

IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM (FIS) METODE TSUKAMOTO PADA SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENENTUAN KUALITAS AIR SUNGAI

Galuh Mazenda¹, Arief Andy Soebroto², Candra Dewi³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran No.8 Malang, Informatika, Gedung A PTIIK – UB
E-mail : mazenda10@gmail.com¹, ariefas@ub.ac.id², dewi_candra@ub.ac.id³

ABSTRAK

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan dan perikehidupan manusia. Sungai sebagai saluran utama pengalir air dari hulu ke hilir, memiliki banyak aktivitas domestik dan industri di sepanjang alirannya. Dinamika aliran tersebut menimbulkan perubahan kualitas dan kuantitas sungai secara signifikan. Kualitas air dijaga dengan melakukan analisis kualitas air sungai. Analisis kualitas air sungai sangat berhubungan dengan sistem pendukung keputusan (SPK) penentuan kualitas air sungai. SPK adalah sistem yang dirancang untuk mempermudah petugas penentuan kualitas air dalam mengambil keputusan. Proses analisa kualitas air dilakukan dengan *Fuzzy Inference System* metode *Tsukamoto*. Input yang dibutuhkan adalah parameter uji kualitas air yang terdiri dari parameter fisika dan parameter kimia. Metode *Fuzzy Tsukamoto* digunakan untuk menentukan kualitas air sungai kedalam empat kelas yaitu memenuhi baku mutu (kondisi baik), tercemar ringan, tercemar sedang, dan tercemar berat. Hasil dari skenario pengujian didapatkan tingkat akurasi antara hasil perhitungan metode *Fuzzy Tsukamoto* dengan hasil perhitungan kualitas air sungai metode *STORET* sebesar 90%.

Kata kunci : Sistem Pendukung Keputusan, Kualitas Air Sungai, *Fuzzy Tsukamoto*, *STORET*.

ABSTRACT

Water was one resource that has a very important function for life and human life. River was the main channel as water flowing from upstream to downstream, has many domestic and industrial activity along the stream. The flow dynamics lead to changes in

the quality and quantity of the river significantly. Water quality was maintained by analyzing the quality of the river water. Decision Support System (DSS) was a system designed to simplify the determination of water quality officer in making decisions. Inputs are parameter water quality test that consists of physical parameters and chemical parameters. The process of water quality analysis was conducted using Fuzzy Inference System Tsukamoto method. Fuzzy tsukamoto method used to determine the water quality of the river into four (4) classes which meet quality standards (good condition), lightly polluted, contaminated medium, and heavy polluted. The results of tested scenarios obtained an accuracy rate between the results of the calculation method of Fuzzy Tsukamoto with the calculated water quality STORET method at 90%.

Keywords : *Decision Support Systems, Water Quality River, Fuzzy Tsukamoto, STORET.*

1. PENDAHULUAN

Sungai merupakan suatu wadah mengalirnya sumberdaya air secara gravitasi dari hulu ke hilir. Banyaknya aktivitas domestik dan industri di sepanjang sungai serta adanya dinamika aliran tersebut menimbulkan perubahan kualitas dan kuantitas sungai secara signifikan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air). Diperlukan suatu upaya untuk menjaga kuantitas, kontinuitas, dan kualitas sungai. Upaya untuk memantau dan mengendalikan pencemaran air sungai adalah melakukan pengukuran dan analisis kualitas air sungai, sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah no 82 tahun 2001. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup

Nomor : 115 Tahun 2003, Penentuan status mutu air dapat menggunakan Metoda STORET atau Metoda Indeks Pencemaran. Penentuan kualitas air sungai dengan Metoda STORET masih dilakukan secara manual dengan cara menghitung satu-persatu data parameter pengujian sehingga membutuhkan waktu yang lama dan biaya pengujian yang besar. Penggunaan teknologi informasi seperti sistem pendukung keputusan, dapat memberikan solusi bagi pengguna dalam membantu proses pengambilan keputusan terkait dengan penentuan kualitas air sungai.

Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penentuan status mutu air telah dilakukan oleh Paramadyastha (2011) dengan judul "Studi Penentuan Status Mutu Air dengan Metode Storet dan Metode Indek Pencemaran di Waduk Sutami". Pada penelitian tersebut diteliti status mutu air sungai di waduk sutami dengan metode STORET menggunakan 9(sembilan) parameter yang terdiri dari BOD, COD, DO, TSS, pH, Amonia (NH₃_N), fenol, minyak dan lemak, dan sianida (CN). Hasil dari penelitian tersebut, status mutu air dibagi menjadi empat kriteria yaitu memenuhi baku mutu (kondisi baik), tercemar ringan, tercemar sedang, dan tercemar berat.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Mawaddah dkk. (2012) menggunakan Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto dengan keluaran tingkat kompetensi kepribadian. Untuk mendapatkan tingkat kepribadian, digunakan data skor dari komponen, yaitu: pengalaman mengajar, penilaian dari atasan dan pengawas, pengalaman menjadi pengurus organisasi di bidang kependidikan dan sosial (pengurus organisasi di bidang kependidikan dan sosial, tugas tambahan), dan penghargaan yang relevan dengan bidang pendidikan. Skor penilaian dengan skala A (Kurang Baik), B (Cukup), C (Baik Sekali). Berdasarkan penelitian ini, metode Fuzzy Tsukamoto dapat digunakan untuk mengelompokkan data kedalam beberapa kelas berdasarkan kriteria-kriteria yang ditentukan.

Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan, penulis mengusulkan penelitian yang berjudul "Implementasi Fuzzy Inference System(Fis) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai". Pada penelitian ini, untuk menentukan

kualitas air sungai menggunakan 7 (tujuh) parameter terdiri dari residu tersuspensi (TSS), BOD, COD, DO, pH, Fenol, serta Minyak dan Lemak. Metode Fuzzy Tsukamoto digunakan untuk menentukan kualitas air sungai kedalam empat kelas yaitu memenuhi baku mutu (kondisi baik), tercemar ringan, tercemar sedang, dan tercemar berat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengembangan sistem pendukung keputusan penentuan kualitas air menggunakan fuzzy tsukamoto. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari dasar teori dan sumber acuan tentang SPK, kualitas air sungai, metode STORET, dan metode fuzzy tsukamoto.

2.2. Pengumpulan Data

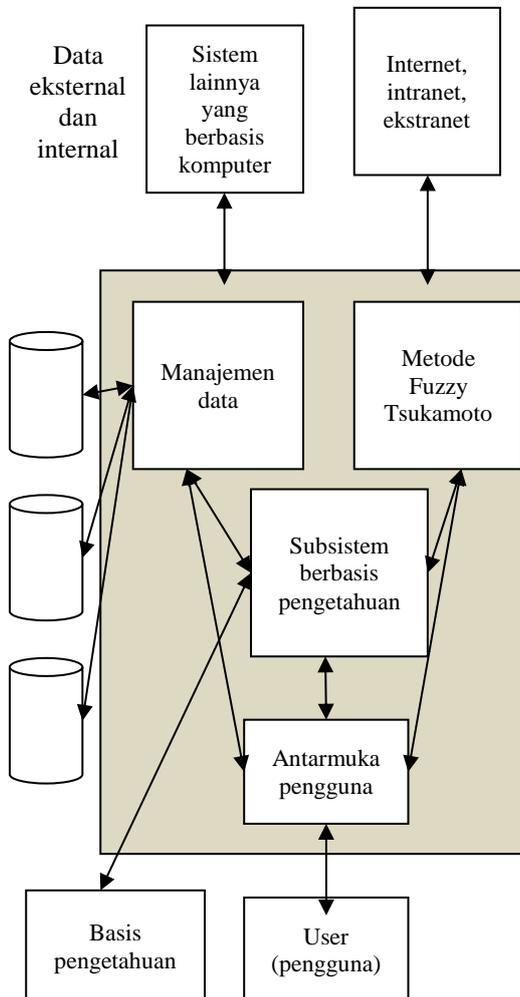
Pengumpulan data diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Annisah Paramadyastha tentang Penentuan Status Mutu Air dengan Metode STORET. Data yang diperoleh merupakan data kualitas air sungai pada Stasiun Monitoring Waduk Sutami Hulu Kedalaman 1 (0.3 m) tahun 2005, 2006, 2007, 2008, dan 2009.

2.3. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan bertujuan untuk mendapatkan semua kebutuhan yang diperlukan dari sistem yang akan dibangun.

2.4. Perancangan

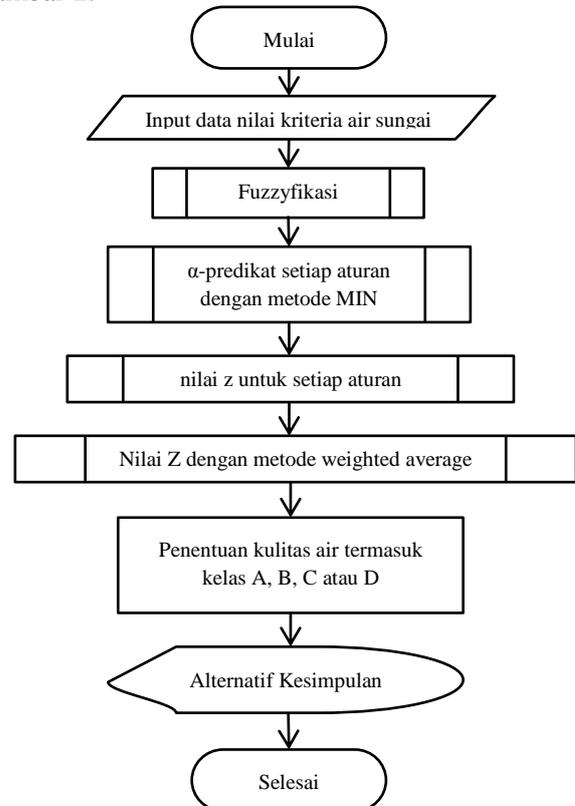
Perancangan sistem dibangun berdasarkan hasil pengumpulan data dan analisa kebutuhan yang dilakukan. Perancangan sistem menjelaskan desain dari model Fuzzy Tsukamoto sebagai metode untuk menentukan kualitas air sungai. Perancangan arsitektur SPK penentuan kualitas air sungai dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur SPK Penentuan Kualitas Air Sungai dengan metode Fuzzy Tsukamoto
Sumber Turban (2005)

Sistem pendukung keputusan penentuan kualitas air sungai ini memiliki inputan berupa parameter status mutu air sungai yang terdiri dari TSS, BOD, COD, DO, pH, fenol, serta minyak dan lemak. Pada proses perhitungan Fuzzy Tsukamoto diperlukan 4(empat) tahapan yaitu: (1) Pembentukan himpunan fuzzy; (2) α -predikat (aturan); (3) Penentuan nilai z; (4) Penentuan nilai Z [4:39-45]. Keluaran dari perhitungan metode ini adalah menghasilkan nilai kualitas air sungai. Output dari sistem ini adalah status mutu air sungai yang terdiri dari 4(empat) kelas yang terdiri dari memenuhi baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang,

dan atau tercemar berat. Diagram alir sistem pendukung keputusan ini ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir SPK penentuan kualitas air sungai metode Fuzzy Tsukamoto

Didalam penelitian ini ada tujuh kriteria yang digunakan dalam proses penentuan kualitas air sungai, antara lain:

1) Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) yaitu jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membran berukuran 0,45 μ m. Adanya padatan-padatan ini menyebabkan kekeruhan air, padatan ini tidak terlarut dan tidak dapat mengendap secara langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen (Paramadyastha, 2011).

Kekeruhan air yang disebabkan oleh zat padat tersuspensi bersifat anorganik dan organik. Zat anorganik biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan zat organik dapat berasal dari laapukan tanaman atau hewan. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung

perkembangbiakannya (Alaerta dan Sumestri, 1984).

2) Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD)

BOD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/l) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali (Sugiharto, 1987).

3) Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)

COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/l) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi (Sugiharto, 1987).

4) Oksigen Terlarut (DO)

DO adalah banyaknya oksigen yang terkandung didalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter (mg/l). Oksigen yang terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat pengotoran limbah yang ada. Semakin besar oksigen yang terlarut, maka menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil (Sugiharto, 1987).

5) Derajat Keasaman (pH)

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran mutu dari air maupun air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan didalam air berjalan dengan baik. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH-nya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam (Sugiharto, 1987).

6) Fenol

Fenol merupakan penyebab timbulnya rasa yang ada di dalam air minum. Fenol ini dihasilkan dari industri dan apabila konsentrasi mencapai 500 mg/l masih dapat dioksidasi melalui proses biologis (Sugiharto, 1987).

7) Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak didapatkan di dalam air limbah. Apabila lemak tidak dihilangkan sebelum dibuang ke saluran air limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada di permukaan air dan menimbulkan lapisan tipis di permukaan sehingga membentuk selaput (Sugiharto, 1987).

3. HASIL PEMBAHASAN

Sistem akan melakukan perhitungan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan yang dilakukan oleh sistem :

1) Proses Input Data

Misalkan user atau pengguna aplikasi memiliki data-data air sungai yang diinputkan pada aplikasi sebagai berikut:

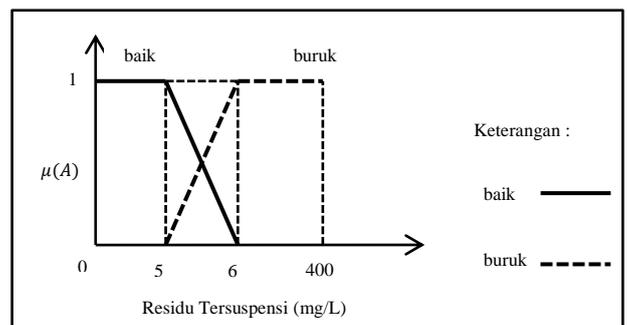
- TSS = 229.8 mg/L
- BOD = 3.85 mg/L
- COD = 20.7 mg/L
- DO = 7.2 mg/L
- pH = 6.95
- Fenol = 0.1135 mg/L
- Minyak & Lemak = 0 mg/L

2) Proses Fuzzyfikasi

Langkah pertama metode Fuzzy Tsukamoto adalah fuzzyfikasi / menghitung derajat keanggotaan masing-masing variable. Berikut ini perhitungan derajat keanggotaan untuk tiap kriteria (Kusumadewi dan Hari, 2004):

• Residu Tersuspensi (TSS)

Gambar himpunan fuzzy untuk variabel TSS dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Fuzzy TSS

Berdasarkan gambar 5, persamaan himpunan fuzzy dari TSS dapat ditunjukkan pada persamaan (1) untuk kategori baik dan persamaan (2) untuk kategori buruk.

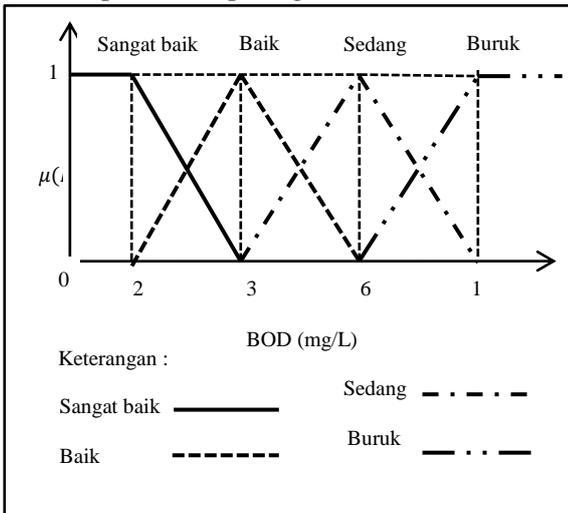
$$\mu_{baik}(A) = \begin{cases} 1 & x \leq 5 \\ \frac{60-x}{10} & 5 \leq x \leq 60 \\ 0 & x \geq 60 \end{cases} \dots (1)$$

$$\mu_{buruk}(A) = \begin{cases} 0 & x \leq 50 \\ \frac{x-50}{10} & 50 \leq x \leq 60 \\ 1 & 60 \leq x \leq 400 \end{cases} \quad (2)$$

Untuk TSS = 229.8, maka:
 $\mu_{baik}(A) = 0$
 $\mu_{buruk}(A) = 1$

• BOD

Gambar himpunan fuzzy untuk variabel BOD dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Fuzzy BOD

Berdasarkan gambar 5, persamaan himpunan fuzzy dari BOD dapat ditunjukkan pada persamaan (3) untuk kategori sangat baik, persamaan (4) untuk kategori baik, persamaan (5) untuk kategori sedang dan persamaan (6) untuk kategori buruk.

$$\mu_{Sangat\ baik}(B) = \begin{cases} 1 & x \leq 2 \\ \frac{3-x}{1} & 2 \leq x \leq 3 \\ 0 & x \geq 3 \end{cases} \dots (3)$$

$$\mu_{baik}(B) = \begin{cases} \frac{x-2}{1} & 2 \leq x \leq 3 \\ \frac{6-x}{3} & 3 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \dots (4)$$

$$\mu_{sedang}(B) = \begin{cases} \frac{x-3}{3} & 3 \leq x \leq 6 \\ \frac{12-x}{6} & 6 \leq x \leq 12 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \dots (5)$$

$$\mu_{buruk}(B) = \begin{cases} 0 & x \leq 6 \\ \frac{x-6}{6} & 6 \leq x \leq 12 \\ 1 & x \geq 12 \end{cases} \dots (6)$$

Untuk BOD=3.85 maka:

$\mu_{sangatbaik}(B) = 0$

$$\mu_{baik}(B) = \frac{6-x}{3} = \frac{6-3.85}{3} = \frac{2.15}{3} = 0.7167$$

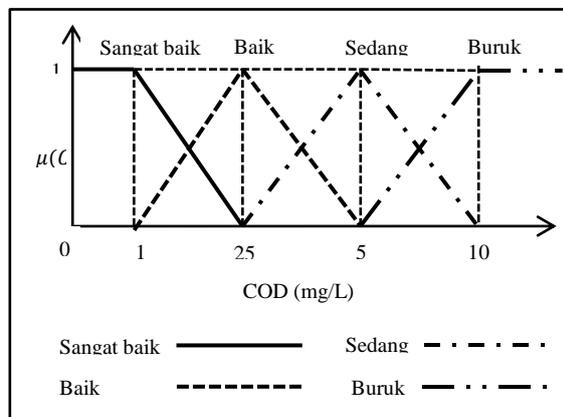
$$\mu_{sedang}(B) = \frac{x-3}{3} = \frac{3.85-3}{3} = \frac{0.85}{3} = 0.2833$$

$\mu_{buruk}(B) = 0$

$\mu_{buruk}(B) = 0$

• COD

Gambar himpunan fuzzy untuk variabel COD dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Fuzzy COD

Berdasarkan gambar 6, persamaan himpunan fuzzy dari COD dapat ditunjukkan pada persamaan (7) untuk kategori sangat baik, persamaan (8) untuk kategori baik, persamaan (9) untuk kategori sedang dan persamaan (10) untuk kategori buruk.

$$\mu_{Sangat\ baik}(C) = \begin{cases} 1 & x \leq 10 \\ \frac{25-x}{15} & 10 \leq x \leq 25 \\ 0 & x \geq 25 \end{cases} \dots (7)$$

$$\mu_{baik}(C) = \begin{cases} \frac{x-10}{15} & 10 \leq x \leq 25 \\ \frac{50-x}{25} & 25 \leq x \leq 50 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \dots (8)$$

$$\mu_{sedang}(C) = \begin{cases} \frac{x-25}{25} & 25 \leq x \leq 50 \\ \frac{100-x}{50} & 50 \leq x \leq 100 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \dots (9)$$

$$\mu_{buruk}(C) = \begin{cases} 0 & x \leq 50 \\ \frac{x-50}{50} & 50 \leq x \leq 100 \\ 1 & x \geq 100 \end{cases} \dots(10)$$

Untuk COD=20.7 maka:

$$\mu_{sangatbaik}(C) = \frac{25-x}{15} = \frac{25-20.7}{15} = \frac{4.3}{15} = 0.2867$$

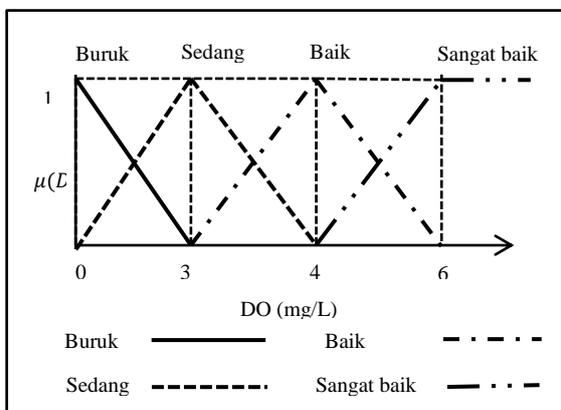
$$\mu_{baik}(C) = \frac{x-10}{15} = \frac{20.7-10}{15} = \frac{10.7}{15} = 0.7133$$

$$\mu_{sedang}(C) = 0$$

$$\mu_{buruk}(C) = 0$$

• DO

Gambar himpunan fuzzy untuk variabel DO dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Fuzzy DO

Berdasarkan gambar 7, persamaan himpunan fuzzy dari DO dapat ditunjukkan pada persamaan (11) untuk kategori sangat baik, persamaan (12) untuk kategori baik, persamaan (13) untuk kategori sedang dan persamaan (14) untuk kategori buruk.

$$\mu_{Sangat\ baik}(D) = \begin{cases} 0 & x \leq 4 \\ \frac{x-4}{2} & 4 \leq x \leq 6 \\ 1 & x \geq 6 \end{cases} \dots(11)$$

$$\mu_{baik}(D) = \begin{cases} \frac{x-3}{1} & 3 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{2} & 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \dots(12)$$

$$\mu_{sedang}(D) = \begin{cases} \frac{x-0}{3} & 0 \leq x \leq 3 \\ \frac{4-x}{1} & 3 \leq x \leq 4 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \dots(13)$$

$$\mu_{buruk}(D) = \begin{cases} 1 & x \leq 0 \\ \frac{3-x}{3} & 0 \leq x \leq 3 \\ 0 & x \geq 3 \end{cases} \dots(14)$$

Untuk DO = 7.2 maka:

$$\mu_{sangatbaik}(D) = 1$$

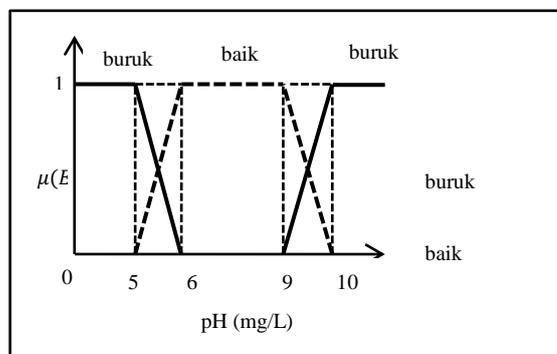
$$\mu_{baik}(D) = 0$$

$$\mu_{sedang}(D) = 0$$

$$\mu_{buruk}(D) = 0$$

• pH

Gambar himpunan fuzzy untuk variabel pH dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Fuzzy pH

Berdasarkan gambar 8, persamaan himpunan fuzzy dari pH dapat ditunjukkan pada persamaan (15) untuk kategori buruk dan persamaan (16) untuk kategori baik.

$$\mu_{buruk}(E) = \begin{cases} 1 & x \leq 5 \text{ or } x \geq 10 \\ \frac{6-x}{1} & 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{x-9}{1} & 9 \leq x \leq 10 \end{cases} \dots(15)$$

$$\mu_{baik}(E) = \begin{cases} 1 & 6 \leq x \leq 9 \\ \frac{x-5}{1} & 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{10-x}{1} & 9 \leq x \leq 10 \\ 0 & x \leq 5 \text{ or } x \geq 10 \end{cases} \dots(16)$$

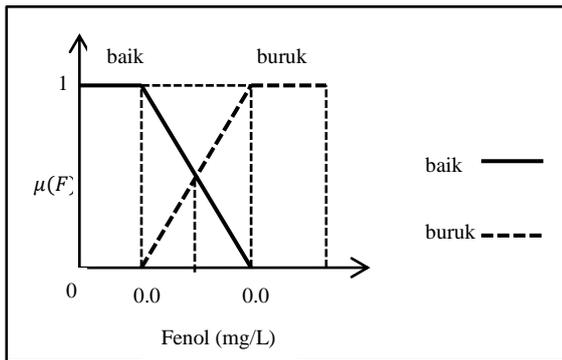
Untuk pH = 6.95 maka:

$$\mu_{buruk}(E) = 0$$

$$\mu_{baik}(E) = 1$$

• Fenol

Gambar himpunan fuzzy untuk variabel Fenol dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Fuzzy Fenol

Berdasarkan gambar 9, persamaan himpunan *fuzzy* dari Fenol dapat ditunjukkan pada persamaan (17) untuk kategori baik dan persamaan (18) untuk kategori buruk.

$$\mu_{baik}(F) = \begin{cases} 1 & x \leq 0.001 \\ \frac{0.002-x}{0.001} & 0.001 \leq x \leq 0.002 \\ 0 & x \geq 0.002 \end{cases} \dots\dots\dots (17)$$

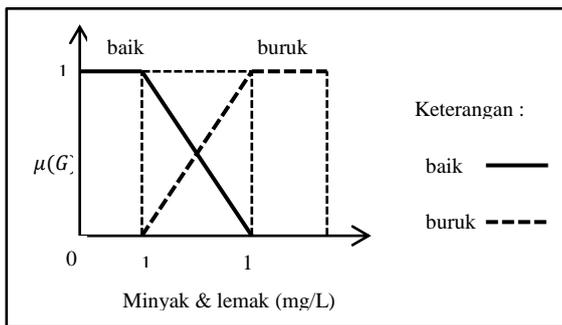
$$\mu_{buruk}(F) = \begin{cases} 0 & x \leq 0.001 \\ \frac{x-0.001}{0.001} & 0.001 \leq x \leq 0.002 \\ 1 & x \geq 0.002 \end{cases} \dots\dots\dots (18)$$

Untuk Fenol = 0.1135 maka:

$\mu_{buruk}(F) = 1$
 $\mu_{baik}(F) = 0$

• Minyak & Lemak

Gambar himpunan fuzzy untuk variabel Fenol dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik Fuzzy Minyak & Lemak

Berdasarkan gambar 10, persamaan himpunan *fuzzy* dari Minyak & Lemak dapat ditunjukkan pada persamaan (19) untuk kategori baik dan persamaan (20) untuk kategori buruk.

$$\mu_{baik}(G) = \begin{cases} 1 & x \leq 1 \\ \frac{1.5-x}{0.5} & 1 \leq x \leq 1.5 \\ 0 & x \geq 1.5 \end{cases} \dots\dots (19)$$

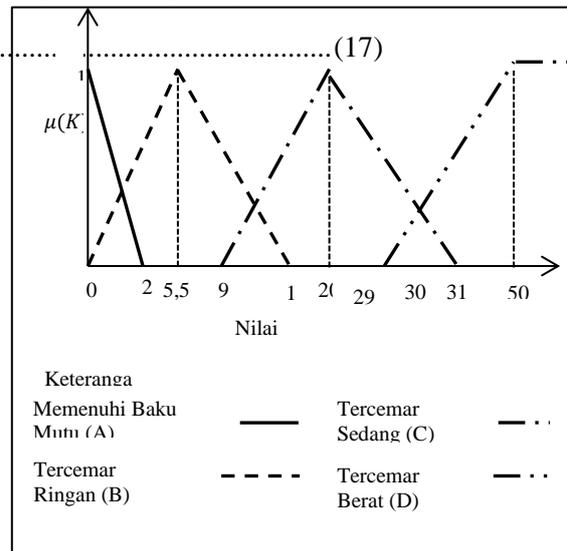
$$\mu_{buruk}(G) = \begin{cases} 0 & x \leq 1 \\ \frac{x-1}{0.5} & 1 \leq x \leq 1.5 \\ 1 & x \geq 1.5 \end{cases} \dots\dots (20)$$

Untuk Minyak & Lemak = 0 maka:

$\mu_{buruk}(G) = 0$
 $\mu_{baik}(G) = 1$

• Variabel Pembatas / Kesimpulan

Gambar himpunan fuzzy untuk variabel pembatas / kesimpulan kualitas air sungai dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik Fuzzy Kesimpulan

Berdasarkan gambar 11, persamaan himpunan fuzzy untuk variable pembatas / variable kesimpulan ditunjukkan pada persamaan (21), persamaan (22), persamaan (23) dan persamaan (24).

$$\mu_{memenuhi\ baku\ mutu}(z) = \begin{cases} 1 & x = 0 \\ \frac{2-x}{2} & 0 \leq x \leq 2 \\ 0 & x \geq 2 \end{cases} \dots\dots (21)$$

$$\mu_{tercemar\ ringan}(z) = \begin{cases} \frac{x-0}{5.5} & 0 \leq x \leq 5,5 \\ \frac{11-x}{5,5} & 5,5 \leq x \leq 11 \\ 0 & \text{lainnya} \\ 1 & x = 5,5 \end{cases} \dots\dots (22)$$

$$\mu_{\text{tercemar sedang}}(z) = \begin{cases} \frac{x-9}{11} & 9 \leq x \leq 20 \\ \frac{31-x}{11} & 29 \leq x \leq 31 \dots(23) \\ 1 & x = 20 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$

$$\mu_{\text{tercemar berat}}(z) = \begin{cases} 0 & x \leq 29 \\ \frac{x-29}{21} & 29 \leq x \leq 50 \dots(24) \\ 1 & x \geq 50 \end{cases}$$

3) Proses penentuan α -predikat Metode MIN
Setelah Pembentukan variable dan himpunan fuzzy pada proses fuzzyfikasi, selanjutnya dibentuk aturan yang bersesuaian dengan mengambil data-data berdasarkan pengalaman keputusan dari pembuat keputusan. Aturan keputusan diperoleh dari kombinasi dari masing-masing himpunan fuzzy. Berikut ini beberapa contoh perhitungannya :

[R1] IF TSS baik(0) AND BOD sangat baik(0) AND COD sangat baik(0.2867) AND DO baik(1) AND pH baik(1) AND fenol baik(0) AND Minyak&Lemak baik(1) THEN Memenuhi Baku Mutu (A) (MIN=0)

$$\alpha\text{-predikat}_1 = 0$$

$$z_1 = 2 - (2 \times \alpha\text{-predikat}_1) = 2$$

[R4] IF TSS baik(0) AND BOD baik(0.7167) AND COD sangat baik(0.2867) AND DO sangat baik(1) AND pH baik(1) AND Fenol baik(0) AND Minyak&Lemak baik(1) THEN Memenuhi Baku Mutu (A) (MIN=0)

$$\alpha\text{-predikat}_4 = 0$$

$$z_4 = 2 - (2 \times \alpha\text{-predikat}_4) = 2$$

[R7] IF TSS baik(0) AND BOD sangat baik(0) AND COD sangat baik(0.2867) AND DO sangat baik(1) AND pH buruk(0) AND fenol baik(0) AND Minyak&Lemak baik(1) THEN Tercemar Ringan (B) (MIN=0)

$$\alpha\text{-predikat}_7 = 0$$

$$z_7 = \text{nilai tengah ringan} = 5,5$$

[R8] IF TSS baik(0) AND BOD sangat baik(0) AND COD sangat baik(0.2867) AND DO sedang(0) AND pH baik(1) AND fenol baik(0)

AND Minyak&Lemak baik(1) THEN Tercemar Ringan (B) (MIN=0)

$$\alpha\text{-predikat}_8 = 0$$

$$z_8 = z_{t1} = 5,5$$

[R337] IF TSS buruk(1) AND BOD baik(0.7167) AND COD sangat baik(0.2867) AND DO sangat baik(1) AND pH baik(1) AND fenol buruk(1) AND Minyak&Lemak baik(1) THEN Tercemar Sedang (C) (MIN=0.2867)

$$\alpha\text{-predikat}_{337} = 0.2867$$

$$z_{337} = \text{nilai tengah sedang} = 20$$

[R350] IF TSS buruk(1) AND BOD baik(0.7167) AND COD baik(0.7133) AND DO sangat baik(1) AND pH baik(1) AND fenol buruk(1) AND Minyak&Lemak baik(1) THEN Tercemar Sedang (C) (MIN=0.7133)

$$\alpha\text{-predikat}_{350} = 0.7133$$

$$z_{350} = \text{nilai tengah sedang} = 20$$

[R404] IF TSS baik(0) AND BOD sangat baik(0) AND COD sangat baik(0.2867) AND DO sedang(0) AND pH buruk(0) AND fenol buruk(1) AND Minyak&Lemak buruk(1) THEN Tercemar Berat (D) (MIN=0)

$$\alpha\text{-predikat}_{404} = 0$$

$$z_{404} = (21 \times \alpha\text{-predikat}_{404}) + 29 = 29$$

[R825] IF TSS buruk(1) AND BOD sedang(0.2833) AND COD baik(0.7133) AND DO sangat baik(1) AND pH baik(1) AND fenol buruk(1) AND Minyak&Lemak baik(1) THEN Tercemar Berat (D) (MIN=0.2833)

$$\alpha\text{-predikat}_{825} = 0.2833$$

$$z_{825} = (21 \times \alpha\text{-predikat}_{825}) + 29 = 34,95$$

4) Proses Penentuan nilai z

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, dihitung nilai z dari setiap aturan.

$$- \alpha\text{-predikat}_1 = 0$$

$$z_1 = 2 - (2 \times \alpha\text{-predikat}_1) = 2$$

$$- \alpha\text{-predikat}_4 = 0$$

$$z_4 = 2 - (2 \times \alpha\text{-predikat}_4) = 2$$

$$- \alpha\text{-predikat}_7 = 0$$

$$z_7 = 5,5$$

$$- \alpha\text{-predikat}_8 = 0$$

$$z_8 = 5,5$$

$$- \alpha\text{-predikat}_{337} = 0.2867$$

$$z_{337} = 20$$

$$- \alpha\text{-predikat}_{825} = 0.2833$$

$$z_{825} = (21 \times \alpha\text{-predikat}_{825}) + 29 = 34,95$$

5) Penentuan nilai Z

Metode menghitung Z dapat dihitung dengan rumus seperti pada persamaan (25). Untuk menghitung weighted average dapat dihitung dengan cara seperti dibawah ini:

$$Z = \frac{\alpha\text{-predikat}_{1 \times z_1} + \alpha\text{-predikat}_{2 \times z_2} + \dots + \alpha\text{-predikat}_{1024 \times z_{1024}}}{\alpha\text{-predikat}_1 + \alpha\text{-predikat}_2 + \dots + \alpha\text{-predikat}_{1024}} \dots (25)$$

Dari rumus tersebut diperoleh :

$$Z = \frac{35,56917}{1,56667} = 22,70372$$

Proses penentuan alternatif kesimpulan mengacu pada gambar 11 yaitu dengan cara menentukan apakah nilai hasil (Z) berada di daerah memenuhi baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang atau tercemar berat. Nilai hasil proses *weighted average* (Z) adalah 22,70372 yang artinya berdasarkan Gambar 11 nilai ini termasuk golongan tercemar sedang.

Jadi TSS = 229.8 mg/L, BOD = 3.85 mg/L, COD = 20.7 mg/L, DO = 7.2 mg/L, pH = 6.95, Fenol = 0.1135 mg/L, Minyak & Lemak = 0 mg/L termasuk kelas C atau golongan "Tercemar Sedang".

3.1. Pengujian

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap sistem pendukung keputusan penentuan kualitas air sungai dengan metode fuzzy Tsukamoto. Ada dua skenario pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian validasi sistem dan pengujian akurasi sistem. Pengujian validasi sistem dilakukan dengan memeriksa item-item yang ada dalam daftar kebutuhan fungsional sistem. Apabila hasil yang diharapkan sama dengan hasil yang didapatkan maka item tersebut dianggap valid.

Pengujian akurasi sistem dilakukan dengan menghitung banyaknya data yang sama dari calon pegawai yang diambil antara hasil perbandingan berdasarkan perhitungan manual dan hasil perbandingan oleh sistem.

3.2. Pengujian Validasi Sistem

Pengujian validasi sistem dilakukan dengan memeriksa item-item yang telah dirumuskan dalam daftar kebutuhan fungsional sistem. Jika hasil yang diharapkan sesuai

dengan hasil yang didapatkan maka dianggap valid.

3.1.1. Hasil Pengujian Validasi Sistem

Hasil pengujian validasi untuk kasus uji yang ada ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Validasi Sistem

No	Nama Kasus Uji	Status validitas
1	LogIn sah	Valid
2	Log In tidak sah	Valid
3	Tambah Akun	Valid
4	Edit Akun	Valid
5	Hapus Akun	Valid
6	Tambah Data Air Sungai	Valid
7	Edit Data Air Sungai	Valid
8	Hapus Data Air Sungai	Valid
9	Perhitungan Derajat Keanggotaan Fuzzy	Valid
10	Pengolahan <i>rule fuzzy</i>	Valid
11	Perhitungan Fuzzy Tsukamoto	Valid
12	Laporan Kualitas Air Sungai	Valid
13	Grafik Laporan Kualitas Air Sungai	Valid

3.1.2. Analisis Pengujian Validasi Sistem

Tabel 1 menunjukkan bahwa semua kasus uji yang ada sudah valid. Sehingga bisa dikatakan bahwa sistem yang ada sudah 100% sesuai dengan apa yang dibutuhkan.

3.3. Pengujian Akurasi Sistem

Pengujian akurasi sistem pada penelitian ini dilakukan dengan menghitung berapa banyak data yang sama antara hasil berdasarkan perhitungan manual metode STORET dengan hasil perhitungan oleh sistem dengan metode fuzzy Tsukamoto.

3.3.1. Hasil Pengujian Akurasi Sistem

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui performa dari Sistem Pendukung Keputusan untuk memberikan rekomendasi alternatif kesimpulan dalam menentukan kualitas air sungai dengan metode Fuzzy Tsukamoto. Pada pengujian akurasi dilakukan pengujian akurasi dengan 5 parameter ditunjukkan tabel 2 dan pengujian akurasi dengan 7 parameter ditunjukkan tabel 3 .

3.3.1.1. Pengujian Akurasi dengan 5 Parameter

Pada kasus ini, objek uji adalah data kualitas air sungai dengan membandingkan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya,

dimana pada penelitian ini menggunakan 5 parameter (TSS, BOD, COD, DO, pH)

Tabel 2. Hasil Pengujian Akurasi SPK Penentuan Kualitas Air Sungai

No	Data Air Sungai		Metode STORET		Metode Fuzzy Tsukamoto		Akurasi
	Bulan	Tahun	Skor	Kesimpulan	Nilai Z	Kesimpulan	
1	1	2005	-30	Tercemar Sedang	21.612	Tercemar Sedang	1
2	2	2005	-42	Tercemar Berat	20.539	Tercemar Sedang	0
3	3	2005	-39	Tercemar Berat	28.185	Tercemar Sedang	0
4	4	2005	-32	Tercemar Berat	36.191	Tercemar Berat	1
5	5	2005	-30	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
6	6	2005	-30	Tercemar Sedang	24.616	Tercemar Sedang	1
7	7	2005	-20	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
8	8	2005	-22	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
9	9	2005	-20	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
10	10	2005	-20	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
11	11	2005	-30	Tercemar Sedang	16.848	Tercemar Sedang	1
12	12	2005	-30	Tercemar Sedang	11.634	Tercemar Sedang	1
13	1	2006	-6	Tercemar Ringan	3.56	Tercemar Ringan	1
14	2	2006	-22	Tercemar Sedang	10.7	Tercemar Sedang	1
15	3	2006	-30	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
16	4	2006	-31	Tercemar Berat	35.185	Tercemar Berat	1
17	5	2006	-28	Tercemar Sedang	21.85	Tercemar Sedang	1
18	6	2006	-20	Tercemar Sedang	7.604	Tercemar Ringan	0
19	7	2006	-26	Tercemar Sedang	8.967	Tercemar Ringan	0
20	8	2006	-26	Tercemar Sedang	18.861	Tercemar Sedang	1
21	9	2006	-18	Tercemar Sedang	6.768	Tercemar Ringan	0
22	10	2006	-16	Tercemar Sedang	5.061	Tercemar Ringan	0
23	11	2006	-54	Tercemar Berat	21.520	Tercemar Sedang	0
24	12	2006	-30	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
25	1	2007	-20	Tercemar Sedang	13.683	Tercemar Sedang	1
26	2	2007	-22	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
27	3	2007	-38	Tercemar Berat	22.28	Tercemar Sedang	0
28	4	2007	-21	Tercemar Sedang	5.235	Tercemar Ringan	0
29	5	2007	-28	Tercemar Sedang	8.641	Tercemar Ringan	0
30	6	2007	-20	Tercemar Sedang	10.091	Tercemar Ringan	0
31	7	2007	-22	Tercemar Sedang	12.75	Tercemar Sedang	1

32	8	2007	-16	Tercemar Sedang	14.2	Tercemar Sedang	1
33	9	2007	-22	Tercemar Sedang	15.297	Tercemar Sedang	1
34	10	2007	-16	Tercemar Sedang	17.583	Tercemar Sedang	1
35	11	2007	-32	Tercemar Berat	22.26	Tercemar Sedang	0
36	12	2007	-24	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
37	1	2008	-35	Tercemar Berat	13.409	Tercemar Sedang	0
38	2	2008	-37	Tercemar Berat	12.38	Tercemar Sedang	0
39	3	2008	-24	Tercemar Sedang	7.762	Tercemar Ringan	0
40	4	2008	-10	Tercemar Ringan	3.25	Tercemar Ringan	1
41	5	2008	-31	Tercemar Berat	11.857	Tercemar Sedang	0
42	6	2008	-29	Tercemar Sedang	28.857	Tercemar Sedang	1
43	7	2008	-26	Tercemar Sedang	13.932	Tercemar Sedang	1
44	8	2008	-20	Tercemar Sedang	2.97	Tercemar Ringan	0
45	9	2008	-22	Tercemar Sedang	4.897	Tercemar Ringan	0
46	10	2008	-35	Tercemar Berat	12.225	Tercemar Sedang	0
47	11	2008	-28	Tercemar Sedang	20.006	Tercemar Sedang	1
48	12	2008	-22	Tercemar Sedang	11.724	Tercemar Sedang	1
49	1	2009	-22	Tercemar Sedang	12.484	Tercemar Sedang	1
50	2	2009	-31	Tercemar Berat	13.427	Tercemar Sedang	0
51	3	2009	-28	Tercemar Sedang	19.988	Tercemar Sedang	1
52	4	2009	-27	Tercemar Sedang	15.593	Tercemar Sedang	1
53	5	2009	-26	Tercemar Sedang	24.429	Tercemar Sedang	1
54	6	2009	-22	Tercemar Sedang	12.531	Tercemar Sedang	1
55	7	2009	-10	Tercemar Ringan	0	Memenuhi Baku	0
56	8	2009	-19	Tercemar Sedang	6.19	Tercemar Ringan	0
57	9	2009	-28	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
58	10	2009	-31	Tercemar Berat	9.125	Tercemar Ringan	0
59	11	2009	-20	Tercemar Sedang	9.404	Tercemar Ringan	0
60	12	2009	-16	Tercemar Sedang	9.39	Tercemar Ringan	0

3.3.1.2. Pengujian Akurasi dengan 7 Parameter

Pada kasus ini, objek uji adalah data kualitas air sungai dengan membandingkan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, dimana pada penelitian ini menggunakan 7

parameter (TSS, BOD, COD, DO, pH, Fenol, dan Minyak & Lemak)

Tabel 3. Hasil Pengujian Akurasi SPK Penentuan Kualitas Air Sungai

No	Data Air Sungai		Metode STORET		Metode Fuzzy Tsukamoto		Akurasi
	Bulan	Tahun	Skor	Kesimpulan	Nilai Z	Kesimpulan	
1	1	2005	-30	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
2	2	2005	-42	Tercemar Berat	35.193	Tercemar Berat	1
3	3	2005	-39	Tercemar Berat	39.79	Tercemar Berat	1
4	4	2005	-32	Tercemar Berat	41.98	Tercemar Berat	1
5	5	2005	-30	Tercemar Sedang	20.30	Tercemar Sedang	1
6	6	2005	-30	Tercemar Sedang	32.01	Tercemar Berat	0
7	7	2005	-20	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
8	8	2005	-22	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
9	9	2005	-20	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
10	10	2005	-20	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
11	11	2005	-30	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
12	12	2005	-30	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
13	1	2006	-6	Tercemar Ringan	13.75	Tercemar Sedang	0
14	2	2006	-22	Tercemar Sedang	22.7	Tercemar Sedang	1
15	3	2006	-30	Tercemar Sedang	47.74	Tercemar Sedang	1
16	4	2006	-31	Tercemar Berat	39.9	Tercemar Berat	1
17	5	2006	-28	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
18	6	2006	-20	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
19	7	2006	-26	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
20	8	2006	-26	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
21	9	2006	-18	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
22	10	2006	-16	Tercemar Sedang	18.32	Tercemar Sedang	1
23	11	2006	-54	Tercemar Berat	35.69	Tercemar Berat	1
24	12	2006	-30	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
25	1	2007	-20	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
26	2	2007	-22	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
27	3	2007	-38	Tercemar Berat	38.34	Tercemar Berat	1
28	4	2007	-21	Tercemar Sedang	28.21	Tercemar Sedang	1
29	5	2007	-28	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
30	6	2007	-20	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
31	7	2007	-22	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1

				Sedang		Sedang	
32	8	2007	-16	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
33	9	2007	-22	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
34	10	2007	-16	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
35	11	2007	-32	Tercemar Berat	20.37	Tercemar Sedang	0
36	12	2007	-24	Tercemar Sedang	20.53	Tercemar Sedang	1
37	1	2008	-35	Tercemar Berat	38.7	Tercemar Berat	1
38	2	2008	-37	Tercemar Berat	41.71	Tercemar Berat	1
39	3	2008	-24	Tercemar Sedang	29.75	Tercemar Sedang	1
40	4	2008	-10	Tercemar Ringan	12.75	Tercemar Sedang	0
41	5	2008	-31	Tercemar Berat	38.02	Tercemar Berat	1
42	6	2008	-29	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
43	7	2008	-26	Tercemar Sedang	20.26	Tercemar Sedang	1
44	8	2008	-20	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
45	9	2008	-22	Tercemar Sedang	20.66	Tercemar Sedang	1
46	10	2008	-35	Tercemar Berat	20.4	Tercemar Sedang	0
47	11	2008	-28	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
48	12	2008	-22	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
49	1	2009	-22	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
50	2	2009	-31	Tercemar Berat	37.83	Tercemar Berat	1
51	3	2009	-28	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
52	4	2009	-27	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
53	5	2009	-26	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
54	6	2009	-22	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
55	7	2009	-10	Tercemar Ringan	5.5	Tercemar Ringan	1
56	8	2009	-19	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
57	9	2009	-28	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
58	10	2009	-31	Tercemar Berat	20	Tercemar Sedang	0
59	11	2009	-20	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1
60	12	2009	-16	Tercemar Sedang	20	Tercemar Sedang	1

3.3.2. Analisis Hasil Pengujian Akurasi Sistem

Pada Tabel 2 dan 3, hasil akurasi bernilai 1 artinya keluaran dari perhitungan Sistem Pendukung Keputusan penentuan kualitas air metode Fuzzy Tsukamoto sama dengan hasil perhitungan kualitas air metode STORET.

Sebaliknya, hasil akurasi berniali 0 artinya keluaran dari perhitungan Sistem Pendukung Keputusan penentuan kualitas air metode Fuzzy Tsukamoto tidak sama dengan hasil perhitungan kualitas air metode STORET. Berdasarkan Tabel 2 Sistem Pendukung Keputusan penentuan kualitas air metode Fuzzy Tsukamoto dengan hasil perhitungan kualitas air metode STORET. Maka, dapat dihitung akurasi sistem sebagai berikut :

$$Akurasi = \frac{(60 - 25)}{60} \times 100\% = 58,33\%$$

Berdasarkan Tabel 3 Sistem Pendukung Keputusan penentuan kualitas air metode Fuzzy Tsukamoto dengan hasil perhitungan kualitas air metode STORET. Maka, dapat dihitung akurasi sistem sebagai berikut :

$$Akurasi = \frac{(60 - 6)}{60} \times 100\% = 90\%$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa akurasi Sistem Pendukung Keputusan berdasarkan 60 data dengan 7 parameter yang diuji adalah 90%, terbukti lebih akurat dibandingkan hasil perhitungan dengan 5 parameter Sistem Pendukung Keputusan penentuan kualitas air metode Fuzzy Tsukamoto dengan hasil perhitungan kualitas air metode STORET.

4. PENUTUP

Berdasarkan perancangan, implementasi dan hasil pengujian dari Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai dengan Metode Fuzzy Tsukamoto, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan dengan metode Fuzzy Tsukamoto telah dibuat sesuai perancangan dan dapat digunakan dalam menentukan kualitas air sungai apakah memenuhi baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang atau tercemar berat.
2. Sistem Pendukung Keputusan penentuan kualitas air sungai dengan metode Fuzzy Tsukamoto memiliki kinerja sistem yang mampu berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian Black Box yang memberikan nilai presentase sebesar 100%.
3. Berdasarkan hasil pengujian akurasi dapat disimpulkan bahwa dari 60 data yang diuji,

90% terbukti adanya kesesuaian hasil perhitungan Sistem Pendukung Keputusan penentuan kualitas air metode Fuzzy Tsukamoto dengan hasil perhitungan kualitas air sungai metode STORET.

Saran yang diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Sistem dapat dikembangkan menjadi sebuah sistem yang dinamis sehingga dapat megolah dan mengedit basis pengetahuan dari sistem ini untuk mendapatkan hasil yang optimal.
2. Sistem dapat dikembangkan menjadi sebuah sistem yang lebih bersifat dinamis yaitu sistem memiliki fasilitas untuk menambah dan mengurangi parameter uji jika sewaktu-waktu ada penambahan atau pengurangan kriteria kualitas air sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- ALAERTA, G. dan SUMESTRI, S. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- MAWADDAH, APRILIANI, MUSTAFIDAH, HINDAYATI dan ARYANTO, DWI.2012. "*Fuzzy Inference System untuk Menentukan Tingkat Kompetensi Kepribadian Guru (Fuzzy Inference System to Determine the Personality Competency Level of Teachers)*". Purwokerto. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- KUSUMADEWI, SRI, & PURNOMO, HARI. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan – Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- PARAMADYASTHA, ANNISAH. 2011. "*Studi Penentuan Status Mutu Air dengan Metode Storet dan Metode Indek Pencemaran di Waduk Sutami*". Malang. Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.
- PARNO, 2013, *Lecture Notes: Sistem Informasi Data Flow Diagram*
- SUGIHARTO. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia.
- TURBAN, EFRAIN. 2005. *Decision Support System and Intelligent Systems*. 7th Ed. Jilid 1 (sistem pendukung keputusan dan sistem cerdas). Yogyakarta: ANDI Offset