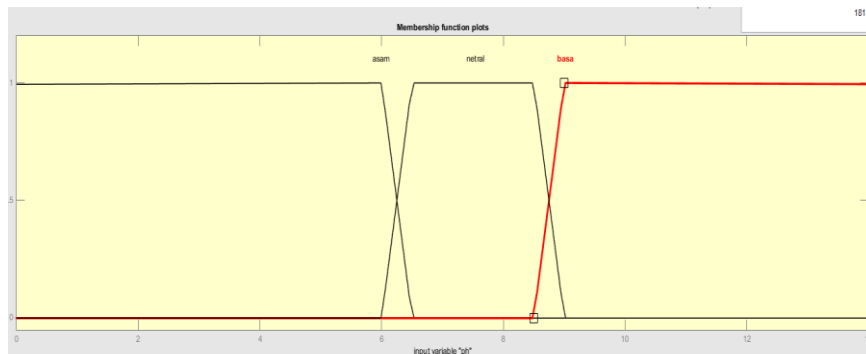
Himpunan fuzzy Suhu Tinggi

$$\mu_{suhu_tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 27 \\ \frac{x - 27}{30 - 27}; & 27 < x < 30 \\ 1; & x \geq 30 \end{cases}$$

Pada suhu tinggi, jika nilai suhu kurang dari sama dengan 27, maka nilai fuzzy bernilai 0, jika nilai suhu kurang dari 30 dan lebih dari 27, maka nilai fuzzy didapatkan dari perhitungan $x-27$ dibagi dengan $30-27$. Jika nilai suhu lebih dari sama dengan 30, maka nilai fuzzy bernilai 1.

b. pH

pH mempengaruhi tingkat pencemaran pada air, karena pH dimanfaatkan oleh biota air untuk menjaga kestabilan kehidupannya. pH terdiri dari ion H^+ . Semakin besar nilai OH^- pada air maka nilai pH akan tinggi dan air termasuk basa. Semakin besar nilai H^+ akan menyebabkan pH air rendah dan bersifat asam. Jika pH air terlalu besar maka menghambat biota air, dan sebaliknya jika pH air terlalu kecil mengakibatkan air menjadi racun bagi biota air. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2021) dan Gustien et al. (2019) ambang pH air normal antara 6-9, pH asam bernilai dari 0-6,5 dan pH basa bernilai dari 8,5-14. Alat mengukur pH bisa menggunakan PH Meter.



Gambar 3. 5 Kurva Fuzzy Unsur pH
Sumber: Gustien et al. (2019)

Pada gambar 3.5, merupakan kurva unsur pH yang mempunyai tiga bagian fungsi keanggotaan, yaitu pH asam, pH netral, dan pH basa.

Penjelasan dari setiap rumus himpunan keanggotaan sebagai berikut.

Himpunan fuzzy pH Asam

$$\mu_{ph_asam}(x) = \begin{cases} 0; & x \geq 6.5 \\ \frac{6.5 - x}{6.5 - 6}; & 6 < x < 6.5 \\ 1; & x \leq 6 \end{cases}$$

Pada himpunan pH asam, jika pH diatas dan sama dengan 6.5, maka nilai fuzzy bernilai 0, jika nilai lebih besar 6 dan lebih kecil 6.5, maka nilai fuzzy akan didapatkan dari perhitungan $6.5 - x$ dibagi $6.5 - 6$, sedangkan jika nilai kurang dari sama dengan 6 maka nilai fuzzy bernilai 1.

Himpunan fuzzy pH Netral

$$\mu_{ph_netral}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 6 \text{ atau } x \geq 9 \\ \frac{x - 6.5}{6.5 - 6}; & 6 < x < 6.5 \\ \frac{9 - x}{9 - 8.5}; & 8.5 < x < 9 \\ 1; & 6.5 \leq x \leq 8.5 \end{cases}$$

Pada himpunan pH Netral, jika nilai pH kurang dari sama dengan 6 atau lebih dari sama dengan 9, maka nilai fuzzy bernilai 0. Jika kurang dari 6.5 dan lebih dari

6, maka nilai fuzzy didapatkan dengan perhitungan $x - 6.5$ dibagi dengan $6.5 - 6$. Jika nilai lebih dari 8.5 dan kurang dari 9, maka nilai fuzzy didapatkan dari $9 - x$ dibagi dengan $9 - 8.5$. Dan jika nilai kurang dari sama dengan 8.5 dan lebih dari sama dengan 6.5 maka bernilai 1.

Himpunan fuzzy pH Basa

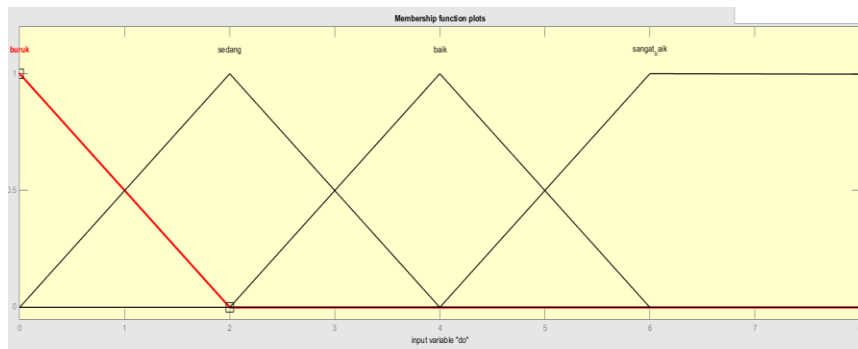
$$\mu_{ph_basa}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 8.5 \\ \frac{x - 8.5}{9 - 8.5}; & 8.5 < x < 9 \\ 1; & x \geq 9 \end{cases}$$

Pada himpunan pH basa, jika nilai pH kurang dari sama dengan 8.5, maka nilai fuzzy bernilai 0, jika nilai suhu kurang dari 9 dan lebih dari 8.5, maka nilai fuzzy didapatkan dari perhitungan $x - 8.5$ dibagi dengan $9 - 8.5$. Jika nilai suhu lebih dari sama dengan 9, maka nilai fuzzy bernilai 1.

c. DO

DO merupakan singkatan dari *Dissolved Oxygen* yang berarti oksigen dalam air. Oksigen diperoleh dari proses fotosintesis yang melibatkan tumbuhan dalam air. Fungsi oksigen dalam air membantu kelangsungan kehidupan makhluk hidup air dalam penyerapan makanan dan dekomposisi atau penguraian limbah organik yang siap terdekomposisi/ terurai dalam air.

Standar Kementrian Lingkungan Hidup (2021) dan penelitian Mazenda et al. (2014), DO yang baik lebih atau sama dengan 4 mg O₂/L. Pada range 0-2 tergolong DO buruk, pada range 0-4 tergolong DO sedang, pada range 4-6 tergolong DO baik, dan pada range diatas 4 tergolong DO sangat baik. Jika kadar DO berada dibawah ambang batas akan mempengaruhi kualitas air sungai serta menjadi salah satu indikator pencemaran sungai. Alat untuk mengukur DO menggunakan DO Meter.



Gambar 3. 6 Kurva Fuzzy Unsur DO
Sumber: Gustien et al. (2019)

Pada gambar 3.6 kurva unsur DO yang mempunyai empat fungsi keanggotaan, yaitu do buruk, do sedang, do baik, dan do sangat baik. Penjelasan dari setiap rumus himpunan keanggotaan sebagai berikut.

Himpunan fuzzy DO Sangat Baik

$$\mu_{do_sangat_baik}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 4 \\ \frac{x-4}{6-4}; & 4 < x < 6 \\ 1; & x \geq 6 \end{cases}$$

Pada DO Sangat Baik, jika nilai DO kurang sama dengan 4 maka nilai fuzzy bernilai 0, jika nilai x kurang dari 6 dan nilai DO lebih dari 4 maka nilai fuzzy didapatkan dengan $x-4$ dibagi $6-4$, jika nilai DO lebih dari sama dengan 6 maka nilai fuzzy bernilai 1.

Himpunan fuzzy DO Baik

$$\mu_{do_baik}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 2 \text{ atau } x \geq 6 \\ \frac{6-x}{6-4}; & 4 < x < 6 \\ \frac{x-2}{4-2}; & 2 < x < 4 \\ 1; & x = 4 \end{cases}$$

Pada DO Baik, jika nilai DO bernilai lebih kecil sama dengan 2 atau lebih besar sama dengan 6, maka nilai fuzzy bernilai 0. Jika nilai nilai DO kurang dari 6 dan

lebih dari 4, maka nilai fuzzy didapatkan dari perhitungan $6-x$ dibagi $6-4$. Jika nilai DO kurang dari 4 dan lebih dari 2, maka nilai fuzzy didapatkan dari perhitungan $x-2$ dibagi $4-2$. Sedangkan jika nilai DO bernilai sama dengan 4, maka nilai fuzzy bernilai 1.

Himpunan fuzzy DO Sedang

$$\mu_{do_sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 4 \\ \frac{x-0}{2-0}; & 0 < x < 2 \\ \frac{4-x}{4-2}; & 2 < x < 4 \\ 1; & x = 2 \end{cases}$$

Pada DO Sedang, jika nilai DO bernilai lebih kecil sama dengan 0 atau lebih besar sama dengan 4, maka nilai fuzzy bernilai 0. Jika nilai nilai DO kurang dari 2 dan lebih dari 0, maka nilai fuzzy didapatkan dari perhitungan $x-0$ dibagi $2-0$. Jika nilai DO kurang dari 4 dan lebih dari 2, maka nilai fuzzy didapatkan dari perhitungan $4-x$ dibagi $4-2$. Sedangkan jika nilai DO bernilai sama dengan 2, maka nilai fuzzy bernilai 1.

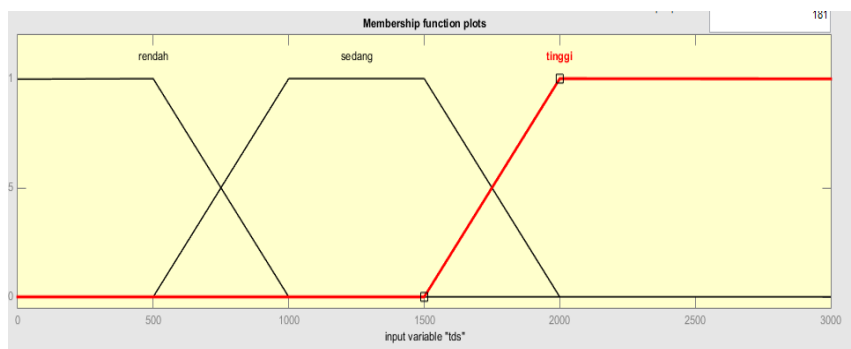
Himpunan fuzzy DO Buruk

$$\mu_{do_buruk}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{2-x}{2-0}; & 0 < x < 2 \\ 0; & x \geq 2 \end{cases}$$

Pada DO Buruk, jika nilai DO kurang dari sama dengan 0, maka nilai fuzzy bernilai 1. Jika nilai DO kurang dari 2 dan lebih dari 0, maka nilai fuzzy didapatkan dari $2-x$ dibagi $2-0$. Sedangkan jika nilai DO lebih dari sama dengan 2 maka nilai fuzzy adalah 0.

d. TDS

TDS (*Total Dissolved Solid*) merupakan limbah padatan yang kecil sehingga dapat larut dalam air. Jika nilai TDS melebihi batas ambang maka akan membuat air keruh sehingga mengganggu proses fotosintesis dalam air karena cahaya matahari terhalangi oleh kekeruhan air. Alat untuk mengukur kadar TDS bisa menggunakan TDS Meter. Standar ementrian Lingkungan Hidup, (2021) dan penelitian Mazenda et al. (2014) . Alat untuk mengukur nilai TDS menggunakan TDS Meter.



Gambar 3. 7 Kurva Fuzzy Unsur TDS
Sumber: Mazenda et al., (2014)

Pada gambar 3.7 merupakan kurva unsur TDS yang mempunyai dua fungsi keanggotaan, yaitu TDS Rendah dan TDS Tinggi. Penjelasan dari setiap rumus himpunan keanggotaan sebagai berikut.

Himpunan fuzzy TDS Rendah

$$\mu_{tds_rendah}(x) = \begin{cases} 0; & x \geq 1000 \\ \frac{1000 - x}{1000 - 500}; & 500 < x < 1000 \\ 1; & x \leq 500 \end{cases}$$

Pada TDS Rendah, jika nilai TDS kurang sama dengan 500 maka nilai fuzzy bernilai 1, jika nilai TDS kurang dari 1000 dan nilai TDS lebih dari 500 maka nilai

fuzzy didapatkan dengan $1000-x$ dibagi $1000-500$, jika nilai TDS lebih dari sama dengan 1000 maka nilai fuzzy bernilai 0.

Himpunan fuzzy TDS Sedang

$$\mu_{tds_sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 500 \text{ atau } x \geq 1000 \\ \frac{x - 500}{1000 - 500}; & 500 < x < 1000 \\ \frac{2000 - x}{2000 - 1500}; & 1500 < x < 2000 \\ 1; & 1000 < x < 1500 \end{cases}$$

Pada TDS Sedang, jika nilai TDS bernilai kurang dari sama dengan 500 atau lebih dari sama dengan 1000, maka nilai fuzzy bernilai 0. Jika nilai nilai TDS kurang dari 1000 dan lebih dari 500, maka nilai fuzzy didapatkan dari perhitungan $x-500$ dibagi $1000-500$. Jika nilai TDS kurang dari 2000 dan lebih dari 1500, maka nilai fuzzy didapatkan dari perhitungan $2000-x$ dibagi $2000-1500$. Sedangkan jika nilai DO bernilai kurang dari 1500 dan lebih dari 1000, maka nilai fuzzy bernilai 1.

Himpunan fuzzy TDS Tinggi

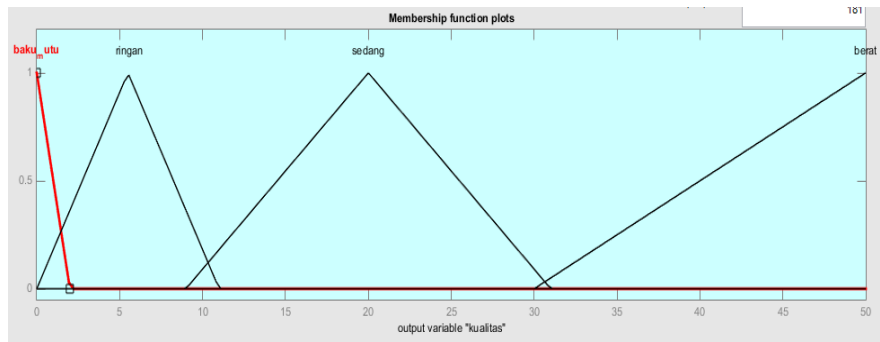
$$\mu_{tds_tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 1500 \\ \frac{x - 1500}{2000 - 1500}; & 1500 < x < 2000 \\ 1; & x \geq 2000 \end{cases}$$

Pada TDS tinggi, jika nilai TDS kurang dari sama dengan 1500, maka nilai fuzzy bernilai 0. Jika nilai TDS kurang dari 2000 dan lebih dari 1500 maka nilai fuzzy dihitung dari perhitungan $x-1500$ dibagi $2000-1500$. Sedangkan jika nilai TDS lebih dari sama dengan 2000, maka nilai fuzzy bernilai 1.

e. Output Kualitas Air Sungai

Output kualitas air sungai dibagi menjadi empat golongan, yaitu baku mutu atau bermutu baik, tercemar ringan, tercemar sedang, dan tercemar berat. Penelitian

oleh Mazenda et al., (2014) menyatakan range kualitas air sungai baku mutu adalah dari 0-2, range tercemar ringan berkisar dari 0 hingga 11, range tercemar sedang berkisar antara 9 hingga 31, dan range tercemar berat berkisar dari 29 hingga 50. Sehingga pada kurva fuzzy output pada gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Kurva Fuzzy Unsur Output kualitas air sungai
Sumber: Mazenda et al., (2014)

Pada gambar 3.8 merupakan kurva unsur Output kualitas air sungai, terdapat 4 kategori output kualitas air sungai, baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang, dan tercemar berat. Penjelasan dari setiap rumus himpunan keanggotaan sebagai berikut.

Himpunan fuzzy baku mutu

$$\mu_{\text{baku mutu}}(x) = \begin{cases} 0; & x \geq 2 \\ \frac{2-x}{2-0}; & 0 < x < 2 \\ 1; & x = 0 \end{cases}$$

Pada Baku Mutu jika hasil perhitungan lebih sama dengan 2, maka nilai fuzzy bernilai 0, jika hasil perhitungan sama dengan 0 maka nilai fuzzy bernilai 1. Sedangkan jika nilai lebih besar 0 dan lebih kecil 2, maka nilai fuzzy didapatkan hitungan $2-x$ dibagi $2-0$.

Himpunan fuzzy tercemar ringan

$$\mu_{\text{cemar ringan}}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 11 \\ \frac{x - 0}{5,5 - 0}; & 0 < x < 5,5 \\ \frac{11 - x}{11 - 5,5}; & 5,5 < x < 11 \\ 1; & 5,5 \end{cases}$$

Pada Tercemar Ringan jika hasil perhitungan lebih sama dengan 1 atau kurang sama dengan 0, maka nilai fuzzy bernilai 0. Jika hasil perhitungan sama dengan 5,5 maka nilai fuzzy bernilai 1. Jika nilai lebih besar 0 dan lebih kecil 5,5, maka nilai fuzzy didapatkan hitungan $x-0$ dibagi $5,5-0$. Sedangkan jika nilai hasil perhitungan fuzzy kurang dari 11 dan lebih dari 5,5 maka nilai fuzzy didapatkan dari perhitungan $11-x$ dibagi $11-5,5$.

Himpunan fuzzy tercemar sedang

$$\mu_{\text{cemar sedang}}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 9 \text{ atau } x \geq 31 \\ \frac{x - 9}{20 - 9}; & 9 < x < 20 \\ \frac{31 - x}{31 - 20}; & 20 < x < 31 \\ 1; & 20 \end{cases}$$

Pada Tercemar Sedang jika hasil perhitungan lebih sama dengan 31 atau kurang sama dengan 9, maka nilai fuzzy bernilai 0. Jika hasil perhitungan sama dengan 20 maka nilai fuzzy bernilai 1. Jika nilai lebih besar 9 dan lebih kecil dari 20, maka nilai fuzzy didapatkan hitungan $x-9$ dibagi $20-9$. Sedangkan jika nilai hasil perhitungan fuzzy kurang dari 31 dan lebih dari 20 maka nilai fuzzy didapatkan dari perhitungan $31-x$ dibagi $31-20$.

Himpunan fuzzy tercemar berat

$$\mu_{\text{cemar berat}}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 29 \\ \frac{x - 29}{50 - 29}; & 29 < x < 50 \\ 1; & x \geq 50 \end{cases}$$

Pada Tercemar Berat, jika nilai perhitungan lebih dari sama dengan 50 maka nilai fuzzy bernilai 1, jika nilai perhitungan kurang dari sama dengan 29 maka nilai fuzzy bernilai 0. Sedangkan jika nilai perhitungan lebih besar 29 dan lebih kecil 50 maka nilai fuzzy didapatkan dari $x-29$ dibagi $50-29$.

2. Inferensi

Inferensi merupakan tahap fuzzy untuk memetakan input ke dalam rule atau aturan-aturan fuzzy. Tahap inference mengkombinasikan seluruh variabel inputan yang mempunyai keluaran output. Bentuk dari aturan aturan fuzzy ialah kombinasi input dari berbagai himpunan dari setiap variabel. Bentuk sederhana nya ialah IF A AND B THEN C, maksudnya jika nilai input pada kondisi A, dan nilai input pada kondisi B maka output kondisi C. Pada penelitian ini contoh penggunaan rule sebagai berikut. IF suhu_dingin AND ph_normal AND do_buruk AND tds_buruk THEN tercemar_sedang, jika suhu termasuk himpunan dingin, jika ph termasuk himpunan normal, jika do termasuk himpunan buruk, jika tds termasuk himpunan buruk maka kualitas air tercemar sedang.

Jumlah rule yang digunakan sesuai dengan seluruh kemungkinan himpunan input setiap variabel atau berdasarkan referensi maupun pakar. Selain bersumber dari pakar bisa menggunakan referensi seperti jurnal atau penelitian terdahulu yang mempunyai aturan atau rule yang memuat penelitian terkait.

Tabel 3. 2 Rule Fuzzy Tsukamoto

No	Suhu	pH	DO	TDS	Hasil
1	suhu_rendah	ph_asam	do_buruk	tds_rendah	ringan
2	suhu_rendah	ph_asam	do_buruk	tds_tinggi	ringan
3	suhu_rendah	ph_asam	do_sedang	tds_rendah	ringan
4	suhu_rendah	ph_asam	do_sedang	tds_tinggi	ringan
5	suhu_rendah	ph_asam	do_baik	tds_rendah	ringan
6	suhu_rendah	ph_asam	do_baik	tds_tinggi	ringan
7	suhu_rendah	ph_asam	do_sangat_baik	tds_rendah	ringan
8	suhu_rendah	ph_asam	do_sangat_baik	tds_tinggi	ringan
9	suhu_rendah	ph_netral	do_buruk	tds_rendah	ringan
10	suhu_rendah	ph_netral	do_buruk	tds_tinggi	ringan
11	suhu_rendah	ph_netral	do_sedang	tds_rendah	ringan
12	suhu_rendah	ph_netral	do_sedang	tds_tinggi	ringan
13	suhu_rendah	ph_netral	do_baik	tds_rendah	ringan
14	suhu_rendah	ph_netral	do_baik	tds_tinggi	ringan
15	suhu_rendah	ph_netral	do_sangat_baik	tds_rendah	ringan
16	suhu_rendah	ph_netral	do_sangat_baik	tds_tinggi	ringan
17	suhu_rendah	ph_basa	do_buruk	tds_rendah	ringan
18	suhu_rendah	ph_basa	do_buruk	tds_tinggi	ringan
19	suhu_rendah	ph_basa	do_sedang	tds_rendah	ringan
20	suhu_rendah	ph_basa	do_sedang	tds_tinggi	ringan
21	suhu_rendah	ph_basa	do_baik	tds_rendah	ringan
22	suhu_rendah	ph_basa	do_baik	tds_tinggi	ringan
23	suhu_rendah	ph_basa	do_sangat_baik	tds_rendah	ringan
24	suhu_rendah	ph_basa	do_sangat_baik	tds_tinggi	ringan
25	suhu_sedang	ph_asam	do_buruk	tds_rendah	ringan
26	suhu_sedang	ph_asam	do_buruk	tds_tinggi	ringan
27	suhu_sedang	ph_asam	do_sedang	tds_rendah	ringan
28	suhu_sedang	ph_asam	do_sedang	tds_tinggi	ringan
29	suhu_sedang	ph_asam	do_baik	tds_rendah	ringan
30	suhu_sedang	ph_asam	do_baik	tds_tinggi	ringan
31	suhu_sedang	ph_asam	do_sangat_baik	tds_rendah	ringan
32	suhu_sedang	ph_asam	do_sangat_baik	tds_tinggi	ringan
33	suhu_sedang	ph_netral	do_buruk	tds_rendah	ringan
34	suhu_sedang	ph_netral	do_buruk	tds_tinggi	ringan
35	suhu_sedang	ph_netral	do_sedang	tds_rendah	baku mutu
36	suhu_sedang	ph_netral	do_sedang	tds_tinggi	baku mutu
37	suhu_sedang	ph_netral	do_baik	tds_rendah	baku mutu
38	suhu_sedang	ph_netral	do_baik	tds_tinggi	baku mutu
39	suhu_sedang	ph_netral	do_sangat_baik	tds_rendah	baku mutu
40	suhu_sedang	ph_netral	do_sangat_baik	tds_tinggi	baku mutu
41	suhu_sedang	ph_basa	do_buruk	tds_rendah	sedang
42	suhu_sedang	ph_basa	do_buruk	tds_tinggi	sedang
43	suhu_sedang	ph_basa	do_sedang	tds_rendah	baku mutu
44	suhu_sedang	ph_basa	do_sedang	tds_tinggi	baku mutu
45	suhu_sedang	ph_basa	do_baik	tds_rendah	baku mutu

Lanjutan Tabel 3. 3 Rule Fuzzy Tsukamoto

No	Suhu	pH	DO	TDS	Hasil
45	suhu_sedang	ph_basa	do_baik	tds_rendah	baku mutu
46	suhu_sedang	ph_basa	do_baik	tds_tinggi	baku mutu
47	suhu_sedang	ph_basa	do_sangat_baik	tds_rendah	baku mutu
48	suhu_sedang	ph_basa	do_sangat_baik	tds_tinggi	baku mutu
49	suhu_tinggi	ph_asam	do_buruk	tds_rendah	sedang
50	suhu_tinggi	ph_asam	do_buruk	tds_tinggi	sedang
51	suhu_tinggi	ph_asam	do_sedang	tds_rendah	ringan
52	suhu_tinggi	ph_asam	do_sedang	tds_tinggi	ringan
53	suhu_tinggi	ph_asam	do_baik	tds_rendah	ringan
54	suhu_tinggi	ph_asam	do_baik	tds_tinggi	ringan
55	suhu_tinggi	ph_asam	do_sangat_baik	tds_rendah	ringan
56	suhu_tinggi	ph_asam	do_sangat_baik	tds_tinggi	ringan
57	suhu_tinggi	ph_netral	do_buruk	tds_rendah	sedang
58	suhu_tinggi	ph_netral	do_buruk	tds_tinggi	sedang
59	suhu_tinggi	ph_netral	do_sedang	tds_rendah	baku mutu
60	suhu_tinggi	ph_netral	do_sedang	tds_tinggi	baku mutu
61	suhu_tinggi	ph_netral	do_baik	tds_rendah	baku mutu
62	suhu_tinggi	ph_netral	do_baik	tds_tinggi	baku mutu
63	suhu_tinggi	ph_netral	do_sangat_baik	tds_rendah	baku mutu
64	suhu_tinggi	ph_netral	do_sangat_baik	tds_tinggi	baku mutu
65	suhu_tinggi	ph_basa	do_buruk	tds_rendah	sedang
66	suhu_tinggi	ph_basa	do_buruk	tds_tinggi	sedang
67	suhu_tinggi	ph_basa	do_sedang	tds_rendah	baku mutu
68	suhu_tinggi	ph_basa	do_sedang	tds_tinggi	baku mutu
69	suhu_tinggi	ph_basa	do_baik	tds_rendah	baku mutu
70	suhu_tinggi	ph_basa	do_baik	tds_tinggi	baku mutu
71	suhu_tinggi	ph_basa	do_sangat_baik	tds_rendah	baku mutu
72	suhu_tinggi	ph_basa	do_sangat_baik	tds_tinggi	baku mutu
73	suhu_tinggi	ph_basa	do_buruk	tds_tinggi	berat
74	suhu_tinggi	ph_asam	do_buruk	tds_tinggi	berat
75	suhu_rendah	ph_asam	do_buruk	tds_tinggi	berat

Pada tabel 3.2 merupakan aturan-aturan yang digunakan pada penelitian ini, langkah selanjutnya ialah mencari nilai min dari setiap rule dengan rumus sebagai berikut.

$$\mu h[x] = (1, \mu p[xi] + \mu k[xi]) \quad (3.1)$$

Pada rumus 3.1 merupakan rumus mencari nilai min dari setiap rule, simbol $\mu h[x]$ merupakan simbol nilai alfa yang mempresentasikan minimal rule fuzzy,

simbol $\mu p[xi]$ merupakan nilai keanggotaan pernyataan aturan fuzzy, simbol $\mu k[xi]$ merupakan nilai keanggotaan akibat aturan fuzzy.

3. Defuzzifikasi

Pada tahap defuzzifikasi, nilai fuzzy yang didapatkan dari proses inferensi akan dihitung untuk dikembalikan pada nilai tegas atau *crisp*. Nilai yang didapatkan dari proses inferensi merupakan nilai fuzzy yang bernilai antara 0 hingga 1, sehingga diperlukan proses defuzzifikasi untuk merubah nilai antara 0 hingga 1 menjadi nilai tegas. Rumus defuzzifikasi pada rumus 3.2.

$$Z = \frac{a1.z1 + \dots + a5.z5 + \dots + an.Zn}{a1 + \dots + a5 + \dots + a72} \quad (3.2)$$

Pada rumus 3.2 merupakan rumus defuzzifikasi. Cara menghitungnya adalah dengan mengalikan nilai minimal setiap rule dengan nilai Z atau nilai berdasarkan output fuzzy sebanyak n atau jumlah rule fuzzy. Hasil tersebut akan dibagi dengan penjumlahan nilai alfa atau nilai minimal setiap rule. Setelah nilai didapatkan akan dimasukkan ke dalam kurva dan rumus output untuk didapatkan nilai yang terbesar untuk mewakili kurva tersebut. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan pada perhitungan manual.

3.6 Perhitungan Manual

Pada sub bab ini akan menyajikan perhitungan manual menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dan metode Indeks Pencemaran. Diketahui sebuah sampel titik sungai mempunyai suhu 20 °C, pH 5, DO 4 mg O₂/L, dan TDS 500 mg/L. Tentukan kualitas titik air sungai tersebut.

1. Metode Fuzzy Tsukamoto

Pada tahap fuzzifikasi, akan dipetakan setiap unsur ke dalam himpunan fuzzy, unsur suhu memiliki himpunan suhu rendah, suhu sedang, dan suhu tinggi. Pada unsur pH memiliki himpunan pH asam, pH netral, dan pH basa. Pada unsur DO memiliki himpunan DO Buruk, DO Sedang, DO Baik, dan DO sangat baik. Sedangkan pada unsur TDS memiliki himpunan TDS Rendah, TDS Sedang, dan TDS Tinggi. Perhitungan nilai fuzzy pada tahap fuzzifikasi sebagai berikut.

a) Suhu = {Suhu Rendah, Suhu Sedang, Suhu Tinggi}

$$\mu_{suhu_rendah}(20) = \begin{cases} 0; & x \geq 23 \\ \frac{23-x}{23-20}; & 20 < x < 23 = 1 \\ 1; & x \leq 20 \end{cases}$$

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

$$\mu_{suhu_tinggi}(20) = \begin{cases} 0; & x \leq 27 \\ \frac{x-27}{30-27}; & 27 < x < 30 = 0 \\ 1; & x \geq 30 \end{cases}$$

b) pH = {pH Asam, pH Netral, pH Basa}

$$\mu_{ph_asam}(5) = \begin{cases} 0; & x \geq 6.5 \\ \frac{6.5-x}{6.5-6}; & 6 < x < 6.5 = 1 \\ 1; & x \leq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{ph_netral}(5) = \begin{cases} 0; & x \leq 6 \text{ atau } x \geq 9 \\ \frac{x-6.5}{6.5-6}; & 6 < x < 6.5 \\ \frac{9-x}{9-8.5}; & 8.5 < x < 9 \\ 1; & 6.5 \leq x \leq 8.5 \end{cases} = 0$$

$$\mu_{ph_basa}(5) = \begin{cases} 0; & x \leq 8.5 \\ \frac{x-8.5}{9-8.5}; & 8.5 < x < 9 = 0 \\ 1; & x \geq 9 \end{cases}$$

c) DO = {DO Buruk, DO Sedang, DO Baik, DO Sangat Baik}

$$\mu_{do_sangat_baik}(4) = \begin{cases} 0; & x \leq 4 \\ \frac{x-4}{6-4}; & 4 < x < 6 = 0 \\ 1; & x \geq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{do_baik}(4) = \begin{cases} 0; & x \leq 2 \text{ atau } x \geq 6 \\ \frac{6-x}{6-4}; & 4 < x < 6 \\ \frac{x-2}{4-2}; & 2 < x < 4 \\ 1; & x = 4 \end{cases} = 1$$

$$\mu_{do_sedang}(4) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 4 \\ \frac{x-0}{2-0}; & 0 < x < 2 \\ \frac{4-x}{4-2}; & 2 < x < 4 \\ 1; & x = 2 \end{cases} = 0$$

$$\mu_{do_buruk}(4) = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{2-x}{2-0}; & 0 < x < 2 = 0 \\ 0; & x \geq 2 \end{cases}$$

d) TDS = {TDS Rendah, TDS Sedang, TDS Tinggi}

$$\mu_{tds_rendah}(x) = \begin{cases} 0; & x \geq 1000 \\ \frac{1000-x}{1000-500}; & 500 < x < 1000 = 1 \\ 1; & x \leq 500 \end{cases}$$

$$\mu_{tds_sedang}(500) = \begin{cases} 0; & x \leq 500 \text{ atau } x \geq 1000 \\ \frac{x-500}{1000-500}; & 500 < x < 1000 \\ \frac{2000-x}{2000-1500}; & 1500 < x < 2000 \\ 1; & 1000 < x < 1500 \end{cases} = 0$$

$$\mu_{tds_tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 1500 \\ \frac{x-1500}{2000-1500}; & 1500 < x < 2000 = 0 \\ 1; & x \geq 2000 \end{cases}$$

Dari perhitungan derajat keanggotaan, diperoleh nilai fuzzy Suhu, suhu rendah bernilai 1, suhu sedang bernilai 0, dan suhu tinggi bernilai 0. Untuk unsur pH, pH asam bernilai 1, pH netral bernilai 0, dan pH basa bernilai 0. Untuk unsur DO, DO buruk bernilai 0, DO sedang bernilai 0, DO baik bernilai 1, dan DO sangat

baik bernilai 0. Sedangkan, untuk unsur TDS, TDS rendah bernilai 1, TDS Sedang bernilai 0 dan TDS tinggi bernilai 0. Langkah selanjutnya akan di hitung seluruh nilai unsur di setiap rule yang ada. Pada tabel 3.3 merupakan langkah menghitung nilai dari setiap rule yang ada.

Tabel 3. 4 Langkah Fuzzy Perhitungan Manual

No Rule	Suhu	pH	Do	TDS	Alfa	Z	Alfa * Z
1	1	1	0	1	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0	0
3	1	1	0	1	0	0	0
4	1	1	0	0	0	0	0
5	1	1	1	1	1	0,5	0,5
6	1	1	1	0	0	0	0
7	1	1	0	1	0	0	0
8	1	1	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0
11	1	0	0	1	0	0	0
12	1	0	0	0	0	0	0
13	1	0	1	1	0	0	0
14	1	0	1	0	0	0	0
15	1	0	0	1	0	0	0
16	1	0	0	0	0	0	0
17	1	0	0	1	0	0	0
18	1	0	0	0	0	0	0
19	1	0	0	1	0	0	0
20	1	0	0	0	0	0	0
21	1	0	1	1	0	0	0
22	1	0	1	0	0	0	0
23	1	0	0	1	0	0	0
24	1	0	0	0	0	0	0
25	1	1	0	1	0	0	0
26	0	1	0	0	0	0	0
27	0	1	0	1	0	0	0
28	0	1	0	0	0	0	0
29	0	1	1	1	0	0	0
30	0	1	1	0	0	0	0
31	0	1	0	1	0	0	0
32	0	1	0	0	0	0	0
33	0	0	0	1	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	1	0	2	0
36	0	0	0	0	0	2	0
37	0	0	1	1	0	2	0
38	0	0	1	0	0	2	0

Lanjutan Tabel 3.3 Langkah Fuzzy Perhitungan Manual

No Rule	Suhu	pH	Do	TDS	Alfa	Z	Alfa * Z
39	0	0	0	1	0	2	0
40	0	0	0	0	0	2	0
41	0	0	0	1	0	9	0
42	0	0	0	0	0	9	0
43	0	0	0	1	0	2	0
44	0	0	0	0	0	2	0
45	0	0	1	1	0	2	0
46	0	0	1	0	0	2	0
47	0	0	0	1	0	2	0
48	0	0	0	0	0	2	0
49	0	1	0	1	0	9	0
50	0	1	0	0	0	9	0
51	0	1	0	1	0	0	0
52	0	1	0	0	0	0	0
53	0	1	1	1	0	0	0
54	0	1	1	0	0	0	0
55	0	1	0	1	0	0	0
56	0	1	0	0	0	0	0
57	0	0	0	1	0	9	0
58	0	0	0	0	0	9	0
59	0	0	0	1	0	2	0
60	0	0	0	0	0	2	0
61	0	0	1	1	0	2	0
62	0	0	1	0	0	2	0
63	0	0	0	1	0	2	0
64	0	0	0	0	0	2	0
65	0	0	0	1	0	9	0
66	0	0	0	0	0	9	0
67	0	0	0	1	0	2	0
68	0	0	0	0	0	2	0
69	0	0	1	1	0	2	0
70	0	0	1	0	0	2	0
71	0	0	0	1	0	2	0
72	0	0	0	0	0	2	0
73	0	0	0	0	0	29	0
74	0	1	0	0	0	29	0
75	1	1	0	0	0	29	0
Total					1		0,5

Pada tabel 3.3 menunjukkan tabel hitungan fuzzy Tsukamoto. Untuk menghitung nilai, maka dimasukkan rumus defuzzifikasi.

$$Z = \frac{a1.z1 + \dots + a5.z5 + \dots + a75.z75}{a1 + \dots + a5 + \dots + a75}$$

$$Z = \frac{0.0 + \dots + 1.0,5 + \dots + 0.0}{0 + \dots + 1 + \dots + 0}$$

$$Z = \frac{0,5}{1,}$$

$$Z = 0,5$$

Setelah didapatkan angka 0,5 maka akan dikembalikan ke rumus 3.2 untuk dicari nilai akhirnya, mencari nilai akhir dengan mencari nilai terbesar dari himpunan. Dari nilai terbesar pada himpunan tersebut sebagai hasil akhirnya. Pada nilai yang didapatkan 0,5 sehingga masuk dua daerah himpunan Baku Mutu dan Ringan akan dimasukkan ke dalam rumus.

$$\mu_{baku\ mutu}(x) = \frac{2 - 0,5}{2 - 0} = 0,75$$

$$\mu_{ringan}(x) = \frac{0,5 - 0}{5,5} = \mathbf{0,91}$$

Sehingga kesimpulan dari perhitungan Fuzzy Tsukamoto bahwa kualitas titik sungai tersebut **Tercemar Ringan**.

2. Metode Indeks Pencemaran

Rumus perhitungan pada tabel 3.4 menjelaskan metode Indeks Pencemaran.

Tabel 3. 5 Tabel Perhitungan Metode Indeks Pencemaran

No	Unsur	Cij (nilai sampel)	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
1	Suhu	20	22-28	1,666667	2,10924375
2	pH	5	6 sd 9	1,666667	2,10924375
3	DO	4	4	0,25	0,25
4	TDS	500	1000	0,5	0,5
Maksimum					2,11
Rata-rata					1,24
Lpj					1,2055

Ci DO Baru: 1

Tabel 3.4 merupakan tabel yang menjelaskan mengenai proses memperoleh hasil dari kualitas air sungai menggunakan metode Indeks Pencemaran. Proses pertama kita menentukan variabel beserta *Lij* atau baku mutu yang akan kita uji.

Proses kedua kita masukkan hasil uji laboratorium dari setiap variabel. Proses ketiga, menghitung C_i/L_{ij} . Proses keempat menghitung C_i/L_{ij} baru, dan menentukan C_i/L_{ij} maksimum dan C_i/L_{ij} rata rata. Dan proses terakhir menghitung untuk mendapatkan tingkat kualitas air sungai dengan rumus:

$$IP = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})^2 M + (C_i/L_{ij})^2 R}{2}} \quad (3.3)$$

Dimana M merupakan C_i/L_{ij} maksimum, dan R adalah C_i/L_{ij} rata rata.

Khusus variabel DO , perhitungannya adalah dimasukkan pada rumus 3.4.

$$DO = \frac{(7 - C_{ij})}{(7 - 4)} \quad (3.4)$$

Pada rumus 3.4, nilai 7 merupakan nilai konstanta, nilai C_{ij} merupakan nilai dari variabel DO sample air sungai, sedangkan 4 merupakan nilai baku mutu. Hasilnya adalah 1,205 yang artinya kualitas titik air sungai tersebut Tercemar Ringan.

BAB IV

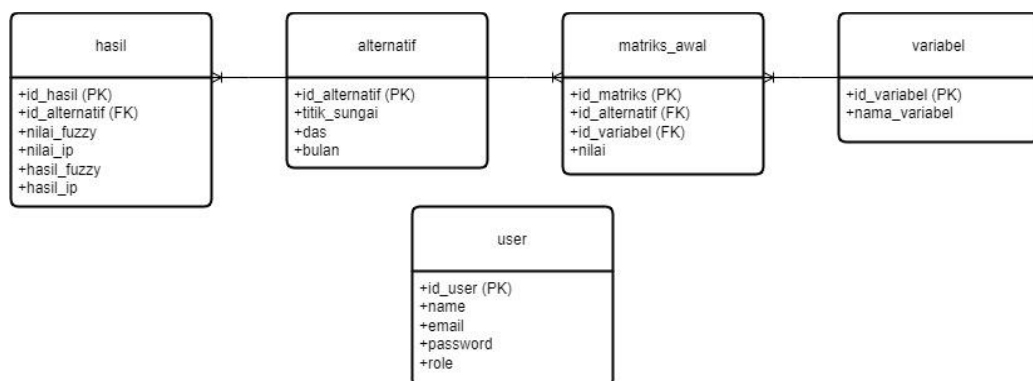
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Sistem yang dibangun berbasis website, dibuat menggunakan software text editor Visual Studio Code. Bahasa pemrograman yang digunakan Javascript untuk sistem backend dan frontend. Backend menggunakan Framework Adonis JS dan Mysql, sedangkan Frontend menggunakan Framework Vue JS. Sistem mengimplementasikan metode Fuzzy Tsukamoto untuk menentukan tingkat kualitas air sungai.

4.1.1 Desain Database

Pada gambar 4.1 merupakan desain database *Entity Relational Database* (ERD) dari sistem.



Gambar 4. 1 Gambar ERD

Pada gambar 4.1 menampilkan Entity Relational Database yang menjelaskan hubungan keterkaitan antar tabel database. Pada gambar ERD terdapat tabel hasil, tabel alternatif, tabel matriks awal, tabel variabel, dan tabel user. Relasi antara tabel alternatif dan tabel hasil adalah one to many, sedangkan hubungan tabel alternatif dan tabel matriks awal adalah one to many, sedangkan hubungan tabel

variabel dan matriks awal adalah many to many. Tabel user memiliki atribut menyimpan data user, tabel variabel menyimpan data variabel, tabel alternatif menyimpan data alternatif titik sungai, das, dan bulan. Tabel matriks awal merupakan tabel pivot yang menghubungkan antara tabel alternatif dan tabel variabel yang berisi nilai. Sedangkan tabel hasil merupakan tabel yang menyimpan hasil perhitungan fuzzy, hasil perhitungan ip beserta kategorinya. Berikut merupakan penjelasan mengenai tabel database.

1. Tabel Alternatif

```

DEKLARASI
  ID_ALTERNATIF      : INTEGER
  TITIK_SUNGAI       : VARCHAR
  DAS                 : ENUM
  BULAN               : ENUM
Deskripsi
Read (ID_ALTERNATIF, TITIK_SUNGAI, DAS, BULAN)
Write (ID_ALTERNATIF, TITIK_SUNGAI, DAS, BULAN)
end

```

Gambar 4. 2 Pseudocode Tabel Alternatif

Pada gambar 4.2, menunjukkan pseudocode tabel alternatif yang berisi id alternatif dengan tipe data *integer*, titik sungai dengan tipe data *varchar*, daerah aliran sungai (das) dengan tipe data *enum*, dan bulan dengan tipe data *enum*.

2. Tabel Variabel

```

DEKLARASI
  ID_VARIABEL      : INTEGER
  NAMA_VARIABEL   : VARCHAR
Deskripsi
Read (ID_VARIABEL, NAMA_VARIABEL)
Write (ID_VARIABEL, NAMA_VARIABEL)
end

```

Gambar 4. 3 Pseudocode Tabel Variabel

Pada gambar 4.3, menunjukkan pseudocode tabel variabel yang berisi variabel dari titik sungai. Tabel variabel memuat id variabel bertipe data *integer*, nama variabel bertipe data *varchar*.

3. Tabel User

```

DEKLARASI
  ID_USER          : INTEGER
  NAME             : VARCHAR
  EMAIL           : VARCHAR
  PASSWORD         : VARCHAR
  ROLE            : ENUM
Deskripsi
Read (ID_USER, NAME, EMAIL, PASSWORD, ROLE)
Write (ID_USER, NAME, EMAIL, PASSWORD, ROLE)
end

```

Gambar 4. 4 Pseudocode User

Pada gambar 4.4, menunjukkan pseudocode tabel user yang berisi id variabel bertipe data *integer*, name bertipe data *varchar*, email bertipe data *varchar*, password bertipe data *varchar*, role bertipe data *enum* dari titik sungai.

4. Tabel Matriks Awal

```

DEKLARASI
  ID_MATRIKS_AWAL : INTEGER
  ID_ALTERNATIF   : INTEGER
  ID_VARIABEL     : INTEGER
  NILAI           : VARCHAR
Deskripsi
Read (ID_MATRIKS_AWAL, ID_ALTERNATIF, ID_VARIABEL, NILAI)
Write (ID_MATRIKS_AWAL, ID_ALTERNATIF, ID_VARIABEL, NILAI)
end

```

Gambar 4. 5 Pseudocode Matriks Awal

Pada gambar 4.5, menunjukkan pseudocode tabel matriks awal sebagai tabel penghubung pivot antara tabel alternatif dan tabel variabel yang berisi nilai dari setiap variabel pada data alternatif titik sungai.

5. Tabel Hasil

```

DEKLARASI
  ID_HASIL           : INTEGER
  ID_ALTERNATIF     : INTEGER
  NILAI_FUZZY       : DECIMAL
  NILAI_IP           : DECIMAL
  HASIL_FUZZY       : ENUM
  HASIL_IP           : ENUM
Deskripsi
Read (ID_HASIL, ID_ALTERNATIF, NILAI_FUZZY, NILAI_IP, HASIL_FUZZY,
HASIL_IP)
Write (ID_HASIL, ID_ALTERNATIF, NILAI_FUZZY, NILAI_IP, HASIL_FUZZY,
HASIL_IP)
end

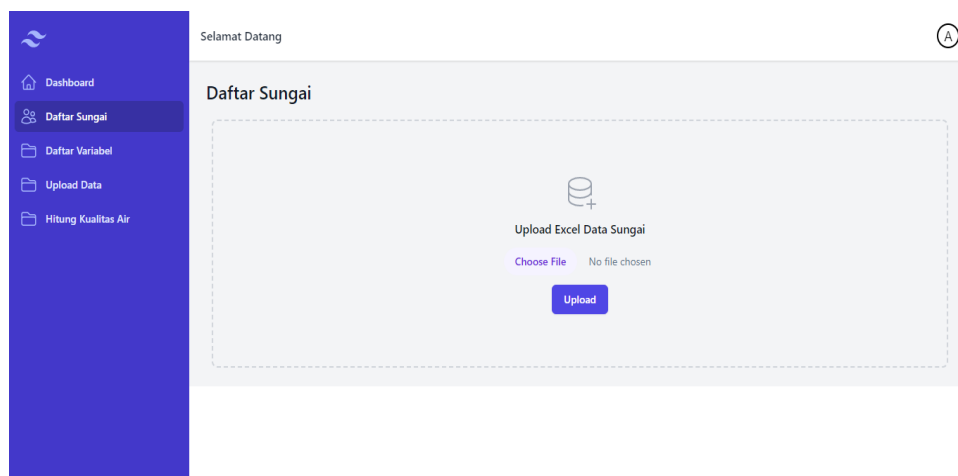
```

Gambar 4. 6 Pseudocode Hasil

Pada gambar 4.6, menunjukkan pseudocode tabel hasil yang menyimpan seluruh nilai perhitungan setiap titik sungai, hasil perhitungan nilai fuzzy, nilai Indeks Pencemaran, kategori nya apakah baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang, tercemar berat baik kategori hasil hitungan metode fuzzy tsukamoto maupun hasil hitungan metode Indeks Pencemaran.

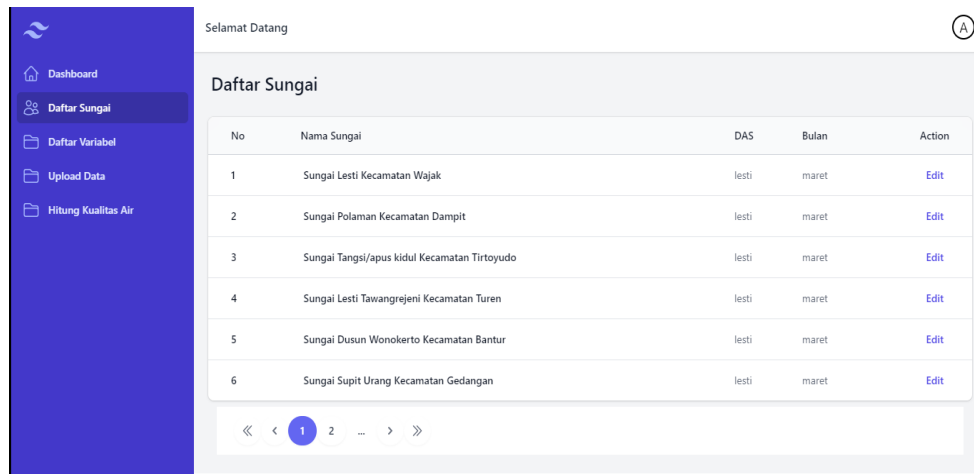
4.1.2 Tampilan Interface

Berikut merupakan tampilan website sistem penentuan kualitas air sungai menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto



Gambar 4. 7 Halaman Upload Daftar Sungai

Pada gambar 4.7 menampilkan halaman daftar titik sungai yang belum terisi data. Pengguna dipersilahkan untuk mengupload data titik sungai yang berbentuk excel kedalam sistem.



Selamat Datang

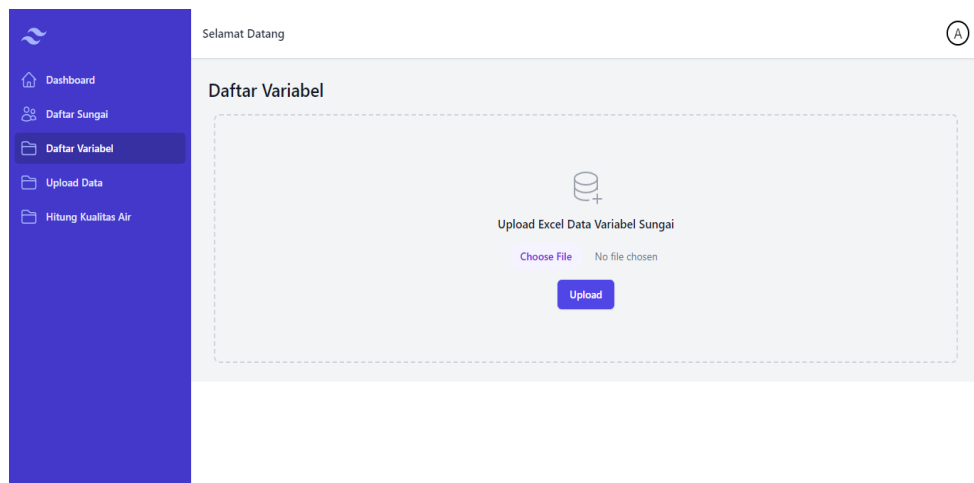
Daftar Sungai

No	Nama Sungai	DAS	Bulan	Action
1	Sungai Lesti Kecamatan Wajak	lesti	maret	Edit
2	Sungai Polaman Kecamatan Dampit	lesti	maret	Edit
3	Sungai Tangsi/apus kidul Kecamatan Tirtoyudo	lesti	maret	Edit
4	Sungai Lesti Tawangrejeni Kecamatan Turen	lesti	maret	Edit
5	Sungai Dusun Wonokerto Kecamatan Bantur	lesti	maret	Edit
6	Sungai Supit Urang Kecamatan Gedangan	lesti	maret	Edit

« < 1 2 ... > »

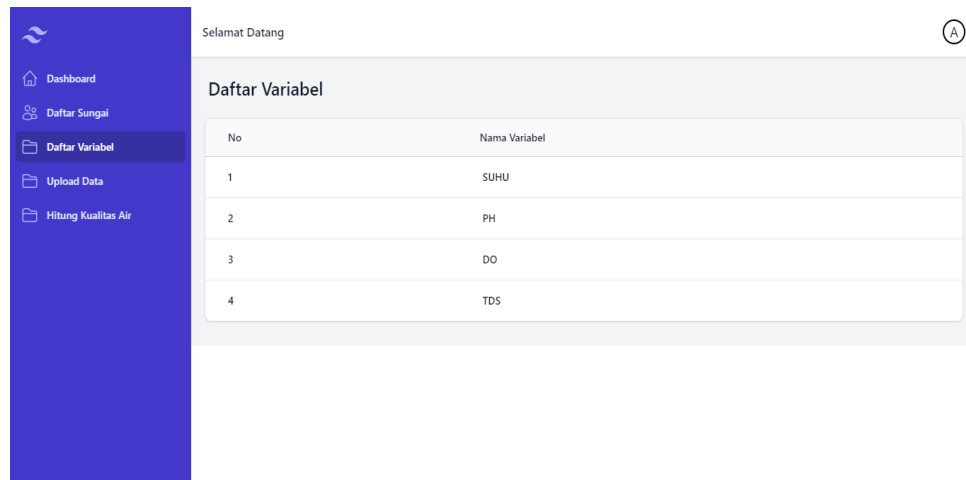
Gambar 4. 8 Halaman Terisi Daftar Sungai

Gambar 4.8 merupakan halaman yang telah terisi data setelah proses upload excel data titik sungai kedalam database dengan atribut titik sungai, DAS (Daerah Aliran Sungai), Bulan pengambilan sampel air.



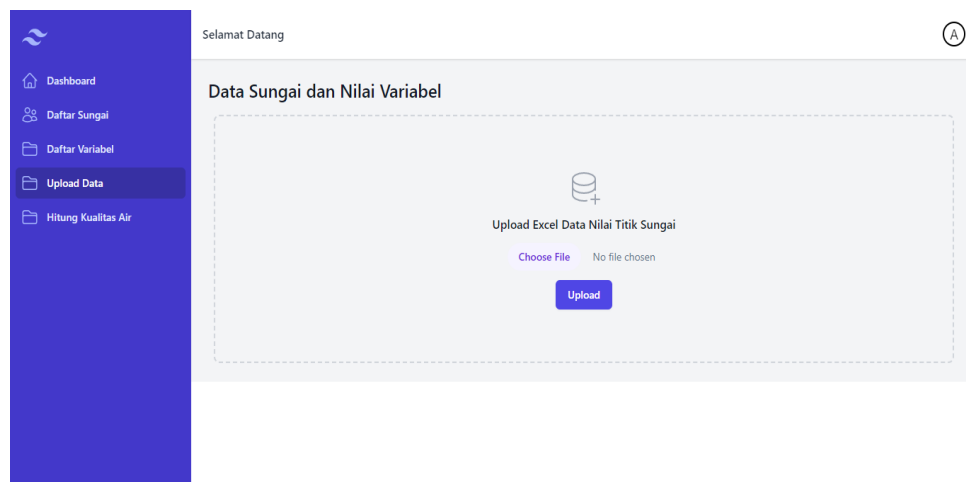
Gambar 4. 9 Halaman Upload Daftar Variabel

Pada gambar 4.9 menampilkan halaman upload data variabel yang belum terisi data. Pengguna dipersilahkan untuk mengupload data variabel yang berbentuk excel kedalam sistem.



Gambar 4. 10 Halaman Terisi Daftar Variabel

Gambar 4.10 merupakan halaman yang telah terisi data setelah proses upload excel data variabel titik sungai kedalam database dengan atribut Nama Variabel.



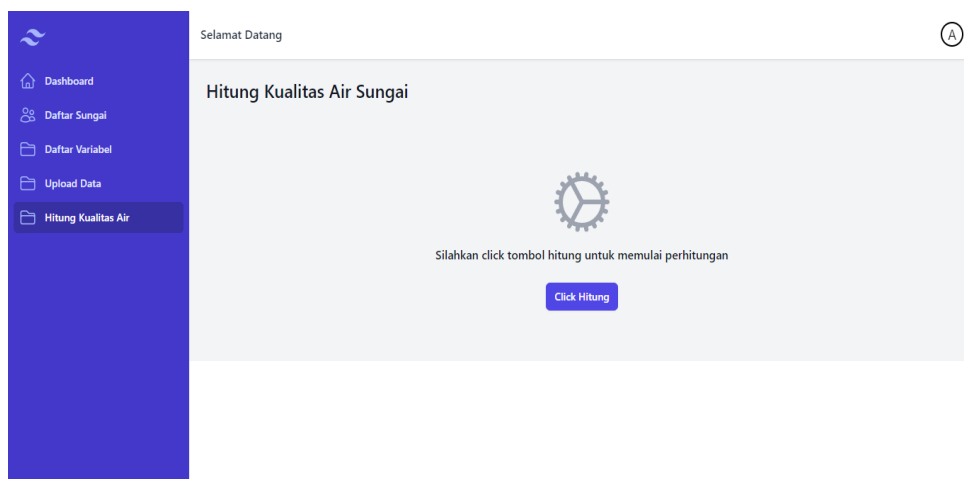
Gambar 4. 11 Halaman Upload Data Nilai Titik Sungai

Pada gambar 4.11 menampilkan halaman upload data nilai dari titik sungai terhadap variabel yang belum terisi data. Pengguna dipersilahkan untuk mengupload data nilai titik sungai yang berbentuk excel kedalam sistem.

No	Titik Sungai	DAS	Bulan dz	Variabel	Nilai
1	Sungai Lesti Kecamatan Wajak	lesti	maret	suhu	26
2	Sungai Polaman Kecamatan Dampit	lesti	maret	suhu	29
3	Sungai Tangsi/apus kidul Kecamatan Tirtoyudo	lesti	maret	suhu	26.5
4	Sungai Lesti Tawangrejeni Kecamatan Turen	lesti	maret	suhu	29
5	Sungai Dusun Wonokerto Kecamatan Bantur	lesti	maret	suhu	27
6	Sungai Supit Urang Kecamatan Gedangan	lesti	maret	suhu	27

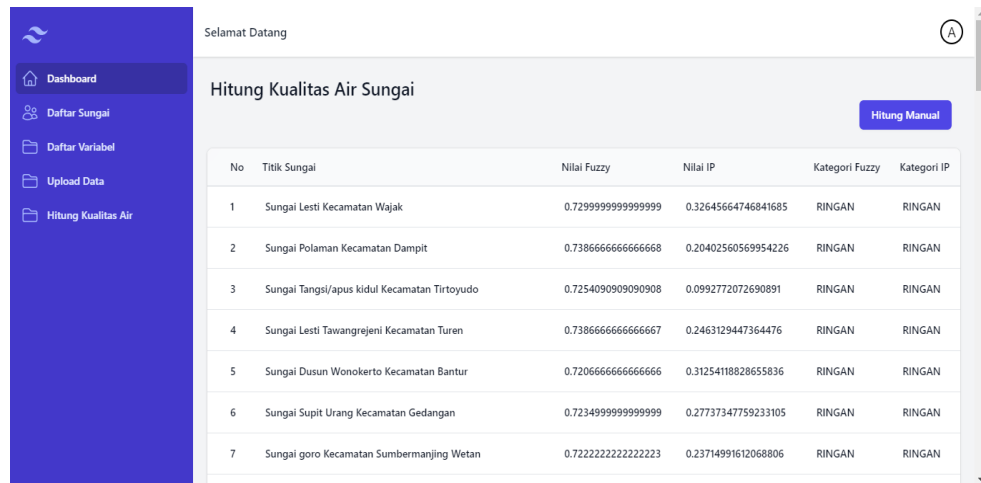
Gambar 4. 12 Halaman Terisi Daftar Nilai Titik Sungai terhadap Variabel

Gambar 4.12 merupakan halaman yang telah terisi data nilai titik sungai terhadap variabel setelah proses upload excel data kedalam database dengan atribut titik sungai, DAS (Daerah Aliran Sungai), Bulan pengambilan sampel air, nama Variabel dan nilai.



Gambar 4. 13 Halaman Hitung Kualitas Air Sungai

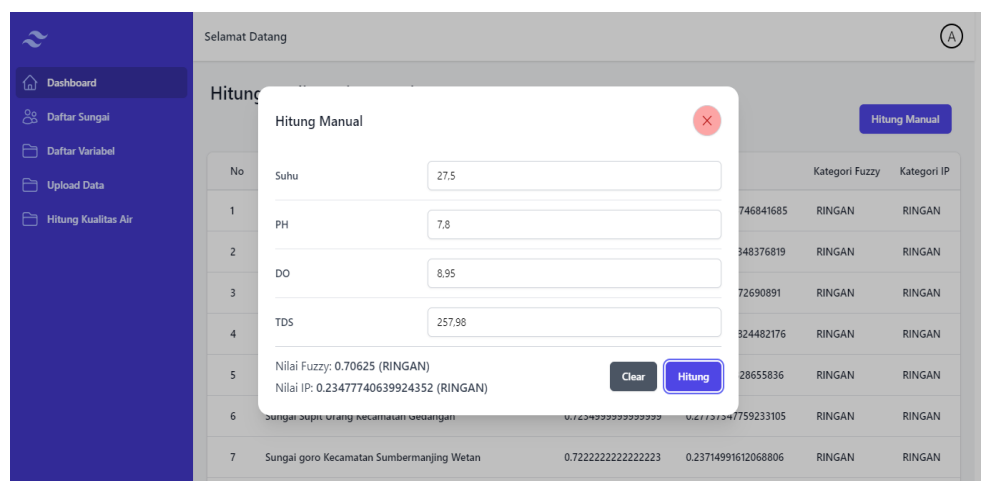
Pada gambar 4.13 merupakan halaman hitung kualitas air sungai yang belum ada data karena belum dilakukan perhitungan. Pengguna bisa mengklik tombol click hitung untuk memulai perhitungan.



No	Titik Sungai	Nilai Fuzzy	Nilai IP	Kategori Fuzzy	Kategori IP
1	Sungai Lesti Kecamatan Wajak	0.7299999999999999	0.32645664746841685	RINGAN	RINGAN
2	Sungai Polaman Kecamatan Dampit	0.7386666666666668	0.20402560569954226	RINGAN	RINGAN
3	Sungai Tangsi/apus kidul Kecamatan Tirtoyudo	0.7254090909090908	0.0992772072690891	RINGAN	RINGAN
4	Sungai Lesti Tawangrejeni Kecamatan Turen	0.7386666666666667	0.2463129447364476	RINGAN	RINGAN
5	Sungai Dusun Wonokerto Kecamatan Bantur	0.7206666666666666	0.31254118828655836	RINGAN	RINGAN
6	Sungai Supit Urang Kecamatan Gedangan	0.7234999999999999	0.2773734775923105	RINGAN	RINGAN
7	Sungai goro Kecamatan Sumbermanjing Wetan	0.7222222222222223	0.23714991612068806	RINGAN	RINGAN

Gambar 4. 14 Tampilan Hasil Hitung Kualitas Air Sungai

Pada gambar 4.14 merupakan tampilan hasil hitung kualitas air sungai setelah diklik tombol click hitung. Tabel tersebut memuat titik sungai, hasil nilai fuzzy, hasil nilai IP, kategori berdasarkan hasil nilai fuzzy, dan kategori berdasarkan hasil nilai IP. Pengguna juga bisa melakukan hitung manual satu titik sungai dengan click tombol hitung manual, yang akan memunculkan modal pop up sehingga pengguna memasukkan nilai variabel titik sungai dan click hitung sehingga muncul hasil fuzzy dan hasil metode IP seperti pada gambar 4.15..



No	Titik Sungai	Nilai Fuzzy	Nilai IP	Kategori Fuzzy	Kategori IP
1	Sungai Lesti Kecamatan Wajak	0.7299999999999999	0.32645664746841685	RINGAN	RINGAN
2	Sungai Polaman Kecamatan Dampit	0.7386666666666668	0.20402560569954226	RINGAN	RINGAN
3	Sungai Tangsi/apus kidul Kecamatan Tirtoyudo	0.7254090909090908	0.0992772072690891	RINGAN	RINGAN
4	Sungai Lesti Tawangrejeni Kecamatan Turen	0.7386666666666667	0.2463129447364476	RINGAN	RINGAN
5	Sungai Dusun Wonokerto Kecamatan Bantur	0.7206666666666666	0.31254118828655836	RINGAN	RINGAN
6	Sungai Supit Urang Kecamatan Gedangan	0.7234999999999999	0.2773734775923105	RINGAN	RINGAN
7	Sungai goro Kecamatan Sumbermanjing Wetan	0.7222222222222223	0.23714991612068806	RINGAN	RINGAN

Gambar 4. 15 Tampilan Modal Hitung Manual

4.2 Pengujian dan Pembahasan

Data uji sistem menggunakan data dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Malang sejumlah 70 titik sungai dengan 4 variabel, diantaranya Suhu, pH, DO, dan TDS. Proses uji coba sistem dengan membandingkan hasil menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dan metode Indeks Pencemaran dengan mengidentifikasi aspek akurasi menggunakan metode Confusion Matrix.

Mengidentifikasi data dalam *confusion matrix* untuk memperoleh data yang mengandung True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP), dan False Negative (FN). Data yang berjumlah 70 data titik sungai, memiliki 5 data yang tidak lengkap nilai variabel nya, 4 data diantaranya tidak memiliki nilai TDS, sedangkan 1 data tidak memiliki nilai DO. Proses menghitung akurasi menggunakan metode Confusion Matrix dijabarkan pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Confusion Matrix

Jumlah Data			Hasil Confusion Matrix			
Jumlah Data	Data Uji Sistem Fuzzy Tsukamoto	Data Uji Sistem Indeks Pencemaran	TP	TN	FP	FN
85	80	80	68	0	0	12

Perhitungan hasil confusion matrix dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Accuracy} &= \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \\
 &= \frac{68+0}{68+0+0+12} \times 100\% \\
 &= \frac{68}{80} \times 100\% \\
 &= 85\%
 \end{aligned}$$

Menghitung hasil confusion matrix dengan menjumlahkan True Positive (TP) ditambah dengan True Negative (TN) dibagi dengan True Positive (TP) ditambah

dengan True Negative (TN) ditambah dengan False Positive (FP) ditambah dengan False Negative (FN). Hasil dari pembagian tersebut adalah 0,85. Hasil tersebut akan dikalikan dengan 100% untuk mendapatkan nilai persentasenya. Sehingga 0,85 dikalikan dengan 100% berjumlah 85%. Maka, hasil akurasi menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto terhadap metode Indeks Pencemaran sebesar 85%. Sehingga penelitian ini memiliki akurasi 85%.

4.3 Integrasi Islam

Penelitian ini berfokus pada kualitas air sungai menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dengan menggunakan 4 unsur pada data Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang tahun 2021. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air sungai, apakah kualitas tercemar ringan, tercemar sedang, tercemar berat atau tidak tercemar (Baku Mutu). Dengan mengetahui kualitas air sungai, kita akan selalu menjaga alam disekitar kita, terlebih sungai.

Menentukan tingkat kualitas air sungai ditujukan untuk mengetahui bobot kualitas air sungai, apakah tercemar atau tidak. Kualitas tercemar pun apakah tercemar ringan, tercemar sedang, tercemar berat ataupun tidak tercemar sama sekali atau sesuai baku mutu. Dalam Islam, manusia yang beriman mempunyai derajat kualitas yang berbeda-beda sesuai dengan bobot amalnya.

Dalam Q.S Al A'raf ayat 8, Allah berfirman:

وَالْوِزْنَ يَوْمَئِذٍ بِالْحَقِّ فَمَنْ تَقَلَّتْ مَوَازِينُهُ فَأُولَٰئِكَ هُمُ الْمُفْلِحُونَ

“Timbangan pada hari itu (menjadi ukuran) kebenaran. Siapa yang berat timbangan (kebaikan)-nya, mereka itulah orang yang beruntung.”

Menurut tafsir Ibnu Katsir, timbangan bagi manusia merupakan sebenarnya timbangan, maka siapa yang berat timbangan kebaikannya berat maka termasuk orang yang beruntung. Sebaliknya barang siapa yang timbangan kebaikannya ringan, maka orang tersebut termasuk orang yang merugi karena mengingkari ayat-ayat Allah. Sehingga sebagai manusia harus berbuat kebaikan sebanyak mungkin, bahkan sekecil apapun kebaikan akan dicatat oleh Allah sebagai amal saleh.

Penentuan tingkat kualitas air sungai menggunakan fuzzy, metode fuzzy merupakan metode yang bersifat samar atau keabu-abuan, Allah melarang untuk ragu-ragu terhadap ayat Allah, sesuai firman Allah pada Q.S Al Ankabut ayat 49:

بَلْ هُوَ آيَاتٌ بَيِّنَاتٌ فِي صُدُورِ الَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ وَمَا يَجْحَدُ بِآيَاتِنَا إِلَّا الظَّالِمُونَ

“Sebenarnya, ia (Al-Qur’an) adalah ayat-ayat yang jelas di dalam dada orang-orang yang berilmu. Tidaklah mengingkari ayat-ayat Kami, kecuali orang-orang zalim.”

Menurut tafsir Ibnu Katsir dalam tafsirnya, Allah menyatakan bahwa ayat alquran memuat perkara yang haq, yang jelas tidak ada keraguan atau kesamaran di dalamnya. Umat muslim wajib meyakini terhadap seluruh ayat Allah terlebih kepada para ulama yang diberi kekuatan hafalan dalam memahami ayat Allah melalui tradisi turun-menurun dari para ulama. Sehingga tidak seorangpun dapat merubah ayat Quran yang telah diturunkan dan terjaga selama 1400 tahun lamanya.

Berbeda dengan orang-orang zalim yang ragu-ragu dan tidak percaya kepada ayat Allah, sehingga menutupi dari cahaya Islam kepada mereka. Hanya orang zalim yang tidak meyakini dan mengingkari ayat-ayat Allah dalam Kitab Suci Al Quran sebagai pedoman hidup umat akhir zaman.

Allah telah menciptakan alam dan menjadikan air sebagai permulaan kehidupan sebagaimana firman Allah dalam Q.S Al Anbiya ayat 30:

أَوَمْ يَرِ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا^{٣٠} وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ

“Apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi, keduanya, dahulu menyatu, kemudian Kami memisahkan keduanya dan Kami menjadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air? Maka, tidakkah mereka beriman?”

Imam Jalaluddin as Suyuti dan Imam Jalaluddin al Mahalli dalam kitab Tafsir Jalalain menjelaskan bahwa ayat tersebut menjelaskan bahwa ayat ini mengandung tiga hal penting. Pertama, Allah SWT menunjukkan keagungan-Nya atas penciptaan langit dan bumi. Kedua, Allah SWT menciptakan segala sesuatu dari air, sehingga menunjukkan keagungan dan kebesaran-Nya. Dan ketiga, ayat ini menegaskan kebenaran pesan para nabi dan ajakan untuk beriman kepada-Nya.

Dalam konteks ayat ini, Allah SWT menunjukkan betapa besar kekuasaan dan keagungan-Nya dalam menciptakan alam semesta dan segala isinya. Allah SWT pun menunjukkan bahwa semua ini bukanlah suatu kebetulan, melainkan sesuai dengan kehendak dan rencana-Nya yang sempurna. Oleh karena itu, tugas manusia adalah beriman kepada-Nya sebagai pencipta dan pemilik alam semesta. Selain itu, ayat ini juga menyampaikan pesan bahwa Allah SWT menciptakan manusia dari air, yang menunjukkan kekuasaan-Nya atas kehidupan dan kemampuan-Nya untuk menciptakan segala sesuatu dari unsur-unsur yang ada di alam semesta. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan manusia di alam semesta

merupakan bagian dari rencana Allah SWT dan merupakan kewajiban manusia untuk menjaga keberadaan alam semesta dan segala isinya. Namun ayat ini juga menunjukkan betapa banyak orang yang masih tidak percaya atau mengabaikan kebesaran Allah SWT dan keberadaannya sebagai pencipta alam semesta. Oleh karena itu, sebagai umat Islam, kita harus terus mengingatkan dan mengajak orang lain untuk beriman kepada Allah SWT dan menjaga keberadaan alam semesta dan seisinya.

Dalam konteks sosial dan lingkungan, ayat ini juga memberikan pesan tentang pentingnya menjaga lingkungan dan keberadaan alam semesta. Manusia sebagai makhluk yang diberi amanah untuk menjaga dan merawat alam semesta, wajib menghormati dan memelihara lingkungan hidup, serta memanfaatkan sumber daya alam.

Menjaga lingkungan terlebih sumber daya air sebagai wujud rasa syukur kepada Allah SWT yang telah menciptakan alam semesta dan isinya sehingga kita makhluk hidup merasa nyaman bertempat tinggal di muka bumi. Dengan menjaga sumber daya air, manfaatnya akan senantiasa dirasakan oleh anak cucu kita dan menciptakan dunia yang lebih baik di generasi mendatang.

Menjaga lingkungan bukan hanya tugas individu melainkan tanggung jawab moral bersama untuk selalu merawat titipan Allah SWT kepada umat manusia. Memperjuangkan kebijakan dan tindakan menjaga lingkungan serta mengurangi perilaku merusak lingkungan menjadi langkah yang merawat dan memperjuangkan lestariannya lingkungan dan alam sebagai tempat tinggal semua makhluk hidup.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Implementasi Sistem Penentuan Kualitas Air Sungai menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto berbasis web berhasil dilakukan. Penelitian ini menggunakan 70 data yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Malang dan 15 data tambahan dengan variatif data. Data tersebut berupa titik sungai beserta nilai dari unsur yang akan di proses dan dihitung menggunakan metode *Indeks Pencemaran* dan metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk dibandingkan dan memperoleh hasil berupa akurasi dari metode *Fuzzy Tsukamoto* terhadap metode *Indeks Pencemaran*. Hasil akurasi sistem menunjukkan angka 85% menggunakan *confusion matrix*.

5.2 Saran

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penelitian ini, maka penulis membutuhkan masukan berupa kritik dan saran untuk menyempurnakan pada penelitian selanjutnya sehingga dapat lebih baik lagi, adapun saran tersebut diantaranya:

1. Jumlah data yang digunakan dapat ditambah, sehingga terdapat variasi data yang banyak.
2. Jika terdapat data yang nilai dari variabel nya tidak ada, penelitian bisa menggunakan metode *machine learning* untuk mengatasi problem tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, N., Arifiana, G., & Maman Abadi, A. (2017). Klasifikasi Kualitas Air Sungai Winongo Menggunakan Fuzzy Inference System (FIS) Metode Mamdani. *Seminar Matematika Dan Pendidikan Matematika UNY*, 161–170.
- Arnop, O., Budiyanto, & Rustama. (2019). Kajian Evaluasi Mutu Sungai Nelas Dengan Metode Storet Dan Indeks Pencemaran. *Jurnal Naturalis Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(1), 15–24.
- Athiyah, U., Putri Handayani, A., Yusril Aldean, M., Prasetya Putra, N., & Ramadhani, R. (2021). Sistem Inferensi Fuzzy: Pengertian, Penerapan, dan Manfaatnya. *Journal of Data Science, Information Technology, and Data Analytics*, 1(2), 73–76. <https://doi.org/10.31940/matrix.v10i2.1841>
- Badan Pusat Statistik. (2020). Air dan Lingkungan Environment Statistics of Indonesia: Water and Environment 2020. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2020). Indikator Perumahan dan Kesehatan Lingkungan 2020. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Dinda Arba Fauzia, & Frency Siska. (2022). Pengadaan Instalasi Pengolahan Air Limbah sebagai Syarat Pembuangan Limbah Cair dalam Upaya Pencegahan Pencemaran Air berdasarkan Peraturan Bupati Cirebon Nomor 1 Tahun 2014 Tentang Ketentuan Perizinan Pembuangan Limbah Cair ke Sumber Air di Cirebon. *Jurnal Riset Ilmu Hukum*, 1(2), 104–110. <https://doi.org/10.29313/jrih.v1i2.527>
- Dwi Febrian, C., & Irkham Mamungkas, M. (2021). Design of Hollow Cone Water Gate with Hydraulic System in Karangates. *Journal of Energy, Mechanical, Material and Manufacturing Engineering*, 6(2), 141–144. <https://doi.org/10.22219/jemmme.v6i2.19461>
- Fadjarajani, S., Balasa Singkawijaya, E., & Indriane, T. (2018). Peran Serta Masyarakat Dalam Menjaga Kelestarian Sungai Cimulu di Kota Tasikmalaya. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX*, 248–254.
- Falatehan, A. I., Hidayat, N., & Brata, K. C. (2018). Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Hati Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(8), 2373–2381.
- Hermansyah, D. (2022). Penentuan Status Mutu Air Sungai Kapuas Menggunakan Metode Storet Dan Logika Fuzzy Mamdani. *Prisma Fisika*, 10(2), 128–134.

- Kementerian Lingkungan Hidup. (2021). Lampiran VI Tentang Baku Mutu Air Nasional. Sekretariat Negara. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Mazenda, G., Soebroto, A. A., & Dewi, C. (2014). Implementasi Fuzzy Inference System (FIS) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai. *Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology*, 1(2), 92–103.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2003). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Normawati, D., & Prayogi, S. A. (2021). Implementasi Naïve Bayes Classifier Dan Confusion Matrix Pada Analisis Sentimen Berbasis Teks Pada Twitter. *Jurnal Sains Komputer & Informatika*, 5(2), 697–711.
- Pairunan, T. T. (2012). Perangkat Lunak Pendukung Keputusan Analisis Pengelolaan Kualitas Dan Pengendalian Pencemaran Air Sungai. *Jurnal Ilmiah Sains*, 12(2).
- Qur'ania, A., & Verananda, D. I. (2017). Tsukamoto Fuzzy Implementation to Identify the Pond Water Quality of Koi. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 166(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/166/1/012018>
- Ravita, E., Dan, S., & Alisah, E. (2012). Studi Tentang Persamaan Fuzzy. *Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 2(2), 55–65.
- Redaksi Asia Today. (2020, October 23). 46 Persen Sungai di Indonesia Tercemar Berat. Diakses pada 1 September 2022, dari <https://asiatoday.id/read/46-persen-sungai-di-indonesia-tercemar-berat>
- Syofyan, E. R. (2019). Partisipasi Masyarakat Dalam Rangka Penanggulangan Pencemaran Sungai. *Jurnal Ilmiah PoliRekayasa*, 8(2), 39–48.
- Widowati, A. G., Anggis Suwastika, N., & Yasirandi, R. (2019). Deteksi Lokasi Pencemaran Air Sungai Citarum berbasis IoT menggunakan Fuzzy Inference System. *Journal on Computing*, 4(3), 1–14. <https://doi.org/10.21108/indojc.2019.4.3.315>
- Widyastiti, M. (2018). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Menentukan Tingkat Kualitas Air Sungai Lintas Provinsi Di Pulau Jawa. *Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar Dan Lingkungan Hidup*, 18(1), 17–24.

Wulandari, P. K. (2017). Inovasi Pemuda Dalam Mendukung Ketahanan Ekonomi Keluarga (Studi Kasus Pada Kampung Warna-Warni Kelurahan Jodipan, Kecamatan Blimbing, Kota Malang). *Jurnal Ketahanan Nasional*, 23(3), 300–319. <https://doi.org/10.22146/jkn.28829>

Yunaeti Anggraeni, E., & Agustina, W. (2016). Sistem Pendukung Keputusan Dalam Diagnosa Penyakit Anemia Dengan Menggunakan Metode SAW (Simple Additive Weighting). 6–7.

LAMPIRAN

Lampiran Data Titik Sungai dan Nilai Unsur

No	Titik Sungai	DAS	Bulan	Suhu	pH	DO	TDS	Hasil IP	Hasil Fuzzy
1	Sungai Lesti Kecamatan Wajak	Lesti	Maret	26	7	5,3	484,8	Ringan	Ringan
2	Sungai Polaman Kecamatan Dampit	Lesti	Maret	29	7,6	5,2	268,4	Ringan	Ringan
3	Sungai Tangsi/apus kidul Kecamatan Tirtoyudo	Lesti	Maret	26,5	7,3	5,5	144,2	Ringan	Ringan
4	Sungai Lesti Tawangrejeni Kecamatan Turen	Lesti	Maret	27,5	7,4	5,2	196,2	Ringan	Ringan
5	Sungai Dusun Wonokerto Kecamatan Bantur	Lesti	Maret	27	7,3	5,5	442	Ringan	Ringan
6	Sungai Supit Urang Kecamatan Gedangan	Lesti	Maret	27	7,2	5,2	392,4	Ringan	Ringan
7	Sungai goro Kecamatan Sumbermanjing Wetan	Lesti	Maret	26	7	6	350,4	Ringan	Ringan
8	Sungai Lesti Desa Suwaru Kecamatan Pegelaran	Lesti	Maret	27	7,7	5	259,6	Ringan	Ringan
9	Sungai Lesti Kecamatan Pagak	Lesti	Maret	25	7,2	5	192,4	Ringan	Ringan
10	Sungai Ketawang Kecamatan Gondanglegi	Lesti	Maret	28	7,5	6	228,6	Ringan	Ringan

Lanjutan Lampiran Nilai Unsur

No	Titik Sungai	DAS	Bulan	Suhu	pH	DO	TDS	Hasil IP	Hasil Fuzzy
11	Sungai Lesti Kecamatan Wajak	Lesti	Agustus	27	7,4	7,1	345,2	Ringan	Ringan
12	Sungai Polaman Kecamatan Dampit	Lesti	Agustus	27,5	7,3	7,1	298,7	Ringan	Ringan
13	Sungai Tangsi/apus kidul Kecamatan Tirtoyudo	Lesti	Agustus	27	7,6	7	232,5	Ringan	Ringan
14	Sungai Lesti Tawangrejeni Kecamatan Turen	Lesti	Agustus	28	7,1	6,9	124,98	Ringan	Ringan
15	Sungai Dusun Wonokerto Kecamatan Bantur	Lesti	Agustus	28	7,2	7	324,13	Ringan	Ringan
16	Sungai Supit Urang Kecamatan Gedangan	Lesti	Agustus	28,5	7,2	7,1	732,98	Ringan	Ringan
17	Sungai goro Kecamatan Sumbermanjing Wetan	Lesti	Agustus	28	7,3	7,2	241,82	Ringan	Ringan
18	Sungai Lesti Desa Suwaru Kecamatan Pegelaran	Lesti	Agustus	25,5	7,1	6,9	384,69	Ringan	Ringan
19	Sungai Lesti Kecamatan Pagak	Lesti	Agustus	26,5	7,4	6,9	691,1	Ringan	Ringan
20	Sungai Ketawang Kecamatan Gondanglegi	Lesti	Agustus	26	7,1	7,1	497,64	Ringan	Ringan

Lanjutan Lampiran Nilai Unsur

No	Titik Sungai	DAS	Bulan	Suhu	pH	DO	TDS	Hasil IP	Hasil Fuzzy
21	Sungai Lesti Kecamatan Wajak	Lesti	November	27	7,4	7,1	183,46	Ringan	Ringan
22	Sungai Polaman Kecamatan Dampit	Lesti	November	27,5	7,3	7,1	-	-	-
23	Sungai Tangsi/apus kidul Kecamatan Tirtoyudo	Lesti	November	27	7,6	7	-	-	-
24	Sungai Lesti Tawangrejeni Kecamatan Turen	Lesti	November	28	7,1	6,9	-	-	-
25	Sungai Dusun Wonokerto Kecamatan Bantur	Lesti	November	26,5	7,2	7	-	-	-
26	Sungai Supit Urang Kecamatan Gedangan	Lesti	November	28,5	7,2	7,1	479,63	Ringan	Ringan
27	Sungai goro Kecamatan Sumbermanjing Wetan	Lesti	November	28	7,3	7,2	534,01	Ringan	Ringan
28	Sungai Lesti Desa Suwaru Kecamatan Pegelaran	Lesti	November	27,5	7,7	5	276	Ringan	Ringan
29	Sungai Lesti Kecamatan Pagak	Lesti	November	25,5	7,4	4,9	772	Ringan	Ringan
30	Sungai Ketawang Kecamatan Gondanglegi	Lesti	November	26	7,1	7,1	189,5	Ringan	Ringan

Lanjutan Lampiran Nilai Unsur

No	Titik Sungai	DAS	Bulan	Suhu	pH	DO	TDS	Hasil IP	Hasil Fuzzy
40	Sungai Brantas Kedungpen daringan Kec. Kepanjen	Ambang	Maret	29	7,2	6	349,2	Ringan	Ringan
41	DAM Sengkaling - Sungai Brantas Kec. Dau	Ambang	Agustus	26,5	7,2	7	256,4	Ringan	Ringan
42	Sungai Curah Dengkol Kec. Singosari	Ambang	Agustus	26,5	7,4	7,1	236	Ringan	Ringan
43	Sungai Bodo Ds. Ngijo Kec. Karangploso	Ambang	Agustus	26	7,1	6,9	220	Ringan	Ringan
44	Sungai Jilu Kec. Pakis	Ambang	Agustus	28	7,3	7,1	203,2	Ringan	Ringan
45	Sungai Cokro Kec. Jabung	Ambang	Agustus	25,5	7	6,5	220	Ringan	Ringan
46	Sungai Lajing Kec. Tumpang	Ambang	Agustus	27,5	7,4	6,7	260	Ringan	Ringan
47	Sungai Amprong Kec. Poncokusumo	Ambang	Agustus	27,5	7,6	6,4	200,8	Ringan	Ringan
48	Sungai Meri Kec. Tajinan	Ambang	Agustus	28	7,2	6,5	172,4	Ringan	Ringan
49	Sungai Brantas Kec. Pakisaji	Ambang	Agustus	28,3	7,4	6,7	388	Ringan	Ringan
50	Sungai Brantas Kedungpen daringan Kec. Kepanjen	Ambang	Agustus	28,5	7,5	6,8	274,8	Ringan	Ringan

Lanjutan Lampiran Nilai Unsur

No	Titik Sungai	DAS	Bulan	Suhu	pH	DO	TDS	Hasil IP	Hasil Fuzzy
51	Sungai Brantas Desa Kecopokan Kecamatan Sumberpucung	Melamon	Maret	27,3	7,7	5,2	176,4	Ringan	Ringan
52	Sungai Sukun Kecamatan Kepanjen	Melamon	Maret	28,5	7,7	5	292	Ringan	Ringan
53	Sungai Brantas Desa Dempok Kecamatan Pagak	Melamon	Maret	28	7,4	5,3	176,4	Ringan	Ringan
54	Sungai Biru Kecamatan Kromengan	Melamon	Maret	27	7,4	4,6	232	Ringan	Ringan
55	Sungai Kele Kecamatan Wonosari	Melamon	Maret	29	7,2	5,8	350	Ringan	Ringan
56	Sungai Camplungan Kecamatan Ngajum	Melamon	Maret	28	7,4	5	162,6	Ringan	Ringan
57	Sungai Metro Ngajum	Melamon	Maret	28	7,6	5,5	250,2	Ringan	Ringan
58	Sungai Metro pakisaji	Melamon	Maret	28	7,6	5,2	284,4	Ringan	Ringan
59	Sungai Bakalan Kecamatan Wagir	Melamon	Maret	28	7,5	4,8	262,6	Ringan	Ringan
60	Sungai Braholo Kecamatan Dau	Melamon	Maret	25	7,3	6	246,6	Ringan	Ringan

Lanjutan Lampiran Nilai Unsur

No	Titik Sungai	DAS	Bulan	Suhu	pH	DO	TDS	Hasil IP	Hasil Fuzzy
61	Sungai Brantas Desa Kecopokan Kecamatan Sumberpucung	Melamon	Agustus	28,5	7,1	6,7	732,98	Ringan	Ringan
62	Sungai Sukun Kecamatan Kepanjen	Melamon	Agustus	27,4	7,5	6,5	258,15	Ringan	Ringan
63	Sungai Brantas Desa Dempok Kecamatan Pagak	Melamon	Agustus	27	7,3	6,9	345,9	Ringan	Ringan
64	Sungai Biru Kecamatan Kromengan	Melamon	Agustus	28,6	7	7	747,6	Ringan	Ringan
65	Sungai Kele Kecamatan Wonosari	Melamon	Agustus	25,8	7,2	7	286,63	Ringan	Ringan
66	Sungai Camplungan Kecamatan Ngajum	Melamon	Agustus	27	7,1	6,4	291,49	Ringan	Ringan
67	Sungai Metro Ngajum	Melamon	Agustus	27	7,1	7	729,57	Ringan	Ringan
68	Sungai Metro pakisaji	Melamon	Agustus	26,8	7,6	7,1	264,27	Ringan	Ringan
69	Sungai Bakalan Kecamatan Wagir	Melamon	Agustus	26,8	7	7	409,37	Ringan	Ringan
70	Sungai Braholo Kecamatan Dau	Melamon	Agustus	25,5	7,4	6,7	796,05	Ringan	Ringan

Lampiran Data Random dan Nilai Unsur

No	Titik Sungai	DAS	Bulan	Suhu	pH	DO	TDS	Hasil IP	Hasil Fuzzy
71	Data Uji	-	-	27,5	7	1	9555	Sedang	Sedang
72	Data Uji	-	-	27	5,5	1	3000	Ringan	Sedang
73	Data Uji	-	-	27,56	6	1	15000	Berat	Sedang
74	Data Uji	-	-	27	6	2,5	15000	Berat	Sedang
75	Data Uji	-	-	21	5	2	7899	Ringan	Sedang
76	Data Uji	-	-	22	7,83	5,84	4000	Ringan	Ringan
77	Data Uji	-	-	27	8	3	1500	Ringan	Ringan
78	Data Uji	-	-	29	6	2	8540	Sedang	Sedang
79	Data Uji	-	-	29,77	5	10	15000	Sedang	Sedang
80	Data Uji	-	-	24	7	3,6	3000	Ringan	Ringan
81	Data Uji	-	-	25,65	6,9	3,125	4000	Ringan	Ringan
82	Data Uji	-	-	21,54	5,69	98	8712,45	Sedang	Ringan
83	Data Uji	-	-	23,76	6,2	52,35	1190,41	Ringan	Ringan
84	Data Uji	-	-	22,54	7,6	155	2500,56	Ringan	Sedang
85	Data Uji	-	-	20	7,5	5	1200	Ringan	Sedang